



การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

ปริญญานิพนธ์

ของ

เปรมจิตร บุญสาย

[- 8 เม.ย. 2541]

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขุภัณฑ์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

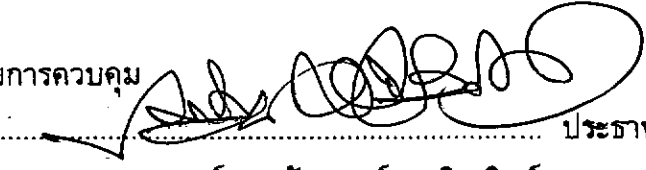
มีนาคม 2541

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

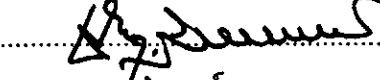
9621

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

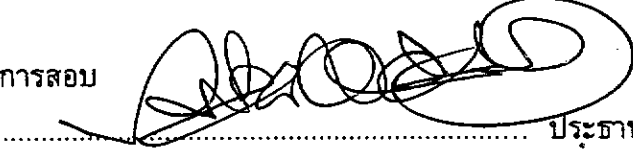
คณะกรรมการควบคุม

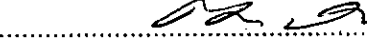

ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย)

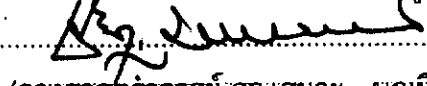

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย)

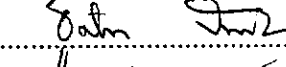

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสนาะ บุญมี)

คณะกรรมการสอบ


ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย)

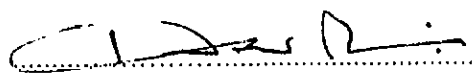

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย)


กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสนาะ บุญมี)


กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ดร.ชูศักดิ์ ชัมภสิทธิ์)


กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ เพชรมิตร)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ


คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

วันที่ 13 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2541

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้
ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย
“งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2539”

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย “งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2539” ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่มีส่วนช่วยสนับสนุนให้ผู้วิจัยได้รับทุนในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ รองศาสตราจารย์ ดร.สมสรร วงษ์น้อย และรองศาสตราจารย์ ดร.เสนาะ บุญมี ที่ได้กรุณารับเป็นกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์และให้ความอนุเคราะห์ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ จนผู้วิจัยเกิดแนวคิดและกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ ชัมภลขิต และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ เพชรมิตร ที่ได้กรุณารับเป็นกรรมการสอบเพิ่มเติมในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัย ทั้งในการเป็นกลุ่มตัวอย่างในการสัมภาษณ์ ตอบแบบสำรวจและแบบสอบถาม ในด้านการแสดงความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ การให้ข้อมูลที่เป็น การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลตลอดจนการตรวจสอบและประเมินหลักสูตรที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ได้แก่ ดร.ปรีชาญ เดชศรี ดร.อ่อนเรือน ศิริวานิชกุล รองศาสตราจารย์สุมาลี เหลืองสกุล อาจารย์นันทยา บุญเคลือบ อาจารย์สาส์ ดังคิจ้างกูร อาจารย์ชูศิลป์ อัดชู อาจารย์คะเนศ วัฒนะกุล อาจารย์รุจี คล้ายพิมพ์ อาจารย์สุนันท์ ศรีโสภา และอาจารย์ชาติรี เกิดธรรม

ขอขอบพระคุณผู้ที่ได้อำนวยความสะดวกในการทดลองใช้หลักสูตรที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ทั้งในความอนุเคราะห์ในด้านต่างๆ เป็นอาจารย์ผู้สอน เป็นกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ท่านผู้อำนวยการ ไล่ เดชอนันทวิทยา ผู้อำนวยการโรงเรียนปรางจินราชวรารุ่ง อาจารย์วรินทร์ บุญอินทร์ คณะครูหมวดวิทยาศาสตร์และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปรางจินราชวรารุ่ง ทุกคน

ขอขอบคุณ อาจารย์สุนันทา มั่นสมงคล ดร. สมอง ทองปาน ดร. ทวีพล จูทะพล ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก อาจารย์อัฉรา กุลวัฒน์ อาจารย์วิชาญ เลิศลพ อาจารย์ศิริกานต์ ฝาสุข อาจารย์จิต นวนแก้วและอาจารย์วีระพงษ์ แสง-ชูโต ที่ให้ความช่วยเหลือประสานงานด้านต่างๆ และให้กำลังใจกับผู้วิจัยจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ครอบครัว “สิงห์ศิริ” ครอบครัว “บุญสาย” และครอบครัว “เจริญพิทย์” ที่ให้การสนับสนุน ทั้งกำลังใจและกำลังทรัพย์ แก่ผู้วิจัยโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

เปรมจิตร บุญสาย

สารบัญ

บทที่

หน้า

1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	9
	ความสำคัญของการวิจัย.....	10
	ขอบเขตของการวิจัย.....	11
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	13
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า.....	18
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า.....	18
	หลักสูตรและการพัฒนาหลักสูตร.....	19
	หลักสูตรท้องถิ่นและการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น.....	55
	หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายและหลักสูตรวิทยาศาสตร์.....	87
	การจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับจิตวิทยาการเรียนรู้.....	104
	การวัดและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์.....	165
	การวัดผลการเรียนด้านพุทธิพิสัย.....	169
	การวัดผลการเรียนด้านจิตพิสัย.....	181
	การวัดผลการเรียนด้านทักษะพิสัย.....	194
	วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและเทคโนโลยีชีวภาพ.....	202
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า.....	241
	งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร.....	236
	งานวิจัยที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	
	ที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทาง	
	วิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์และทักษะปฏิบัติการทดลอง	
	วิทยาศาสตร์.....	247

3	วิธีการศึกษาค้นคว้า.....	265
	ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับการ พัฒนาหลักสูตร.....	269
	ขั้นตอนที่ 2 การสร้างหลักสูตร.....	280
	ขั้นตอนที่ 3 การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้.....	285
	ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้.....	291
	ขั้นตอนที่ 5 การเตรียมบุคลากรและการทดลองใช้หลักสูตร.....	293
	ขั้นตอนที่ 6 การปรับปรุง แก้ไขหลักสูตร.....	322
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	323
	ขั้นตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน สำหรับการสร้างหลักสูตร.....	323
	ขั้นตอนที่ 2 ผลการสร้างเอกสารหลักสูตร (ฉบับร่าง).....	334
	ขั้นตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์การประเมินเอกสารหลักสูตรก่อนนำไปทดลองใช้.....	335
	ขั้นตอนที่ 4 ผลการปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้.....	343
	ขั้นตอนที่ 5 ผลการเตรียมบุคลากรและการทดลองใช้หลักสูตร.....	345
	ขั้นตอนที่ 6 ผลการปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรหลังการทดลองใช้.....	361
5	สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	363
	สรุปผลการศึกษาค้นคว้า.....	369
	สภาพการเรียนรู้การสอนที่พบจากการศึกษาค้นคว้า.....	380
	อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า.....	382
	ข้อเสนอแนะ.....	394
	บรรณานุกรม.....	396
	ภาคผนวก.....	423
	ประวัติย่อผู้วิจัย.....	767

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1	แสดงทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และคำถามที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	178
2	ผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	220
3	สภาพพื้นที่กับเทคโนโลยีที่เหมาะสม	224
4	แสดงขั้นตอนและเป้าหมายของการพัฒนาหลักสูตร	265
5	แสดงจำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตร	274
6	แสดงร้อยละของแบบสอบถามที่ได้รับคืนจากกลุ่มตัวอย่าง	275
7	แบบแผนการทดลอง	297
8	แสดงสมรรถภาพและสมรรถภาพย่อยของคุณลักษณะทั่วไป	304
9	แสดงสมรรถภาพและสมรรถภาพย่อยของคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ	305
10	แสดงสมรรถภาพและสมรรถภาพย่อยของคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม	307
11	แสดงสมรรถภาพและสมรรถภาพย่อยของคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ	308
12	แสดงจำนวนข้อสอบและการให้คะแนนของแบบวัดคุณลักษณะทั่วไป	313
13	แสดงจำนวนข้อสอบและการให้คะแนนของแบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ	313
14	แสดงจำนวนข้อสอบและการให้คะแนนของแบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม	314
15	แสดงจำนวนข้อสอบและการให้คะแนนของแบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ	314
16	คะแนนจุดตัดขั้นสูงและขั้นต่ำของแบบวัดคุณลักษณะด้านความรู้-ความคิด และช่วงคะแนนในแต่ละระดับคุณภาพ	315
17	คะแนนจุดตัดขั้นสูงและขั้นต่ำของแบบวัดคุณลักษณะด้านคุณลักษณะ และช่วงคะแนนในแต่ละระดับคุณภาพ	316
18	แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศ	324
19	แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามอายุ	324
20	แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามวุฒิการศึกษา	325
21	แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามประสบการณ์ในการสอนวิชาชีพ	325
22	แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเกียรติประวัติ	326
23	แสดงร้อยละของนักเรียนจำแนกตามเพศ	326
24	แสดงร้อยละของนักเรียนจำแนกตามระดับคะแนนจากผลการสอบวิชาชีพ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2538	327

25	แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับความต้องการ ด้านเนื้อหาของครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ต้องการนำมาสร้าง บทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ	328
26	แสดงความเหมาะสมของโครงร่างหลักสูตร	336
27	แสดงความสอดคล้องของโครงร่างหลักสูตร	339
28	ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงหลักสูตร	342
29	แสดงค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของ คะแนนวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของจำนวน ที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังการทดลอง ใช้หลักสูตร	346
30	สรุปผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย วิชาชีววิทยาของกลุ่มตัวอย่างหลังการทดลองใช้หลักสูตร	350
31	สรุปผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย วิชาชีววิทยาของกลุ่มทดลองหลังการทดลองใช้หลักสูตรและหลัง การทดลองใช้หลักสูตร	351
32	สรุปผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย ของกลุ่มตัวอย่างหลังการทดลองใช้หลักสูตร	352
33	สรุปผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย ของกลุ่มทดลองก่อนการทดลองใช้หลักสูตรและหลังการทดลองใช้หลักสูตร	353
34	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมหลังการทดลองใช้หลักสูตร	354
35	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยของกลุ่มทดลอง ก่อนการทดลองใช้หลักสูตรและหลังการทดลองใช้หลักสูตร	355
36	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยของกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลองใช้หลักสูตรและหลังการทดลองใช้หลักสูตร	356

37	ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตรที่มีต่อหลักสูตรวิชา ชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา ตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หน่วยที่ 1 เรื่องเทคโนโลยีการหมัก	357
38	ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตรที่มีต่อหลักสูตรวิชา ชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา ตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หน่วยที่ 2 เรื่องเทคโนโลยีของเสีย	358
39	ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตรที่มีต่อหลักสูตรวิชา ชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา ตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หน่วยที่ 3 เรื่องเทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบ มาใช้ประโยชน์	359
40	ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตรที่มีต่อหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา ตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หน่วยที่ 4 เรื่องเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม	360
41	ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตรที่มีต่อหลักสูตรวิชา ชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา ตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หน่วยที่ 5 เรื่องวิศวกรรมเอนไซม์	361
42	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล การเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้-ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้วิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จาก สารเหลือทิ้ง).	560
43	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล การเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ)	561
44	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล การเรียนรู้ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์)	562
45	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล การเรียนรู้ด้านจิตพิสัย (คุณลักษณะทั่วไป)	563
46	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล การเรียนรู้ด้านจิตพิสัย (คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ)	564

47	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล การเรียนรู้ด้านจิตพิสัย (คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม)	565
48	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล การเรียนรู้ด้านจิตพิสัย (คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ)	566

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1	แผนภูมิแสดงระบบหลักสูตร	20
2	แสดงระยะเวลาและความยากลำบากในการเปลี่ยนแปลงของมนุษย์	27
3	กรอบความคิดสำหรับการศึกษาและการปฏิบัติงานเกี่ยวกับหลักสูตร ในทัศนะของกูดแลคและริชเทอร์	34
4	ขอบเขตของหลักสูตรในทัศนะของอีมานส์	35
5	กระบวนการพัฒนาหลักสูตรในทัศนะของไทเลอร์	37
6	กระบวนการจัดทำหลักสูตรของเซเลอร์ อเล็กซานเดอร์และลีวิส	38
7	กระบวนการพัฒนาหลักสูตรตามทัศนะของสจ๊วต อูทรานันท์	39
8	กระบวนการพัฒนาหลักสูตรตามแนวของกรมวิชาการ	40
9	การพัฒนาหลักสูตรระดับโรงเรียน	42
10	แสดงขั้นตอนของกระบวนการพัฒนาหลักสูตรระดับโรงเรียน	42
11	แผนภูมิกำบังปลาแสดงการปฏิบัติเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรและการสอน.....	43
12	รูปแบบของการพัฒนาหลักสูตรและการสอน	45
13	กระบวนการในการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นในระดับมัธยมศึกษา	70
14	แผนภูมิการสร้างรายวิชาอาชีพท้องถิ่น	75
15	แผนภูมิการประเมินผลการจัดทำหลักสูตรท้องถิ่น	82
16	แสดงกระบวนการเรียนรู้	107
17	สรุปขั้นตอนการเรียนรู้ถึงการเรียนรู้	107
18	การเชื่อมกระบวนการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับวิถีชีวิต	109
19	กระบวนการของการสอน	117
20	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สำคัญตามทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม	120
21	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้	121
22	ปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนการสอนในห้องเรียน	123
23	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ.....	128
24	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆของการเรียนการสอน	129
25	ตัวอย่างระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์	132
26	แสดงรูปแบบต่างๆในการจัดกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ของ ASEP	141
27	แสดงการเรียนรู้แบบวัฏจักร	143

28	การจำแนกพฤติกรรมด้านจิตพิสัยตามแนวคิดของบลูมและเมเชีย	181
29	พิสัยของความหมายของคำบางคำในด้านจิตพิสัยเมื่อเทียบจากประเภทของ พฤติกรรมด้านจิตพิสัยที่จำแนกโดยบลูมและเมเชีย	182
30	แสดงธรรมชาติและโครงสร้างวิทยาศาสตร์เปรียบเทียบกับโครงสร้างของตึก	203
31	แผนภูมิสาขาวิชาต่างๆประกอบกันเป็นเทคโนโลยีชีวภาพ	232
32	กรอบความคิดในการวิจัย การพัฒนาหลักสูตร วิชา ชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา ตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง	261
33	แสดง ขั้นตอนในการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง	266
34	แสดงขั้นตอนการสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับสร้างหลักสูตร	269
35	แสดงขั้นตอนการสร้างโครงร่างหลักสูตร วิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง	280
36	แสดงขั้นตอนการประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้	286
37	แสดงขั้นตอนการปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้	291
38	แสดงขั้นตอนการเตรียมบุคลากรและการทดลองใช้หลักสูตร	293

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การสอนวิทยาศาสตร์นอกจากจะตอบสนองจุดมุ่งหมายของความเป็นวิทยาศาสตร์โดยตรงแล้ว ยังเชื่อมโยงไปสู่จุดมุ่งหมายในศาสตร์แขนงอื่นด้วย ในจำนวนนี้ศาสตร์ทางเทคโนโลยีนับเป็นศาสตร์ที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์มากที่สุดศาสตร์หนึ่ง ทั้งนี้ ดังจะเห็นได้จากนิยามของเทคโนโลยีที่กล่าวว่าเทคโนโลยีเป็นการนำวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาในการปฏิบัติเพื่อให้เกิดการพัฒนา (Good. 1973 : 492 ; William. 1974 : 935) หรือเป็นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และศาสตร์อื่นๆมาผสมผสานและประยุกต์ เพื่อสนองเป้าหมายเฉพาะตามความต้องการของมนุษย์ด้วยการนำทรัพยากรต่างๆมาใช้ในการผลิตและจำหน่าย หรือนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่การดำรงชีวิตของมวลมนุษย์ เทคโนโลยีจึงเปรียบเสมือนสะพานที่เชื่อมโยงให้มนุษย์สามารถรับประโยชน์จากวิทยาศาสตร์อย่างเต็มที่เท่าที่เทคโนโลยีในขณะหนึ่งขณะใดจะทำได้ เทคโนโลยีจึงเป็นปริณิตผลแห่งความรู้ในกระบวนการ วิธีการที่จะเปลี่ยนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมให้ปรากฏจริงในรูปธรรม (สิปปนนท์ เกตุทัต. 2538 : 11) เทคโนโลยีใช้เพียงแต่ความรู้ธรรมดาแต่เป็นชุดความรู้ที่แน่นอนชุดหนึ่งและเกิดการเปลี่ยนแปลงไปควบคู่กับความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ประเทศไทยมีการเร่งการผลิตและการบริการที่ใช้เทคโนโลยีที่สูงขึ้น ดังนั้นควรเร่งสร้างบุคลากรและโครงสร้างพื้นฐานทั่วไปอย่างเต็มที่ แต่ขณะเดียวกันต้องพยายามเลือกเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อม และแนวทางในการที่จะพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับภาวะในปัจจุบัน เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับอนาคตควรจะต้องประกอบด้วยการปรับกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้สามารถเข้าใจและก้าวตามทันวิทยาการความรู้ใหม่ๆและยังอาจจะสามารถเป็นผู้คิดค้นเทคโนโลยีใหม่ขึ้นมาเองได้ด้วย (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ และคณะ. 2538 : 2)

เทคโนโลยีมีอยู่มากมายหลายประเภท เทคโนโลยีใหม่ๆที่มีความสำคัญต่ออนาคตของประเทศไทย ดังสรุปจากแนวโน้มความต้องการภายในประเทศที่สำคัญ มี 3 สาขาด้วยกัน คือ เทคโนโลยีวัสดุศาสตร์ เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีชีวภาพ (UNESCO. 1991 : 15) โดยเฉพาะเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งเป็นการนำความรู้ทางด้านชีววิทยามาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติและอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง (ศิริพจน์ ผลสินธุ์. 2536 : 59) รวมทั้งใช้หลักการวิศวกรรมศาสตร์ในกระบวนการผลิตวัตถุที่เป็นเทคนิควิธีทางชีววิทยาเพื่อที่จะให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ (Hunt. 1983 : 8 ; ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. 2538 : 2) ตัวอย่างเช่น การผลิตเบียร์ ไวน์ ขนมอบัง การเพาะเห็ด การหมัก

การนำสารเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ใหม่ ซึ่งจัดเป็นเทคโนโลยีชีวภาพขั้นพื้นฐาน (สุปราณี ผลชีวิน. 2532 : 6 ; Bu'Lock J. and Kristiansen. 1987 : 3 ; Croeomo and others. 1987 : 139 ; กรมวิชาการเกษตร. 2530 : 5 ; Higgins, Best and Jones. 1988 : 3 ; Sasson. 1988 : 7)

เทคโนโลยีชีวภาพประกอบด้วยวิทยาการขั้นพื้นฐาน คือ ชีววิทยาในระดับโมเลกุล ชีวเคมี และจุลชีววิทยามานอกกับเทคโนโลยีของการนำสิ่งมีชีวิตและผลิตผลของสิ่งมีชีวิตมาใช้ ทั้งที่ได้สั่งสมกันมาแต่โบราณและได้มาจากวิศวกรรมกระบวนการสมัยใหม่ (กระทรวง วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน. 2532 : 7 ; Silver. 1986 : 441) ปัจจุบันแนวโน้ม ความต้องการของสังคมก็คือความสำคัญของอุตสาหกรรมอาหารและยา ความหลากหลายทาง ชีวภาพที่เพิ่มขึ้น และการพัฒนาเกษตรกรรมที่ยั่งยืน เช่น การใช้จุลินทรีย์เพื่อการกำจัดศัตรู พืช ปุ๋ยชีวภาพ การบำบัดและการใช้ประโยชน์จากของเสียโดยกระบวนการทางชีววิทยา ล้วนแต่ ต้องใช้ความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพทั้งสิ้น (พิศาล มูลศาสตร์สาทร. 2537 ; Forster. 1987 : 193) นอกจากนี้เทคโนโลยีชีวภาพยังจัดเป็นสาขาที่รู้จักแพร่หลายสาขาหนึ่งที่บ่งบอกถึง ศักยภาพทางด้านเศรษฐกิจที่สำคัญอีกด้วย (Kinney. 1993 : Abstract) อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีชีวภาพที่สมควรได้รับการสนับสนุนและส่งเสริมเป็นพิเศษเพื่อให้เหมาะสมที่จะใช้ใน สภาพแวดล้อมปัจจุบัน คือ เทคโนโลยีชีวภาพที่เหมาะสม ซึ่งหมายถึงวิถีทางที่ดีที่สุด ในการผลิตผลิตภัณฑ์โดยใช้ปัจจัยการผลิตที่เหลือเพื่อให้มากที่สุด รวมทั้งปัจจัยที่มีในท้องถิ่น และดัดแปลงให้เหมาะสมกับสภาพความต้องการในการผลิตของชุมชนด้วย (นาท ดันตวิรุพห์. 2525 : 216) ดังนั้นการสอนวิทยาศาสตร์ให้สัมพันธ์กับเทคโนโลยีชีวภาพที่เหมาะสมจึงเป็น เรื่องที่สำคัญและจำเป็นที่ต้องมีการพัฒนาให้มีความสอดคล้องกับบริบททางวิชาการที่เกี่ยวข้อง ในส่วนนี้กล่าวได้ว่าเรื่องเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศเป็นบริบทที่น่าจะเกี่ยวข้องกับ เทคโนโลยีชีวภาพที่เหมาะสมอยู่มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเหลือทิ้ง (Waste) เนื่องจาก ปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ทั้งโดยทางตรงและทางอ้อมโดยรู้ เทาไม่ถึงการณ์ในการนำวิทยาการใหม่ๆมาพัฒนาประเทศให้เจริญก้าวหน้าเพื่อการเพิ่มผลผลิต เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ให้ดีขึ้นจึงเกิดการทำลายธรรมชาติจนทำให้เกิดปัญหา มลพิษทางสิ่งแวดล้อม และจากการกระทำนั้นจะย้อนกลับมามีผลกระทบต่อมนุษย์และก่อให้เกิด ผลร้ายกับมนุษย์ในอนาคต (วินัย วีระวัฒนานนท์. 2537 : 40) การป้องกันและแก้ไข ปัญหาสิ่งแวดล้อมจะสำเร็จไปด้วยดี โดยประชาชนทุกคนจะต้องมีส่วนร่วมในการรับภาระร่วมกัน ทั้งนี้รวมถึงนักเรียนที่ควรจะต้องตระหนักถึงการมีส่วนร่วมรับผิดชอบในปัญหาเหล่านี้ด้วย โดยนัก เรียนได้ปฏิบัติจริงมีส่วนได้สัมผัสกับปัญหาและนำสิ่งที่จะทำให้เกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อมกลับมา ใช้ใหม่เพื่อให้เกิดประโยชน์ เช่น การนำสารเหลือทิ้งที่จะทำให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อมมาผลิต ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆให้เกิดประโยชน์ เป็นต้น

ดังกล่าวมาแล้วข้างต้นจะเห็นว่า การจัดการด้านทรัพยากรจึงเป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดบทบาทของผู้ที่เกี่ยวข้องในการจัดการศึกษา รวมทั้งการวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการของท้องถิ่นเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ (กรมสามัญศึกษา. 2534 : 1) กอปรกับคนไทยในปัจจุบันดำรงชีวิตอยู่ท่ามกลางสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การเตรียมคนให้เข้ากับสังคมในยุคนี้เป็นหน้าที่ของโรงเรียนโดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของกระบวนการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไม่ควรสอนให้นักเรียนจดจำเนื้อหาเพียงอย่างเดียว แต่ควรฝึกฝนให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการปฏิบัติ จะช่วยให้นักเรียนมีศักยภาพในการค้นคว้าหาความรู้และสามารถแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี (เสารัตน์ ภัทรจิตินันท์. 2538 : 52) นอกจากนี้ยังต้องเตรียมกำลังคนเพื่อเข้าสู่แรงงานในอุตสาหกรรมเกษตรและอุตสาหกรรมท้องถิ่นด้วย ต้องเตรียมผู้เรียนให้พร้อมทั้งในด้านทักษะและเจตคติเบื้องต้นที่จำเป็นเพื่อประกอบอาชีพ (กรมวิชาการ. 2532 : 1) และต้องให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถ ที่จะศึกษาด้วยตนเองและพึ่งตนเองได้ (ยงยุทธ ยุทธวงศ์. 2539 : 21) ซึ่งการที่จะให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะดังกล่าวนี้ วิธีการหนึ่งคือการปรับปรุงหลักสูตร โดยเฉพาะหลักสูตรท้องถิ่นในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นหลักสูตรที่มีหลักการเพื่อเตรียมประชากรวัยรุ่นของชาติให้เข้าสู่การอาชีพในอนาคต (กรมวิชาการ. 2532 : 2)

หลักสูตรที่ดีต้องมีคุณลักษณะที่ยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนได้ ไม่หยุดนิ่งอยู่กับที่ จะต้องเป็นเครื่องมือที่มีอิทธิพลในการเป็นตัวนำเปลี่ยนแปลงสังคม (จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช, น้อมศรี เกท และไพฑูรย์ สีนลารัตน์. 2536 : 1 ; สุชาติ วงศ์สุวรรณ. 2537 : 15 ; Kerr. 1989 : 161) และหลักสูตรต้องเป็นรูปธรรม ต้องเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันจะได้ช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจเพิ่มขึ้นมากกว่าการท่องจำเปล่าๆ (กรมวิชาการ. 2532 : 23) แต่ในปัจจุบันหลักสูตรถูกกำหนดหลักการและแนวปฏิบัติจากหน่วยงานที่อยู่ส่วนกลางมากเกินไปทำให้หลักสูตรที่นำมาสอนห่างไกลชีวิตจริงของชุมชนทำให้ผู้เรียนรู้เรื่องไกลตัวมากกว่าการที่จะรู้เรื่องตัวเอง ทำให้เกิดปัญหาในการดำรงชีวิตและช่วยตัวเองไม่ได้ มีการศึกษาเรื่องท้องถิ่นน้อย ไม่มีการเชื่อมโยงการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับชีวิตของนักเรียนในชุมชน (สุรเชษฐ์ เวชพิทักษ์. 2533 : 2) สำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์เป็นหลักสูตรสำคัญที่จะทำให้การพัฒนากำลังคนในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเจริญก้าวหน้าขึ้น หลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่จัดขึ้นในโรงเรียนนั้นเป็นหลักสูตรที่ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเนื้อหาเป็นส่วนใหญ่ การปรับปรุงหลักสูตรการสอนวิทยาศาสตร์ในอนาคต ต้องปรับที่เนื้อหาต้องเน้นที่เรื่องความกว้าง ความหลากหลาย และความลึก เน้นในเชิงบูรณาการเชิงประยุกต์ความคิดที่ทันสมัย (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2536 : 35) และหลักสูตรวิทยาศาสตร์จะต้องบรรจุเนื้อหาที่เป็นประโยชน์ต่อท้องถิ่นและมีการปฏิบัติจริง (อมร รักษาสัตย์. 2537 : 7 ; อารัตน์ วัฒนสิน. 2534 : 2) นอกจากนี้ทิศทาง

การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์จะต้องสอดคล้องและสัมพันธ์กับแผนพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศเป็นอย่างมาก การสอนวิทยาศาสตร์มีจุดประสงค์ที่จะให้เยาวชนเห็นประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีเจตคติและค่านิยมที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและการประกอบอาชีพ ดังนั้น ในการกำหนดหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ควรพิจารณาถึงจุดหมายปลายทาง 2 ประการ คือ การเตรียมคนเป็นนักวิทยาศาสตร์และการนำความคิดทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และจุดหมายปลายทางนี้จะสำเร็จได้ ควรมีหลักการกว้างๆ ได้แก่ หลักสูตรวิทยาศาสตร์ควรเป็นหลักสูตรที่เน้นรูปธรรม ช่วยให้ผู้เรียนเกิดภาพพจน์ที่ชัดเจนระหว่างชีวิตประจำวันกับโลกวิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อม สภาพสังคมและครอบครัว จะต้องเอื้ออำนวยให้ผู้เรียนได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ นอกจากนี้การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในอนาคต ควรให้มีความสัมพันธ์กับการพัฒนาอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร มุ่งให้เยาวชนทราบถึงผลผลิตและการพัฒนาผลผลิต การพัฒนาปรับปรุงพันธุ์พืชและพันธุ์สัตว์ การนำพลังงานมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด หรือพลังงานที่จะสร้างขึ้นใหม่ จะเห็นได้ว่าการพัฒนาดังกล่าวจะสอดคล้องกับการพัฒนาด้านเทคโนโลยีชีวภาพ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูงที่สุดนั่นเอง

ถึงแม้หลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์ของไทยจะมีการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้สอดคล้องและเหมาะสมกับภาวะการณ์ปัจจุบันก็ตามแต่การสอนวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนแต่ละคนให้ได้ผลดีตามความต้องการของทุกคนนั้นเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยาก ทำให้มองเห็นถึงความจำเป็นที่ต้องนำยุทธวิธีการสอนและสื่อทางการศึกษาเข้ามาใช้ปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (สงบ ลักษณะ. 2534 : 3 - 4) หรือเปลี่ยนจากการเรียนการสอนภาคทฤษฎีมาเน้นภาคปฏิบัติให้มากขึ้น (กรมวิชาการ. 2532 : 202-203) จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนาหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตร (กรมวิชาการ. 2532 : 16) พบว่า ปัญหาส่วนหนึ่งที่ได้รับการกล่าวถึงหรือร้องเรียนจากโรงเรียนซึ่งเป็นผู้ใช้หลักสูตรมาก คือ การที่หลักสูตรไม่ตอบสนองต่อท้องถิ่นเท่าที่ควร หลักสูตรมีปัญหาในเชิงปฏิบัติหลายอย่าง เช่น โครงสร้างของเนื้อหาวิชาไม่เหมาะสม คำอธิบายรายวิชาขาดความต่อเนื่อง โรงเรียนไม่สามารถจัดวิชาเลือกตามความถนัดและความสนใจของนักเรียนและนักเรียนมีความรู้และทักษะพื้นฐานยังไม่เพียงพอในการดำรงชีวิต เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้ หากโรงเรียนในท้องถิ่นได้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับหลักสูตร หรือมีโอกาสมิมีความสามารถที่จะพัฒนาหลักสูตร ปรับปรุงหลักสูตรเองได้ น่าจะทำให้ปัญหาความไม่สอดคล้องระหว่างหลักสูตรกับการปฏิบัติลดลงได้มาก นอกจากนี้ หลักสูตรต้องปลูกฝังกระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการคิด กระบวนการทำงานร่วมกันและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะนำไปสู่การแสวงหาความรู้ แต่หลักสูตรวิทยาศาสตร์

✓ ในปัจจุบันโดยเฉพาะอย่างยิ่งหลักสูตรชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายส่วนใหญ่เน้นเนื้อหา
มากเกินไป ไม่มีการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เท่าที่ควร ทำให้นักเรียนไม่สนใจ
การเรียนรู้ (จิตติโส ผดุงรัตน์. 2538 : 5) นอกจากนี้การสอนชีววิทยายังขาดสื่อการสอนที่
เหมาะสมเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจหัวข้อบางหัวข้อที่การอธิบายโดยปากเปล่าไม่สามารถอธิบาย
ให้เห็นภาพชัดเจนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขาดสิ่งที่นักเรียนสามารถมองเห็นเป็นรูปธรรมได้

✓ (พงษ์ หาญยุทธนาการ. 2538 : 31) เช่น หลักสูตรชีววิทยา เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยี
ชีวภาพ ว 046 ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีแต่คำอธิบายรายวิชาอย่างเดียวทำให้ครูผู้สอน
มีปัญหาในการสอนมากและถ้าพิจารณาเนื้อหาของวิชาชีววิทยาจะพบว่าเป็นเรื่องราวที่เกี่ยวกับ
ผู้เรียนและสิ่งแวดล้อมของผู้เรียนเองไม่ทางตรงก็ทางอ้อมทั้งสิ้น แต่กระนั้นผู้เรียนก็ยังไม่
สามารถนำความรู้จากการเรียนวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตประจำวันได้เท่าที่ควร ถึงแม้จะมีการ
สอนแทรกในด้านเทคโนโลยีแต่เป็นการเรียนในลักษณะของการเรียนรับรู้มากกว่าการแสวงหา
ความรู้ (เจลิยว มณีเลิศ. 2534 : 74) การสอนโดยครูเป็นศูนย์กลางดังกล่าวไม่สามารถ
พัฒนาการให้ความร่วมมือต่อกลุ่ม การมีส่วนร่วมในการทำงานกับผู้อื่นในกลุ่ม การรู้จักรับฟัง
ความคิดเห็นของผู้อื่น ทำให้นักเรียนขาดคุณลักษณะที่สำคัญ ได้แก่ ขาดทักษะกระบวนการ
ทางวิทยาศาสตร์ ขาดการฝึกฝนด้านทักษะปฏิบัติการทดลอง ไม่กล้าแสดงความคิดเห็น ไม่
สามารถตัดสินใจด้วยตนเอง ไม่รู้จักแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและขาดความรับผิดชอบต่อกัน
เองและสังคม ซึ่งระบบการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมุ่งเน้นให้นักเรียนได้รับเนื้อหา
ความรู้ อันเป็นผลผลิตของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อจะได้นำเนื้อหาความรู้นั้นไป
ใช้ในการสอบแข่งขันเข้าเรียนต่อในมหาวิทยาลัยต่อไป การที่ครูสอนโดยมุ่งเน้นเนื้อหาทำให้
ละเลยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิธีการแสวงหาความรู้และละเลยกระบวนการสร้าง
เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากครูผู้สอนเห็นว่าหากฝึกให้นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการในการ
แสวงหาความรู้ให้เป็นไปตามขั้นตอนและเน้นการสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์แล้วจะเป็นการ
เสียเวลามากทำให้การสอนไม่จบหลักสูตร และจากสรุปผลการดำเนินงานในเรื่องเกี่ยวกับปัญหา
ทางการศึกษาของกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ พบว่าการประเมินผลนักเรียน
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในด้านความรู้ความคิดในกลุ่มวิทยาศาสตร์ การคิดแก้ปัญหา การ
พัฒนาอาชีพ การพัฒนาสังคมและการพัฒนาสุขภาพ โดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีร้อยละ 39.51
พอใช้ร้อยละ 50.57 และควรปรับปรุงร้อยละ 9.92 กลุ่มวิทยาศาสตร์มีนักเรียนร้อยละ 22.52
ซึ่งมากเป็นอันดับ 1 ได้คะแนนอยู่ในระดับควรปรับปรุง สำหรับการประเมินคุณลักษณะด้าน
จิตพิสัยในกลุ่มทั่วไป การพัฒนาอาชีพ การพัฒนาสังคม และการพัฒนาสุขภาพ ผลการประเมิน
อยู่ในระดับ 3 และ 4 (เห็นประโยชน์และยึดมั่น) เฉลี่ยร้อยละ 60.28 และ 32.79 ส่วนระดับ
1 และ 2 (รับรู้และปฏิบัติตามเงื่อนไข) มีจำนวนไม่มากนัก เพียงร้อยละ 0.18 และ 6.75 ตาม
ลำดับ และนอกจากนี้ ยังพบว่า วิชาวิทยาศาสตร์ เป็นวิชาที่นักเรียนได้ระดับผลการเรียนต่ำกว่า

ระดับ 2 รวมทั้งคิด ร. และ มส. เป็นจำนวนมาก ถึงร้อยละ 47.68 (กรมสามัญศึกษา. 2534 : 5 - 6) สอดคล้องกับ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2539 : 98 - 99) ซึ่งได้ศึกษาประสิทธิภาพของการมัธยมศึกษา ระหว่าง พ.ศ. 2526 - 2528 พบว่า ในปี พ.ศ. 2528 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ (เคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา) เท่ากับ 10.57 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน และ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.89 จะเห็นได้ว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ไม่ถึงร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ดังนั้น จึงควรวางแนวทางปรับปรุงการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้ผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น โดยเน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กระบวนการเสริมสร้าง เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมให้ท้องถิ่นพัฒนาหลักสูตร เน้นการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อ นักเรียนและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกเรียนรายวิชาต่างๆ อย่างหลากหลาย (สุชาติ วงศ์สุวรรณ. 2537 : 20) การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อให้บรรลุตาม จุดมุ่งหมายดังกล่าว ได้แก่ การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นการปฏิบัติการทดลอง เพื่อให้ นักเรียนได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เท่าที่จะทำได้ เช่น วิธี จัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง การสังเกต การวัด การรวบรวมข้อมูล การสรุปผลข้อมูล และที่สำคัญที่สุดคือการพัฒนาทักษะปฏิบัติการทดลอง เพื่อให้เกิด ความเข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น (สสวท. 2538 : 1) นอกจากนี้ยังพบว่า การปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นการช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ แก่ปัญหาได้ค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง มีเสรีภาพทางความคิด มีส่วนร่วมใน การทดลอง และแก้ปัญหาด้วยตนเองมากที่สุด เป็นสื่อสำคัญให้นักเรียนเข้าใจข้อเท็จจริง หลักการ มโนทัศน์ ทฤษฎี เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (จำแสง เชื้อภักดี. 2538 : 23 ; Backer , Guy and Eve. 1990 : 2 ; Lunetta and others. 1981 : 22-25 ; Richardson. 1957 : 70-73) ซึ่ง สอดคล้องกับเออร์วิน (Irwins. 1986 : 2254-A-2255-A) ที่ทำการวิจัย พบว่า วิธีสอน แบบปฏิบัติการทดลองเนื้อหาความรู้เอง สามารถพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ มีความคงทน ของความรู้สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีแบบปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์ความรู้ที่ กำหนดไว้แล้ว และการสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองนั้นเป็นสิ่งที่มีความหมาย มาก เพราะจะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจใฝ่หาความรู้ รู้จักคิด และรู้จักค้นคว้าด้วยวิธีวิทยา ศาสตร์ นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญที่สุดก็คือทำให้นักเรียนมีเหตุผล ไม่มั่งงาย (จันทร์ชัย หญิง ประยูร. 2537 : 252) และสอดคล้องกับ สมิท (Smith. 1987 : 2984-A) ที่พบว่าผล การเรียนรู้วิชาชีววิทยาทางด้านวิชาการของ นักศึกษาสาขาชีววิทยาปี 1 ของกลุ่มที่ได้รับการ สอนด้วยวิธีผสมผสานระหว่างวิธีบรรยายและวิธีปฏิบัติการทดลองจะได้คะแนนสูงสุด และเมลวิน (Melvin. 1994 : Abstract) พบว่าผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียน

โดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งเรียนโดยวิธีปฏิบัติการทดลอง สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีบรรยาย และยังมีเจตคติต่อวิชาชีววิทยาสูงกว่าด้วย โดยเฉพาะการสอนเรื่องเทคโนโลยีชีวภาพควรที่จะให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติหรือทดลองทำว่า จะมีอะไรเกิดขึ้น หรือได้จัดทำกับสิ่งนั้นแล้วเกิดข้อสงสัยหาคำตอบด้วยตนเอง (บุปผชาติ ทัพพิกรณ์. 2538 : 5) เพราะการทดลองด้วยตนเองจะทำให้นักเรียนมีใจรักวิทยาศาสตร์ ใครที่จะเรียนรู้ให้รู้ซึ่งขึ้นไปอีก รู้จักใช้ความรู้ ความคิด เป็นคนมีเหตุผลมีขั้นตอนในการปฏิบัติ เป็นอย่างดี และรู้จักใช้ระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์ในการประกอบการทำงาน นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ขึ้นในระหว่างมีส่วนร่วมโดยตรงกับกิจกรรมที่ นักเรียนได้ลงมือกระทำและฝึกคิดด้วยตนเอง (ปรีชา อมาตยกุล. 2528 : 38 ; สสวท. 2538 : 1) ซึ่งสอดคล้องกับบรูเนอร์ (Bruner. 1960 : 182) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ง่าย ถ้าเรียนในสิ่งที่มีความหมาย ต่อผู้เรียนและการเรียนจะเกิดผลดีเมื่อผู้เรียนมีจุดมุ่งหมาย มีความต้องการ มีความสนใจและลงมือกระทำด้วยตัวเอง นอกจากนี้การเรียนรู้ยังเกิดขึ้นจากการรับรู้ ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมที่มีความหลากหลาย ดังนั้น การกำหนดกระบวนการเรียนรู้จึงต้องมีความเชื่อมโยงกันในหลายองค์ประกอบ การเชื่อมโยงกันของ กระบวนการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับวิถีดำเนินชีวิต ได้แก่ การเชื่อมโยงปรัชญา หลักการ ทฤษฎี วิธีการที่จะพัฒนาการเรียนรู้ในแบบวิถีวัฒนธรรมไทย กับหลักการที่เป็นสากลอย่างผสมผสานกลมกลืนกัน (สมน อมรวิวัฒน์. 2530 : 233) นอกจากนี้องค์ประกอบสำคัญของการเรียนที่ขาดมิได้ก็คือ ทักษะการฝึกหัดและเจตคติต่อสิ่งที่จะเรียนรู้นั้น (Gagne. 1986 : 154) สำหรับการเรียนรู้ในโรงเรียน บลูม (Bloom. 1982 : 3) ได้เสนอพฤติกรรมที่เป็นตัวกำหนดผลการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรม 3 ด้านด้วยกัน คือ พฤติกรรมเบื้องต้นด้านพุทธิพิสัย เป็นตัวกำหนดด้านแรก ซึ่งเป็นสิ่งที่นักเรียนมีมาก่อน ได้แก่ ความรู้เดิม ความถนัด เป็นต้น บลูม กล่าวว่า “พฤติกรรมเบื้องต้นด้านพุทธิพิสัยจะเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างผู้เรียนกับความสำเร็จในการเรียนรู้” (Bloom. 1982 : 33) ตัวกำหนดด้านที่สอง คือ ลักษณะเบื้องต้นด้านจิตพิสัย ได้แก่ แรงจูงใจของนักเรียนที่ทำให้อยากเรียน เจตคติที่มีต่อวิชาที่เรียน ดังที่บลูม กล่าวว่า “ผู้ที่ได้รับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงจะสามารถเพิ่มเจตคติต่อวิชานั้นไปในทางบวก และในทางกลับกันเจตคติทางบวกก็ช่วยทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นได้” (Bloom. 1982 : 103) สำหรับตัวกำหนดด้านสุดท้าย คือ พฤติกรรมเบื้องต้นด้านทักษะพิสัย ได้แก่ การใช้เครื่องมือต่างๆ ได้อย่างคล่องแคล่ว ทำให้ผลงานที่คิดขึ้นจากการเรียนรู้เป็นที่น่าพอใจ ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะสูงขึ้นด้วย สอดคล้องกับคลอสไมเยอร์และกูดวิน (Klausmeier and Goodwin. 1966 : 2 - 10) และ ดันกินและบิดเดิล (Dunkin and Biddle. 1974 : 38) ที่กล่าวว่าปัจจัยที่มีต่อผลการเรียนรู้ทั้งระยะสั้นและระยะยาว ได้แก่ ตัวแปรด้านครู กระบวนการ ผลผลิตและบริบท เป็นต้น นอกจากนี้การเรียนรู้ยังขึ้นอยู่กับพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นผลให้เกิดพัฒนาการทางสติปัญญา ซึ่งเพียเจต์ (Piaget. 1956 : 285) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้จะเกิดจากการปรับประสบการณ์ใหม่

ที่ค่อยๆซึมซับมาทีละน้อยให้เข้าสู่โครงสร้างทางสติปัญญาตามความต้องการของสิ่งแวดล้อม ซึ่งโครงสร้างทางสติปัญญา หมายถึงวิธีที่แต่ละบุคคลจัดข้อมูลข่าวสารที่ได้มาเพื่อที่จะกำหนดกฎเกณฑ์ให้แก่เหตุการณ์นั้นๆ ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการทดลองทั้งสิ้น และจากผลการวิจัยของราเมศ เสียบสื่อตระกูล (2530 : Abstract) พบว่านักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง และการเรียนการสอนปฏิบัติการทดลองแบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการทางสติปัญญาด้านความรู้ความเข้าใจเพิ่มสูงขึ้น (Mc Meen and windle. 1983 : 130A ; El-Nemr. 1980 : 5813-A ; Helseth. 1984 : 482-A-483-A) โดยเฉพาะนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นเยาวชนที่ควรจะได้รับปลูกฝังการเกิดการเรียนรู้ที่ดี เพื่อเป็นพื้นฐานในการดำรงชีวิตได้อย่างดีในสังคมไทยต่อไป (ผกา แสงสุวรรณ. 2534 : 12) วิธีการหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ คือ การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นซึ่งหมายถึงการปรับหรือเพิ่มเติมรายละเอียดของเนื้อหา ปรับและเสริมกิจกรรมการเรียนการสอน เช่น การใช้กิจกรรมปฏิบัติการทดลอง การจัดทำสื่อการเรียนการสอนเพิ่มเติม เป็นต้น

จังหวัดปราจีนบุรีเป็นท้องถิ่นในระดับหนึ่ง มีโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดกรมสามัญศึกษาจำนวน 25 โรงเรียนกับ 1 สาขา เปิดสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 21 โรงเรียน นอกจากนี้ยังมีโรงเรียนสังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนที่เปิดสอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายอีก 1 โรงเรียน รวมจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายทั้งสิ้น 5,068 คน (สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดปราจีนบุรี. 2539 : 14) โรงเรียนดังกล่าวกระจายครอบคลุมพื้นที่ทั้ง 7 อำเภอของจังหวัด ประชากรของจังหวัดปราจีนบุรีมีการประกอบอาชีพที่สำคัญ คือ การทำสวนผลไม้ การทอเสื่อ การถักไม้กวาด เลี้ยงปลาและกึ่งในนาข้าว และเนื่องจากมีสวนผลไม้มากจึงทำให้มีโรงงานอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องมากตามไปด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สิ่งแวดล้อมของจังหวัดปราจีนบุรีเสื่อมโทรมไปเกือบทุกด้าน ผู้วิจัยในฐานะเป็นครูผู้สอนวิชาชีววิทยาของจังหวัดปราจีนบุรีจึงสนใจที่จะพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง เป็นการพัฒนาหลักสูตรที่ใช้วิธีการปรับเปลี่ยนจากหลักสูตรวิชาชีววิทยา ว 046 เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของสถาบันส่งเสริมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่แล้ว แต่ใช้หลักการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นเป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตร โดยปรับเปลี่ยนคำอธิบายรายวิชาที่มีอยู่เดิมและเน้นกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการทดลอง โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นสื่อการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน เพื่อที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมาย 3 ประการ คือ (1) ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

(2) ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย ได้แก่ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะ เพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ และ

(3) ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย คือ ทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ สำหรับเนื้อหาที่นำเสนอในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นั้นเป็นเนื้อหา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการ นำสารเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ ทั้งนี้โดยใช้สภาพการณ์ของท้องถิ่นจังหวัดปราจีนบุรีเป็นแหล่ง ข้อมูลที่จะนำมาใช้พัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หลักการนำเสนอบทปฏิบัติการเน้น กระบวนการที่ง่าย ประหยัด รวดเร็ว ปลอดภัยและมีคุณภาพยอมรับได้ และนำเสนอการจัด กิจกรรมการเรียนรู้การสอนตามรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle) ซึ่งเป็น รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่คาร์ปลัส (Karplus. 1977 : 169 - 175) ได้พัฒนา ขึ้นบนพื้นฐานทฤษฎีการเรียนรู้ของเพียเจต์ (Piaget. 1960 : 237) ซึ่งสมาคมการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยา (Biological Science Curriculum Study : BSCS) ได้ พัฒนาขึ้น โดยมีลำดับขั้น 5 ขั้น คือ การนำเข้าสู่บทเรียน การสำรวจ การอธิบาย การลงข้อสรุป และการประเมินผล และดำเนินการพัฒนาหลักสูตรชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง เป็น 6 ขั้นตอน คือ การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับสร้างหลักสูตร การสร้าง หลักสูตร การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้ การปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้ การเตรียม บุคลากรและการทดลองใช้หลักสูตร รวมทั้งการปรับปรุงหลักสูตรหลังการทดลองใช้ (กรมวิชาการ. 2534 : 15 - 17 ; วิชัย ดิสสระ. 2535 : 116 ; ชมพันธ์ กุญชร ณ อยุธยา. 2530 : 5 ; วิชัย วงษ์ใหญ่. 2535 : 11 ; สงัด อุทรานันท์. 2528 : 32 ; บุญมี เณรยอด. ม.ป.ป. : 47 - 67 ; ทิศนา แคมมณี. 2528 : 394 ; Tyler. 1950 : 395 - 399) เพื่อให้ได้หลักสูตรท้องถิ่นสำหรับจังหวัดปราจีนบุรีและเป็นแนวทางในการจัดการเรียน การสอนที่เน้นการปฏิบัติการทดลองในรายวิชาชีววิทยา ว 046 สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษา ตอนปลายต่อไป

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. จุดมุ่งหมายหลัก

1.1 เพื่อพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐาน ทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ตาม กระบวนการพัฒนาหลักสูตร 6 ขั้นตอน

1.2 เพื่อให้ได้หลักสูตรท้องถิ่น เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่มี ประสิทธิภาพ ไว้เป็นตัวอย่างในการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ว 046)

1.3 เพื่อให้ได้ตัวอย่างบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ และ ตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง ไว้เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. จุดมุ่งหมายรอง

2.1 เพื่อวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของนักเรียนในการทดลองใช้หลักสูตรที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของนักเรียนในการทดลองใช้หลักสูตร

2.3 เพื่อศึกษาสภาพและปัญหาการเรียนการสอนที่ใช้หลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ความสำคัญของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ จะได้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง เป็นผลการวิจัยหลัก และผลการวิจัยหลักนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาของครู/อาจารย์ผู้สอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ โดยเฉพาะการนำสารเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์

2. ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้แนวการสอนตามกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle) ที่เน้นกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง เป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งสำหรับการพิจารณาเลือกไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อสนองความมุ่งหมายของหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ที่มุ่งหวังให้มีการจัดการเรียนการสอน โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้

3. เป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นในรายวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่นๆ สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ และนักวิทยาศาสตร์ศึกษา

4. เป็นแนวทางในการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้ผลิตเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและเป็นประโยชน์ต่อท้องถิ่นและสังคมของตนเองต่อไป

5. เป็นประโยชน์สำหรับครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในการที่จะนำตัวอย่างบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

6. เป็นประโยชน์สำหรับครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่จะเลือกใช้หลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในส่วนที่เหมาะสม ไปใช้เป็นกิจกรรมในการจัดการเรียนการสอน สำหรับพัฒนานักเรียน

ผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือนักเรียนที่ควรได้รับการส่งเสริมเป็นพิเศษในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตของการวิจัยในส่วนของการสร้างตัวหลักสูตร

1.1 เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างหลักสูตรเป็นเนื้อหา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการนำสารเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น ในเรื่องกระบวนการหมักวัตถุดิบให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆ การผลิตปุ๋ยชีวภาพ การผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตน้ำส้มสายชู การผลิตวันน้ำมะพร้าว ฯลฯ

1.2 เป็นเนื้อหาที่ใช้สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. ขอบเขตของการวิจัยในส่วนของการทดลองใช้หลักสูตร

2.1 ประชากร

2.1.1 ประชากรที่ใช้ในการสำรวจความต้องการด้านเนื้อหาของหลักสูตร ได้แก่ ครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1024 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538 โรงเรียนปราชญ์ราษฎร์อารุง อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 247 คน

2.1.2 ประชากรที่ใช้ในการทดลองใช้หลักสูตร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 และ 2 ปีการศึกษา 2539

2.2. กลุ่มตัวอย่าง

2.2.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสำรวจความต้องการด้านเนื้อหาของหลักสูตร ได้แก่ ครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 298 คน ตามรายละเอียดดังนี้

- ครูวิทยาศาสตร์ดีเด่นสาขาชีววิทยาระดับประเทศ จำนวน 5 คน
- ครูแม่แบบวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาระดับจังหวัด จำนวน 18 คน
- อาจารย์ 3 ระดับ 8 สาขาชีววิทยา จำนวน 21 คน
- ครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยาดั้งเดิม

15 ปีขึ้นไป จำนวน 254 คน

และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538 โรงเรียนปราชญ์ราษฎร์อารุง อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 100 คน

2.2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองใช้หลักสูตร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2539 จำนวน 2 ห้อง ห้องละ 45 คน รวม 2 ห้อง 90 คน

2.3 ระยะเวลาที่ใช้

การทดลองใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง จะใช้ระยะเวลา 1 ภาคเรียน คือภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2539 รวม 18 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที รวมทั้งสิ้นห้องเรียนละ 54 คาบ โดยให้ครูที่สอนประจำวิชา ว 406 เป็นผู้สอน ทั้ง 2 ห้องเรียน

2.4 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษาในการทดลองใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง มีดังนี้

2.4.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ กิจกรรมการเรียนการสอน โดยแยกเป็น

2.4.1.1 กิจกรรมการเรียนการสอนที่สอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

2.4.1.2 กิจกรรมการเรียนการสอนที่สอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ตามหลักสูตร สสวท.

2.4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลการเรียนรู้ โดยแยกเป็น

2.4.2.1 ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ประกอบด้วย

- ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ - ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้
- ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ได้แก่ ทักษะการชี้บ่งตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ทักษะในการออกแบบและดำเนินการทดลองและทักษะการรวบรวมและตีความหมายข้อมูล

2.4.2.2 ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย ประกอบด้วย

- เจตคติทางวิทยาศาสตร์ 6 ด้าน ได้แก่ มีเหตุผล มีความอยากรู้อยากเห็น มีใจกว้าง มีความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง มีความเพียรพยายามและความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ

- คุณลักษณะทั่วไป
- คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ
- คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม
- คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ

2.4.2.3 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย คือ ทักษะปฏิบัติการทดลอง

2.5 เนื้อหาที่ใช้

ในการทดลองใช้หลักสูตรครั้งนี้ เนื้อหาที่ใช้ทดลองสอนเป็นเนื้อหาวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ทั้งนี้ใช้สภาพความต้องการของท้องถิ่นในจังหวัดปราจีนบุรีเป็นแหล่งข้อมูล

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. หลักสูตร หมายถึง เอกสารที่กำหนดกระบวนการหรือขั้นตอนของการตัดสินใจเลือกทางเลือกการเรียนการสอนที่เหมาะสมหรือเป็นที่รวบรวมทางเลือกที่เหมาะสมต่างๆ เข้าด้วยกันจนเป็นระบบที่สามารถปฏิบัติได้

2. การพัฒนาหลักสูตร หมายถึง กระบวนการหรือขั้นตอนของการตัดสินใจเลือกทางเลือกการเรียนการสอนที่เหมาะสมหรือเป็นที่รวบรวมทางเลือกที่เหมาะสมต่างๆ เข้าด้วยกันจนเป็นระบบที่สามารถปฏิบัติได้ สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้กระบวนการพัฒนาหลักสูตร 6 ขั้นตอน คือ การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับสร้างหลักสูตร การสร้างหลักสูตร การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้ การปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้ การเตรียมบุคลากรและการทดลองใช้หลักสูตรและการปรับปรุงหลักสูตรหลังการทดลองใช้

3. วิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยี หมายถึง วิชาชีววิทยาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายรายวิชาหนึ่ง ที่โรงเรียนสามารถเลือกจัดการเรียนการสอนได้ โดยยึดแนวทางจากคำอธิบายรายวิชาของสถาบันส่งเสริมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งในขณะนี้ยังไม่มีแบบเรียนและคู่มือครู

4. เทคโนโลยีชีวภาพ หมายถึง การนำความรู้ทางด้านชีววิทยา จุลชีววิทยา ชีวเคมี และหลักการทางวิศวกรรมศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตลอดจนการนำสิ่งมีชีวิตและผลิตผลของสิ่งมีชีวิตมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ได้แก่ การผลิตเบียร์ ไวน์ ขนหมปัง การเพาะเห็ด การหมักผลิตภัณฑ์ต่างๆ การนำสารเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น การผลิตปุ๋ยชีวภาพ การผลิตแอลกอฮอล์ การผลิตก๊าซเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังได้แก่เทคนิคทางพันธุวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีเซลล์ ปฏิกริยาชีวภาพ เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เทคโนโลยีการรวมเซลล์และการตัดต่อยีนส์ เป็นต้น

5. พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ หมายถึง การนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพในเรื่องเกี่ยวกับการใช้จุลินทรีย์เพื่อผลิตวัตถุดิบให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ในเรื่องกระบวนการหมักวัตถุดิบให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆ การนำสารเหลือทิ้งมาใช้ผลิตให้เกิดประโยชน์ เช่น

การผลิตปุ๋ยชีวภาพ การผลิตน้ำส้มสายชู การผลิตวัน้ำมะพร้าว การผลิตก๊าซโซฮอลล์ การผลิตก๊าซชีวภาพ ฯลฯ โดยเน้นการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี

6. บทปฏิบัติการชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ หมายถึง ชุดปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ที่นำความรู้เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพมาสร้างเป็นบทปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้การสอนเรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่ยึดสาขาของเทคโนโลยีชีวภาพ 5 สาขา นำมาเป็นหัวเรื่องในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ เทคโนโลยีการหมัก เทคโนโลยีของเสีย เทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบมาใช้ใหม่ เทคโนโลยีของเสียและวิศวกรรมเอนไซม์ ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะประกอบด้วยจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้การสอน (เน้นการปฏิบัติการทดลอง) สื่อการเรียนรู้การสอน วิธีประเมินผล (ทั้งด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัย)

7. การเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle) หมายถึง กระบวนการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้วิธีหนึ่ง ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกันไปแบบวัฏจักร (Cycle) ในการเรียนการสอนแต่ละครั้งหรือแต่ละแนวคิดจะเริ่มต้นจากขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนและจบลงโดยการประเมินผล ผลที่ได้จะถูกนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนการสอนในครั้งต่อไป การเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้มีลำดับขั้นของการเรียนการสอนเป็น 5 ขั้น ตามแนวการสอนของสมาคมการศึกษาหลักสูตรวิชาชีววิทยา (BSCB : Biological Science Curriculum Study) ได้แก่ การนำเข้าสู่บทเรียน การสำรวจ การอธิบาย การลงข้อสรุปและการประเมินผล ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 การนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) เป็นการแนะนำบทเรียน ที่กิจกรรมประกอบด้วย การซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม ฯลฯ

ขั้นที่ 2 การสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีโอกาสค้นหาคำตอบด้วยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นเพียงผู้แนะนำเท่านั้น

ขั้นที่ 3 การอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนรวบรวมข้อมูลที่ได้จากขั้นที่ 2 มาอภิปราย

ขั้นที่ 4 การลงข้อสรุป (Elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้หรือข้อมูลที่ได้จากขั้นที่ 2 และ 3 มาอภิปรายเพื่อลงข้อสรุป

ขั้นที่ 5 การประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนที่ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบแนวความคิดหลักที่ตนเองได้เรียนรู้มาแล้ว โดยการประเมินผลด้วยตนเองถึงแนวความคิดที่ได้สรุปไว้แล้วในขั้นที่ 4 ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใด

8. แผนการสอนที่เน้นการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ หมายถึง แผนการสอนเรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีลำดับขั้นของการเรียนการสอน 5 ขั้น คือ การนำเข้าสู่บทเรียน การสำรวจ การอธิบาย การลงข้อสรุปและการประเมินผล

9. สื่อการเรียนการสอน ใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการนำสารเหลือทิ้งในท้องถิ่นของจังหวัดปราจีนบุรีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น เปลือกหน่อไม้ เศษผลไม้ที่เน่าเสีย น้ำทิ้งจากโรงงานต้มหน่อไม้ โรงงานผลิตผลไม้กระป๋อง โรงงานผลิตข้าวเหนียว

10. ผลการเรียนรู้ หมายถึง สิ่งที่นักเรียนจะได้รับหลังจากการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรนี้ ได้แก่ ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัย

11. ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ในด้านความรู้ - ความจำ ความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

11.1 ด้านความรู้-ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงและคงรักษาไว้ถึงเรื่องราวที่เคยเรียนมาในวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ

11.2 ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมาย การตีความหมายและการขยายความ จากความรู้ที่ได้เรียนมาแล้ว

11.3 ด้านการนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมาใช้แก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงหรือสถานการณ์แปลกใหม่ที่ไม่เคยได้รับมาก่อน

11.4 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความชำนาญในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับทักษะการตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและสรุป

ในการวิจัยครั้งนี้ วัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ด้านความรู้ - ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ทั้งนี้เพราะระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอนโดยใช้หลักสูตรนี้ในแต่ละคาบ เน้นกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง ซึ่งในแต่ละกิจกรรมจะฝึกให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะปฏิบัติการทดลองมากกว่าที่จะเน้นการฝึกคิด เพื่อให้เกิดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยที่สูงกว่านี้

การวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ใช้แบบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้ และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

12. ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย หมายถึง พฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกถึงความรู้สึกต่อการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ อันแสดงออกถึงคุณลักษณะด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และคุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ ซึ่งระดับความรู้สึกที่แสดงออกถึงคุณลักษณะดังกล่าวนั้น แบ่งเป็นระดับความรู้สึกถึง 4 ระดับ คือ ขั้นรับรู้ในคุณลักษณะ ขั้นปฏิบัติตามเงื่อนไขของคุณลักษณะ ขั้นเห็นประโยชน์คุณลักษณะและขั้นยึดมั่นในคุณลักษณะ

12.1 ระดับความรู้สึกขั้นการรับรู้ในคุณลักษณะ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการรับรู้ การเต็มใจรับรู้ และการควบคุมหรือคัดเลือกการรับรู้

12.2 ระดับความรู้สึกชั้นปฏิบัติตามเงื่อนไขของคุณลักษณะ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการยินยอมปฏิบัติตามหรือตอบสนอง การเต็มใจปฏิบัติตาม และการพึงพอใจในการปฏิบัติตาม

12.3 ระดับความรู้สึกชั้นเห็นประโยชน์คุณลักษณะ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการยอมรับคุณค่า การนิยมในคุณค่า การผูกพันในคุณค่าและการจัดระบบคุณค่า

12.4 ระดับความรู้สึกชั้นยึดมั่นในคุณลักษณะ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการมีหลักยึดในการตัดสินใจหรือพิจารณาสิ่งต่างๆ และการแสดงลักษณะนิสัยอันบ่งบอกถึงคุณลักษณะนั้นๆ

12.5 คุณลักษณะด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความรู้สึก ความคิดเห็นหรือท่าทีที่แสดงต่อเนื้อหาหรือกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ คุณลักษณะสำคัญหรือพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ มีเหตุผล มีความอยากรู้อยากเห็น มีใจกว้าง มีความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง มีความเพียรพยายามและความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ ซึ่งแต่ละคุณลักษณะมีรายละเอียดของพฤติกรรม ดังนี้

12.5.1 พฤติกรรมที่แสดงถึงความมีเหตุผล ได้แก่ เชื่อในความสำคัญของเหตุผล ไม่เชื่อโชคลาง คำทำนายหรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่างๆ ที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีทางวิทยาศาสตร์ได้ แสวงหาสาเหตุและความสัมพันธ์ของสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น

12.5.2 พฤติกรรมที่แสดงถึงความอยากรู้อยากเห็น ได้แก่ มีความพยายามที่จะเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ๆ ช่างซัก ช่างถาม ช่างอ่าน เพื่อให้ได้คำตอบเป็นความรู้ที่สมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น และให้ความสนใจข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่กำลังเป็นปัญหาสำคัญในชีวิตประจำวัน

12.5.3 พฤติกรรมที่แสดงถึงความมีใจกว้าง ได้แก่ ยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์และยินดีให้มีการพิสูจน์ตามเหตุผลและข้อเท็จจริง เต็มใจที่จะรับรู้ความคิดเห็นใหม่ๆ เต็มใจที่จะเผยแพร่ความรู้และความคิดเห็นแก่ผู้อื่น และตระหนักและยอมรับข้อจำกัดของความรู้ที่ค้นพบในปัจจุบัน

12.5.4 พฤติกรรมที่แสดงถึงความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง ได้แก่ สังเกตหรือปราศจากความลำเอียง ไม่ยอมให้ความชอบ ไม่ชอบส่วนตัวว่ามีอิทธิพลเหนือการตัดสินใจใดๆ มีความมั่นคง หนักแน่นต่อผลที่ได้จากการพิสูจน์ และเป็นผู้ซื่อตรง ยุติธรรมและละเอียดรอบคอบ

12.5.5 พฤติกรรมที่แสดงถึงความเพียรพยายาม ได้แก่ ทำกิจการงานที่ได้รับมอบหมายอย่างสมบูรณ์ ไม่ทอดทิ้งเมื่อการทดลองมีอุปสรรคหรือล้มเหลว และมีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการเสาะแสวงหาความรู้

12.5.6 พฤติกรรมที่แสดงถึงความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ ได้แก่ ใช้วิภาษานญานก่อนที่จะตัดสินใจใดๆ ไม่ยอมรับสิ่งหนึ่งสิ่งใดว่าเป็นความจริงทันที ถ้ายังไม่มี

การพิสูจน์ที่เชื่อถือได้ หลีกเลี่ยงการตัดสินใจและการสรุปที่รวดเร็วเกินไป

12.6 คุณลักษณะทั่วไป หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการมีค่านิยมในการเสียสละและการมุ่งพัฒนา ได้แก่ การช่วยเหลือผู้อื่นอย่างเท่าเทียมกัน ทั้งด้านกำลังกาย กำลังความคิด กำลังใจและกำลังทรัพย์ ใช้แนวทางและวิธีการใหม่ๆ ในการปฏิบัติงาน ได้แก่ การยอมรับว่ามีวิธีการหลากหลายในการปฏิบัติงาน ริเริ่มหาวิธีการใหม่ๆ ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ค้นหาวិธีการใหม่ๆ ที่เหมาะสมในการปฏิบัติงาน ใช้วิธีการใหม่ๆ และกระตุ้นให้ผู้อื่นใช้

12.7 คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกด้านความรู้ ความคิด ได้แก่ รู้และเข้าใจกระบวนการทำงาน กระบวนการจัดการและเห็นช่องทางในการประกอบอาชีพ และพฤติกรรมที่แสดงออกถึงด้านคุณลักษณะ ได้แก่ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ รักการทำงานและมีเจตคติที่ดีต่ออาชีพสุจริต

12.8 คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกด้านความรู้ ความคิด ได้แก่ เข้าใจสภาพและการเปลี่ยนแปลงของสังคม เข้าใจถึงบทบาทของบุคคลต่างๆ ในสังคม วิเคราะห์ความสำคัญของการอนุรักษ์และเสริมสร้างสิ่งแวดล้อม ศิลปวัฒนธรรม พฤติกรรมด้านคุณลักษณะ ได้แก่ มุ่งมั่นในการพัฒนาประเทศ เข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาสังคมด้วยความเต็มใจ อนุรักษ์และเสริมสร้างสิ่งแวดล้อม

12.9 คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกด้านความรู้ ความคิด ได้แก่ สามารถป้องกันและส่งเสริมสุขภาพอนามัยส่วนบุคคลและส่วนรวม สามารถบำบัดและรักษาสุขภาพอนามัยส่วนบุคคลและส่วนรวม พฤติกรรมด้านคุณลักษณะ ได้แก่ มุ่งมั่นในการเสริมสร้างสุขภาพอนามัยชุมชนและสังคมและเข้าร่วมกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพในชุมชนและสังคม

ในการวิจัยครั้งนี้ วัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย โดยใช้ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดคุณลักษณะทั่วไป แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและแบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

13. ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย หมายถึง พฤติกรรมของนักเรียนซึ่งแสดงถึงความสามารถในการใช้เครื่องมือต่างๆ ได้อย่างคล่องแคล่ว ในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาเฉพาะความสามารถในด้านทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายถึง พฤติกรรมของนักเรียนซึ่งแสดงถึงการใช้เครื่องมือการทดลอง การหยิบจับอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง ทำการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว มีความเป็นระเบียบเรียบร้อยและคำนึงถึงความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น ซึ่งผู้วิจัยวัดผลโดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

14. ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีความรู้ความสามารถในด้านการพัฒนาหลักสูตรด้านวิทยาศาสตร์ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

ในการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยา สำหรับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งใน ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาค้นคว้าดังนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

1.1 หลักสูตรและการพัฒนาหลักสูตร

1.2 หลักสูตรท้องถิ่นและการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น

1.3 หลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและหลักสูตรวิทยาศาสตร์

1.4 การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับจิตวิทยาการเรียนรู้

1.5 การวัดผลและการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์

1.5.1 การวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย

1.5.2 การวัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย

1.5.3 การวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

1.6 วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและเทคโนโลยีชีวภาพ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่

เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

หลักสูตรและการพัฒนาหลักสูตร

1. ความหมายของหลักสูตร

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของหลักสูตรไว้อย่างต่าง ๆ กัน และความหมายเหล่านี้ได้เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการณ์เวลา ตามทัศนะของนักการศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

บุปผชาติ ทัพทิกธน์ (2533 : 3) ได้สรุปความหมายของหลักสูตรในแง่ประสบการณ์โดยรวบรวมจาก กานเย่ (Gagné. 1970 : 21) พจนานุกรมทางการศึกษา (Good. 1973 : 157) เนกเลย์ ฟอสและอีแวนส์ (Neagley, Foss and Evans. 1967 : 6) ทรัมป์และมิลเลอร์ (Trump and Miller. 1968 : 163) ซึ่งพอสรุปได้ว่า หลักสูตร หมายถึง ประสบการณ์ทั้งหมดที่ผู้เรียนได้รับจากโปรแกรมการศึกษาหรือการบริหารของโรงเรียนทั้งในและนอกห้องเรียน ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้บรรลุเป้าหมายและจุดประสงค์เฉพาะที่สัมพันธ์กับเป้าหมายนั้น โดยการวางแผนที่มีพื้นฐานมาจากขอบข่ายของทฤษฎีและงานวิจัยหรือการปฏิบัติในอดีตและปัจจุบันที่ประสบผล ส่วนไซเลอร์และอเล็กซานเดอร์ (Saylor and Alexander. 1974 : 6) ทาบาส (Taba. 1962 : 11) โพสเนอร์ (Posner. 1992 : 8) โอลิวา (Oliva. 1992 : 136) กรมวิชาการ (2532 : 3) ได้ให้ความหมายของหลักสูตรซึ่งสรุปได้ว่า หลักสูตร หมายถึง แผนการเรียนการสอนหรือการวางแผนการเรียนการสอน เพื่อจัดโอกาสในการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายและจุดประสงค์เฉพาะที่สัมพันธ์กับเป้าหมายนั้นแก่ประชากรใดประชากรหนึ่ง โดยมีโรงเรียนเป็นศูนย์กลางในการจัดบริการ นอกจากนี้หลักสูตรยังหมายถึงเอกสารที่กำหนดโครงการของผู้เรียน ซึ่งประกอบด้วย ความมุ่งหมายของการให้การศึกษา เนื้อหาวิชา อัตราเวลาเรียน กิจกรรมและประสบการณ์ที่จะให้ผู้เรียน การวัดและประเมินผลการเรียนการสอน เป็นโครงการที่ประมวลความรู้และประสบการณ์ที่โรงเรียนจัดให้ผู้เรียน เพื่อพัฒนาความรู้และความสามารถด้านต่าง ๆ ไปตามความมุ่งหมายที่กำหนดไว้ทั้งในและนอกโรงเรียน (บุญมี เณรยอด. ม.ป.ป. : 16 ; สันต์ ธรรมบำรุง. 2527 : 44 ; เสริมศรี ไชยสร. 2528 : 16 และ Shepherd. 1992 : 16 - 18) ซึ่งสามารถจัดความหมายของหลักสูตรเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มองหลักสูตรว่าเป็นสิ่งที่คาดหวัง กลุ่มที่มองหลักสูตรว่าเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจริง และกลุ่มที่มองหลักสูตรครอบคลุมทั้งสองกลุ่ม

จากนิยามของหลักสูตรที่ได้กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นมีความแตกต่างกันในแง่ต่าง ๆ พอสรุปได้ว่า นิยามมีทั้งระดับแคบและระดับกว้าง เน้นการจัดการในระดับโรงเรียน หรือจากส่วนกลาง เน้นถึงองค์ประกอบที่มีอยู่ในหลักสูตร เน้นการพิจารณาปัจจัยพื้นฐานในการวาง

แผนหลักสูตรและเน้นในรูปของการวางแผนประสบการณ์

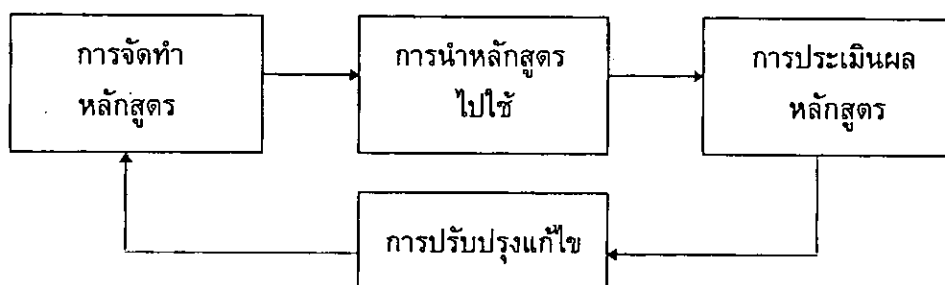
2. ขอบเขตความหมายของหลักสูตร

เมื่อกล่าวหลักสูตร คนโดยทั่วไปจะเข้าใจว่าเป็นเอกสารซึ่งเป็นข้อกำหนดเกี่ยวกับการเรียนการสอนภายในโรงเรียน แต่สำหรับนักวิชาการทางหลักสูตรจะพิจารณาใน 3 ลักษณะด้วยกันคือ หลักสูตรในฐานะที่เป็นเอกสารที่ระบุถึงข้อกำหนดต่างๆ ที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนภายในโรงเรียน หลักสูตรในฐานะของระบบการทำงานที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรและหลักสูตรในฐานะของศาสตร์สาขาหนึ่ง ซึ่งแต่ละลักษณะมีรายละเอียด ดังนี้

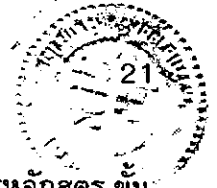
2.1 หลักสูตรในฐานะเอกสาร เป็นหลักสูตรที่ระบุถึงข้อกำหนดต่างๆ ที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนภายในโรงเรียนนั้น เราจะหมายถึงเอกสารที่เขียนขึ้นอย่างเป็นทางการเพื่อระบุจุดหมาย หลักการ โครงสร้างตลอดจนข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำหลักสูตรไปใช้ให้ได้ผล เอกสารหลักสูตรโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ คือความเป็นมาและเหตุผลหรือความจำเป็นของหลักสูตรนั้นๆ จุดประสงค์ เนื้อหาสาระ ข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน แนวทางในการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน เป็นต้น

เพื่อให้การใช้หลักสูตรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ หรือเป็นไปตามเจตนารมณ์ของผู้ยกร่างหลักสูตรให้มากที่สุด ในบางหลักสูตรจึงมีเอกสารประกอบหลักสูตรเพิ่มเติมอีก เช่น คำชี้แจงในการใช้หลักสูตร คู่มือครู แผนการสอน เป็นต้น สำหรับหลักสูตรที่มีผู้ใช้อยู่ในขอบเขตจำกัด หรือในบางกรณีที่ใช้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการใช้หลักสูตรเป็นอย่างดีแล้ว อาจจะไม่มีการประกอบหลักสูตรเพิ่มเติมก็ได้ (กรมวิชาการ, 2532 : 45)

2.2 หลักสูตรในฐานะระบบการทำงานที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตร หมายถึง กิจกรรมทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตร ซึ่งได้แก่ การจัดบุคลากรเพื่อทำงานเกี่ยวกับหลักสูตร กระบวนการพัฒนาหลักสูตร กระบวนการใช้หลักสูตร และกระบวนการประเมินผลการใช้หลักสูตร ระบบการทำงานเกี่ยวกับหลักสูตรพอจะจำแนกออกเป็น 3 ส่วน คือ การจัดทำหลักสูตร การนำหลักสูตรไปใช้ และการประเมินผลหลักสูตรซึ่งมีความสัมพันธ์กัน ดังแผนภูมิต่อไปนี้ (กรมวิชาการ, 2532 : 46)



ภาพประกอบ 1 แผนภูมิแสดงระบบหลักสูตร



การจัดทำหลักสูตรนั้น หมายถึง การทำงานเพื่อให้ได้มาซึ่งเอกสารหลักสูตร ขั้นตอนนี้อาจจะมีการดำเนินงานต่าง ๆ หลายอย่างคือการวิเคราะห์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการจัดทำหลักสูตร การกำหนดจุดมุ่งหมายหลักสูตร การคัดเลือกและจัดเนื้อหาสาระ การกำหนดวิธีการประเมินผล นอกจากนี้ อาจมีการนำหลักสูตรไปทดลองใช้ การประเมินหลักสูตรและการปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรก่อนการนำไปใช้ เป็นต้น

ในส่วนของการนำหลักสูตรไปใช้นั้น อาจจะมีกิจกรรมหรือมีการทำงานต่าง ๆ ดังนี้คือ การจัดทำเอกสารประกอบหลักสูตร การเตรียมบุคลากร การบริหารและบริหารหลักสูตร การดำเนินการสอนตามหลักสูตร และการนิเทศการใช้หลักสูตร สำหรับการประเมินผลหลักสูตร จะประกอบด้วยกิจกรรมที่สำคัญ ๆ คือ การประเมินผลสัมฤทธิ์ของหลักสูตร และการประเมินระบบหลักสูตร

2.3 หลักสูตรในฐานะศาสตร์สาขาหนึ่ง หมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี แนวความคิด ตลอดจนถึงการประยุกต์หลักการ และทฤษฎีไปใช้ในการทำงานเกี่ยวกับหลักสูตรในเรื่องต่อไปนี้ คือ การศึกษาวิเคราะห์ข้อมูล ที่เป็นรากฐานในการพัฒนาหลักสูตร การกำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร การกำหนดเนื้อหาสาระของหลักสูตร การนำหลักสูตรไปใช้ การประเมินผลหลักสูตร การปรับปรุงแก้ไขและการวิจัยเกี่ยวกับหลักสูตร การทำงานที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรที่กล่าวมานี้จำเป็นจะต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในหลักการอย่างถ่องแท้ จึงจะสามารถทำให้หลักสูตรสัมฤทธิ์ผลสูงสุดได้ (กรมวิชาการ. 2532 : 46)

3. ประเภทของหลักสูตร

หลักสูตรเป็นแผนของการศึกษาที่เจาะจงเฉพาะการศึกษาโปรแกรมใดโปรแกรมหนึ่ง การเรียกหลักสูตรจึงอาจแตกต่างกันไปตามการจำแนกหลักสูตร ตัวอย่าง เช่น ไฮเจอร์เกน จำแนกหลักสูตรตามจุดประสงค์ของการสร้างไว้เป็น 3 แบบ คือ (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2530 : 56)

1) หลักสูตรของสังคมส่วนรวม (Societal curriculum) เป็นหลักสูตรที่กำหนดขึ้นสำหรับคนกลุ่มใหญ่ ใช้สำหรับเป็นหลักสูตรแกนนำที่จะให้สถาบันต่าง ๆ นำไปใช้ หลักสูตรนี้เป็นหลักสูตรที่เป็นหลักสูตรที่พัฒนาโดยรัฐ หรือเขต

2) หลักสูตรของสถาบัน (Institutional curriculum) เป็นหลักสูตรที่ทางสถาบันจัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนของสถาบัน ซึ่งอาจพัฒนามาจากหลักสูตรกลาง หรือพัฒนาขึ้นมาเองแล้วแต่จุดประสงค์

3) หลักสูตรการสอน (Instructional curriculum) เป็นหลักสูตรประกอบด้วยเนื้อหาวิชาและกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งกำหนดขึ้นเพื่อใช้สอนเฉพาะเรื่อง หรือกลุ่มระยะเวลาการเรียนเป็นวัน หรือเป็นสัปดาห์

นอกจากนี้ หลักสูตรยังอาจแบ่งได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่

- 1) หลักสูตรอุดมการณ์ (Ideal curriculum) เป็นหลักสูตรต้นกำเนิดที่เป็นความคิดเริ่มต้นของผู้พัฒนาหลักสูตรที่ต้องการสร้างขึ้นโดยเป็นผู้กำหนดลักษณะและทิศทางของหลักสูตรตามที่ต้องการจริง
- 2) หลักสูตรทางการ (Formal curriculum) เป็นหลักสูตรที่สร้างขึ้นโดยรัฐและคณะกรรมการท้องถิ่น มีหลักการ วิชาและวิธีการสอนโดยถ่ายทอดเจตนารมณ์มาจากหลักสูตรอุดมการณ์แต่มาขยายแนวความคิด เสริมวิธีการสอนและการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เหมาะสม
- 3) หลักสูตรตามการรับรู้ (Perceived curriculum) เป็นหลักสูตรที่ครูรับรู้หลักสูตรทางการ ไปสู่การตีความและวิธีปฏิบัติของครู
- 4) หลักสูตรปฏิบัติการ (Operational curriculum) เป็นหลักสูตรที่ใช้จริงในชั้นเรียนจากการวิจัยและสังเกตพบว่า หลักสูตรปฏิบัติการของครูนี้มักจะแตกต่างไปจากหลักสูตรที่ครูกล่าวถึง หรือที่ครูรับรู้
- 5) หลักสูตรทดลอง (Experimental curriculum) ประกอบขึ้นด้วยประสบการณ์ที่ผู้เรียนได้รับและผลจากการติดตามหลักสูตรด้วยการตอบแบบสอบถาม สัมภาษณ์และสังเกตนักเรียน เป็นต้น (Marsh. 1980 : 80-81)

4. ระดับของหลักสูตร

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2525 : 3 - 4) จำแนกระดับหลักสูตรออกเป็น 3 ระดับคือ หลักสูตรระดับชาติ หลักสูตรระดับท้องถิ่นและหลักสูตรระดับห้องเรียน

- 1) หลักสูตรระดับชาติ หรือหลักสูตรแม่บท เป็นหลักสูตรแกนที่เขียนไว้กว้างและบรรจุมสาระที่จำเป็นที่ทุกคนในประเทศต้องเรียนรู้เหมือนกัน
- 2) หลักสูตรระดับท้องถิ่น คือการนำเอาหลักสูตรแม่บทมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพชีวิตความเป็นอยู่ของชุมชนนั้น เนื้อหาสาระของการเรียนจะสอดคล้องสัมพันธ์กับท้องถิ่นมากขึ้น มุ่งการเรียนรู้ที่นำไปใช้ได้จริงในชีวิต
- 3) หลักสูตรระดับห้องเรียน เป็นหลักสูตรที่สำคัญที่สุด ผู้ที่เป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาหลักสูตรระดับนี้ ได้แก่ ครูซึ่งจะนำหลักสูตรระดับชาติและระดับท้องถิ่นมาพิจารณาปรับใช้ให้เหมาะสม เพื่อให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรที่กำหนดไว้

5. องค์ประกอบของหลักสูตร

หลักสูตรมีองค์ประกอบพื้นฐาน 4 อย่าง (สัจ จูทรานนท์. 2530 : 15) ได้แก่ จุดประสงค์ สาระความรู้และประสบการณ์ กระบวนการเรียนการสอน และการประเมินผล

ในการพัฒนาหลักสูตรและการสอนจะต้องดำเนินการพัฒนาในองค์ประกอบพื้นฐานทั้ง 4 อย่าง ตามลำดับ กล่าวคือจะเริ่มต้นที่การกำหนดจุดประสงค์หรือความมุ่งหมาย ซึ่งจะเป็น

ตัวกำหนดทิศทางและขอบเขตในการให้การศึกษา เป็นความคาดหวังที่ต้องการให้ผู้เรียนมีหรือปฏิบัติได้ จากนั้นก็ทำการพิจารณาว่าการศึกษาที่จะสามารถบรรลุจุดประสงค์เหล่านั้นจะต้องใช้สาระความรู้และประสบการณ์หรือเนื้อหาอะไร ใช้กระบวนการเรียนการสอนหรือกิจกรรมการเรียนการสอนชนิดใด และท้ายสุดจะทำการประเมินผลอย่างไร เพื่อที่จะทราบว่าผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ และในระดับใด จะต้องปรับปรุงแก้ไขอย่างไร

แต่ถ้าจะพิจารณาอีกแง่หนึ่งจะเห็นได้ว่าองค์ประกอบที่เต็มรูปของหลักสูตรมี 8 อย่าง โดยจะมีส่วนที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐานโดยการเพิ่มจุดหมาย หลักการ โครงสร้างและสื่อการเรียน (กรมวิชาการ. 2535 : 4-5) ตามรายละเอียด ดังนี้

- 1) จุดหมาย คือความประสงค์หรือความต้องการทางการศึกษาของสังคม ซึ่งหลักสูตรมุ่งจะสนองหรือมุ่งให้เป็นไปตามนั้น
- 2) หลักการ คือทิศทางหรือแนวทางซึ่งจะนำไปสู่จุดหมายของหลักสูตร
- 3) โครงสร้าง คือกลุ่มวิชาหรือรายวิชาต่าง ๆ ในหลักสูตร โดยกำหนดสัดส่วนของส่วนที่บังคับ ส่วนที่ให้เลือกเรียนตามถนัด และส่วนที่ให้เลือกเรียนอย่างเสรี
- 4) สื่อการเรียน คือสื่อต่าง ๆ ที่จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ ได้แก่ หนังสือ สื่อทัศนูปกรณ์ เป็นต้น

6. คุณลักษณะของหลักสูตรที่ดี

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2537 : 6-7) ได้กล่าวถึงคุณลักษณะของหลักสูตรที่ดีไว้ดังนี้

- 1) สอดคล้องกับแผนของชาติ อันได้แก่ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และแผนการศึกษาของชาติ ทั้งนี้เพราะหลักสูตรเปรียบเสมือนแม่บทของการจัดการศึกษาซึ่งถือเป็นเครื่องมือสำคัญยิ่งของการพัฒนาชาติ
- 2) เป็นหลักสูตรเชิงรุก เพื่อเตรียมผู้เรียนให้สามารถปรับตัว รับการเปลี่ยนแปลงของสังคมได้อย่างมีสติ สามารถนำตนเองและพึ่งตนเองอย่างเต็มภาคภูมิ อีกทั้งยังสามารถนำสังคมในชุมชนของตนไปในทิศทางของการพัฒนา ที่เกื้อกูลซึ่งกันและกันอย่างสมานฉันท์
- 3) มีลักษณะพลวัต หรือยืดหยุ่นคล่องตัว เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ เพื่อเปิดโอกาสให้เกิดการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงไปตามเงื่อนไขและสภาพต้องการและความเปลี่ยนแปลงของสังคม
- 4) เป็นผลที่เนื่องมาจากกระบวนการพัฒนาหลักสูตรที่เป็นไปตามหลักวิชา เป็นวิทยาศาสตร์ สมเหตุสมผล และเป็นที่ยอมรับของสาธารณชน
- 5) หลักสูตรแต่ละระดับหรือชั้นปี ควรมีความสอดคล้อง สัมพันธ์และต่อเนื่องกัน
- 6) มีช่องหรือเปิดโอกาสให้มีการปรับปรุงแก้ไขเป็นระยะ คือมีการประเมินหลักสูตรเป็นระยะ

7) มีกรอบกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียนในด้านทักษะ และกระบวนการมากกว่าเนื้อหาวิชา เช่น ทักษะหรือความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการถ่ายโอนความรู้ มีพัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ และความมีเหตุผล

8) คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจ และตรวจสอบความรู้ ความสามารถ ความสนใจ ความต้องการและความถนัด เพื่อวางแผนทางในการศึกษา และประกอบอาชีพของตน

9) ไม่สร้างความยุ่งยากหรือความสับสนต่อการนำหลักสูตรมาสู่การปฏิบัติของผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้บริหาร ผู้สอนและศึกษานิเทศก์

10) ใช้ทรัพยากรอย่างประหยัด คุ่มค่าและเป็นประโยชน์มากที่สุด

7. หน้าที่และบทบาทของหลักสูตร

หลักสูตรมิได้เป็นแต่เพียงเอกสารที่เขียนขึ้น เพื่อยืนยันว่าโรงเรียนหรือสถาบัน มีแผนการศึกษาเท่านั้น แต่หลักสูตรยังเป็นสื่อกลางทางการศึกษาด้วย (สจต อูทรานันท์. 2527 : 13-14) นอกจากการทำหน้าที่เป็นสื่อกลางของการศึกษาดังกล่าวแล้ว มาร์ช (Marsh. 1980 : 84-85) กล่าวถึงหน้าที่ 4 ประการของหลักสูตรดังนี้

1) ทำหน้าที่เป็นตัวบูรณาการหรือให้การศึกษาทั่วไป ในหน้าที่นี้จะเน้นที่มุ่งพัฒนาความเป็นคน และความเป็นพลเมืองดี เป็นการให้การศึกษาโดยทั่วไป

2) ทำหน้าที่เป็นตัวเสริม หลักสูตรนี้จะจัดขึ้นเฉพาะบุคคลเพื่อช่วยเหลือผู้เรียนเป็นรายบุคคลที่มีความสามารถมากกว่าปกติ หรือมีปัญหา ให้เกิดมีความสามารถโดดเด่นเฉพาะตัว

3) ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการค้นคว้า มุ่งพัฒนาความสนใจของผู้เรียนในการที่จะค้นคว้าถึงความถนัดและสนใจเฉพาะตัว

4) ทำหน้าที่ในการผลิตผู้ชำนาญเฉพาะสาขา อาจเป็นทั้งทางด้านปฏิบัติการและวิชาการ

การทำหน้าที่ของหลักสูตรจะถูกกำหนดโดยผู้พัฒนาหลักสูตร แต่บ่อยครั้งที่หลักสูตรกลายเป็นเครื่องมือสำคัญทางการเมือง การปกครอง โดยเฉพาะการเปลี่ยนทัศนคติของคนหรือแม้แต่การรับรู้ของคน ทั้งนี้เพราะของตัวหลักสูตรเองจะเป็นตัวกำหนดทิศทางการศึกษาอย่างน้อย 4 ประการคือ 1) จุดประสงค์ของการศึกษาที่สถาบันต้องการให้บรรลุ 2) ลักษณะเนื้อหาวิชาที่จะนำไปสู่เป้าหมาย 3) การจัดประสบการณ์การศึกษาที่จะสร้างให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในสิ่งที่ต้องการ และ 4) การประเมินผลที่จะตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนตามหลักสูตร

นอกจากหน้าที่ดังกล่าวหลักสูตรยังมีบทบาทในฐานะของภาพสะท้อนทางสังคมและการศึกษาที่จะทำให้สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรได้ ไชแอล (Zias. 1976 : 51-52) ได้สรุปบทบาทของหลักสูตรไว้ดังนี้

1) หลักสูตรคือ สื่อนำไปสู่การบรรลุถึงจุดมุ่งหมายและปรัชญาการศึกษา แต่มิได้หมายความว่าหลักสูตรจะเป็นสิ่งที่สิ้นสุด แต่อาจเปลี่ยนแปลงไปได้ตามปรัชญา

2) หลักสูตรจะแสดงให้เห็นการพัฒนาอย่างช้า ๆ ของปรัชญาและชุมชนแต่ละช่วงระยะเวลาของการเปลี่ยนแปลง

3) หลักสูตรจะแสดงให้เห็นถึงความต่อเนื่องและการขัดแย้งของทฤษฎีทางการศึกษา และบ่งบอกถึงทิศทางของข้อตกลงว่าการศึกษาจะเป็นรูปใด

4) หลักสูตรจะเป็นตัวบ่งชี้ประเภทของคนที่ต้องการและจำเป็นแก่สังคม เมื่อสังคมเปลี่ยนแปลงไป

5) หลักสูตรเป็นของส่วนรวมของสังคมไม่ใช่ของนักการศึกษาคนใดคนหนึ่ง จึงต้องสนองต่อความต้องการของชุมชน

6) หลักสูตรไม่จำเป็นต้องเหมือนกันทุกโรงเรียน ถ้าพัฒนาการเป็นไปตามปกติ เพราะแต่ละแห่งแต่ละที่ของภูมิภาคจะมีความแตกต่างโดยตัวของมันเอง

7) หลักสูตรจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงตามความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไป แต่จะต้องให้ประโยชน์แก่ผู้เรียนเต็มที่ และไม่มีอันตรายต่อผู้เรียน

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าหลักสูตรมิได้มีความสำคัญเฉพาะแต่การเป็นแผนการจัดการศึกษาเท่านั้น แต่ยังสามารถบ่งบอกถึงค่านิยม พัฒนาการศึกษาของประเทศและลักษณะของบุคคลที่ต้องการแต่ละช่วงเวลาที่ปรากฏหลักสูตรได้ด้วย

8. ความสำคัญของหลักสูตรต่อการศึกษา

จุดมุ่งหมายของการศึกษา คือ การพัฒนาผู้เรียนทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจและสังคม โดยมุ่งให้ผู้เรียนรู้จักตนเอง อยู่ร่วมกับผู้อื่นได้ สื่อสารกับผู้อื่นอย่างเข้าใจ รู้จักที่จะค้นคว้าหาความรู้และใฝ่ที่จะพอกพูนความรู้ให้กับตน เพื่อพัฒนาความรู้ ความคิดและความสามารถของตน ในการแก้ปัญหาต่างๆ ให้แก่ตนเอง ซึ่งจุดมุ่งหมายของการศึกษาระดับต่างๆ นี้ จะถ่ายทอดลงในรูปหลักสูตรโดยนักพัฒนาหลักสูตร นักวิชาการและบุคคลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ความสำคัญของหลักสูตร มีดังนี้ (ไพฑูรย์ สินลารัตน์. 2536 : 20 และสุนีย์ เหมะประสิทธิ์. 2537 : 7)

1) เป็นสื่อกลางของการศึกษาที่นำไปสู่การพัฒนาความเจริญเติบโตให้แก่ผู้เรียน ตามจุดมุ่งหมายของการศึกษา สอดคล้องตามระดับวุฒิภาวะของผู้เรียน สามารถพัฒนาในทุก ระดับของวัย

2) เป็นแกนของวิชาทั้งหมดของโปรแกรมการศึกษาที่โรงเรียนหรือสถาบันจัดทำขึ้น

3) เป็นเครื่องมือ (Tool) ทางการศึกษาที่ครูจะนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเดินสู่เป้าหมายที่ต้องการของการศึกษาได้ เพราะความสำเร็จแท้จริงของการศึกษานั้นขึ้นอยู่กับหลักสูตร

4) เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงสภาพของการพัฒนาและความเจริญเติบโตของประเทศทั้งทางวัตถุและจิตใจ

5) เป็นหลักหรือแนวทางในการปฏิบัติงานการจัดการศึกษา สำหรับบุคลากรด้านการศึกษา อันได้แก่ นักการศึกษา ผู้บริหารการศึกษา ผู้สอน ศิษยานุศิษย์ เป็นต้น

6) เป็นบรรทัดฐานหรือเกณฑ์มาตรฐานทางการศึกษา ที่ช่วยกำกับและตรวจสอบคุณภาพทางการจัดการเรียนการสอนของสถานศึกษา

7) เป็นสิ่งกำหนดแนวทางในการพัฒนาผู้เรียน ว่าควรได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ทั้งทางด้านความรู้ ความสามารถ ทักษะ ทศนคติและความประพฤติอะไรบ้าง อันเป็นประโยชน์ต่อตนเอง ท้องถิ่นและประเทศชาติ

9. หลักสูตรกับกระบวนการเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงโดยทั่วๆ ไปมีอยู่ 3 ประการคือ การเปลี่ยนแปลงของสังคม การเปลี่ยนแปลงขององค์การ และการเปลี่ยนแปลงงานของแต่ละบุคคล การเปลี่ยนแปลงเกิดจากปัจจัย 2 ประการคือ การขัดแย้งระหว่างบุคคลในหน่วยงาน ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างกระทันหัน และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของหน่วยงาน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ต้องใช้เวลา แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงนี้ นักพัฒนาหลักสูตรจะต้องศึกษาทำความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง เพราะการเปลี่ยนแปลงนี้ จะเป็นจุดสำคัญของการพัฒนาหลักสูตรการพัฒนาหลักสูตรเสร็จแล้วและนำไปสู่การปฏิบัติ ซึ่งอาจจะเกิดการไม่ยอมรับหรือปฏิบัติไม่ได้ เมื่อเป็นเช่นนี้การพัฒนาหลักสูตรก็อาจจะไม่เกิดประโยชน์อันใด ดังนั้นการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงไม่ควรมองข้ามไป โดยปกติมนุษย์จะมีธรรมชาติของการต่อต้านเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นฐานอยู่แล้ว ส่วนจะมีมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ และสถานการณ์แวดล้อม หลักสูตรก็เป็นปัจจัยส่วนหนึ่งของกระบวนการเปลี่ยนแปลง ซึ่งนักพัฒนาหลักสูตรจะมีวิธีการอย่างไร เกี่ยวกับการใช้หลักสูตรใหม่ให้เกิดการยอมรับและการยอมรับไปปฏิบัติ นั้นหมายความว่ากระบวนการเปลี่ยนแปลงได้เริ่มขึ้นแล้ว

การเปลี่ยนแปลงของมนุษย์ซึ่งเป็นปัญหาของการพัฒนาหลักสูตรมี 4 ขั้นตอนคือ

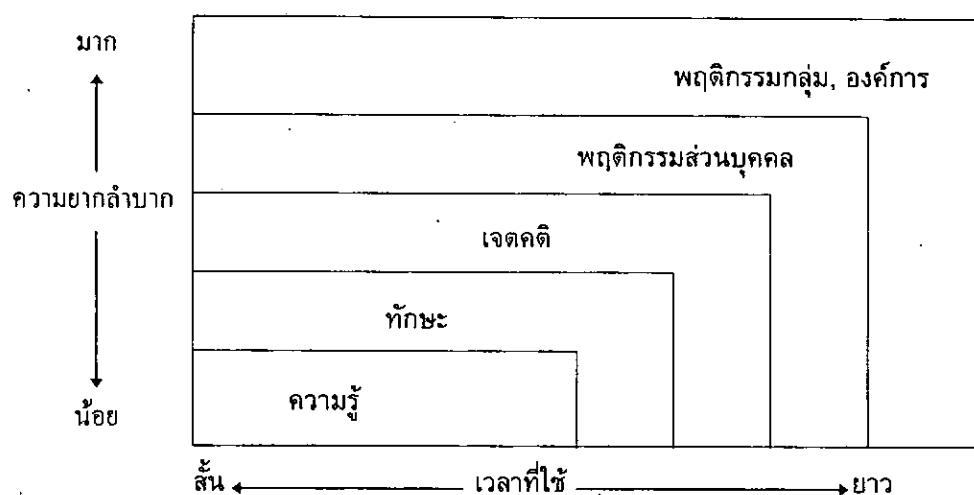
1) การเปลี่ยนแปลงความรู้ ความยากลำบากและเวลาที่ใช้ไม่มาก ถ้าบุคคลมีความต้องการและความสนใจ มุ่งมาตรฐานปรารถนาที่จะเรียนรู้

2) การเปลี่ยนแปลงเจตคติ ความยากลำบาก และเวลาที่ใช้อาจจะมากกว่า การเปลี่ยนแปลงความรู้ความเข้าใจ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความลึกซึ้งของระดับความรู้ในขั้นซึ่งประเมินค่าต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งถือว่าการเปลี่ยนแปลงทางเจตคติเริ่มเกิดขึ้น แต่จะมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับระดับความพอใจและการเล็งเห็นคุณค่าต่อสิ่งนั้นๆ ของแต่ละบุคคล

3) การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมส่วนบุคคลคือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการตระหนักรู้ เห็นคุณค่าและแสดงออกทางการปฏิบัติอยู่เสมอ จนเป็นพฤติกรรมที่ปรากฏชัดเจนจนสามารถสังเกตเห็นได้

4) การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของกลุ่มหรือองค์การ จะเห็นผลการเปลี่ยนแปลงจากข้อ 1-3 และกลุ่มบุคคลหรือองค์การนั้นได้ให้คุณค่าต่อสิ่งนั้นร่วมกันและยึดถือปฏิบัติร่วมกัน

ระยะเวลาและความยากลำบากในการเปลี่ยนแปลงของมนุษย์ พอสรุปเป็นลำดับขั้นตอนได้ ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงระยะเวลาและความยากลำบากในการเปลี่ยนแปลงของมนุษย์

การเปลี่ยนแปลงของมนุษย์มี 4 ขั้นตอน แต่ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีอิทธิพลและส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลง หรือไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ดังลำดับขั้นความต้องการของมนุษย์ของมาสโลว์ (Maslow) ซึ่งนักพัฒนาหลักสูตรน่าจะได้นำมาเป็นข้อมูลส่วนหนึ่ง เพื่อศึกษาโครงสร้างของความต้องการที่มีอิทธิพลหรือมีอำนาจมากที่สุดของบุคคล ซึ่งจะเป็นเงื่อนไขที่ทำให้การเปลี่ยนแปลงหลักสูตร หรือการนำหลักสูตรไปใช้ประสบความสำเร็จมากน้อยเพียงใด

การศึกษาความต้องการพื้นฐานด้านต่างๆ ของบุคคลที่มีอิทธิพลต่อความต้องการจะช่วยให้เราเข้าใจว่าถ้าเรานำหลักสูตรใหม่ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายเหล่านี้ เราจะต้องตอบสนองความต้องการพื้นฐานที่แท้จริงคืออะไร ซึ่งจะมีความแตกต่าง ความมากน้อยของความต้องการไม่เหมือนกัน จุดนี้จึงไม่ควรมองข้ามไป เพราะเป็นจุดที่มีปัญหาต่อการพิจารณาการใช้หลักสูตรโดยส่วนร่วม

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบุคคล มีดังต่อไปนี้

- 1) ความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individual differences) หมายถึงความต้องการ ความสนใจ ความรู้ ความสามารถ ความชำนาญ ทักษะ และค่านิยม ซึ่งแตกต่างกันไปตามระดับการศึกษา การฝึกอบรม และประสบการณ์
- 2) ขาดความมั่นใจ (Insecurity) หมายถึงเมื่อต้องการเผชิญกับสิ่งใหม่หรืองานใหม่มีความรู้สึกไม่สนใจว่าจะทำได้ดีเหมือนกับสิ่งที่เคยปฏิบัติอยู่
- 3) มีความมืดมนในอดีต (Shadows of the past) หมายถึงสิ่งที่เคยปฏิบัติมายังไม่กระจ่าง ขาดความชัดเจน จับประเด็นสาระไม่ได้ จึงทำให้เกิดแนวคิดว่สิ่งใหม่ที่จะเข้ามาแทนที่จะคล้ายกับสิ่งที่แล้วๆ มา
- 4) มีความวิตกกังวลต่อสิ่งใหม่ (Fear of the new) หมายถึงความคาดหวังว่าจะทำสิ่งใหม่นี้ไม่ได้ดีเท่าที่เคยปฏิบัติอยู่เป็นประจำ
- 5) มีความต่อต้านในการเปลี่ยน (Resistance to change) หมายถึงความรู้สึกต่างๆ ต่อสิ่งที่จะเปลี่ยนแปลง เช่น รู้สึกว่าสิ่งปฏิบัติอยู่นั้นว่าดีเหมาะสมแล้ว สิ่งใหม่ไม่สามารถจะเข้ามาแทนที่ได้ รู้สึกสูญเสียบางสิ่งบางอย่างไป
- 6) ขาดความเข้าใจ (Lack of understanding) หมายถึงสภาพการขาดการศึกษา ทำความรู้จัก ความเข้าใจในสิ่งนั้นอย่างลึกซึ้ง
- 7) ขาดความชำนาญ (Lack of skill) หมายถึงความด้อยทักษะที่จะกระทำสิ่งนั้นได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ
- 8) งานมากเกินไป (Too much work) หมายถึงความวิตกกังวลว่าจะมีงานเพิ่มขึ้นจากที่เคยกระทำอยู่
- 9) มีข้อเรียกร้องมากเกินไป (Too much required) หมายถึงการเสนอเงื่อนไขว่าถ้าจะกระทำสิ่งใหม่นี้ ควรจะต้องมีอะไรเพิ่มเติมหรือมาสนับสนุนจึงจะทำให้สามารถทำได้
- 10) มีปรัชญาหรือแนวคิดหลักการที่แตกต่างกันไป (Different philosophy of education) หมายถึงการไม่ยอมรับแนวคิดหลักการต่อสิ่งใหม่ คิดว่าแนวคิดและหลักการของเดิมหรือของตนเองเหมาะสมแล้ว
- 11) เกิดความเบื่อหน่ายและหรืออยากได้สิ่งใหม่ (Impatience) หมายถึงการเกิดความสับสน บางครั้งก็รู้สึกอยากได้สนับสนุนสิ่งใหม่ และในบางครั้งก็รู้สึกเบื่อหน่ายไม่น่าสนใจ ไม่เห็นคุณค่าและประโยชน์ของสิ่งนั้นๆ
- 12) มีความปรารถนาจะได้รับการยอมรับ (Desire for approval) หมายถึงความคาดหวังว่าตนเองจะได้รับการยอมรับกับสิ่งใหม่ เมื่อไม่เป็นตามความหวังก็เกิดความรู้สึกต่อต้านตามมา

13) มีความรู้สึกประสบความสำเร็จ (Sense of accomplishment) หมายความว่ามีความคาดหวังว่าตนเองจะเป็นฝ่ายได้รับผลประโยชน์ต่อการเปลี่ยนแปลงนั้น แต่เมื่อไม่เป็นไปตามที่หวังก็เกิดความรู้สึกต่อต้าน

14) ความไม่พอใจ (Discontent) หมายถึงว่าตัวเองรู้สึกสูญเสียหรือมีทัศนคติทางลบต่อสิ่งที่เปลี่ยนแปลง

แนวคิดการเปลี่ยนแปลงที่กล่าวมาส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นที่ตัวบุคคล ซึ่งปัจจัยแรกของการเปลี่ยนแปลง และสนับสนุนแนวคิดของการเปลี่ยนแปลงหลักสูตร หลักสูตรจะเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดี หลักสูตรนั้นจะต้องใช้ถ้อยคำภาษาที่ชัดเจน มีวัตถุประสงค์หลักสูตรครบ มีอาจารย์ผู้เรียนพร้อม แต่ถ้าตัวครูไม่เปลี่ยนแปลงไม่ยอมรับ การเปลี่ยนแปลงหลักสูตรนั้นก็ไม่มี ความหมายอะไร อนึ่ง อุปสรรคของการเปลี่ยนแปลงย่อมเป็นไปได้โดยยากลำบากหรือไม่ได้รับความสำเร็จเท่าที่ควร

10. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรและการบูรณาการหลักสูตร

10.1 ความหมายและความเป็นมาของการพัฒนาหลักสูตร

การพัฒนาหลักสูตร (Curriculum development) หรือการปรับปรุงหลักสูตร (Curriculum imprement) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงและการทำให้หลักสูตรดีขึ้น เป็นคำที่มีความหมายรวม ตั้งแต่ การวางแผนหลักสูตร การใช้หลักสูตรและการประเมินผลหลักสูตร (Oliva. 1992 : 26) การพัฒนาหลักสูตรจะเกี่ยวข้องกับธรรมชาติหรือหลักการของหลักสูตรว่าเป็นอย่างไร อาจจะหมายถึงข้อตกลงหรือการยอมรับเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ของหลักสูตรด้วย

โพสเนอร์ (Posner. 1990 : 1 - 6) กล่าวว่ายุคแรกของสหรัฐอเมริกา การศึกษาจัดขึ้นเพื่อสนองความต้องการของท้องถิ่นและอยู่ในความดูแลของท้องถิ่น ในช่วงครึ่งแรกของศตวรรษที่ 20 สังคมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุกๆด้าน แต่การพัฒนาหลักสูตรและการศึกษาค้นคว้าไม่ทันต่อการพัฒนาของสังคม จนดูเหมือนว่า หลักสูตรมีเนื้อหาคงที่ และแนวความคิดต่างๆ ก็มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย คณะกรรมการสาขาคณิตศาสตร์ของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ (The University of Illinois Committee on School Mathematics : UICSM) เป็นกลุ่มแรกที่มีการแพร่แนวความคิดในการพัฒนาหลักสูตร ในปี ค.ศ. 1951 ความครั้งแรกคือ การพัฒนาหลักสูตรคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รวมทั้งปรับปรุงการสอนทักษะบางด้าน เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาต่อในมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ โดยได้รับการสนับสนุนจากมูลนิธิคาร์เนกี (Carnegie Foundation) ต่อมาในปี ค.ศ. 1956 คณะกรรมการชุดนี้ได้ผลักดันให้นักการศึกษาและประชาชนจากสาขาวิชาชีพต่างๆ เห็นความสำคัญของการพัฒนาหลักสูตร และให้ข้อมูลย้อนกลับที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานระยะยาวต่อไป ในปีค.ศ. 1957 คณะกรรมการศึกษาวิทยาศาสตร์กายภาพ (Physical Science

Study Committee : PSSC) ได้เปิดยุคใหม่ของการสร้างหลักสูตรและนวัตกรรมทางการศึกษาของอเมริกา โดยมีมูลนิธิเอกชนให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานและสนับสนุนโครงการ ต่อจากนั้นได้มีหน่วยงานและองค์การหลายแห่งตื่นตัว พัฒนาโครงการและพัฒนาหลักสูตรให้มีความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้นจนถึงปัจจุบัน

10.2 หลักการที่สำคัญของการพัฒนาหลักสูตร

การพัฒนาหลักสูตรควรคำนึงถึงคุณสมบัติหรือหลักการสำคัญ 2 ประการต่อไปนี้ (ธวัชชัย ชัยจิรฉายากุล. 2527 : 12 - 14)

1) หลักสูตรมีลักษณะเป็นพลวัต (Dynamic) มีการเปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการและการเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของสังคมอยู่เสมอ กิจกรรมและประสบการณ์ที่จัดให้แก่ผู้เรียนซึ่งเคยเหมาะสมและเพียงพอในระยะเวลาหนึ่ง ณ สถานที่หนึ่ง อาจจะไม่เหมาะสมและไม่เพียงพอในอีกระยะเวลาหนึ่ง และอีกสถานที่หนึ่ง

2) การพัฒนาหลักสูตรเป็นกระบวนการต่อเนื่อง มีการเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องกันไปตามความต้องการของสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา ซึ่งอาจจะต่อเนื่องแบบขาดตอนกันเป็นช่วงๆ หรืออาจต่อเนื่องแบบไม่ขาดตอนมีการเชื่อมโยงกันตลอดกระบวนการ

10.3 สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตร

ทาบา (Taba. 1962 : 16-18) กล่าวว่า สิ่งที่มีผลกระทบต่อการพัฒนาหลักสูตรมี 2 ประการ คือ

1) จารีตประเพณี (Tradition) ได้แก่ ความเคยชินของครูที่ได้รับการฝึกหัดมาตั้งแต่ดั้งเดิมและเชื่อว่าสิ่งเหล่านั้นถูกต้องเหมาะสมดีแล้ว จึงจำเป็นต้องพิจารณาบทบาทของครูในการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาหลักสูตรที่เกี่ยวข้องด้วย และระบบและองค์ประกอบการศึกษาที่ได้ใช้มาก่อนได้แก่ ครูวิชาการ แนวทางการศึกษาที่ยึดถือปฏิบัติ และผลสำเร็จที่เคยได้รับจากวิธีการนั้นๆ สิ่งเหล่านี้จะมีอิทธิพลครอบคลุมระบบการศึกษา จึงจำเป็นต้องมีการประเมินผลและปรับปรุงระบบและองค์ประกอบสำคัญ ทั้งนี้เพื่อรักษาความสมดุลของการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น

2) ความต่อเนื่องของการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและสังคม จะมีผลกระทบต่อการพัฒนาหลักสูตร จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการเรียนรู้ในเรื่องเหล่านั้น เพราะการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงคุณค่าและบรรทัดฐานของสังคม ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรด้วย

รีแกมและเชฟฟาร์ด (Regam and Shephard. 1977 : 20) สนับสนุนว่า ในกระบวนการพัฒนาหลักสูตร ครูควรจะต้องตระหนักอยู่เสมอถึง “สถานการณ์” เพราะองค์

ประกอบต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา การวิเคราะห์สถานการณ์จะช่วยให้การพัฒนาหลักสูตรทันสมัยมากขึ้น องค์ประกอบต่างๆ ที่ทำให้เกิดสถานการณ์มี 2 ประเภท คือ

1) องค์ประกอบภายนอก (External) ประกอบด้วยวัฒนธรรม การเปลี่ยนแปลงของสังคมและความคาดหวังของผู้เรียน ความคาดหวังของบิดามารดา ความต้องการของนายจ้าง ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณค่าของชุมชนการเปลี่ยนแปลงของความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และอุดมคติ และความต้องการและการท้าทายของระบบการศึกษา เช่น นโยบายการสอบความคาดหวังของท้องถิ่น ความต้องการและแรงกดดันต่างๆ โครงการต่างๆ เกี่ยวกับหลักสูตรและการวิจัยทางการศึกษา การเปลี่ยนแปลงของเนื้อหาวิชา ศักยภาพของระบบในการช่วยเหลือและสนับสนุนครู การหมุนเวียนของทรัพยากรต่างๆ ในโรงเรียน

2) องค์ประกอบภายใน (Internal) ประกอบด้วย ตัวนักเรียน ได้แก่ ความถนัด ความสามารถและความต้องการทางการศึกษา เป็นต้น ตัวครู ได้แก่ คุณค่า เจตคติ ทักษะ ความรู้ ประสบการณ์ จุดเด่น จุดอ่อน และบทบาท เป็นต้น แนวปฏิบัติของโรงเรียนและโครงสร้างทางการเมือง ประเพณี การกระจายอำนาจ ความสัมพันธ์ของอำนาจ สัมฤทธิ์ผล บรรทัดฐานของสังคมและแนวความคิดที่เปลี่ยนแปลงไป ทรัพยากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และผลที่เกิดขึ้นจากตัวหลักสูตร ซึ่งจะทราบได้จากการสังเกต การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น และการศึกษาผลที่ได้จากการใช้หลักสูตร เป็นต้น

10.4 การบูรณาการหลักสูตร

การบูรณาการหลักสูตร (Curriculum integration) เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาหลักสูตร ซึ่งผู้วางแผนหลักสูตรจำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับการรวมเนื้อหาสาระของสาขาวิชาต่างๆ เข้าด้วยกัน ขึ้นอยู่กับปรัชญาและธรรมชาติของความรู้ ธรรมชาติของผู้เรียน และวัตถุประสงค์ของการศึกษา (Oliva. 1992 : 503) และยังเป็นความสัมพันธ์ในแนวราบของประสบการณ์การเรียนรู้จากหลักสูตร ซึ่งการจัดระบบของประสบการณ์การเรียนรู้เหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนมีมุมมอง และพฤติกรรมจากความสัมพันธ์ของสาขาวิชาที่แตกต่างกันเพิ่มขึ้น (Tyler. 1950 : 45) และทาบ่า (Taba. 1962 : 298) ให้ข้อคิดว่าความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นเป็นผล มาจากการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ เมื่อหลักการและเนื้อหาสาระของสาขาวิชาหนึ่งสามารถจะมีความสัมพันธ์กับสาขาวิชาอื่นๆ โดยการประยุกต์ให้เกิดความรู้ใหม่ขึ้นมา ซึ่งโอลิวา (Oliva. 1988 : 504) ให้ความเห็นเพิ่มเติมว่า ในทางตรรกวิทยาเมื่อความแตกต่างระหว่างสาขาวิชาถูกกำจัดไป มนุษย์จะสามารถแก้ปัญหาและตัดสินใจเลือกเนื้อหาสาระของรายวิชาที่ต้องการเรียนรู้ได้ดีขึ้น นักวางแผนหลักสูตรจึงต้องกำหนดบทบาทของตนเองให้เหมาะสม ณ จุดใดจุดหนึ่งในการบูรณาการหลักสูตรตามแผนภูมิต่อไปนี้

รายวิชาที่แยกจากกัน (Discrete subject)	ความสัมพันธ์ (Correlation)	การบูรณาการ (Integration)

โดยทั่วไปรายวิชาต่างๆ จะมีความสัมพันธ์ในแนวราบระดับใดระดับหนึ่งหรือมีความสัมพันธ์ ในแนวตั้งร่วมกันตั้งแต่สองระดับขึ้นไป ความสัมพันธ์จะกลายเป็นการบูรณาการ เมื่อแต่ละรายวิชาได้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะเฉพาะของรายวิชานั้นไป โดยทั่วไปการบูรณาการหลักสูตรสามารถแบ่งได้เป็นสองด้าน คือ

- 1) ความสัมพันธ์ในแนวราบของรายวิชา ซึ่งทาบ (Oliva. 1992 : 505) กล่าวว่า “การบูรณาการเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเฉพาะในแต่ละบุคคล”
- 2) การบูรณาการช่วยให้แต่ละบุคคลเกิดการสร้างสรรค์หน่วยของความรู้ของตนขึ้นมา ความหมายของการบูรณาการลักษณะนี้จึงเน้นไปที่การรวบรวมเนื้อหาสาระของรายวิชาต่างๆ เข้าด้วยกัน

จากที่กล่าวมานั้นสรุปได้ว่า การบูรณาการเนื้อหาสาระที่จะเสนอต่อผู้เรียนจะดำเนินการโดยครู ส่วนผู้เรียนจะต้องบูรณาการความรู้ให้เข้ากับคุณลักษณะของตนเอง

เคอร์ (Kerr. 1989 : 22-26) ได้กล่าวถึงธรรมชาติในการบูรณาการหลักสูตรว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

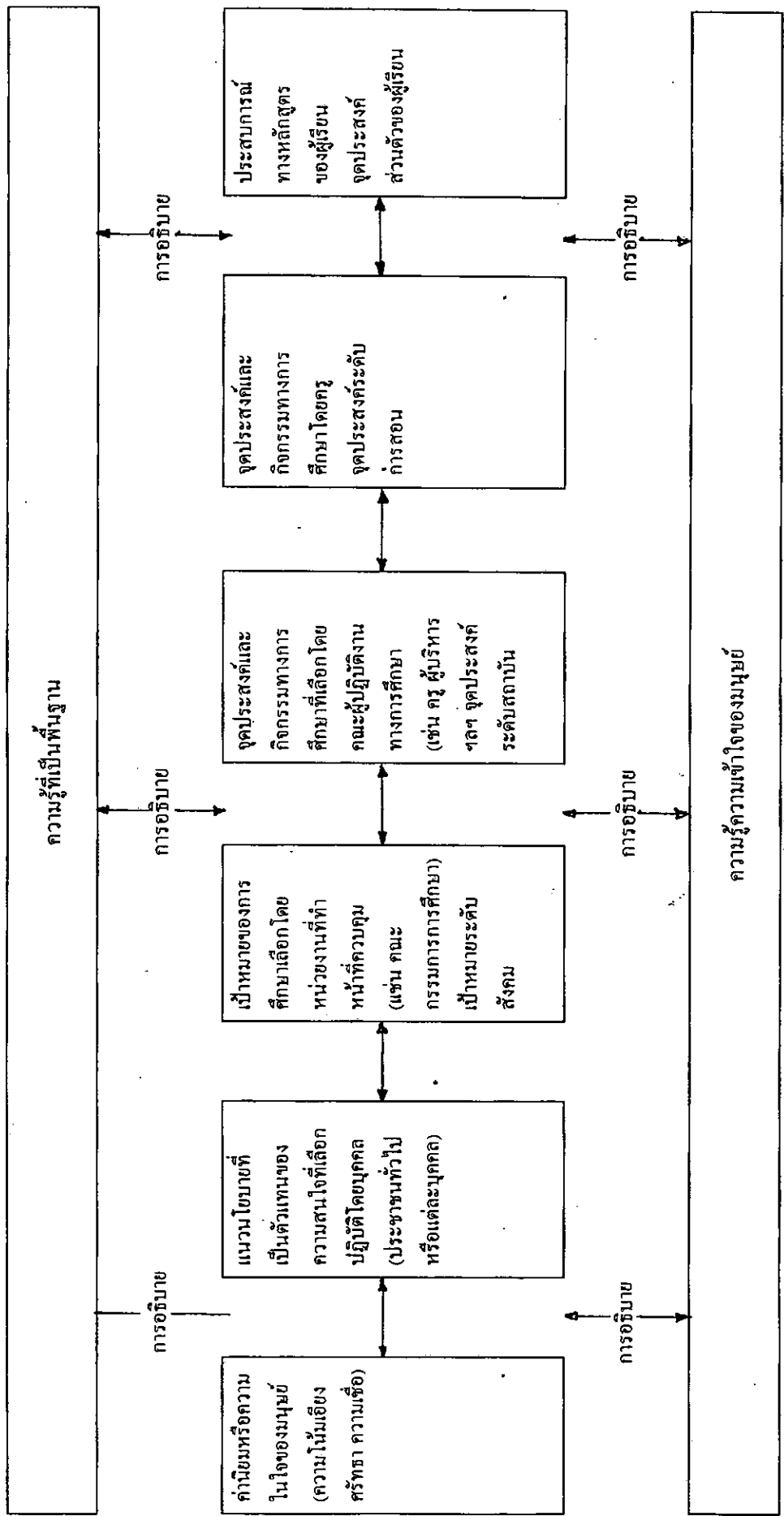
- 1) แตกต่างในมุมมองของการบูรณาการ เช่น ความแตกต่างกันตามการเปลี่ยนแปลงกลุ่มอายุของผู้เรียน ปรากฏการณ์ของสังคมและอื่นๆ ซึ่งการบูรณาการมีทั้งการบูรณาการตามลำดับขั้น (Hierarchical) และการบูรณาการร่วมกับสาขาวิชาข้างเคียง (Lateral) เช่น วิชาพฤกษศาสตร์บูรณาการเป็นวิชาชีววิทยา และวิชาชีววิทยาบูรณาการเป็นสาขาวิชาทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งเป็นการบูรณาการตามลำดับขั้น นอกจากนี้การบูรณาการหลักสูตรยังแบ่งได้เป็น 3 ระดับคือ ระดับแรกเป็นระดับรายวิชา (Subject level) โดยการเชื่อมโยงรายวิชากับรายวิชาอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน ระดับที่สองเป็นการร่วมกันของสหวิทยาการ (Interdisciplinary cooperation) เป็นการรวมสาขาวิชาที่แตกต่างกันเข้าด้วยกันตามหลักการที่เหมาะสม และระดับที่สามเป็นระดับสาขาวิชาที่คุณลักษณะเฉพาะของสาขาวิชานั้นเปลี่ยนแปลงไป และถูกแทนที่โดยคุณลักษณะของความรู้ที่มีการจัดระบบขึ้นใหม่ (Taba. 1962 : 193)

- 2) สาระสำคัญของการบูรณาการ คือ ธรรมชาติของความสัมพันธ์ระหว่างรายวิชาหรือสาขาวิชา การบูรณาการอาจแบ่งเหตุผลใหญ่ ๆ ได้ 2 ประการ คือ ประการแรก การบูรณาการความแตกต่างที่ไม่ขัดแย้งกันและมีความสัมพันธ์กัน การบูรณาการลักษณะนี้เป็นการเพิ่มส่วนที่ยังขาดอยู่ให้สมบูรณ์ขึ้น และประการที่สอง การวิเคราะห์และการสังเคราะห์เป็นการบูรณาการร่วมกันของการเรียนรู้และการคิด (Saylor and Alexander. 1974 : 25)

สิ่งที่สำคัญของการบูรณาการคือ การยอมรับของคนที่เกี่ยวข้อง และการใช้ความรู้ความสามารถของแต่ละบุคคลในการปฏิบัติอย่างเหมาะสมกับการบูรณาการเหล่านั้น

11. กรอบความคิดสำหรับการศึกษาและการปฏิบัติงานทางด้านหลักสูตร

กรอบความคิดสำหรับการศึกษาด้านหลักสูตรในทัศนะของ กูดแลดและริชเทอร์ การศึกษาเกี่ยวกับหลักสูตรหรือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับหลักสูตรจะมีความเกี่ยวข้องกับเรื่องใดนั้นบุคคลที่เป็นผู้วางกรอบความคิดไว้ที่ค่อนข้างชัดเจน คือ กูดแลดและริชเทอร์ (Goodlad and Richter. 1966 : 17-41) ซึ่งกล่าวว่าการศึกษาหรือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับหลักสูตรจะเกี่ยวข้องกับค่านิยม หรือความสนใจของมนุษย์ แนวนโยบายในการเลือกปฏิบัติ เป้าหมายทางการศึกษาระดับสังคม จุดประสงค์และกิจกรรมทางการศึกษาระดับสถาบัน จุดประสงค์และกิจกรรมทางการศึกษาระดับการสอนและประสบการณ์ทางหลักสูตร ซึ่งเป็นจุดประสงค์ส่วนตัวของผู้เรียน ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 3

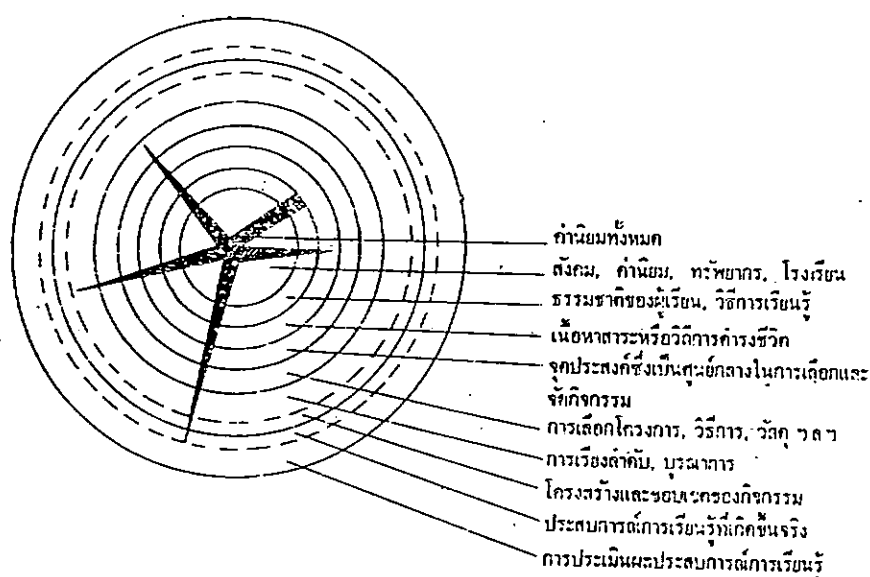


ภาพประกอบ 3 กรอบความคิดสำหรับการศึกษและการปฏิบัติงานเกี่ยวกับหลักสูตรในทัศนะของกูดและเดวิด

กรอบความคิดสำหรับการศึกษาด้านหลักสูตรในทัศนะของอิมานส์

อิมานส์ (Emans. 1966 : 235) ได้เสนอกรอบความคิดเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรไว้ดังภาพประกอบ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่านิยมใน 3 วงแรก จะช่วยให้นักพัฒนาหลักสูตรตระหนักถึงธรรมชาติของสังคม ผู้เรียนและเนื้อหาวิชาหรือวิถีการดำรงชีวิตซึ่งผู้เรียนจะต้องมีส่วนร่วม ซึ่งทั้ง 3 วงนี้ จะเป็นเนื้อหาสาระที่จะต้องนำไปสอนนั่นเอง

ใน 3 วง ซึ่งถัดออกมาแสดงให้เห็นว่าค่านิยมต่าง ๆ จะถูกกล่าวออกมาในรูปของจุดประสงค์และจุดประสงค์จะเป็นศูนย์กลางของการจัดกิจกรรมและการประเมินประสิทธิภาพการเรียนรู้



ภาพประกอบ 4 ขอบเขตของหลักสูตรในทัศนะของอิมานส์

เฉพาะในส่วนของการประเมินการเรียนรู้ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการใช้หลักสูตรนั้น ได้จัดออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ประสิทธิภาพที่ผู้เรียนได้รับจริง กับ ประสิทธิภาพตามที่ได้ประเมินผลออกมาเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรที่กำหนดไว้ในแต่แรก

กรอบความคิดเกี่ยวกับการศึกษาและการปฏิบัติงานทางด้านหลักสูตรที่ได้กล่าวมาทั้ง 2 แนวความคิดนี้เป็นข้อเขียนที่กล่าวถึงกรอบความคิด สำหรับการศึกษและการปฏิบัติงานทางด้านหลักสูตรโดยเฉพาะ

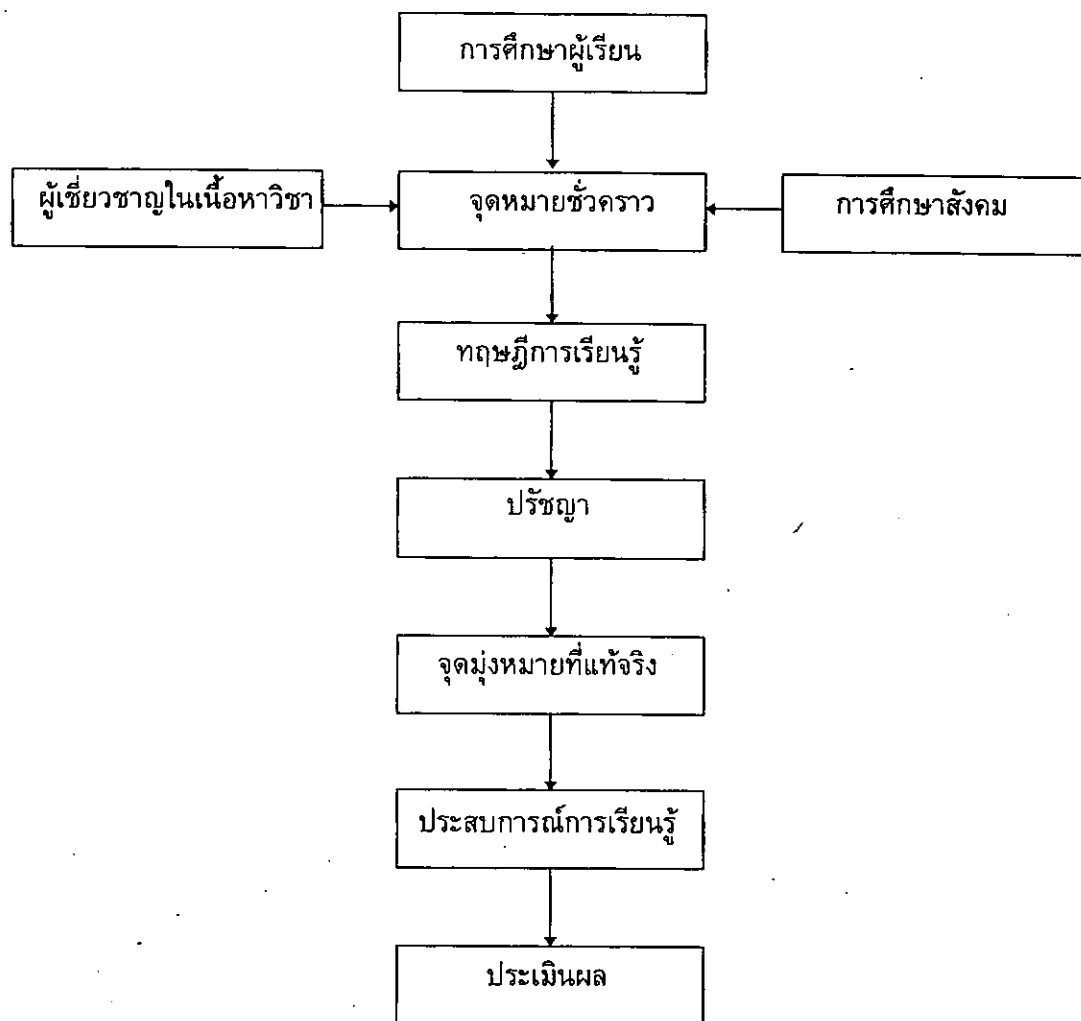
12. แนวคิดและรูปแบบการพัฒนาหลักสูตร

การพัฒนาหลักสูตร (Curriculum development) หมายถึงการทำหลักสูตรที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้น หรือการจัดทำหลักสูตรขึ้นมาใหม่โดยไม่มีหลักสูตรเดิมเป็นพื้นฐานอยู่เลย รวมไปถึงการผลิตเอกสารต่างๆ สำหรับผู้เรียนด้วย (Saylor and Alexander. 1974 : 7) ซึ่งสอดคล้องกับที่ สัจด์ อุทราพันธ์ (2523 : 30) ให้ความหมายการพัฒนาหลักสูตร 2 ลักษณะ คือ ความหมายแรก หมายถึง การทำหลักสูตรที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้นหรือสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และอีกความหมายหนึ่งเป็นการสร้างหลักสูตรขึ้นมาใหม่ โดยไม่มีหลักสูตรเดิมเป็นพื้นฐานอยู่เลย

การพัฒนาหลักสูตรจะมีความหมายครอบคลุมถึงการสร้างหลักสูตร การวางแผนหลักสูตรและการปรับปรุงหลักสูตร การพัฒนาหลักสูตรนั้นเป็นการปรับปรุงคุณภาพของหลักสูตรให้ดีขึ้นทั้งระบบ (สันต์ ธรรมบำรุง. 2527 : 92) นั่นคือ เป็นกระบวนการที่พิจารณาว่าหลักสูตรนั้นจะดำเนินการต่อไปอย่างไร โดยจะเกี่ยวข้องกับคำถามที่ว่าใครเป็นผู้เข้ามามีส่วนในการสร้างหลักสูตร ครู ผู้บริหาร ผู้ปกครอง หรือนักเรียน การดำเนินการใดบ้างที่จะถูกใช้ในการสร้างหลักสูตร ถ้าการทำงานเป็นคณะกรรมการจะดำเนินการจัดระบบอย่างไร โดยจริงๆ แล้วสถานการณ์ในการพัฒนาหลักสูตรไม่สามารถแยกออกจากการสร้างหลักสูตรได้ ทั้งสองจะมีกระบวนการที่ซับซ้อนอยู่ การตัดสินใจในการสร้างและพัฒนาหลักสูตรมักจะกระทำในเวลาเดียวกัน

สำหรับแนวคิดและรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรนั้น มีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอความคิดและรูปแบบไว้จำนวนมาก ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนแตกต่างกันออกไปตามแนวความคิดของแต่ละท่าน ซึ่งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยอาศัยแนวคิดต่างๆ ของไทเลอร์ (Tyler. 1950) เซเลอร์ อเล็กซานเดอร์และลีวิส (Saylor, Alexander and Levis. 1974) สัจด์ อุทราพันธ์ กรมวิชาการและสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาประยุกต์ใช้เป็นฐานในการสร้างหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

แนวคิด กระบวนการพัฒนาหลักสูตรในทัศนะของไทเลอร์



ภาพประกอบ 5 กระบวนการพัฒนาหลักสูตรในทัศนะของไทเลอร์

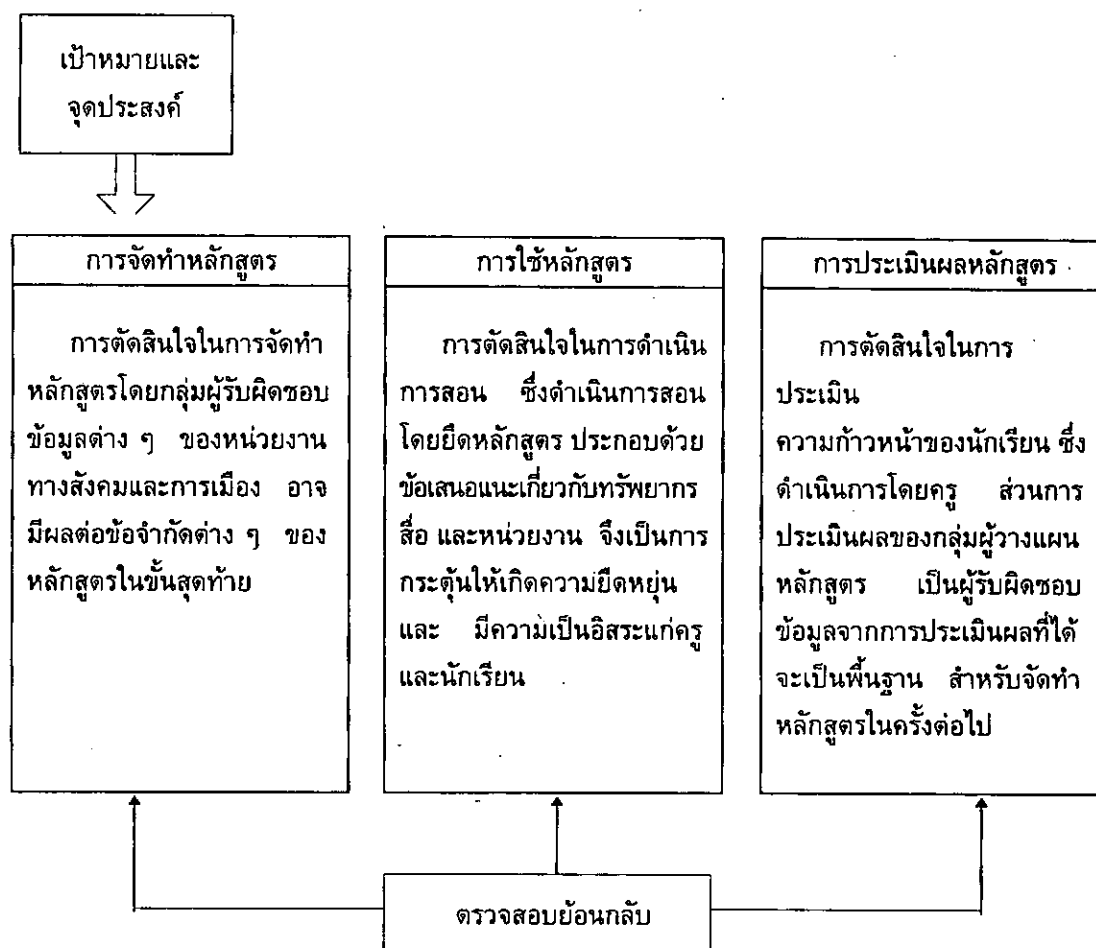
การสร้างหลักสูตรตามแนวคิดนี้ จะศึกษาข้อมูลจาก 3 แหล่ง คือ สังคม ผู้เรียน และผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาวิชา แล้วนำมากำหนดเป็นจุดหมายชั่วคราว เมื่อได้จุดหมายชั่วคราวแล้ว กลับกรองด้วยทฤษฎีการเรียนรู้ และปรัชญา ตัดทอนจุดมุ่งหมายที่มีความสำคัญน้อยออก ก็จะได้จุดมุ่งหมายที่แท้จริงแล้วนำไปจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้นักเรียนโดยตรง ผลสัมฤทธิ์ออกมาอย่างไร ก็จัดให้มีการประเมินผลการใช้หลักสูตร หากผลออกมาไม่ตรงตามจุดมุ่งหมาย ก็ให้มีการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ไทเลอร์ (Tyler. 1949 : 256-260) ได้ให้หลักการและเหตุผลในการสร้างหลักสูตรไว้ว่า ในการจัดหลักสูตรและการสอนนั้น ควรจะตอบคำถามที่เป็นพื้นฐาน 4 ประการ คือ

- 1) มีจุดมุ่งหมายทางการศึกษาอะไรบ้างที่โรงเรียนควรจัดให้
- 2) โรงเรียนควรจัดประสบการณ์ทางการศึกษาอะไรบ้าง เพื่อช่วยให้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้
- 3) โรงเรียนจะจัดประสบการณ์ทางการศึกษาอย่างไร จึงจะมีประสิทธิภาพสูงสุด
- 4) จะประเมินผลของประสบการณ์ในการเรียนอย่างไร จึงจะตัดสินใจได้ว่าบรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

จากคำถามทั้ง 4 ข้อ Tyler เสนอว่าจะต้องถามเรียงกันลงมาตามลำดับขั้น การตั้งจุดมุ่งหมายเป็นขั้นที่สำคัญที่สุด เพราะคำถามอีก 3 ข้อ ที่เหลือขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

แนวคิด กระบวนการจัดทำหลักสูตรของ เซเลอร์ อเล็กซานเดอร์และลิวิส

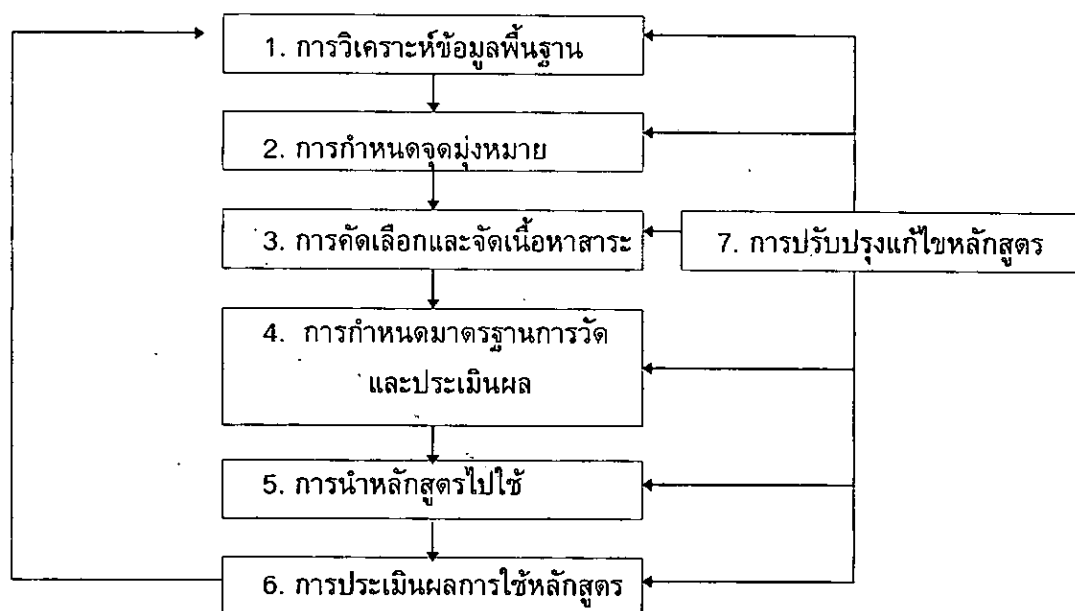


ภาพประกอบ 6 กระบวนการจัดทำหลักสูตรของเซเลอร์ อเล็กซานเดอร์และลิวิส

จากภาพประกอบ 6 กระบวนการจัดทำหลักสูตรของเซลล์อร์ อเล็กซานเดอร์และลิวีส มีรายละเอียด ดังนี้

- 1) เป้าหมายและจุดประสงค์ ในการกำหนดจุดประสงค์จะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของผู้เรียนและลักษณะของสังคม สภาพทางการเมือง
- 2) การจัดทำหลักสูตร กลุ่มผู้รับผิดชอบจะใช้ข้อมูลต่าง ๆ ของหน่วยงานทางสังคม และการเมือง ตัดสินใจจัดทำหลักสูตรตามข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มี
- 3) การใช้หลักสูตรจะมุ่งไปที่ตัวครูและนักเรียน โดยมอบให้ครูเป็นผู้ใช้หลักสูตรได้อย่างอิสระมีการยืดหยุ่นในการใช้โดยมีทรัพยากร สื่อ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องคอยช่วยเหลือ
- 4) การประเมินผลหลักสูตรจะมีการประเมินผล 2 ส่วนคือ การประเมินผลความก้าวหน้าของนักเรียนซึ่งดำเนินการโดยครู และการประเมินการใช้หลักสูตรโดยกลุ่มผู้รับผิดชอบในการพัฒนาหลักสูตรเพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงหลักสูตรต่อไป

แนวคิด กระบวนการพัฒนาหลักสูตรตามทัศนะของ สจัด อุทรานันท์



ภาพประกอบ 7 กระบวนการพัฒนาหลักสูตรตามทัศนะของ สจัด อุทรานันท์

จากภาพประกอบ 7 กระบวนการพัฒนาหลักสูตรตามทัศนะของสจัด อุทรานันท์ มีรายละเอียด ดังนี้

- 1) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเพื่อการพัฒนาหลักสูตร ข้อมูลพื้นฐานของหลักสูตรจะได้จากข้อมูลภายนอก คือ ทางด้านสังคม วัฒนธรรม การเมือง เทคโนโลยีและยังมีข้อมูลพื้นฐานทางด้านเกี่ยวกับตัวผู้เรียน ธรรมชาติของเนื้อหาวิชา ปรัชญาการศึกษา ทฤษฎีการเรียนรู้ จะต้องวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว เพื่อทราบสภาพปัญหาและความต้องการของสังคมและผู้เรียนในการนำหลักสูตรไปใช้ในการเรียนการสอน

2) การกำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ในขั้นนี้เป็นการกำหนดจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ปัญหาและสนองความต้องการของผู้ใช้หลักสูตรคือ ครู โดยนำผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานมาใช้กำหนด

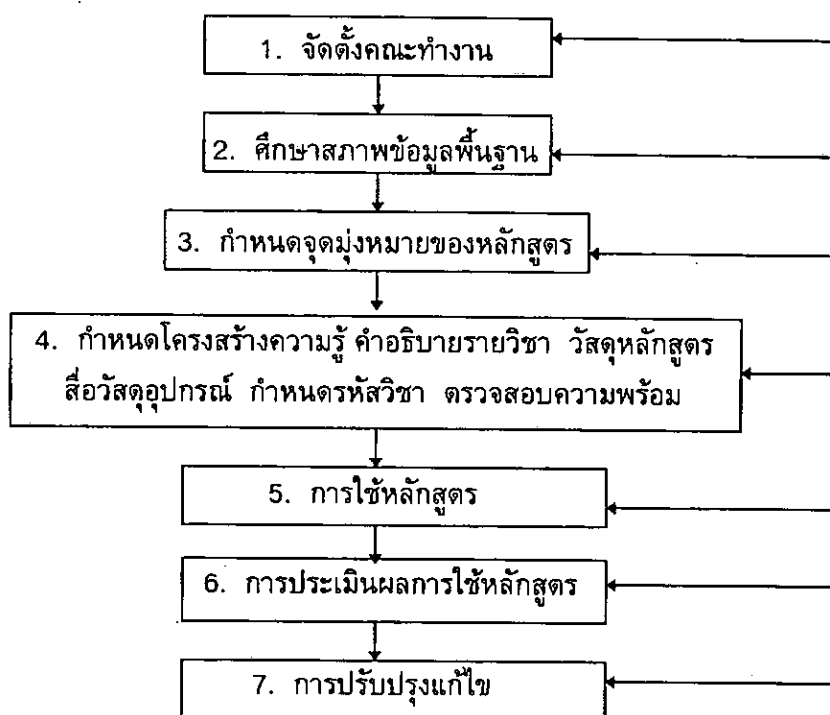
3) การคัดเลือกการจัดเนื้อหาสาระและประสบการณ์ผู้เรียน การจัดเนื้อหาจะต้องเหมาะสมกับระดับชั้นและวัยของผู้เรียน เป็นสื่อกลางที่จะนำผู้เรียนไปสู่จุดหมายที่กำหนด

4) การกำหนดมาตรฐานการวัดและประเมินผล เป็นขั้นตอนในการกำหนดว่า ควรจะวัดอะไรบ้าง เพื่อให้สอดคล้องกับจุดหมายของหลักสูตร โดยมีการนำหลักสูตรไปใช้ทดลอง ยังไม่ได้ใช้จริง แล้วจึงประเมินผลเพื่อปรับแก้แบบสอบถามที่จะนำไปใช้จริง

5) การนำหลักสูตรไปใช้ เป็นขั้นตอนการนำหลักสูตรไปใช้จริงในโรงเรียนให้ครบกระบวนการของการใช้หลักสูตร โดยครูและผู้บริหารโรงเรียนนำหลักสูตรไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนมีวัสดุ หลักสูตร สื่อการเรียนการสอนครบตามเกณฑ์ของหลักสูตร

6) การประเมินผลหลักสูตร เป็นการประเมินผลสัมฤทธิ์ของหลักสูตร เพื่อดูผลผลิตที่ได้นั้นตรงตามเจตนาของหลักสูตรและความมุ่งหวังของสังคมและผู้เรียน

แนวคิด กระบวนการพัฒนาหลักสูตรตามแนวของกรมวิชาการ



ภาพประกอบ 8 กระบวนการพัฒนาหลักสูตรตามแนวของกรมวิชาการ

การสร้างหลักสูตรตามแนวคิดนี้ จะต้องตั้งคณะทำงาน สํารวจสภาพข้อมูลพื้นฐานในด้านสังคม วัฒนธรรม ประเพณี ศาสนา พร้อมกับนำมาวิเคราะห์และกำหนดจุดมุ่งหมายของ

หลักสูตร หลังจากนั้นกำหนดเป็นโครงสร้างความรู้ คำอธิบายรายวิชา กำหนดรหัสวิชา วัสดุหลักสูตร สื่อ วัสดุอุปกรณ์และตรวจสอบความพร้อมจากผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นนำหลักสูตรไปทดลองใช้จริง ประเมินผลการใช้หลักสูตรแต่ละขั้นตอน ถ้ายังไม่สมบูรณ์ก็จะให้มีการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

จากรูปแบบและแนวคิดการพัฒนาหลักสูตรที่กล่าวมา สรุปเป็นหลักของการพัฒนาหลักสูตรโดยทั่วไปได้ดังนี้

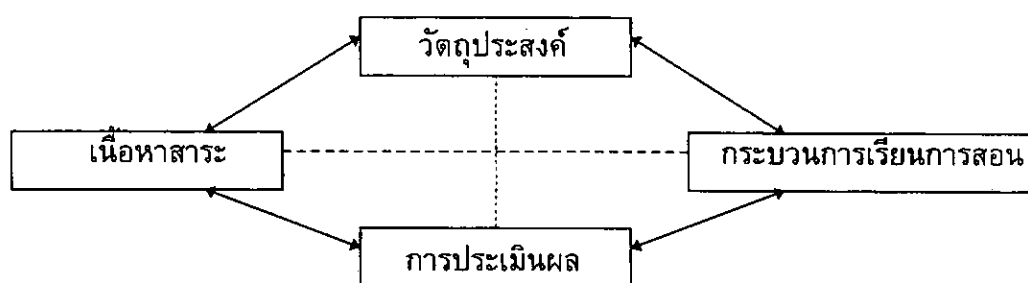
- 1) พัฒนาให้สอดคล้องกับความต้องการของสังคม โดยวิเคราะห์ปัญหาความต้องการและความจำเป็นต่าง ๆ ของสังคม
 - 2) พัฒนาให้สอดคล้องกับระดับพัฒนาการ ความต้องการและความสนใจของผู้เรียน
 - 3) พัฒนาให้สอดคล้องกับหลักของการเรียนรู้
 - 4) ในการเลือกและจัดประสบการณ์การเรียนรู้ จะต้องพิจารณาความเหมาะสมในด้านความยากง่าย ลำดับก่อนหลัง ความต่อเนื่อง และบูรณาการของประสบการณ์ต่าง ๆ
 - 5) พัฒนาในทุกจุดอย่างประสานสัมพันธ์กัน ตามลำดับจากจุดประสงค์ สาระความรู้ และประสบการณ์ กระบวนการเรียนการสอนและการประเมินผล
 - 6) พิจารณาถึงความเป็นไปได้สูงในทางปฏิบัติ
 - 7) พัฒนาอย่างเป็นระบบ
 - 8) พัฒนาอย่างต่อเนื่องไม่หยุดยั้ง
 - 9) มีการวิจัยติดตามผลอยู่ตลอดเวลา
 - 10) อาศัยความร่วมมืออย่างจริงจังของผู้เชี่ยวชาญและผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย
 - 11) ใช้พื้นฐานจากประวัติศาสตร์ ปรัชญา สังคม จิตวิทยา และวิชาความรู้ต่าง ๆ
- เมื่อพิจารณารูปแบบการพัฒนาหลักสูตรจากนักพัฒนาหลักสูตรที่นำมาเสนอไว้แล้ว สามารถสรุปรวมเป็นรูปแบบกลางๆ ได้ว่า การพัฒนาหลักสูตร มีกระบวนการหรือขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) การกำหนดจุดหมายของหลักสูตร
- 2) การกำหนดเนื้อหาของหลักสูตร
- 3) การนำหลักสูตรไปใช้
- 4) การประเมินผลหลักสูตร
- 5) การปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงหลักสูตร

ในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนนั้น คณะกรรมการหลักสูตรหรือผู้รับผิดชอบในแต่ละขั้นตอน จะต้องนำความรู้พื้นฐานในด้านปรัชญาการศึกษา สังคม และวัฒนธรรม ตัวผู้เรียน ทฤษฎีการเรียนรู้ หรือจิตวิทยามาประกอบการพิจารณาตัดสินใจด้วย ขั้นที่สามซึ่งได้แก่

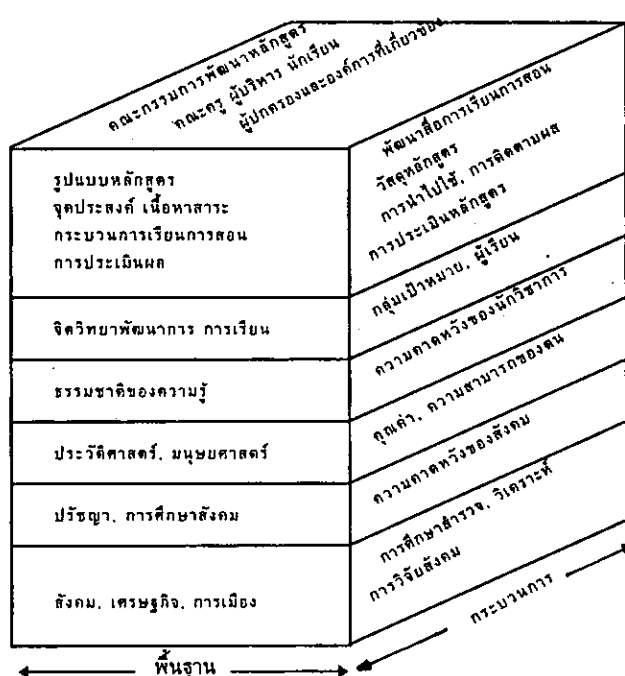
ขั้นการนำหลักสูตรไปใช้อันมีครูผู้สอนเป็นผู้รับผิดชอบโดยตรง ก็จำเป็นจะต้องนำพื้นฐานดังกล่าวมาพิจารณาประกอบการตัดสินใจในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยเช่นกัน ดังภาพประกอบ 9

13. การพัฒนาหลักสูตรระดับโรงเรียน



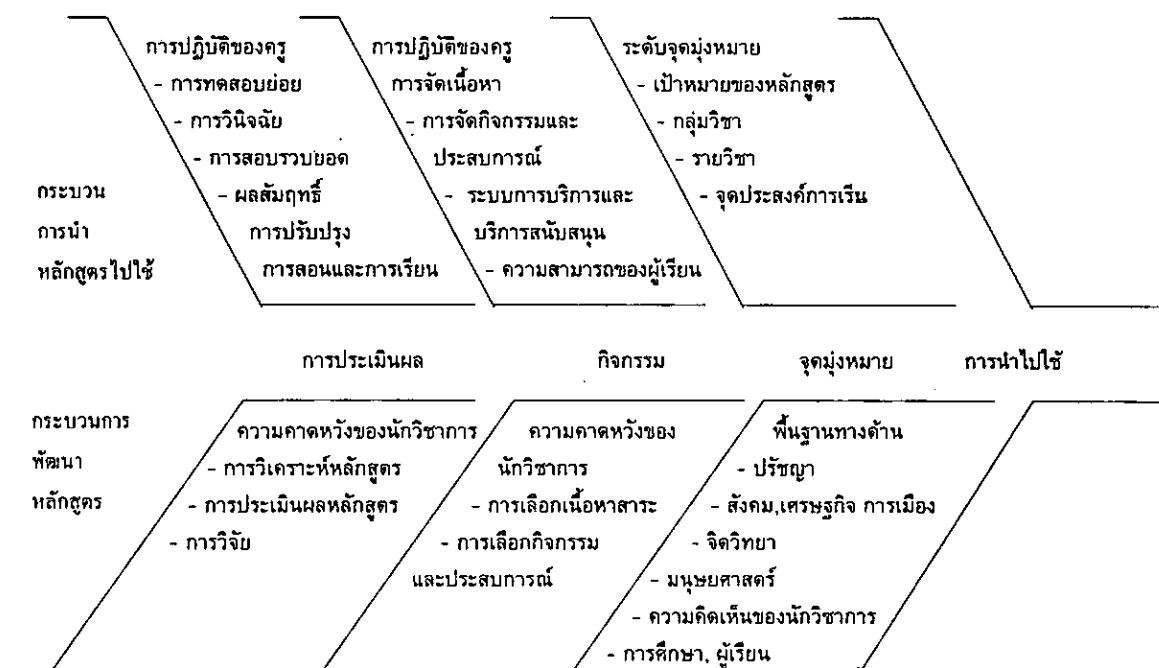
ภาพประกอบ 9 การพัฒนาหลักสูตรระดับโรงเรียน

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นพอจะสรุปกระบวนการพัฒนาหลักสูตร จะต้องศึกษาข้อมูลพื้นฐานสำหรับเป็นสิ่งที่กำหนดหลักสูตร บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรด้านการพัฒนา การบริหาร จัดการ การนิเทศกำกับดูแล การประเมินหลักสูตร และการสนับสนุนการใช้หลักสูตรดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 แสดงขั้นตอนของกระบวนการพัฒนาหลักสูตรระดับโรงเรียน

การปฏิบัติเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรและการสอน



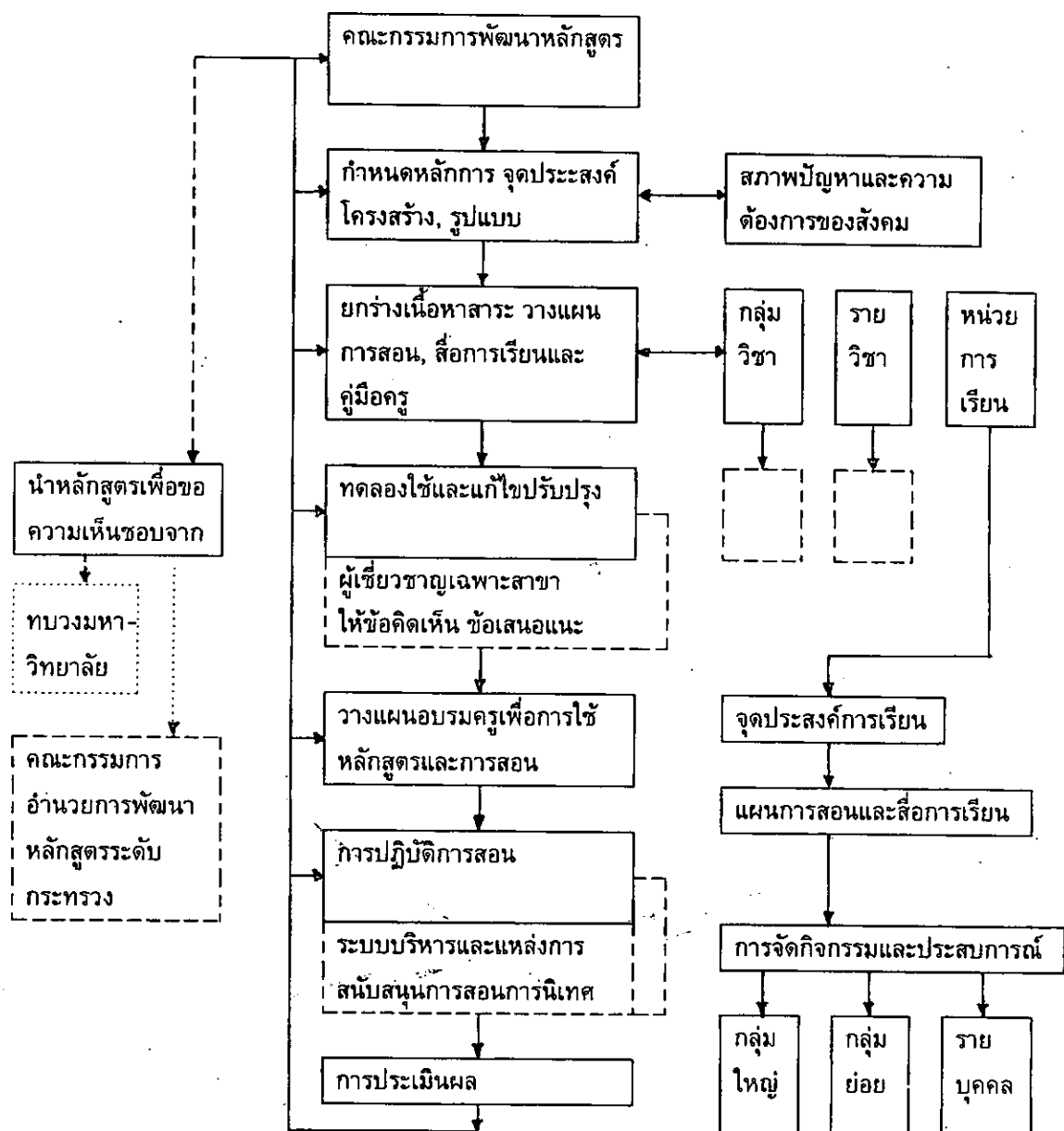
ภาพประกอบ 11 แผนภูมิทรงแปดเหลี่ยมแสดงการปฏิบัติเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรและการสอน

การพัฒนาหลักสูตรและการสอนของประเทศไทยนั้น ยังไม่มีทฤษฎีการพัฒนาหลักสูตรและการสอนเป็นของเราเองอย่างชัดเจน จึงได้มีการนำแนวความคิดเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรและการสอนจากต่างประเทศมาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับสภาพบ้านเมืองของเรา เพื่อนำมาสร้างเป็นรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรและการสอนขึ้นใหม่ และเพื่อให้การพัฒนาหลักสูตรและการสอนดำเนินไปได้อย่างมีระบบและตรงตามความคาดหวังของสังคม ทฤษฎีหลักสูตรที่นำมาศึกษานั้น ได้แก่ ทฤษฎีหลักสูตรที่วางการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรยอมรับและจัดเป็นหลักสูตรที่ดีเยี่ยม (Classic curriculum) และทฤษฎีหลักสูตรอื่นๆ ที่นิยมใช้กันอยู่และมีความเหมาะสมกับสภาพบ้านเมืองของเรา รวมทั้งทฤษฎีหลักสูตรซึ่งกำลังอยู่ในระหว่างการทดลองใช้และมีการอภิปราย วิพากษ์วิจารณ์ทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย เช่น การพัฒนาหลักสูตรตามแนวคิดของกลุ่มมนุษยนิยม การพัฒนาหลักสูตรแบบปฏิรูปสังคมและการพัฒนาหลักสูตรที่เน้นด้านวิชาการ เป็นต้น หลักสำคัญของหลักสูตรคือจะต้องนำไปปฏิบัติได้จริง ส่วนหลักสูตรที่กำหนดความมุ่งหมายไว้อย่างดี สวยงามและสูงส่ง โดยไม่ได้คำนึงถึงตัวผู้เรียน ผู้สอน สื่อการเรียนและสิ่งแวดล้อม ย่อมทำให้เกิดปัญหาการพัฒนาหลักสูตรและการสอน

การพัฒนาหลักสูตรของไทยแบ่งได้ 3 ระดับ คือ การพัฒนาหลักสูตรและการสอนในระดับชาติ ซึ่งคาดหวังว่าจะให้เยาวชนไทยมีคุณลักษณะและความสามารถอย่างไร การสร้างหลักสูตรในระดับนี้มีหลักการจะต้องกระทำในระดับกลางๆ อย่างกว้างๆ เพื่อให้ท้องถิ่นนำไปปรับใช้ได้

อย่างเหมาะสม ส่วนการพัฒนาหลักสูตรและการสอนระดับท้องถิ่นซึ่งหมายถึงระดับภาค ระดับ จังหวัด ระดับกลุ่มโรงเรียน การพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่น ก็คือ การนำ หลักสูตรระดับ ชาติมาพิจารณาศึกษาวิเคราะห์ เพื่อการปรับเปลี่ยนเนื้อหาบางอย่างให้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับท้องถิ่นและวิเคราะห์จุดมุ่งหมายข้อใดของหลักสูตรที่บ่งชี้ความ ต้องการและจำเป็นรับผิดชอบในการปฏิบัติของท้องถิ่น ประการสุดท้ายคือหลักสูตรระดับ ห้องเรียน หมายถึงครูผู้สอนแต่ละคนจะต้องเข้าใจจุดประสงค์ของหลักสูตรและจัดการเรียน การสอน รวมทั้งการวัด และประเมินผลเพื่อให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงไปตามจุดประสงค์ ที่กำหนดไว้

การสร้างพิมพ์เขียวของรูปแบบหลักสูตรเป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาหลักสูตรและการสอนเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะทำให้เห็นภาพรวมของการปฏิบัติงานที่เป็นระบบ ระยะเวลาของการปฏิบัติงาน การนำหลักสูตรไปใช้ รวมทั้งการประเมินผลหลักสูตรและการสอนได้อย่างชัดเจน ซึ่งพอสรุปรูปแบบได้ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 รูปแบบของการพัฒนาหลักสูตรและการสอน

จากแผนภาพของรูปแบบหลักสูตรดังกล่าว ทางด้านซ้ายเป็นการแสดงแนวคิดที่ต่อเนื่องของการพัฒนาหลักสูตร ส่วนทางด้านขวานั้นคือการพัฒนากระบวนการสอน ซึ่งจะเห็นว่าหลักสูตรและการสอนเป็นส่วนที่สัมพันธ์กัน จะขาดส่วนหนึ่งส่วนใดไปไม่ได้ จะต้องพัฒนาควบคู่กันไปให้สมบูรณ์แบบ เมื่อได้พิมพ์เขียวของหลักสูตรหรือรูปแบบของหลักสูตรมาแล้วจะต้องวางแผนการปฏิบัติงานให้ชัดเจนและเป็นไปตามรูปแบบที่กำหนดไว้

14. ปัญหาการนำหลักสูตรไปสู่การเรียนการสอนระดับมัธยมศึกษา

การพัฒนาหลักสูตรเพื่อนำไปใช้สอนในสถาบันการศึกษาใดสถาบันหนึ่ง แม้ผู้พัฒนาจะจัดทำหลักสูตรดีเลิศสักปานใดก็ตาม แต่ถ้าครูและผู้บริหารนำหลักสูตรไปสู่การปฏิบัติไม่สามารถทำได้ตามปรัชญาและจุดหมายที่กำหนดไว้ การจัดการเรียนการสอนในสถาบันนั้นก็เลยไม่สัมฤทธิ์ผลเท่าที่ควร ซึ่งก็นับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างยิ่ง สำหรับการจัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาของไทยเรานั้น ปัญหาการนำหลักสูตรไปสู่การปฏิบัติมีหลายประการ ดังจะได้กล่าวถึงต่อไปนี้

1) จุดหมายและการปฏิบัติขาดความสอดคล้อง การจัดการเรียนการสอนไม่เป็นไปตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ ปัญหาต่างๆ มีดังต่อไปนี้

1.1) ครูไม่เข้าใจจุดหมายและหลักการ สาเหตุที่ไม่เข้าใจนั้นมีหลายประการ ประการแรกครูไม่เคยเห็น ไม่เคยได้สัมผัสหลักสูตร และครูส่วนใหญ่จะสอนตามหนังสือเรียน คือ ยึดหนังสือเรียนเป็นที่พึ่ง จากผลการวิจัยของชนิตา รักษ์พลเมืองและคณะ (2527 :305-306) ได้สรุปเรื่องการปฏิบัติตามหลักสูตรมัธยมศึกษาว่า มีปัญหาในการปฏิบัติตามหลักสูตรคือ โรงเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจจุดหมายและหลักการ ตลอดจนวิธีการสอนและการวัดผล หลักสูตรจัดเนื้อหาไว้อย่างกว้างและลึก แต่เมื่อลงมือปฏิบัติไม่สามารถปฏิบัติได้ตามหลักสูตรที่กำหนดไว้ แม้จะมีการแก้ไขด้วยการนิเทศแล้วก็ตาม ประการต่อไปการที่ครูไม่เข้าใจจุดหมายและหลักการของหลักสูตรนั้นก็เพราะขาดการนิเทศที่ดี

1.2) ขาดการประสมประสานระหว่างจุดหมายและการปฏิบัติ ปัญหาเรื่องนี้เป็นปัญหาที่สำคัญอย่างยิ่ง เพราะทำให้เห็นว่าครูสอนไปตามที่เห็นสมควรไม่ได้สนใจจุดหมายของหลักสูตร เอกวิทย์ ณ ถลาง (2530 : 38) กล่าวว่า ในปัจจุบันหลักสูตรหลายวิชามีเนื้อหาสาระใหม่ ใช้หลักบูรณาการความรู้ต่างๆ มาสู่มนต์ที่สำคัญ มีการให้ระเบียบวิธีหลักๆ ที่ผู้เรียนจะได้รู้จักแสวงหาความรู้อย่างมีหลักเกณฑ์การปลูกฝังทัศนคติ และค่านิยมอันพึงประสงค์ หลักการเหล่านี้ครูส่วนใหญ่ไม่ทักท้วงวิธีการที่แตกต่างไปจากวิธีการเดิมที่เคยชินแต่ในทางปฏิบัติจะให้รายละเอียด เนื้อหาเพื่อมุ่งจะทดสอบรายละเอียดเป็นสำคัญ นอกจากนั้นจากการสำรวจสภาพและปัญหาการใช้หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 ปีการศึกษา 2526 (กรมวิชากร. 2535 : 58-60) พบว่า โรงเรียนมีปัญหาเกี่ยวกับ

ตัวหลักสูตรในด้านจุดมุ่งหมายของหลักสูตรที่มุ่งให้คิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็นนั้นมีปัญหา
มากในทางปฏิบัติ ทั้งในด้านการเรียนการสอน และด้านการวัดและประเมินผล คือครู
ส่วนใหญ่ยังไม่เปลี่ยนวิธีสอน ไม่สอนตามจุดประสงค์ และไม่ออกข้อสอบตามจุดประสงค์
การเรียนรู้ ยังคงสอนเน้นเนื้อหา และวัดผลโดยเน้นที่เนื้อหา

1.3) ครูมีข้อจำกัดด้านวิธีการสอน หลักสูตรฉบับปัจจุบัน (กรมวิชาการ.
2533 : 5) ในแนวดำเนินการได้ระบุไว้ว่าในการจัดการเรียนการสอน ให้ใช้วิธีผสมผสานการให้
ความรู้กับการปฏิบัติจริง โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล และ
กระบวนการกลุ่ม แต่ในทางปฏิบัติปรากฏว่า ครูยังสอนโดยใช้การบรรยายและเน้นเนื้อหาแบบ
เดิมไม่ได้เน้นกระบวนการ เพราะความเคยชินกับการสอนด้วยวิธีการบรรยาย จึงละเลยวิธี
สอนแบบอื่นๆ พฤติกรรมการสอนของครูในการสอนวิชาสามัญในการปฏิบัติจริง ครูก็จะมุ่งเน้น
ด้านสมอง เน้นความจำ นอกจากนั้นจากผลการวิจัยของกรมวิชาการ (กรมวิชาการ. 2532 :
350) ยังพบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยทั่วไปเน้นเนื้อหามากกว่ากระบวนการ ซึ่ง
ในเรื่องนี้ตรงข้ามกับเจตนารมณ์ของหลักสูตรที่ต้องการปลูกฝังกระบวนการต่างๆ ได้แก่ กระบวน
การคิด กระบวนการทำงานร่วมกัน และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งกระบวนการต่างๆ ดัง
กล่าว จะนำไปสู่การแสวงหาความรู้ จึงกล่าวได้ว่าการสอนของครูยังมิได้สอดคล้องกับเป้าหมาย
ของหลักสูตรในการมุ่งพัฒนาผู้เรียน นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับการวิจัยของ
ชนิตา รัชพลเมือง และคณะ (2527 : 292) ซึ่งพบว่า การปฏิบัติตามหลักสูตรให้ครบ
กระบวนการยังเป็นปัญหา โดยเฉพาะครูในชนบทตามไม่ทันในเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสังคม
ที่มีแนวโน้มพัฒนาไปทางด้านอุตสาหกรรม ดังนั้นการจัดกระบวนการเรียนการสอน จึงไม่สอดคล้อง
กับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

1.4) โรงเรียนขาดอุปกรณ์ที่จะทำให้จุดหมายเป็นจริง สภาพโรงเรียนมัธยม
ศึกษาโดยทั่วๆ ไปนั้นสื่อการสอนมีไม่มากพอ เพราะงบประมาณน้อย นอกจากนั้นครูยังมี
จำนวนชั่วโมงสอนมาก ไม่มีเวลาเตรียมสื่อการสอนมากเท่าที่ควร สำหรับบริการทางด้าน
วิชาการนั้นห้องสมุดสำหรับให้ครูและนักเรียนค้นคว้า ยังมีหนังสือไม่มากเท่าที่ควร การพา
นักเรียนออกไปศึกษานอกสถานที่ก็เป็นปัญหา โรงเรียนส่วนใหญ่ไม่มีรถเป็นของโรงเรียนเอง
นักเรียนมีโอกาสศึกษานอกสถานที่น้อย และจากการวิจัยของกรมวิชาการในด้านการบริหาร
หลักสูตร (กรมวิชาการ. 2532 : 336) พบว่าโรงเรียนจัดสิ่งอำนวยความสะดวกในการเรียน
สอนยังไม่ครบถ้วน และไม่เพียงพอ นอกจากนี้ยังพบว่าอุปกรณ์การสอนที่โรงเรียนมีมาก ที่
สุด คือ แผนที่ อุปกรณ์การสอนที่ต้องการมากที่สุด คือแบบจำลองสภาพทางภูมิศาสตร์ ฟิล์ม
สกริปและแผนภูมิต่างๆ

1.5) ขาดการนิเทศที่จำเป็นยิ่งด้านการใช้หลักสูตรใหม่ จากการวิจัยของ
กรมวิชาการ (2532 : 355) ปรากฏว่าการนิเทศยังไม่ตอบสนองความต้องการและปัญหาใน
การเรียนการสอน โดยที่ยังขาดการนิเทศทั้งภายในและภายนอก บุคลากรที่เกี่ยวข้องยังไม่มี

ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรดีพอ นอกจากนั้นยังพบว่าครูไม่ยอมรับแนวความคิดใหม่ๆ ไปทดลองใช้และระบบการนิเทศในระดับมัธยมศึกษาจะต้องพิจารณาปรับปรุงแก้ไข เพราะเท่าที่เป็นอยู่ครูบางส่วนไม่ค่อยเชื่อถือศึกษานิเทศก์ อาจเป็นเพราะครูขาดศรัทธาหรือระบบการให้การนิเทศยังไม่ตรงกับความต้องการของครูและนักเรียน

1.6) ครูไม่สนใจที่จะพัฒนาตน ปัญหานี้เป็นปัญหาที่สำคัญมากเพราะถ้าครูมีความสนใจที่จะพัฒนาตนเองแล้วจะต้องชวนช่วยหาหลักสูตรมาอ่าน มาทำความเข้าใจ ถ้าไม่เข้าใจก็ไต่ถามผู้รู้ หาทางไปร่วมประชุม อบรม ร่วมสัมมนา หรือร่วมประชุมปฏิบัติเพื่อให้การสอนดี มีประสิทธิภาพ ตรงตามจุดหมายและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้ แต่ก็ปรากฏว่าครูส่วนใหญ่ไม่ชวนช่วยเท่าที่ควร การจัดการอบรมสัมมนาก็มีไม่มาก ยิ่งครูมีฐานะเป็นข้าราชการประจำมีความมั่นคงพอควรแล้ว ความกระตือรือร้นที่จะพัฒนาตนเองให้เป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถในการสอนก็จะไม่มากนัก จากผลการวิจัยสังเคราะห์กระบวนการหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (กรมวิชาการ. 2532 : 340) พบว่าครูขาดความกระตือรือร้นไม่ใฝ่หาความรู้ใหม่ๆ และครูมีภาระหน้าที่มาก ไม่มีเวลาในการเตรียมการสอน

1.7) โรงเรียนไม่ใช้แหล่งวิทยาการในชุมชนอย่างเพียงพอ จากผลการสำรวจสภาพและปัญหาการใช้หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 ปี พ.ศ. 2526 (กรมวิชาการ. 2532 : 58) พบว่าในด้านการบริหารหลักสูตรนั้นโรงเรียนไม่ได้รับความร่วมมือและไม่มีความสะดวกในการใช้แหล่งวิทยาการ สถานประกอบการและสถานประกอบอาชีพอิสระ

2) การจัดการเรียนการสอนขาดความถูกต้อง

หลักสูตรคือการแปลงจุดหมายไปสู่การปฏิบัติ การจัดการเรียนการสอนที่ดีก็คือการนำหลักการและจุดหมายในหลักสูตรไปสู่การปฏิบัติการสอนในชั้นเรียนได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ มีทักษะ และมีเจตคติที่ดีต่อสิ่งที่เรียน คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น และสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนไปใช้ในการดำรงชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ก็ปรากฏว่าชั้นตอนนี้เกิดปัญหา เพราะครูไม่ได้จัดการเรียนการสอนตามหลักการและจุดหมายที่กำหนดไว้และเกิดการผิดพลาดขึ้นเป็นอันมาก ปัญหาต่างๆ มีดังนี้คือ

2.1) เนื้อหาไม่แม่นยำ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรใหม่ ก็ย่อมมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาสาระในหลักสูตรในหนังสือเรียน ให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปด้วย ครูก็ต้องพัฒนาตนเองให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าทางวิชาการ ครูควรทันกับเหตุการณ์และพยายามสอนให้นักเรียนรู้จักแสวงหาความรู้ ใช้ความรู้ รู้จักคิด รู้จักแก้ปัญหาและปรับตัวเองให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งในปัจจุบันและที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต แต่ก็มักจะปรากฏว่าครูในระดับมัธยมศึกษา ยังปรับตัวไม่ทันกับการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาจึงยังไม่ใคร่จะแม่นยำ

2.2) การสอนเน้นความจำ ความรู้การเรียนการสอนในปัจจุบันมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้รับความรู้มีทักษะดีและมีเจตคติที่ดี รู้จักคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา รู้จักทำงาน ร่วมกับผู้อื่น แต่ผลกลับปรากฏว่า (กรมวิชาการ. 2532 : 336) ในการจัดการเรียนการสอนโดยทั่วไปครูสอนเน้นเนื้อหามากกว่ากระบวนการ ครูสอนเน้นความจำ ครูใช้วิธีสอนเน้นการสอนแบบบรรยาย ครูเร่งสอนให้ครบเนื้อหา นอกจากนี้ยังพบว่าครูสอนโดยยึดเนื้อหามากกว่าจุดประสงค์ยึดเนื้อหาและยึดหนังสือมากเกินไป ละเลยด้านทักษะ เจตคติ การคิดวิเคราะห์ รวมทั้งการปลูกฝังคุณธรรมให้กับผู้เรียนด้วย ทำให้ไม่สอดคล้องกับเจตนารมณ์ของหลักสูตรที่ได้กำหนดไว้

2.3) ครูไม่เปลี่ยนพฤติกรรมการสอน ในปัจจุบันบทบาทของครูเปลี่ยนแปลงไปเป็นอันมาก คือเปลี่ยนจากผู้บรรยาย ผู้บอกวิชาความรู้ไปเป็นผู้ชี้แนะ ผู้นำทางที่ปรึกษา เป็นเพื่อน เป็นกัลยาณมิตรที่ดีของศิษย์ วิชาการสอนที่ใช้ก็มีหลากหลาย เช่น การอภิปราย การสืบสวนสอบสวน วิธีแบ่งกลุ่มย่อย การแสดงบทบาทสมมติ การแสดงละคร การศึกษาเฉพาะกรณี การใช้สถานการณ์จำลอง เกม เพลง และมักจะใช้หลายๆ วิธีผสมประสานกัน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง เกิดความสุขสนุกสนาน และมีทัศนคติที่ดีต่อวิชาที่เรียน แต่จากผลการวิจัยของกรมวิชาการ (กรมวิชาการ. 2532 : 340) พบว่าครูขาดทักษะในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามหลักสูตรและครูไม่ใช้กิจกรรมและเทคนิคการสอนหลายวิธี ไม่ใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ๆ ในการจัดการเรียนการสอน นอกจากนี้ยังพบว่าครูไม่ใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ครูสอนเน้นเนื้อหามากกว่าเน้นกระบวนการ และมักใช้หนังสือเรียนเป็นหลัก

2.4) อุปกรณ์ไม่ใคร่ใช้ เพื่อให้การสอนตามหลักสูตรได้ผลคือผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง ครูควรจะต้องใช้สื่อการสอนประกอบด้วย แต่ก็ปรากฏว่าครูในระดับมัธยมศึกษา ไม่ใคร่ใช้สื่อการสอนเท่าที่ควรจะเป็น ทั้งนี้ก็เพราะการบริหารหลักสูตรยังไม่ดีพอ ผู้บริหารไม่ได้จัดบริการทางด้านสื่อการสอนอย่างเพียงพอ บางโรงเรียนมีสื่อการสอนมากพอสมควร ทั้งภาพ แผนที่ วิทยุ เทป โทรทัศน์ แต่บริการด้านสื่อการสอนไม่ดีหรือไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้ ครูจึงมักใช้การบรรยายและใช้กระดานดำ เหมือนการสอนในอดีต นอกจากนี้ ผลการวิจัย (กรมวิชาการ. 2532 : 340) ยังพบว่าครูไม่นิยมใช้สื่อประกอบ การเรียนการสอน มักใช้วิธีการบรรยายและแบ่งกลุ่มให้นักเรียนค้นคว้า

2.5) ไม่สนใจให้นักเรียนแสหาความรู้เสริม การสอนที่ดีครูจะต้องมีวิธี การสอนและมีวิธีช่วยให้ผู้เรียนอยากรู้ อยากเห็นใครรู้ใครเรียน เพราะนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาเป็นเด็กวัยรุ่นเป็นวัยที่อยากรู้อยากเห็น ใครรู้ใครเรียนเป็นลักษณะประจำอยู่แล้ว นักเรียนต้องการเรียนรู้ของแปลกใหม่ลึกลับ ซึ่งไม่ต้องการความรู้ผิวเผิน ยิ่งในปัจจุบันสื่อมวลชน ทั้งสื่อหนังสือพิมพ์ วิทยุ โทรทัศน์ เปิดโลกกว้างให้นักเรียนเป็นอย่างมาก การเรียนในชั้นเรียนจึงต้องกว้างขวาง ลึกลับ แต่ก็ปรากฏว่าครูมักยึดหนังสือเรียนเป็นที่พึ่ง ครูไม่ใคร่มีความกระตือรือร้น

รื้อค้นหาความรู้เพิ่มเติมให้แก่นักเรียน จากผลการวิจัยของกรมวิชาการ (กรมวิชาการ. 2532 : 337) ปรากฏว่านักเรียนยังไม่สามารถเฝ้าหาความรู้อย่างมีหลักการให้ทันสมัยอยู่เสมอและนักเรียนยังไม่ค่อยแสวงหาความรู้เพิ่มเติม

2.6) ไม่เน้นความคิดริเริ่ม วิเคราะห์สร้างสรรค์ ตามหลักการของหลักสูตร ฉบับปัจจุบัน ทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายเน้นให้นักเรียนคิดเป็นคือรู้จักคิด วิเคราะห์และรู้จักคิดสร้างสรรค์ การสอนให้บรรลุจุดหมายนี้ ครูผู้สอนจะต้องมีกลวิธีการสอนและให้นักเรียนได้ร่วมกิจกรรมต่างๆ หลายประการ เช่น ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ นอกจากจะทำการทดลองในชั้นเรียนแล้ว ควรให้นักเรียนมีโอกาสดำเนินกิจกรรมเสริม เช่น นักเรียนแต่ละคนจะมีโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นของตนเอง มีการประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ และมีการจัดนิทรรศการทางวิทยาศาสตร์ขึ้นในโรงเรียนและในชุมชน

2.7) สิ่งที่สอนไม่สัมพันธ์กับชีวิตจริง การสอนที่ดีครูควรที่จะได้โยงเนื้อหาที่เรียนให้สัมพันธ์กับชีวิตจริง เพื่อนักเรียนจะได้รับประโยชน์และนำไปใช้ในการดำรงชีวิตได้ แต่จากผลการวิจัยด้านผลการใช้หลักสูตร (กรมวิชาการ. 2532 : 336) ปรากฏว่านักเรียนมีความรู้และทักษะพื้นฐานยังไม่เพียงพอในการดำรงชีวิต นักเรียนไม่สามารถค้นพบและพัฒนาความสามารถของตนเอง นักเรียนยังไม่มี ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ชุมชนและสังคม นักเรียนยังไม่มีความรู้และไม่สามารถปฏิบัติตนได้อย่างถูกต้องในเรื่องการรักษาสุขภาพอนามัยของตนเองและชุมชน และนักเรียนยังไม่มีความรู้และทักษะพื้นฐานในวิชาอาชีพ ขาดประสบการณ์ในการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตร ขาดประสบการณ์ในการทำงานร่วมกับบุคลากรอื่นๆ ในชุมชน การที่ครูขาดประสบการณ์อาจทำให้เกิดความยุ่งยากหลายประการ ได้แก่ ครูขาดประสบการณ์ในการสอนแบบใหม่ ครูไม่เข้าใจวิธีนำเข้าสู่บทเรียน ขาดความพากเพียรในการวางแผนการสอน อุปกรณ์ผลิตและใช้ไม่เป็น ไม่รู้จักแสดงความคิดเห็นจึงสอนไม่ได้ ไม่เข้าใจบทบาทของครูสมัยใหม่ในฐานะผู้ชี้แนะ เมื่อให้นักเรียนทำกิจกรรมมีปัญหาเรื่องวินัย และครูขาดความรู้ความเข้าใจเรื่องการวัดและประเมินผล

2.8) ครูขาดประสบการณ์ในการสอนแบบใหม่ ครูมักใช้วิธีการที่สะดวกที่สุด คือ การสอนแบบบรรยายและแบ่งกลุ่มให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้า เมื่อสอนไปเป็นเวลานานก็หลงลืมและขาดทักษะทางด้านการสอนด้วยวิธีอื่นๆ

2.9) ครูไม่เข้าใจวิธีนำเข้าสู่บทเรียน การนำเข้าสู่บทเรียนเป็นการกระตุ้น จูงใจให้นักเรียนสนใจและมีความกระตือรือร้นในสิ่งที่จะเรียน เป็นการรวมความสนใจมาอยู่ที่จุดๆ เดียวคือบทเรียน การนำเข้าสู่บทเรียน อาจใช้ภาพแผนที่ หัวข่าวหนังสือพิมพ์ แถบประโยค หุ่นจำลอง ของจริง การอภิปราย เพลง การแสดงบทบาทสมมติ หรือละครสั้นๆ ก็ได้ ครูควรใช้วิธีการต่างๆ กันไม่ซ้ำซาก ครูจึงต้องเป็นคนที่มีความไหวพริบ คิดวางแผนทำกิจกรรมชั้นนำเข้าสู่บทเรียนให้น่าสนใจและดึงดูดใจ หากไม่เคยทำครูก็จะประสบความยุ่งยากพอสมควร ส่วนใหญ่ก็จะละเลยขั้นนี้ โดยอ้างว่าเนื้อหา มีมากเกรงจะสอนไม่ทัน

2.10) ครูขาดความพากเพียรในการวางแผนการสอน การวางแผนการสอนทั้งแผนการสอนระยะยาวและแผนการสอนประจำวันจะทำให้ครูสอนได้ง่าย สะดวก และรวดเร็วขึ้น แต่การวางแผนการสอนที่ดีครูก็ต้องใช้ความคิด ในเวลาและความพากเพียรพอสมควร

2.11) ครูขาดทักษะการผลิตสื่อและใช้อุปกรณ์ไม่เป็น ปัญหาที่พบโดยทั่วไปก็คือโรงเรียนส่วนใหญ่จะมีสื่อการสอนไม่มากนัก บริการและความสะดวกทางด้านสื่อการสอนก็มีน้อย ครูส่วนใหญ่จะต้องจัดหาและผลิตขึ้นเอง ครูก็ขาดทักษะในการผลิตสื่อ สำหรับสื่อการสอนประเภทเครื่องมือ เช่น เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ เครื่องฉายภาพนิ่ง ครูก็ขาดทักษะในการใช้ จากผลการติดตามการใช้หลักสูตรของกรมวิชาการ พบว่าครูไม่มีใครใช้สื่อการสอน มักจะให้การบรรยายเป็นหลัก

2.12) ไม่รู้จักแสดงความคิดเห็นจึงสอนไม่ได้ การพูด การอภิปราย แสดงความคิดเห็น เป็นทักษะที่ต้องได้รับการฝึกฝนจึงจะเกิดความคล่องแคล่ว แต่ถ้าไม่เคยมีประสบการณ์มาก่อนก็ทำให้เกิดความยุ่งยากมากถ้าสอนให้เด็กคิด เพราะตัวครูเองก็คิดไม่เป็น และแสดงความคิดเห็นไม่ได้ ผลที่ได้รับก็คือครูสอนแบบบรรยาย นักเรียนเป็นผู้ฟังแต่เพียงฝ่ายเดียว

2.13) ไม่เข้าใจบทบาทของครูสมัยใหม่ในฐานะผู้ชี้นำ ในปัจจุบันบทบาทของครู เปลี่ยนแปลงไปจากการเป็นผู้บรรยาย มาเป็นผู้จัดกิจกรรม จัดสิ่งแวดล้อม และเสนอแนะแนวทางให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าจัดกิจกรรมและเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง แต่จากผลการวิจัยต่างๆ พบว่า ครูเคยชินกับการสอนแบบเดิมๆ คือการสอนแบบบรรยาย จึงไม่ได้แสดงบทบาทของครูที่ถูกต้องในฐานะผู้ชี้นำ การเรียนการสอนส่วนใหญ่จึงไม่ได้ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง

2.14) เมื่อให้นักเรียนทำกิจกรรมครูคุมชั้นไม่อยู่ กิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง มีหลายวิธี เช่น การอภิปราย การแสดงละคร การแสดงบทบาทสมมติ กิจกรรมเหล่านี้ นักเรียนจะมีส่วนร่วมในการเรียนอย่างแข็งขัน แต่ถ้าขาดวินัยในตนเองและครูไม่รู้จักการฝึกให้นักเรียนรู้จักควบคุมพฤติกรรมของตนเอง นักเรียนก็จะเดินกันพลุกพล่านและส่งเสียงเอะอะรบกวนการเรียนการสอนของชั้นเรียนอื่น แต่ก็มักจะปรากฏว่าครูมักจะคุมชั้นไม่อยู่ หากจัดกิจกรรมต่างๆ ขึ้น ทางที่ดีครูควรเข้ากับการอบรม หรือการประชุมปฏิบัติการเกี่ยวกับการสอนต่างๆ จะได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้ถูกต้อง นักเรียนจะทำกิจกรรมและเคลื่อนไหวในชั้นเรียนอย่างมีจุดหมายและมีวินัยในตนเอง

2.15) ครูขาดความรู้เรื่องการประเมินผล การประเมินผลนับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เพราะจะทำให้ครูทราบว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ กิจกรรมการวัดและประเมินผลการเรียนก็มีมากมายหลายวิธีด้วยกัน แต่ก็ปรากฏว่าครูขาดความรู้ ความเข้าใจในการประเมินผลและดำเนินการวัดและประเมินผลไม่ถูกต้อง จากการวิจัยของกรมวิชาการ (กรมวิชาการ. 2532 : 338) พบว่าครูส่วนมากยังยึดถือการประเมินเพื่อการ

ตัดสินมากกว่าการพัฒนาไม่ประเมินผลก่อนเรียน ครูส่วนหนึ่งขาดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับระเบียบว่าด้วยการประเมินผลและครูส่วนมากไม่นำผลการประเมินมาปรับปรุงการเรียนการสอน

2.16) จำนวนนักเรียนในโรงเรียนที่มีชื่อเสียง หรือโรงเรียนที่อยู่ในเมืองขนาดใหญ่ ปรากฏว่าจำนวนนักเรียนในแต่ละห้องมีจำนวนนักเรียนมากเกินไป เป็นสาเหตุหนึ่งที่ครูดูแลนักเรียนได้ไม่ทั่วถึง ประกอบกับโรงเรียนบางแห่งมีการส่งเสริมนักเรียนที่เรียนเก่ง ส่วนนักเรียนที่เรียนอยู่ในระดับปานกลาง และเรียนอ่อนมักจะถูกปล่อยปละละเลย ปัญหาอีกประการหนึ่งเกี่ยวกับการสอนของครูคือ ครูบางส่วนใช้เวลาในการสอนพิเศษภาคค่ำ ทำให้เวลาที่สอนจริง ครูสอนนักเรียนได้ไม่เต็มที่

สำหรับหลักสูตรวิชาชีพ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น น่าจะช่วยให้ปัญหาการนำหลักสูตรไปสู่การเรียนการสอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ เช่น ข้อจำกัดของครูในด้านวิธีสอนหลักสูตรนี้จะใช้วิธีผสมผสานการให้ความรู้กับการปฏิบัติจริง อุปกรณ์หรือสื่อที่ใช้ในการเรียนการสอนเป็นสื่อที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น การเรียนการสอนมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้รับความรู้ มีทักษะและมีเจตคติที่ดี รู้จักคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา รู้จักทำงานร่วมกับผู้อื่น กิจกรรมที่จัดเป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เนื้อหาในหลักสูตรสัมพันธ์กับชีวิตจริง นักเรียนจะได้รับประโยชน์และนำไปใช้ในการดำรงชีวิตได้

15. การประเมินหลักสูตร

การประเมินหลักสูตรมีจุดประสงค์เพื่อพิจารณาทบทวนเกี่ยวกับคุณภาพของหลักสูตร โดยใช้ผลการวัดในแง่มุมต่างๆ ของสิ่งที่จะประเมินนำมาพิจารณาร่วมกัน เช่น ตัวเอกสารหลักสูตร วัสดุ กระบวนการเรียนการสอน ตัวผู้เรียน ความคิดเห็นของผู้ใช้หลักสูตร และความคิดเห็นจากผู้เกี่ยวข้องในชุมชนและสังคม เป็นต้น แนวการประเมินหลักสูตรสามารถทำได้เป็น 3 ระยะด้วยกันคือ

- 1) ระยะก่อนโครงการ ----- การสร้างและการพัฒนาหลักสูตร
- 2) ระยะระหว่างโครงการ ----- การนำหลักสูตรไปใช้
- 3) ระยะหลังโครงการ ----- การติดตามประเมินหลักสูตรทั้งระบบ

จุดมุ่งหมายของการประเมินหลักสูตรที่ปฏิบัติกันส่วนใหญ่มีอยู่ 2 ประการคือ

1) การประเมินเพื่อการปรับปรุงหลักสูตร คือการประเมินในระหว่างการศึกษาปฏิบัติงานพัฒนาหลักสูตร มีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้ผลการประเมินนั้นให้เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหลักสูตร โดยมีการวัดผลเป็นระยะๆ ในระหว่างการศึกษาทดลองใช้หลักสูตรแล้วนำผลจากการวัด มาประเมินว่าแต่ละขั้นตอนของหลักสูตร มีความเหมาะสมและสามารถปฏิบัติได้ดีเพียงใด มีปัญหาและอุปสรรคอะไรบ้าง ซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่นักพัฒนาหลักสูตร ในการที่จะปรับปรุงส่วนประกอบทุกส่วนของหลักสูตร ได้ถูกต้องก่อนที่จะนำไปใช้จริงต่อไป

2) การประเมินเพื่อสรุปผลว่าคุณค่าของการพัฒนาหลักสูตร มีความเหมาะสมหรือไม่ หลักสูตรได้สนองความต้องการของผู้เรียน ของสังคมเพียงใด ควรจะใช้ได้ต่อไปหรือควรระงับเลิกทั้งหมด หรืออาจจะยกเลิกเพียงบางส่วนและปรับแก้ในส่วนใด

เซเลอร์ อเล็กซานเดอร์ และเลวิส (Saylor, Alexander and Levis. 1974 : 389) ได้จัดลำดับขั้นตอนของการประเมินหลักสูตรไว้ 5 ประการดังนี้

1) การประเมินจุดมุ่งหมายในระดับต่างๆ ได้แก่ จุดมุ่งหมายทั่วไปของหลักสูตร จุดมุ่งหมายเฉพาะวิชา และจุดประสงค์ในการเรียน เพื่อดูว่าจุดมุ่งหมายเหล่านี้เหมาะสมสอดคล้องกับผู้เรียนและสภาพแวดล้อมหรือไม่เพียงใด ภาษาที่ใช้ยุ่งยากแก่การสื่อสารซึ่งกันและกันหรือไม่ การกำหนดจุดมุ่งหมายไว้สูงเกินไปและยากแก่การปฏิบัติหรือไม่

2) การประเมินโครงการการศึกษาของโรงเรียนทั้งระบบ การประเมินผลโครงการต่างๆ ที่จะช่วยให้ทราบว่าการใช้หลักสูตร บรรลุความมุ่งหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ เช่น การเตรียมความพร้อมของโรงเรียนเกี่ยวกับการใช้หลักสูตรใหม่ การดำเนินงานของกลุ่มโรงเรียน การจัดเตรียมงบประมาณ การฝึกอบรมครู การแนะแนว ห้องสมุด โรงฝึกงาน การดำเนินงานของโครงการต่างๆ ได้กระทำไปมากน้อยเพียงใด และโครงการที่ได้กระทำไปมีประสิทธิภาพหรือไม่

3) การประเมินการเลือกเนื้อหาสาระของวิชา การเลือกและจัดประสบการณ์ การเรียน สื่อการเรียน ได้จัดและดำเนินไปเหมาะสมมากน้อยเพียงใด และการจัดประสบการณ์ได้สัดส่วนกันครบทุกด้านและมีความเหมาะสมหรือไม่

4) การประเมินการสอน การประเมินผลระดับนี้ เพื่อดูว่าการสอนของครู ดำเนินไปโดยยึดถือหลักสูตรเป็นหรือไม่ การสอนได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนไปตามความมุ่งหมายของหลักสูตรหรือไม่ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียน ก็คือความสามารถในการสอนของครู ที่จะบ่งชี้ว่ากระบวนการเรียนการสอนได้ดำเนินไปสู่ความมุ่งหมายของหลักสูตร

5) การประเมินโครงการใช้ของหลักสูตร ถือแม้ว่าการประเมินผลของแต่ละโครงการได้วางแผนและขั้นตอนของการประเมินผลไว้อย่างดีแล้วก็ตาม แต่การดำเนินงานอาจจะมีข้อผิดพลาดได้ ซึ่งจะทำให้การประเมินเพื่อสรุปผลของหลักสูตรผิดพลาดไปได้ ฉะนั้นจึงต้องมีการประเมินผลโครงการเพื่อตรวจสอบอีกชั้นหนึ่ง

โดยทั่วไปแล้วการประเมินหลักสูตรใดๆ ก็ตาม จะมีความมุ่งหมายและขั้นตอนของการปฏิบัติที่ส่วนใหญ่อันคล้ายคลึงกันพอสรุปได้ดังนี้

1) เพื่อหาคุณค่าของหลักสูตร หรือการประเมินปัจจัยเบื้องต้น โดยตรวจสอบดูว่าหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมานั้น สามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่ ซึ่งเป็นระยะของการพัฒนาหลักสูตร และการตรวจสอบหลักสูตรตามลำดับดังนี้คือ

1.1) การประเมินจุดมุ่งหมายทั่วไปของหลักสูตร และความมุ่งหมายเฉพาะที่สำคัญๆ ของหลักสูตร

1.2) การประเมินผลแต่ละระยะของการวางแผนปรับปรุงหลักสูตร

1.3) การทดลองและการปรับปรุงวัสดุประกอบหลักสูตร และวิธีการสอนต่าง ๆ

1.4) การประเมินผลระยะทดลองต่างๆ

1.5) การประเมินคุณภาพของการใช้หลักสูตรทั่วไป

2) เพื่อวัดผลดูว่า การวางแผนเค้าโครงและรูปแบบระบบของหลักสูตร รวมทั้งวัสดุประกอบหลักสูตร และการบริการหลักสูตร เป็นไปในทางที่ถูกต้องแล้วหรือไม่ ในบางครั้งจะเรียกว่า การประเมินกระบวนการ โดยแบ่งระยะของการประเมินดังนี้

2.1) ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะสาขาวิชา ตรวจสอบเสนอแนะให้ข้อมูลในการประเมินผล

2.2) สร้างเครื่องมือ ข้อทดสอบ ในการประเมินหลักสูตร

2.3) ศึกษาแหล่งข้อมูลสำหรับการประเมินผล จากครู ผู้ปกครองและชุมชน

2.4) รวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการประเมินผล

3. การประเมินผลจากตัวผู้เรียนเอง หรือการประเมินผลผลิตเพื่อตรวจสอบดูว่ามีลักษณะที่พึงประสงค์เป็นไปตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรหรือไม่เพียงไร

เมื่อทราบความมุ่งหมาย ขั้นตอนของการประเมินหลักสูตรแล้ว สิ่งที่เป็นปัญหาและอุปสรรคของการประเมินหลักสูตร อันอาจทำให้การประเมินหลักสูตรผิดพลาดไปได้ คือวิธีการประเมินและเครื่องมือ เป็นสิ่งที่จะต้องกำหนดและสร้างขึ้นมา ให้สอดคล้องกับสิ่งที่จะประเมินและมีความเชื่อมั่นได้ ต้องทำความเข้าใจให้แน่ชัดว่าการประเมินหลักสูตรนั้นจะกระทำตอนไหนและระยะใดของการพัฒนาหลักสูตร เวลาอภิปรายผลและเสนอแนะควรชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการประเมินหลักสูตรนั้นกระทำกันที่จุดใด หรือกระทำทั้งระบบของการพัฒนาหลักสูตรและการสอน ไทเลอร์ (Tyler, 1962 : 131) เป็นผู้ให้แนวคิดของการศึกษาว่า “การศึกษาคือการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม” ดังนั้นการประเมินผลจึงมุ่งไปที่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่ตัวผู้เรียนเป็นประการสำคัญ และการวัดผลการเปลี่ยนแปลงที่ตัวผู้เรียน จะต้องวัดอะไรบ้างจึงจะครอบคลุมได้ทั่วถึง การวัดที่ตัวคนนั้นจะต้องกระทำทั้ง 4 ประการควบคู่กันไปคือ หัว (Head) จิตใจ (Heart) มือ (Hand) และสุขภาพอนามัย (Health) การวัดทางด้านหัวจะต้องคำนึงถึงความสามารถทางสมองเป็นหลัก การวัดทางด้านจิตใจ หมายถึง ความสนใจ เจตคติค่านิยม และการวัดทางด้านมือคือ การมุ่งเน้นการฝึกปฏิบัติ ประการสุดท้ายคือวัดทางด้านสุขภาพอนามัย จะต้องเสริมสร้างคนให้มีนิสัยในการรักษาสุขภาพอนามัย การออกกำลังกาย เป็นต้น เมื่อทราบว่าคนมีองค์ประกอบที่จะวัดอะไรบ้างแล้ว จะต้องศึกษาจุดประสงค์ เนื้อหาสาระของหลักสูตรว่าต้องการให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงที่ด้านใด มากน้อยแค่ไหน การหาวิธี

การที่วัดและสร้างเครื่องมือในการวัด และประเมินผลจะต้องกระทำกันอย่างพิถีพิถันและละเอียดรอบคอบเพื่อการประเมินผลที่ถูกต้อง

จากการประเมินผลหลักสูตรดังกล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นได้ว่าการประเมินผลหลักสูตรเป็นขั้นตอนที่ซับซ้อน จะต้องใช้ความประณีตละเอียดอ่อน และมีทัศนะกว้างขวางว่าจะทำการประเมิน ตรงจุดใดและในรูปแบบใด และพึงระลึกเสมอว่า

- 1) การประเมินหลักสูตรจะต้องกำหนดลงไปอย่างชัดเจนว่าจะประเมินอะไรให้แน่นอน
- 2) การหาข้อมูลเป็นสิ่งจำเป็นยิ่งสำหรับการประเมินหลักสูตร
- 3) การรวบรวมข้อมูลมาเพื่อกำหนดเกณฑ์ และกำหนดเครื่องมือในการประเมินจะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ
- 4) การวิเคราะห์ผลของการประเมินจะต้องกระทำอย่างระมัดระวัง และมีความเที่ยงตรง เพื่อที่จะนำผลการวิเคราะห์นั้นไปเสนอกับคณะกรรมการเพื่อพิจารณาดำเนินการต่อ
- 5) การพิจารณาจากการประเมินหลักสูตร เพื่อปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงหลักสูตรให้เหมาะสมต่อไป

หลักสูตรท้องถิ่นและการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น

หลักสูตรท้องถิ่น หรือที่นักการศึกษาบางท่านเรียกว่า หลักสูตรระดับท้องถิ่นหรือหลักสูตรตามความต้องการของท้องถิ่นคือ หลักสูตรที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองต่อสภาพปัญหาและความต้องการของสมาชิกของท้องถิ่นต่างๆ เพื่อความเข้าใจที่ชัดเจน ผู้วิจัยจึงขอเสนอลักษณะของหลักสูตรท้องถิ่นที่นักการศึกษาต่างๆ เสนอไว้ดังนี้

1. ความหมายของหลักสูตรท้องถิ่น

✓ หลักสูตรระดับท้องถิ่น คือการนำเอาหลักสูตรแม่บทมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพชีวิตความเป็นอยู่ของชุมชนนั้น สาระของการเรียนการสอนจะสอดคล้องสัมพันธ์กับท้องถิ่นมากขึ้น ไม่ใช่การเรียนแบบรู้ไว้ใช้ว่า แต่เป็นการเรียนรู้ที่จะนำไปใช้ในชีวิตจริง สามารถนำประสบการณ์นั้นมาพัฒนาความเป็นอยู่ในชีวิต อาชีพ และสังคมให้ดียิ่งขึ้น หลักสูตรท้องถิ่นจึงเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรแกนกลางหรือหลักสูตรแม่บท ที่ประกอบด้วย รายละเอียดเนื้อหาสาระ แผนการสอน สื่อการเรียนการสอน เอกสารความรู้ หนังสือเสริมประสบการณ์ ที่จัดทำเพิ่มเติมขึ้นให้สอดคล้องเฉพาะท้องถิ่น ซึ่งมีความแตกต่างกันเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เรื่องราวของตนเอง ชีวิต เศรษฐกิจ อาชีพ และสังคมอย่างลึกซึ้ง (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2525 : 13 ; กรมวิชาการ. 2534 : 36 ; สวัสดิ์ อุทรานันท์. 2528 : 51)

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจึงให้ความหมายของหลักสูตรท้องถิ่นได้ว่า หมายถึง มวล ประสพการณ์ความรู้ใดๆ ก็ตามที่หน่วยงาน และบุคคลในท้องถิ่นร่วมกันจัดทำขึ้นเป็นเอกสาร หลักสูตร เพื่อนำไปถ่ายทอดให้กับผู้เรียนในท้องถิ่นนั้นๆ

2. ขอบเขตของหลักสูตรท้องถิ่น

ขอบเขตของหลักสูตรท้องถิ่นที่จะทำการพัฒนาขึ้น ใช้สำหรับท้องถิ่นใดท้องถิ่น หนึ่ง ขึ้นอยู่กับปัจจัยบางประการเป็นตัวกำหนด เช่น อาจจะใช้ลักษณะการแบ่งเขตการจัดการ การศึกษาเป็นตัวกำหนดการพัฒนาหลักสูตรขึ้นใช้สำหรับเขตการศึกษานั้นๆ หากดำเนินการ พัฒนาหลักสูตรตามลักษณะนี้ หลักสูตรท้องถิ่นก็จะเป็นหลักสูตรเขตการศึกษาหนึ่งๆ ที่มีความแตกต่างกันไปตามแต่ละเขตการศึกษา หรืออาจจะใช้จังหวัดเป็นหน่วยกำหนดท้องถิ่น และพัฒนาหลักสูตรขึ้นใช้สำหรับจังหวัดนั้นๆ หลักสูตรท้องถิ่นกรณีนี้ก็จะเป็หลักสูตรระดับ จังหวัดในทำนองเดียวกันกับหลักสูตรระดับอำเภอ ตำบลหรือชุมชนหมู่บ้านหนึ่งๆ

แต่อย่างไรก็ตามการที่จะกำหนดหลักสูตรท้องถิ่นให้มีขอบเขตเป็นหลักสูตรระดับใด นั้น นอกจากจะอาศัยพื้นที่เป็นตัวกำหนดแล้ว การพิจารณาถึงลักษณะร่วมที่เหมือนกัน หรือ ลักษณะที่แตกต่างกันของสภาพวัฒนธรรม สังคมและเศรษฐกิจของกลุ่มคนในแต่ละพื้นที่ นับว่า เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่จะกำหนดขอบเขตหลักสูตรท้องถิ่นนั้นๆ นอกจากนั้นการจัด การ ศึกษาในระดับต่างๆ ซึ่งได้แก่ ระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาและอุดมศึกษาที่มีลักษณะการ จัดองค์กรบริหารการศึกษาต่างกันก็มีส่วนที่จะต้องตระหนักสำหรับการกำหนด ขอบเขตของ หลักสูตรท้องถิ่นด้วยเช่นกัน

สำหรับการจัดการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาที่มีกรมสามัญศึกษา (สศ.) เป็น หน่วยงานสูงสุดในการรับผิดชอบดำเนินงานจัดการศึกษา และมีเขตการศึกษาเป็นหน่วยงาน ระดับรองลงมา ที่ทำหน้าที่จัดการศึกษาในระดับภูมิภาค ซึ่งแบ่งออกเป็นจังหวัด อำเภอ และ ตำบลนั้น ก็จะเห็นว่าการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นขึ้นใช้ในระดับมัธยมศึกษาได้อย่างเหมาะสม อาจจะเป็นหลักสูตรท้องถิ่นระดับเขตการศึกษา ระดับจังหวัด ระดับอำเภอ และระดับตำบล เท่านั้น

กล่าวโดยสรุป ขอบเขตของหลักสูตรท้องถิ่นจึงอาจเป็นได้ทั้งหลักสูตรระดับภาค ระดับเขตการศึกษา ระดับจังหวัด ระดับอำเภอ ระดับตำบล ระดับกลุ่มโรงเรียน และระดับชุมชน หมู่บ้าน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าจะเลือกใช้อะไรเป็นตัวกำหนดขอบเขตของท้องถิ่น

3. ความหมายของการพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่น

สมิตร คุณานุกร (2523) ได้กล่าวไว้ว่าการพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่น หมายถึง  การจัดทำประมวลการสอน โครงการสอน บันทึกการสอน ซึ่งเป็นเอกสารหลักสูตรและการพัฒนา หลักสูตรระดับนี้ ได้แก่ หน่วยงานระดับโรงเรียน ซึ่งสามารถขยายและปรับหลักสูตรระดับชาติ

โดยการจัดทำโครงการสอนที่ขยายและปรับให้ละเอียดยิ่งขึ้น และมีการจัดทำบันทึกการสอน ซึ่งมีรายละเอียดเน้นการตอบสนองความต้องการ ความสนใจของผู้เรียน นอกจากนี้การพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่นยังหมายถึงการปรับและเพิ่มรายละเอียดเนื้อหา ปรับและเสริมกิจกรรม การเรียนการสอน พัฒนาวิธีการสอนให้หลากหลาย ทำสื่อการเรียนการสอนเพิ่มเติมและจัดทำหลักสูตรเพิ่ม การพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่นสามารถทำได้ทันทีโดยไม่ต้องขออนุญาต ซึ่งสอดคล้องกับ บุญมี เณรยอด (ม.ป.ป. : 57) ที่กล่าวถึง การนำหลักสูตรกลางมาใช้ในท้องถิ่น ว่าการนำหลักสูตรในระดับชาติมาสู่ท้องถิ่นคือ การทำหลักสูตรแกนกลางให้กระจ่างขึ้น โดยการนำตัวหลักสูตร และคู่มือหลักสูตรระดับชาติมาขยายเป็นประมวลการสอน โครงการสอน คู่มือครู และบันทึกการสอน หรือเป็นการนำลักษณะนามธรรมมาสู่รูปธรรม ด้วยวิธีปรับให้เข้ากับสภาพท้องถิ่นนั่นเอง

โดยสรุปกล่าวไว้ว่า การพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่น หมายถึง การปรับขยาย หลักสูตรแม่บท หรือหลักสูตรแกนให้สามารถใช้สอนนักเรียนได้ตามสภาพและความต้องการของท้องถิ่น โดยไม่ขัดต่อจุดมุ่งหมายของหลักสูตรระดับชาติ หลักสูตรแม่บทหรือหลักสูตรแกน ซึ่งมีผลผลิตของการพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่นเป็นเอกสารหลักสูตร คือ แนวการสอนและแผนการสอนตามระดับท้องถิ่น

4. ประเภทของหลักสูตรท้องถิ่น

การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น สามารถดำเนินการได้ 3 ประเภท ได้แก่ หลักสูตรท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้นโดยปรับเปลี่ยนบางส่วนของหลักสูตรกลาง หลักสูตรท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้นเป็นส่วนย่อย เพื่อให้เสริมสร้างหลักสูตรกลางและหลักสูตรท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้นใช้สำหรับท้องถิ่นใดท้องถิ่นหนึ่งโดยเฉพาะ แต่ละประเภทยังมีรายละเอียด ดังนี้

4.1 หลักสูตรท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้นโดยปรับเปลี่ยนบางส่วนของหลักสูตรกลาง

การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นกรณีนี้ เป็นการปรับองค์ประกอบส่วนใดส่วนหนึ่งของหลักสูตรกลางที่กำหนดไว้อย่างกว้างๆ เพื่อให้สอดคล้องเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในแต่ละสภาพท้องถิ่น ซึ่งการพัฒนาหลักสูตรในกรณีดังกล่าว สามารถดำเนินการได้กับการจัดการเรียนการสอนในระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษา ทั้งนี้จากการวิเคราะห์หลักสูตรกลางทั้งสองระดับนั้นพบว่า สำหรับกรณีหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายนั้นในส่วนหลักการของหลักสูตรข้อที่ 3 กล่าวว่า “เป็นการศึกษาที่สนองความต้องการของท้องถิ่นและประเทศชาติ” จากหลักการดังกล่าวนี้ ก็นำไปสู่การกำหนดแนวดำเนินการของหลักสูตรที่สอดคล้องสนองตอบหลักการ กล่าวคือแนวดำเนินการข้อที่ 6 กำหนดไว้ ดังนี้

ให้ท้องถิ่นปรับรายละเอียดเนื้อหาของรายวิชาให้สอดคล้องกับสภาพ และความต้องการของท้องถิ่น ส่งเสริมให้ท้องถิ่นจัดทำรายวิชาที่สนองความต้องการของท้องถิ่น และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคิดในการสร้างสรรค์งาน (กรมวิชาการ. 2535 : 1-5)

ทั้งหลักการและแนวดำเนินการของหลักสูตรมัธยมศึกษาช่วงต้น ล้วนบ่งชี้ให้เห็นว่า การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นโดยการปรับเปลี่ยนเพียงบางส่วนของหลักสูตรกลาง สำหรับระดับชั้นมัศึกษานั้น มีความจำเป็นอย่างแท้จริงที่ผู้นำหลักสูตรไปใช้ดำเนินการ

4.2 หลักสูตรท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้นเป็นส่วนย่อย เพื่อให้เสริมสร้างหลักสูตรกลาง การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นกรณีนี้ มีความแตกต่างจากการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น กรณีแรก อยู่ที่การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น ในกรณีแรกเป็นการปรับส่วนใดส่วนหนึ่งของหลักสูตรกลาง ที่มีการกำหนดไว้แล้ว จากคณะผู้ดำเนินการพัฒนาหลักสูตร ซึ่งส่วนใหญ่การปรับเปลี่ยนหลักสูตรก็จะดำเนินการปรับที่ส่วนเนื้อหากลุ่มวิชาใดวิชาหนึ่ง ให้มีความสอดคล้องสำหรับ นำไปใช้จัดการเรียนการสอนในชุมชนท้องถิ่นนั้นๆ ในขณะที่การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นขึ้นเป็นส่วนย่อยเพื่อใช้เสริมหลักสูตรกลางนั้น เป็นการพัฒนาหลักสูตรขึ้นใหม่ โดยเฉพาะ สำหรับนำไปใช้จัดการเรียนการสอนเสริมเนื้อหากลุ่มวิชาใดวิชาหนึ่งในหลักสูตรกลาง หรืออาจจะนำไปใช้เสริมได้หลายกลุ่มวิชาไม่เจาะจง กลุ่มวิชาใดกลุ่มวิชาหนึ่ง ทั้งนี้การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นกรณีนี้ขึ้นอยู่กับความสมัครใจ หรือความสนใจของครูผู้สอนในชุมชนท้องถิ่นหนึ่งๆ ที่จะดำเนินการพัฒนาหลักสูตรขึ้น ซึ่งในหลักสูตรกลางนั้นมิได้กำหนดให้ครูผู้สอนจำเป็นต้องดำเนินการ ดังเช่นการพัฒนาหลักสูตรกรณีแรก

4.3 หลักสูตรท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้นใช้สำหรับท้องถิ่นใดท้องถิ่นหนึ่งโดยเฉพาะ การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นกรณีนี้ส่วนใหญ่จะมีการดำเนินงานอยู่มาก ในการจัดการศึกษาระดับอาชีวศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ และหลักสูตรวิชาชีพเคลื่อนที่หรือวิชาชีพระยะสั้นของกรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย เป็นต้น หลักสูตรที่กล่าวนี้จะได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อนำไปใช้กับชุมชนท้องถิ่นใดๆ ตามความต้องการและความสมัครใจของผู้เรียน ตลอดจนความสอดคล้องกับสภาพความจริง ซึ่งแตกต่างหลากหลายกันทางด้านเศรษฐกิจ การประกอบอาชีพ และสภาพทางวัฒนธรรม สังคมและชุมชนท้องถิ่นนั้นๆ

5. ลักษณะของหลักสูตรท้องถิ่น

หลักสูตรท้องถิ่น คือ การนำเอาหลักสูตรแม่บทมาปรับใช้ให้เหมาะกับสภาพชีวิตความเป็นอยู่ของชุมชนนั้น เนื้อหาสาระการเรียนจะสอดคล้องสัมพันธ์กับท้องถิ่นมากขึ้น (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2525 : 3) สำหรับการพัฒนาหลักสูตรมัธยมศึกษาให้เข้ากับสภาพปัญหาและสนองความต้องการของท้องถิ่น โดยมีวิธีดำเนินการได้ 2 ลักษณะ (สงัด อุทรานันท์, 2528 : 36) คือ

1) การปรับปรุงหลักสูตรกลางให้เข้ากับสภาพของท้องถิ่น เนื่องจากหลักสูตรมัธยมศึกษาที่ใช้ในประเทศไทยเป็นหลักสูตรที่สร้างขึ้นในส่วนกลางและใช้หลักสูตรเดียวกันทั่วทั้งประเทศ ทั้งนี้เพื่อให้ประชาชนทั่วประเทศมีมาตรฐานทางการศึกษาอยู่ในระดับเดียวกัน การพัฒนาหลักสูตรเพื่อให้กว้างขวางในระดับประเทศเช่นนี้จะมีเนื้อหาสาระ ซึ่งอาจจะไม่

สอดคล้องกับสภาพปัญหา และความต้องการของท้องถิ่นอย่างมาก กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการจึงได้เปิดโอกาสแก่ท้องถิ่นทำการปรับเนื้อหาสาระของหลักสูตรบางส่วนให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาและความต้องการของท้องถิ่นได้ โดยครูผู้สอนจะต้องเกี่ยวข้องกับการปรับหลักสูตรให้เข้ากับสภาพของท้องถิ่นโดยตรง

2) การสร้างหลักสูตรย่อยในระดับท้องถิ่นขึ้นมาเสริมหลักสูตรกลาง ครูมัธยมศึกษาสามารถดำเนินการสร้างหลักสูตรย่อยในระดับท้องถิ่นขึ้นมาเสริมหลักสูตรกลางได้ การจัดทำ หลักสูตรในระดับท้องถิ่นนี้ได้มีการดำเนินการกันอย่างกว้างขวางในเรื่องของหลักสูตรอาชีพ โดยโรงเรียนมัธยมศึกษาจะเป็นผู้ร่างหลักสูตรวิชาชีพที่มีอยู่ในท้องถิ่น เพื่อนำมาสอนให้แก่นักเรียน เมื่อโรงเรียนได้จัดทำหลักสูตรวิชาชีพในท้องถิ่นเรียบร้อยแล้วก็จะนำเสนอต่อศูนย์พัฒนาหลักสูตรทำการพิจารณา หากได้รับการอนุมัติก็สามารถใช้เป็นหลักสูตรที่สอนในโรงเรียนมัธยมศึกษาได้

ลักษณะของหลักสูตรท้องถิ่นพอสรุปได้ดังนี้ (กรมวิชาการ. 2533 : 34-38 ; ศิริพร บุญญานันท์. 2534 : 34 ; อาริรัตน์ วัฒนสิน. 2534 : 57)

- 1) เป็นหลักสูตรสอดคล้องแทรกคำอธิบายในระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษา เป็นหลักสูตรในโครงสร้างรายวิชาบังคับเลือกหรือเลือกเสรี
- 2) มีเนื้อหาสาระสอดคล้องและเป็นไปตามสภาพชีวิต เศรษฐกิจ สังคมของแต่ละท้องถิ่นโดยเฉพาะ
- 3) มีวัตถุประสงค์และเนื้อหาสาระชี้ให้เห็นถึงปัญหาความต้องการของนักเรียน ผู้ปกครอง ประชาชน ในแต่ละท้องถิ่นเพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต
- 4) มีเนื้อหาสาระสัมพันธ์สอดคล้องกับทรัพยากรธรรมชาติ ทรัพยากรที่มนุษย์สร้างขึ้น ทรัพยากรมนุษย์ แผน และแนวโน้มของการพัฒนาท้องถิ่น
- 5) มีวัตถุประสงค์มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ใช้ทรัพยากรท้องถิ่นเป็นฐานสำคัญในการพัฒนาชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมของท้องถิ่น
- 6) มีวัตถุประสงค์ และเนื้อหาสาระสนองความต้องการของนักเรียนเฉพาะกลุ่ม โดยเฉพาะในการส่งเสริมความเป็นเลิศทางวิชาการและงานอาชีพ
- 7) มีวัตถุประสงค์จะให้นักเรียนรู้จักสภาพแวดล้อมในท้องถิ่นของตนเองรักท้องถิ่นและมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาอนุรักษ์และพัฒนาท้องถิ่น

6. ลักษณะการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น

ศิริพร บุญญานันท์ (2534) และอาริรัตน์ วัฒนสิน (2534) ได้เสนอลักษณะการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น ซึ่งสรุปได้ดังนี้คือ

- 1) ปรับเนื้อหา หมายถึง การปรับรายละเอียดเนื้อหาหรือหัวข้อจากคำอธิบายรายวิชาในหลักสูตร โดยให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ คาบเวลาเรียน และคำอธิบายรายวิชาในหลักสูตร

2) พัฒนากิจกรรมและกระบวนการเรียนการสอน หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และพัฒนากระบวนการเรียนการสอน เพื่อให้บรรลุตามจุดประสงค์โดยคำนึงถึงความเหมาะสม สอดคล้องกับสภาพและความเป็นไปได้ของท้องถิ่น โดยให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ คาบเวลาเรียนและคำอธิบายรายวิชาในหลักสูตร

3) จัดทำสื่อเสริม หมายถึง การสรรหา เลือกใช้ ปรับเปลี่ยน เพิ่มเติม จัดทอนสื่อที่มีอยู่แล้ว หรือจัดทำขึ้นใหม่ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของหลักสูตร โดยคำนึงถึงความเหมาะสม สอดคล้องกับสภาพท้องถิ่น

4) เพิ่มเติมรายวิชา หมายถึง การจัดทำรายวิชาบังคับเลือก และเลือกเสรีเพิ่มเติมจากรายวิชาที่ประกาศไว้ในหลักสูตร

การพัฒนาหลักสูตรในลักษณะที่ 1 และ 2 สามารถทำได้ทุกรายวิชาและใช้ในสถานศึกษาได้ โดยความเห็นชอบของหัวหน้าสถานศึกษา สำหรับการพัฒนาหลักสูตรลักษณะที่ 3 สามารถจัดทำใช้ในโรงเรียนโดยไม่มีการจำหน่ายหรือบังคับให้ใช้ได้ทุกรายวิชา เช่นเดียวกันหากประสงค์จะพิมพ์ จำหน่ายหรือกำหนดเป็นหนังสือเรียนประจำวิชาต้องเสนอผู้ได้รับมอบหมายจากกระทรวงศึกษาธิการอนุมัติก่อน และการพัฒนาหลักสูตรลักษณะที่ 4 ต้องเสนอผู้ที่ได้รับมอบหมายจากกระทรวงศึกษาธิการพิจารณาอนุมัติก่อนใช้

7. กระบวนการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น

กระบวนการพัฒนาหลักสูตร ไม่ว่าจะอยู่ในระดับใดก็ตามควรดำเนินการเป็น ขั้นตอน ดังนี้ (สัจ จุฑานันท์ 2530 : 310-315 ; ศิริพร บุญญานันท์. 2534 : 11 ; อารีรัตน์ วัฒนสิน. 2534 : 36)

ขั้นที่ 1 การจัดตั้งคณะทำงาน ในขั้นนี้ควรได้เลือกบุคคลที่มีความสามารถ และมีความตั้งใจจริงในการปฏิบัติงานเป็นสำคัญ คณะทำงานควรอยู่ระหว่าง 5-8 คน และในคณะทำงานนี้ควรประกอบด้วยผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรอย่างน้อย 1 คน เพื่ออำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามความมุ่งหมาย

ขั้นที่ 2 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของสังคมและความต้องการของสังคม ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลอาจจะรวบรวมโดยการวิจัยสัมภาษณ์ ประชุมและสัมภาษณ์หรือวิธีการอื่นใดก็ได้ที่เห็นว่าจะเป็นประโยชน์ทำให้ทราบข้อมูลที่แท้จริงภายในสังคม หลังจากนั้นจึงทำการประมวลสภาพ ปัญหาและข้อเท็จจริงให้เป็นหมวดหมู่และจัดลำดับความสำคัญของปัญหาและความต้องการเหล่านั้นไว้ด้วย

ขั้นที่ 3 กำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตรในระดับท้องถิ่นว่าจะทำการพัฒนา โดยการปรับหลักสูตร หรือการสร้างหลักสูตรท้องถิ่นขึ้นมาเสริมนั้น ควรจะให้บรรลุเป้าหมายอะไรบ้าง

ขั้นที่ 4 ดำเนินการเลือกเนื้อหาสาระที่มีอยู่ในหลักสูตรกลางที่เห็นว่ามีคุณสมบัติสอดคล้องกับสภาพปัญหาและความต้องการของท้องถิ่น และถ้าหากว่ายังมีสิ่งไหนที่ยังไม่ครอบคลุมกับสภาพปัญหาและความต้องการของท้องถิ่นก็ดำเนินการสร้างกระบวนวิชาขึ้นมาเพิ่มเติมใหม่สำหรับกระบวนวิชาที่สร้างขึ้นมาเพิ่มเติมควรจะมีจุดมุ่งหมาย โครงสร้างของเนื้อหาสาระ กระบวนการจัดการเรียนการสอนและมาตรการในการวัดและการประเมินผลให้ชัดเจนด้วย

ขั้นที่ 5 ดำเนินการใช้หลักสูตรตามที่ได้ปรับขยายไว้แล้ว ในขั้นนี้ควรจะให้ ความสำคัญแก่การนิเทศและติดตามผลการใช้หลักสูตรโดยใกล้ชิดด้วยกัน

ขั้นที่ 6 ประเมินผลการใช้หลักสูตร เป็นขั้นที่มีความสำคัญมากเพราะจะช่วยให้ทราบหลักสูตรที่จัดทำขึ้นนั้นมีความเหมาะสมหรือไม่อย่างไร ข้อมูลที่ได้จากการประเมินผล การใช้หลักสูตรนี้ จะเป็นข้อมูลสำคัญในการเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรในลำดับต่อไป

ขั้นที่ 7 เป็นขั้นของการตัดสินใจดำเนินการเกี่ยวกับหลักสูตรที่ใช้มาแล้วว่าสมควร จะได้มีการปรับปรุงแก้ไขตรงจุดไหน จึงจะทำให้หลักสูตรมีความเหมาะสมและสามารถก่อให้เกิดประโยชน์แก่การศึกษาภายในสังคมส่วนรวมและสังคมท้องถิ่นให้มากที่สุด

8. เหตุผลและความจำเป็นในการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น

เนื่องจากหลักสูตรกลางได้รับการพัฒนาขึ้น เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนให้กับกลุ่มผู้เรียนทั่วทุกภูมิภาคในประเทศไทย ทั้งนี้โดยมีเป้าหมายสุดท้ายที่ต้องการบรรลุ คือ การให้ผู้เรียนมีคุณสมบัติหรือคุณลักษณะร่วมบางประการที่เหมือนกัน แต่อย่างไรก็ตามในสภาพความเป็นจริงของปัจจัยพื้นฐานทางด้านวัฒนธรรม สังคมและเศรษฐกิจในประเทศไทยนั้นย่อมมีความหลากหลายแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ด้วยความแตกต่างหลากหลายของปัจจัยพื้นฐานดังกล่าวนี้ การจัดการเรียนการสอนให้กลุ่มผู้เรียนที่อยู่ในพื้นที่ที่มีปัจจัยพื้นฐานต่างกันโดยใช้หลักสูตรกลางเพียงอย่างเดียว จึงเป็นสิ่งไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง

ในการกำหนดหลักสูตร ควรตระหนักถึงหน้าที่ของการศึกษาประการแรกนั้น คือ การถ่ายทอดวัฒนธรรมหรือเป็นกระบวนการขัดเกลาของสังคม ดังนั้นแม้ว่าในภาพรวมของวัฒนธรรม สังคมไทยจะมีลักษณะร่วมที่เหมือนกัน ซึ่งได้รับการกำหนดไว้ในหลักสูตรกลาง เพื่อนำไปถ่ายทอดให้กับผู้เรียนแล้วก็ตาม แต่ทว่าก็เป็นที่ยอมรับกันว่า หากพิจารณาในภาพย่อยแล้วจะพบกับวัฒนธรรมและสังคมท้องถิ่นที่มีลักษณะเด่นเฉพาะตัวกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทยด้วยเหตุดังกล่าว การละเลยไม่นำวัฒนธรรมและสภาพสังคมท้องถิ่นมา กำหนดไว้ในหลักสูตรเพื่อนำไปถ่ายทอดให้กับผู้เรียนจึงกล่าวได้ว่า หน้าที่ประการแรกของการศึกษาได้รับการละเลยไปโดยแท้

เช่นเดียวกันกับหน้าที่ประการที่สองของการศึกษา ซึ่งทำหน้าที่พัฒนาคนหรือผู้เรียนให้มีศักยภาพ หรือมีคุณสมบัติเป็นไปตามทิศทางการพัฒนาประเทศและก็เป็นที่ยู่งกันว่า ทิศทางการพัฒนาประเทศไทยมุ่งสู่การพัฒนาด้านเศรษฐกิจบนฐานอุตสาหกรรมและบริการมาโดยตามลำดับ ดังนั้นการศึกษาของไทยจึงทำหน้าที่พัฒนาผู้เรียนให้มีศักยภาพพื้นฐานที่เพียงพอสำหรับการทำงานตามโรงงานอุตสาหกรรม และการให้บริการ ซึ่งศักยภาพพื้นฐานหรือคุณสมบัติที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียนนี้จะได้รับการกำหนดไว้ในหลักสูตรกลาง เพื่อนำไปจัดการเรียนการสอนที่มุ่งพัฒนาศักยภาพของนักเรียนทั่วทุกภูมิภาคให้มีเพียงพอกับการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไปในทิศทางดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตาม ในภาพความเป็นจริงของสภาพเศรษฐกิจไทยนั้น มิได้เป็นระบบเศรษฐกิจบนฐานอุตสาหกรรมและการให้บริการแต่เพียงอย่างเดียว ทุกพื้นที่หากแต่มีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละพื้นที่ เช่น การทำนา ทำสวนยาง สวนปาล์ม สวนผลไม้ ทำการประมง เลี้ยงสัตว์ เหล่านี้เป็นต้น ด้วยสภาพเศรษฐกิจที่อยู่บนฐานเกษตรกรรมหรือการประกอบอาชีพต่างๆ เหล่านี้ ก็มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาผู้เรียนให้มีศักยภาพพื้นฐานที่เพียงพอสำหรับนำไปเป็นต้นทุนพัฒนาเศรษฐกิจตามลักษณะที่กล่าว และการจะทำให้บรรลุวัตถุประสงค์นี้ได้นั้นการมีหลักสูตรกลางเพียงอย่างเดียว จึงไม่อาจเพียงพอ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2536 : 86)

สำหรับการจัดหลักสูตรท้องถิ่นในระดับมัธยมศึกษาเท่าที่ผ่านมา นั้น ส่วนใหญ่กรมสามัญศึกษาทำหน้าที่ในการจัดทำหลักสูตรท้องถิ่น โดยกำหนดให้ท้องถิ่นซึ่งเป็นโรงเรียน กลุ่มโรงเรียน อำเภอ จังหวัด เขตการศึกษา กรมหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เป็นผู้ดำเนินการจัดทำหลักสูตรท้องถิ่น เท่าที่ปรากฏนั้นมีทั้งหลักสูตรในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย วิชาท้องถิ่นที่จัดส่วนมากเป็นรายวิชาอาชีพ ในระยะหลังจึงมีการจัดทำหลักสูตรท้องถิ่นในลักษณะต่างๆ

แม้ว่าหลักสูตรท้องถิ่นในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจะมีจำนวนรายวิชาเป็นจำนวนมากก็ตาม แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้วการจัดแผนการเรียนในระดับมัธยมศึกษาทั้งตอนต้นและตอนปลาย ยังมีผู้นำรายวิชาท้องถิ่นเหล่านี้ไปใช้น้อย ทั้งนี้มีสาเหตุหลายประการด้วยกันคือ

1) การมัธยมศึกษา แม้ว่าจะจัดหลักสูตรให้เบ็ดเสร็จในตัวเอง คือ ผู้เรียนเมื่อจบการศึกษา สามารถออกไปประกอบอาชีพหรือเรียนต่อได้นั้น ในทางปฏิบัติโรงเรียนส่วนใหญ่จัดวิชาสามัญเพื่อวัตถุประสงค์ ในการศึกษาต่อมากกว่าการเตรียมเยาวชนเพื่อไปประกอบอาชีพ

2) บุคลากรในโรงเรียนที่ทำหน้าที่สอนเกี่ยวกับเรื่องของท้องถิ่นมีเป็นจำนวนน้อย จึงทำให้โรงเรียนไม่นิยมจัดรายวิชาท้องถิ่นให้แก่ผู้เรียน

3) ครูผู้สอนคิดว่าการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับท้องถิ่นนั้นมีความยุ่งยากในการหาแหล่งวิทยาการ วิทยาการ เครื่องมือ จึงนิยมจัดวิชาสามัญเพราะสามารถจัดในชั้นเรียนได้สะดวกและไม่ยุ่งยาก

4) ครูผู้สอนส่วนหนึ่งเห็นความสำคัญของหลักสูตรท้องถิ่นน้อย โดยมีความรู้สึกว่า การสอนเรื่องเกี่ยวกับท้องถิ่นเป็นเรื่องที่ไม่ทันสมัย การเรียนการสอนจึงจัดในลักษณะของเตรียมคนเพื่อเป็นคนเมืองและมุ่งให้นักเรียนของตนสู่การศึกษาในระดับสูงขึ้นมากกว่าที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของวัฒนธรรม วิถีชีวิตของท้องถิ่นเอง

เหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้การจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับเนื้อหาสาระของท้องถิ่นไม่กว้างขวางเท่าที่ควร จริงอยู่ในการจัดการศึกษานั้นมุ่งพัฒนาทั้งตนเอง ท้องถิ่น และสังคม ซึ่งคือระดับประเทศ โดยที่แต่ละบุคคลควรได้ทำหน้าที่ของตนเองให้ดีที่สุด การจัดการศึกษาของไทยจึงพยายามจัดให้ยืดหยุ่น โดยที่หลักสูตรเอื้อต่อการที่จะทำให้ผู้เรียนส่วนหนึ่งเป็นกำลังหลักในการพัฒนาบ้านเมือง เศรษฐกิจและสังคมเป็นสมองของประเทศ อีกส่วนหนึ่งก็เป็นกำลังเสริมโดยมุ่งให้กำลังส่วนนี้ได้พัฒนาตนเองและท้องถิ่น อันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของประเทศ ถ้ากำลังทั้งสองส่วนมีความสัมพันธ์กันอย่างเหนียวแน่นแล้ว ความมั่นคงของชาติย่อมเกิดขึ้นเพราะบุคคลในท้องถิ่นมีความชื่นชม เห็นคุณค่าของท้องถิ่น สร้างความมั่นใจในท้องถิ่น ซึ่งสามารถสนับสนุนการสร้าง ความมั่นคงของประเทศให้เข้มแข็งอีกด้วย ความจำเป็นในการศึกษาเรื่องของท้องถิ่นจึงเป็นที่มาแห่งการปรับปรุงหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 และหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 เนื่องจากการศึกษาในระดับนี้เป็นกำลังสำคัญเป็นหัวเลี้ยวหัวต่อที่เยาวชนจะใช้ศักยภาพในตนเอง เพื่อศึกษาหาความรู้ สร้างเจตคติที่ดี ฝึกฝนทักษะต่างๆ เพื่อตนเองจะได้เป็นกำลังของชาติที่สำคัญในการพัฒนาบ้าน พัฒนาเมือง และพัฒนาประเทศต่อไป

สวัสดิ์ อุทรานันท์ (2530 : 78) ได้กล่าวถึงเหตุผลและความจำเป็นในการพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่นว่า หลักสูตรระดับท้องถิ่นเป็นหลักสูตรที่มีความสอดคล้องกับหลักการของการพัฒนาหลักสูตรได้มากที่สุด ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

1) ตามหลักการของหลักสูตรนั้น หลักสูตรที่สร้างขึ้นจำเป็นจะต้องมีความสอดคล้องกับสภาพปัญหาและสนองความต้องการของสังคมที่ใช้หลักสูตรนั้นๆ โดยเหตุนี้หากหลักสูตรที่สร้างขึ้นมีจุดมุ่งหมายสำหรับใช้ในชุมชนแห่งหนึ่งแห่งใดโดยเฉพาะ ก็ย่อมจะสามารถตอบสนองต่อความต้องการของสังคมได้มากที่สุด

2) ในการพัฒนาหลักสูตรได้มีการยอมรับความสำคัญของผู้ใช้หลักสูตรเป็นอย่างมาก และได้มีการยอมรับว่าสมควรจะให้ผู้ใช้หลักสูตรมีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรด้วย ในทางปฏิบัติ หากหลักสูตรได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในระดับชุมชนที่ไม่กว้างขวางนัก ก็ย่อมจะสามารถเปิดโอกาสให้ผู้ที่ใช้หลักสูตรได้มีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรได้

วิจิตร ไชยศิลป์ (2537: 98) กล่าวว่าเหตุผลและความจำเป็นในการพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่น มีดังนี้

- 1) เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการของการพัฒนาหลักสูตรที่มุ่งสนองความต้องการของสังคมที่ใช้หลักสูตรนั้นๆ
- 2) เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ใช้หลักสูตรมีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตร
- 3) เป็นการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของท้องถิ่น
- 4) หลักสูตรแม่บทมีลักษณะกว้างทั้งเนื้อหาสาระ จุดมุ่งหมายและกิจกรรม แต่ยังไม่สามารถประมวลสาระของความรู้ของสภาพท้องถิ่นให้ละเอียดได้ทั้งหมด ท้องถิ่นจึงควรดำเนินการปรับหรือขยายให้เหมาะสมกับท้องถิ่นได้
- 5) เป็นการพัฒนาหลักสูตรแม่บทให้เอื้อต่อการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนมากที่สุด

จากเหตุผลและความจำเป็นดังกล่าวข้างต้น การพัฒนาหลักสูตรแม่บทให้เป็นหลักสูตรระดับท้องถิ่น จึงมีความสำคัญและความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะการปรับหลักสูตรให้สอดคล้องกับชีวิตความเป็นอยู่ของผู้เรียน ที่สามารถจะนำความรู้ที่ได้จากหลักสูตรที่ปรับให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อม สภาพเศรษฐกิจ สภาพสังคมไปใช้ประโยชน์ได้จริงในชีวิตประจำวัน ซึ่งผู้วิจัยนำมาใช้เป็นหลักการในการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

9. ความสำคัญของการมีหลักสูตรท้องถิ่น

เป็นที่ตระหนักโดยทั่วกันว่าการศึกษาทำหน้าที่สำคัญสองประการ กล่าวคือประการแรก การศึกษาทำหน้าที่ถ่ายทอดวัฒนธรรม (Cultural transmission) หรือเป็นกระบวนการขัดเกลาทางสังคม (Socialization) และประการที่สอง การศึกษาทำหน้าที่พัฒนาคนหรือกลุ่มผู้เรียน เพื่อให้มีศักยภาพหรือมีคุณสมบัติเป็นไปตามทิศทางการพัฒนาประเทศ หน้าที่สำคัญสองประการของการศึกษานี้ สำหรับประเทศไทยนั้นจะปรากฏให้เห็นได้ชัดจากการจัดทำแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติแต่ละฉบับ ที่จะกำหนดทิศทางนโยบาย ตลอดจนมาตรการของการจัดการศึกษาไว้อยู่เสมอ และจากนโยบายมาตรการของการศึกษาที่กำหนดไว้ในแผนพัฒนาการศึกษา ก็จะนำไปสู่การพัฒนาหลักสูตรในทุกระดับและทุกประเภทการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาการศึกษาดังกล่าว หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นก็เป็นหน้าที่ที่หน่วยงานทางการศึกษานั้นๆ พึงดำเนินการให้มีขึ้น เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องถ่ายทอดความรู้หรือจัดการเรียนการสอนให้กับกลุ่มผู้เรียนทั่วทุกภูมิภาคในประเทศไทย ทั้งนี้โดยมุ่งหวังให้บรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตรนั้นๆ ที่มีความสอดคล้องกับนโยบายและมาตรการ ซึ่งกำหนดไว้ในแผนพัฒนาการศึกษา หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นนี้เรียกกันให้เข้าใจง่ายๆ ว่าหลักสูตรกลาง (กรมวิชาการ, 2534 : 6-7)

แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากหลักสูตรกลางนั้นได้รับการพัฒนาขึ้นจากหน่วยงาน ที่ทำหน้าที่รับผิดชอบจัดการศึกษาซึ่งอยู่ในส่วนกลาง ภาพของหลักสูตรที่ปรากฏออกมา จึงเป็นหลักสูตรที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในระดักว้างไม่เจาะจงเฉพาะกลุ่มผู้เรียนในภูมิภาค หรือพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ดังนั้นการมีเฉพาะหลักสูตรกลางเพียงอย่างเดียว จึงไม่อาจสอดคล้อง กับนโยบายและมาตรการที่กำหนดไว้ในแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ รวมทั้งไม่อาจจะ สอดคล้องและสนองตอบต่อความต้องการของแต่ละท้องถิ่นภูมิภาคอีกด้วยเช่นกัน ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นจึงมีส่วนสำคัญที่จะช่วยให้เกิดความสอดคล้องกับแผนพัฒนาการศึกษา แห่งชาติและสอดคล้องสนองตอบต่อความต้องการของแต่ละท้องถิ่น ซึ่งจะเป็นส่วนช่วยเสริม ในการนำไปใช้จัดการเรียนการสอนควบคู่กับหลักสูตรกลางให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดได้ดี ยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ในส่วนของการส่งเสริมให้ท้องถิ่นพัฒนาหลักสูตรได้นั้น หลักสูตรได้เปิด โอกาสให้ท้องถิ่นดำเนินการจัดการศึกษาให้เหมาะสมสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ และสังคม ของท้องถิ่น ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ชีวิตจริงของตนเอง ของท้องถิ่นในด้านต่างๆ โดย เรียนรู้เกี่ยวกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม ตลอดจนสามารถจะพัฒนาตนเอง พัฒนาอาชีพ พัฒนา เศรษฐกิจและพัฒนาสังคมของตนเอง ครอบครัวและท้องถิ่นได้ ท้องถิ่นของตนเอง เกิดความรัก และความผูกพันกับท้องถิ่น

ในแนวดำเนินการ ซึ่งถือว่าเป็นเสมือนยุทธศาสตร์ที่จะทำให้การนำเอาหลักสูตรไป ใช้ให้บรรลุผลตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ ได้กล่าวถึงแนวปฏิบัติเกี่ยวกับท้องถิ่นไว้ว่า ในระดับ มัธยมศึกษาตอนปลายนั้น จะต้องจัดให้ผู้เรียนได้ศึกษาสภาพแวดล้อมและความต้องการของ ท้องถิ่นในด้านต่างๆ รวมทั้งในท้องถิ่นบรรยายละเอียดเนื้อหาของรายวิชาให้สอดคล้องกับ สภาพและความต้องการของท้องถิ่น ส่งเสริมให้ท้องถิ่นจัดทำรายวิชาที่สนองความต้องการ ของท้องถิ่น

ในการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งจะให้ผู้เรียนได้รู้จักท้องถิ่น เกิดความรัก ความภาค ภูมิใจในท้องถิ่นของตนเองนั้น นอกจากการจัดกระบวนการเรียนการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนได้มี ประสบการณ์ตรงกับชีวิต อาชีพ เศรษฐกิจและสังคมของท้องถิ่นแล้ว จะต้องนำทรัพยากร ที่มีอยู่ในท้องถิ่น ทั้งที่เป็นทรัพยากรธรรมชาติและทรัพยากรที่มนุษย์สร้างขึ้น มาใช้ในการจัด การเรียนการสอนด้วย เพราะจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ตรงกับชีวิต สภาพเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมที่แท้จริง จนสามารถบรรลุเป้าหมายสูงสุดของการจัดการศึกษาตาม หลักสูตรฉบับปรับปรุงที่กำหนดไว้ว่า “การศึกษาเพื่อชีวิตที่ทำประโยชน์ต่อสังคม” โดยเฉพาะ สังคมท้องถิ่นของตนเอง

10. ผู้มีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่น

วิจิตร ไชยศิลป์ (2537 : 107) กล่าวว่า ผู้มีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่นควรประกอบด้วยบุคลากร 2 ฝ่าย คือ

1) บุคลากรภายในโรงเรียน ได้แก่ ครู ผู้บริหาร นักเรียน

2) บุคลากรภายนอกโรงเรียน คือ

2.1) นักวิชาการ ได้แก่ ศึกษานิเทศก์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาหลักสูตร ผู้เชี่ยวชาญแต่ละสาขา อาจารย์จากวิทยาลัยครู หรือมหาวิทยาลัย

2.2) ตัวแทนประชากรในสังคม ได้แก่ ผู้ประสบความสำเร็จในแต่ละสาขาอาชีพ รวมทั้งผู้สนใจ

2.3) เจ้าหน้าที่ของรัฐ ได้แก่ เจ้าหน้าที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

บุญมี เณรยอด (ม.ป.ป. : 131) กล่าวถึงบทบาทของแต่ละฝ่ายของผู้มีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตร จำแนกออกเป็น 5 กลุ่ม คือ บทบาทของนักวิชาการ บทบาทของนักการศึกษา บทบาทของโรงเรียน บทบาทของนักเรียนและบทบาทของประชาชน

สงัด อุทรานันท์ (2530 : 234) มีความเห็นว่า ผู้มีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรมี 4 กลุ่ม คือ

1) กลุ่มของคณะพัฒนาหลักสูตร ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา ครู นักพัฒนาหลักสูตร และนักวัดผลการศึกษา

2) กลุ่มของผู้ที่ให้คำแนะนำและสนับสนุนการพัฒนาหลักสูตร ได้แก่ ผู้บริหาร และศึกษานิเทศก์

3) กลุ่มผู้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพและความต้องการของสังคม ได้แก่ ผู้เขียนหนังสือ บุคคลที่ทำงานในหน่วยงานต่างๆ ทั้งของรัฐและเอกชน ผู้แทนราษฎร ประชาชนทั่วไป ผู้ปกครอง

4) กลุ่มผู้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของผู้เรียน ได้แก่ ผู้เรียนและนักแนะแนวการศึกษา

11. แนวคิดและเหตุผลในการปรับปรุงหลักสูตรท้องถิ่นให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน

การขยายและการปรับหลักสูตรระดับชาติ ในการสร้างประมวลการสอนมีความสำคัญมาก เพราะจะช่วยให้หลักสูตรมีความกระจำขึ้นและที่สำคัญที่สุดคือ ช่วยให้หลักสูตรระดับชาติมีความสอดคล้องกับท้องถิ่น ในวงการหลักสูตรของประเทศไทย ปัญหาของการพัฒนาหลักสูตรไม่ได้อยู่ที่ตัวหลักสูตรระดับชาติมากเท่ากับอยู่ที่ประมวลการสอน ความล้มเหลวที่จะขยายและปรับหลักสูตรในการสร้างประมวลการสอนนั่นเอง ก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมา

หลักสูตรไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง และความต้องการของท้องถิ่นหรือครูไม่ยึดหลักสูตรและ
ประมวลการสอนเป็นแนว (บุญมี เณรยอต. ม.ป.ป. : 69)

✓ สุมิตร คุณานุกร (2523 : 37) มีความเห็นว่าหลักสูตรระดับชาติมีลักษณะ
กว้างและครอบคลุมหลักสูตรระดับนี้จะกำหนดความมุ่งหมายและเนื้อหาสาระที่เป็นความรู้ ซึ่ง
ต้องถ่ายทอดให้ผู้เรียนอย่างกว้างๆ ความมุ่งหมายจะออกมาในลักษณะของค่านิยมทางการ
ศึกษามากกว่าจะออกมาเป็นแนวปฏิบัติในการเรียนการสอนอย่างชัดเจน ส่วนเนื้อหาสาระจะ
กำหนดไว้เป็นประเด็นใหญ่ๆ ความครอบคลุมแบบกว้างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วหาใช่เป็นความ
บกพร่องของหลักสูตรระดับชาติแต่ประการใด หากแต่เป็นความจำเป็นที่ต้องกำหนดใน
ลักษณะเช่นนั้นเพราะผู้พัฒนาหลักสูตรระดับชาติไม่อาจประมวลรายละเอียดเกี่ยวกับสาระของ
ความรู้ และสภาพของชุมชน หรือท้องถิ่นแต่ละแห่งมาไว้ในหลักสูตรได้ทั้งหมด ดังนั้นนัก
พัฒนาหลักสูตรระดับชาติจึงมีไว้ให้ผู้ใช้หลักสูตรระดับต่างๆ ที่รองลงมานำไปขยายและปรับ
ให้เหมาะสมกับสภาพของท้องถิ่น โรงเรียน และชั้นเรียนต่อไป

สังัด อุทรานันท์ (2530: 66) ได้กล่าวถึงเหตุผลและความจำเป็นในการพัฒนา
หลักสูตรระดับท้องถิ่น ดังต่อไปนี้คือ

1) ตามหลักการของหลักสูตรนั้น หลักสูตรที่สร้างขึ้นจำเป็นจะต้องมีความ
สอดคล้องกับสภาพปัญหาและสนองความต้องการของสังคมที่ใช้หลักสูตรนั้นๆ โดยเหตุนี้หาก
หลักสูตรที่สร้างขึ้นมีจุดมุ่งหมายสำหรับใช้ในชุมชนแห่งหนึ่งแห่งใดโดยเฉพาะ ก็ย่อมจะสามารถ
ตอบสนองต่อความต้องการของสังคมได้มากที่สุด

2) ในการพัฒนาหลักสูตร ได้มีการยอมรับของสำคัญของผู้ใช้หลักสูตร
เป็นอย่างมาก และได้มีการยอมรับว่าสมควรจะให้ผู้ใช้หลักสูตร มีส่วนร่วมในการพัฒนาหลัก
สูตรด้วยในทางปฏิบัติหากหลักสูตรได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในระดับชุมชนที่ไม่กว้างขวางนัก ก็
ย่อมจะสามารถเปิดโอกาสให้ผู้ใช้หลักสูตรได้มีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรได้

12. ความเป็นไปได้ในการบรรจุหลักสูตรท้องถิ่นในหลักสูตรกลางระดับมัธยมศึกษา

หลักสูตรมัศึกษามีการพัฒนาตลอด เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการ
และสภาพของสังคม จากบทความต่อไปนี้ นักศึกษาจะได้ศึกษาถึงวิวัฒนาการของหลักสูตร
มัธยมศึกษา ซึ่งในอดีตนั้นจะเน้นเนื้อหาสาระด้านวิชาการมากกว่าวิชาชีพและหลักสูตรที่เกี่ยวข้อง
กับท้องถิ่น ยังไม่ได้บรรจุไว้ในหลักสูตรกลางหรือหลักสูตรแม่บทมากนัก จนกระทั่งถึง
หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 และหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธ
ศักราช 2524 เป็นต้นมา นโยบายและหลักการจัดมัธยมศึกษา จึงให้ความสำคัญของหลักสูตร
ท้องถิ่น โดยนำมาบรรจุเป็นหลักการและแนวดำเนินการในการจัดการมัธยมศึกษา

โอกาสในการบรรจุหลักสูตรท้องถิ่นในหลักสูตรกลางระดับมัธยมศึกษา การที่
กระทรวงศึกษาธิการได้เปิดโอกาสให้ท้องถิ่นดำเนินการในการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นในระดับ

มัธยมศึกษา สามารถทำได้กว้างขวางกว่าในระดับประถมศึกษา ซึ่งเป็นการศึกษาภาคบังคับ และเป็นการให้ความรู้พื้นฐานทั่วไป สำหรับระดับมัธยมศึกษา นั้น ผู้เรียนอยู่ในวัยที่เรียนรู้ในเชิงรูปธรรมและนามธรรมในระดับสูง ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์ความรู้ต่างๆ ได้มากขึ้น โอกาสของการเสริมรายวิชา ท้องถิ่นทำได้ง่ายกว่าการเสริมเนื้อหาท้องถิ่นในกลุ่มประสบการณ์ในระดับประถมศึกษา เพราะกลุ่มประสบการณ์เป็นการบูรณาการความรู้จากหลายๆ รายวิชา ตัวโครงสร้างหลักสูตรเองก็เอื้ออำนวยในการที่จะให้ท้องถิ่นเสนอรายวิชา ท้องถิ่นเพิ่มเติมเข้ามาเป็นวิชาเลือกในหลักสูตร นอกจากนี้การสอนและเสริมเนื้อหาท้องถิ่นยังสามารถทำได้ง่ายและสอดคล้องกับหมวดวิชาสังคมศึกษาอีกด้วย อย่างไรก็ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาทั้งตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) และหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ได้เปิดโอกาสให้ท้องถิ่นสามารถดำเนินการพัฒนาหลักสูตรให้สอดคล้องตามความต้องการและสภาพของท้องถิ่นได้ดังนี้

✓ 1) ปรับกิจกรรมการเรียนการสอนหรือจัดกิจกรรมเสริม การพัฒนาหลักสูตร ในลักษณะนี้ท้องถิ่นสามารถทำได้ทุกรายวิชาทั้งวิชาเลือกและวิชาบังคับ ทั้งนี้การปรับกิจกรรมดังกล่าวไม่ทำให้จุดประสงค์ เนื้อหา และคาบเวลาที่กำหนดไว้ในหลักสูตรเปลี่ยนแปลงไป

✓ 2) ปรับ ลด หรือเพิ่มเติมรายละเอียดของเนื้อหาวิชาตามหัวข้อ หรือขอบข่ายที่ระบุไว้ในคำอธิบายรายวิชา ทั้งวิชาเลือกและวิชาบังคับ การปรับ ลด หรือเพิ่มเติม ดังกล่าวไม่ทำให้จุดประสงค์ เนื้อหา และคาบเวลาเรียนที่กำหนดไว้ในหลักสูตรเปลี่ยนแปลงไป อาจเพิ่มเติมเนื้อหาของท้องถิ่นนอกเหนือจากความรู้ที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

3) จัดทำคำอธิบายหรือรายวิชาเพิ่มเติม ในส่วนที่เป็นวิชาบังคับเลือกหรือเลือกเสรีในทุกกลุ่มวิชา ทั้งรายวิชาใหม่จะไม่ซ้ำซ้อนกับรายวิชาที่เคยมีและประกาศใช้ในหลักสูตรกลางหรือหลักสูตรแม่บท การจัดทำรายวิชาใหม่ถ้าเป็นวิชาบังคับเลือกต้องมีคาบเวลาตามโครงสร้างหลักสูตร ถ้าเป็นวิชาเลือกเสรีผู้พัฒนาหลักสูตร สามารถกำหนดคาบเวลาเรียนให้เหมาะสมกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของหลักสูตรได้ สำหรับการเขียนคำอธิบายรายวิชาใช้รูปแบบเดียวกันกับวิธีเขียนคำอธิบายรายวิชาในหลักสูตร

ในการจัดทำเอกสารชี้แจงรายละเอียดประกอบการจัดทำเนื้อหาหรือรายวิชาขึ้นมาใหม่ ประกอบด้วย เหตุผลความจำเป็น จุดประสงค์ ขอบข่ายของเนื้อหา แนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผล

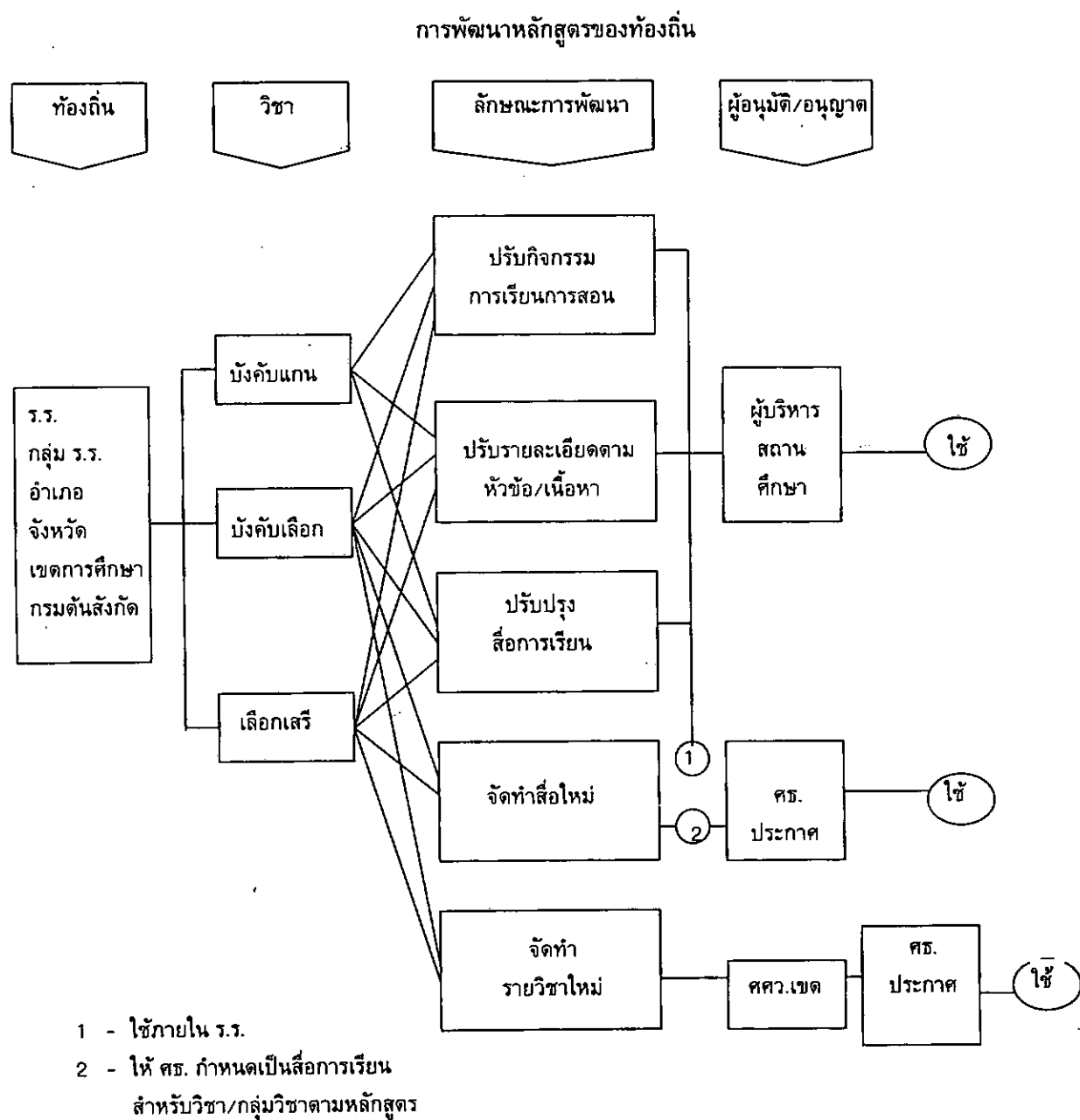
4) ปรับปรุงหรือเลือกใช้การเรียนการสอนให้เหมาะสมกับสภาพของท้องถิ่น สามารถเลือกใช้ปรับปรุง เพิ่มเติมสื่อการเรียนต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับท้องถิ่นได้ ปัจจุบันมีสื่อต่างๆ มากมายให้เลือกใช้ สื่อดังกล่าวจะต้องสอดคล้องต่อเนื้อหาและวัตถุประสงค์ที่กำหนด

5) จัดทำสื่อการเรียนขึ้นมาใหม่ สื่อที่กล่าวถึงนี้ได้แก่ หนังสือเรียน คู่มือครู แบบฝึกปฏิบัติ รวมทั้งหนังสืออ่านประกอบ ท้องถิ่นสามารถจะผลิตสื่อเองโดยต้องให้สื่อสอดคล้อง

คล้องกับวัตถุประสงค์และเนื้อหา ซึ่งเน้นในหลักสูตรท้องถิ่นที่สร้างขึ้นและต้องปฏิบัติตามระเบียบต่างๆ ที่กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดขึ้น

จะเห็นได้ว่าโอกาสในการบรรจุหลักสูตรท้องถิ่นในหลักสูตรกลางนั้น กระทรวงศึกษาธิการได้เปิดโอกาสให้จัดทำได้ทั้งระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้วในระดับมัธยมศึกษาสามารถกระทำได้สะดวก และกว้างขวางกว่า เพราะในระดับมัธยมศึกษาเนื้อหาวิชา แม้จะมีการบูรณาการแต่ก็ไม่มากเท่ากับเนื้อหาในกลุ่มประสบการณ์ในระดับประถมศึกษา ซึ่งส่วนใหญ่ใช้การบูรณาการเนื้อหา สำหรับระดับมัธยมศึกษาการเพิ่มเติมรายวิชาอาชีพใหม่ๆ ที่เป็นที่ต้องการของท้องถิ่นอย่างจริงจัง สิ่งเหล่านี้ท้องถิ่นสามารถดำเนินการได้ หากมีข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน เศรษฐกิจและสังคมในท้องถิ่น รู้แหล่งทรัพยากร วิทยากร แผนพัฒนาท้องถิ่นดีเพียงพอ

สุชาติ วงศ์สุวรรณ (2537 : 49) ได้เสนอกระบวนการในการพัฒนาหลักสูตร
ท้องถิ่นในระดับมัธยมศึกษา ดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 กระบวนการในการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นในระดับมัธยมศึกษา

จากภาพประกอบ 13 อธิบายได้ว่า ท้องถิ่นจะมีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรให้สอดคล้องกับความต้องการ หมายถึง หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนระดับต่างๆ ได้แก่ โรงเรียน กลุ่มโรงเรียน อำเภอ จังหวัด เขตการศึกษา กรมต้นสังกัด และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่นๆ

หลักสูตรฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้เปิดโอกาสให้ท้องถิ่นพัฒนาหลักสูตรให้สอดคล้องกับความต้องการในลักษณะต่างๆ ดังนี้คือ

1) ปรับกิจกรรมการเรียนการสอนหรือจัดกิจกรรมเสริม การพัฒนาหลักสูตรลักษณะนี้ ท้องถิ่นสามารถกระทำได้กับทุกกลุ่มประสบการณ์ในหลักสูตรประถมศึกษา และในรายวิชาบังคับและวิชาเลือกเสรีทุกรายวิชาและทุกกลุ่มวิชาในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย โดยไม่ทำให้จุดประสงค์ เนื้อหาและคาบเวลาเรียนเปลี่ยนแปลงไปจากที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแม่บท

2) ปรับรายละเอียดของเนื้อหา เป็นการพัฒนาหลักสูตรโดยการลด หรือเพิ่มเติมรายละเอียดของเนื้อหาจากหัวข้อ หรือขอบข่ายที่ระบุไว้ในคำอธิบายของทุกกลุ่มประสบการณ์ หรือในคำอธิบายรายวิชา วิชาบังคับและวิชาเลือกเสรีทุกรายวิชา ทุกกลุ่มวิชา ทั้งนี้ต้องไม่ทำให้จุดประสงค์ ขอบข่ายเนื้อหา และคาบเวลาเรียนที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแม่บทเปลี่ยนแปลงไป

3) จัดทำคำอธิบายหรือรายวิชาเพิ่มเติมเป็นการพัฒนาหลักสูตรของท้องถิ่นด้วยการจัดทำ คำอธิบายหรือทำรายวิชาเพิ่มเติมจากที่มีปรากฏในหลักสูตร สำหรับระดับมัธยมศึกษา ท้องถิ่นสามารถจัดทำรายวิชาเพิ่มเติมได้ในส่วนที่เป็นวิชาบังคับเลือก และวิชาเลือกเสรีทุกกลุ่มวิชา โดยรายวิชาที่เพิ่มเติมนี้จะต้องไม่มีเนื้อหาซ้ำซ้อนกับรายวิชาบังคับแกน บังคับเลือก และเลือกเสรี ที่มีอยู่แล้วในหลักสูตรแม่บท

4) ปรับปรุงและ/หรือเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนให้เหมาะสม การพัฒนาหลักสูตรของท้องถิ่น ลักษณะนี้เป็นการปรับปรุง เลือกใช้สื่อการเรียนการสอนต่าง ๆ ที่มีอยู่ให้เหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์ เนื้อหาของทุกกลุ่มประสบการณ์หรือรายวิชาต่าง ๆ และสอดคล้องกับสภาพของท้องถิ่น

5) จัดทำสื่อการเรียนการสอนเพิ่มเติมเป็นการพัฒนาหลักสูตรโดยการจัดทำหนังสือเรียน คู่มือครู หนังสือเสริมประสบการณ์ แบบฝึกหัด หรือเอกสารประกอบการเรียนการสอนอื่นๆ ที่ใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอนกลุ่มประสบการณ์หรือรายวิชาต่างๆ โดยให้เหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์ เนื้อหา และสภาพของท้องถิ่น ทั้งนี้สื่อการเรียนการสอนที่ท้องถิ่นจะพัฒนาขึ้นมาใหม่นี้ อาจจะใช้กับคำอธิบาย/รายวิชาที่มีอยู่แล้ว หรือที่เพิ่มเติมขึ้นมาใหม่ก็ได้

13. กระบวนการในการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น

สัจ จุฑานันท์ (2530 : 213) ได้เสนอกระบวนการพัฒนาหลักสูตรในระดับท้องถิ่นไว้ว่า เป็นการปรับหลักสูตรให้เข้ากับสภาพสังคมของท้องถิ่น หรือการสร้างหลักสูตรท้องถิ่น เพื่อเสริมหลักสูตรกลาง อาจจะดำเนินการในระดับเขตการศึกษา ระดับจังหวัด ระดับอำเภอ หรือระดับโรงเรียน ก็ได้ สำหรับกระบวนการดำเนินงานไม่ว่าจะเป็นการดำเนินงานในระดับใด หากจะให้เป็นไปอย่างมีระบบและเป็นขั้นตอน ก็อาจจะดำเนินการอย่างเป็นลำดับขั้นดังต่อไปนี้

- 1) จัดตั้งคณะทำงาน
- 2) ศึกษาสภาพข้อมูลพื้นฐาน
- 3) กำหนดจุดมุ่งหมายสำหรับหลักสูตรท้องถิ่น
- 4) พิจารณาความเหมาะสมของหลักสูตรกลาง กับสภาพของท้องถิ่น
- 5) ดำเนินการเลือกเนื้อหาสาระของหลักสูตรกลาง และ/หรือจัดสร้างกระบวนการวิชา

ขึ้นใหม่

- 6) ดำเนินการใช้หลักสูตร
- 7) ประเมินผลการใช้หลักสูตร
- 8) ทำการปรับปรุงแก้ไข

บุญมี เณรยอด (ม.ป.ป. : 38) ได้เสนอขั้นตอนในการพัฒนาหลักสูตรในระดับเขตไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 แต่งตั้งกรรมการยกร่างหลักสูตรระดับเขต หรือจังหวัด ควรประกอบด้วย นักการศึกษาจากสถาบันการศึกษาชั้นสูงในเขตการศึกษาหรือจังหวัด ผู้บริหารการศึกษา ศึกษานิเทศก์ ครูใหญ่ หรือตัวแทนของครู ตัวแทนจากหน่วยราชการนั้น ผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาต่างๆ ตัวแทนของประชาชนในชุมชนและ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตร

กรรมการชุดนี้มีหน้าที่ในการพิจารณาปรับหลักสูตรส่วนกลางให้เหมาะสมกับท้องถิ่น ในด้านเนื้อหาสาระ วิธีการ กิจกรรมการเรียน สื่อการสอนและการประเมินผล นอกจากนี้ยังจัดทำหนังสือเรียน หนังสืออ่านประกอบ คู่มือครู

ขั้นที่ 2 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของชุมชน โดยศึกษาถึงพื้นฐานทั่ว ๆ ไป ปัญหาและความต้องการของชุมชน และของผู้เรียน อาจกระทำได้หลายวิธี เช่น การศึกษาจากเอกสาร การใช้แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ เป็นต้น

ขั้นที่ 3 การปรับและขยายหลักสูตรจากแกนกลางให้เหมาะสมกับท้องถิ่น การจัดทำขั้นนี้ จะต้องศึกษาหลักสูตรของประเทศให้ชัดเจน เพื่อพิจารณาปรับเนื้อหาให้สอดคล้องกับสภาพสังคม

ขั้นที่ 4 จัดทำคู่มือหลักสูตร แบบเรียน และวัสดุอุปกรณ์การสอนให้เหมาะสม

ขั้นที่ 5 สุ่มตัวอย่างโรงเรียนเพื่อทดลอง

ขั้นที่ 6 การปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 7 ประกาศใช้หลักสูตรท้องถิ่นในระดับเขตการศึกษาหรือจังหวัด

ขั้นที่ 8 นำหลักสูตรไปใช้ในระดับโรงเรียน ในขั้นตอนนี้ควรจะมีการสำรวจสภาพชุมชนและปัญหาต่างๆ แล้วทำการปรับหลักสูตรของเขตหรือจังหวัดให้เหมาะสมกับโรงเรียนอีกครั้ง การปรับหลักสูตรนี้ควรทำในรูปของอำเภอหรือกลุ่มโรงเรียนที่มีลักษณะคล้าย ๆ กัน เพื่อที่จะให้การดำเนินงานไม่ยุ่งยากเกิดปัญหามากนัก

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (ม.ป.ป. : 342) กล่าวว่าในการพัฒนาหลักสูตรใด ๆ นั้น มีขั้นตอนของการพัฒนาหลักสูตรที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันคือประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

- 1) การสำรวจความต้องการของผู้เรียนและสังคม
- 2) การกำหนดวัตถุประสงค์
- 3) การกำหนดเนื้อหาสาระ
- 4) การกำหนดกิจกรรมการเรียนการสอน (รวมทั้งการประเมินผล)
- 5) การนำหลักสูตรไปทดลองใช้
- 6) การปรับปรุงหลักสูตร

การพัฒนาหลักสูตรระดับชาติหรือหลักสูตรกลางนั้น พัฒนาขึ้นตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น หลักสูตรระดับชาติมีลักษณะกว้างและครอบคลุม ในเรื่องของจุดหมายและเนื้อหาสาระที่เป็นโครงสร้างขององค์ความรู้ต่างๆ ตลอดจนแนวทางการจัดกิจกรรมก็อธิบายในเอกสารหลักสูตรโดยภาพรวม การที่หลักสูตรระดับชาติมีลักษณะเช่นนี้มิใช่เป็นข้อบกพร่องของการสร้างหลักสูตร เพราะการแจกแจงรายละเอียดมากจะทำให้เอกสารหลักสูตรมีขนาดใหญ่และไม่สะดวกต่อการนำไปใช้ อย่างไรก็ตามหลักสูตรระดับชาติหรือหลักสูตรกลางต้องเป็นเอกสารหลักสูตรที่เขียนไว้อย่างกว้างๆ และครอบคลุม โดยสามารถนำไปขยาย หรือปรับให้เหมาะสมกับสภาพของท้องถิ่น โรงเรียน และชั้นเรียนต่อไป

ในกรณีของหลักสูตรกลาง เช่น หลักสูตรและหลักสูตรมัธยมศึกษาพบว่า การกำหนดจุดหมายและเนื้อหาสาระถูกกำหนดไว้อย่างกว้างๆ เป็นหัวข้อหรือประเด็นใหญ่ๆ ไว้เป็นกรอบหรือขอบเขตของการศึกษา จึงต้องมีการขยายและปรับจุดหมายและเนื้อหาสาระให้มีรายละเอียดมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้หลักสูตรสามารถนำไปใช้ได้ตรงกับจุดหมายของหลักสูตรที่กำหนดว่าการจัดการศึกษาควรจะเหมาะสมกับสภาพความต้องการของท้องถิ่น

การปรับและการขยายจุดมุ่งหมายและเนื้อหาสาระซึ่งในหลักสูตรกลางมักกล่าวอย่างกว้างๆ นั้น การปรับและการขยายความในวัตถุประสงค์และเนื้อหาวิชาให้สอดคล้องกับสภาพความต้องการของผู้เรียนและสภาพท้องถิ่นจะช่วยให้ผู้นำหลักสูตรไปใช้ โดยเฉพาะผู้สอนสามารถนำไปเป็นแนวปฏิบัติหรือนำไปสอนได้ว่าหลักสูตรต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้ด้านใด ต้องการให้เกิดทักษะใดบ้างและต้องการปลูกฝังเจตคติใดต่อผู้เรียน

การปรับและการขยายหลักสูตรระดับกลาง เช่น หลักสูตรมัธยมศึกษา ทำได้โดย การสร้างคู่มือต่างๆ หรือการสร้างประมวลการสอน เอกสารเหล่านี้จะช่วยให้ผู้ใช้หลักสูตร มีความเข้าใจในตัวหลักสูตรและสามารถนำไปปฏิบัติในโรงเรียน ชั้นเรียน ในท้องถิ่น โดยมี ความสอดคล้องกับจุดหมายระดับชาติ การกำหนดเนื้อหาสาระและกิจกรรมการเรียนการสอน ที่ชัดเจนช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับหลักสูตรไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงและความต้องการ ของท้องถิ่นได้อย่างดี

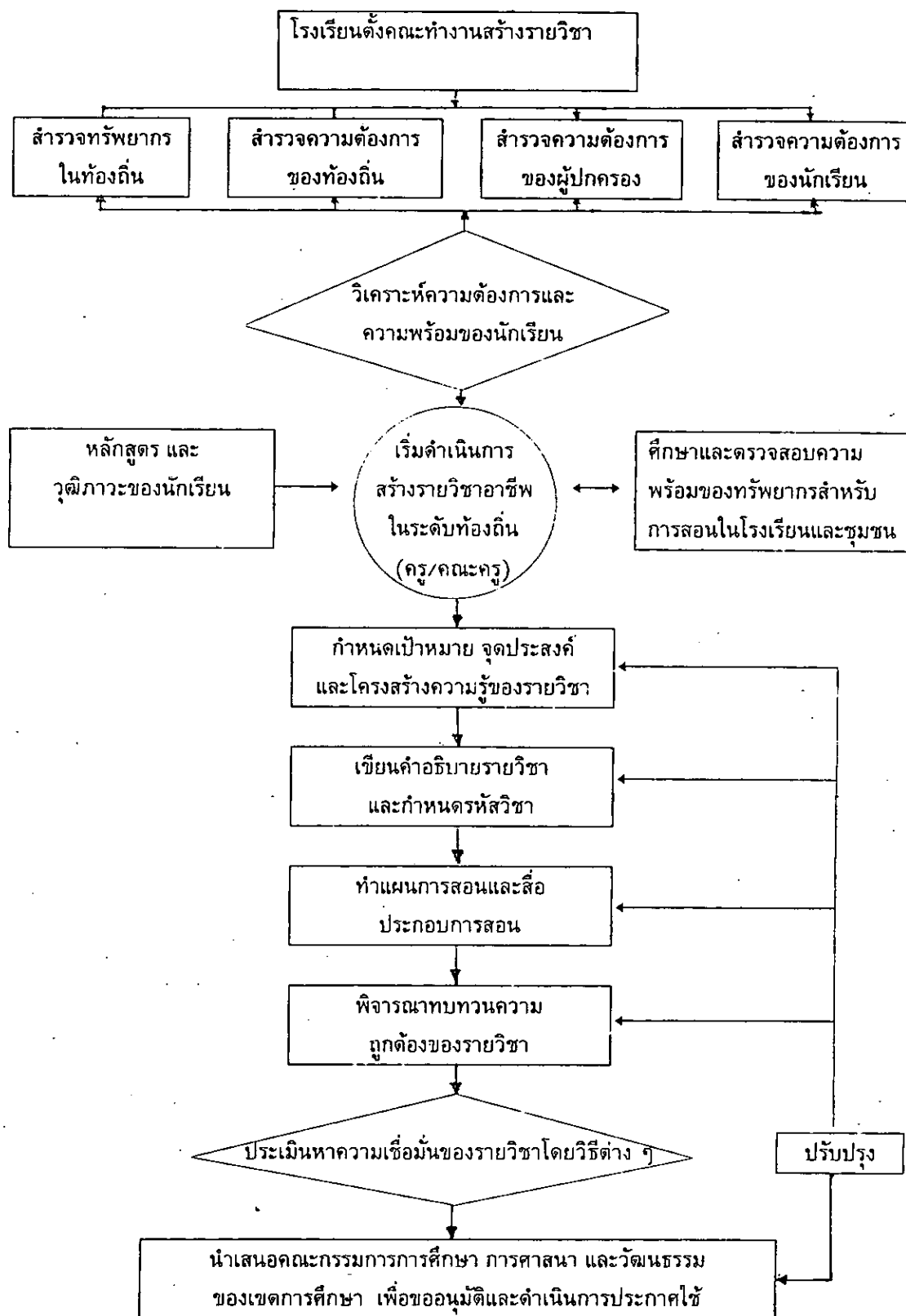
นอกจากการขยายและการปรับหลักสูตรกลางโดยใช้เนื้อหาของท้องถิ่น การสร้าง หลักสูตรรายวิชาจากท้องถิ่นก็จัดเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้การศึกษาของชาติ สามารถตอบสนอง ต่อความคิดที่หลากหลายของแต่ละท้องถิ่นได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากการจัดหลักสูตรท้องถิ่น ช่วยพัฒนาคนที่อยู่ในท้องถิ่นทั้งทางด้านการถ่ายทอดคุณค่าของศิลปวัฒนธรรม ประเพณีและ ทรัพยากรของท้องถิ่นและยังพัฒนาผู้เรียนให้มีศักยภาพพื้นฐานทั้งวิชาการ และวิชาชีพที่ เหมาะสมกับสภาพของความต้องการของท้องถิ่นและสังคมอีกด้วย

กรมวิชาการ (2534 : 5-6) กล่าวว่าจุดสำคัญในการปรับปรุงหลักสูตรมัธยมศึกษา ตอนปลาย (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) ได้เปิดโอกาสให้ท้องถิ่นดำเนินการพัฒนาหลักสูตรได้ เพื่อให้สามารถจัดการเรียนการสอนได้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของท้องถิ่น โดยกำหนดการ พัฒนาหลักสูตรไว้ 5 แนวทางดังนี้

- 1) เพิ่มเติมรายละเอียดเนื้อหาในรายวิชาที่มีอยู่แล้ว
- 2) กำหนดกิจกรรมเสริม
- 3) ทำสื่อเสริม
- 4) พัฒนาระบบการเรียนการสอน
- 5) จัดทำรายวิชาเพิ่มเติมในกลุ่มวิชาบังคับเลือกและวิชาเลือกเสรี

ท้องถิ่นในที่นี้ หมายถึง หน่วยงานระดับกรมที่เกี่ยวข้อง เขตการศึกษา จังหวัด อำเภอ ☒ กลุ่มโรงเรียนและโรงเรียน การพัฒนาหลักสูตรทั้ง 5 ประการนี้ ท้องถิ่นควรดำเนินการ เพื่อให้จัดการเรียนการสอนบรรลุเป้าหมายและสอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น การ พัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นที่สามารถมองเห็นความเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจนที่สุด คือการสร้าง รายวิชาอาชีพท้องถิ่นขึ้นใหม่ ซึ่งในระดับมัธยมศึกษาสามารถดำเนินการได้อย่าง กว้างขวาง รวมทั้งรายวิชาสามัญต่างๆ ด้วย ดังภาพประกอบ 14

แผนภูมิการสร้างรายวิชาอาชีพท้องถิ่น



ภาพประกอบ 14 แผนภูมิการสร้างรายวิชาอาชีพท้องถิ่น

จากแนวคิดในการพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่นที่กล่าวมา สรุปเป็นขั้นตอนในการพัฒนาหลักสูตรระดับจังหวัด ตามความต้องการของท้องถิ่นได้ดังนี้

1) การศึกษาสภาพเศรษฐกิจ สังคม และการจัดการศึกษาของท้องถิ่น โดยตั้งคณะกรรมการศึกษาสภาพและปัญหาของท้องถิ่น ศึกษาสภาพและปัญหาของท้องถิ่นในเรื่องเกี่ยวกับเศรษฐกิจ สังคมการจัดการศึกษา วิเคราะห์ สรุปปัญหาของท้องถิ่น จัดลำดับความต้องการจำเป็นในการแก้ปัญหาในให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น

2) การจัดทำหลักสูตร เอกสารหลักสูตร โดย แต่งตั้งกรรมการ ศึกษาแนวทาง การพัฒนาหลักสูตรตามความต้องการจำเป็นของท้องถิ่น ศึกษาหลักสูตรแม่บทในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นตามความต้องการจำเป็น กำหนดจุดมุ่งหมาย และจุดประสงค์ของหลักสูตรและจัดทำหลักสูตร และเอกสารหลักสูตร

3) การนำหลักสูตรไปใช้ ได้แก่ ประชุมชี้แจงการใช้หลักสูตร ครูผู้สอนนำหลักสูตรไปใช้

4) การนิเทศติดตามการใช้หลักสูตรและการปรับปรุงหลักสูตร ได้แก่ การนิเทศ ติดตามการใช้หลักสูตรและการปรับปรุงหลักสูตร

สมิตร คุณานุกร (2523 : 91) ได้กล่าวถึงการพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่นดังนี้ เอกสารหลักสูตรที่ได้จากการพัฒนาหลักสูตรในระดับท้องถิ่น ได้แก่ ประมวลการสอน โครงการสอน (รวมทั้ง คู่มือครู หรือคู่มือการสอน) และบันทึกการสอน ส่วนการพัฒนา ประมวลการสอน หมายถึง การขยาย และการปรับ หลักสูตรระดับชาติ

การขยาย การขยายหลักสูตรในระดับชาติ จึงหมายถึงการที่นำเอาทั้งความมุ่งหมาย และเนื้อหาขยายความ โดยขยายให้ความมุ่งหมายกลายจากนามธรรมเป็นรูปธรรม เพิ่มเติมข้อปลีกย่อยและรายละเอียดซึ่งจะช่วยให้ครูผู้สอนรู้ว่า ถ้าจะนำความมุ่งหมายนั้นไปปฏิบัติให้สัมฤทธิ์ผล จะต้องสอนอะไรบ้าง และจะต้องให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทางด้านใด มีทักษะอะไร และมีทัศนคติอย่างไร ฯลฯ สำหรับเนื้อหาวิชาควรได้รับการพิจารณาและขยายความเพิ่มเติมให้มีรายละเอียดพอที่ครูจะทราบได้ว่าจะสอนอะไร

การปรับ หมายถึง การนำความมุ่งหมายและเนื้อหาวิชา ซึ่งกล่าวไปอย่างกว้างๆ ไม่เฉพาะเจาะจงถึงท้องถิ่นหรือชุมชนใดในหลักสูตรระดับชาติ มาปรับให้สอดคล้องกับสภาพทางสังคม ภูมิศาสตร์ และความต้องการของประชาชนในแต่ละเขตการศึกษา

การขยาย และการปรับ หลักสูตรระดับชาติในการสร้างประมวลการสอน มีความสำคัญมาก เพราะจะช่วยให้หลักสูตรมีความกระชับขึ้น และที่สำคัญที่สุดคือ “ช่วยให้หลักสูตรระดับชาติมีความสอดคล้องกับสภาพของท้องถิ่น” ในวงการหลักสูตรของประเทศไทย ปัญหาการพัฒนาหลักสูตรไม่ได้อยู่ที่ตัวหลักสูตรระดับชาติ แต่อยู่ที่ประมวลการสอน ความล้มเหลวที่จะขยายและปรับหลักสูตรในการสร้างประมวลการสอนนี้เอง ก่อให้เกิดปัญหาต่างๆตามมา

เช่น หลักสูตรไม่สอดคล้องกับสภาพความจริง และความต้องการของท้องถิ่น หรือครูไม่ยึดหลักสูตรและประมวลการสอนเป็นแนว ฯลฯ

ผู้ที่มีส่วนรับผิดชอบควรยึดเป็นหลักในการดำเนินการว่า การขยายและการปรับหลักสูตรระดับชาติเป็นกิจกรรมหลักในการสร้างประมวลการสอน และประมวลการสอนที่สร้างขึ้นมานั้น ควรมีโครงสร้าง สาระ และรายละเอียด ที่เอื้ออำนวยต่อการนำไปใช้ในการสร้างโครงการสอนในระดับจังหวัด หรือในระดับโรงเรียนตามแต่กรณี

สมิตร คุณานุกร (2523 : 33) ได้กล่าวถึงการพัฒนาหลักสูตรในระดับโรงเรียนโดยวิธีการปรับ ขยายและผลิตเอกสารหลักสูตร เรียกว่าโครงการสอน ตลอดจนกล่าวถึงการพัฒนาหลักสูตรในระดับสุดท้ายคือ การพัฒนาหลักสูตรระดับห้องเรียน ตามรายละเอียดดังนี้

การพัฒนาหลักสูตรในระดับชั้นเรียน หลักสูตรที่ได้จากการพัฒนาในระดับนี้ ได้แก่ บันทึกรายการสอน การพัฒนาหลักสูตรใน 3 ระดับที่กล่าวมาแล้ว คำนี้ถึงความกระจ่ายและครอบคลุมของเนื้อหาวิชา และคำนึงถึงความสอดคล้องระหว่างหลักสูตรกับสภาพแวดล้อม และความต้องการของท้องถิ่น การพัฒนาหลักสูตรในระดับสุดท้ายนี้ เน้นการตอบสนองความต้องการและความสนใจของผู้เรียน

เอกสารหลักสูตร ตั้งแต่ประมวลการสอนจะถูกปรับ และขยายมาเรื่อยๆ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมมากที่สุด ตามหลักการที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อมาถึงการสอนในชั้นเรียน ยังต้องถูกปรับอีกเพื่อให้สอดคล้องกับนักเรียนในแต่ละชั้น แม้นักเรียนจะอยู่ในระดับการศึกษาเดียวกัน และในโรงเรียนเดียวกันก็ตาม ย่อมมีความแตกต่างกันหลายๆ ด้าน

นอกจากการปรับหลักสูตรให้สอดคล้องกับสภาพทางด้านสติปัญญาของนักเรียน ดังกล่าวแล้ว การพัฒนาหลักสูตรในชั้นเรียนยังหมายถึง การปรับความมุ่งหมายในการสอนเนื้อหาวิชา กิจกรรมการเรียนรู้และการสอนให้สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียนด้วย โดยการสำรวจความต้องการ และความสนใจของนักเรียนในชั้น การให้นักเรียนมีส่วนร่วมเช่นนี้ หมายความว่าเด็กได้รับโอกาสในการร่วมพัฒนาหลักสูตร แต่เป็นเอกสารหลักสูตรที่เรียกว่า บันทึกรายการสอน ไม่ใช่การพัฒนาหลักสูตรในระดับชาติ หรือในระดับที่รองลงมา

บันทึกรายการสอนควรประกอบไปด้วยรายละเอียดเกี่ยวกับ จุดมุ่งหมายในการสอน เนื้อหาวิชาที่สอน กิจกรรมและประสบการณ์ในการเรียนรู้ วัสดุอุปกรณ์ในการเรียนการสอน และการประเมินผล

14. แนวทางในการปรับปรุงหลักสูตรให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น

ศูนย์พัฒนาหลักสูตร (กรมวิชาการ. 2535) ได้เสนอแนวทางการปรับหลักสูตรให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่นไว้ดังนี้

ท้องถิ่นจะปรับหลักสูตรได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ จะต้องมีการวางแผนอย่างมียุทธศาสตร์ โดยศึกษาแนวโน้มของการพัฒนาท้องถิ่น วิเคราะห์ความต้องการของ

ท้องถิ่น ศึกษาถึงสิ่งที่มีผลกระทบต่อการศึกษา รวมทั้งประเมินศักยภาพของโรงเรียน เพื่อกำหนดเป็นเป้าหมายของการพัฒนาการปรับหลักสูตรให้สอดคล้องกับความต้องการของ ท้องถิ่น มีลักษณะการปรับ คือ การปรับกิจกรรมการเรียนการสอนหรือกิจกรรมเสริม การปรับหรือเพิ่มเติมรายละเอียดเนื้อหา และการปรับปรุงและเลือกใช้สื่อการเรียนการสอน

การปรับกิจกรรมการเรียนการสอนหรือกิจกรรมเสริม หลักสูตรมัธยมศึกษา ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533 ได้ปรับวิธีการเขียนคำอธิบายกลุ่มประสบการณ์และคำอธิบายรายวิชา ต่างๆ ในหลักสูตร ให้ประกอบด้วยข้อความ 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 กิจกรรม ได้แก่ ส่วนที่ระบุถึงแนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ต้องจัดให้แก่ผู้เรียน สังเกตได้จากคำว่า ศึกษา ค้นคว้า ทดลอง สำรวจ ผึก ปฏิบัติ วิเคราะห์ อภิปราย ฯลฯ

ส่วนที่ 2 เนื้อหา ได้แก่ ข้อความที่ระบุถึงหัวข้อ หรือขอบข่ายของสิ่งที่จะนำมาให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ หรือฝึกทักษะ

ส่วนที่ 3 จุดประสงค์ ได้แก่ ส่วนที่ระบุถึงพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน หลังจากที่ได้เรียนรู้ หรือฝึกทักษะตามที่ได้ระบุไปแล้วในส่วนที่ 1 และ 2 ซึ่งพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดนี้จะต้องประกอบด้วยในส่วนที่เป็นความรู้ ทักษะ เจตคติ และกระบวนการ

โดยทั่วไปการพัฒนาหลักสูตรลักษณะนี้ ท้องถิ่นจะกระทำได้กับทุกกลุ่มประสบการณ์ และทุกรายวิชา ด้วยการกำหนดรายละเอียดกิจกรรมที่จะปฏิบัติในการเรียนการสอนของกลุ่มวิชา/รายวิชานั้นๆ จากกิจกรรมที่ระบุไว้ในคำอธิบาย/คำอธิบายรายวิชา ซึ่งรายละเอียดของกิจกรรมที่ปรับหรือจัดนี้จะปรากฏอยู่ในแผนการสอน และประการสำคัญที่สุดก็คือ การพัฒนาหลักสูตรของท้องถิ่นด้วยวิธีการปรับหรือจัดกิจกรรมเสริมนี้ จะต้องไม่ทำให้จุดประสงค์การเรียนรู้และเวลาเรียนเปลี่ยนแปลงไปแต่ประการใด

1) การปรับหรือเพิ่มเติมรายละเอียดเนื้อหา เป็นการพิจารณากำหนดรายละเอียดเนื้อหาที่จะนำมาให้ผู้เรียนรู้หรือเป็นสื่อฝึก เพื่อให้เกิดความรู้หรือทักษะตามจุดประสงค์ที่ระบุไว้ ท้องถิ่นสามารถจะพิจารณาปรับรายละเอียดของเนื้อหาให้สอดคล้องกับสภาพได้ ทั้งนี้เพราะว่าในคำอธิบาย/คำอธิบายรายวิชา ของกลุ่มประสบการณ์หรือรายวิชาต่างๆ ที่มีอยู่ในหลักสูตรระดับมัธยมศึกษา ฉบับปรับปรุง จะระบุเนื้อหาที่ให้ผู้เรียนได้กว้างๆ โดยกำหนดเป็นขอบข่ายหรือหัวข้อต่างๆ ไว้เพื่อให้ท้องถิ่นสามารถกำหนดรายละเอียดของเนื้อหาให้สอดคล้องกับสภาพของท้องถิ่นได้ด้วยการเพิ่มหรือปรับได้ตามความเหมาะสม การพัฒนาหลักสูตรลักษณะนี้ ท้องถิ่นจะต้องดำเนินการ ดังนี้

1.1) กำหนดตัวบุคคลในท้องถิ่น ซึ่งประกอบด้วยคุณธรรมที่พึงประสงค์สำหรับนำมาเป็นแบบอย่างให้นักเรียนได้ศึกษา วิเคราะห์ โดยอาจจะกำหนดก็คนก็ได้ตามความเหมาะสม

1.2) ระบุถึงกำหนดพฤติกรรม การกระทำ แนวคิด ฯลฯ ที่แสดงให้เห็นถึง การมีคุณธรรมนั้นๆ ในการดำรงชีวิตของบุคคลดังกล่าว อันมีผลต่อการพัฒนาตนเอง ท้องถิ่น เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษา วิเคราะห์ และกำหนดแนวปฏิบัติสำหรับยึดถือปฏิบัติตาม

1.3) กำหนดรายละเอียดขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีลักษณะ เป็นการเน้นกระบวนการ โดยรายละเอียดต่างๆ เหล่านี้จะปรากฏในแผนการสอนที่จัดทำ

1.4) การพัฒนาหลักสูตรของท้องถิ่นโดยการปรับหรือเพิ่มเติมรายละเอียดของ เนื้อหา นี้ จะต้องไม่ทำให้จุดประสงค์และคาบเวลาเรียนที่กำหนดไว้เปลี่ยนแปลงไป

การพัฒนาหลักสูตรลักษณะนี้ ท้องถิ่นสามารถจะกระทำได้กับทุกกลุ่ม ประสพการณ์หรือทุกรายวิชา โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1) ศึกษาจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรม และคาบเวลาที่กำหนดไว้ในคำอธิบาย หรือคำอธิบายรายวิชาของหลักสูตรแม่บท

2) กำหนดรายละเอียดของเนื้อหาที่จะเพิ่มหรือปรับสำหรับนำมาให้เรียนรู้ หรือ ฝึกทักษะ โดยให้เป็นไปตามผลที่ได้ ผลจากการศึกษา วิเคราะห์

3) นำเอารายละเอียดที่ได้ตามข้อ 2 ไปปรับเข้าในโครงสร้างขอบข่ายของ เนื้อหาของกลุ่มประสพการณ์/รายวิชาที่สอน แล้วนำไปจัดทำเป็นแผนการสอนต่อไป

4) พิจารณาปรับแนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อ ให้สอดคล้องกับ เนื้อหาที่ปรับเพิ่มเติม หรือลดนั้น

2) การปรับหรือเพิ่มเติมรายละเอียดของเนื้อหา ท้องถิ่นสามารถดำเนินการได้ทันที ถ้าผลการวิเคราะห์พบว่า เป้าหมายของการพัฒนานั้นมีปรากฏในจุดประสงค์การเรียนรู้ ของกลุ่มประสพการณ์หรือรายวิชาแล้ว ท้องถิ่นสามารถจะปรับรายละเอียดของเนื้อหาให้สอดคล้องและเป็นไปตามแนวปฏิบัติที่เลือกนั้น

3) การปรับปรุงและเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับท้องถิ่น ในการ พัฒนาหลักสูตรของท้องถิ่นโดยการปรับปรุงและเลือกใช้สื่อการเรียน มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้
ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์หลักสูตร โดยวิเคราะห์จุดประสงค์ คำอธิบายรายวิชา และคาบเวลาเรียนที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตรว่า รายวิชานั้นมีลักษณะสำคัญอย่างไร มุ่งให้ผู้เรียน เกิดความรู้ ทักษะ การปฏิบัติ เจตคติและค่านิยมอย่างไร มีขอบข่ายเนื้อหาเพียงใด และมีคาบ เวลาเรียนเท่าไร เพื่อจะได้กำหนดสื่อการเรียนการสอนที่จะใช้อย่างเหมาะสม และมี ประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 2 สืบหาสื่อเอกสารหรือหนังสือ สืบหาจรวบรวบสื่อ เอกสารหรือ หนังสือที่มีเนื้อหาสาระเกี่ยวข้องหรือสอดคล้องกับจุดประสงค์และคำอธิบายรายวิชา จากแหล่ง ต่างๆ เช่น ร้านจำหน่ายหนังสือ ห้องสมุด ผู้ทรงคุณวุฒิ ฯลฯ เพื่อนำมาศึกษาวิเคราะห์ ความเหมาะสมสอดคล้องกับหลักสูตร

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์สื่อเอกสารหรือหนังสือ เป็นการวิเคราะห์สื่อ เอกสาร หรือหนังสือที่สำรวจได้ตามขั้นตอนที่ 2 เพื่อพิจารณาว่าจะสามารถนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอนตามหลักสูตรได้หรือไม่ เพียงใด โดยใช้หลักเกณฑ์ต่างๆ ได้แก่ การสนองจุดประสงค์ของหลักสูตร (มีเนื้อหาตามที่ปรากฏในคำอธิบาย/คำอธิบายรายวิชา ส่งเสริมการพัฒนาทักษะ ส่งเสริมการพัฒนาเจตคติและค่านิยมและส่งเสริมการนำไปปฏิบัติในชีวิตประจำวัน) ความเหมาะสมของเนื้อหา (ถูกต้องตามหลักวิชา ไม่ล้าสมัย เหมาะสมกับเวลาเรียน ยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้น) ความเหมาะสมในการเสนอเนื้อหา (เรียงลำดับเนื้อหาดีไม่สับสน อธิบายความชัดเจน เข้าใจง่าย ใช้ตัวอย่างประกอบช่วยความเข้าใจได้ดี ใช้ภาพประกอบ ตาราง แผนภูมิ ฯลฯ เพื่อช่วยความเข้าใจอย่างเหมาะสม) การใช้ภาษา (ถูกต้องเหมาะสมตามหลักภาษา กระชับรัดกุม ไม่เยิ่นเย้อ หรือวกวน ใช้ศัพท์ และประโยคไม่ซับซ้อน เหมาะกับระดับชั้น) กิจกรรมเสนอแนะ (มีคำถามหรือกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รู้จักคิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีกิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ มีกิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน)

ในการจัดกระบวนการเรียนการสอนในรายวิชาต่างๆ ในระดับมัธยมศึกษาให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น กระทรวงศึกษาธิการได้จัดทำคู่มือหลักสูตรมัธยมศึกษาฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533 ทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายไว้ โดยได้เสนอวิธีการจัดกิจกรรมหรือแนวทางสำหรับผู้เรียนได้ปฏิบัติไว้ ในส่วนแรกของคำอธิบายรายวิชา การจัดกิจกรรมที่เสนอแนะไว้นี้จะเป็นแนวทางกว้างๆ ผู้ใช้หลักสูตรต้องกำหนดกิจกรรมรายละเอียดในแบบการสอนอีกครั้งหนึ่ง โดยทำเป็นแผนการสอนที่เน้นกระบวนการและสอดคล้องกับสภาพของท้องถิ่นต่อไป

นอกจากการกำหนดรายละเอียดของกิจกรรมในแผนการสอนแล้ว ผู้สอนยังต้องคัดเลือกสื่อและกำหนดวิธีประเมินผลตามวัตถุประสงค์อีกด้วย การจัดกระบวนการเรียนการสอนทุกระดับนั้น ส่วนใหญ่จะเริ่มจากการประเมินก่อนเรียน เพื่อสำรวจว่าผู้เรียนมีความรู้เดิมมากน้อยเพียงไร เพื่อผู้สอนจะได้หาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการจัดกิจกรรมให้สอดคล้องกับความต้องการและข้อบกพร่องที่ผู้เรียนมีอยู่ การเลือกวิธีสอนที่ดีที่เหมาะสมกับความสนใจตามวุฒิภาวะของผู้เรียนและการสอน โดยใช้สภาพแวดล้อมจริง จะทำให้การเรียนรู้เกิดได้ง่ายขึ้น ลำดับขั้นของการสอนก็ควรเป็นไปตามลำดับ เพื่อป้องกันความสับสนของผู้เรียน การเลือกสื่อก็เป็นสิ่งสำคัญ สื่อที่นำมาใช้ควรเป็นสื่อที่ช่วยในการเรียนรู้ต่อผู้เรียนมากที่สุด โดยเฉพาะการใช้สื่อของจริง การประเมินหลังเรียนควรเป็นการประเมินที่ตรงกับจุดประสงค์เช่นเดียวกับการประเมินก่อนเรียน

15. การเลือกสรรเนื้อหาสาระท้องถิ่นในหลักสูตรระดับมัธยมศึกษา

การกำหนดเนื้อหาสาระท้องถิ่นในระดับมัธยมศึกษาทำได้ 2 วิธี วิธีแรกเป็นการปรับเนื้อหาสาระในหลักสูตรให้เหมาะสมกับท้องถิ่น และวิธีที่สอง กำหนดเนื้อหาสาระใหม่ โดยศึกษาสำรวจข้อมูลจากท้องถิ่น และแหล่งสารสนเทศต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลตามต้องการที่แท้จริงและปัญหาที่เกิดขึ้นในท้องถิ่น

1) เป็นการปรับเนื้อหาสาระในหลักสูตรให้เหมาะสมกับท้องถิ่น ทั้งนี้ทำได้โดยการปรับเปลี่ยนบางส่วนของหลักสูตรกลางหรือหลักสูตรแม่บท การปรับเปลี่ยนนี้ผู้ดำเนินการต้องศึกษาโครงสร้างคำอธิบาย ส่วนที่เป็นเนื้อหาในหลักสูตร จากคำอธิบายรายวิชา โดยใช้เนื้อหาของท้องถิ่น ได้มาจากการคัดสรรของผู้สอน วิทยากรท้องถิ่น ผู้เชี่ยวชาญในเรื่องที่จะสอน เป็นผู้ดำเนินการเลือกสรร โดยมีหลักในการเลือกเนื้อหา คือ ต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์ของรายวิชา ต้องเป็นปัจจุบัน การจัดเนื้อหาเป็นไปตามลำดับขั้นของการเรียนรู้ ต้องเหมาะสมกับเวลาเรียน มีความยากง่าย เหมาะสมกับวุฒิภาวะของผู้เรียน สามารถแก้ปัญหาของท้องถิ่น สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคมและวัฒนธรรมของท้องถิ่นรวมทั้งมีประโยชน์ มีคุณค่าและสร้างเจตคติที่ดีให้แก่ผู้เรียน

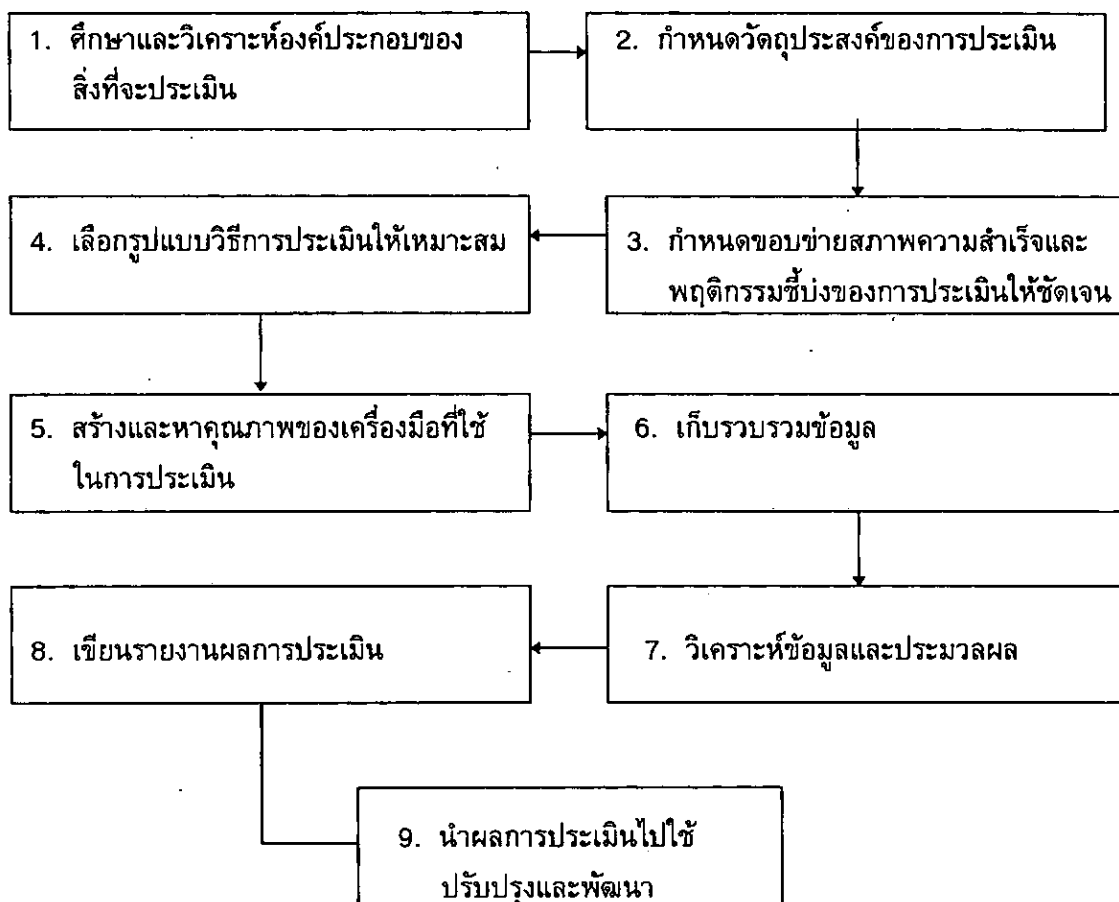
✓ 2) กำหนดเนื้อหาสาระให้เหมาะสมกับสภาพของท้องถิ่น ในกรณีที่ผู้สนใจอาจเป็นผู้สอน ศึกษานิเทศก์ หรือบุคคลในท้องถิ่นที่สนใจสามารถดำเนินการพัฒนาหลักสูตรขึ้นมา โดยการสำรวจศึกษาข้อมูลของท้องถิ่นจากแหล่งสารสนเทศต่างๆ สภาพความแตกต่างของแต่ละท้องถิ่นแต่ละจังหวัดมีสภาพปัญหาและความต้องการต่างกัน แหล่งทรัพยากรต่างกัน ผู้นำหลักสูตรไปใช้โดยเฉพาะผู้สอนควรเป็นผู้เฝ้าหาแหล่งข้อมูลต่างๆ รู้จักใช้การแนะแนวเพื่อที่จะแนะนำผู้เรียนได้ศึกษาให้เห็นถึงสู่ทางในการศึกษาเนื้อหาสาระท้องถิ่นอันจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาตนเองต่อไปได้

การพัฒนาเนื้อหาสาระท้องถิ่นแต่เดิมมุ่งแต่วิชาอาชีพ แต่มิได้ให้วิธีการจัดการหรือกระบวนการตลาด ในปัจจุบันหลักสูตรใหม่จึงมีวิชาการจัดการเข้าไปด้วย แล้วให้การดำเนินการเกี่ยวกับวิชาอาชีพวิชาชีพในท้องถิ่นโดยเฉพาะธุรกิจขนาดเล็กสามารถดำเนินการเลี้ยงตัวเองได้และเห็นสู่ทางในการทำมาหากินได้ดีขึ้น

✓ หลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง เป็นหลักสูตรที่ดำเนินการพัฒนาในแนวการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น เป็นการพัฒนาหลักสูตรด้วยการปรับรายละเอียดของเนื้อหาวิชาพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ให้เหมาะสมกับท้องถิ่นของจังหวัดปราจีนบุรี โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดผลการเรียนรู้เรื่องพหุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัย ตลอดจนจนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนสามารถนำสารเหลือทิ้งในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อจะได้เป็นส่วนหนึ่งในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษให้ท้องถิ่นของจังหวัดปราจีนบุรี

16. วิธีประเมินผลหลักสูตรท้องถิ่น

การประเมินหลักสูตรท้องถิ่น ผู้สร้างหลักสูตรควรปฏิบัติตามขั้นตอนการประเมิน ผลการจัดทำหลักสูตรท้องถิ่น ดังภาพประกอบ 5 (กรมวิชาการ. 2534 : 31)



ภาพประกอบ 15 แผนภูมิการประเมินผลการจัดทำหลักสูตรท้องถิ่น

ในการประเมินผลรายวิชาที่สร้างขึ้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญและการประเมินผลโดยการทดลองใช้รายวิชาที่สร้างขึ้น

1. ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยผู้มีความรู้ ความชำนาญ และประสบการณ์ในงาน อาชีพสาขาต่างๆ ทั้งส่วนราชการและเอกชน เช่น ผู้ประกอบอาชีพในสาขาต่างๆ ผู้นำชุมชน และนักการศึกษาในท้องถิ่น ฯลฯ การประเมินผลควรมีผู้ประเมินผลอย่างน้อย 3 คนขึ้นไป

สำหรับหลักสูตรชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทาง เทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ที่ผู้วิจัยสร้าง และพัฒนาใช้การประเมินผลหลักสูตรก่อนใช้ โดยประเมินในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องของหลักสูตรโดยพัฒนาแบบประเมินจากแบบประเมินทั้ง 4 ชุด ของกรมวิชาการดังกล่าว ข้างต้นนี้

2. การประเมินผลโดยการทดลองใช้หลักสูตรท้องถิ่น เป็นการประเมินเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเอกสารประกอบรายวิชาที่สร้างขึ้น เช่น กำหนดคาบเวลาสอน แผนการสอน สื่อ ฯลฯ ผู้ประเมินผล ประกอบด้วย ครูอาจารย์ หัวหน้าหมวดวิชา ผู้ช่วยผู้บริหารฝ่ายวิชาการ และผู้เชี่ยวชาญ ฯลฯ ในการประเมินผลควรมีผู้ประเมินอย่างน้อย 3 คน โดยดำเนินการดังนี้

ในการทดลองรายวิชาที่จัดสร้างขึ้น สามารถจัดทำได้ 2 แนวทางคือ

แนวทางที่ 1 ทดลองใช้บางส่วนเป็นการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเอกสารประกอบรายวิชา เช่น กำหนดคาบการสอนแต่ละจุดประสงค์ ฯลฯ ในการทดลองอาจใช้เวลาในคาบเรียนปกติ/คาบกิจกรรมหรือระยะเวลาที่เหมาะสม โดยทำการทดลองบางส่วนหรือบางแผนการสอนตามที่เห็นสมควร

แนวที่ 2 ทดลองใช้รายวิชาตลอดภาคเรียนเป็นการตรวจสอบความสมบูรณ์ของรายวิชา ตลอดภาคเรียน ซึ่งการทดลองตามแนวทางที่ 2 นี้ สามารถดำเนินการได้โดย

- 1) ใช้เวลาเรียนในคาบกิจกรรมอิสระ หรือคาบเวลาที่โรงเรียนเห็นว่าเหมาะสม
- 2) ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาที่สร้างขึ้นโดยไม่นับหน่วยการเรียนรู้ “มก”

วิธีดำเนินการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ ครูอาจารย์เป็นผู้กำหนดแนวทางและวิธีการสำหรับเครื่องมือในการทดลอง

17. การนำหลักสูตรไปใช้

การนำหลักสูตรไปใช้ในการเรียนการสอนให้บรรลุเป้าหมาย ครูใหญ่ควรจะวางแผนเกี่ยวกับการใช้หลักสูตร ดังนี้ (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2530 : 54)

- 1) การเตรียมวางแผนเพื่อใช้หลักสูตรใหม่
- 2) การเตรียมจัดการอบรมครูเพื่อใช้หลักสูตรใหม่
- 3) การจัดครูเข้าสอน
- 4) การจัดตารางสอน
- 5) การจัดบริการวัสดุประกอบหลักสูตร และสื่อการสอน
- 6) การประชาสัมพันธ์การใช้หลักสูตรกับผู้ปกครอง กรรมการศึกษา และชุมชน
- 7) การจัดสภาพแวดล้อม อาคาร สถานที่ และการเลือกสรรโครงการ

กิจกรรมเสริมหลักสูตร

- 8) การจัดโครงการประเมินผลการใช้หลักสูตร และการปรับปรุงหลักสูตร

แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

1) การเตรียมวางแผนงานเพื่อใช้หลักสูตรใหม่ ในขั้นตอนนี้ผู้บริหารและคณะกรรมการโรงเรียนจะต้องศึกษา วิเคราะห์หลักสูตรว่าจุดมุ่งหมายของการพัฒนาหลักสูตรและการสอนครั้งนี้มีเป้าประสงค์ที่แท้จริงคืออะไร และสอดคล้องกับความต้องการและความสนใจของผู้เรียนและชุมชนเพียงไร การนำหลักสูตรมาปรับใช้นั้น ทางโรงเรียนมีความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง วัสดุประกอบหลักสูตรและแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่จะนำเข้ามามีส่วนร่วมช่วยในการพัฒนาหลักสูตรนั้นจะจัดหาได้อย่างไร และโดยวิธีใด งบประมาณ อาคารสถานที่ พอเพียงหรือไม่ การเตรียมบุคลากรเกี่ยวกับการใช้หลักสูตรจะทำได้โดยวิธีใดจึงจะให้เข้าใจหลักสูตรอย่างแท้จริง การนำหลักสูตรไปใช้แม้ว่าตัวหลักสูตรจะพัฒนาขึ้นมาอย่างดีเลิศเพียงใด ถ้าการใช้หลักสูตรขาดความเข้าใจและความไม่พร้อม การจะพัฒนาหลักสูตรไปสู่จุด มุ่งหมายที่กำหนดไว้ว่าจะประสบความสำเร็จได้ยาก

2) การเตรียมจัดการอบรมครูเพื่อใช้หลักสูตรใหม่ ในขั้นตอนนี้เป็นการเตรียมบุคลากร เพื่อให้มีความพร้อมที่จะใช้หลักสูตร ควรจัดอบรมในรูปการประชุมเชิงปฏิบัติการ ให้ครูได้ศึกษาวิเคราะห์ถึงปัญหาของหลักสูตร และจะนำไปปรับใช้ในห้องเรียนได้อย่างไร โดยการสร้างกำหนดการสอน ประมวลการสอน การเลือกและการจัดประสบการณ์เรียน และมีการทดลองสอนเพื่อแก้ไขปรับปรุงโดยการทำเป็นกลุ่มเล็กๆ และใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 2 สัปดาห์ หลังการประชุมปฏิบัติการแล้ว ครูใหญ่จะต้องคอยดูแลนิเทศและบริการครูอย่างใกล้ชิด และเป็นกระบวนการที่ต้องแก้ไขปรับปรุงอยู่ตลอดเวลา ตัวครูเองจะต้องเข้าใจบทบาทของตนว่า “ครู คือนักพัฒนาหลักสูตรในระดับห้องเรียน

3) การจัดครูเข้าสอน ควรคำนึงถึงการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ โดยยึดจุดมุ่งหมายของหลักสูตรเป็นหลัก พยายามจัดครูที่จะจัดประสบการณ์ให้เด็กได้เรียนรู้ครบถ้วนตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรเป็นสำคัญ

4) การจัดตารางสอน หลักของการจัดตารางสอนจะต้องคำนึงถึง การเรียนรู้วิชาต่างๆ ไม่ควรใช้เวลาเท่าๆ กัน ระดับความยากง่ายของการเรียนรู้อยู่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ช่วงการเรียนรู้จะต้องเป็นไปเพื่อส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียน และเหมาะสมกับวัย และความสามารถของผู้เรียน การใช้อาคารสถานที่ ห้องเรียน โรงฝึกงาน ห้องทดลอง จะต้องมีการใช้ตลอดเวลา จึงจะถือว่าการใช้สถานที่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

5) การจัดบริการวัสดุประกอบหลักสูตร และสื่อการเรียน ได้แก่ การจัดทำแผนการสอน คู่มือครู แบบเรียนและสื่อการเรียน เป็นสิ่งที่สำคัญ จะต้องจัดทำและจะละเลยส่วนใดส่วนหนึ่งไม่ได้ แผนการสอนจะช่วยให้ครูเห็นแนวทางชัดเจนยิ่งขึ้นว่าจะทำการสอนแบบใด จะเลือกกิจกรรมประสบการณ์อย่างไรให้กับเด็ก ที่จะทำให้เด็กอยากเรียน ทำให้การเรียนน่าสนใจ การจัดสื่อการเรียนอาจร่วมกันทำเป็นกลุ่มโรงเรียน จะช่วยแบ่งเบาภาระและการทำงานของครู และอาจจะครอบคลุมเนื้อหาสาระได้มากกว่าเพราะช่วยกันทำ เป็นการประหยัดแรงงานและงบ

ประมาณ ที่สำคัญที่สุดคือผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสามารถ ความสนใจ และตรงกับความต้องการของชุมชน

6) การประชาสัมพันธ์การใช้หลักสูตรกับผู้ปกครอง คณะกรรมการศึกษาของโรงเรียน และประชาชนในชุมชนนั้น เป็นสิ่งที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจในพฤติกรรมที่จะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งจะต้องทำเป็นระยะติดต่อกันไป แต่ละคร้งไม่ควรนาน เพราะจะทำให้เกิดความเบื่อหน่าย การใช้สื่อมวลชนเป็นเครื่องช่วยประชาสัมพันธ์หลักสูตร เช่น วิทยุ โทรทัศน์และหนังสือพิมพ์จะช่วยให้ได้มาก แต่ถ้าเราจะประชาสัมพันธ์ในรูปแบบใด จะต้องกลั่นกรองอย่างดีที่จะทำให้ผู้รับเกิดความสนใจ และติดตามความก้าวหน้าของการพัฒนา หลักสูตรอยู่เสมอ

7) การจัดสภาพแวดล้อมและการเลือกสรรโครงการกิจกรรมเสริมหลักสูตร การจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการเรียนเป็นสิ่งสำคัญและจะต้องคำนึงถึง เพราะการเรียนรู้ของเด็กไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะในห้องเรียนเท่านั้น สภาพแวดล้อมภายนอกห้องเรียนก็จะเป็นส่วนช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้ได้ เช่น การจัดบริการอาหารกลางวัน เด็กจะได้แนวคิดเกี่ยวกับการเลือกและคุณค่าอาหารที่มีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต การบริโภคอาหารที่ได้สัดส่วนและถูกสุขลักษณะ และมารยาทในการรับประทานอาหาร เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เด็กจะเกิดการเรียนรู้จากการฝึกปฏิบัติโดยไม่รู้ตัว และผลจากการเรียนรู้นี้จะช่วยนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงชีวิตความเป็นอยู่ ครอบครัวของเด็กต่อไป การพานักเรียนไปศึกษานอกสถานที่ การเชิญอนามัยโรงเรียนเข้ามาช่วยเหลือเรื่องสุขภาพอนามัยของเด็ก ก็เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร

การบริหารด้านวิชาการแก่ครู ก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยในการพัฒนาหลักสูตรให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจจัดทำโดย ส่งไปศึกษาอบรมระยะสั้นในเรื่องที่กำลังปฏิบัติอยู่ เพื่อเสริมความเข้าใจให้มีทัศนะอันกว้างขวางขึ้น การไปร่วมประชุม สัมมนา การไปศึกษาดูงานในโรงเรียนที่มีการพัฒนาหลักสูตรและการสอนในระดับเดียวกัน การเชิญวิทยากรมาสาธิต การฝึกปฏิบัติบรรยายของแต่ละหัวข้อที่ครูต้องการ การส่งเสริมเพื่อนครูที่มีความชำนาญเฉพาะด้านที่แตกต่างกันได้มีโอกาสเผยแพร่วิชาความรู้ซึ่งกันและกัน เป็นต้น

8) การจัดโครงการประเมินผลการใช้หลักสูตรและการปรับปรุงหลักสูตร

จะต้องทำเป็นขั้นตอน ถ้าจุดมุ่งหมายของการใช้หลักสูตรกำหนดไว้อย่างชัดเจน การประเมินผลเพื่อปรับปรุงก็จะทำได้ง่ายและตรงจุด ว่าการปรับปรุงควรจะเริ่มที่จุดใดบ้าง

18. การนำหลักสูตรกลางไปใช้ในท้องถิ่น

จากการจัดหลักสูตรอันเป็นการจัดสภาพแวดล้อมแห่งการเรียนรู้ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้จัดไว้อย่างรอบคอบ เพื่อให้ตรงกับความต้องการและเหมาะสมกับความสามารถ ซึ่งผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ตรงกับความเป็นจริงของสังคมนั้นๆ ทำให้ความต้องการของการจัดหลักสูตรเปลี่ยนไปตามความเป็นจริงของสังคม เพราะนอกเหนือจากการเรียนรู้ตาม

หลักสูตรของส่วนกลาง ซึ่งมุ่งที่จะใช้การศึกษาเป็นเครื่องมือให้เกิดประโยชน์กับประเทศชาตินั้น ถ้าใช้หลักสูตรส่วนกลางไปใช้กับส่วนภูมิภาคแล้ว อาจไม่ตรงกับความต้องการพื้นฐานทาง เศรษฐกิจและสังคมก็เป็นได้

เนื่องจากสภาพภูมิศาสตร์ เศรษฐกิจและสังคมของส่วนกลาง กับท้องถิ่นต่างกัน และ แต่ละท้องถิ่นยังมีสภาพโรงเรียนและห้องเรียน (ตามสภาพนักเรียนต่างกัน) จึงมีการพัฒนาหลักสูตร รวม 4 ระดับ คือ

- 1) การพัฒนาหลักสูตรระดับชาติ
- 2) การพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่น
- 3) การพัฒนาหลักสูตรในระดับโรงเรียน
- 4) การพัฒนาหลักสูตรในระดับห้องเรียน

หลักสูตรระดับชาติมีลักษณะกว้างและครอบคลุม โดยจะกำหนดความมุ่งหมายและ เนื้อหาสาระที่เป็นความรู้ ซึ่งต้องการถ่ายทอดให้ผู้เรียนอย่างกว้างๆ ความมุ่งหมายจะออกมา ในลักษณะของค่านิยมทางการศึกษา มากกว่าที่จะออกมาเป็นแนวปฏิบัติในการเรียนและการสอนอย่างชัดเจน

จะเห็นได้ว่าหลักสูตรมิได้แจกแจงรายละเอียดว่า ในการปรับปรุงที่อยู่อาศัยและ ชุมชนนั้น ควรจะทำอะไรบ้าง หรือชุมชนของผู้เรียนเป็นอย่างไร มีอะไรบ้างที่ควร ปรับปรุง เหตุที่หลักสูตรระดับชาติไม่เฉพาะเจาะจงเช่นนี้ก็เพราะว่า ผู้พัฒนาหลักสูตร ระดับชาติ ไม่อาจประมวลเอารายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหาสาระการเรียนรู้ และสภาพของชุมชน หรือท้องถิ่นแต่ละแห่ง มาไว้ในตัวหลักสูตรให้หมดได้ หลักสูตรระดับชาติ จึงมีไว้เพื่อให้ผู้ใช้ ในระดับต่างๆ ที่รองลงไปนำไปขยายและปรับปรุงให้เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่น โรงเรียนและชั้น เรียนต่อไป

การนำหลักสูตรในระดับชาติมาสู่ท้องถิ่น คือ การทำหลักสูตรแกนกลางให้ กระจางขึ้น โดยการนำตัวหลักสูตรและคู่มือหลักสูตรระดับชาติมาขยายเป็นประมวลการสอน โครงการสอน คู่มือครู และบันทึกการสอน หรือเป็นการนำลักษณะนามธรรมมาสู่รูปธรรม ด้วย วิธีปรับให้เข้ากับสภาพท้องถิ่นนั่นเอง

หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายและหลักสูตรวิทยาศาสตร์

1. หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย

หลักสูตรนี้มีความมุ่งหวังที่จะพัฒนาผู้เรียน เมื่อผู้เรียนจบหลักสูตรแล้วจะเป็นผู้ที่มีความรู้ ทักษะและความสามารถในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของตน เห็นช่องทางในการประกอบอาชีพ และร่วมทำประโยชน์ให้กับสังคม ตามความรู้ความสามารถของตน เพื่อให้การเรียนการสอนประสบความสำเร็จตามความคาดหวังหลักสูตรปรับปรุงจึงมีจุดเน้น 3 ประการ คือ (กรมวิชาการ. 2533 : 10)

1) จัดการเรียนการสอนเน้นกระบวนการ โรงเรียนจะต้องจัดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ และเกิดทักษะในกระบวนการต่างๆ เพื่อที่จะนำความรู้และประสบการณ์ไปใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต และพัฒนาสังคมโดยเน้นการฝึกปฏิบัติจริง ดังนั้นครูจำเป็นจะต้องเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอน จากการสอนที่เน้นความรู้ด้านเนื้อหาวิชาต่างๆ เพียงอย่างเดียว ให้เป็นการสอนโดยผสมผสานการให้ความรู้กับการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งครูจะต้องใช้เทคนิควิธีการสอนที่หลากหลายให้เหมาะสมกับสถานการณ์ อันจะทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ และเกิดทักษะในกระบวนการต่างๆ

2) ส่งเสริมให้ท้องถิ่นพัฒนาหลักสูตร หลักสูตรคำนึงถึงความต้องการที่หลากหลายของแต่ละท้องถิ่น ซึ่งแตกต่างกันในด้านสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ เศรษฐกิจและสังคม จึงเปิดโอกาสให้ท้องถิ่น สามารถพัฒนาหลักสูตรให้เหมาะสมกับความต้องการและเอกลักษณ์ประจำท้องถิ่น เพื่อให้ผู้เรียนแต่ละท้องถิ่นได้รับประโยชน์ รวมทั้งปลูกฝังให้ผู้เรียนมีความรักความผูกพันกับท้องถิ่นของตนอีกด้วย

3) ให้ผู้เรียนมีโอกาสเลือกเรียนรายวิชาต่าง ๆ โรงเรียนจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกเรียนรายวิชาต่างๆ อย่างกว้างขวางและหลากหลายในวิชาบังคับเลือกและวิชาเลือกเสรีตามความถนัด ความสามารถ ความสนใจของแต่ละคน เพื่อให้มีทักษะเฉพาะด้านตามศักยภาพเห็นช่องทางในการประกอบอาชีพ

2. หลักการของหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย

หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย มีหลักการดังนี้

1) เป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มความรู้และทักษะเฉพาะด้านที่สามารถนำไปประกอบอาชีพให้สอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจและสังคม

2) เป็นการศึกษาที่สนองต่อการพัฒนาอาชีพในท้องถิ่น หรือการศึกษาต่อ

3) เป็นการศึกษาที่ส่งเสริมการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต ท้องถิ่น และประเทศชาติ

3. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย

การศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการศึกษาที่มุ่งให้ผู้เรียนพัฒนาคุณภาพชีวิต และให้สามารถทำประโยชน์ให้กับสังคมตามบทบาทและหน้าที่ของตนในฐานะพลเมืองดี ตามระบอบการปกครองแบบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข โดยให้ผู้เรียนได้พัฒนาเชาวน์ปัญญา มีความรู้ และทักษะเฉพาะด้านตามศักยภาพ เห็นช่องทางในการประกอบอาชีพ ร่วมพัฒนาสังคมด้วยแนวทางและวิธีการใหม่ๆ และบำเพ็ญตนให้เป็นประโยชน์ต่อสังคม ในการจัดการศึกษาตามหลักสูตรนี้ จะต้องมุ่งปลูกฝังให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

- 1) มีความรู้และทักษะในวิชาสามัญเฉพาะด้าน
- 2) มีความรู้เกี่ยวกับวิทยาการและเทคโนโลยีต่าง ๆ
- 3) สามารถเป็นผู้นำและเป็นผู้ให้บริการชุมชนเกี่ยวกับสุขภาพอนามัย ทั้งส่วนบุคคลและส่วนรวม
- 4) สามารถวางแผนแก้ปัญหาในชุมชนของตน
- 5) มีความภูมิใจในความเป็นไทย เสียสละเพื่อส่วนรวม ให้ความช่วยเหลือผู้อื่นอย่างเท่าเทียมกัน
- 6) มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถนำแนวทาง หรือวิธีการใหม่ๆ ไปใช้ในการพัฒนาชุมชนของตน
- 7) มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ และเห็นช่องทางในการประกอบอาชีพ
- 8) มีนิสัยรักการทำงาน เต็มใจในการทำงานร่วมกับผู้อื่น และมีทักษะในการจัดการ
- 9) เข้าใจสภาพและการเปลี่ยนแปลงของสังคมในประเทศ และในโลก มุ่งมั่นในการพัฒนาประเทศตามบทบาทและหน้าที่ของตน ตลอดจนอนุรักษ์และเสริมสร้างทรัพยากร ศาสนา ศิลปะ วัฒนธรรมของประเทศ

4. สภาพของสังคมที่เปลี่ยนแปลงและผลกระทบต่อการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในสังคมไทยอย่างมาก และรวดเร็วทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นต่อไปอีก ในอนาคตอย่างต่อเนื่อง ด้วยอัตราเร่งที่สูงขึ้นมากขึ้น สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้ก็คือการยอมรับและนำเอาวิทยาการสมัยใหม่ โดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เข้ามาใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยมากขึ้น ทั้งในภาคอุตสาหกรรม ภาคบริการ และภาคเกษตรกรรม และในขณะเดียวกัน เนื่องจากสังคมไทยเป็นสังคมเปิด จึงมีการไหลของวัฒนธรรมต่างชาติเข้ามาผสมผสานกับวัฒนธรรมท้องถิ่น เกิดเป็นวัฒนธรรมใหม่

ในสังคมไทย การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ได้มีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและการดำรงชีวิตในสังคมไทยอย่างมาก ทั้งในด้านบวกและด้านลบ และยังคงเกิดขึ้นต่อไปอีกอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

สาเหตุสำคัญที่จำเป็นต้องนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามาเป็นแกนนำในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ก็เพื่อยกระดับคุณภาพของผลผลิตทั้งทางด้านอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมตลอดจนการบริการต่างๆ ให้มีมาตรฐานสูงขึ้น สามารถแข่งขันกับนานาชาติในตลาดโลกได้ ในขณะเดียวกันก็เพื่อให้ประชาชนทั่วๆ ไปได้มีโอกาสให้ผลิตภัณฑ์และบริการที่มีคุณภาพ และมาตรฐานสูงขึ้นเป็นการเพิ่มคุณภาพชีวิตให้กับทุกคน ในสังคมดังจะเห็นได้ว่าการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเป็นแกนนำในการพัฒนาประเทศในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ได้ส่งผลให้เห็นชัดเจนในหลายด้าน เช่น มีการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ เป็นสินค้าส่งขายต่างประเทศได้มากขึ้น อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเจริญเติบโตขึ้น ทำให้มีรายได้เข้าประเทศมากขึ้น มีการจ้างแรงงานมากขึ้น ปัญหาการว่างงานลดน้อยลงอย่างมาก ประชาชนทั่วไปได้ใช้ผลิตภัณฑ์และบริการที่มีคุณภาพและมาตรฐานสูงขึ้น เป็นการเพิ่มคุณภาพชีวิตและท้ายสุดรายได้ประชาชาติของประเทศไทยเฉลี่ยสูงขึ้น เหล่านี้ล้วนแต่เกิดขึ้นจากการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้เป็นแกนนำในการพัฒนาประเทศในช่วงที่ผ่านมาทั้งสิ้น

อย่างไรก็ตาม ได้มีการศึกษาถึงผลกระทบของการพัฒนาดังกล่าว ในอีกแง่มุมหนึ่ง พบว่าหากปล่อยให้การพัฒนาดำเนินไปตามสภาพ โดยไม่ได้มีการกำกับดูแลหรือ ควบคุม หรือพยายามเบี่ยงเบนแนวโน้มที่กำลังจะเกิดขึ้นในช่วง 15-20 ปีข้างหน้า จะมีผลกระทบในเชิงลบด้านต่างๆ โดยเฉพาะเรื่องเกี่ยวกับทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งอาจสรุปได้ดังนี้

1) สังคมไทยจะต้องพึ่งพาตนเองมากขึ้น ภายใต้การพัฒนาที่ผ่านมาได้มีการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากต่างชาติเข้ามาใช้เป็นส่วนใหญ่ ทั้งซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์และบุคลากรและในช่วง 15-20 ปีข้างหน้า มีแนวโน้มที่จะต้องสั่งเข้ามาใช้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องอีกมากมาย ซึ่งจะยังผลให้ประเทศไทยต้องขาดดุลการค้าอย่างมหาศาล ไม่สามารถพึ่งพาตนเองทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องวางแผนพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เพื่อพึ่งพาตนเองและเพื่อสร้างภูมิปัญญาไทยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับทดแทนการนำเข้าและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ขึ้นใช้เอง และส่งออกให้ได้ต่อไปในอนาคต

2) การดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพทุกอาชีพ ในอนาคตจะต้องพึ่งพาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากขึ้น ผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจ สามารถติดตามความก้าวหน้าและใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่านั้น จึงจะสามารถดำรงชีวิตและประกอบอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต ความเหลื่อมล้ำระหว่างรายได้และคุณภาพชีวิตของผู้ที่มีความรู้ ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับผู้ที่ขาดความรู้ความเข้าใจ

ในด้านนี้จะมีช่องว่างห่างกันมากขึ้น การวางแผนการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำเป็นต้องจัดให้ทั่วถึงอย่างมีประสิทธิภาพและกระจายโอกาสให้ทัดเทียมกัน

3) โอกาสการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของคนที่อยู่ในชุมชนชนบท และชุมชนเมือง และคนที่มีความรู้ทางเศรษฐกิจดีกับคนที่มีความรู้ทางเศรษฐกิจต่ำ จะแตกต่างกันมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ฐานะทางเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของคนในสังคมเมืองกับสังคมชนบท คนที่มีความรู้ทางเศรษฐกิจดีกับคนที่มีความรู้ทางเศรษฐกิจต่ำแตกต่างกันมากขึ้นทุกทีๆ คนในชนบทและคนที่มีความรู้ทางเศรษฐกิจต่ำจะถูกเอารัดเอาเปรียบมากขึ้น การสร้างโอกาสและให้โอกาสกับคนในชนบท และคนที่ด้อยโอกาสทางเศรษฐกิจได้มีโอกาสเรียนรู้และพัฒนาตนเองทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องจัดการให้เกิดขึ้น

4) ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมของประเทศมีแนวโน้มที่จะเสื่อมสลายลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ ความเข้าใจและขาดจิตสำนึกที่จะปกป้องหวงแหนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เนื่องจากพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประชากรส่วนใหญ่ยังมีไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดความเข้าใจตระหนักถึงอันตรายและผลกระทบอย่างใหญ่หลวง ในระยะยาวถ้ามีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างขาดประสิทธิภาพ การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้กับประชากร เพื่อจะได้มีพื้นฐานที่เพียงพอในการเข้าใจถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ตลอดจนวิธีการปกป้องทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญยิ่งอีกเรื่องหนึ่ง

5) อุปสรรคจากการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และการรวมตัวเพื่อต่อต้านการลงทุนทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะมีมากขึ้น เนื่องจากการขาดความรู้ความเข้าใจอย่างเพียงพอ ในอนาคตประเทศไทย จำเป็นต้องมีการลงทุนขนาดใหญ่ที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับสูงมากขึ้นอย่างแน่นอน จำเป็นจะต้องเตรียมมวลชนให้มีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเพียงพอที่จะเข้าใจและใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเหล่านั้นอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย หากขาดการเตรียมพื้นฐานมวลชนที่เหมาะสมแล้ว นอกจากจะไม่สามารถใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับสูงเหล่านั้นได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพแล้ว ยังอาจเกิดการรวมตัวต่อต้านโดยความไม่รู้เท่าถึงการณ์อีกด้วย

6) การบริหารและการจัดการในอนาคต จะต้องใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากนั้น ผู้บริหารระดับนโยบายจะพบกับความยุ่งยากและลำบากใจมากขึ้น เนื่องจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว จนผู้มีหน้าที่ตัดสินใจไม่อาจตัดสินใจได้อย่างมั่นใจ เพราะขาดพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เพียงพอที่จะทำความเข้าใจเรื่องที่ต้องตัดสินใจเหล่านั้น แม้จะได้รับคำแนะนำและคำปรึกษาจากผู้ทรงคุณวุฒิเฉพาะทางแล้วก็ตาม การจัดการศึกษาพื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเพียงพอและปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรมให้กับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา นับเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น

อย่างยิ่ง เพราะบุคคลเหล่านี้ต่อไปในอนาคตจะต้องไปมีบทบาทในการตัดสินใจและกำหนดนโยบายระดับสูงของประเทศ

จากสภาพของสังคมที่เปลี่ยนไปและสถานการณ์ของการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบัน ดังได้กล่าวมาแล้วทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องทบทวน วางแผนและหามาตรการเพื่อส่งเสริมการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น สามารถพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ในกลุ่มต่างๆ ให้นำและรองรับการนำเอาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้เป็นแกนหลักในการพัฒนาประเทศได้

5. การพัฒนาหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นหน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาหลักสูตร และจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ซึ่งนับตั้งแต่ได้มีการจัดตั้งหน่วยงานนี้ขึ้นมา (ในปี พ.ศ. 2515) สสวท. ได้ดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาเป็น 3 ระยะดังนี้คือ

ระยะที่ 1 (พ.ศ. 2515-2521) สสวท. ได้จัดทำหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย คือหลักสูตรวิชาเคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ และหลักสูตรวิทยาศาสตร์สำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยหลักสูตรเน้นเนื้อหาที่ทันสมัยและสิ่งใกล้ตัวมากขึ้น และเปลี่ยนวิธีสอนให้เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้ หลักสูตรดังกล่าวกระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศให้มีการใช้ทั่วประเทศอย่างเป็นระบบ ในแต่ละระดับต่อเนื่องปีละชั้น กล่าวคือในปีการศึกษา 2519 ประกาศใช้หลักสูตรวิชาเคมี ชีววิทยา และฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เริ่มตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ม.ศ.4) ในปีการศึกษา 2520 ประกาศใช้หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เริ่มตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ม.ศ.1) ในปีการศึกษา 2521 ประกาศใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เริ่มตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ม.ศ.4)

ระยะที่ 2 (พ.ศ. 2521-2527) ในปี พ.ศ. 2521 กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศเปลี่ยนระบบการศึกษาจาก 7 : 3 : 2 เป็น 6 : 3 : 3 ซึ่งมีผลกระทบต่อหลักสูตรทั้งในส่วนของเนื้อหาและกิจกรรมที่จัดสอนในแต่ละภาคเรียน จึงมีผลให้ต้องปรับปรุงหลักสูตรให้เหมาะสมกับระบบการศึกษาที่เปลี่ยนไป กล่าวคือในปีการศึกษา 2521 ประกาศใช้หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ม.1) ในปีการศึกษา 2524 ประกาศใช้หลักสูตรวิชาเคมี ชีววิทยา และฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เริ่มตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ม.4)

ระยะที่ 3 (พ.ศ. 2528 - ปัจจุบัน) สสวท. ได้ดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตร โดยเน้นในเรื่องของการสอดแทรกเทคโนโลยีเข้าไปในหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ทั้งในส่วนที่เป็นเนื้อหาและกิจกรรมที่เหมาะสมกับวุฒิภาวะ สภาพท้องถิ่นและ

การพัฒนาประเทศ ในปี พ.ศ. 2531 ได้มีการเปลี่ยนแปลงคำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์ หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ. 2521 เพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคม และเพื่อพัฒนาให้นักเรียนเกิดทักษะและเจตคติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ในปี พ.ศ. 2533 กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศปรับปรุงโครงสร้างหลักสูตร ทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533 การปรับปรุงก็เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับโครงสร้างที่เปลี่ยนไป และเพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะแวดล้อม และความต้องการทางด้าน เศรษฐกิจและสังคมของประเทศ สสวท. จึงได้ประกาศใช้หลักสูตรฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533 ในปีการศึกษา 2534

จากการศึกษาพัฒนาการสอนวิทยาศาสตร์ดังกล่าวมานี้จะเห็นได้ว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาประเทศ ดังนั้นการพัฒนาและปรับปรุงหลักสูตร วิชาวิทยาศาสตร์ จึงจำเป็นจะต้องกระทำอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ ที่ สสวท. เป็นผู้พัฒนาขึ้นทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมี ลักษณะที่สำคัญร่วมกันคือ เป็นการรวบรวมความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การฝึกการสืบเสาะหาความรู้และการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะดังกล่าวจะเน้นกิจกรรมการเรียนการสอน เป็นหลัก โดยมุ่งให้ผู้เรียนนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องของวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ โดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (สุพร เข้มเฮง. 2535 : 6-11)

อย่างไรก็ตามการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ยังคงต้องมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงต่อไป เพื่อให้มีความสอดคล้องเหมาะสมกับสภาพจริงมากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เกี่ยวกับวิธีการที่เหมาะสมที่จะเอื้ออำนวยให้ผู้เรียนมีเจตคติทาง วิทยาศาสตร์ เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีความรู้ ความคิดสร้างสรรค์และ ฝึกความคิดของตนเองให้มากขึ้น เพื่อนำไปสู่แนวทางการพึ่งพาตนเองในสังคมอนาคตต่อไป ซึ่งหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ในลักษณะที่เป็นหลักสูตรท้องถิ่นน่าจะสนองตามเป้าประสงค์ดังกล่าวได้

6. สรุปสภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตั้งแต่หลักสูตร 2503 ถึงปัจจุบัน

สภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย ในช่วงหลักสูตร 2503 จนถึง พ.ศ. 2538 สรุปจากผลการวิจัยของหน่วยงานต่างๆ รวมทั้งจากข้อมูลบางส่วนของ การวิจัย เรื่ององค์ประกอบที่มีผลต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งสรุปภาพรวมเกี่ยวกับสภาพการเรียน การสอนวิทยาศาสตร์ ในประเทศไทยได้ดังนี้ (จิตติโส ผดุงรัตน์. 2538 : 1-6)

1) หลักสูตร พ.ศ. 2503 (พ.ศ. 2503-2520) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ขอบเขต ของความมุ่งหมายกว้างเกินไป ครูเข้าใจจุดมุ่งหมายไม่ดีพอ เลือกวิธีสอนให้ตรงตาม ความมุ่งหมายลำบากและเนื้อหาที่กำหนดให้สอนไม่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายตำราและเอกสาร ค้นคว้าไม่เพียงพอ ขาดเอกสารหรือบุคลากรที่จะแนะนำหนังสือค้นคว้าที่ใหม่ นักเรียนในชั้นมี มาก ครูดูแลไม่ทั่วถึง ชั่วโมงสอนของครูมีมากจึงไม่มีเวลาเพียงพอในการเตรียมการสอน และ

เตรียมให้นักเรียนทำปฏิบัติการทดลอง นอกจากนี้มีปัญหาในเรื่องการสอนวิทยาศาสตร์คือ ไม่มีห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์การทดลองไม่เพียงพอ

2) หลักสูตร พ.ศ. 2521 (พ.ศ. 2521-2533) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เนื้อหาในแบบเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีมากเกินไป จนทำให้ผู้สอนมัวแต่ห่วงที่จะสอนเนื้อหาให้จบและไม่ได้สนใจฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เท่าที่ควร หนังสือค้นคว้าสำหรับทั้งครูและนักเรียนหายาก อุปกรณ์ที่กำหนดในแบบเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย บางรายการหายาก หรือราคาแพง อุปกรณ์และเครื่องมือบางอย่างทำงานไม่ได้ผล คุณภาพต่ำ สารเคมีไม่บริสุทธิ์ เครื่องแก้ว และเครื่องไฟฟ้าคุณภาพไม่ดี เครื่องมือควรมีมาตรฐานที่ดีกว่านี้ และควรมีหน่วยงานรับซ่อมอุปกรณ์ในราคาถูก

ปัญหาด้านนักเรียน ไม่ชอบถาม ไม่กระตือรือร้นหรือแสดงความคิดเห็น ไม่สนใจทำการทดลอง ไม่ชอบอ่านมาก่อนล่วงหน้า ชอบทำการทดลองเฉพาะที่แปลกๆ มีสีสนับแปลกตาค้นหาต้นตอ ไม่มีทักษะในการใช้อุปกรณ์และไม่ค่อยปฏิบัติตามคำสั่ง ครูจะต้องคอยชี้แจงอยู่เป็นประจำ การทดลองมักมีอุบัติเหตุบ่อยๆ สารที่มีพิษและปฏิกิริยารุนแรงบางตัวควรให้เลิกใช้ ทำอุปกรณ์ให้มีคุณภาพ ในแบบเรียนน่าจะบอกถึงอันตรายของสารบางอย่างไว้ด้วย เพื่อให้นักเรียนจะได้ระวังตัวเองไปด้วย ไม่ควรบอกไว้แต่ในคู่มือครู

ด้านการประเมินผล ควรมีรูปแบบการประเมินผลด้านทักษะปฏิบัติที่แน่นอน กลุ่มโรงเรียนน่าจะร่วมกันออกข้อสอบและพัฒนาข้อสอบให้เป็นข้อสอบมาตรฐาน

3) หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2533 (พ.ศ. 2533-2538) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ไม่มีข้อมูลการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7. ข้อจำกัดของการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา

นับตั้งแต่ประเทศไทยเริ่มมีการประกาศใช้หลักสูตรการสอนวิทยาศาสตร์ ใน พ.ศ. 2438 เป็นต้นมา (พนัส วิมุกตายน. 2521 : 27-154) หลักสูตรการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ได้รับการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้มีความสอดคล้องกับสภาพของสังคมอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจนถึงปัจจุบันนี้กล่าวได้ว่า หลักสูตรวิทยาศาสตร์ยังคงต้องได้รับการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลง เพื่อที่จะปรับให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมและวิทยาการทางวิทยาศาสตร์

ข้อควรสังเกตที่สำคัญประการหนึ่งก็คือ แม้ว่าหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันจะมีการปรับปรุงจากหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2521 มาเป็นหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) แล้วก็ตาม (กรมวิชาการ. 2533) การนำหลักสูตรวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสอนตามโรงเรียนมัธยมศึกษาทั่วประเทศ เท่าที่ผ่านมานั้น มักพบข้อจำกัดที่เกิดจากการนำหลักสูตรไปใช้ในประเด็นใหญ่ๆ ที่สำคัญ 7 ประเด็น ดังต่อไปนี้

- 1) ด้านที่เกี่ยวกับความไม่เหมาะสมของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ใช้สอนกับเวลา
- 2) ด้านที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

- 3) ด้านที่เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรและพฤติกรรมการสอนของครูวิทยาศาสตร์
- 4) ด้านที่เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรกับการสนองความต้องการของผู้เรียนและท้องถิ่น
- 5) ด้านที่เกี่ยวกับการเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์กับสิ่งแวดล้อมและการดำรงชีวิตประจำวัน
- 6) ด้านที่เกี่ยวกับความทันสมัยของเนื้อหาวิทยาศาสตร์กับการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
- 7) ด้านที่เกี่ยวกับการเตรียมพร้อมของนักเรียนให้มีความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงปัญหาแต่ละส่วนดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจะขอกล่าวเป็นกรณีๆ ดังนี้

ในด้านที่เกี่ยวกับความไม่เหมาะสมของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ใช้สอนกับเวลา พบว่าเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่บรรจุไว้ในหลักสูตรนั้นในแต่ละภาคเรียนมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน (กรมวิชาการ. 2523 : 1-3) และในแต่ละระดับชั้นก็ยังมีเนื้อหาที่ครูผู้สอนไม่สามารถนำมาสอนได้จริงตามวิธีการที่กำหนดไว้ได้ทั้งหมด (เฉลิม รอดหลง. 2529 : บทคัดย่อ) บางเนื้อหาที่มีความยาก ซึ่งจะต้องใช้เวลาค่อนข้างมากเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ (มันทนา จงสุขสันตติกุล. 2524 : 24 ; ประวิทย์ มาดีประเสริฐ. 2536 : 34) นอกจากนี้แล้วเนื้อหาวิทยาศาสตร์จำเป็นจะต้องช่วยให้นักเรียนมีความรู้พื้นฐานเพียงพออีกด้วย ปัจจุบันมักจะเน้นในด้านวิชาชีพค่อนข้างมาก ทำให้ไม่มีเวลาพอที่จะให้นักเรียนได้ฝึกทักษะและมีทักษะเพียงพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการประกอบอาชีพ (กรมวิชาการ. 2532 : 14)

ในด้านที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ พบว่าส่วนใหญ่เป็นเรื่องเกี่ยวกับครูผู้สอนขาดความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะสอนให้แก่นักเรียน (ถวิล มาตรเลี่ยม และคณะ. 2522 : 32) และที่เป็นอุปสรรคอย่างหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการจัดการเรียนการสอนคือ จำนวนของนักเรียนที่มากเกินไป สภาพห้องเรียนที่ไม่เหมาะสม ซึ่งมีผลทำให้ครูผู้สอนไม่สามารถสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ได้ จึงส่งผลให้เกิดปัญหาการเรียนแล้วไม่เข้าใจ เนื่องจากนักเรียนมีความรู้พื้นฐานที่แตกต่างกัน ในท้ายที่สุดก็จะทำให้นักเรียนขาดความรับผิดชอบในการเรียนรู้ (มังกร ทองสุตติ. 2527 : 54)

ในด้านที่เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในหลักสูตร และพฤติกรรมการสอนของครูวิทยาศาสตร์ เมื่อพิจารณาจะเห็นได้ว่าในส่วนของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย จะมีลักษณะค่อนข้างกระจายกว้าง ครอบคลุมเนื้อหาระดับนานาชาติ และมีการเน้นเนื้อหาค่อนข้างมา แต่ไม่ลึกซึ้ง (พิศาล สร้อยบุรุษ. 2532 : 1-8 ; กรมวิชาการ. 2535 : 13-14 ; เดชา ศรีรัตน์. 2536 : 9) ซึ่งมีผลทำให้การเรียนการสอนแบบเน้นทักษะกระบวนการทำได้ยาก นอกจากนี้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ยังมีการเน้นเทคนิคมากเกินไป จนไม่กระตุ้นให้

นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังให้ความสำคัญต่อหลักการทางวิทยาศาสตร์น้อยเกินไป หลักสูตรวิทยาศาสตร์ควรจัดให้มีทั้งส่วนที่เป็นหลักสูตรแกน สำหรับให้ทุกคนได้เรียนเหมือนกันทั่วประเทศ และหลักสูตรสำหรับเลือกเรียนตามความสนใจ ความถนัดและความสามารถ (ยงยุทธ ยุทธวงศ์. 2535 : 5) จากเหตุผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การสอนวิทยาศาสตร์นั้นได้มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามก็ยังคงพบว่าการสอนวิทยาศาสตร์ ครูสอนวิทยาศาสตร์ยังคงเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้แต่เพียงฝ่ายเดียว ทำให้นักเรียนขาดประสบการณ์ในการคิดอย่างมีระบบ เนื่องจากไม่ได้รับการฝึกให้คิดด้วยตนเอง (จินตนา จามระดิษ. 2529 : 74-77) อีกทั้งหลักสูตรวิทยาศาสตร์ยังเน้นความสำคัญเพื่อการศึกษาต่อเป็นหลัก (กรมสามัญศึกษา. 2534 : 21, 75 ; ชนิดา รักษ์พลเมือง และคณะ. 2527 : 288-290 ; กรมวิชาการ. 2532 : 86-88 ; ยุพา ตันติเจริญ. 2531 ; กรมวิชาการ. 2532 : 50 ; พนม พงษ์ไพบูลย์. 2536 : 7) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การจัดกระบวนการเรียนการสอนไม่เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นการรื้อรอนความเสมอภาคทางการศึกษาและคุณภาพชีวิต รวมถึงการทำให้นักเรียนขาดความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง ขาดการฝึกการใช้ความคิดในการวินิจฉัยปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสังคมอย่างมีระบบ ไม่สามารถนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่เรียนหรือความรู้ทางเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน (สุริมาศ ธนพุดิบัติ. 2524 : 77-78) อย่างไรก็ตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์ควรเน้นกระบวนการเรียนรู้และการฝึกปฏิบัติให้มาก (ฉลองภพ สุตังกรกาญจน์. 2536 : 7) และจะต้องมีการวางพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์ให้ทันกับวิวัฒนาการของเทคโนโลยี และเน้นให้นำความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ในการประกอบอาชีพ รวมทั้งการส่งเสริมนิสัยใฝ่หาความรู้และความมีสุนทรียภาพในการดำรงชีวิต (กรมวิชาการ. 2532 : 18) ในด้านที่เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรกับการสนองความต้องการของผู้เรียนและท้องถิ่น เป็นข้อจำกัดอีกประการหนึ่งที่ทำให้การศึกษาวิทยาศาสตร์ไม่บรรลุเป้าหมายเท่าที่ควร จากการศึกษาข้อจำกัดการใช้หลักสูตรพบว่า การนำสิ่งที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์มาใช้ในการสอนจริงมีปัญหาค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในเรื่องเนื้อหาวิชาไม่คำนึงถึงความแตกต่างของท้องถิ่น ไม่สอดคล้องกับวิถีชีวิตของประชาชน ไม่เหมาะสมกับความเป็นจริงของท้องถิ่น ไม่สามารถสนองความสนใจและความต้องการของผู้เรียนและท้องถิ่น (อานวย สันธุโคตร. 2525 : บทคัดย่อ ; ณรงค์ฤทธิ์ ศักดาธณรงค์. 2536 : 63) เท่าที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าการสอนวิทยาศาสตร์มักจะมุ่งเน้นเฉพาะในส่วนเนื้อหาในตำรา ไม่ได้สอนให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้เพื่อแก้ปัญหาในสังคม (ลัดดาวัลย์ กัมมะสุวรรณ. 2536 : 26) ซึ่งแท้ที่จริงแล้วการสอนวิทยาศาสตร์ไม่ควรมุ่งแต่สอนทฤษฎีเท่านั้น แต่จะต้องแฝงคุณธรรม จริยธรรม และควรให้มีการเสริมการเรียนรู้จากภูมิปัญญาชาวบ้านผสมผสานเข้าไปด้วย (บรรจง พงศ์ศาสตร์. 2536 : 26) ด้วยเหตุนี้หลักสูตรใหม่ของ

วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายควรจะมีลักษณะยืดหยุ่นตามสภาพและความต้องการของท้องถิ่น โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถนำความรู้ ทักษะจากแหล่งวิทยาการ สถานประกอบการ ไปใช้ในการดำรงชีวิตในการประกอบอาชีพ และแก้ไขปัญหาของท้องถิ่นได้ (กรมวิชาการ. 2532 : 1) ในส่วนของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในหลักสูตร ควรมีการสอดแทรกเรื่องราวทางเทคโนโลยีให้มากขึ้น โดยเริ่มจากสิ่งที่อยู่รอบตัวที่เป็นพื้นฐานในการดำรงชีวิต อีกทั้งยังจะต้องส่งเสริมให้เกิดทักษะทางวิทยาศาสตร์ และความรู้ความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนอิทธิพลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อมวลมนุษย์ โดยอาศัยกระบวนการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นวิธีการนำไปสู่การเป็นผู้มีความใฝ่รู้ (มุสตี ตามไท. 2531 : 6-7)

ในด้านที่เกี่ยวกับการเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์กับสิ่งแวดล้อม และการดำรงชีวิตประจำวัน โดยส่วนใหญ่เรามักจะพบว่าที่ผ่านมาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ แม้จะมีการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับสิ่งแวดล้อมอยู่บ้าง แต่ก็ถือว่ายังน้อยมาก หลักสูตรควรใช้สิ่งแวดล้อมเข้ามามีส่วนช่วยในการเรียนรู้ของนักเรียน (กรมวิชาการ. 2531 : 18-19 ; ยุพา อุดมศักดิ์. 2530 : 11) โดยครูจะต้องรู้จักการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สอนกับการพัฒนาของนักเรียน (กรมวิชาการ. 2531 : 19-22 ; พระนอม แก้วกำเนิด. 2531 : 23) ดังที่กล่าวมานี้การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ ควรจะต้องพัฒนาให้ผู้เรียนเป็นคนมีเหตุผล และฝึกฝนความสามารถทางสมองให้รอบรู้วิชาวิทยาศาสตร์ และวิชาทางด้านสังคมศาสตร์ ให้สามารถนำความรู้มาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเพื่อจะได้มีความรู้ความสามารถที่จะออกไปประกอบอาชีพเลี้ยงตนเองได้อย่างเหมาะสม (พจน์ สะเพียรชัย. 2536 : 36)

ในด้านที่เกี่ยวกับความทันสมัยของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ รับการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์เป็นที่เห็นพ้องต้องกันว่า หลักสูตรวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันมีความสอดคล้องกับ ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วค่อนข้างน้อย และหลักสูตรมีลักษณะไม่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาความสามารถของนักเรียนให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ในสังคมได้ (วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2530 : 4-10 ; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538 : 1) โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลักสูตรในปัจจุบันควรบังคับให้ผู้เรียนได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นวิชาที่ฝึกทักษะที่เป็นประโยชน์สำหรับใช้ในการประกอบอาชีพและการทำงานอื่นๆ (กรมวิชาการ. 2531 : 12 ; ภิญญู สาธ. 2530 : 32) สำหรับในส่วนของเนื้อหาที่มีความไม่ทันสมัย ควรมีการปรับปรุงให้มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน และควรให้ความรู้พื้นฐานที่เป็นประโยชน์สำหรับนักเรียนที่ไม่มีโอกาสเรียนต่อ (พิศาล สร้อยธุหร่า. 2532 : 8 ; กรมวิชาการ. 2531 : 59-60) ด้วยเหตุนี้ การศึกษาวิทยาศาสตร์ควรมีการพัฒนากระบวนการเรียนขั้นพื้นฐานให้มีความเหมาะสมมากขึ้นและควรมีการประยุกต์เทคโนโลยีมาใช้ให้เกิดประโยชน์

ในอดีตที่ผ่านมา จะสังเกตเห็นว่า นักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ไม่เคยได้รับการฝึกให้เตรียมพร้อมสำหรับอนาคต (กรมวิชาการ. 2532 : 146) อย่างไรก็ตาม หลักสูตรวิทยาศาสตร์จะต้องเตรียมให้นักเรียนมีความพร้อมทั้งด้านความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การคิดอย่างมีเหตุผล การเรียนรู้วิธีหาความรู้ การทำงานเป็นกลุ่ม และควรเน้นในเรื่องความซื่อสัตย์สุจริต การเอาจริงเอาจังและมีความรับผิดชอบในการทำงานให้มากขึ้น (สิปปพันธ์ เกตุทัต. 2531 ; กรมวิชาการ. 2531 : 15-16) นอกจากนี้หลักสูตรวิทยาศาสตร์จะต้องเน้นให้นักเรียนมีเจตคติและค่านิยมที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อจุดหมาย 2 ประการคือ การเตรียมคนให้เป็นนักวิทยาศาสตร์และสามารถนำความรู้ในวิชาไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน (กรมวิชาการ. 2531 : 52-56 ; พิจิตต รัตกุล. 2530 : 13)

8. สภาพการจัดการศึกษาระดับมัธยมศึกษาของไทย

8.1 การจัดการศึกษาระดับมัธยมศึกษาในอนาคต

การจัดการศึกษาของชาติ ถือได้ว่าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะการจัดการศึกษาเพื่อให้เกิดความสอดคล้องตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ซึ่งการดำเนินการในลักษณะดังกล่าวจะเป็นไปด้วยความยากลำบาก ในขณะที่สังคมไทยมีการเปลี่ยนแปลงในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว ตามกระแสของการเปลี่ยนแปลงของโลกในปัจจุบัน ซึ่งส่งผลกระทบอย่างมากต่อการจัดการศึกษาของไทย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2534 : 46-48) ด้วยเหตุนี้การจัดการศึกษาจึงมีความจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงสภาพของเศรษฐกิจ สภาพของสังคม สภาพความต้องการของสังคมและสภาพของผู้ที่เข้ารับการศึกษ โดยเฉพาอย่างยิ่ง การจัดการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา ซึ่งถือได้ว่าเป็นมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากในปัจจุบันมีนโยบายให้ขยายโอกาสทางการศึกษาเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้การจัดการศึกษาระดับมัธยมศึกษาสมควรได้รับการพิจารณาเป็นพิเศษ เพื่อรองรับผู้เรียนที่ได้รับการขยายโอกาสทางการศึกษา และเป็นแนวทางในการส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาคุณภาพของผู้เรียน ซึ่งจะเป็นกำลังสำคัญในการมีส่วนร่วมช่วยพัฒนาประเทศชาติในอนาคต

กรมวิชาการ ในฐานะหน่วยงานที่มีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาได้ดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ของแนวการจัดการศึกษาระดับมัธยมศึกษาในทศวรรษ 1990 ซึ่งจากการศึกษาค้นพบสาระสำคัญที่สามารถสรุปเป็นประเด็นใหญ่ๆ 4 ประเด็น ดังต่อไปนี้

ประเด็นที่ 1 ในส่วนของเป้าหมายของการจัดการศึกษาของไทยในทศวรรษหน้า (พ.ศ. 2533-2534) มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีพัฒนาการทั้งด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ และสังคม โดยอาศัยกระบวนการเรียนรู้ตลอดชีวิต เพื่อเสริมศักยภาพในแต่ละบุคคล และใช้เทคโนโลยี

ให้สอดคล้องกับสภาพของสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการให้ความรู้ที่ทันสมัยอย่างเพียงพอในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและรู้คุณค่าของภูมิปัญญาชาวบ้าน รู้จักคิดวิเคราะห์เชิงวิทยาศาสตร์ รู้จักคิดแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล และมีความรู้เรื่องอาหารและโภชนาการ สุขภาพอนามัย รวมถึงการเรียนรู้ชีวิตและสังคมเพื่อปรับตัวให้เข้ากับสังคม สภาพเทคโนโลยี และสามารถประกอบอาชีพการงานตามความถนัดและความสนใจ

ประเด็นที่ 2 ในด้านการจัดการศึกษาเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย จำเป็นจะต้องอาศัยความร่วมมือจากหน่วยงานของรัฐและเอกชน รวมถึงผู้เกี่ยวข้องที่อยู่ในท้องถิ่น และสถาบันครอบครัว ให้มีบทบาทในการบริหารและจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพท้องถิ่น โดยยึดนโยบายหลักของการจัดการศึกษา เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงเครือข่ายการเรียนรู้ในสังคม อันจะก่อให้เกิดประโยชน์ทางการศึกษาต่อสังคม

ประเด็นที่ 3 ในส่วนของหลักสูตรมัธยมศึกษา ควรจัดเป็น 2 สายคือสายสามัญและสายอาชีพ โดยเฉพาะหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น ควรจัดให้เป็นลักษณะบูรณาการความรู้ในวิชาต่างๆ เข้าด้วยกัน โดยจัดหลักสูตรให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนและท้องถิ่น ซึ่งท้องถิ่นควรมีบทบาทในการจัดหลักสูตรวิชาเลือกให้เหมาะสมเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้เรียนที่จะแสวงหาอาชีพที่เหมาะสมกับทักษะและความถนัดของตนเอง

ประเด็นที่ 4 ในด้านที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ครูควรเปลี่ยนบทบาทเป็นเพียงผู้กำกับดูแลประสานงาน และควรเน้นกิจกรรมที่หลากหลายทั้งภายในและภายนอกโรงเรียน โดยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จริงจากการศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองให้รู้จักกระบวนการแก้ปัญหาโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และการวิเคราะห์ปัญหาเชิงวิจัย (Research oriented) โดยเฉพาะในวิชาวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะ เจตคติ และจิตนาการทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม (กรมวิชาการ. 2536 : 19-33)

8.2 แนวโน้มการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาในอนาคต

ในส่วนที่เกี่ยวกับแนวโน้มการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ในอนาคต ได้มีนักการศึกษาแสดงทัศนะไว้อย่างกว้างขวางและหลากหลาย ในที่นี้จะนำทัศนะของชัยวัฒน์ คุประตกุล (2537 : 1-80) ที่กล่าวถึงแนวโน้มการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาในอนาคตมากล่าวถึงโดยสังเขปดังนี้

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จัดเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาธรรมชาติ และปรากฏการณ์ต่างๆ ตลอดจนการแสวงหาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ด้วยเหตุนี้การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงเป็นส่วนที่มีความสำคัญ และควรได้รับการพิจารณาอย่างจริงจังพิเคราะห์ในการจัดมวลความรู้ต่างๆ เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์อันสูงสุดต่อระบบการศึกษา

การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ ควรพิจารณาที่เป้าหมายสูงสุด กล่าวคือการทำให้สมาชิกในสังคมมีคุณภาพชีวิตที่ดี ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการที่สมาชิกของสังคมได้รับการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับต่าง ๆ ตั้งแต่ระดับพื้นฐานโดยการศึกษาภาคบังคับ จนถึงระดับสูงสุด โดยการศึกษาในระดับอุดมศึกษาถึงขั้นปริญญาเอก การศึกษาดังกล่าวนี้นี้ มีความสำคัญที่ทำให้สมาชิกของสังคม สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างมีคุณภาพที่ดี โดยอาศัยความรู้ความสามารถและประสบการณ์ที่ได้รับจากการศึกษาเพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ตามแนวทาง 3 ประการคือ

1) เพื่อการประกอบอาชีพ การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์จะต้องมีส่วนช่วยผลิตบุคลากรให้เป็นนักวิทยาศาสตร์และนักเทคโนโลยี โดยบุคลากรสามารถนำความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์มาใช้ในการประกอบอาชีพ เพื่อสร้างเสริมรายได้ของครอบครัวและฐานะทางเศรษฐกิจของประเทศ

2) เพื่อการเป็นส่วนหนึ่งของสังคม กล่าวคือ การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์จะต้องช่วยให้สมาชิกของสังคมสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างมีคุณค่า โดยให้การศึกษาที่สร้างจิตวิญญาณในหน้าที่รับผิดชอบของตน เพื่อจรรโลงสังคมให้เป็นสังคมที่ดีด้วยการสร้างสังคมที่เป็นวิทยาศาสตร์และมีระบบ ซึ่งยึดมั่นในหลักของเหตุผลและไม่มุงมาย โดยให้เกิดความเข้าใจและยึดปฏิบัติตั้งแต่ระดับเล็กที่สุด คือ ครอบครัว จนถึงระดับประเทศและระดับโลก

3) เพื่อการเป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศ กล่าวคือการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์จะต้องช่วยให้มนุษย์ได้ตระหนักถึงบทบาท และความรับผิดชอบของตนที่จะมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาสภาพแวดล้อม ตลอดจนการอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างเหมาะสมกับการพัฒนาประเทศ โดยการพัฒนาสภาพแวดล้อมแบบการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable development)

เมื่อพิจารณาการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น จะสังเกตเห็นได้ว่ามีความจำเป็นที่จะต้องเน้นให้ผู้ได้รับการศึกษาได้เตรียมตัว ที่จะรับกระแสการเปลี่ยนแปลงของโลกที่นับวันจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นรวดเร็ว หลากหลายและรุนแรงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดกระบวนการศึกษาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบไปจากการถ่ายทอดความรู้จากครูคนเดียว ไปเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความสนุกสนานที่ใช้บทบาทร่วมกันหรือนักเรียนมีบทบาทมากขึ้น นอกจากนี้ยังควรมีการสอนที่เน้นในเรื่องของบทบาท และผลกระทบจากเทคโนโลยีต่อสังคมด้วย

อย่างไรก็ตามจากการศึกษาสภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมในปัจจุบัน โดยกรมวิชาการ (2534 : 245-247) พบว่าหลักสูตรวิทยาศาสตร์เน้นเนื้อหาความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับโลก ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ ส่วนวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ชนบทวิทยาและสาธารณสุขศาสตร์ จะเน้นความสำคัญลดน้อยลงในด้านการจัด

การเรียนการสอนในชั้นเรียน เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์สำหรับชีวิตประจำวัน กิจกรรมที่จัดขึ้นมุ่งเน้นการฝึกทักษะเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการดำรงชีวิตและแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน สำหรับในด้านของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น พบข้อสังเกตว่านักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ แต่ด้านความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ยังอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้เป็นปัญหาสำคัญและได้รับการพิจารณาแก้ไขตลอดมา โดยเฉพาะในประเทศไทยเท่านั้น จากผลการวิจัยทั่วโลกในปัจจุบัน พบว่า ในระดับมัธยมศึกษาการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์มีปัญหาหลายประการดังต่อไปนี้

1) เนื้อหาวิชามีการผสมผสานกันระหว่างวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคมน้อยมาก
2) นักเรียนหญิงไม่สนใจ และไม่เห็นความสำคัญในวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3) ครูผู้สอนขาดการพัฒนาในด้านความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ จากสภาพปัญหาดังกล่าวข้างต้น กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ ได้เสนอแนะให้มีการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เกิดความสอดคล้องและมีความเหมาะสมสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยดังต่อไปนี้ (กรมวิชาการ. 2534 : 245-247)

1) เนื้อหาวิชา ควรจัดให้มีความสอดคล้องกันระหว่างวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม สำหรับบทเรียนและกิจกรรมการเรียนการสอนควรจัดให้มีความเหมาะสมกับสังคมท้องถิ่น ซึ่งควรมีการจัดเนื้อหาที่เป็นหลักสูตรแกนกลางสำหรับนักเรียนทุกคน เพื่อให้เห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ควรเน้นการประยุกต์เนื้อหาวิทยาศาสตร์เพื่อการอาชีพ

2) จัดการส่งเสริมให้นักเรียนหญิงเกิดความสนใจและเห็นประโยชน์ของวิชาวิทยาศาสตร์

3) จัดการอบรมครูเพื่อเพิ่มคุณภาพความรู้ และประสิทธิภาพในด้านการสอนวิทยาศาสตร์

9. จุดมุ่งหมายของการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นับเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศเพื่อสร้างคุณภาพชีวิตและการกินดีอยู่ดีให้เกิดขึ้นกับประชาชนทั้งมวล การดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพของทุกคน จำเป็นต้องอาศัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากขึ้นทุกทีอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสามารถติดตามความก้าวหน้า และนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ที่มีคุณธรรมเท่านั้นจึงจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมปัจจุบันและอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นอกจากจะมีความสำคัญดังได้กล่าวมาแล้ว ในอีกแง่มุมหนึ่งยังมีความสำคัญในแง่ที่จะส่งเสริมให้ประเทศชาติสามารถยืนอยู่บนขาของตนเองทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ โดยไม่ต้องพึ่งพาต่างชาติอย่างมากดังเช่นที่เป็นอยู่ในปัจจุบันนี้

ดังนั้นจุดมุ่งหมายที่สำคัญยิ่งสองประการของการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีคือ

ประการที่ 1 เป็นการศึกษามูลฐานสำหรับประชาชนทุกคน เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ทั้งในด้านอาชีพเพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิต ตลอดจนใช้ทรัพยากรธรรมชาติและปกป้องสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม มีประสิทธิภาพมีศักยภาพและจิตวิญญาณในการแสวงหาความรู้เพิ่มเติมในการวินิจฉัยและแก้ปัญหา ตลอดจนมีการตัดสินใจที่เหมาะสม

ประการที่ 2 เป็นการศึกษาสำหรับกลุ่มคนที่มีความสนใจ และมีความถนัดเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อส่งเสริมให้เป็นนักวิจัย และพัฒนาที่มีความสามารถสามารถสร้างภูมิปัญญาไทย คือการสร้างองค์ความรู้ต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขึ้นเอง เพื่อนำส่งมอบไปสู่สังคมผู้ผลิต ลดการพึ่งพาต่างชาติทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและนำความมั่งคั่งมาสู่ประเทศ

10. หลักสูตรวิทยาศาสตร์

10.1 ความเป็นมาของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย

ประเทศไทยได้มีวิชาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ปรากฏในหลักสูตรการเรียนการสอนมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2438 เป็นต้นมา ในช่วงตั้งแต่ พ.ศ. 2438 จนกระทั่งถึง พ.ศ. 2480 มีการกำหนดจุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ในหลักสูตรเพียงบางฉบับ และบางระดับเท่านั้นเช่นในช่วงตั้งแต่ พ.ศ. 2438 ถึง พ.ศ. 2447 เป็นช่วงที่ใช้หลักสูตรฉบับแรก โดยเริ่มมี การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนเฉพาะประโยค 3 (ปีที่ 7, 8, 9, 10) ซึ่งเทียบได้กับระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในปัจจุบัน หลักสูตรดังกล่าวไม่ปรากฏจุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ ต่อมาในช่วงการใช้หลักสูตร พ.ศ. 2448 ก็ยังไม่ปรากฏจุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ให้เห็นชัดเจน และในช่วงตั้งแต่ พ.ศ. 2480 จนกระทั่งถึง พ.ศ. 2503 ในหลักสูตรก็ไม่ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ แต่จะมีบางฉบับที่กำหนดไว้และกำหนดไว้บางระดับชั้นเท่านั้น (พนัส วิมุกตายน. 2521 : 27-146)

ตั้งแต่ พ.ศ. 2503 เป็นต้นมา การศึกษาของไทยมีการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น นอกจากกระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบในเรื่องการ

กำหนดหลักสูตร วิธีสอนและการวัดผลแล้ว ยังมีหน่วยงานอื่นๆ เข้ามาช่วยปรับปรุง การสอนวิทยาศาสตร์ด้วย เช่น สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย องค์การศึกษา วิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นต้น และสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในปัจจุบันนี้ก็ถือว่าได้ใช้หลักสูตร พ.ศ. 2503 มาปรับปรุงและพัฒนา

10.2 จุดประสงค์ของวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

1) เพื่อให้มีความเข้าใจในหลักการ และทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชา วิทยาศาสตร์

2) เพื่อให้มีความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขตและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

4) เพื่อให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

5) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อม ในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

6) เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไปใช้ประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า (กรมวิชาการ. 2535 : 111)

ภพ เลหาไพบุลย์ (2537 : 86-88) กล่าวว่าในการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ที่จะให้ได้ผลดีนั้น จะต้องมีการกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของการสอน วิทยาศาสตร์ให้แน่ชัดเสียก่อนว่า ในระดับประเทศต้องการพลเมืองที่มีความรู้ความสามารถ อย่างไร จึงจะสามารถกำหนดวัตถุประสงค์ของหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องได้

สุเทพ อุสาหะ (2526 : 12) ได้ชี้ให้เห็นว่า เป้าหมายในการสอนวิทยาศาสตร์นั้น ควรให้การศึกษาก่อนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ให้เพียงพอ เป็นการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์เพื่อปวงชนให้พลเมืองส่วนใหญ่เป็นผู้มีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ในระดับถัดไปเป็นการศึกษาให้เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สำหรับผู้ที่จะประกอบ อาชีพ หรือวิชาชีพที่อาศัยเทคโนโลยีและในระดับสูงสุด เป็นการศึกษาวิทยาศาสตร์เพื่อเตรียมนักวิทยาศาสตร์ในสาขาวิชาต่างๆ

10.3 หลักสูตรวิทยาศาสตร์เพื่อตอบสนองความต้องการของท้องถิ่น

การจัดหลักสูตรการศึกษาเพื่อตอบสนองความต้องการของท้องถิ่น มีความสำคัญยิ่งที่จะช่วยให้ประชาชนได้บรรลุถึงความต้องการของตนเอง ความต้องการของท้องถิ่น และความต้องการของประเทศชาติ โดยมุ่งพัฒนาชีวิตของผู้เรียนให้ค้นพบความสามารถ ความถนัดเฉพาะตน เกิดความใฝ่รู้และสามารถที่จะหาความรู้เพิ่มเติมต่อไปได้ด้วยตนเอง

รู้จักวิเคราะห์ปัญหาและแก้ไขปัญหাসารวมของชุมชนที่ตนอาศัยอยู่อย่างมีระเบียบวิธี และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่สามารถนำความรู้ไปใช้ในการปรับปรุงการดำรงชีวิตในการประกอบอาชีพทั้งส่วนตนและสังคมให้ดียิ่งขึ้น (กรมการศึกษานอกโรงเรียน. 2523 : 36) ซึ่งหลักสูตรดังกล่าวในส่วนเนื้อหาวิชาจะยึดสังคมและสภาพแวดล้อมในท้องถิ่นที่เป็นจริงมาศึกษาปัญหาต่างๆ แล้วหาหนทางแก้ไขโดยใช้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (บังอร อนุเมธกุล. 2532 : 1) โดยเน้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับท้องถิ่น โดยเฉพาะหลักสูตรวิทยาศาสตร์ นอกจากจะจัดเพื่อสนองความต้องการของผู้เรียนและสอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่นแล้ว ยังต้องจัดให้กลมกลืนกับลักษณะที่เป็นจริงของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ด้วย (มังกร ทองสุตดี. 2521 : 2)

วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาขั้นพื้นฐานทั่วไปที่มนุษย์จำเป็นต้องเรียนรู้ เพราะมีประโยชน์มาก เช่น ช่วยให้เป็นผู้บริโภคและผู้ผลิตที่มีความสามารถช่วยให้เกิดความปลอดภัย ช่วยให้อุบัติภัยธรรมชาติให้เกิดประโยชน์ ช่วยให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้เกิดปรัชญาในการดำรงชีวิตและช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ในท้องถิ่น (ณิพร เลื่อนฤทธิ์. 2530 : 10 ; พัทธพงศ์ รักษ์พลเดช. 2532 : 104-111) ดังนั้นหลักสูตรวิทยาศาสตร์ จำเป็นจะต้องให้ความรู้และประสบการณ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ที่ก้าวหน้า มีความคิดริเริ่ม มีความคิดแบบวิทยาศาสตร์ มีความสามารถใช้เครื่องมือต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยอาศัยวิธีการของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการทำงานและการประกอบอาชีพ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. 2532 : 238-239 บังอร อนุเมธกุล. 2532 : 59-60) เนื้อหาของหลักสูตรควรปรับให้สอดคล้องกับสภาพชีวิตจริง สภาพเศรษฐกิจและสังคม วัฒนธรรมและทรัพยากรของท้องถิ่นเพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาชีวิต พัฒนาอาชีพ พัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของตนเอง ครอบครัวและท้องถิ่นได้มากยิ่งขึ้น (กรมวิชาการ. 2534 : 1-25 ; กรมสามัญศึกษา. 2535 : 32 ; ชูศักดิ์ แสนปัญญา. 2536 : 48-50 และ สุนน อมรวิวัฒน์. 2536 : 26)

ด้วยเหตุดังกล่าวแล้วข้างต้น การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง จึงยึดตามหลักการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สำหรับท้องถิ่น เช่น การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ให้เรียนจากการปฏิบัติการทดลอง เพื่อให้เกิดประสบการณ์ตรงและเนื้อหาของหลักสูตรสอดคล้องกับสภาพท้องถิ่น

การจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับจิตวิทยาการเรียนรู้

1. การรับรู้และการเรียนรู้ของมนุษย์

1.1 การรับรู้ของมนุษย์

มนุษย์เป็นสัตว์สังคมที่มีความต้องการการรับรู้ตลอดเวลา โดยเฉพาะจะรับรู้ได้ดีกับสิ่งที่เราใจและความหมายเท่านั้น การรับรู้จึงเป็นขั้นตอนที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้และเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม จากจุดๆ นี้จึงเป็นที่น่าสังเกตว่าหากสังคมรู้จักใช้ความอยากรู้อยากเห็นของมนุษย์มาพิจารณาและหาทางพัฒนาศักยภาพให้เหมาะสมแล้ว สังคมจะสามารถใช้มนุษย์ให้เป็นประโยชน์ต่อองค์การมากมาย ในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์จะมุ่งเน้นการเรียนรู้แบบตั้งใจ โดยผู้เรียนจะมีจุดมุ่งหมายของการเรียนมีแผนและมีการประเมินผล

กระบวนการรับรู้ของมนุษย์ประกอบด้วย

1) มนุษย์จะเลือกรับรู้ ตอบสนองต่อสิ่งเร้าบางอย่าง มนุษย์จะไม่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าทุกอย่างที่ได้รับจากสิ่งแวดล้อมนั้น มนุษย์จะมุ่งเลือกตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่คุ้นเคยยาวนาน ความรู้สึกภายใน ตามเจตคติและตามความเหมาะสมในสถานการณ์ในขณะนั้นๆ

2) การรับรู้มีผลมาจากความรู้สึกภายในที่มีต่อสิ่งเร้า และกระทบต่อบุคคลอย่างใกล้ชิด มนุษย์จะไม่รับรู้สิ่งแรกที่มองเห็น ความแตกต่างของการรับรู้มาจากความแตกต่างของระยะใกล้-ไกล ของวัตถุที่บุคคลนั้นมองเห็น

3) การจัดจำพวกและลักษณะวัตถุมีอิทธิพลต่อการรับรู้ บุคคลจะจัดจำพวกของวัตถุ โดยยึดหลักความเหมือนและความใกล้ชิด มนุษย์จะแยกความแตกต่างระหว่างแสงสว่างและความมืดออกจากกัน หรือความแตกต่างในวิธีการจัดจำพวกของวัตถุเหล่านั้น บุคคลมักจะมีการรับรู้แตกต่างกันเนื่องจาก

3.1) มนุษย์อาจจะได้รับอิทธิพลจากความสามารถ หรือความพร้อมที่จะแยกเอกลักษณ์ของวัตถุและการตอบสนองสิ่งเร้าที่สามารถสัมผัสได้

3.2) เมื่อบุคคลต้องพิจารณาหรือต้องรับรู้วัตถุและสิ่งต่างๆ ที่ซับซ้อนยุ่งยาก รับรู้อาจจะตอบสนองต่อสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับความคิดในขณะนั้น เช่น ความพยายามจะประเมินค่าความซื่อสัตย์ผู้รับรู้ และแสดงออกมาว่าคนที่ถูกประเมินนั้นซื่อหรือไม่ซื่อเป็น องค์ประกอบในการพิจารณาความซื่อสัตย์ด้วย

3.3) เมื่อจะต้องรับรู้สิ่งที่เป็นนามธรรม บุคคลมักจะได้รับอิทธิพลจากอารมณ์ อารมณ์จะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพิจารณากำหนดสิ่งที่มองเห็น

3.4) ผู้รับรู้หรือวินิจฉัยจะพิจารณาหลักฐานการรับรู้ต่างๆ จากแหล่งที่ตนชอบหรือเคารพนับถือแหล่งที่ตนรู้จักมากกว่าหลักฐานจากแหล่งอื่น

3.5) บุคคลจะไม่สามารถแยกเอกลักษณ์ได้ เนื่องจากสิ่งของที่รับรู้มันเป็นสิ่งที่ไม่น่าสนใจ ถ้าผู้รับรู้ตระหนักถึงปัจจัยเหล่านี้แล้วก็จะไม่สนใจการรับรู้ นั่นคือบุคคลนั้นจะลืมหรือจำรายละเอียดสิ่งของนั้นไม่แม่นยำ แน่แน่นอนเท่าที่ควร

1.2 การเรียนรู้ของมนุษย์

การเรียนรู้กับพฤติกรรมมีความเกี่ยวข้องกัน ผลของการเรียนรู้ไม่ว่าจะเกิดจากประสบการณ์ตามธรรมชาติหรือโดยครูเป็นผู้จัดให้ ก็ตามย่อมมีผลต่อพฤติกรรมที่แสดงออกทั้งสิ้น นักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายของการเรียนรู้ได้หลายทัศนะ เช่น กานเย่ (Gagné. 1985 : 2-3) กล่าวว่า การเรียนรู้คือการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพหรือความสามารถของบุคคล อันเนื่องจากสถานการณ์ที่ได้ถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นย่อมจะคงอยู่หรือปรากฏให้เห็นได้พอสมควร และการเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่ค่อนข้างจะถาวร ซึ่งเป็นผลจากประสบการณ์และการให้ตัวเสริมแรง (De Cecco. 1968 : 243) สอดคล้องกับ ครอนแบค (Cronbach. 1970 : 71) ซึ่งกล่าวว่าการเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอันเป็นผลมาจากประสบการณ์ นอกจากนี้การเรียนรู้ยังเป็นการเพิ่มพูนและปรุงแต่งระบบความรู้ ทักษะนิสัยหรือการแสดงออกต่างๆ อันเป็นผลมาจากมีสิ่งมากระตุ้นอินทรีย์โดยผ่านทางประสบการณ์การปฏิบัติหรือการฝึกฝน ซึ่งการเรียนรู้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเพียงอย่างเดียว ที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนั้นๆ

สรุปได้ว่า การเรียนรู้คือการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมโดยอาศัยประสบการณ์และพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปนั้น ย่อมทำให้บุคคลแสดงปฏิกิริยาตอบสนองต่อสถานการณ์ต่อไปด้วยพฤติกรรมที่แตกต่างไปจากครั้งก่อน คือสามารถทำได้รวดเร็วขึ้นและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และการเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีความต่อเนื่องกันอย่างถาวรของพฤติกรรมอันเนื่องมาจากประสบการณ์ ซึ่งเป็นผลมาจากการฝึกฝน และเป็นกระบวนการเพิ่มพูนและปรุงแต่งระบบความรู้ ทักษะนิสัยหรือการแสดงออกต่างๆ อันเป็นผลมาจากมีสิ่งมากระตุ้นอินทรีย์โดยผ่านทางประสบการณ์การปฏิบัติหรือการฝึกฝน

1.3 ลักษณะทั่วไปของการเรียนรู้

ธรรมชาติการเรียนรู้ของบุคคล มีลักษณะดังนี้

1) การเรียนรู้ เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่ค่อนข้างถาวร
2) การเรียนรู้ ย่อมมีการแก้ไขปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอันเนื่องมาจากประสบการณ์ มิใช่ชั่วคราว

3) การเรียนรู้ เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมซึ่งไม่เฉพาะแต่ที่เห็นได้ชัด แต่รวมถึงพฤติกรรมบางอย่างที่ซับซ้อน เช่น การรับรู้อารมณ์ และการคิดหาเหตุผล ทั้งนี้โดยอาศัยประสบการณ์ในชีวิต

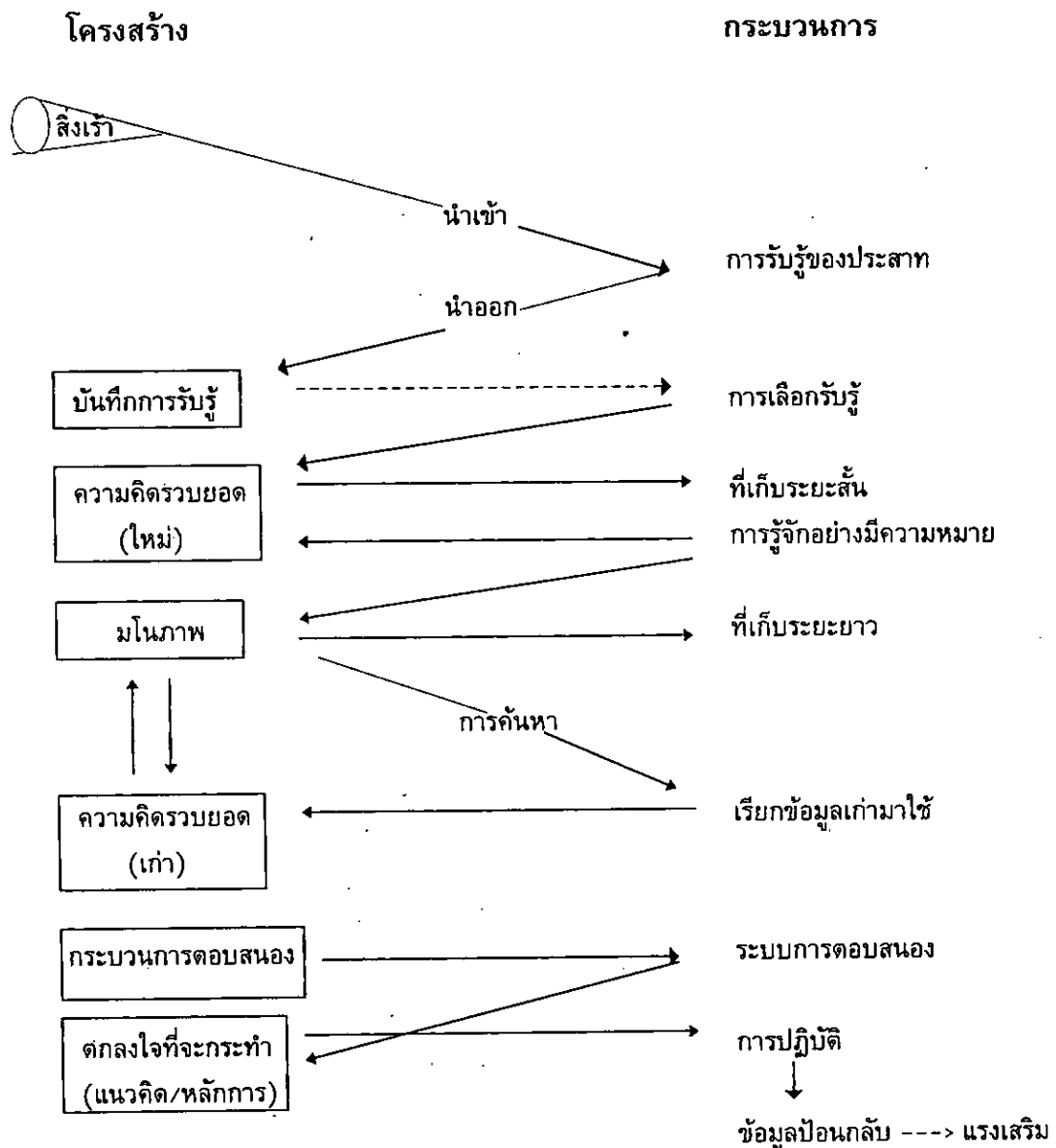
- 4) การเรียนรู้ ไม่ใช่วุฒิภาวะแต่การเรียนรู้อาศัยวุฒิภาวะ
- 5) การเรียนรู้ จะเกิดขึ้นได้ง่าย ถ้าเรียนในสิ่งที่มีความหมายต่อผู้เรียน
- 6) การเรียนรู้ จะแตกต่างกันแต่ละบุคคลและตามวิธีการในการเรียน
- 7) การเรียนรู้ หมายถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทั้งสองทาง คือ ทั้งด้านดี

และด้านไม่ดี

- 8) การเรียนรู้ เกิดได้จากประสบการณ์ตรงและประสบการณ์ทางอ้อม
- 9) การเรียนรู้ จะบังเกิดผลดีเมื่อผู้เรียนมีจุดมุ่งหมาย มีความต้องการ มีความ

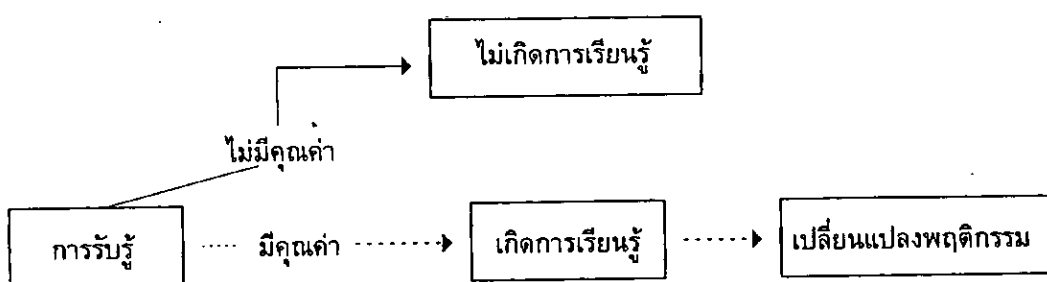
สนใจ และลงมือกระทำด้วยตัวเอง

วิชย วงษ์ใหญ่ (2535 : 31) เสนอแผนภูมิแสดงกระบวนการเรียนรู้ซึ่งจะพบว่ามีขั้นตอนต่างๆ หลายขั้นตอน ก่อนที่มนุษย์จะแสดงพฤติกรรมหรือเกิดการเรียนรู้ เริ่มตั้งแต่ประสาทรับสิ่งเร้า จากนั้นก็จะบันทึกการรับรู้ที่ได้จากสิ่งเร้าซึ่งมีจำนวนมาก ประสาทจะเลือกรับรู้สิ่งเร้าบางอย่างเท่านั้น จากนั้นก็จะส่งการรับรู้ในรูปความคิดรวบยอดไปยังที่เก็บความจำระยะสั้น จากนั้นจึงแปลงเป็นมโนภาพเพื่อเก็บเป็นความจำระยะยาวๆ และความจำดังกล่าวจะถูกเรียกมาใช้ เมื่อต้องมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้านั้น จึงสรุปได้ว่ามนุษย์จะเลือกเรียนรู้จากสิ่งเร้าที่มีความหมายเท่านั้น ดังแสดงในภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 แสดงกระบวนการเรียนรู้

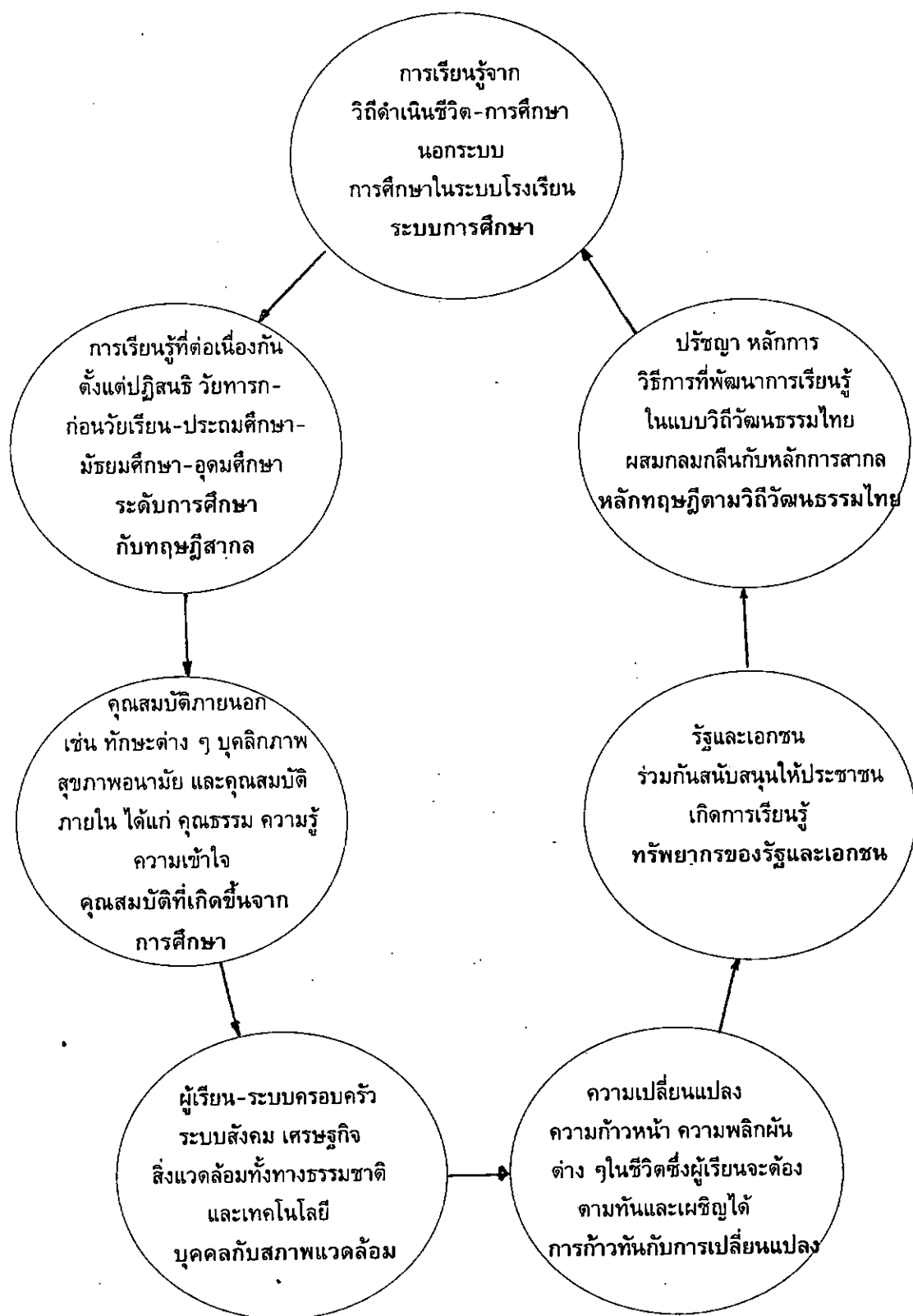
จากที่กล่าวข้างต้นการรับรู้จะเกิดก่อน จากนั้นก็จะส่งต่อให้เกิดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม แต่หากการรับรู้ครั้งนั้นไม่มีคุณค่า หรือสอดคล้องกับตนเอง บุคคลก็จะไม่ส่งต่อเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 สรุปขั้นตอนการรับรู้ถึงการเรียนรู้

สมน อมรวิวัฒน์ (2531 : 233) กล่าวว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นจากการรับรู้และปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมที่มีความหลากหลาย ดังนั้นการกำหนดกระบวนการเรียนรู้จึงต้องมีความเชื่อมโยงกันในหลายองค์ประกอบ การเชื่อมโยงของกระบวนการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับวิถีดำเนินชีวิตไว้ 7 ลักษณะดังนี้

- 1) การเชื่อมโยงกันของการเรียนรู้ตามธรรมชาติ การเรียนรู้ในระบบโรงเรียน และการเรียนรู้จากการศึกษานอกระบบโรงเรียน
 - 2) การเรียนรู้ที่มีความต่อเนื่องกันนับตั้งแต่เด็กปฐมวัย การเตรียมความพร้อมก่อนวัยเรียน การเรียนรู้ในระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษา ระดับอุดมศึกษาและเป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต
 - 3) การเชื่อมโยงสัมพันธ์กันของคุณลักษณะที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้ ได้แก่ คุณสมบัติภายนอกคือสุขภาพอนามัย บุคลิกภาพ ความสามารถด้านต่าง ๆ ผสมกลมกลืนกับคุณสมบัติภายใน ได้แก่ คุณธรรม สุนทรียภาพ ความรู้ ความคิดและความสนใจใฝ่รู้
 - 4) การเชื่อมโยงระหว่างตัวผู้เรียนกับระบบครอบครัว ระบบสังคม สิ่งแวดล้อม ทั้งที่เป็นธรรมชาติและเทคโนโลยี ระบบเศรษฐกิจ การเมือง การปกครอง การศึกษาหรือการเรียนรู้ของผู้เรียน จะต้องไม่แยกตัวออกจากระบบชีวิตและสิ่งแวดล้อม
 - 5) การเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกันระหว่างอดีตปัจจุบันและอนาคต เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนก้าวทันกับการเปลี่ยนแปลง ความก้าวหน้า ความทันสมัย ซึ่งในขณะเดียวกันยังคงมีรากฐานของวัฒนธรรมดั้งเดิม สามารถปรับปรุง เปลี่ยนแปลง ให้เหมาะสมกับวิถีชีวิต ไม่เบี่ยงเบนไปสุดเหวี่ยง บ้าคลั่ง ในขณะเดียวกันก็ไม่อนุรักษนิยมยึดติดกับอดีตจนเกินไป เป็นการพัฒนาที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้ที่สมดุล
 - 6) การเชื่อมโยงระหว่างการจัดกระบวนการเรียนรู้กับการสนับสนุนของรัฐและองค์กรเอกชนด้วยความเข้าใจในสำคัญของการศึกษาอย่างถูกต้องและได้รับการสนับสนุนอย่างถูกวิธี
 - 7) การเชื่อมโยง ปรัชญา หลักการ ทฤษฎี วิธีการที่พัฒนาการเรียนรู้ในแบบวิถีวัฒนธรรมไทย กับหลักการที่เป็นสากลอย่างผสมผสานกลมกลืนกัน
- เพื่อให้ชัดเจน จึงขอเสนอแผนภาพแสดงการเชื่อมโยงกระบวนการเรียนรู้ในลักษณะทั้ง 7 ประการ ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 การเชื่อมโยงกระบวนการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับวิถีชีวิต

2. องค์ประกอบและตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้

การเรียนรู้ คือ การเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรม เช่น เปลี่ยนจากไม่รู้ เป็นรู้ เปลี่ยนจากทำไม่เป็น เป็นทำได้หรือทำเป็น เปลี่ยนจากความรู้สึกเฉยๆ เป็นรู้สึกชอบ หรือ ไม่ชอบ ดังนั้นในการจัดการศึกษาให้ได้ผลสัมฤทธิ์ดีนั้น มีความจำเป็นที่ผู้ที่จัดการศึกษาจะต้องระลึกถึงผลลัพธ์ของการดำเนินการว่าได้ผลคุ้มค่าเพียงใด . ผู้จัดการศึกษาจึงมีความจำเป็นต้องเข้าใจกลุ่มเป้าหมายให้ชัดเจนเพราะเงื่อนไขที่เคยประสบผลสำเร็จกับกลุ่มเป้าหมายหนึ่ง อาจไม่ได้ผลสำเร็จดีกับกลุ่มเป้าหมายอื่นก็ได้ เนื่องจากมีตัวแปรผันมากมาย

2.1 องค์ประกอบสำคัญที่มีต่อการเรียนรู้

การจัดการศึกษาในระบบที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยให้ความสำคัญของผลสัมฤทธิ์จะอยู่ที่ตัวผู้เรียนเป็นหลักแล้ว การเรียนรู้จะประกอบด้วยองค์ประกอบ 7 ประการของพฤติกรรม คือ

- 1) ความมุ่งหมาย หมายถึง สิ่งที่ผู้เรียนหวังว่าจะได้รับ
- 2) ความพร้อม หมายถึง ความสามารถที่จะเรียนซึ่งจะขึ้นอยู่กับระดับวุฒิภาวะทางกาย และสติปัญญาซึ่งเกี่ยวข้องกับชีววิทยา
- 3) สถานการณ์ หมายถึง สิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วย วัตถุ สิ่งของ สิ่งแวดล้อมบริบทและบุคคลอื่นๆ
- 4) การแปลความหมาย หมายถึง ความสามารถในการเชื่อมโยงประสบการณ์ที่ผ่านมา กับสิ่งที่จะเรียนรู้ใหม่
- 5) การตอบสนอง หมายถึง การกระทำตามวิธีการที่คาดว่าจะให้ผลสมความมุ่งหมาย
- 6) ผลที่ตามมา หมายถึง ผลของการกระทำมีทั้งที่ตรงตามความคาดหวังและตรงกันข้ามกับความหวัง
- 7) ปฏิกริยาต่อความผิดหวัง ความผิดหวังจะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนไม่สามารถสนองความต้องการหรือไม่บรรลุผลสำเร็จสมความมุ่งหมาย ซึ่งผู้เรียนอาจจะลองวิธีการอื่นๆ ที่คาดว่าจะทำให้บรรลุผลสำเร็จ หรืออาจเลิกล้มความมุ่งหมายเดิมก็ได้

นักจิตวิทยาท่านหนึ่งให้ความสำคัญขององค์ประกอบของการเรียนรู้คือกานเย่ (Gagné. 1960 : 361) โดยเสนอองค์ประกอบ 5 ประการ ในกระบวนการเรียนรู้ (Five domains of the learning process) ซึ่งประกอบด้วย

- 1) ทักษะจากการฝึกหัด (Motor skills) องค์ประกอบตัวนี้ก็เช่นเดียวกับของ Thorndike ที่ใช้ว่าเป็น Law of exercise หรือ Law of frequency โดยอธิบายได้ว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่อมีการฝึกหัด ฝึกปฏิบัติหรือได้กระทำอยู่เสมอๆ

2) ความสามารถทางภาษา (Verbal information) ภาษาเป็นเครื่องมือที่จำเป็นในการเรียนรู้ การเรียนรู้สามารถเกิดได้จากการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ซึ่งผู้เรียนจะต้องมีความรู้ความสามารถที่จะแปลความหมายของสัญลักษณ์ต่างๆ ของภาษาไทย

3) ความสามารถด้านสติปัญญา (Intellectual skills) หมายความว่า ความสามารถในการเข้าใจเนื้อหาที่เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความเฉลียวฉลาดจะก่อให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างดี รวดเร็ว

4) ยุทธศาสตร์ด้านสมอง (Cognitive strategies) หมายถึง ยุทธวิธีที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดี ซึ่งอาจต้องให้มีการฝึกหัดทำ ฝึกหัดคิด ฝึกหัดอ่าน ให้ค้นคว้า เพื่อให้สามารถคงไว้ซึ่งความรู้เรื่องนั้นๆ สมองของมนุษย์ยังใช้ฝึกฝนมากๆ ยิ่งก่อให้เกิดทักษะในเรื่องนั้นๆ ได้อย่างดี

5) เจตคติ (Attitude) กานเย (Gagné. 1960 : 451) เสนอแนะเกี่ยวกับการเรียนรู้ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเจตคติให้ได้ผลดีว่าต้องใช้รูปแบบจำลองของบุคคล (Human model) โดยอาศัยภาพลักษณ์ที่เป็นตัวอย่างที่ดีให้แก่ผู้เรียน ทั้งนี้การใช้แรงเสริมแบบทดแทนให้กับผู้เรียนมีพฤติกรรมบางอย่างตามต้องการ จะก่อให้เกิดเจตคติที่ดีในพฤติกรรมนั้นๆ

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา จะเกี่ยวข้องกับการดำเนินการเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ วิธีการสอน สื่อ ผู้สอนและบริการ เนื้อหาวิชา ผู้เรียนและ สภาพสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังประกอบด้วย วิธีการให้การศึกษา พฤติกรรมที่แสดงออกของผู้เข้ารับการการศึกษา การจัดหลักสูตรการศึกษา ลักษณะครู-อาจารย์ผู้ให้การศึกษา ภูมิหลังของผู้เข้ารับการการศึกษา การบริหารและบริการการศึกษา การวัดผลและประเมินผลการศึกษา พฤติกรรมที่แสดงออกของอาจารย์ต่อผู้เข้ารับการการศึกษา ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้

2.2 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้

ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการเรียนรู้ แบ่งออกได้ 3 ประเภท (เอนกกุล กริแสง. ม.ป.ป. : 68-71) ได้แก่

1) ตัวแปรที่เกี่ยวกับตัวผู้เรียน (Individual variables) ประกอบด้วย วุฒิภาวะ อายุ เพศ ประสบการณ์เดิม สมรรถวิสัย ความบกพร่องทางร่างกายและการจิตใจ

2) ตัวแปรที่เกี่ยวกับบทเรียน (Task variables) ประกอบด้วย ความยาวของบทเรียน การรบกวน

3) ตัวแปรที่เกี่ยวกับวิธีเรียน (Method variables) วิธีการเรียนการสอนมีผลต่อการเรียนรู้ คือ

3.1) การฝึกฝน (Practice) เรามีความเชื่อกันว่าการฝึกฝนจะช่วยให้การเรียนรู้ได้ผลสมบูรณ์ขึ้น แต่เราควรคำนึงว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงพฤติกรรม ถ้าการฝึกฝนเป็นไปโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น การฝึกฝนนั้นก็ไม่

ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ การฝึกฝนอาจแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ การฝึกฝนในเวลาอันยาวนาน ติดต่อกันไปและการฝึกที่แบ่งเวลาออกเป็นระยะๆ จากการทดลองปรากฏว่า การฝึกโดยแบ่งออกเป็นระยะ ให้ผลดีกว่าการฝึกแบบใช้เวลาอันยาวนานติดต่อกันไปโดยไม่หยุดพัก แต่ความยาวของระยะที่ฝึกและระยะพักนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน ระยะฝึกควรจะนานพอที่จะเกิดการเรียนรู้แต่ก็ไม่ควรนานเกินไปจนเกิดความเบื่อหน่าย แต่ถ้าระยะฝึกสั้นเกินไปก็ยังไม่เกิดประสิทธิภาพไม่เกิดการรู้ซึ่งในเนื้อหานี้

✓ 3.2) ขนาดของการเรียนรู้ (Degree of learning) หมายความว่า การฝึกเพิ่มเติมหลังจากที่เรียนรู้แล้วจะช่วยให้จำบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น การฝึกฝนหลังจากที่เรียนรู้แล้วนี้ เรียกว่าการเรียนรู้มากขึ้น (Over-learning) ซึ่งช่วยให้สามารถจำบทเรียนได้นาน ๆ แม้ว่าจะไม่ได้นำมาใช้ก็ตาม เช่น การที่เราจำสูตรคูณได้ดี เป็นต้น

3.3) การท่องจำ (Recitation) หมายความว่า เป็นวิธีการที่เราใช้จำบทอาขยาน คือ อ่านไป 2-3 บรรทัดแล้วท่อง ถ้าจำไม่ได้ก็เปิดดูใหม่ และค่อยๆ เพิ่มไปที่ละน้อยๆ จนจำได้หมดวิธีนี้ให้ผลดีกว่าการพยายามท่องรวดเดียวจบ

3.4) ความเอาใจใส่ (Temporal relations and set) ความเอาใจใส่เป็นสิ่งสำคัญประการหนึ่งในการเรียนรู้ คนเราอาจจะเรียนรู้โดยไม่ตั้งใจได้ แต่การเรียนรู้แบบนี้ย่อมไม่คงอยู่นาน หากผู้เรียนไม่ได้เอาใจใส่ต่อไปอีก ผู้เรียนจำเป็นต้องมีจุดมุ่งหมายในการเรียน มีเจตคติที่ดีต่อบทเรียนนั้นๆ จึงจะเรียนได้ผล การขาดความเชื่อมั่นในตนเอง การไม่ชอบบทเรียน ไม่ชอบผู้สอน หรือไม่ชอบสถานที่เรียน ไม่ยินดีร่วมมือสิ่งที่เรียนหรือกิจกรรม ไม่สอดคล้องกับความประสงค์ ย่อมเป็นอุปสรรคในการเรียนรู้ของเขา

✓ 3.5) การรู้ผลงานที่ได้ทำไปแล้ว (Knowledge of results) หมายความว่า การรู้ผลงานทั้งที่ทำถูกและทำผิดจะช่วยปรับปรุงการเรียนให้ดีขึ้น รวดเร็วขึ้น เพราะจะได้แก้ไขข้อบกพร่องและไม่ต้องเสียเวลากับการพูดถึง ดอกย่ำรวมๆ กับทุกๆ คนในสิ่งที่ทำได้ถูกต้องแล้วและจะได้ใช้เวลากับการแก้ไขข้อบกพร่องสิ่งที่บางคนยังไม่เข้าใจถูกต้อง

✓ 3.6) การเรียนรวดเดียวและการแบ่งเรียนเป็นตอนๆ (Whole and part learning) หมายความว่า ยังไม่เป็นที่ตกลงกันได้แน่นอนว่าการเรียนแบบไหนให้ผลดีกว่ากัน เพราะจากการค้นคว้านั้นปรากฏว่าแตกต่างกันไป แล้วแต่ชนิดของบทเรียน แต่คนเรามักจะชอบการเรียนเป็นตอนๆ มากกว่าเพราะเห็นผลการเรียนไปที่ละระยะ

✓ 3.7) การใช้ประสาทรับรู้ช่วยในการเรียน (Sensory modality) หมายความว่า วิธีเรียนที่ให้ผลดีที่สุดของแต่ละคนนั้นไม่เหมือนกัน บางคนเรียนได้ดีโดยการฟัง บางคนเรียนดีโดยการอ่าน ค้นคว้าลงมือปฏิบัติเองและบางคนก็ต้องใช้หลายวิธี เราไม่อาจจะกล่าวได้ว่าวิธีใดให้ผลดีที่สุด ยิ่งไปกว่านั้นวิธีที่คนๆ หนึ่ง ใช้ก็ยังคงแตกต่างกันไปตามชนิดของบทเรียนอีกด้วยคือ เมื่อเรียนบทเรียนอย่างหนึ่งก็ใช้วิธีหนึ่งเมื่อเรียนบทเรียนอีกชนิดหนึ่งก็เปลี่ยนวิธีเรียนไป

3.8) การแนะนำในการเรียน (Guidance) หมายความว่า ผู้สอนควรแนะนำแก่ผู้เรียนให้พอเหมาะ ไม่มากไม่น้อย แต่ควรให้คำแนะนำให้ถูกกับเวลาอีกด้วย การแนะนำที่มากเกินไปทำให้ผู้เรียนไม่ได้ใช้ความคิด ความสามารถของตนเอง คอยแต่รับคำสั่งจากผู้สอนตลอดเวลา การให้คำแนะนำที่มากเกินไปก็อาจจะเกิดผลเสียได้ ในการให้คำแนะนำนั้นควรเป็นการช่วยสร้างจุดมุ่งหมายที่ถูกต้อง

3.9) เครื่องล่อใจ (Incentive) หมายความว่า สิ่งของหรือสถานการณ์ที่ทำให้เกิดแรงจูงใจให้คนแสดงพฤติกรรมหรือทำกิจกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการ เครื่องล่อใจที่ผู้สอนอาจนำมาใช้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสนใจในการศึกษามากขึ้นนั้นคือการจูงใจ

สมชาย ชูชาติ (ม.ป.ป. : 40) กล่าวว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ จะมีอิทธิพลมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่อไปนี้

1) ตัวแปรเกี่ยวกับตัวผู้เรียน (Learner) ได้แก่ วุฒิภาวะ ความพร้อม อายุ เพศ ประสบการณ์เดิม สติปัญญา อารมณ์ ฯลฯ

2) ตัวแปรเกี่ยวกับบทเรียนหรือภารกิจที่ให้ทำ (Task variables) เช่น ความยากง่าย บทเรียนที่มีความหมาย ความยาวของบทเรียน

3) ตัวแปรเกี่ยวกับวิธีเรียนวิธีสอน (Methods of learning) เช่น กิจกรรมต่างๆ วิธีสอนแบบต่างๆ หรือการเสริมแรง

4) ตัวแปรเกี่ยวกับการถ่ายโยงการเรียนรู้ (Transfer of learning) อาจเป็นการถ่ายโยงทางบวกหรือทางลบก็ได้ เช่น ถ้าเป็นการถ่ายโยงทางบวก คือการที่ประสบการณ์เดิมช่วยในการเรียนรู้สิ่งใหม่ให้ง่ายขึ้น ส่วนทางลบ คือการที่ประสบการณ์เดิมขัดขวางการเรียนรู้ใหม่ให้ยากหรือช้าลง

5) องค์ประกอบจากสิ่งแวดล้อม (Environment) ได้แก่ สภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Physical environment) เช่น สภาพห้องเรียน แสงสว่าง อุณหภูมิของห้อง และสภาพแวดล้อมทางจิตภาพ (Psychological environment) ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างครูและเพื่อน เป็นต้น

อาจกล่าวได้ว่าหากผู้สอนหรือผู้ฝึกอบรมทราบลักษณะของการเรียนรู้และตัวแปร ที่มีอิทธิพลที่ส่งผลต่อการเรียนรู้แล้วจะมีผลในการพัฒนาการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพอันจะเป็นผลในการเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียนได้ตามที่ต้องการ

3. หลักการเรียนรู้

ในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ การมีเพียงความรู้เนื้อหาเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอจะต้องรู้หลักการเรียนรู้เบื้องต้นด้วย เพราะการพัฒนาก็คือการให้เกิดการเปลี่ยนแปลง พฤติกรรมของบุคลากรซึ่งมีหลักง่ายๆ (รหัน แดงจวง. 2535) ได้รวบรวมไว้ดังนี้

1) พฤติกรรมที่เร้าในทางบวก (รางวัล) ด้วยการเสริมแรง (Reinforced) จะเปลี่ยนแปลงได้ง่ายขึ้น

2) การเสริมแรงที่จะให้บังเกิดผลดีที่สุดต้องกระทำหลังจากที่แสดงพฤติกรรมที่ต้องการทันที

3) การกระทำซ้ำโดยปราศจากการเสริมแรงจะไม่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี

4) การข่มขู่ (Threats) และการลงโทษ (Punishment) ไม่ได้ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ดีขึ้นและการลงโทษนั้นจะเป็นตัวรบกวนกระบวนการเรียนรู้

5) ความพึงพอใจที่เกิดจากความสำเร็จนับเป็นสื่อที่จะนำไปสู่ความพึงพอใจในสถานการณ์อื่นๆ

6) คุณค่าของรางวัลจากภายนอกขึ้นอยู่กับใครเป็นผู้ให้ หากเป็นบุคคลที่น่าเคารพนับถือ แรงจูงใจภายนอกนั้นนับว่ามีคุณค่าสูง แต่หากไม่ได้มาจากบุคคลดังกล่าวก็อาจไม่มีค่า

7) ความก้าวหน้าของผู้เรียนจะก้าวหน้าไปเท่าที่ต้องการเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์

8) ผู้เรียนจะสนใจมากขึ้น (Enthusiastic) หากมีส่วนร่วมในการวางแผนด้วย

9) ผู้นำแบบอัตตนิยม (Autocratic leadership) จะทำให้ผู้เรียนต้องฟังพามากขึ้น และก่อให้เกิดความขัดแย้งภายในกลุ่ม

10) การเข้มงวดยิ่งมากยิ่งทำให้ผู้เรียนต้องทำตาม กระวนกระวายใจ เกิดความเอียงอาย ส่วนการยอมตาม การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นจะสัมพันธ์กับการก่อให้เกิดความคิดริเริ่ม (Initiative) และการคิดสร้างสรรค์ (Creativity)

11) ประสบการณ์เก่าๆ ที่ล้มเหลวและการขยาดของผู้เรียนทำลายความเป็นตัวของตัวเองและทำให้เกิดการมองไม่เห็นคุณค่าของตนเอง

12) ผู้เรียนที่มีประสบการณ์แบบกระวนกระวายใจ (Frustration) จะทำให้พฤติกรรมไม่บูรณาการและขาดความมีเหตุผล

13) บุคคลที่ประสบความสำเร็จเพียงเล็กน้อยและประสบความล้มเหลวมาโดยตลอด จะไม่มีความรู้สึกริเริ่มอยากเรียน

14) อุปสรรคหรือสิ่งที่ท้าทายมักจะเป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลสนใจอยากคิดอยากทำ

15) วิธีการที่จะช่วยให้บุคคลรู้จักสร้างมโนทัศน์ก็คือการให้สถานการณ์ต่างๆ

16) การเรียนรู้จากการอ่านต้องใช้เวลาอย่างมากกว่าการเรียนรู้จากการระลึก

17) บุคคลสามารถจำสิ่งใหม่ที่มีความเกี่ยวข้องกับเจตคติเดิมได้ดีกว่าสิ่งใหม่ที่ไม่เกี่ยวข้องกับเจตคติเดิม

18) สิ่งที่เราเรียนรู้เพื่อนำไปใช้ควรใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง

19) เวลาที่เหมาะสมกับการเรียนมากที่สุด คือเมื่อเห็นประโยชน์ของการเรียนและเมื่อนั้นแหละที่แรงจูงใจถึงจุดสุดยอด

4. จิตวิทยาการเรียนการสอน

ในการเรียนการสอนนอกจากจะต้องทราบนโยบายทางการศึกษา หลักการและจุดมุ่งหมายของหลักสูตรแล้ว หลักการทางจิตวิทยาก็นับว่ามีความสำคัญที่จะช่วยในการเรียนการสอนดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้ผู้สอนมีความเข้าใจธรรมชาติของผู้เรียนนั่นเอง

1) วุฒิภาวะ (Maturation) หรือการเจริญเติบโตเต็มที่ เด็กเจริญเพียงโดยอ้อมสามารถเรียนรู้ได้เพียงนั้น ในการสอนครูต้องคำนึงถึงความเจริญเติบโตทางร่างกาย และสมองของเด็กและทำการสอนให้เหมาะสมกับความเจริญดังกล่าว เด็กจะอ่านหนังสือออกก็ต่อเมื่อองค์ประกอบต่างๆ ของการเรียนรู้เจริญถึงขั้นที่เด็กจะเรียนได้ องค์ประกอบเหล่านี้คือ ร่างกาย สมอง อารมณ์ และความสนใจ

2) ความพร้อม (Readiness) ผู้เรียนต้องมีวุฒิภาวะสูงพอ และมีพื้นฐานพอเสียก่อนจึงจะเรียนรู้จากประสบการณ์ใหม่อย่างใดอย่างหนึ่งที่สูงขึ้นได้ การสอนจะได้ผลดียิ่งขึ้น ถ้าครูคาดคะเนความพร้อมของเด็กไว้ล่วงหน้า และจัดประสบการณ์ให้นักเรียนทดลองทำ ครูคอยสังเกตดู และเมื่อเห็นว่าได้คาดคะเนไว้ไม่ถูกต้อง ครูต้องปรับปรุงโครงการสอนเสียใหม่ โครงการสอนจะใช้ได้ผลดีที่สุดเมื่อครูปรับปรุงให้สัมพันธ์กับลักษณะของเด็กแต่ละคน

3) ผลรับ (Effect) เมื่อเด็กแสดงปฏิกิริยาต่อสิ่งใดด้วยวิธีหนึ่ง และวิธีนั้นทำให้ได้รับผลที่เด็กพอใจภายหลังจากที่ได้ทำไปแล้วโดยทันที หรือได้รับผลเป็นที่น่าพอใจในขณะที่ทำงานนั้นในโอกาสต่อไป เมื่อเด็กมาพบสถานการณ์นั้นซ้ำอีก เขาจะแสดงปฏิกิริยาแบบเดียวกันนี้อีก การสอนจะได้ผลดีเมื่อครูแสดงให้เด็กเห็นผลของการกระทำของตนเองในทันที การตอบสนองการกระทำของเด็กให้ทันทีที่เหมาะสมแก่เด็กแต่ละคน จะช่วยให้เด็กเรียนรู้ได้ดีขึ้น การตอบสนองในการส่งเสริมมักจะใช้ได้ผลดีเสมอ ส่วนการตอบสนองในทางที่หักห้ามอาจจะได้ผลเฉพาะเรื่องเมื่อเราควบคุมอยู่

4) การฝึกหัด (Exercise) สิ่งใดที่เด็กทำบ่อยๆ ซ้ำๆ หรือมีการฝึก เด็กย่อมทำสิ่งนั้นได้ดี สิ่งใดที่ไม่ได้ทำนาน เด็กย่อมทำสิ่งนั้นไม่ได้เหมือนเดิม ในการสอนเกี่ยวกับวิชาทักษะควรมีการทำซ้ำๆ และฝึกบ่อยๆ พาฟลอฟ (Pavlov) กล่าวว่าการทำงานซ้ำๆ หลายๆ ครั้ง จะเกิดผลดีในการเรียนรู้ทางทัศนคติและสร้างนิสัยที่ดีด้วย

5) ความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individual differences) เด็กแต่ละคนย่อมเรียนสิ่งเดียวกันให้รู้ได้ในเวลาเร็วไม่เท่ากัน และเด็กคนเดียวกัน เรียนสิ่งต่างประเภทกันได้ในเวลาไม่เท่ากัน การสอนจะได้ผลดียิ่งขึ้น ถ้าครูพยายามหาสาเหตุที่ทำให้เด็กแสดงปฏิกิริยาไม่ดีและหา

สาเหตุที่ทำให้เด็กแตกต่างกัน ครูพยายามทำให้ความแตกต่างของเด็กในกลุ่มเดียวกันลดน้อยลงเป็นลำดับ

6) การจูงใจ (Motivation) การเรียนจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อเด็กมีความสนใจ มีความมุ่งมั่น และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนนั้น การสอนจะได้ผลดี ก็ต่อเมื่อครูรู้จักใช้การจูงใจให้เด็กเกิดความต้องการที่จะเรียนรู้ โดยใช้แรงจูงใจทั้งภายในและภายนอก แรงจูงใจภายใน ได้แก่ ความสนใจ ความต้องการและเจตคติ แรงจูงใจภายนอก ได้แก่ บุคลิกภาพของครู วิธีสอนที่มีการมองเห็นจุดมุ่งหมายของการเรียน การชมเชย ให้รางวัล การให้คะแนน การลงโทษ เป็นสาเหตุให้เกิดการเรียนรู้ได้

7) กิจกรรมและประสบการณ์ ผู้เรียนย่อมจะเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยเริ่มกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง โดยมีความมุ่งหมายว่าทำให้เกิดอะไรและทำสิ่งนั้นต่อไปอีกตามที่ตนต้องการโดยสมบูรณ์ การสอนจะได้ผลดีครูจะต้องช่วยให้เด็กหาให้พบว่าการทำอะไร ให้เด็กรู้ว่าเมื่อเกิดความต้องการดังนั้นแล้วควรจะทำอะไรบ้าง เพื่อให้ได้ดังประสงค์ ถ้าทำกิจกรรมไปแล้วไม่ได้ผลดังที่มุ่งหมายไว้ ก็ให้นักเรียนดัดแปลงกิจกรรมนั้น เพื่อให้เกิดความสำเร็จตามต้องการ ให้เด็กตระหนักว่าการกระทำของเขาเอง ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมนั้นนั่นแหละ คือการเรียนรู้

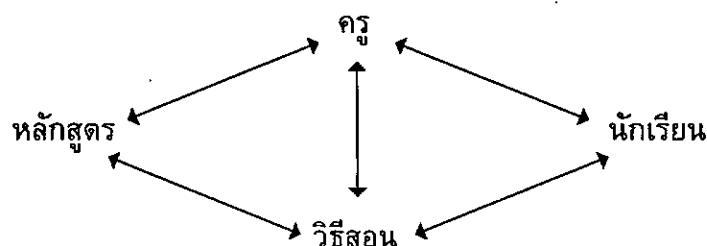
8) การเรียนรู้ผ่านประสาทสัมผัสหลายด้าน (Multisensory) ประสบการณ์การเรียนรู้ที่ดีนั้น คือประสบการณ์ที่ทำให้เด็กต้องใช้ประสาทสัมผัสหลายด้านรวมกัน หรืออย่างน้อยก็ต้องให้เด็กได้ใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งอย่างเหมาะสม การสอนจะได้ผลดี เมื่อครูทำการสอนโดยก่อให้เกิดสิ่งพิมพ์ใจโดยผ่านประสาทหลายๆ ด้าน เกี่ยวกับประสบการณ์เดียวกัน และการใช้ประสาทสัมผัสแต่ละอย่างให้หลายๆ วิธีก็จะช่วยให้การสอนได้ผลดีขึ้น

9) การเรียนส่วนรวมก่อนส่วนย่อย (Whole-part-whole-learning) การเรียนสิ่งใดถ้าได้มองเห็นส่วนใหญ่ทั้งหมด จะเรียนได้ดีกว่าเห็นและเรียนส่วนย่อยของสิ่งนั้นทีละส่วนเพราะการได้มองเห็นส่วนใหญ่ทั้งหมด ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยเหล่านั้น

5. แนวความคิดเกี่ยวกับการสอน

การสอน คือ การจัดประสบการณ์ในชีวิตให้กับนักเรียน การฝึกให้นักเรียนขบคิดปัญหาต่างๆ การให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม การแนะแนวทางให้นักเรียนได้ศึกษาและค้นหาความรู้ การฝึกนักเรียนให้สามารถปรับตัวเข้ากับสังคมและสิ่งแวดล้อมได้ การช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถนำความรู้นั้นไปใช้ในชีวิตประจำวัน การส่งเสริมให้นักเรียนมีการพัฒนาทั้งทางร่างกาย สติปัญญา อารมณ์และสังคม การถ่ายทอดความรู้จากผู้สอนไปสู่ผู้เรียน รวมทั้งการจัดสิ่งแวดล้อมและกิจกรรมให้เหมาะสมแก่การเรียนรู้ของนักเรียน กระบวนการขั้นต้นของการให้ความรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมได้เร็วขึ้น และการสอนก็คือศิลปะของการช่วยให้ผู้อื่นได้เรียนรู้ ประกอบด้วยวิธีการให้เนื้อหา สถานการณ์ที่เหมาะสม เงื่อนไข

หรือกิจกรรมต่างๆ ที่จะช่วยให้เกิดการเรียนได้ง่ายขึ้น จากความหมายของการสอนดังกล่าว ข้างต้นทำให้สามารถสรุปได้ว่าการเรียนการสอนจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยองค์ประกอบ 4 ประการ คือ ครูผู้สอน กระบวนการสอน ผู้เรียนและเนื้อหาการสอน ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 19 (กาญจนา คุณารักษ์. 2527 : 154-155)



ภาพประกอบ 19 กระบวนการของการสอน

องค์ประกอบของการเรียนการสอนที่ดีนั้น เกิดจากการที่ครูได้รับมอบหมายให้สอน วิชาใดวิชาหนึ่งแล้วตั้งคำถาม ดังนี้ (สุจริต เพียรชอบ. 2524 : 58)

- 1) มีความตั้งใจที่จะทำอะไรเกิดขึ้นกับผู้เรียนบ้าง ซึ่งหมายถึง จุดมุ่งหมาย และ วัตถุประสงค์ของวิชานั้น
 - 2) อะไรคือเนื้อหาและประสบการณ์ที่ต้องการจัดให้ผู้เรียน นั่นก็คือเนื้อหาและ ขอบเขตของความรู้ที่จะสอน
 - 3) จะสอนอย่างไรให้มีประสิทธิภาพ ประเด็นนี้เป็นเรื่องเกี่ยวกับวิธีสอน วิธีเรียนที่ จะจัดขึ้น
 - 4) จะรู้ได้อย่างไรว่าสิ่งที่คาดหวังหรือมุ่งหมายไว้ ได้เกิดขึ้นกับผู้เรียนแล้ว
- องค์ประกอบส่วนนี้ก็คือ การวัดและประเมินผลการสอนนั่นเอง

จะเห็นได้ว่า มนุษย์อาจเกิดการเรียนรู้บางสิ่งบางอย่างได้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการ เรียนรู้ที่เกิดจากการลองผิดลองถูกไปเรื่อยๆ หรืออาจจะเรียนรู้จากกันและกัน ในขณะที่อยู่ ร่วมกัน อันจัดได้ว่าเป็นการศึกษานอกระบบ (Informal education) ทำให้เกิดการคิดค้นที่จะ ทำให้มนุษย์เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ได้ในเวลาที่เร็วขึ้น จึงได้เกิดมีการจัดการศึกษาอย่างเป็น ระบบ (Formal education) ขึ้น โดยกำหนดหลักสูตร เนื้อหารายวิชา เวลาและสถานที่ขึ้น อันจะต้องอาศัยบุคลากรมาทำหน้าที่สอน ซึ่ง กู๊ด (Good. 1973 : 353) กล่าวถึงการ สอนไว้ 3 ลักษณะ คือ

- 1) การกระทำอันเป็นการสั่งสอนนักเรียนตามสถานศึกษาทั่วไป
- 2) การจัดการเกี่ยวกับสถานะการณ์ของการเรียนการสอนซึ่งรวมถึง
 - 2.1) การปฏิสัมพันธ์โดยตรงระหว่างครูกับนักเรียน

2.2) กระบวนการตัดสินใจในการวางแผน การออกแบบ การเตรียมวัสดุ อุปกรณ์สำหรับสภาวะการณ์ของการสอนและการเรียนรู้

2.3) การประเมินผลการออกแบบการเรียนการสอนและการเผยแพร่

3) การรวบรวมในสิ่งที่ได้สอนไปแล้ว มีผู้มองถึงการสอนในรูปของการนำไปใช้ว่าควรประกอบด้วย

- 1) เนื้อหารายวิชา หมายถึงว่าจะสอนอะไรให้แก่ผู้เรียน
- 2) จุดประสงค์การสอน หมายถึง การเรียนรู้ของผู้เรียน
- 3) ผลที่ได้รับจากการสอน หมายถึง สิ่งซึ่งปรากฏให้เห็นเนื่องมาจาก

ประสบการณ์การเรียนรู้ (กาญจนา คุณารักษ์. 2527 : 54)

การที่จะสอนให้เกิดการเรียนรู้ขึ้น ก่อนอื่นครูจะต้องทราบว่าพฤติกรรมที่ต้องการจะเปลี่ยนนี้แบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ (สมชาย ชูชาติ. ม.ป.ป. : 43-44)

- 1) พฤติกรรมทางด้านการเรียนรู้ (Cognitive domain) เช่น รู้ว่าลมร้อนลอยขึ้นสู่เบื้องบน
 - 2) พฤติกรรมทางด้านการกระทำ (Psychomotor domain) เช่น สามารถขับจักรยานได้ พิมพ์ดีด พุดคลองแคล้ว
 - 3) พฤติกรรมทางด้านความรู้สึก (Affective domain) เช่น รู้สึก สนใจ สงสาร
- การที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมทั้ง 3 ด้านนั้น มีหลักใหญ่ๆ ในการสอนที่จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ดังนี้คือ
- 1) ให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมอย่างจริงจัง (Active participation)
 - 2) ให้มีข้อมูลย้อนกลับ (Feed back) นั่นคือให้ผู้เรียนได้ทราบว่าสิ่งที่เขาทำไปนั้นถูกหรือผิดที่ตรงไหน ครูอาจจะเป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับ หรืออาจจะใช้บัตรเฉลยคำตอบในกรณีที่เรียนด้วยตนเอง ในการเรียนทุกด้านถ้าไม่มีครูคอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ เด็กอาจจะท้อถอยและหมดกำลังใจ
 - 3) ให้ผู้เรียนรู้สึกประสบความสำเร็จ (Success experience) ตามกฎของผลลัพธ์ (Law of effect) กล่าวว่า ถ้าบุคคลแสดงพฤติกรรมใดลงไปแล้ว เกิดการตอบสนองที่ทำให้พอใจและมีความสุข เขาก็จะทำพฤติกรรมอย่างนั้นอีก และถ้ามีการเสริมแรง (Reinforcement) ให้ได้รู้สึกว่าได้ประสบความสำเร็จ ในการสอนครูควรเริ่มจากให้งานง่ายๆ แก่ผู้เรียนก่อน เพื่อให้เขาทำได้ และเกิดความมั่นใจ แล้วจึงค่อยๆ ให้งานที่ยากขึ้นและให้การเสริมแรง สัปดาห์ละครั้ง หรือเดือนละครั้งและการเสริมแรงก็ไม่ควรห่างเกินไป จนถึงระยะที่ผู้เรียนรู้สึกท้อถอย หมดกำลังใจแล้ว
 - ✓ 4) สอนทีละขั้นละตอน (Gradual approximation) หมายความว่าให้ความรู้ทีละน้อยตามความสามารถของผู้เรียน เพื่อให้เขารู้สึกประสบความสำเร็จและเกิดความมั่นใจก่อนที่จะให้งานขั้นต่อไป

6. จิตวิทยาการเรียนรู้กับหลักสูตร

การพัฒนาหลักสูตรที่ดีควรจะได้มีพื้นฐานมาจากจิตวิทยาของการเรียนรู้ที่ดี ใน การพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน เราจะต้องคำนึงถึงธรรมชาติของมนุษย์ และลักษณะ ของกระบวนการเรียนรู้ด้วย

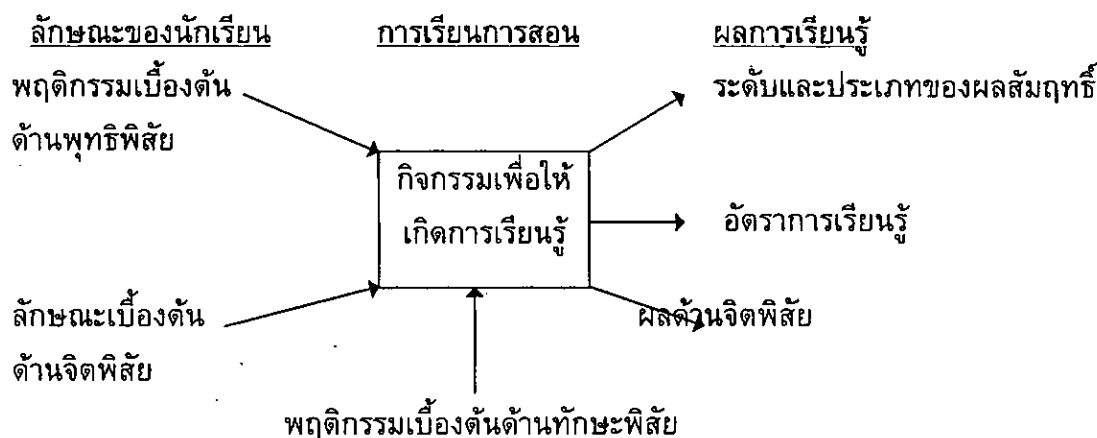
ซมพันธ์ุ กุญชร ณ อยุธยา (2530 : 14-15) กล่าวว่า ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียน และการเรียนรู้มีส่วนสัมพันธ์กับการตัดสินใจเกี่ยวกับหลักสูตรใน 3 ด้านด้วยกันคือ การเลือก และการจัดเนื้อหา การเลือกประสบการณ์การเรียนรู้และ และการวางแผนเพื่อจัดสภาพการเรียนรู้ที่ดีที่สุด

เป็นที่ยอมรับกันว่าความคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ และผู้เรียนมีความสำคัญอย่าง มากต่อการสร้างหลักสูตร หลักสูตรส่วนใหญ่คิดที่จะชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการเข้าใจนัก เรียนหลักสูตรบางหลักสูตรก็ได้แสดงขั้นตอน และขบวนการของพัฒนาการของเด็กไว้เพื่อ ช่วยให้เข้าใจเด็ก โปรแกรมการเรียนหลายโปรแกรมจัดไว้เพื่อสนองความต้องการของนักเรียน ผู้เรียนก็อาจจำแนกเป็นหลายประเภท เช่น เด็กที่มีอารมณ์ผิผิตปรกติ หรือ เด็กที่มีความ สามารถทางการเรียนและความสามารถทางสติปัญญาในระดับต่างๆ กัน พื้นฐานทางจิตวิทยาใน การพัฒนาหลักสูตรเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปของนักการศึกษา ว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นมาก จนบาง ครั้งมีการเน้นทางด้านจิตวิทยามากเกินไปจนละเลยพื้นฐานด้านสังคมและเนื้อหาวิชา

ปัญหาที่ประสบอยู่เกี่ยวกับการเรียนรู้ในปัจจุบันนี้ก็คือ ไม่มีทฤษฎีใดเพียง ทฤษฎีเดียว ที่สามารถครอบคลุมการเรียนรู้ในทุกๆ ด้าน มีทฤษฎีการเรียนรู้หลายทฤษฎี แต่ละทฤษฎีมักจะมุ่งเน้นการเรียนรู้ แต่เพียงชนิดเดียว การเรียนรู้เป็นเรื่องที่สลับซับซ้อนและ ประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ มากมาย เช่น ทักษะทางร่างกาย ความจำ ความรู้สึก มโนคติ และทักษะทางสติปัญญา ซึ่งได้แก่ การสรุปความคิด การเสาะแสวงหาด้วยวิธีการทางวิทยา ศาสตร์และการแก้ปัญหา เป็นต้น

ทฤษฎีการเรียนรู้แต่ละทฤษฎีมักจะมุ่งเน้นลักษณะบางประการของการเรียนรู้ และ สภาพการเรียนรู้ โดยละเอียดในเรื่องอื่นๆ ถึงแม้ว่าการเรียนรู้ในห้องเรียนจะเกิดขึ้นในสภาพ ทางสังคม แต่ก็มีการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบทางสังคมที่เกี่ยวกับการเรียนรู้น้อยมากและผล ที่ต่อเนื่องกันมากก็คือ ถึงแม้ว่าการเรียนรู้จะเป็นศูนย์กลางของขบวนการทางการศึกษา แต่ก็เป็ นการยากที่จะกำหนดว่าการเรียนรู้คืออะไร จะเกิดขึ้นในสภาพเช่นไร และจะทำอย่างไร เพื่อให้ เกิดการเรียนรู้ให้มากที่สุด ภายในสภาพการณ์ของโรงเรียน(จันทิภา ลิ้มปิเจริญ. 2528 : 78 ; กาญจนา คุณนารักษ์. 2527 : 59)

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรในครั้งนี้ ขอเสนอดังนี้
 บลูม (Bloom. 1982 : 3) ได้เสนอทฤษฎีการเรียนรู้ในโรงเรียน (Theory of
 School Learning) ดังภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สำคัญตามทฤษฎีการเรียนรู้ของ บลูม

จากภาพประกอบ 20 ตัวแปรที่สำคัญในทฤษฎีการเรียนรู้ในโรงเรียนของบลูม ที่เป็นตัวกำหนดผลการเรียนรู้มี 3 ตัวแปรคือ

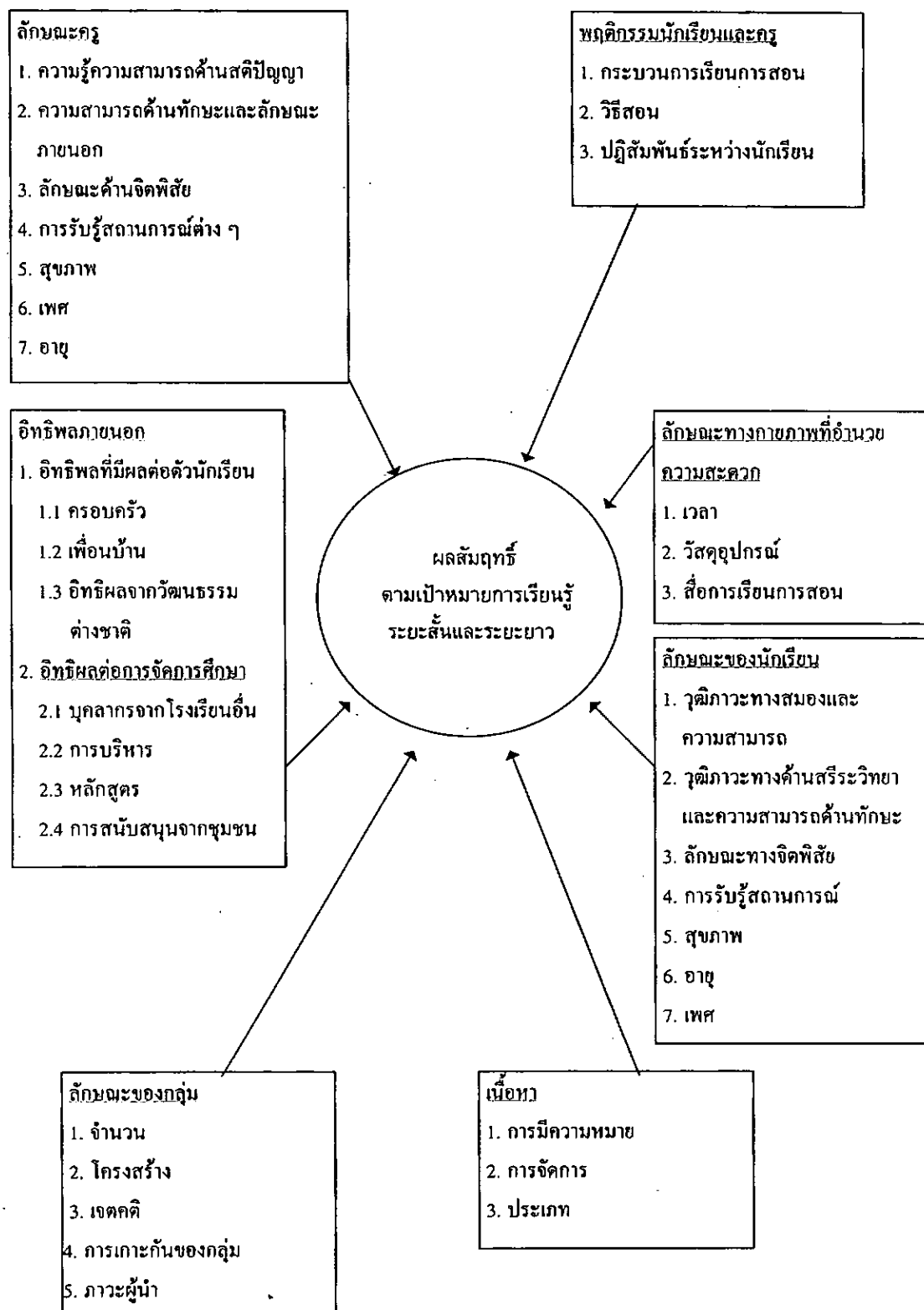
1) พฤติกรรมเบื้องต้นด้านพุทธิพิสัย เป็นสิ่งที่นักเรียนมีมาก่อน ได้แก่ ความรู้เดิม ความถนัด เป็นต้น ซึ่งบลูม (Bloom. 1982 : 33) กล่าวว่า “พฤติกรรมเบื้องต้นด้านพุทธิพิสัยจะเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างผู้เรียนกับประสบความสำเร็จในการเรียนรู้”

2) ลักษณะเบื้องต้นด้านจิตพิสัย ได้แก่ แรงจูงใจของนักเรียนที่ทำให้อยากเรียน เจตคติที่มีต่อวิชาที่เรียน เจตคติต่อโรงเรียน เป็นต้น ซึ่งลักษณะเบื้องต้นด้านจิตพิสัยนี้มีความเกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วย ดังที่ บลูม (Bloom. 1982 : 103) กล่าวว่า “ผู้ที่ได้รับผลสัมฤทธิ์สูงจะสามารถเพิ่มเจตคติต่อวิชานั้นไปในทางบวกและในทางกลับกัน เจตคติทางบวกก็ช่วยทำให้ผลสัมฤทธิ์สูงขึ้นได้”

3) พฤติกรรมเบื้องต้นด้านทักษะพิสัย ได้แก่ ความสามารถในการใช้เครื่องมือต่างๆ ได้อย่างคล่องแคล่ว ทำให้ผลงานที่คิดหรือสร้างขึ้นเป็นที่น่าพอใจ ทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะสูงขึ้น

ตัวแปรที่สำคัญทั้ง 3 ตัวแปรดังกล่าว คือพฤติกรรมเบื้องต้นด้านพุทธิพิสัย ลักษณะเบื้องต้นด้านจิตพิสัย และพฤติกรรมเบื้องต้นด้านทักษะพิสัย เป็นสิ่งกำหนดผลของการเรียนรู้

คลอสไมเยอร์ และ กูดวิน (Klausmeier and Goodwin. 1966 : 2-10) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ทั้งระยะสั้นและระยะยาวไว้ดังภาพประกอบ 21

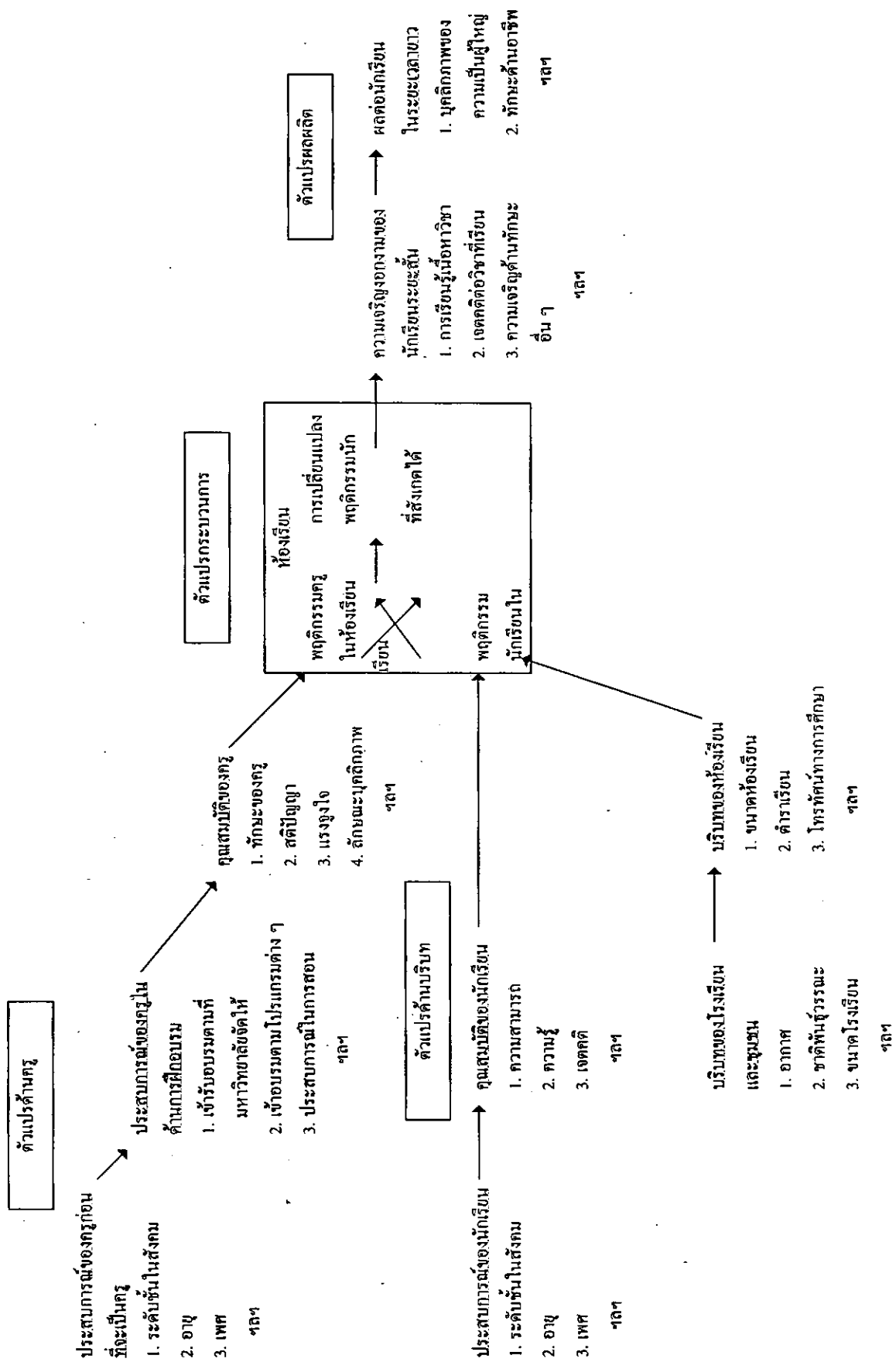


ภาพประกอบ 21 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้

จากภาพประกอบ 21 จะเห็นได้ว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของการเรียนรู้ที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายนั้นมี 7 ประการ คือ

- 1) ลักษณะของครู
- 2) พฤติกรรมของนักเรียนและครู
- 3) ลักษณะทางกายภาพที่อำนวยความสะดวก
- 4) ลักษณะของนักเรียน
- 5) ลักษณะเนื้อหาวิชา
- 6) ลักษณะของกลุ่มนักเรียน
- 7) อิทธิพลจากภายนอก

ดันกิน และ บิดเดิล (Dunkin and Biddle. 1974 : 38) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนการสอนในห้องเรียนไว้ ดังภาพประกอบ 22 ดังต่อไปนี้คือ



ภาพประกอบ 22 ปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนการสอนในห้องเรียน

จากภาพประกอบ 22 จะเห็นได้ว่า รูปแบบสำหรับศึกษาเกี่ยวกับการสอนในชั้นเรียนมีกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- 1) กลุ่มตัวแปรด้านครู ได้แก่ ประสบการณ์ของครูก่อนเป็นครูประสบการณ์ของครูในด้านการฝึกอบรม และคุณสมบัติของครู
- 2) กลุ่มตัวแปรกระบวนการเรียนการสอน ได้แก่ พฤติกรรมครูและนักเรียนในห้องเรียน
- 3) กลุ่มตัวแปรผลผลิต ได้แก่ ความเจริญงอกงามของนักเรียนในระยะสั้นและระยะยาว
- 4) กลุ่มตัวแปรด้านบริบท ได้แก่ ประสบการณ์ของนักเรียนคุณสมบัติของนักเรียนบริบทของโรงเรียน ชุมชน และบริบทของห้องเรียน

จากการศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดังที่กล่าวมาแล้ว ทั้ง 4 ด้าน คือ ตัวแปรด้านครู ตัวแปรด้านลักษณะของนักเรียน ตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมและตัวแปรด้านกระบวนการเรียนการสอน จะเห็นได้ว่าตัวแปรด้านลักษณะของครูและสภาพแวดล้อม มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนน้อยมาก ส่วนตัวแปรด้านลักษณะของนักเรียนนั้นปรากฏว่ามีผู้สนใจศึกษากันเป็นจำนวนมากและได้ทราบผลของตัวแปรนั้นๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ว ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ส่วนตัวแปรด้านกระบวนการเรียนการสอนที่เกี่ยวกับพฤติกรรมการสอนของครู พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียน และคุณภาพการสอนของครู

7. การเรียนรู้ตามแนวคิดของเพียเจต์

ทฤษฎีของเพียเจต์วางอยู่บนรากฐานของทั้งองค์ประกอบที่เป็นพันธุกรรม และสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นหลักที่เขาใช้ในการอธิบายพัฒนาการทางสติปัญญา ตามทัศนะของเพียเจต์ในเรื่องพัฒนาการทางสติปัญญา เด็กจะต้องเจริญเติบโต และพัฒนาผ่านระยะที่สำคัญ

4 ระยะคือ

- 1) การรับรู้ทางประสาทและการเคลื่อนไหว (Sensori-motor) จากเกิดถึงอายุ 2 ปี
- 2) ก่อนการใช้ความคิด (Preoperational) อายุ 2-7 ปี
- 3) การใช้ความคิดทางรูปธรรม (Concrete operational) อายุ 7-11 ปี
- 4) การใช้ความคิดทางนามธรรม (Formal operational) อายุ 11 ปีขึ้นไป

สำหรับเพียเจต์แล้ว พัฒนาการของเด็กสามารถอธิบายได้โดยลำดับของระยะพัฒนาทางชีววิทยาที่คงที่ ซึ่งแสดงให้เห็นปรากฏออกมาโดยปฏิสัมพันธ์ของเด็กกับสิ่งแวดล้อม

โครงสร้างของสติปัญญา เป็นหัวใจสำคัญของทฤษฎีของเพียเจต์ เมื่อเด็กมีประสบการณ์จากเหตุการณ์ต่างๆ เขาจะเรียนรู้ไม่เพียงแต่เฉพาะรายละเอียดของสถานการณ์ แต่จะขยันขันแข็งในการจัดเนื้อหาใหม่ในรูปของสิ่งที่รู้แล้ว และจัดให้เหมาะสมเป็นส่วนของภาพรวม

เกี่ยวกับโลกด้วย ถ้าข่าวสารที่ได้ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม เด็กก็จะเลือกหนึ่งในสองวิธีการต่อไปนี้ เขาอาจจะเปลี่ยนการรับรู้ของเขาต่อสิ่งที่เกิดขึ้น หรือจะปรับปรุงวิธีมองโลกในแง่ใหม่ จากความหมายของเพียเจต์ประสบการณ์ใหม่จะถูกซึมซับ (Assimilated) เข้าสู่โครงสร้างสติปัญญาในขณะนั้น และทำการปรับหรือทำให้ง่าย (Accommodation) กับความต้องการใหม่ของสิ่งแวดล้อม ทั้งสองวิธีนี้จะสามารถช่วยให้เด็กคงไว้ซึ่งการรับรู้ที่คงเส้นคงวาที่อธิบายประสบการณ์ของเขาได้อย่างประสบความสำเร็จ โครงสร้างของสติปัญญาจึงหมายถึงวิธีที่แต่ละบุคคลจัดข้อมูลข่าวสารที่ได้มาเพื่อที่จะกำหนดกฎเกณฑ์ให้แก่เหตุการณ์นั้นๆ มิฉะนั้นแล้วอาจจะปรากฏออกมาในรูปของความสับสน

พัฒนาการทางสติปัญญา ดังได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น เพียเจต์ได้แบ่งพัฒนาการทางสติปัญญาออกเป็น 4 ระยะ แต่ละระยะมีลักษณะเฉพาะดังนี้

1) ขั้นการรับรู้ทางประสาทและการเคลื่อนไหว (The sensorimotor period) เป็นระยะแรกของพัฒนาการเด็กขาดความสามารถในกิจกรรมทางสัญลักษณ์ แต่เพียเจต์รู้สึกว่าเป็นระยะสองปีแรกนี้ เด็กได้สร้างโครงสร้างและโครงสร้างย่อยทางสติปัญญาแล้ว ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวแยกพัฒนาการทางการรับรู้ และสติปัญญาในเวลาต่อมาเป็นระยะที่เด็กเปลี่ยนจากระยะช่วยเหลือตัวเองไม่ได้ ความเปลี่ยนแปลงพื้นฐานในระยะนี้อาจ ได้แก่ การที่การรับรู้ต่อสิ่งแวดล้อมของเขาเปลี่ยนไปในขณะที่เขาเริ่มเข้าใจ และควบคุมมันได้

2) ขั้นก่อนการใช้ความคิด (The preoperational period) (อายุ 2-7 ปี) เป็นระยะที่เด็กเริ่มใช้สัญลักษณ์และภาษาเป็นเครื่องมือแทนเหตุการณ์และวัตถุจากสิ่งแวดล้อม แทนที่จะเป็นเพียงการตอบสนองต่อสิ่งเร้าทางกายภาพในขณะนั้น เด็กจะสร้างและใช้สัญลักษณ์แทนสิ่งของและการกระทำและสามารถสร้างการกระทำขึ้นมาใหม่ หรือเลียนแบบการกระทำที่เกิดขึ้นมาแล้วหลายๆ ชั่วโมงได้ ในขณะที่แต่ก่อนเด็กตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมของเขาได้เฉพาะที่เกิดกับเขาโดยตรงและทันทีเท่านั้น แต่เดี๋ยวนี้เขาเริ่มพัฒนาความสามารถที่จะแทนสิ่งต่างๆ ไว้ในสติปัญญาของเขาและเก็บไว้ใช้ในโอกาสต่อมา แต่อย่างไรก็ตาม เขายังไม่สามารถแก้ปัญหาต่างๆ อย่างผู้ใหญ่ได้

3) ขั้นการใช้ความคิดทางรูปธรรม (The concrete operation period) เด็ก ในวัย Concrete operations (7-11 หรือ 12 ขวบ) ตอบสนองเรื่องเดียวกันได้ถูกต้องและคล่องแคล่ว เนื่องจากเขาได้พัฒนารูปแบบเบื้องต้นของการหาเหตุผล เด็กในระยะนี้จะสามารถแยกแยะระหว่างขั้นหรือกลุ่มของวัตถุ เช่น สิ่งมีชีวิตตรงข้ามกับสิ่งไม่มีชีวิต นอกจากนี้เด็กในระยะ Concrete operations สามารถสัมพันธ์การนับด้วยวาจากับการนับจำนวนสิ่งของได้ ในระยะนี้เขาสามารถแก้ปัญหาต่างๆ โดยใช้เหตุผลมากกว่าการลองผิดลองถูก เขาสามารถแยกปัจจุบันออกจากอดีตได้ และสามารถจัดเรียงลำดับสิ่งของจากสิ่งเล็กที่สุดไปสู่สิ่งใหญ่ที่สุดได้

4) ขั้นการใช้ความคิดทางนามธรรม (The formal operation period) เป็นระยะที่เด็กมีอายุ ตั้งแต่ 11 หรือ 12 ปีขึ้นไป เมื่อเด็กย่างเข้าในวัยนี้ เขาสามารถจัดการกับตัวแปรหลายตัวในเวลาเดียวกันได้และมีความเข้าใจความสัมพันธ์เชิงนามธรรมในระยะนี้การหาเหตุผลของเขามีลักษณะเหมือนของผู้ใหญ่

ระดับของการพัฒนาแตกต่างกันไปตามบุคคล การพัฒนาไปสู่ระยะ Formal operations เป็นผลมาจากสิ่งที่เพียเจต์เรียกว่า“การถ่ายทอดการสังคม” (Social transmission) ซึ่งหมายถึงประสบการณ์นั่นเอง เพื่อเป็นสมมติฐานไว้ให้เลือก เขาแนะนำว่าแต่ละคนมีความแตกต่างกันในแง่ของความถนัด และองค์ประกอบอันนี้รับผิดชอบต่อความแตกต่างที่เห็นได้ชัดในการพัฒนาประเภทของลักษณะการคิดในระยะ Formal operation

8. การเรียนรู้ตามแนวคิดของบรูเนอร์

บรูเนอร์ (Bruner. 1966 : 389) ได้พัฒนาทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาขึ้นมาหลังจากงานของเพียเจต์เล็กน้อย เขาได้กำหนดประเด็นหรือข้อสังเกตเกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญาไว้ 6 ลักษณะ คือ

1) ความเจริญเติบโต สังเกตได้จากการเพิ่มการตอบสนองที่ไม่ผูกพันกับสิ่งเร้าเฉพาะตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นในขณะนั้นมากขึ้น

2) ความเจริญเติบโตขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในตัวคนไปสู่ “ระบบเก็บรักษา” ที่สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อม

3) ความเจริญเติบโตทางสติปัญญาเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความสามารถที่จะพูดกับตนเองและคนอื่น ๆ โดยใช้คำพูดและสัญลักษณ์ในสิ่งที่บุคคลนั้นๆ ได้ทำไปแล้วหรือสิ่งที่จะทำ

4) ความเจริญเติบโตทางสติปัญญารับขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์ที่เป็นระบบและโดยบังเอิญระหว่างผู้สอนและผู้เรียน

5) การสอนสามารถอำนวยความสะดวกได้โดยสื่อทางภาษา ซึ่งจบลงโดยไม่เพียงแต่เป็นสื่อสำหรับการแลกเปลี่ยนเท่านั้น แต่ยังเป็นเครื่องมือที่ผู้เรียนสามารถใช้ให้ตนเองนำคำสั่งไปยังสิ่งแวดล้อมด้วย

6) การพัฒนาทางสติปัญญาเห็นได้จากการเพิ่มความสามารถที่จะจัดการกับตัวเลือกหลายๆ อย่างในเวลาเดียวกัน ความสามารถที่จะเฝ้าดูขั้นตอนต่างๆ ในระยะเวลาเดียวกันและความสามารถที่จะจัดเวลาและการเข้าร่วม ในลักษณะที่เหมาะสมกับความต้องการหลายๆ อย่าง

9. แนวคิดเกี่ยวกับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาในปัจจุบัน จัดทำขึ้นโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) โดยประกาศใช้ในปี พ.ศ. 2519 จนถึงปัจจุบัน มีจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนที่สำคัญ 5 ประการ คือ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2520 : 23)

- 1) เพื่อให้เกิดความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีขั้นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
- 2) เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขต และวงจำกัดของวิชาวิทยาศาสตร์
- 3) เพื่อให้เกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์
- 4) เพื่อให้เกิดทักษะสำคัญในการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์
- 5) เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงอิทธิพลของวิทยาศาสตร์ต่อมวลมนุษย์และสภาพ

แวดล้อม

จะเห็นได้ว่าจุดมุ่งหมายประการแรกและประการที่สอง จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์คือให้นักเรียนมีความรู้ในเนื้อหาตามที่หลักสูตรกำหนดไว้ จุดมุ่งหมายประการที่สองบางส่วน และจุดมุ่งหมายประการที่สามจะมุ่งเน้นให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ส่วนจุดมุ่งหมายประการที่สี่และห้ามุ่งให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็น และสามารถแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ยุพา ดันติเจริญ (2529 : 2) กล่าวว่ากำหนดยุทธศาสตร์ของหลักสูตรจะคำนึงความเหมาะสม และสอดคล้องกับความเจริญก้าวหน้าทางวิชาการและวุฒิภาวะของเด็กไทย ส่วนการเรียนการสอนจะเน้นเรื่องการให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการทำกิจกรรมและทำการทดลองต่างๆ ตามวิธีการทำนองเดียวกับวิธีที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นคว้าหาความรู้ด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และประการสำคัญที่สุดคือการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน.

9.1 ระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

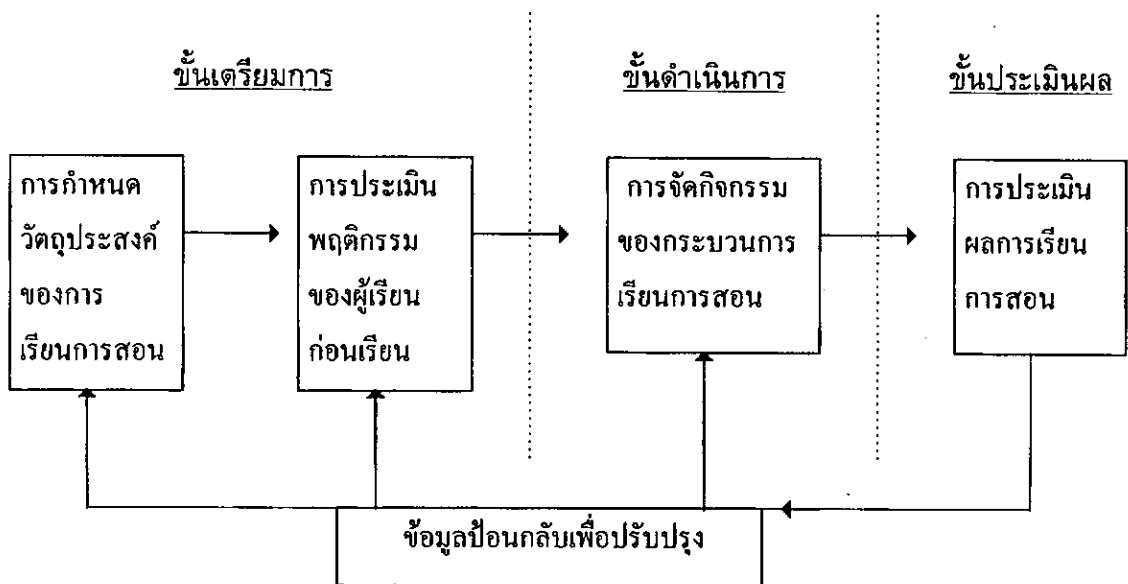
ระบบของการเรียน หมายถึง การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (ให้เป็นระบบ) โดยคำนึง ถึงองค์ประกอบซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อกัน มีหน้าที่ของตนเองและหน้าที่ต่อกัน เพื่อทำให้การเรียนการสอนเกิดผลผลิตตามเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพได้ และที่สำคัญระบบนี้ต้องมีการประเมินเพื่อปรับเปลี่ยนตลอดเวลา (กิ่งฟ้า, สินธุวงศ์. 2533 : 14) ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ ภพ เลหาไพบูลย์ (2534 : 33) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบนั้น ย่อมทำให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากครูจะมีความเข้าใจและเห็นความเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์ขององค์ประกอบของการเรียนการสอน โดยตลอด เป็นผลทำให้ครูสามารถดำเนินการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้โดยสะดวกและรวดเร็ว

องค์ประกอบของระบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

- 1) ขั้นตอนเตรียมการ
- 2) ขั้นตอนดำเนินการ
- 3) ขั้นตอนประเมินผล
- 4) ขั้นตอนข้อมูลย้อนกลับ

เราสามารถนำเอารูปแบบการสอนมาจัดให้เป็นระบบได้ตามภาพประกอบ 23

ดังนี้



ภาพประกอบ 23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ

จากภาพประกอบ 23 รายละเอียดของขั้นตอนทั้ง 4 ขั้นตอน อาจแบ่งได้เป็น

1) ขั้นตอนเตรียมการ ในขั้นนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ได้แก่ การสำรวจปัญหาและทรัพยากร การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนการสอน การประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนก่อนเรียน

2) ขั้นตอนดำเนินการ ได้แก่การจัดกิจกรรมของกระบวนการเรียนการสอน

3) ขั้นตอนประเมินผล เป็นขั้นประเมินผลการเรียนการสอน

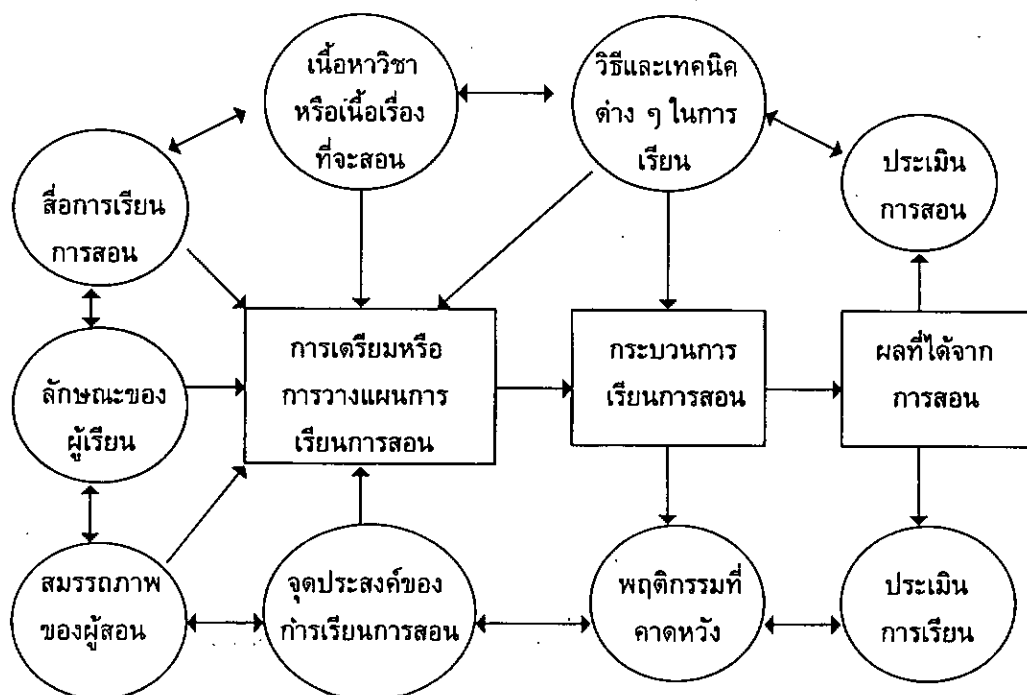
ทุกขั้นตอนต้องมีข้อมูลป้อนกลับเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนให้มี

ประสิทธิภาพ

9.2 องค์ประกอบของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การสอนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างผู้สอนและผู้เรียน โดยที่ผู้สอนเป็นผู้วางแผนจัดขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เมื่อเป็นเช่นนี้การเรียนรู้ของผู้เรียนจึงเป็นความมุ่งหมายสำคัญที่ผู้สอนต้องการและพยายามแสวงหาหนทางกับวิธีการอันนำไปสู่ความมุ่งหมายดังกล่าว กระบวนการที่เกิดขึ้นจึงจัดเป็นผลพวงของกิจกรรมการเรียนการสอน ที่ทั้งผู้สอนและผู้เรียนต้องมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งหมายถึงบรรยากาศและวัสดุอุปกรณ์ที่เอื้ออำนวยให้การเรียนการสอนเป็นไปได้ตามความคาดหวัง ผลลัพธ์ที่ได้ในท้ายที่สุด คือ การเรียนรู้ของผู้เรียน ที่อาจมีผลต่อการพัฒนาบุคลิกภาพ ซึ่งหมายถึง ความรู้ ความรู้สึก ทักษะที่ผู้เรียนจะนำไปใช้ได้ต่อไป

สำหรับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร เราจะต้องมีการเตรียมหรือการวางแผนการเรียนการสอน และดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนตามที่ได้วางแผนเอาไว้แล้ว สุดท้ายก็จะเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการสอนซึ่งผลที่ได้นี้จะบรรลุตามวัตถุประสงค์ดังกล่าวหรือไม่ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องประเมินผลการเรียนการสอน เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพต่อไป (กิ่งฟ้า สินธุวงศ์, 2533 : 26) ดังภาพประกอบ 24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของการเรียนการสอนดังนี้



ภาพประกอบ 24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเรียนการสอน

จากภาพประกอบ 24 องค์ประกอบของการเรียนการสอนที่อยู่ในวงกลมทั้ง 9 องค์ประกอบ ต่างก็มีส่วนสำคัญต่อการเตรียมการสอน การดำเนินการเรียนการสอน หรือการจัดกระบวนการเรียนการสอน และผลที่ได้จากการสอน ซึ่งอยู่ในช่องสี่เหลี่ยมทั้ง 3 ส่วน

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าองค์ประกอบของการเรียนการสอนสัมพันธ์กันทั้งหมด ถ้าองค์ประกอบใดด้อยหรือขาดหายไป ก็จะส่งผลกระทบต่อผลของการเรียนการสอน และเมื่อมีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้ง 9 องค์ประกอบ ในขั้นการเตรียมการสอน กระบวนการเรียนการสอน และผลที่ได้จากการสอนก็จะทำให้การจัดการเรียนการสอนนั้นเป็นระบบ

สุจินต์ วิศวรวิธานนท์ (2527 : 91-93) ได้กล่าวถึงระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้คือ

ระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีลักษณะทั่วไปเช่นเดียวกับระบบการทำงานอื่น ๆ คือประกอบด้วย ตัวป้อน กระบวนการ และผลลัพธ์

ตัวป้อนในระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อมูลเกี่ยวกับ ผู้เรียนผู้สอน เนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์ แบบเรียน คู่มือครู อุปกรณ์และทรัพยากรอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ รวมทั้งตัวผู้เรียนด้วย

กระบวนการในระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์หมายถึง กระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน บทบาทและกิจกรรมของผู้สอน กิจกรรมเหล่านี้เป็นผลมาจากการเตรียมการอย่างถี่ถ้วน เพื่อให้กิจกรรมเหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียน เนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ และวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนระดับบทเรียน ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การปฏิบัติการทดลอง การอภิปราย การรับฟังคำบรรยาย การทำรายงานผลการค้นคว้า การถามตอบคำถาม การแก้ปัญหา เป็นต้น ส่วนกิจกรรมการสอนของครูได้แก่ การบรรยาย การช่วยเหลือแนะนำในการปฏิบัติ การทดลอง การถามตอบคำถาม การช่วยเหลือผู้เรียนในการอภิปราย การสรุปประเด็น เป็นต้น

ผลลัพธ์ในระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการ แสดงหาความรู้วิทยาศาสตร์ ทักษะและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน อันเป็นผลมาจากกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งผู้สอนจะประเมินผลลัพธ์นี้ได้โดยการตรวจสอบพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนว่าเป็นไปตามเกณฑ์และวัตถุประสงค์หรือไม่ และจากผลลัพธ์นี้จะเป็นข้อมูลย้อนกลับไปพิจารณาปรับปรุงองค์ประกอบและขั้นตอนของระบบการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จากแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการเรียนการสอนที่กล่าวมาเป็นการพัฒนาระบบการเรียนการสอนโดยทั่วไป ซึ่งยังมิได้ระบุเจาะจงว่าเป็นการพัฒนาระบบการเรียนการสอนของวิชาใด และได้มีนักการศึกษาที่ได้นำมาใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ได้แก่

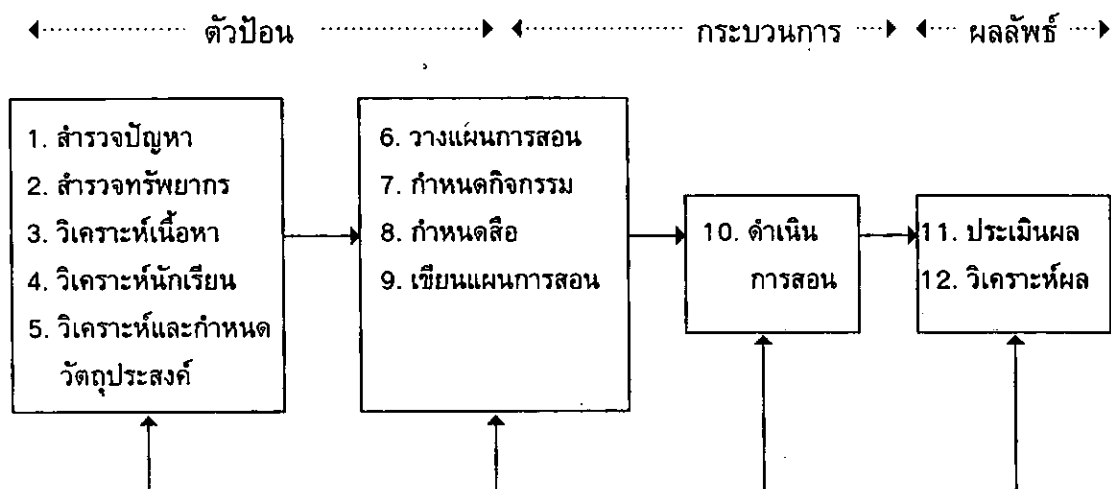
สุจินต์ วิศวรธรรณท์ (2527 : 94-95) ได้กล่าวถึงการพัฒนาระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่าประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้คือ

1) ขั้นสำรวจและวิเคราะห์เกี่ยวกับระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นที่สำรวจและวิเคราะห์เกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่จัดอยู่ ว่ามีปัญหามากน้อยเพียงใด มีขั้นตอนและวิธีการสอนอย่างไร จะทำเป็นระบบได้หรือไม่ ถ้าเป็นระบบอยู่แล้วจะพัฒนาเป็นระบบใหม่ที่สามารถแก้ปัญหาและข้อบกพร่องของระบบเดิมได้

- 1.1) สำรวจปัญหาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
- 1.2) สำรวจวัสดุอุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใช้ในการสอน
- 1.3) วิเคราะห์เนื้อหา
- 1.4) วิเคราะห์นักเรียน
- 1.5) วิเคราะห์วัตถุประสงค์
- 1.6) วางแผนการสอน
- 1.7) กำหนดกิจกรรมการเรียนการสอน
- 1.8) กำหนดสื่อการสอน
- 1.9) เขียนแผนการสอน
- 1.10) ดำเนินการสอน
- 1.11) ประเมินผลการสอน
- 1.12) วิเคราะห์ผลเพื่อย้อนกลับไปปรับปรุงระบบ

2) ขั้นเขียนรูปแบบของระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นที่นำขั้นตอนต่างๆ ที่กำหนดไว้ในขั้นสังเคราะห์ระบบมาเขียนเป็นแผนภูมิเพื่อแสดงลำดับขั้นตอนการเขียนแผนภูมิแสดงรูปแบบของระบบนี้อาจทำได้หลายแบบ เพียงแต่ยึดหลักที่ว่าควรแสดงให้เห็นองค์ประกอบของระบบด้วย กล่าวคือให้สามารถได้ว่า “ตัวป้อน” หรือ “กระบวนการ” หรือ “ผลลัพธ์” ตัวอย่างดังภาพประกอบ 25

3) ขั้นทดลองใช้ระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นที่นำระบบไปทดลองใช้ โดยดำเนินการตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้ แล้วประเมินผลเพื่อดูว่าระบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนั้นมีปัญหาที่ควรแก้ไขปรับปรุงอย่างไรบ้าง



ภาพประกอบ 25 ตัวอย่างระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

สรุปการพัฒนากระบวนการเรียนการสอน เป็นการออกแบบการเรียนการสอนโดยวิธีการเข้าสู่ระบบ (System approach) ซึ่งจัดว่าเป็นเทคโนโลยีทางการศึกษาในปัจจุบัน ขั้นตอนของการพัฒนาระบบการเรียนการสอนประกอบด้วย กระบวนการของการออกแบบการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ โดยมีทฤษฎีการเรียนรู้ ทฤษฎีการเรียนการสอน ผลจากการวิจัยและข้อมูลเชิงประจักษ์ต่างๆ เป็นพื้นฐานในการออกแบบการเรียนการสอน และนำระบบการเรียนการสอนไปทดลองใช้ แล้วนำผลการประเมินมาปรับปรุงแก้ไขจนได้ระบบการเรียนการสอนที่มีคุณภาพ ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดที่กล่าวมานี้ ผู้วิจัยได้นำไปใช้ในการพัฒนาระบบการเรียนการสอนในหลักสูตรวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

10. สมรรถภาพที่พึงประสงค์จากการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับต่างๆ นั้น นอกจากมุ่งหวังให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจในแนวความคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียนแล้วยังมีเป้าหมายด้านอื่นๆ ที่ต้องการให้นักเรียนได้พัฒนาคือ

- 1) ความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา โดยผ่านกระบวนการตรวจสอบสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง รวบรวมและบันทึกข้อมูล จัดกระทำกับข้อมูลและตัดสินใจใช้ผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับหลักการหรือทฤษฎีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหานั้น
- 2) ความคิดขั้นสูงนี้จะทำให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดหาเหตุผลและคิดสร้างสรรค์ และสามารถในการรวบรวมข้อมูล จัดระบบข้อมูล ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เพื่อการเปรียบเทียบถึงความขัดแย้งหรือสอดคล้อง
- 3) ทักษะในการสื่อสาร โดยพัฒนาให้นักเรียนสามารถนำข้อมูลและความรู้มาเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม

จากวิธีการสอนและสมรรถภาพที่พึงประสงค์ที่ได้กล่าวมาแล้ว กิจกรรมการเรียนการสอนที่สามารถนำมาใช้ได้คือ การทดลอง การทำกิจกรรมภาคสนาม การบรรยายและสาธิต การใช้สื่อต่างๆ การอภิปรายและการทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ เช่น การทำโครงการวิทยาศาสตร์ ซึ่งก็จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาตนเองอย่างเต็มศักยภาพที่มีอยู่

11. หลักและเทคนิคในการสอนวิทยาศาสตร์

ในการสอนวิทยาศาสตร์ มีหลักเบื้องต้นที่ควรปฏิบัติ ดังนี้ (ภัทรา ไชยเวช. ม.ป.ป. 151 - 152 ; ชาญไชย ศรีไสยเพชร. 2527 : 67)

- 1) วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการปฏิบัติและความจริงในชีวิตประจำวัน ควรให้เด็กได้ทำการทดลองและประสบด้วยตนเองให้มากที่สุด
- 2) ครูควรเห็นความสำคัญทางสังคมและส่วนตัวของแต่ละบุคคล เน้นหลักการต่างๆ เพื่อเด็กนำไปใช้ได้จริง ๆ เพื่ออยู่ในสังคมนั้นได้อย่างสบาย
- 3) ครูควรยกตัวอย่างในสิ่งใกล้ๆ ตัวเด็กหรือเรื่องธรรมดาที่เด็กได้รับอยู่เสมอ ไม่ควรยกตัวอย่างสิ่งมหัศจรรย์ที่เด็กไม่สามารถเห็นได้
- 4) บทเรียนต่างๆ ที่สอนควรจะเป็นจริง มีคุณค่าแก่เด็ก
- 5) ครูควรจะดำเนินการสอนเป็นพิเศษในบางเรื่องแก่เด็กที่มีความสนใจในวิชานั้นจริงๆ เพื่อเป็นการฝึกอาชีพอย่างแท้จริงแก่เด็ก
- 6) ประสพการณ์ต่างๆ ในการสอน ครูควรเริ่มจากการสังเกต ร่วมการทดลอง การศึกษานอกสถานที่ ทำบันทึก อภิปราย วางโครงการ รวบรวม แยกแยะ ถ้ามีเวลาพอ
- 7) การสอน ไม่ควรสอนเฉพาะภายในห้องเรียน ควรพาไปดูของจริงในโอกาสที่จะทำได้

- 8) เนื้อหาวิชาต่างๆ ไม่ควรยึดถือเกินไป ควรจะระลึกว่าเนื้อหาเหล่านั้นมิใช่ความจริงคงที่เสมอไป อาจเปลี่ยนแปลงได้
- 9) ควรมีกิจกรรมบางอย่างซึ่งทำให้เด็กได้รับความก้าวหน้าของตนไปด้วย
- 10) หากครูได้ดำเนินการสอนวิชาต่างๆ เป็นหน่วย แต่ละหน่วยควรมีการเกี่ยวโยงกันหรือมีการพึ่งพาประสบการณ์ระหว่างหน่วยต่างๆ ได้
- 11) ขบวนการต่างๆ ครูอาจจัดให้อยู่ในรูปแก้ปัญหา ซึ่งเป็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
- 12) ลักษณะการเรียนควรเป็นการแสวงหา และใช้หลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นการทดสอบความเข้าใจต่างๆ
- 13) การสอนควรเสนอในด้านความจริง อย่าอธิบายด้วยเรื่องลึกลับหรือความเชื่อที่ผิดพิสดาร
- 14) ควรให้เวลาแก่กิจกรรมที่จะช่วยให้เด็กเข้าใจความหมายของคำต่างๆ เช่น พลังงาน ฯลฯ ทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกความเข้าใจอย่างกว้างขวางและความรู้เฉพาะเรื่องอย่างถ่องแท้
- 15) หน่วยทุกหน่วยควรยกมากล่าวเป็นปัญหา ควรเกิดจากประสบการณ์หรือสิ่งแวดล้อมของนักเรียน เวลาในการสอนหน่วยหนึ่งๆ ควรยืดหยุ่นได้ตามสภาพการณ์
- 16) ควรหาโอกาสแทรกการอภิปราย อธิบายเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์อาจมีการทดลองร่วมกัน ครูเป็นผู้สรุปพร้อมทั้งภาพประกอบอย่างง่าย
- 17) ทักษะศึกษาก็เป็นเครื่องนាំนักเรียนไปสู่บทเรียนและช่วยแก้ปัญหาได้ดีและเพิ่มความเพลิดเพลินแก่เด็กด้วย ครูต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับวัยของเด็กและมีการอภิปรายซึ่งเป็นเครื่องวัดว่าได้ผลเพียงไรด้วย

11.1 การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

วิธีสืบเสาะหาความรู้เป็นที่รู้จักกันหลายชื่อ เช่น การสอนแบบสืบสวน สอบสวน การสอนแบบสอบสวน การสอนให้นักเรียนค้นหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางความคิด การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนแบบค้นพบ การสอนแบบแก้ปัญหา การสอนแบบสืบเรื่องราววิธีสืบเสาะหาความรู้ดังกล่าวเป็นกลวิธีการสอนหนึ่งที่สำคัญต่อการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันมีรายละเอียดดังนี้

วิธีสืบเสาะหาความรู้ หมายถึงวิธีการที่ครูและนักเรียนเป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยนักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นเพียงผู้แนะนำ ผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย วิธีสืบเสาะหาความรู้จะเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียน (น้อมฤดี จงพยัพพะและคณะ. 2519 ; Carin and Sund. 1980 : 74-75 ; Anderson. 1978 : 52-57)

11.2 องค์ประกอบสำคัญของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ครู : ครูมีบทบาทสำคัญดังต่อไปนี้

1) เป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนคิด (Catalyst) โดยกำหนดปัญหา แล้วให้นักเรียนวางแผนหาคำตอบเอง หรือกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหาและวางแผนหาคำตอบเอง

2) เป็นผู้ให้การเสริมแรง (Reinforcer) โดยการให้รางวัลกล่าวชมเพื่อให้กำลังใจ และเพื่อเกิดพฤติกรรมการเรียนการสอนต่อเนื่อง

3) เป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback action) โดยการบอกข้อดีข้อบกพร่องแก่นักเรียน

4) เป็นผู้แนะนำและกำกับ (Guide and director) เป็นผู้แนะนำเพื่อให้เกิดความคิด และกำกับควบคุมมิให้ออกนอกกลุ่มนอกทาง

5) เป็นผู้จัดระเบียบ (Organizer) เป็นผู้จัดการบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ รวมทั้งอุปกรณ์สื่อการสอนแก่นักเรียน

กล่าวโดยสรุปแล้วครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้ผู้เรียนสามารถค้นหาความรู้ด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นักเรียน : นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียน มีบทบาทเป็นผู้ปฏิบัติการทดลองหรือวางแผนการทดลอง เพื่อหาคำตอบ หรือทั้งกำหนดปัญหาและวางแผนการทดลองเพื่อหาคำตอบ การค้นหาคำตอบกระทำด้วยตัวเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะสำคัญ : วิถีสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการที่ให้นักเรียนค้นหาความรู้ด้วยตนเองด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมีครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้สอดคล้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันที่เน้นทั้งความรู้ และการบวนการหาความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง

กระบวนการที่ใช้

กระบวนการหลัก : ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการหาความรู้ ซึ่งนักเรียนต้องอาศัยปัจจัยสำคัญ คือ

1) วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) หมายถึง ขั้นตอนการหาความรู้ โดยเริ่มตั้งแต่การระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลองและทดลองการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์และสรุปผล

2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skill) ซึ่งหมายถึงทั้งทักษะขั้นพื้นฐานและทักษะขั้นสูงที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง

3) เจตคติทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการเสริม : การอภิปรายระหว่างครูและนักเรียนโดยครูใช้การถามคำถาม ทั้งคำถามขั้นสูงและขั้นต่ำเพื่อนำไปสู่การระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์ ตลอดจนการสรุปผลเพื่อให้ได้ข้อความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง

11.3 ประเภทของวิธีสืบเสาะหาความรู้

คาริน และซันด์ (Carin and Sund. 1980 : 84) และซันด์และโทรบริดจ์ (Sund and Trowbridge. 1974 : 185-186) แบ่งวิธีสืบเสาะหาความรู้แบ่งเป็น 3 ประเภทโดยใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ดังนี้คือ

แบบที่ 1 การสืบเสาะโดยกำหนดแนวทาง (Guided discovery) เป็นวิธีให้นักเรียนทำงานหรือปฏิบัติการทดลองวิธีนี้ครูและนักเรียนมีบทบาทเท่าเทียมกัน โดยเตรียมวิธีการปฏิบัติทดลองไว้แล้วเป็นระดับที่ง่ายที่สุด

แบบที่ 2 การสืบเสาะโดยกำหนดแนวทางให้บางส่วน (Less guided discovery) เป็นวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ครูเป็นผู้วางแผนวิธีนี้ครูมีบทบาทลดลงเมื่อเทียบกับวิธีในข้อ 1 นักเรียนมีบทบาทมากขึ้น ซึ่งเป็นวิธีที่ซับซ้อนกว่าแบบที่ 1

แบบที่ 3 การสืบเสาะโดยไม่กำหนดแนวทาง (Free discovery) เป็นวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนเป็นผู้วางแผนเอง วิธีนี้นักเรียนมีบทบาทมากที่สุด ครูมีบทบาทน้อยกว่าหรือไม่มีเลย เป็นระดับที่ซับซ้อนและยากที่สุด

นอกจากนี้ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้อาจแบ่งได้ดังนี้

1) วิธีให้นักเรียนทำงานหรือปฏิบัติการทดลอง (Student exercise) หรือ (Guided discovery) เป็นวิธีสืบเสาะที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการทดลอง เตรียมอุปกรณ์เครื่องมือไว้เรียบร้อย นักเรียนมีหน้าที่ปฏิบัติการทดลองตามแนวทางที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นวิธีสืบเสาะที่มีคำแนะนำปฏิบัติการหรือกิจกรรมสำเร็จรูป (Structured laboratory)(สุวัณก์ นิยมคำ. 2531 : 126) ลำดับขั้นตอนการสอนของวิธีนี้คือ

1.1) ชี้นำเข้าสู่บทเรียน ครูเป็นผู้นำอภิปรายโดยตั้งปัญหาเป็นอันดับแรก

1.2) ชี้นำอภิปรายก่อนทดลอง อาจจะเป็นการตั้งสมมติฐาน ครูอธิบายหรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองว่าวิธีการใช้อย่างไร จึงจะไม่เกิดอันตรายและมีข้อควรระวังในการทดลองแต่ละครั้งอย่างไรบ้าง

1.3) ชี้นำทำการทดลอง นักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำการทดลองเองพร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง

1.4) ชี้นำอภิปรายหลังการทดลอง เป็นขั้นของการนำเสนอข้อมูล และสรุปผลการทดลองในตอนนี้ครูต้องนำการอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อนำนักเรียนไปสู่ข้อสรุปเพื่อให้ได้แนวคิดหรือหลักเกณฑ์ที่สำคัญของบทเรียน

2) วิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ครูเป็นผู้วางแผนให้ (Teacher planned investigation) หรือ (Less guided discovery) เป็นวิธีสืบเสาะที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา แต่ให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยเริ่มตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง ทำการทดลอง จนถึงสรุปผลการทดลอง โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกซึ่งอาจเรียกวิธีนี้ว่าวิธี

สอนแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured laboratory) (สุวัฒน์ นิยมคำ. 2531 : 428)
ลำดับขั้นตอนของการสอนวิธีนี้คือ

2.1) สร้างสถานการณ์หรือปัญหา ซึ่งอาจทำโดยการใช้คำถาม ใช้
สถานการณ์จริง โดยการสาธิตเพื่อเสนอปัญหา ใช้ภาพปริศนา หรือภาพยนตร์เพื่อเสนอปัญหา
2.2) นักเรียนวางแผนแก้ปัญหา โดยครูเป็นผู้แนะแนวทาง ระบุ
แหล่งความรู้

2.3) นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้

2.4) รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการแก้ปัญหาด้วย
ตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ดูแลร่วมในการอภิปรายเพื่อให้ได้ความรู้ที่ถูกต้องสมบูรณ์

3) วิธีสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนเป็นผู้วางแผนเอง (Student planned investigation) หรือ (Free discovery) เป็นวิธีการที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาเอง วางแผน
การทดลองเอง ดำเนินการทดลอง ตลอดจนสรุปผลด้วยตัวนักเรียนเอง วิธีนี้นักเรียนมีอิสระ
เต็มที่ในการศึกษาตามความสนใจ ครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นเท่านั้น ซึ่งอาจเรียกว่าวิธีสืบเสาะแบบ
อิสระ (Free discovery) (Sund and Trowbridge. 1974 : 71-73) วิธีนี้อาจใช้คำถามเพื่อ
กระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหาด้วยตัวเอง ดังที่ คาริน และซันด์ (การ์ตเนอร์ มาเจอรี.
2538. 231 ; Carin and Sund. 1980 : 53) ได้ยกตัวอย่างปัญหาที่ครูใช้ถามนักเรียน เช่น

3.1) ถ้านักเรียนเป็นครูและกำลังสนใจเลือกหาข้อที่จะศึกษาใน
ภาคเรียนนี้ นักเรียนคิดว่าจะศึกษาเรื่องอะไร

3.2) ปัญหาสำคัญของชุมชนเราที่นักเรียนสนใจศึกษามีอะไรบ้าง

3.3) เมื่อนักเรียนประสบปัญหาในชุมชนของเรา เช่น ปัญหา
มลพิษ นักเรียนต้องการอภิปรายเกี่ยวกับอะไร ลองเล่าสู่ให้เพื่อนฟังบ้าง

3.4) นักเรียนได้เรียนเรื่องของ เกลือ แสง ความร้อน รังสี
พฤติกรรมของสัตว์มาแล้ว มีปัญหาใด เกี่ยวกับเรื่องเหล่านี้ที่นักเรียนสนใจจะศึกษาอาจศึกษา
เป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้

เมื่อนักเรียนกำหนดปัญหาได้ตามความสนใจของตนเองแล้ว นักเรียน
จึงทำการวางแผนเพื่อแก้ปัญหา แล้วดำเนินการแก้ปัญหา ตลอดจนสรุปผลด้วยตนเอง ซึ่ง
อาจทำเป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่มก็ได้ โดยมีครูเป็นที่ปรึกษาให้กำลังใจเท่านั้น

แม็คเนล (Macneil. 1980 : 354-359) ได้แบ่งการสอนแบบ
สืบเสาะหาความรู้ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) Active Inquiry นักเรียนสืบเสาะหาความรู้โดยการเป็นผู้ถาม ซึ่ง
ครูจะเป็นผู้เร้าให้นักเรียนเกิดการซักถามขึ้นต่าง ๆ จนนักเรียนสามารถลงข้อสรุปความรู้ได้ด้วย
ตนเอง

2) Passive Inquiry ครูเป็นผู้ถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดค้นคว้าหาความรู้ เพื่อให้นักเรียนลงข้อสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง

3) Combine Inquiry ทั้งครูและนักเรียนช่วยกันใช้คำถามตามชั้นต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้เกิดความคิด ค้นคว้าหาความรู้ จนนักเรียนสามารถลงสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง

จากที่กล่าวมา จะเห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้นั้นจะมีรูปแบบแตกต่างกัน ซึ่งจะเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความพร้อมของครู นักเรียนและวัสดุอุปกรณ์ ชันด์และโทรบริดจ์ (Sund and Trowbridge. 1974 : 67-68) และสวัณก์ นิยมคำ (2517 : 127) ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่าการจัดกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในระยะแรกๆ ที่นักเรียนยังเคยชินอยู่กับการสอนแบบเดิมที่ครูเป็นผู้ให้ความรู้ นั้น ครูควรกำหนดแนวทางในการดำเนินกิจกรรมไว้ให้นักเรียนมีประสบการณ์มากขึ้น จึงค่อยๆ ลดการแนะนำ จนในที่สุดนักเรียนสามารถดำเนินกิจกรรมในการสืบเสาะหาความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยครูมีบทบาทเป็นเพียงผู้ให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกในการสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน (ธงชัย ชิวปรีชา. 2526 : 27)

11.4 คุณภาพของวิธีสอนแบบวิธีสืบเสาะหาความรู้

ชันด์ และโทรบริดจ์ (Sund and Trowbridge. 1974 : 65-67) ได้กล่าวถึงคุณภาพของวิธีสอนแบบวิธีสืบเสาะหาความรู้ สรุปได้ดังนี้

1) สร้างสถานการณ์หรือปัญหาให้สอดคล้องกับเรื่องที่จะสอน โดยการสอนทบทวน สาธิต ใช้อุปกรณ์ประกอบการสอนเพื่อนำไปสู่ประเด็นให้มีการอภิปรายเป็นการนำเข้าสู่บทเรียน

2) ครูอธิบายวัตถุประสงค์ของเรื่องที่จะศึกษาโดยเฉพาะกรณีที่ครูกำหนดปัญหาและวางแผนการทดลองให้ สำหรับกรณีที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาเอง ครูควรอธิบายวัตถุประสงค์ทั่วๆ ไปของเรื่องที่จะศึกษา

3) ครูใช้เทคนิคการถามคำถาม เพื่อให้ได้มีการอภิปรายหาคำตอบที่จะเป็นแนวทางการตั้งสมมติฐาน ตลอดจนการสรุปผล

4) กระตุ้นให้นักเรียนถามคำถาม หรือพยายามเชื่อมโยงคำตอบของนักเรียนไปสู่คำถามใหม่ เพื่อช่วยขยายแนวคิด หรือขยายคำตอบเดิมให้ชัดเจนและสมบูรณ์ขึ้น

5) ระหว่างนักเรียนทำการทดลอง ครูควรสังเกตให้ความช่วยเหลือ

6) ครูพยายามกระตุ้นให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาลายวิธีและใช้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ช่วยในการแก้ปัญหา

7) วิธีแนะนำของครูในการแก้ปัญหาด้วยตัวนักเรียน เริ่มจากวิธีง่ายไปยังวิธีการที่สลับซับซ้อนขึ้น

8) การใช้วิธีให้นักเรียนสืบสอบเองนั้นเหมาะสมกับประสบการณ์เดิม
และความสามารถของนักเรียน

9) ครูใช้เทคนิคการสอนอื่นๆ เช่น การเสริมแรง การสร้างความสนใจ สื่อ
การสอน กระตุ้นให้นักเรียนสนใจอยากสืบเสาะหาความรู้

11.5 ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีสืบเสาะหาความรู้

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2526 : 36, 40, 54)สรุปข้อดีและ
ข้อจำกัดของวิธีสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

ข้อดี

1) เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านสติปัญญาคือ ฉลาดขึ้น เป็นนักริเริ่ม
สร้างสรรค์และนักจัดระเบียบ

2) การค้นพบด้วยตัวเอง ทำให้เกิดแรงจูงใจภายในมากกว่าการ
เรียนแบบท่องจำ

3) ฝึกให้นักเรียนทราบวิธีค้นหาความรู้ แก้ปัญหาด้วยตนเอง

4) ช่วยให้อาจจำความรู้ได้นาน และสามารถถ่ายโยงความรู้ได้

5) นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนการสอน จะทำให้การเรียนรู้มี
ความหมายเป็นการเรียนที่มีชีวิตชีวา

6) ช่วยพัฒนาอัตโนมัติแก่ผู้เรียน

7) พัฒนาให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

8) ช่วยให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นว่าจะทำการสิ่งใดๆ จะสำเร็จ
ด้วยตนเองสามารถคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค

9) นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

10) ได้ประสบการณ์ตรง ฝึกทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการใช้
เครื่องมือวิทยาศาสตร์

11) สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

ข้อจำกัด

1) ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง บางครั้งอาจได้เนื้อเรื่องไม่
ครบตามที่กำหนดไว้

2) ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างไม่ชวนสงสัย ไม่ชวนติดตาม จะทำให้นัก
เรียนเบื่อหน่ายไม่อยากเรียน

3) นักเรียนที่มีสติปัญญาดำ หรือไม่มีการกระตุ้นมากพอจะไม่
สามารถเรียนด้วยวิธีสอนแบบนี้ได้

4) เป็นการลงทุนสูง ซึ่งอาจได้ผลไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

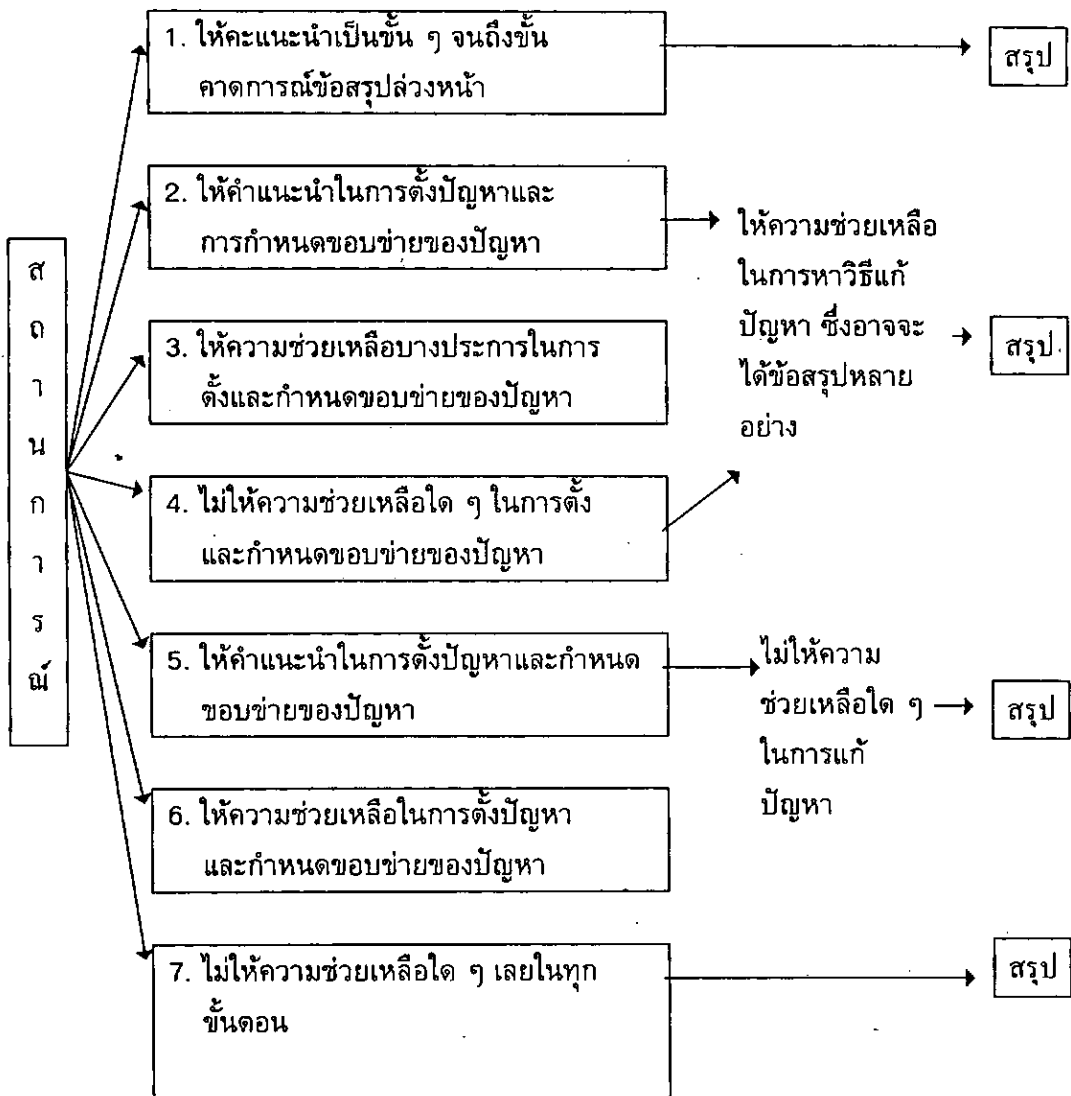
5) ถ้านักเรียนไม่รู้จักหลักการทำงานกลุ่มที่ถูกต้องอาจทำให้นักเรียนบางคนหลีกเลี่ยงงาน ซึ่งไม่เกิดการเรียนรู้

ภัทรา ไชยเวช (ม.ป.ป. : 42-44) กล่าวว่าการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้นั้นก็เหมือนกับวิธีการสอนอื่นๆ ในแง่ที่จะต้องประสบกับข้อยุ่งยากและปัญหาต่างๆ วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้นั้นควรจะใช้เพียงองค์ประกอบในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ และไม่ควรนำมาใช้เป็นวิธีการสอนที่สมบูรณ์แบบ ครูผู้สอนที่สนใจและตื่นตัวที่จะใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้นั้นควรจะนำเอาวิธีการสอนแบบอื่นมาใช้ด้วย เมื่อถึงสถานการณ์ที่เหมาะสม มีหลักการที่สำคัญหรือความคิดรวบยอดในวิชาวิทยาศาสตร์หลายอย่างที่เราจะใช้ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไม่ได้ ในบางครั้งครูจำเป็นต้องใช้การอธิบายหรือสอนแบบบอกโดยตรงหรือใช้การหาเหตุผล โดยการอนุมานซึ่งอาจจะมีความเหมาะสมมากกว่าก็ได้

ในการสอนโดยใช้การทดลองมีข้อควรระวัง ซึ่งจะกล่าวถึงในที่นี้ก็คือการทดลองอย่างง่ายๆ เพื่อเป็นพื้นฐานของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้นั้น อาจจะนำนักเรียนใช้การสรุปผลที่ผิดๆ ได้ ถ้าหากครูไม่วางแผนการสอนอย่างระมัดระวัง นักเรียนอาจจะพยายามขยายข้อสรุปแนวความคิดรวบยอดที่เกินเลยไปจากที่ตนเองสังเกตได้จริงๆ จากการทดลอง ครูจะต้องคอยตรวจสอบว่า นักเรียนได้เรียนรู้อย่างกระจ่างชัดว่าอะไรเป็นสิ่งที่พิสูจน์ได้ และอะไรพิสูจน์ไม่ได้ จากการทดลอง ครูจะต้องเน้นด้วยว่าในวิชาวิทยาศาสตร์นั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง

ครูผู้สอนควรย้ำถึงความจำเป็นที่ต้องทำการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง จนกว่าจะได้ผลเพียงพอที่จะทำให้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นเป็นที่เชื่อถือได้ก่อนที่จะสรุปผล ยังมีความเข้าใจผิดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในข้อที่ว่า โอกาสที่นักเรียนจะค้นพบแนวความคิดรวบยอดใหม่ๆ นั้นทำได้ง่ายมาก ซึ่งเป็นเรื่องผิดความเป็นจริง ในบางครั้งครูอาจจะให้ความคิดความเข้าใจแก่นักเรียนผิดๆ เกี่ยวกับระยะเวลาและการใช้คำถามซึ่งเป็นเรื่องจำเป็นในการค้นพบกฎหรือหลักการ ครูควรบอกให้นักเรียนทราบว่าเมื่อนักเรียนกำลังทำการศึกษาค้นหาเรื่องต่างๆ ภายในระยะเวลาอันสั้นเพียงไม่กี่ชั่วโมงนั้น ความจริงแล้วนักวิทยาศาสตร์อาจจะต้องใช้เวลานานเป็นปีๆ ในการศึกษาสืบเสาะหาความรู้และค้นพบในเรื่องเดียวกันนี้ก็ได้

โครงการวิทยาศาสตร์ศึกษาของออสเตรเลีย (Australian Science Education Project - ASEP) ได้แบ่งวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยพิจารณาจากปริมาณการให้คำแนะนำเรียงลำดับจากการสืบเสาะหาความรู้ที่ครูเป็นผู้กำหนดลำดับขั้นไว้ล่วงหน้าทั้งหมดถึงการสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ดำเนินการด้วยตนเองทั้งหมด ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 รูปแบบดังภาพประกอบ 26 (ASEP. 1974 : 321)



ภาพประกอบ 26 แสดงรูปแบบต่างๆ ในการจัดกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
ของ ASEP

11.6 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้

การสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ถูกเสนอโดยนักฟิสิกส์ชาวสหรัฐอเมริกาชื่อโรเบิร์ต คาร์พลัส (Robert Karplus) ที่เริ่มต้นใช้ในการเรียนการสอนในระดับประถมศึกษาเพื่อให้กระตุ้นนักเรียนมีความสนใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และช่วยลดความน่าเบื่อของการเรียนในห้องเรียน ต่อมาได้มีกลุ่มนักศึกษานำวิธีการนี้มาใช้อย่างแพร่หลายและมีการพัฒนาวิธีการและขั้นตอนในการเรียนการสอนแตกต่างกัน นักการศึกษาจากกลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) ได้นำวิธีการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ และได้เสนอขั้นตอนในการเรียนการสอนเป็น 5 ขั้นตอนคือ (สสวท. 2538 : 26-27)

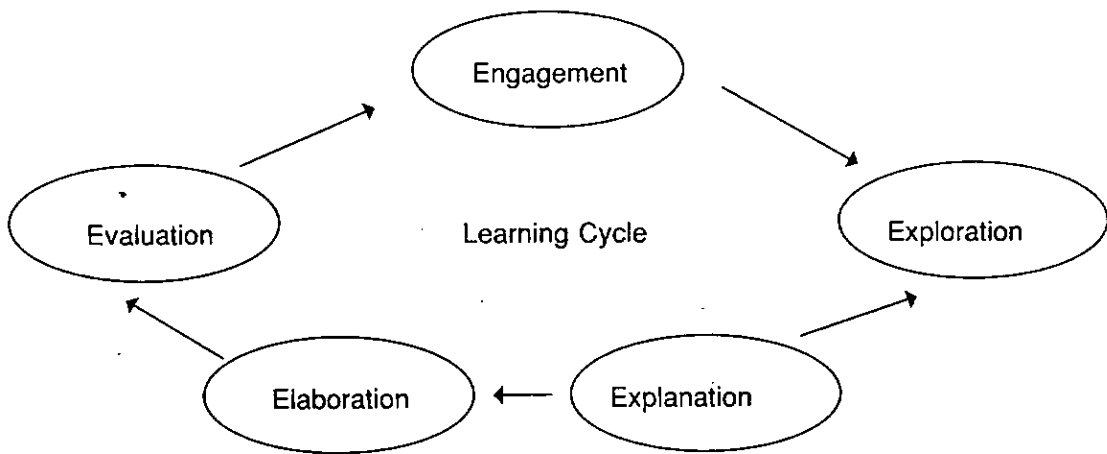
1) การนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ขั้นนี้จะมีลักษณะเป็นการแนะนำบทเรียน ที่กิจกรรมจะประกอบไปด้วยการซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมายที่ต้องการ

2) การสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวความคิดที่มีอยู่แล้ว มาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เข้าเป็นหมวดหมู่ ถ้าเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับการทดลองการสำรวจ การสืบค้นด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเทคนิคและความรู้ทางการปฏิบัติจะดำเนินไปด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยมีครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้แนะนำหรือผู้เริ่มต้นในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถหาจุดเริ่มต้นได้

3) การอธิบาย (Explanation) ในขั้นตอนนี้กิจกรรมหรือกระบวนการเรียนรู้จะมีการนำความรู้ที่รวบรวมมาแล้วในขั้นที่ (2) มาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาหัวข้อหรือแนวคิดที่กำลังศึกษาอยู่ กิจกรรมอาจประกอบไปด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการอ่านและนำข้อมูลมาอภิปราย

4) การลงข้อสรุป (Elaboration) ในขั้นตอนนี้จะเน้นให้นักเรียนได้นำความรู้หรือข้อมูลจากขั้นที่ (2) และ (3) มาใช้ กิจกรรมส่วนใหญ่อาจเป็นการอภิปรายภายในกลุ่มของตนเองเพื่อลงข้อสรุปให้เห็นถึงความเข้าใจ ทักษะกระบวนการและความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ต่างๆ ที่เกิดขึ้น จะช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสปรับแนวความคิดหลักของตัวเองในกรณีที่ไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง

5) การประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายจากการเรียนรู้ โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบแนวความคิดหลักที่ตนเองได้เรียนรู้มาแล้ว โดยการประเมินผลด้วยตนเองถึงแนวความคิดที่ได้สรุปไว้แล้วในขั้นที่ (4) ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใด รวมทั้งมีการยอมรับมากน้อยเพียงใด ข้อสรุปที่ได้จะนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไป ทั้งนี้จะรวมทั้งการประเมินผลของครูต่อการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย



ภาพประกอบ 27 แสดงการเรียนรู้แบบวัฏจักร (Learning Cycle)

กระบวนการเรียนการสอนโดยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ จัดเป็น กระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกันไปในลักษณะของวัฏจักร (Cycle) ในการเรียนการสอนแต่ละครั้งหรือแต่ละแนวคิดจะเริ่มต้นจากขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนและจบลงโดยการประเมินผล ผลที่ได้ก็จะถูกนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนการสอนในครั้งต่อไป จึงนิยมเรียกการเรียนการสอนวิธีนี้ว่าเป็นการเรียนรู้แบบวัฏจักร (Learning cycle) ในบางครั้งการเรียนการสอนด้วยกระบวนการแบบวัฏจักรช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ใหม่หรือช่วยในการแก้ปัญหาต่างๆ จนอาจเรียกว่าเป็นการเรียนรู้แบบค้นพบ (Discovery learning) ได้

สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในหลักสูตรวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นนี้ ได้เสนอขั้นตอนการเรียนการสอนเป็น 5 ขั้นตอนคือ

- 1) การนำเข้าสู่บทเรียน
- 2) การสำรวจ
- 3) การอธิบาย
- 4) การลงข้อสรุป
- 5) การประเมินผล

11.7 การจัดการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ในด้านการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นั้น ผู้วิจัยจะนำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

- 1) บทบาทของครูในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- 2) ลำดับขั้นตอนในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- 3) ประเภทของการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การสอนแบบปฏิบัติการทดลองนี้ มีผู้เรียกชื่อแตกต่างกันออกไป เช่น การสอนแบบทดลอง (Experimentation) การสอนแบบปฏิบัติการ (Laboratory) และฝึกฝน (Practicals) เป็นต้น (กนกศักดิ์ ทองตั้ง. 2536 : 73) แนวคิดเรื่องการสอนแบบนี้มีมานานพร้อมกับการเรียนรู้ของมนุษย์ เพราะการเรียนรู้อาชีพในสมัยก่อนนั้นเรียนรู้จากของจริง ฝึกจากของจริง เมื่อการศึกษาในอาชีพเริ่มหันมาหาสถาบัน ห้องทดลอง การฝึกฝนในอาชีพจึงแคบเข้ามาเฉพาะในสถาบันเท่านั้น (ไพฑูรย์ สินลารัตน์. 2524 : 94-95) ความหมายของการสอนแบบปฏิบัติจึงครอบคลุมทั้งการปฏิบัติในห้องทดลอง และการฝึกฝนปฏิบัติจริงจากสิ่งที่เรียนควบคู่กัน เป็นการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดสอบความรู้ หรือเนื้อหาที่เรียนไปได้ค้นความรู้ใหม่ด้วยตนเอง แม้ว่าอาจจะไม่พบก็ตาม พร้อมทั้งได้ประยุกต์เนื้อหากับสภาพจริงฝึกฝนและลงมือทำตามความรู้ ที่ศึกษาไป

11.7.1 การสอนแบบปฏิบัติการทดลอง

คำว่า “ปฏิบัติการ” หมายถึง การทดลอง พิสูจน์ข้อเท็จจริงตามทฤษฎี (พจนานุกรมไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2525 : 237) นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ให้ความหมายปฏิบัติการว่า เป็นวิธีสอนวิธีหนึ่งที่ใช้ในการศึกษา สอดคล้องกับ ประดับ เรืองมาลัย (2524 : 289) ที่กล่าวว่า วิธีสอนแบบปฏิบัติการ เป็นการสอนวิทยาศาสตร์โดยให้นักเรียนได้ลงมือกระทำการทดลองต่าง ๆ ด้วยตนเองในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ การทดลองด้วยตนเองนี้จะทำให้นักเรียนได้รับการฝึกทักษะที่สำคัญ และกาญจนา เกียรติประวัติ (2524 : 140) ได้ให้ความหมายการสอนแบบปฏิบัติการว่า หมายถึง กระบวนการสอนที่ใช้ประสบการณ์ตรง เพื่อให้ได้ผลผลิตหรือข้อเท็จจริงจากการสังเกตและการทดลองเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2527 : 83) กล่าวว่า วิธีสอนแบบปฏิบัติการทดลอง เป็นวิธีสอนที่ใช้กันมากและเหมาะสมกับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อมุ่งให้นักเรียนมีเสรีภาพทางความคิด ได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งส่งเสริมให้บรรลุตามเป้าหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน บุญชม ศรีสะอาด (2528 : 278) ได้ให้ความหมายการสอนวิทยาศาสตร์แบบปฏิบัติการว่า เป็นการสอนที่ให้ผู้เรียนกระทำการกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้การแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด โดยทำการทดลองปฏิบัติ ฝึกการใช้ทฤษฎี โดยผ่านการสังเกต การทดลอง ภายใต้สภาพที่ควบคุมไว้ ซึ่งการสอนแบบปฏิบัติการ เป็นการให้ผู้เรียนมีโอกาสได้

ปฏิบัติเพื่อพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้ศึกษามาแล้วในชั้นเรียน มีโอกาสใช้หรือรู้จักเครื่องมือเครื่องใช้ ในสายวิชาชีพนั้นในการค้นคว้าวิจัย หรือค้นพบสิ่งใหม่สำหรับผู้เรียน

สรุปการสอนแบบปฏิบัติการ หมายถึง การสอนวิทยาศาสตร์โดยให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้จากการทดลองด้วยตนเอง เพื่อมุ่งให้นักเรียนได้มีเสรีภาพทางความคิด และได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากกิจกรรมการทดลองด้วยตนเอง โดยมีครูให้คำแนะนำปรึกษา

11.7.2 หลักการของการสอนแบบปฏิบัติการทดลอง

การสอนแบบการทดลองนี้ เป็นการฝึกปฏิบัติที่มุ่งให้ผู้เรียนได้เรียนรู้หลักการและ ข้อเท็จจริงจากที่ผู้อื่นได้ค้นพบ พิสูจน์ทฤษฎีที่ได้ศึกษาในชั้นเรียน มีโอกาสใช้เครื่องมือเครื่องใช้ เพื่อค้นคว้าและวิจัยหรือค้นพบสิ่งใหม่ ได้มีการยอมรับกันว่า การสอนแบบนี้มีประสิทธิภาพดี เนื่องจากเป็นการให้ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติการด้วยตนเองมากที่สุด แม้ในสภาพความเป็นจริงจะยังขาดอุปกรณ์ที่จะให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติด้วยตนเองเท่ากันทุกคนก็ตาม ในการสอนด้วยการทดลองนี้ ผู้สอนควรคำนึงถึงหลักบางประการดังนี้

- 1) จัดอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องปฏิบัติให้เป็นระเบียบและพร้อมที่จะฝึกได้ทันที
- 2) หาวิธีการที่เหมาะสมให้ผู้เรียนได้ตื่นเต้น ระวัง ก่อให้เกิดความคิดทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการฝึกปฏิบัติ
- 3) จัดการฝึกปฏิบัติให้เป็นไปตามหลักขั้นของความสามารถของผู้เรียน เพื่อป้องกันความสับสนและเบื่อหน่าย และให้ผลที่ได้เป็นประโยชน์ต่อการฝึกปฏิบัติครั้งต่อไป
- 4) ผลการปฏิบัติควรเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน และนำไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพได้

11.7.3 องค์ประกอบของการสอนแบบปฏิบัติการทดลอง

องค์ประกอบที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการสอนแบบฝึกปฏิบัติ สรุปได้ดังนี้

- 1) สถานที่ฝึกปฏิบัติ จะต้องมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายและเนื้อหาวิชาที่จะฝึกปฏิบัติ ปกติสถานที่ฝึกปฏิบัติมีความแตกต่างกันตามรูปแบบและวิธีการสอน แต่ละลักษณะ แต่ควรมีความเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายการเรียนรู้และวิธีการสอน มีความพร้อมด้านการใช้สอย ความยินดีและเต็มใจของเจ้าของสถานที่ เป็นสถานที่ที่มีความยืดหยุ่น และควรเป็นแบบฉบับที่ดีได้

2) อุปกรณ์และเครื่องมือ นับว่าเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง เพื่อให้การปฏิบัติงานอยู่ในสภาพใกล้เคียงหรือเป็นสภาพความเป็นจริงมากที่สุด เครื่องมือและอุปกรณ์จึงต้องเพียงพอ กับจำนวนผู้เรียน รวมถึงพาหนะสำหรับการศึกษานอกสถานที่ หากการบริการด้านนี้บกพร่อง จะเป็นอุปสรรคสำคัญของการสอน ซึ่งผู้สอนหรือสถาบันการศึกษาต้องหาทางแก้ไขปัญหานี้ให้ได้ นอกจากนี้ ควรจะอยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้งานได้ทันที โดยไม่จำกัดเวลา หรือเปิดเวลาให้กว้างมากที่สุดโดยสามารถยืดหยุ่นได้ และอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ถ้าเป็นไปได้ควรจะเป็นของที่ ทำ ชื้อ หรือปรับปรุงขึ้นภายในประเทศเพื่อฝึกนิสัยและทัศนคติให้คุ้นเคยกับการใช้ของที่ผลิตภายในประเทศของตน

✓ 3) เอกสารการฝึกปฏิบัติ เอกสารการฝึกปฏิบัตินี้จะประกอบด้วย คู่มือการฝึกปฏิบัติ เอกสาร และคำแนะนำอื่นๆ

3.1) คู่มือการฝึกปฏิบัติ ถือเป็นสิ่งสำคัญที่สุด เนื่องจากมีรายละเอียดบอกให้รู้ว่าฝึกอะไร เพื่ออะไร และอย่างไร ส่วนประกอบของคู่มืออาจมีมากหรือน้อยแล้ว แต่แบบของการฝึกปฏิบัติ แต่ควรมีเนื้อหาในแต่ละหัวข้ออย่างละเอียด

3.2) เอกสารประกอบ หมายถึง เนื้อหาทฤษฎีหรือหลักการที่ช่วยให้ผู้ฝึกปฏิบัติมีความรู้ความเข้าใจ และยังช่วยให้ผู้ฝึกปฏิบัติแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการฝึกปฏิบัติด้วย

3.3) เอกสารคำแนะนำอื่น ๆ คือ เอกสารประกอบเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจสถานที่ฝึกปฏิบัติ รวมทั้งเอกสารอื่นที่ผู้สอนเลือก เพื่อช่วยให้การดำเนินการฝึกดีมีประสิทธิภาพมากขึ้น

✓ 4) การเตรียมตัวของผู้สอน ผู้เรียน ผู้สอนต้องเข้าใจวัตถุประสงค์ของการฝึก และขั้นตอนต่าง ๆ เช่น กำหนดเนื้อหา เตรียมเอกสาร เครื่องมือ อุปกรณ์ สถานที่ เวลา ตลอดจนศึกษาเทคนิคการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในขณะปฏิบัติ ด้านผู้เรียน ควรทำความเข้าใจขั้นการฝึก ซึ่งบางอย่างอาจต้องใช้ความรู้ ทักษะพื้นฐานประกอบ การเตรียมตัวของผู้สอนและผู้เรียนให้พร้อมจึงเป็นสิ่งสำคัญ

5) การอภิปรายและประเมินผล อาจจะมีระหว่างการฝึกและหลังการฝึก เพื่อประโยชน์ในการทราบถึงความก้าวหน้า และการบรรลุถึงผลสำเร็จของจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ในตอนต้น

11.7.4 จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ฮอฟสไตน์ และลูเนตตา (Hofstein and Lunetta. 1982 : 203) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1) เพื่อปลูกฝังให้เกิดความสนใจ เจตคติ ความพึงพอใจ ความมีใจกว้าง และความอยากรู้อยากเห็นในวิชาวิทยาศาสตร์

แก้ปัญหา

- 2) เพื่อพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความสามารถในการ
- 3) เพื่อส่งเสริมความคิดแบบวิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์
- 4) เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์และความสามารถทาง

สติปัญญา

- 5) เพื่อพัฒนาความสามารถทางการปฏิบัติ
- แอนเดอร์สัน (Anderson. 1976 : 60-79) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

- 1) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในกิจกรรมของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
- 2) เพื่อปลูกฝังทักษะการสืบสอบ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาอื่นๆ ได้
- 3) เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้สึกซาบซึ้งและเลียนแบบบทบาทของนักวิทยาศาสตร์
- 4) เพื่อช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการทั้งทางด้านความรู้สึกซาบซึ้งต่อความมีระเบียบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และทางด้านความเข้าใจในธรรมชาติของทฤษฎีและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

11.7.5 การจัดประสบการณ์แบบปฏิบัติการทดลอง

การทดลองเป็นกิจกรรมที่สำคัญมากกิจกรรมหนึ่งของการเรียนการสอนในวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสมือกระทำหรือปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักค้นคว้าหาเหตุผลและสามารถแก้ปัญหาได้

การจัดประสบการณ์แบบปฏิบัติการเป็นวิธีจัดประสบการณ์ที่ทำให้นักเรียนได้เรียนจากการปฏิบัติจริง เป็นการเรียนจากประสบการณ์ตรง นักเรียนได้ทดลองทำปฏิบัติเสาะหาข้อมูล ค้นคว้าหาวิธีการด้วยตนเอง นักเรียนจะเกิดมโนภาพสามารถถ่ายทอดความรู้นั้น ไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ สามารถจดจำเรื่องราวนั้นได้นาน นำไปสู่ความสามารถพร้อมที่จะใช้แก้ปัญหา

จุดมุ่งหมายของการจัดประสบการณ์แบบปฏิบัติการ มีดังนี้

- 1) เพื่อเรียนรู้ด้านวิธีการ (Learning a technique) ครูอาจสาธิตวิธีการเฉพาะอย่างให้นักเรียนสังเกต แต่ต้องให้นักเรียนมีโอกาสดลองแสดงวิธีการนั้นด้วยตนเองด้วย
- 2) เพื่อฝึกทักษะ (Practicing a skill) การปฏิบัติการต้องจัดเวลาและสถานที่ให้นักเรียนฝึกทักษะให้คล่องแคล่ว เพื่อสามารถนำไปใช้ได้

3) เพื่ออธิบายหลักการ (Illustrating a principle) การปฏิบัติในแนวนี เป็นการปฏิบัติเพื่อขยายความสิ่งที่ได้ยินมาด้วยการบอก นักเรียนได้นำสิ่งที่เรียนมาใช้กับปัญหาจริง

4) เพื่อรวบรวมข้อมูลและเพิ่มพูนทักษะในการแปลความ (Gathering data and gaining experience in the interpretation) นักเรียนมีโอกาสรวบรวมข้อมูล จัดหมวดหมู่แล้วสรุปผล หรือนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

5) เพื่อฝึกฝนการใช้เครื่องมือ (Learning to use equipment) ประสบการณ์ในห้องปฏิบัติการ จะช่วยให้นักเรียนหัดใช้เครื่องมือต่างๆ ได้

6) เพื่อปฏิบัติการสร้างสรรค์ (Performing creative work) เปิดโอกาสให้นักเรียนทดลองเทคนิคต่างๆ จากการได้รับประสบการณ์และแสดงความคิด

11.7.6 วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ได้มีผู้เสนอไว้หลายแนวด้วยกัน ดังนี้

กาญจนา เกียรติประวัติ (2524 : 86) ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) เรียนรู้ด้านวิธีการ (Learning a technique) ดังนั้นในการสอนครูอาจจะสาธิตวิธีการเฉพาะอย่างให้ผู้เรียนสังเกต แต่ต้องให้ผู้เรียนมีโอกาสทดลองแสดงวิธีการนั้นด้วยตนเองด้วย เช่น การทำดอกไม้ประดิษฐ์

2) ฝึกทักษะ (Practicing skill) การปฏิบัติการชนิดนี้จะต้องจัดเวลาและสถานที่สำหรับให้ผู้เรียนฝึกทักษะให้คล่องแคล่วเพื่อนำไปใช้ เช่น การเพิ่มอัตราเร็วในการอ่าน

3) อธิบายหลักการ (Illustrating a principle) การทำปฏิบัติในแนวนี เป็นการขยายความสิ่งที่ได้ยินมาด้วยการบอก ผู้เรียนได้นำสิ่งที่เรียนมาใช้กับปัญหาจริง เช่นการวางแผนและเตรียมอาหารที่มีคุณค่าครบถ้วน

4) รวบรวมข้อมูลและแปลความ (Gathering data and gaining experience in the interpretation) ให้ผู้เรียนมีโอกาสรวบรวมข้อมูล จัดหมวดหมู่แล้วสรุปผล หรือนำไปใช้ในการแก้ปัญหา เช่น การรวบรวมตัวเลขและคำนวณภาษีเงินได้

5) ฝึกการใช้เครื่องมือ (Learning to use equipment) ประสบการณ์ในห้องปฏิบัติการหรือโรงฝึกงานจำนวนมากเป็นการสอนให้ผู้เรียนหัดใช้เครื่องมือที่จะเกี่ยวข้องกับการทำงานต่อไป เช่น การใช้หม้ออบไอน้ำ

6) ปฏิบัติการสร้างสรรค์ (Performing creative work) เป็นโอกาสให้ผู้เรียนทดลองเทคนิคต่าง ๆ จากการเรียน และการแสดงความคิดในวิชาดนตรี จิตรกรรม ปฏิมากรรมและกวีนิพนธ์ เช่น การปั้นดินเหนียว

โอเคบูกาลา และ โอกันนิยิ (Okebukala and Ogunniyi. 1984 : 875) ได้เสนอวัตถุประสงค์ของการทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) เสริมสร้างและรักษาความสนใจ เจตคติ ความพอใจ การมีใจกว้าง และความอยากรู้อยากเห็นในวิทยาศาสตร์

2) พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างสร้างสรรค์และความสามารถในการแก้ปัญหา

3) ส่งเสริมการคิดอย่างวิทยาศาสตร์และการแก้ปัญหาอย่างวิทยาศาสตร์

4) พัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการใช้สติปัญญา

5) พัฒนาความสามารถในการปฏิบัติการ เช่น การออกแบบการทดลอง การทำการทดลอง การสังเกต การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์และการแปลผล

ฮอฟสไตน์ และ ลูเนตตา (Hofstein and Lunetta. 1982 : 203) ได้สรุปวัตถุประสงค์ของการทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 4 ประการ

1) รักษาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมของมนุษย์ไว้ โดยส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างแจ่มชัดและอย่างซาบซึ้ง

2) พัฒนาในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถถ่ายโอนไปยังปัญหาต่าง ๆ ที่ต้องการแก้ไขได้

3) ช่วยให้นักเรียนมีความซาบซึ้งในบทบาทของนักวิทยาศาสตร์

4) ช่วยให้นักเรียนมีความองกวมทั้งในด้านความซาบซึ้งในความเปรี๊ยะียบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และในด้านความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของทฤษฎีและโมเดลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้

จุดมุ่งหมายหลักของการสอนแบบฝึกปฏิบัติ คือ การให้ผู้เรียนเรียนรู้และบรรลุวัตถุประสงค์ด้านทักษะนิสัย (Psychomotor domain) และมีวัตถุประสงค์ทางนิสัยอื่นเป็นส่วนประกอบ นอกจากนี้ ไพซุรย์ สีนลาร์ดี (2524 : 96-97) ยังได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายในรายละเอียดซึ่งได้รวบรวมจากเอกสารต่าง ๆ ดังนี้

1) เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักและคุ้นเคยกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่สำคัญ

2) เพื่อให้ผู้เรียนได้คุ้นเคยกับการวางแผน เตรียมการทดลองใช้เครื่องมือปฏิบัติการและการฝึกปฏิบัติต่าง ๆ

- 3) เพื่อฝึกฝนและพัฒนาความสามารถในการสังเกต รวบรวม และตีความข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากห้องปฏิบัติการหรือฝึกปฏิบัติต่างๆ
- 4) เพื่อฝึกฝนและพัฒนาความสามารถในการเสนอรายงานผลการฝึกปฏิบัติที่ดี และมีความเหมาะสม
- 5) เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการที่จะรวบรวม และสัมพันธ์แนวคิด หลักการและความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อมองเห็นภาพรวมของวิชานั้น
- 6) เพื่อประยุกต์หลักการทั่วไปเข้ากับสถานการณ์จริงในห้องทดลอง หรือในการปฏิบัติภาคสนามอื่นๆ
- 7) เพื่อให้เห็นปัญหา และพิจารณาถึงทางเลือกในการดำเนินงานปฏิบัติสิ่งต่างๆ
- 8) เพื่อให้รู้จักวิเคราะห์ผลของการฝึกต่อสมมติฐานที่ตั้งไว้ และวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นกับการปฏิบัติจริงในชีวิตประจำวัน
- 9) เพื่อส่งเสริมและพัฒนาทัศนคติที่ดี และก่อให้เกิดความภูมิใจในงานอาชีพด้านต่างๆ

11.7.7 ประโยชน์ของการทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ของการทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หรือการสอนแบบปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

วราภรณ์ กุศลโม (2534 : 51) กล่าวว่า “การปฏิบัติการเป็นการช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้พบปัญหา ได้แก้ปัญหา ได้ค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง และการสอนโดยวิธีนี้จะมีคุณค่ามากถ้านักเรียนจะได้เป็นผู้ออกแบบการทดลอง ประเมินผลการทดลองด้วยตนเอง” และการสอนด้วยวิธีการนี้เป็นการส่งเสริมและสนับสนุนให้เด็กได้มีโอกาเรียนรู้อะไรเป็นความรู้ที่ได้จากการบอกเล่าของครูแต่ฝ่ายเดียว เป็นวิธีสอนที่ดีวิธีหนึ่งตามกระบวนการวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการเรียนรู้ตามหลักการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ เด็กสามารถเรียนรู้หลักเกณฑ์ และข้อเท็จจริงที่อยู่รอบๆ ตัวได้อย่างลึกซึ้งและรวดเร็ว

น้อมฤดี จงพยุหะ (2526 : 35-36) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการสอนปฏิบัติการไว้ดังนี้

- 1) เรียกร้องความสนใจและความตั้งใจของนักเรียนได้ดี
- 2) ช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนอย่างแจ่มแจ้ง
- 3) นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการกระทำ
- 4) นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรง
- 5) นักเรียนสนุกสนานและพอใจในการเรียน

- 6) ส่งเสริมทักษะในการใช้เครื่องมือ
 - 7) ส่งเสริมการทำงานเป็นหมู่
 - 8) ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นคนช่างสังเกต
 - 9) ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นคนมีความคิด มีเหตุผล
 - 10) ส่งเสริมให้เชื่ออย่างมีเหตุผล มีการพิสูจน์ทดลอง
- สุเทพ อุสาหะ (2526 : 68) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการสอน

แบบทดลอง ไว้ดังนี้

- 1) นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน
- 2) นักเรียนได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรง
- 3) นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 4) เป็นการฝึกการแก้ปัญหาตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์
- 5) เป็นการเรียนรู้จากของจริง ทำให้จำได้นานกว่าการเรียนรู้

จากสัญลักษณ์

- 6) เป็นการเสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์
- บุญชม ศรีสะอาด (2528 : 278-279) ได้สรุปประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติไว้ดังนี้

การสอนแบบปฏิบัติไว้ดังนี้

- 1) ผู้สอนมีอิสระที่จะให้ความช่วยเหลือและการสอนแก่ผู้เรียนที่ต้องการความช่วยเหลือ
- 2) การทำกิจกรรมการเรียนรู้โดยการทดลอง อาจดำเนินโดยผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มเล็กๆ ก็ได้
- 3) ผู้เรียนอาจศึกษากิจกรรม วิธีปฏิบัติ จากสิ่งที่สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้
- 4) เป็นเทคนิคที่เป็นรากฐานของการแก้ปัญหา
- 5) ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้การสรุปครอบคลุม (Generalization) และการใช้การสรุปครอบคลุมดังกล่าวในสถานการณ์ใหม่
- 6) เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะทำการสืบเสาะหาความรู้และค้นพบความรู้
- 7) ผู้เรียนเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีทักษะมากขึ้น
- 8) ช่วยพัฒนาเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มีประโยชน์ คือ นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการใช้เครื่องมือ ฝึกการแก้ปัญหาตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เสริมสร้างเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ มีความสนุกสนานและสนใจในการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์

16.7.8 ลำดับขั้นตอนการจัดประสบการณ์แบบปฏิบัติการทดลอง มีดังนี้

การจัดประสบการณ์แบบปฏิบัติการทดลอง มีขั้นตอนการปฏิบัติ ตามลำดับดังนี้ (สสวท. 2533 : 33)

1) ขั้นเตรียม

1.1) จัดแบ่งกลุ่มนักเรียนให้เรียบร้อย

1.2) อธิบายถึงระเบียบที่ควรปฏิบัติขณะทดลอง ข้อนี้ครูและนักเรียนวางแผนร่วมกันกำหนดกฎระเบียบ

1.3) ให้นักเรียนศึกษามาล่วงหน้า

1.4) อธิบายให้นักเรียนรู้จักอุปกรณ์ต่างๆ

2) ขั้นปฏิบัติการ

2.1) นักเรียนแยกย้ายกันไปตามกลุ่มที่จัดไว้

2.2) ลงมือปฏิบัติการตามขั้นต่างๆ ที่มีอยู่ในแผนภูมิเป็นขั้นๆ

2.3) นักเรียนสังเกตการปฏิบัติการตามลำดับขั้น

2.4) ครูคอยดูแลนักเรียนกลุ่มต่างๆ ให้ทำงานร่วมกันอย่างทั่วถึง และคอยให้คำแนะนำข้อสงสัยต่างๆ แก่เด็ก

3) ขั้นสรุปและประเมินผล

3.1) ครูซักถามนักเรียนถึงผลที่ได้จากการปฏิบัติการ

3.2) ครูและนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นถึงผลที่ได้

3.3) ครูพยายามส่งเสริมให้นักเรียนเปรียบเทียบผลที่ได้ในกลุ่มของตนกับกลุ่มอื่นๆ ว่ามีสาเหตุอะไรที่ทำให้แตกต่างกันออกไป จะเป็นการส่งเสริมความคิดและเป็นการสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้แก่เด็กในการรู้จักเหตุผลของสิ่งต่างๆ

3.4) ครูสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะลงมือปฏิบัติการในด้านความสนใจ การร่วมมือปฏิบัติงานจะเป็นการปลูกฝังการทำงานหมู่ และสร้างเสริมความเป็นประชาธิปไตยให้เกิดขึ้น

3.5) ครูตรวจผลการปฏิบัติการ

11.7.9 ประโยชน์ของวิธีการจัดประสบการณ์แบบปฏิบัติการทดลอง

ภพ เลหาไพบุลย์ (2537 : 57-58) ได้กล่าวถึงประโยชน์การจัดประสบการณ์แบบปฏิบัติการทดลองไว้ดังต่อไปนี้

- 1) ผู้เรียนได้ประสบการณ์ตรง เพราะได้ลงมือทดลองด้วยตนเอง เป็นการสนับสนุนหลักการเรียนโดยการกระทำซึ่งนิยมนักอยู่
- 2) ผู้เรียนมีโอกาสได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การจดบันทึกการวิเคราะห์ข้อมูล ฯลฯ สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้เขามีทักษะในการแก้ปัญหาประจำวันต่อไป
- 3) กิจกรรมทดลองชวนให้น่าสนใจ น่าติดตาม เด็กจะไม่เบื่อหน่ายการสอน

4) การทดลองฝึกนิสัยที่ดีให้เกิดขึ้น เช่น ฝึกให้เป็นคนละเอียดรอบคอบ มานะอดทน มีเหตุผล มีระบบของการทำงานที่มีระเบียบวินัย สิ่งเหล่านี้เป็นความต้องการของผู้สอนทุกคนซึ่งรวมเรียกว่า ช่วยสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์

5) ผู้เรียนมีโอกาสทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ศึกษาและเรียนรู้วิธีใช้ชีวิตร่วมกันแบบประชาธิปไตย เช่น ต้องมีส่วนร่วมช่วยกันทำงาน ช่วยออกความคิดเห็น รู้จักรับฟังผู้อื่น ใช้วิธีการแก้ปัญหาแก้ปัญหา

ภักตรา ไชยเวช (ม.ป.ป. : 36) ได้กล่าวถึงคุณค่าของการจัดประสบการณ์แบบปฏิบัติการไว้ดังนี้

- 1) เด็กได้รับประสบการณ์ตรง และมีโอกาสฝึกทักษะในการทดลองและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา
- 2) ขั้นตอนในการสอนปฏิบัติการ มีแนวโน้มในการเตรียมประสบการณ์ตรงมากกว่าวิธีอื่นๆ
- 3) เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง
- 4) กิจกรรมในการทดลองหนึ่งๆ สามารถจัดเตรียมได้หลายรูปแบบเพื่อตอบสนองความสนใจ และความต้องการของนักเรียนได้อย่างทั่วถึง
- 5) สามารถสร้างให้เด็กได้ค้นพบ การสืบเสาะ โดยที่หลังจากการทดลองแล้ว นักเรียนสามารถวิเคราะห์เหตุผล สมมติฐานและสรุปอย่างมีเหตุผล
- 6) เป็นการเตรียมนักเรียนแต่ละคนให้มีโอกาสแสดงความคิดในการแก้ปัญหาทั้งปัญหาเดิมและปัญหาต่อเนื่องจากปัญหาเดิม
- 7) ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน
- 8) เป็นสื่อในการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันและสามารถนำไปสู่การศึกษาระดับสูงต่อไป

9) ทำให้เด็กมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และการเรียนการสอน

วิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า การจัดประสบการณ์แบบปฏิบัติการทดลองนั้น เป็นการเปิดโอกาสให้เด็กได้ใช้ความสามารถของตนเองได้อย่างเต็มที่ ในการทำกิจกรรมเพื่อแสวงหาความรู้ และเป็นการพัฒนาทักษะความคิดอย่างมีเหตุผลให้กับเด็กด้วย ทั้งยังเป็นวิธีการที่สอดคล้องกับธรรมชาติของเด็กเล็กที่เรียนด้วยการกระทำ (Learning by doing) ดังนั้นการนำวิธีการจัดประสบการณ์แบบปฏิบัติการทดลองมาใช้ในการจัดประสบการณ์สำหรับเด็กปฐมวัย จึงนับได้ว่าเป็นวิธีการที่เหมาะสมอย่างยิ่ง

11.7.10 ความสำคัญของกิจกรรมปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

กิจกรรมปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบสำคัญส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ การทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์ต่างๆ หลักการและการนำเอาหลักการไปใช้ ช่วยให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ ในข้อเท็จจริง หลักการ มโนทัศน์และข้อสรุปต่างๆ ของวิชาวิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาทักษะต่างๆ นิสัยในการทำงาน เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

แอนเดอร์สัน (Anderson 1976 : 59-60) กล่าวเกี่ยวกับ ความสำคัญของกิจกรรมปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ไว้สรุปได้ว่า การทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เปิดโอกาสให้มีการเรียนรู้ถึงวิธีการคิดอย่างมีหลักเกณฑ์ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ช่วยให้เกิดความรู้สึกซาบซึ้งต่อบทบาทของนักวิทยาศาสตร์ในการค้นคว้าหาความรู้ ช่วยให้เข้าใจถึงขอบข่ายของวิชาวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่าความสำคัญของการปฏิบัติการมี 4 ประการ ได้แก่

- 1) เป็นการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์
- 2) เป็นการขยายและเพิ่มพูนประสบการณ์นอกเหนือไปจากสิ่งที่สอน
- 3) ช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสพิสูจน์แสวงหาสิ่งต่างๆ
- 4) เป็นการเชื่อมโยงทฤษฎีที่เรียนรู้ไปสัมพันธ์กับปัญหาสังคมและ

แก้ปัญหาสังคม

ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2524 : 95-96) และ เออร์วิน (Irwins. 1986 : 321) สรุปความสำคัญของการสอนแบบปฏิบัติการเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

- 1) ความสำคัญในแง่ของการศึกษา การสอนแบบฝึกปฏิบัติทำให้ การศึกษาเป็นการศึกษาที่สมบูรณ์ ผสมผสานกันระหว่างทฤษฎีและปฏิบัติ เป็นการสอนที่ให้ผู้เรียนเรียนจากของจริงและลงมือทำด้วยตนเอง ผู้เรียนจะรู้ว่าสิ่งที่เรียนเป็นอย่างไร มีปัญหาอะไร บางครั้งจะแก้ปัญหาด้วยตนเองพร้อมกันไป แล้วแต่รูปแบบของการฝึกปฏิบัติ ถือเป็นการให้ประสบการณ์ตรง (Direct experiences) กับผู้เรียน

✓ 2) ความสำคัญในแง่ของผู้เรียนผู้สอน การสอนแบบฝึกปฏิบัติช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้ดี มีประสิทธิภาพ และบรรลุวัตถุประสงค์ในแง่การนำไปใช้ ในขณะที่ผู้สอนมีโอกาสดูผลการสอนของตนในทันทีว่า หลังการสอนแล้วผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้หรือไม่ นอกจากนั้นผู้เรียนและผู้สอนยังมีโอกาสได้ให้ผู้ติชม (Feedback) ในทันที ซึ่งเป็นการส่งผลให้การเรียนรูดีขึ้นด้วย

11.7.11 บทบาทของครูในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ถึงแม้ว่าในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติการทดลอง เพื่อค้นพบข้อเท็จจริงต่างๆ ด้วยตนเองก็ตาม แต่ในขณะที่นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองครูก็ยังคงมีบทบาทสำคัญ คือ เป็นผู้คอยดูแลช่วยเหลือนักเรียนเมื่อนักเรียนต้องการความช่วยเหลือ โดยครูควรอยู่ในห้องที่นักเรียนทำการทดลองตลอดเวลาและควรยืนอยู่ในตำแหน่งที่นักเรียนทุกคนสามารถมองเห็นได้ทั่วถึง

ประวิตร ชูศิลป์ (2524 : 5-6) กล่าวว่า บทบาทของครูมีอยู่

3 ตอน ด้วยกัน คือ

ตอนที่ 1 การอธิบายก่อนการทดลอง (Pre-lab discussion)

ครูจะต้องเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้ อยากเห็น คิด สงสัย หรือแนะแนวทางเพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาคำตอบต่อไป ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ

ตอนที่ 2 การให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง (Experiment period)

ครูจะต้องคอยดูแลให้คำแนะนำต่างๆ อย่างใกล้ชิด คอยกระตุ้นสนับสนุนและเป็นที่ปรึกษาอยู่ด้วย ไม่ปล่อยให้ให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองลำพัง

ตอนที่ 3 การอภิปรายผลการทดลอง (Post - lab discussion) ครู

จะต้องเตรียมคำถามต่าง ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่รวบรวมได้สรุป เป็นกฎเกณฑ์ ทฤษฎี หรือหลักการต่างๆ รวมทั้งอภิปรายถึงข้อผิดพลาดของการทดลองที่อาจเป็นไปได้ด้วย

ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ครูจึงมีบทบาทเป็นผู้

ที่คอยให้คำแนะนำ คอยช่วยเหลือ และคอยสนับสนุนให้นักเรียนสนใจและตั้งใจทำการปฏิบัติการทดลอง ครูไม่ควรมีบทบาทมากเกินไป ควรปล่อยให้นักเรียนได้ทำการทดลองค้นคว้าด้วยตนเอง

11.7.12 ขั้นตอนของการสอนแบบปฏิบัติการทดลอง

วิธีสอนแบบทดลอง เป็นวิธีสอนแบบหนึ่งที่ถูกนิยมนำมาใช้กันมาก การสอนแบบทดลองนี้เป็นการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้วิธีหนึ่ง ซึ่งอาศัยกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้ (สสวท. 2536 : 25)

1) การอภิปรายก่อนการทดลอง

2) การทดลอง

3) การอภิปรายหลังการทดลอง

นอกจากนี้ ในแต่ละขั้นตอน ยังมีรายละเอียด ดังนี้
ขั้นปฏิบัติการ

1) ครูสร้างความสนใจ

2) ครูเขียนความมุ่งหมายของการปฏิบัติการบนกระดานดำ โดย
ชักถามจากนักเรียน เช่น “การปฏิบัติการเพื่อค้นหาคุณสมบัติของอากาศ”

3) ครูเขียนลำดับขั้นการปฏิบัติการบนกระดานดำ โดยชักถามจาก
นักเรียน

4) แต่ละหมู่ลงมือปฏิบัติการเป็นขั้นๆ

5) ครูดูแลให้ทุกคนมีส่วนร่วม

6) นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามลำดับ

7) นักเรียนแต่ละหมู่ จดบันทึกผลที่ได้

8) ครูคอยให้คำแนะนำ ชี้แจงข้อสงสัยของแต่ละหมู่
ขั้นสรุปผลการปฏิบัติการ เมื่อนักเรียนปฏิบัติการเสร็จเรียบร้อยแล้ว

1) ครูชักถามให้นักเรียนคิดหาเหตุผลตอบเป็นการสรุป

2) ครูเขียนใจความสรุปบนกระดานดำ

3) นักเรียนอ่านใจความที่สรุป และจดบันทึก

ขั้นวัดผล

1) สังเกตดูความสนใจ ความตั้งใจ การทำงานร่วมกัน

2) ทดลองสั้นๆ ด้วยข้อเขียนหรือปากเปล่า

3) ให้เขียนรายงานการปฏิบัติการส่งครู

4) ตรวจให้คะแนนผลงาน

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการสอนด้วยการทดลอง

1) สิ่งที่จะทดลอง

1.1) สิ่งที่จะทดลองควรเกิดจากความต้องการของผู้เรียนโดยตรง

1.2) ครูเสนอแนะกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะทดลอง

1.3) จากข้อความในหนังสือ แบบเรียน การค้นคว้า การอภิปราย

1.4) ปรากฏการณ์จากธรรมชาติ

2) ขั้นตอนเตรียมดำเนินการ

2.1) อภิปรายหรือค้นคว้าเรื่องที่จะทดลองให้เข้าใจ

2.2) ให้ผู้เรียนเขียนโครงการ ขั้นตอนในการทดลองเสนอ

2.3) ครูต้องพิจารณาดู การทดสอบบางอย่างอาจเกิดอันตราย

ครูควรให้จดเว้นหรือให้คำแนะนำข้อควรระวังเป็นพิเศษ หรือครูอาจแสดงการทดลองให้ดูเองเสียก่อน แล้วแต่กรณีเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น

2.4) ให้ผู้เรียนจัดเตรียมหาเครื่องมือ อุปกรณ์ในการทดลอง ครูให้ข้อเสนอแนะเมื่อจำเป็น

2.5) ให้ผู้เรียนเตรียมวิธีการสังเกต จดบันทึก และเสนอผลงาน

3) ขั้นตอนการทดลอง การทดลองอาจร่วมกันทำเป็นกลุ่ม หรือเป็นรายบุคคลก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม แต่ถ้าให้ทำการทดลองเป็นกลุ่ม ต้องระวังมิให้กลุ่มใหญ่เกินไป จะทำให้มีนักเรียนบางคนเท่านั้นที่ทำการทดลองจริงๆ ซึ่งทำให้ไม่ได้ผล เป็นการสร้างนิสัยไม่ดีให้แก่ผู้เรียน

ในขณะที่นักเรียนทำการทดลองครูต้องคอยสังเกตช่วยเหลือให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนเกิดมีปัญหา และให้นักเรียนได้ทำการทดลองตามกระบวนการและขั้นตอนที่เตรียมไว้ นอกจากนั้นจะต้องให้นักเรียนตระหนักในความเป็นจริงของผลที่เกิดขึ้นจากการทดลอง มิใช่สรุปเอาจากสมมติฐานหรือความเชื่อ ซึ่งนอกจากทำให้การทดลองไม่ได้ผลแล้ว ยังปลูกฝังให้นักเรียนเป็นคนมักง่าย ขาดความตระหนักในข้อเท็จจริง.

การเรียนรู้โดยวิธีสอนแบบทดลองนี้ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความสามารถของตนเองในการสืบเสาะหาความรู้ นอกจากจะทำให้เกิดความรู้แล้ว ยังเกิดความเข้าใจและจำได้ดีกว่าการนั่งฟังครูพูด และยังเป็นการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาทักษะต่าง ๆ ที่เรียกว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย

กิจกรรมสำคัญอีกอย่างหนึ่ง ก็คือ การอภิปรายซักถามระหว่างครูและนักเรียน การที่จะดึงความสนใจของนักเรียนต่อการเรียนได้นั้น ครูจำเป็นต้องใช้คำถามเพื่อกระตุ้นหรือเร้าให้นักเรียนคิด สงสัย และสนใจอยากรู้คำตอบ การที่ไม่รู้คำตอบนี้เองเป็นทางหนึ่งที่จะทำให้นักเรียนอยากสืบเสาะหาคำตอบ ดังนั้นในแบบเรียนวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงใหม่ของสถาบัน จึงเขียนขึ้นเป็นแบบที่นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการตั้งปัญหา และเสนอแนะการทดลอง พร้อมทั้งแนะนำคำถามประกอบ เพื่อจูงใจนักเรียนไปสู่การเรียนรู้ด้วยตนเอง ดังนั้นในการเรียนการสอนแบบนี้ ครูเป็นผู้นำอภิปรายโดยตั้งปัญหาเป็นลำดับแรก ลำดับต่อไปเป็นการอภิปรายก่อนการทดลอง ในตอนนี้ครูต้องนำอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อจะนำนักเรียนไปสู่ข้อสรุป ให้ได้แนวความคิดหรือหลักเกณฑ์ที่สำคัญของบทเรียนนั้นๆ (เขตการศึกษา 9. 2518 : 60-61)

วิธีสอนแบบทดลองอาจเรียกว่า วิธีปฏิบัติการ (Laboratory Method) ได้ ซึ่งมีความหมายเหมือนกัน

วิธีปฏิบัติการ หมายถึง การสอนที่ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือกระทำหรือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง นักเรียนจะได้รับประสบการณ์ตรง และค้นพบความรู้ใหม่ด้วยตนเอง (น้อมฤดี จงพยุงะ 2516 : 35-36)

1. ขั้นเตรียมกิจกรรม ในขั้นนี้ก็คือการจัดแบ่งกลุ่มนักเรียน อธิบายถึงระเบียบที่ควรปฏิบัติขณะทดลอง ให้นักเรียนอ่านสมุดปฏิบัติการมาล่วงหน้า และการอธิบายให้นักเรียนรู้จักอุปกรณ์ชนิดต่างๆ

2. ขั้นปฏิบัติการ กิจกรรมในขั้นนี้ก็คือ การให้นักเรียนแยกย้ายกันไปตามกลุ่มที่จัดไว้ แล้งลงมือปฏิบัติการตามขั้นต่างๆ ที่อยู่ในสมุดปฏิบัติการ ให้นักเรียนสังเกตผลการทดลองตามลำดับขั้นและบันทึกผลที่ได้ลงในสมุด ในขั้นนี้ครูจะคอยดูแลนักเรียนกลุ่มต่างๆ ให้ทำงานร่วมกันอย่างทั่วถึงและคอยแนะนำข้อสงสัยต่างๆ

3. ขั้นสรุปและประเมินผล กิจกรรมในขั้นนี้ประกอบด้วย ครูซักถามนักเรียนถึงผลที่ได้จากการปฏิบัติการ ครูและนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น ถึงผลที่ได้จากการปฏิบัติการ ครูพยายามส่งเสริมให้นักเรียนเปรียบเทียบผลที่ได้ในกลุ่มของตนและกลุ่มของเพื่อนๆ ว่ามีสาเหตุอะไรที่แตกต่างไป ครูควรสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะลงมือปฏิบัติการ โดยดูในด้านความสนใจ การร่วมมือปฏิบัติงานและตรวจผลของการปฏิบัติการที่นักเรียนบันทึก

11.7.13 ประเภทของการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สำหรับการให้นักเรียนทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นั้น โดยทั่วไปอาจจัดได้ 2 แบบ คือ การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured laboratory) และการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured laboratory)

การจัดกิจกรรมการทดลองแบบสำเร็จรูป และแบบไม่กำหนดแนวทางสรุปได้ดังนี้

1) การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured laboratory) เป็นรูปแบบที่เก่าแก่ ซึ่งในการทดลองแบบนี้จะมีคำสั่งและวิธีปฏิบัติการทดลองมาให้นักเรียน และเป็นการปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์หลักการในบทเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว

2) การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured laboratory) เป็นรูปแบบที่อยู่บนพื้นฐานของการสืบสอบ (Inquiry model) ซึ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นและสืบสอบในหลักการที่กำลังวิเคราะห์วิจารณ์กันในห้องเรียน

ซึ่งสามารถเปรียบเทียบขั้นตอนในการทำการทดลองทั้งสองแบบไว้สรุปได้ดังนี้

การทดลองแบบสำเร็จรูป	การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง
1. กำหนดปัญหาให้ก่อนพบกันในชั้นเรียน	1. กำหนดปัญหาให้ก่อนพบกันในชั้นเรียน
2. แนะนำหรือชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงเครื่องมือที่จะใช้	2. แนะนำหรือชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงเครื่องมือที่จะใช้
3. กำหนดวิธีปฏิบัติการทดลองเพื่อแก้ปัญหา	3. ชักถามนักเรียนเพื่อหาทางแก้ปัญหา
4. ให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้	4. ให้นักเรียนแสดงข้อสรุปจากข้อมูลที่ได้
5. ให้นักเรียนลงความเห็นจากข้อมูลและให้อธิบายข้อความเห็น	

สรุปได้ว่าการจัดกิจกรรมการทดลองทั้งสองแบบ มีขั้นตอนสองขั้นแรกเหมือนกันและขั้นตอนที่สามเป็นขั้นตอนที่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด คือ การทดลองแบบสำเร็จรูป จะกำหนดวิธีปฏิบัติการทดลองมาให้นักเรียน ส่วนการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง จะไม่กำหนดวิธีการปฏิบัติการทดลองให้หรืออาจกำหนดให้เล็กน้อย สำหรับขั้นตอนที่ 4 และ 5 ก็คล้ายๆกันคือ การให้นักเรียนสรุปและอธิบายข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

สุวัฒน์ นิยมคำ (2517 : 142-144) กล่าวเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการทดลองแบบสำเร็จรูป และการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง ไว้ดังนี้

1) การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured laboratory) การทดลองแบบนี้ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา บอกวิธีการแก้ปัญหาและอื่นๆ ไว้เสร็จ นักเรียนเพียงแค่ทำตามคำชี้แจงในคู่มือการทดลอง (Lab direction)

2) การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured laboratory) การทดลองแบบนี้ นักเรียนเป็นผู้ค้นหาคำตอบโดยครูกำหนดปัญหาให้ เมื่อได้แนวทางแล้วจึงแยกย้ายกันทำการทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาอภิปรายหน้าชั้นอีกครั้งหนึ่ง การทดลองแบบนี้เป็นการส่งเสริมสมรรถภาพทางด้านความคิด ควรให้นักเรียนวางแผนการทดลองก่อนแล้วจึงลงมือทำการทดลองตามแบบที่กำหนดไว้ การวางแผนการทดลอง ครูอยู่ในฐานะเป็นพี่เลี้ยง ซึ่งการวางแผนการทดลองประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐานและการสร้างแบบการทดลองตามลำดับ

สำหรับการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนต่างๆ ของประเทศไทย ซึ่งในขณะนี้ใช้หลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้น กำหนดวิธีปฏิบัติการทดลองมาให้นักเรียน จึงจัดว่าเป็นการจัดการทดลองแบบสำเร็จรูป

ในการทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบสืบเสาะนั้น สามารถจัดทำได้ 2 รูปแบบ คือ

1. ปฏิบัติการแบบกำหนดแนวทาง (Structured laboratory) เป็นปฏิบัติการที่ได้กำหนดขั้นตอนบางตอนในการทำปฏิบัติการให้กับนักเรียน นักเรียนทุกคนจะทำปฏิบัติการตามขั้นตอนที่เหมือนกัน และสรุปคำตอบของปัญหาจากข้อมูลที่คล้ายคลึงกัน การทำปฏิบัติการในลักษณะนี้ได้รับอิทธิพลมาจากแนวความคิดของกานเย (Gange', 1960 : 586) ซึ่งกล่าวว่า “การกำหนดรูปแบบหรือแนวทางบางส่วนในการแก้ปัญหาให้กับนักเรียนเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญ เพื่อนักเรียนจะได้ค้นพบคำตอบที่เหมาะสม”

2. ปฏิบัติการแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured laboratory) เป็นปฏิบัติการที่ได้กำหนดขั้นตอนให้กับนักเรียน นักเรียนจะต้องแก้ปัญหาในแนวทางของตนเอง ซึ่งแต่ละคน หรือแต่ละกลุ่มอาจมีแนวทางที่แตกต่างกันไป และสรุปคำตอบของปัญหาจากข้อมูลที่แตกต่างกัน การทำปฏิบัติการในลักษณะนี้ได้รับอิทธิพลมาจากแนวความคิดของ บรูเนอร์ ที่เสนอว่า “นักเรียนจะต้องเข้ามามีส่วนร่วมในการสืบเสาะด้วยตนเอง เพื่อจะได้เข้าใจธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ครูจะชี้แนะหรือให้แนวทางเพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่นำเสนอให้กับนักเรียน”

สำหรับขั้นตอนการทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 รูปแบบนั้น สวิมล เขียวแก้ว (2527 : 85-86) ได้เสนอไว้ดังนี้

ขั้นตอนของการทำปฏิบัติการแบบกำหนดแนวทาง

- 1) ครูเสนอแนะวิธีการรวบรวมข้อมูล หรือใช้วิธีการตามที่ระบุไว้ในแบบเรียน
- 2) นักเรียนลงมือปฏิบัติการ เพื่อรวบรวมข้อมูลตามวิธีการที่ได้รับการเสนอแนะ
- 3) นักเรียนจัดทำตารางแสดงข้อมูล เขียนกราฟ ตามที่ระบุไว้ในบทปฏิบัติการ
- 4) นักเรียนตอบคำถามของครู โดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง
- 5) นักเรียนและครูช่วยกันรวบรวมคำตอบเพื่อสรุปเป็นความคิดรวบยอดหรือเนื้อหาสิ่งที่ศึกษา

ขั้นตอนของการทำปฏิบัติการแบบไม่กำหนดแนวทาง

- 1) ครูตั้งปัญหาให้ หรืออาจจะให้นักเรียนเลือกปัญหาที่อยากศึกษา ซึ่งเป็นปัญหาที่นักเรียนไม่อาจคาดหมายผลการศึกษาได้ล่วงหน้า
- 2) นักเรียนช่วยกันนิยามปัญหาอย่างชัดเจน
- 3) นักเรียนเสนอวิธีการทดลอง โดยอาจจะใช้เวลาระยะหนึ่งในการค้นคว้าเพื่อวางแผนการทดลอง ซึ่งอาจจะกำหนดวิธีการค้นคว้าที่เป็นไปได้ประมาณ 2-3 วิธี
- 4) นักเรียนทำการทดลองโดยสามารถปรับระยะเวลาได้

5) นักเรียนสังเกตและสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งผลการทดลอง อาจจะมีคำตอบที่ถูกต้องได้มากกว่าหนึ่งคำตอบ

6) การทดลองอาจก่อให้เกิดปัญหาในการแสวงหาคำตอบต่อไปนอก
ชั้นเรียน

7) นักเรียนปรึกษาเกี่ยวกับผลการทดลองกับเพื่อน ๆ ซึ่งจะทำให้เกิด
ความภาคภูมิใจในผลงานของเขา

8) ครูอาจตั้งคำถามในตอนท้าย เพื่อให้ นักเรียนสรุปหลักเกณฑ์จาก
ข้อมูลที่รวบรวมได้ และใช้หลักเกณฑ์เหล่านี้ทำนายผลการทดลองที่เกี่ยวข้อง

รูปแบบการทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 แบบ ดังกล่าวมีความ
แตกต่างกัน โดยในการทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์แบบกำหนดแนวทางนักเรียนจะได้รับคำ
แนะนำหรือบอกให้ทราบถึงวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และการจัดกระทำกับข้อมูล ส่วนการทำ
ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์แบบไม่กำหนดแนวทางนักเรียนจะได้รับคำแนะนำเพียงเล็กน้อย
หรืออาจจะไม่ได้รับคำแนะนำเลย นักเรียนจะมีเสรีภาพที่จะศึกษาปัญหาที่กำหนดให้ หรือปัญหา
ที่นักเรียนมีความสนใจแนวทางของตนเอง

11.7.14 ส่วนดีและส่วนเสียของวิธีสอนด้วยวิธีการทดลอง

ส่วนดี

- 1) นักเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงของการทดลอง
- 2) นักเรียนเชื่อในสิ่งที่มีเหตุผล
- 3) การเรียนรู้เป็นจริง สัมพันธ์กับชีวิตจริง นำไปใช้ประโยชน์ในชีวิต

ได้

- 4) การเรียนสนุกสนานน่าสนใจ
- 5) ฝึกทักษะกระบวนการคิด การทำงานและการใช้เครื่องมือ
- 6) ทำให้นักเรียนรู้จริงในสิ่งที่เรียน
- 7) ถูกต้องสอดคล้องกับหลักจิตวิทยาการเรียนรู้ส่วนเสีย

ส่วนเสีย

- 1) อาจเกิดอันตรายได้
- 2) กระบวนการขั้นตอนผิดพลาด จะไม่ได้รับผลตามที่คาด ทำให้ผู้

เรียนขาดความเชื่อถือ

- 3) สอนได้ช้า
- 4) สิ้นเปลืองทั้งเวลาและวัสดุ
- 5) ถ้าครูไม่เอาใจใส่ดูแลให้ทั่วถึง ทำให้เพาะนิสัยไม่ดีแก่ผู้เรียน

วิธีสอนด้วยการทดลองใช้ได้ผลดีทุกระดับชั้นการศึกษา ความยากง่าย ซับซ้อนของการทดลองย่อมเป็นไปตามความเหมาะสมของวัย ความสามารถของผู้เรียน และ จุดประสงค์ของการศึกษาในระดับชั้นนั้นๆ รวมทั้งเหมาะสมในการสร้างบุคลิกภาพผู้เรียนสมัย ปัจจุบัน ในอันที่จะให้ผู้เรียนไม่เชื่อคำบอกกล่าว หรือข้อความต่างๆ ที่ได้ยินได้ฟังง่ายเกินไป โดยไม่มีหลักฐาน ข้อพิสูจน์ทดลองที่เชื่อถือได้ ครูไม่ควรสรุปให้ผู้เรียนเชื่ออะไรต่างๆ ง่ายๆ ควรสนับสนุนให้ผู้เรียนมีการทดลองหาหลักฐาน พิสูจน์ข้อเท็จจริงต่างๆ หรือปลูกฝังผู้เรียนให้ เป็นผู้มีความคิด ชอบพิสูจน์ทดลอง ค้นคว้าหาความจริงต่างๆ

ข้อดีของวิธีปฏิบัติการทดลอง

- 1) เรียกร้องความสนใจและความตั้งใจของนักเรียนได้ดี
- 2) ช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนแจ่มแจ้ง
- 3) นักเรียนรู้ด้วยการกระทำ
- 4) นักเรียนได้ประสบการณ์ตรง
- 5) นักเรียนสนุกและพอใจในการเรียน
- 6) ส่งเสริมทักษะในการใช้เครื่องมือ
- 7) ส่งเสริมการทำงานเป็นหมู่
- 8) ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นคนช่างสังเกต
- 9) ส่งเสริมให้เป็นคนมีความคิด มีเหตุผล
- 10) ส่งเสริมให้เชื่ออย่างมีเหตุผล มีการพิสูจน์ทดลอง

ส่วนสมิตร คุณานุกร (2518 : 32) ได้กล่าวถึงการใช้ห้องทดลองและ วิธีสืบสวนว่า “วิธีการนี้เน้นให้เห็นถึงความแตกต่างของวิธีสอนที่ใช้การปฏิบัติการทดลองในห้อง ทดลองหรือในสถานการณ์จริง ๆ และวิธีสอนที่ใช้การแก้ไขปัญหาและการค้นพบด้วยตนเองใน กรณีที่เป็นวิชาทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะใช้วิธีการสอนแบบใดก็ต้องมีการทดลองปฏิบัติอยู่เสมอ ในทางปฏิบัติมักเน้นใช้กระบวนการปฏิบัติและทดลองเป็นการช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการ เรียนรู้ไปในตัว”

ลักษณะเด่น ผู้เรียนทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratory) โดย เริ่มจากการกำหนดโครงสร้างและวิธีการพร้อมทั้งปฏิบัติตามด้วยตนเอง โดยยึดหลัก วิธีการทาง วิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วย การรวบรวมข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การทดลองและการ สรุปผล

การจัดกลุ่มนักเรียน นักเรียนไม่ควรมีจำนวนเกิน 35 คน ส่วนมากเป็น กลุ่มเล็ก ๆ หรือเป็นรายบุคคลในกรณีที่เป็นการศึกษาโดยเสรี วิธีการนี้ใช้ได้กับกลุ่มนักเรียนใน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

กิจกรรมของครู มอบหมายหรือกำหนดเรื่อง หัวข้อ หรือโครงการให้นักเรียนไปดำเนินการ ติดตามคอยให้ความดูแลและคำแนะนำต่าง ๆ เท่าที่จำเป็น บางครั้งอาจต้องช่วยนักเรียนสรุปข้อมูลหรือผลของการศึกษาที่ได้มา

กิจกรรมของนักเรียน ดำเนินการเพื่อให้โครงการหรือการทดลอง หรือการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งเสร็จตามที่กำหนดไว้ อาจมีการอภิปรายร่วมกันระหว่างนักเรียน การเตรียมรายงานและการเขียนรายงาน

อุปกรณ์การสอน ห้องทดลองซึ่งมีเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ฟิล์ม เทปบันทึกเสียง เทปบันทึกเสียงประกอบภาพ โทรทัศน์ หนังสือ บทความ สถิติเกี่ยวกับเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

11.7.15 ปัญหาและอุปสรรคของการสอนแบบฝึกปฏิบัติ

การสอนแบบฝึกปฏิบัตินั้นเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องจัดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ด้านทักษะนิสัย จึงจำเป็นที่ต้องสอนเพื่อให้คุ้มกับเวลาของผู้เรียน แต่ในสภาพความเป็นจริงพบว่ายังมีปัญหาลักษณะมากมาย ซึ่งไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2524 : 110-111) ได้ประมวลไว้พอสรุปได้ดังนี้

1) ผู้เรียนไม่มีพื้นฐานเพียงพอก่อนทำการฝึกปฏิบัติ ซึ่งเกิดจากการไม่อ่านคู่มือปฏิบัติการก่อนเข้าห้องปฏิบัติ การแก้ปัญหของผู้สอนโดยการบรรยายก่อนนั้นทำให้ผู้เรียนมองไม่เห็นความสำคัญของเอกสารคู่มือ ผลที่เกิดตามมาคือ ไม่เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เรียนรู้จากการจำมากกว่าการใช้ความคิด

2) การทำงานเป็นกลุ่มของผู้เรียนไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เพราะผู้เรียนบางคนอาจเข้าห้องปฏิบัติการโดยทำหน้าที่เพียงเป็นผู้สังเกตโดยไม่ลงมือปฏิบัติ ซึ่งเกิดจากการแบ่งงานที่ไม่ดีพอ อุปกรณ์ไม่เพียงพอ

3) ผู้เรียนปฏิบัติเพื่อให้ผลใกล้เคียงกับแนวคิดของผู้สอน ส่วนใหญ่ปัญหานี้จะพบในการฝึกปฏิบัติเพื่อพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้เรียนจากการบรรยาย ทำให้ผู้เรียนคิดถึงข้อมูลที่น่าจะเป็นตามทฤษฎีมากกว่าจะสังเกตผลการทดลองที่ได้จากการลงมือปฏิบัติจริง

4) ผู้เรียนปฏิบัติเพื่อให้ได้ผลใกล้เคียงกับแนวคิดของผู้สอน ส่วนใหญ่ปัญหานี้จะพบในการฝึกปฏิบัติด้านศิลป์ที่ใช้ฝีมือและแนวคิดอย่างอิสระของผู้เรียน โดยผู้เรียนที่มีแนวคิดแตกต่างจากผู้สอนจะไม่แสดงออก ถ้าทราบว่สิ่งที่ตนคิดขัดกับความคิดของผู้สอน

5) ผู้เรียนไม่ร่วมมือในการออกฝึกภาคสนาม เนื่องจากไม่ได้รับความสะดวกสบาย หรือใช้เวลามากในการศึกษาโดยเห็นความสำคัญน้อย ซึ่งเกิดจากทัศนคติของผู้เรียนบางคน

6) ปัญหาเรื่องการลงทุนสูง การสอนแบบฝึกปฏิบัติในทุกสาขาวิชา จะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าปกติ ซึ่งมีผลทำให้ผู้เรียนต้องใช้จ่ายเงินในส่วนนี้มาก

7) การเตรียมตัวของผู้สอน ผู้สอนด้วยวิธีการฝึกปฏิบัติ จะต้องมีการเตรียมตัวอย่างดีมีเวลาที่จะวางแผนการสอนล่วงหน้าอย่างเป็นขั้นตอน จึงต้องมีเวลาให้กับการสอนแบบนี้นี้นะ

8) บทบาทของผู้สอนและผู้เรียน แม้บทบาทของผู้เรียนจะต้องมีมากกว่าในการเรียนแบบฝึกปฏิบัติ แต่เท่าที่เป็นอยู่ผู้สอนมักจะสวมบทบาทนั้นเสียเอง เช่น สาธิตให้ดูอย่างเดียวโดยไม่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ ทดลองใช้จนสำเร็จ หรือบรรยายมากเกินไป ทำให้การปฏิบัติไม่ได้ผลเต็มที่

9) จำนวนผู้เรียนนับเป็นปัญหาใหญ่เนื่องจากจำนวนผู้เรียนมากเกินไป จึงทำให้มีบางส่วนไม่มีโอกาสลงมือปฏิบัติ เป็นผลให้การสอนแบบนี้ไม่ได้ผลเท่าที่ควร

10) วิธีประเมินผล ซึ่งมักเกิดปัญหาขึ้นเสมอ เนื่องจากไม่ได้มีการชี้แจงให้ทราบล่วงหน้าว่าจะประเมินผลงานหรือเทคนิควิธีการเป็นหลัก ทำให้ผู้เรียนเกิดความสับสนในการนี้ผู้สอนจึงควรแจ้งให้ผู้เรียนทราบก่อนการปฏิบัติทุกครั้ง

จากสภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ซึ่งกล่าวมาแล้วข้างต้นในเรื่องหลักสูตรวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่าครูในโรงเรียนมัธยมศึกษาส่วนมากใช้วิธีการสอนแบบทางตรงหรือครูเป็นศูนย์กลาง (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2530 : 180) ซึ่งตรงกับข้อค้นพบของอุบล เลี้ยววาริน (2524 : 81) ที่พบว่าครูวิทยาศาสตร์ใช้วิธีสอนทางตรงเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งวิธีสอนทางตรง หมายถึง การสอนที่เน้นครูเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้โดยครูเป็นผู้เสนอความรู้ และนักเรียนเป็นผู้รับความรู้จากครูโดยตรง โดยไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งตรงกันข้ามกับเป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาที่ต้องการฝึกให้นักเรียนนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ครูจะดำเนินการสอนโดยยึดแบบเรียนเป็นหลัก และมักจะเป็นผู้สรุปการทดลองเอง ทั้งนี้เพื่อให้ตรงกับผลการทดลองและบันทึกที่กำหนดไว้ในคู่มือครู

จากการวิจัยด้านสภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ซึ่งได้ดำเนินการสอนตามแนวของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเป็นเวลาสิบกว่าปีนั้น ผลที่ปรากฏไม่สอดคล้องกับเป้าหมายที่วางไว้ ครูยังคงมีพฤติกรรมการสอนเช่นเดิมคือใช้วิธีการสอนทางตรง โดยครูเป็นศูนย์กลาง การเปลี่ยนพฤติกรรมครูจึงเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก ดังนั้นถ้ามีการสร้างเครื่องมือที่ช่วยครูในการสอน โดยสร้างเป็นระบบการสอนที่มีขั้นตอนอย่างชัดเจน มีการจัดลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบระเบียบ มีการออกแบบวัสดุอุปกรณ์การสอน เพื่อให้เกิดความสะดวกในการเรียนการสอนและบรรลุจุดมุ่งหมายที่วางไว้ กล่าวคือ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และเกิดความคงทนของการเรียนรู้ สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวันน่าจะทำให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และความรู้สึ้นสามารถคงทนอยู่นาน และนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาชีววิทยา ซึ่งมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็น

อย่างมาก เพราะเป็นวิชาที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม การเรียนการสอนวิชาชีววิทยาแม้ว่าจะยึดแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คือใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เน้นการจัดกิจกรรมที่ให้โอกาสผู้เรียนฝึกการ ได้ส่วนจากธรรมชาติโดยใช้การทดลองเข้ามาช่วย แต่ในทางปฏิบัติก็มีข้อจำกัดเพราะเนื้อหา บางเรื่องไม่สามารถจัดกิจกรรมการทดลองให้เห็นจริงได้ เช่น ฮอร์โมน ระบบประสาท วัฒนาการ

เทคโนโลยีชีวภาพ ฯลฯ ดังนั้นจึงต้องใช้การฝึกทักษะทางความคิด ต้องอาศัยการนำเสนอข้อมูล หรือเรื่องราวทางชีววิทยา ประวัติการค้นคว้าในอดีต โดยใช้การอภิปรายร่วมกันเป็นหลัก วิชา ชีววิทยาจึงได้รับการขนานนามว่าเป็นวิชาท่องจำ นักเรียนที่ไม่ชอบการท่องจำจะไม่สนใจที่จะ เรียนวิชาชีววิทยา ลักษณะของเนื้อหาวิชาจึงเป็นตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของ การเรียนรู้ ซึ่ง คลอสไมเยอร์ และกูดวิน (Klausmeier and Goodwin, 1966 : 4-6) ได้กล่าว ไว้ว่า “ลักษณะของการมีความหมายของเนื้อหาวิชาจะสามารถทำให้ผู้เรียนสร้างความสัมพันธ์ ระหว่างสิ่งที่เรียนและมีความคงทนเหลืออยู่ได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับการมีความหมายของ เนื้อหาวิชานั้นๆ รวมทั้งการจัดการด้านเนื้อหาวิชาและชนิดของเนื้อหาวิชาด้วย”

จากการวิจัยของหน่วยงานต่างๆ ที่พบว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และตอนปลายมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำมาก กล่าวคือได้คะแนนไม่ถึง ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็มนั้น นับว่าเป็นปัญหาสำคัญที่ควรแก้ไขปรับปรุง และจากการศึกษา ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน พบว่าตัวแปรด้านกระบวนการเรียน การสอนมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นอย่างมาก ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ตัวนี้ ก็คือการปรับปรุงกระบวนการจัดการเรียนการ สอน เพื่อให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และจากแนวความคิด ของนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ จะทำให้นักเรียน เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยให้การเรียนรู้มีความ หมาย ทำให้เกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งซึ่งสามารถจดจำไปได้นาน ซึ่งกระบวนการจัด การเรียนการสอนดังกล่าวนี้ ได้มีอย่างครบถ้วนในหลักสูตรวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอน ปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสาร เหลือทิ้ง

การวัดผลและการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของการวัดผลและประเมินผล

การวัดผลและประเมินผล เป็นขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งทำให้ผู้เรียนและผู้สอนทราบถึงผลการเรียนการสอน เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับว่าการเรียนการสอนได้ผลตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่ เพียงใด

การวัดผล เป็นการวัดความรู้ความสามารถ หรือวัดผลของการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการหรือเครื่องมือวัด ผลที่ได้จากการวัดจะนำไปใช้ในการประเมินผล

การประเมินผล เป็นการนำข้อมูลจากการวัดผลมาพิจารณาและลงข้อสรุปเพื่อตัดสินผลการเรียนเป็นรายบุคคลหรือเพื่อประเมินผลการเรียนการสอนโดยส่วนรวม ผลจากการประเมินอาจเป็นการตัดสินได้-ตก หรือเป็นระดับคะแนนหรือ ผ่าน-ไม่ผ่าน หรือได้ผลตรงตามจุดประสงค์

ดังนั้นในการวางแผนจัดการเรียนการสอน จึงจำเป็นต้องกระทำควบคู่กันไปตามการวัดผล และประเมินผล โดยต้องมีแผนดำเนินการอย่างต่อเนื่อง แล้วนำผลการวัดและประเมินในแต่ละช่วงมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุง และพัฒนาการเรียนการสอนอย่างสม่ำเสมอ ทั้งในส่วนของนักเรียนและครู การวัดและประเมินผล ประกอบด้วยการวัดเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน (Formative valuation) และเพื่อตัดสินผลการเรียน (Summative evaluation)

การประเมินผลจะเที่ยงตรงเพียงใด ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้เครื่องมือวัดผลที่เหมาะสมกับเรื่องที่ต้องการวัด และการใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง ดังนั้นการวัดผลจึงจัดว่าสำคัญต่อการรวบรวมข้อมูลเพื่อตัดสินใจในการพัฒนาการเรียนการสอนและการตัดสินผลการเรียนการสอน

ได้กล่าวมาแล้วว่าการเรียนการสอนและการวัดผลประเมินผล จะต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์ของการเรียนการสอน ดังนั้นสิ่งสำคัญของการวัดผลและประเมินผลก็คือจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจจุดประสงค์ของการเรียนการสอนให้ถูกต้อง ชัดเจน

การจัดการศึกษาที่มุ่งหวังให้ผู้เรียนต้องมีความสามารถในด้านต่างๆ 3 ด้าน ดังที่กล่าวมาเป็นการเสริมสร้างการมีบุรณการของคน กล่าวคือ ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ที่มีสติปัญญาเฉียบแหลม มีความพอใจและมีความสุขกับสภาพความเป็นอยู่ของตน มีความสัมพันธ์อันดีต่อผู้อื่น และมีทักษะในการกระทำการต่างๆ ได้

เมื่อจุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนมี 3 ด้านดังกล่าว การดำเนินการที่จะให้บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายเหล่านั้นก็จำเป็นต้องมีการดำเนินการสอนที่แตกต่างกันออกไป

ประวิตร ชูศิลป์ (2524 : 15-17) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมทั้ง 3 ด้าน คือด้านความรู้ความคิด ด้านการปฏิบัติ และด้านความรู้สึก ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผล การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ไว้มิใจความดังนี้

1) การประเมินผลด้านความรู้-ความคิด (Cognitive domain) ครูผู้สอนจะต้องสร้างเครื่องมือขึ้นใช้วัด คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement test) ซึ่งเป็นเครื่องมือใช้วัดความรู้ ความเข้าใจ และสมรรถภาพทางสมองด้านต่างๆ ตลอดจนทักษะบางอย่างที่เกี่ยวข้องกับด้านนี้ ซึ่งผู้เรียนได้รับจากประสบการณ์ทั้งปวงตามหลักสูตร

2) การประเมินผลด้านการปฏิบัติ (Psychomotor domain) เป็นการประเมินผลทักษะในการปฏิบัติการและดำเนินการต่างๆ ซึ่งจะมีทักษะสำคัญที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 อย่างคือ ทักษะทางสมอง (Intellectual skills) เช่น ทักษะในการคิด ทักษะในการดำเนิน ทักษะในการแปลความหมาย และทักษะในการทำหรือปฏิบัติ (Manipulative skills) เป็นความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสทั้งหมด เช่น ทักษะในการหยิบ จับ และใช้เครื่องมือทดลอง ทักษะในการสังเกต ทักษะการจดบันทึกข้อมูล ทักษะในการเขียนกราฟ หรือจัดกระทำกับข้อมูล เป็นต้น

ทักษะที่จำเป็นจะต้องคำนึงถึงในการประเมินผลด้านทักษะในการทำหรือปฏิบัติ อาจจำแนกออกได้อีก 2 พวก คือ ทักษะภาคปฏิบัติเป็นทักษะที่สามารถสังเกตได้ ในขณะที่นักเรียนกำลังปฏิบัติการทดลองโดยตรง เช่น ทักษะในการปฏิบัติการ (Manual skills) ทักษะในการสังเกต (Observation) และ ทักษะในการดำเนินการทดลอง (Carrying out procedures) และ ทักษะในการสื่อความหมายภาคปฏิบัติ ซึ่งได้แก่ ทักษะในการบันทึกผล และใช้ผลการทดลองที่รวบรวม

3) การประเมินผลด้านความรู้ (Affective domain)

ในการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน จะต้องทำอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เพื่อช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนบรรลุจุดมุ่งหมาย ประวิตร์ ชูศิลป์ (2524 : 14) ได้สรุปไว้ว่า ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แต่ละรายวิชาและแต่ละภาคเรียน ครูควรจะดำเนินการวัดและประเมินผล 2 ลักษณะคือ

1.3) การประเมินผลย่อย (Formative evaluation) หรือการประเมินผลระหว่างภาค เป็นการประเมินผลภายหลังจากได้ทำการสอนจบบทเรียนหนึ่งๆ หรือตอนหนึ่งๆ เพื่อความมุ่งหมายที่จะนำผลมาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอน และให้ความช่วยเหลือหรือจัดสอนซ่อมเสริมในเนื้อหา หรือส่วนที่ผู้เรียนยังมีผลสัมฤทธิ์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียนนั้นๆ

1.2) การประเมินผลรวม (Summative evaluation) หรือการประเมินผลปลายภาคเรียน เป็นการประเมินผลภายหลังจากที่ได้เรียนจบรายวิชาเมื่อสิ้นภาคเรียน เพื่อทราบผลการพัฒนาการเรียนรู้อันทั้งหมดในรายวิชาที่เรียนว่า เมื่อถึงปลายภาคเรียน นักเรียนสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีจุดประสงค์หลักที่มุ่งให้นักเรียน ได้พัฒนาในด้านต่อไปนี้

- 1) รู้หลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์
- 2) มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Process of science)
- 3) คิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 4) สื่อความหมายและสามารถตัดสินใจเลือกใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม
- 5) นำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิต
- 6) มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

จากจุดประสงค์ดังกล่าวเมื่อเทียบกับที่ บลูม (Bloom. 1960 : 352) ได้เสนอว่าผลการเรียนรู้ของนักเรียนควรครอบคลุมใน 3 ด้านคือ

1) ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) หมายถึง พัฒนาการด้านสติปัญญาและความคิด ซึ่งประกอบด้วยรู้หลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Process of science) คิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สื่อความหมายและสามารถตัดสินใจเลือกใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

2) ด้านจิตพิสัย (Affective domain) หมายถึง การพัฒนาทางด้านความนึกคิด ความสนใจ ค่านิยม ความซาบซึ้ง การปรับตัวและเจตคติต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีนิสัยทางวิทยาศาสตร์ (Scientific habits of mind)

3) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) หมายถึง การพัฒนาทักษะที่เกี่ยวกับการใช้วัยวะต่างๆ เช่น การเคลื่อนไหว การลงมือทำงาน การทำการทดลอง รวมทั้งทักษะในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการวางแผนและเลือกวิธีการในการทดลอง การลงมือปฏิบัติการทดลอง การใช้เครื่องมือต่างๆ ในการทดลอง

ในกระบวนการเรียนการสอน นักเรียนควรจะได้รับการพัฒนาทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัยไปพร้อมๆ กัน รวมทั้งจะต้องมีการวัดและประเมินผลให้สอดคล้องกับการพัฒนาทั้ง 3 ด้านนี้ด้วย

2. การจำแนกจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมวิชาวิทยาศาสตร์

อนันต์ ศรีโสภะ (2525 : 19-20) ได้จำแนกจุดประสงค์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ออกเป็นด้านต่างๆ ดังนี้

1) ด้านความรู้และความเข้าใจ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับความจริงเฉพาะอย่าง ความรู้เกี่ยวกับศัพท์วิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับความคิด (Concept) ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผน ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและการลำดับชั้น ความรู้เกี่ยวกับการแยกประเภท การจัดประเภทและเกณฑ์ ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีดำเนินการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีต่างๆ หรือแนวความคิดที่สำคัญ ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่งได้

2) การสังเกตและการวัด ได้แก่ การสังเกตสิ่งของและปรากฏการณ์ต่างๆ การบรรยายสิ่งของที่สังเกตได้โดยใช้ภาษาที่เหมาะสม การวัดสิ่งของและการเปลี่ยนแปลงต่างๆ การเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสม การประมาณค่าจากการวัดและการยอมรับขีดจำกัดของความถูกต้อง

- 3) การเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ได้แก่ การมองเห็นปัญหา การตั้งสมมติฐาน การเลือกวิธีทดสอบสมมติฐาน การออกแบบขบวนการทดลองที่เหมาะสม
- 4) การตีความหมายของข้อมูลและการสรุป ได้แก่ การจัดกระทำกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การแสดงข้อมูลต่างๆ ในรูปของความสัมพันธ์เป็นแบบฟังก์ชัน การตีความหมายของข้อมูลที่ได้จากการทดลองและการสังเกตต่างๆ การขยายความและการตีความการประเมินสมมติฐานภายใต้ขอบเขตของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การสรุปความสัมพันธ์ที่พบ
- 5) การสร้าง การทดสอบ และการปรับปรุงรูปแบบของทฤษฎีต่างๆ ได้แก่ การยอมรับความต้องการรูปแบบของทฤษฎีต่างๆ การสร้างรูปแบบของทฤษฎีเพื่อรับความรู้ใหม่ การบอกความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับรูปแบบที่สร้างใหม่ การอนุมานสมมติฐานใหม่จากทฤษฎีรูปแบบ การตีความหมายและการประเมินผลจากการทดสอบรูปแบบ การสร้าง การปรับปรุง และการขยายรูปแบบ
- 6) การใช้ความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์ต่างสาขากัน การนำความรู้ไปแก้ปัญห่อื่นๆ นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 7) การฝึกทักษะ ได้แก่ การพัฒนาทักษะต่างๆ ในการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ การใช้ห้องปฏิบัติการอย่างระมัดระวังและมีความปลอดภัย
- 8) ทศนคติและความสนใจ ได้แก่ การแสดงทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ต่างๆ การยอมรับว่า “การสืบสวนสอบสวนทางวิทยาศาสตร์” เป็นวิธีการคิดวิธีหนึ่ง การยอมรับทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ มีความสนุกเพลิดเพลินในการเรียนวิทยาศาสตร์ พัฒนาความสนใจทางวิทยาศาสตร์และกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และพัฒนาความสนใจในอาชีพต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์
- 9) การมีแนวโน้มในทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างแนวความคิดชนิดต่างๆ ในทางวิทยาศาสตร์ การยอมรับปรัชญาที่จำกัดและอิทธิพลของการสืบสวนทางวิทยาศาสตร์ การยอมรับเหตุการณ์ในอดีตทางวิทยาศาสตร์ การตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและเศรษฐศาสตร์และการยอมรับว่าสังคมและศีลธรรมนั้น มีอิทธิพลของผลจากการทดลองและการสืบสวนทางวิทยาศาสตร์รวมอยู่ด้วย

3. การวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอน วิชาวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย

การวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนด้านพุทธิพิสัย สำหรับวิชาวิทยาศาสตร์นิยมวัดผลตามแนวคิดของ คลอปเฟอร์ (Klopper. 1971 : 231) จำแนกระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญาหรือความรู้ความคิดเป็น 4 ลำดับขั้น คือ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำความรู้และกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ไปใช้แต่ละพฤติกรรม มีรายละเอียด ดังนี้

1) ความรู้-ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์ นิยาม นโมติ ข้อตกลง การจัดประเภท เทคนิควิธีการ หลักการ กฎ ทฤษฎี และแนวคิดที่สำคัญๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ นักเรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออกโดยสามารถให้คำจำกัดความหรือนิยาม เล่าเหตุการณ์ จดบันทึก เรียกชื่อ อ่านสัญลักษณ์ และระลึกถึงข้อสรุปได้ การวัดพฤติกรรมด้านความรู้ความจำ ลักษณะของข้อสอบจะถามให้นักเรียนระลึกถึงเรื่องราวหรือความรู้ต่างๆ ที่ได้เรียนมาแล้วอย่างตรงไปตรงมา โดยทั่วไปการวัดผลครั้งหนึ่งควรถามเกี่ยวกับความรู้ความจำไม่เกินร้อยละยี่สิบของข้อสอบทั้งหมดไม่เกินร้อยละ 20

2) ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความ นักเรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออกโดยสามารถเปรียบเทียบ แสดงความสัมพันธ์ อธิบาย ชี้แจง จำแนก จัดเข้าหมวดหมู่ ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความเขียนภาพประกอบ แสดงความคิดเห็น จัดเรียงลำดับ อ่านกราฟแผนภูมิและแผนภาพได้ พฤติกรรมความเข้าใจ แบ่งได้เป็น 3 ระดับคือ ความสามารถอธิบายความรู้ต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง ความสามารถจำแนกหรือระบุความรู้ได้เพื่อปรากฏอยู่ในรูปหรือสถานการณ์ใหม่ๆ และความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง การวัดพฤติกรรมความเข้าใจ ลักษณะของข้อสอบจะถามให้นักเรียนอธิบายหรือบรรยายความรู้ต่าง ๆ ด้วยคำพูดของตนเอง หรือให้ระบุข้อเท็จจริง มโนคติหลักการ กฎหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ หรือให้แปลความหมายสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งอาจอยู่ในรูปข้อความ สัญลักษณ์รูปภาพหรือแผนภาพ เป็นต้น

3) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้และนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านการนำไปใช้ส่วนใหญ่จะมีลักษณะแบบยกสถานการณ์ใหม่ๆ หรือปัญหาใหม่มาให้นักเรียนแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องมีความเข้าใจในแนวคิดหลักที่เกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ รวมทั้งต้องใช้ความสามารถระดับสูง ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า ตลอดจนใช้ยุทธวิธีต่างๆ ในการแก้ปัญหานั้น การประเมินผลการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ ไม่สามารถวัดความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน โดยทั่วไปควรควรประเมินจากการปฏิบัติกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการแก้ปัญหา

4) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

3.1.1 ความหมาย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หรือผลการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์หมายถึง ผลลัพธ์ในระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ อันเป็นผลจากกระบวนการเรียนการสอน และจากผลลัพธ์นี้จะป็นข้อมูลย้อนกลับไปพิจารณาปรับปรุงองค์ประกอบของระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ดังนั้นจึงเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าจุดมุ่งหมายสำคัญของการสอน คือ เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้หรือเกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั่นเอง ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน

ประเภทของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์นั้น นักการศึกษาได้จำแนกไว้ในรูปวัตถุประสงค์การเรียนการสอน ดังนี้

บลูม (Bloom. 1956 : 7-8) ได้จำแนกวัตถุประสงค์การเรียนการสอนเชิงมุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ 3 ส่วน

1) ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) เป็นวัตถุประสงค์มุ่งพัฒนาการเรียนของนักเรียนด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

2) ด้านจิตพิสัย (Affective domain) เป็นวัตถุประสงค์มุ่งพัฒนาการเรียนของนักเรียนด้านความรู้สึกเกี่ยวกับตนเอง ความสนใจ เจตคติความซาบซึ้ง การปรับตัว เป็นต้น

3) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) เป็นวัตถุประสงค์มุ่งพัฒนาการเรียนของนักเรียนด้านทักษะ คือ ความชำนาญในการปฏิบัติและดำเนินงาน เช่น การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็วและแม่นยำ

ฮอฟเทนและลูเนตตา (Hoftein and Lunetta . 1982 : 203) ได้สรุปจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) เพื่อปลูกฝังให้เกิดความสนใจ เจตคติ ความพึงพอใจ ความมีใจกว้าง และความอยากรู้อยากเห็นในวิชาวิทยาศาสตร์

2) เพื่อพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความสามารถในการแก้ไขปัญหา

3) เพื่อส่งเสริมการคิดวิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์

4) เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์และความสามารถทางสติปัญญา

5) เพื่อพัฒนาความสามารถทางการปฏิบัติ

กานเย (Gagne'. 1977 : 47-48) ได้ระบุวัตถุประสงค์การเรียนรู้การสอน เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ไว้ 5 ด้าน คือ

1) ทักษะทางสติปัญญา (Intellectual skills) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกหรือแยกสิ่งเร้า มีความคิดรวบยอดรูปธรรม มีความคิดรวบยอดนิยาม มีการเรียนรู้กฎและสามารถแก้ปัญหา

2) ข้อมูลความรู้ (Verbal information) หมายถึงความสามารถที่จะบอกหรืออธิบายข้อเท็จจริง เหตุการณ์ต่างๆ โดยการพูด การเขียน เป็นต้น

3) กลวิธีทางความคิด (Cognitive strategies) หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่จะวางแผนตัดสินใจควบคุมดำเนินการโดยใช้การเรียนรู้ ความจำ และการคิด

4) ทักษะทางกาย (Motor skills) หมายถึง ความสามารถในการกระทำกิจกรรมและความชำนาญ ในการใช้กล้ามเนื้อ เพื่อเคลื่อนไหวเบื้องต้น เช่น การชั่ง ตวง วัด เป็นต้น

5) เจตคติ (Attitude) หมายถึง ตัวกำหนดที่ทำให้บุคคลมีการกระทำต่างๆ กันแล้วแต่การเลือกตามความเชื่อ ค่านิยม และความรู้สึของแต่ละบุคคล

จากวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของนักการศึกษาดังกล่าวแล้วข้างต้น สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

3.1.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านวิชาการ

ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านวิชาการตามหลักของคลอฟเฟอร์ (Klopfers. 1971 : 566-580) วัดได้จากพฤติกรรม 4 ด้าน คือ ความรู้ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) พฤติกรรมด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนมีความจำเรื่องต่างๆ ที่ได้รับรู้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการอ่านหนังสือและการฟังคำบรรยาย เป็นต้น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 9 ประเภท (Klopfers. 1971 : 566-567) ดังนี้คือ

1.1) ความรู้เกี่ยวกับความจริงเดียว ซึ่งเป็นอนุภาคที่เล็กที่สุดของครูวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีอยู่แล้วในธรรมชาติ สามารถสังเกตได้โดยตรง และทดลองแล้วได้ผลเหมือนเดิมทุกครั้ง

1.2) ความรู้เกี่ยวกับมโนคติ คือ การนำความจริงเดียวหลายอันที่มีความเกี่ยวข้องกันมาผสมผสานเป็นรูปใหม่ ซึ่งเรียกว่า ความคิดรวบยอด

1.3) ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎวิทยาศาสตร์ หลักการ เป็นความจริงที่ใช้เป็นหลักอ้างอิงได้จากการนามโนมติหลายอันที่มีความเกี่ยวข้องกันมาผสมผสานเป็นรูปใหม่เรียกว่า หลักการ กฎวิทยาศาสตร์คือหลักการที่เน้นในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล

1.4) ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง หมายถึง ข้อตกลงร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์ ในการใช้อักษรย่อและเครื่องหมายต่างๆ แทนคำพูดเฉพาะตัวอย่าง

1.4.1) ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นตอนของปรากฏการณ์ต่างๆ ปรากฏการณ์ธรรมชาติบางอย่างมีการหมุนเวียนเป็นวัฏจักรเป็นวงจรชีวิต ซึ่งสามารถบอกลำดับขั้นตอนของปรากฏการณ์ต่างๆ ได้ถูกต้อง

1.4.2) ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ในการแบ่งประเภทของสิ่งต่างๆ ในการแบ่งสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นประเภทนั้น ต้องมีกฎเกณฑ์เป็นมาตรฐานในการแบ่ง ดังนั้นผู้เรียนจะต้องรู้เกณฑ์เพื่อใช้จัดจำพวกสิ่งต่างๆ

1.4.3) ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ เทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์มีมากมายหลายวิธีที่นักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายใช้กันอยู่

1.4.4) ความรู้เกี่ยวกับศัพท์วิทยาศาสตร์ ศัพท์วิทยาศาสตร์ซึ่งว่าด้วยคำนิยามต่างๆ และการใช้ศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ตัวอย่างของคำศัพท์และคำนิยามเหล่านี้ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎี หมายถึง ข้อความที่ใช้อธิบาย และพยากรณ์ปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น ทฤษฎีสัมพันธภาพ ทฤษฎีวิวัฒนาการ ทฤษฎีอะตอม

2) พฤติกรรมด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนใช้ความคิดที่สูงกว่าความรู้ความจำ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท (Bloom. 1971 : 567-568) ดังนี้

2.1) ความเข้าใจข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการและทฤษฎีต่างๆ คือเป็นการบรรยายในรูปแบบใหม่ที่แตกต่างจากที่เคยเรียนมา ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนเคยเรียนรู้นามโนมติของวัฏจักร เช่น วัฏจักรของการเจริญเติบโตของพืช โดยเริ่มจากเมล็ด ต่อมางอกเป็นลำต้น แล้วกลายเป็นเมล็ดอีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นให้ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนสถานะของน้ำ แล่งน้ำ การระเหย การเกิดเมฆและฝน เป็นต้น ผู้เรียนสามารถบอกได้ว่า การหมุนเวียนเปลี่ยนแปลงของน้ำอยู่ในรูปวัฏจักร เช่นกัน

2.2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายของข้อเท็จจริง คำศัพท์ นามโนมติ หลักการ และทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นรูปของสัญลักษณ์อื่นได้ เช่น ในการศึกษาเรื่องแรง ถ้าผู้สอนกำหนดโจทย์ว่า “ม้าตัวหนึ่งลากรถไปตามถนนที่ขรุขระ” ผู้เรียนสามารถแปลความหมายเป็นรูปเวกเตอร์ของแรงได้ หรือกำหนดสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีมาให้ผู้เรียนสามารถแปลความหมายเป็นคำพูดได้

3) พฤติกรรมด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ นามโนมติ หลักการ กฎ ทฤษฎี ตลอดจนวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้ โดยสามารถแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 3 ประเภท (พิมพันธ์ เดชะคุปต์. 2526 : 216) คือ

1) แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน ส่วนมากเป็นสถานการณ์ทั่วไปในชั้นเรียนที่ผู้เรียนต้องนำความรู้หรือทักษะที่ได้จากการเรียนไปใช้แก้ปัญหาเรื่องอื่นที่อยู่ในวิชาเดียวกัน ตัวอย่างเช่น การตอบคำถามว่า “ทำไมหลอดไฟฟ้าจึงสว่างขึ้น เมื่อเราเปิดสวิตช์” ปัญหานี้เกี่ยวกับวิชาไฟฟ้า หรือคำถามว่า “ถ้าลอกเปลือกของลำต้นออกแล้ว ต้นไม้จะตายหรือไม่” ปัญหานี้เกี่ยวกับวิชาชีววิทยา เป็นต้น

2) แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ซึ่งเป็นปัญหาเดียวแต่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์ 2 สาขาขึ้นไป เช่น คำถามว่า “ถ้าหินปูนเกิดขึ้นได้อย่างไร” ปัญหานี้เกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์และเคมี เป็นต้น

3) แก้ปัญหาที่นอกเหนือไปจากเรื่องของวิทยาศาสตร์ ปัญหาที่นอกเหนือไปจากเรื่องของวิทยาศาสตร์นั้นหมายความว่าเรื่องเทคโนโลยี ตัวอย่างคำถามที่แสดงถึงการนำไปใช้แก้ปัญหาทางเทคโนโลยีได้แก่ “ทำอย่างไรจึงจะเพิ่มผลผลิตข้าวโพดจากฟาร์มได้” เป็นต้น

นักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้ทำการศึกษาค้นคว้าตัวแปรที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้มากมาย ดังจะเห็นได้จากแนวคิดและงานวิจัยดังต่อไปนี้

ผลงานวิจัยของ บลูม ฮาร์นิสซ์เฟเกอร์ และวิลลีย์ เป็นรากฐานสำคัญในการศึกษารูปแบบผลการเรียนรู้อย่างโครงการวิจัย บีทีอีเอส (BTES: The Beginning Teacher Evaluation Study) (Kepler. 1980 : 140-141) และได้เสนอตัวแปรที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 ตัวแปร คือ

1) ตัวแปรด้านกระบวนการสอน ซึ่งหมายถึง การวินิจฉัย การกำหนดจุดประสงค์และเนื้อหา การเสนอบทเรียน การควบคุมชั้น การให้ข้อมูลย้อนกลับ

2) ตัวแปรด้านกระบวนการเรียน (เวลาการเรียน) หมายถึง เวลาที่ครูกำหนดให้เรียน เวลาที่ใช้ในการเรียน และความสามารถระดับสูง

3) ตัวแปรด้านความถนัดของนักเรียน

บลูม (Bloom. 1976 : 167-176) ได้เสนอตัวแปรที่มีอิทธิพลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 ตัว คือ 1) พฤติกรรมเบื้องต้นด้านพุทธิพิสัย 2) ลักษณะเบื้องต้นด้านจิตพิสัย และ 3) คุณภาพของการสอน

คลอสไมเยอร์ (Klausmeir. 1961 : 28-29) ศึกษาตัวแปรที่กำหนดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและได้เสนอตัวแปรว่าประกอบด้วยลักษณะของนักเรียน ลักษณะของครู ลักษณะทางกายภาพ พฤติกรรมระหว่างนักเรียนกับครู ลักษณะของกลุ่มและแรงจูงใจภายนอก คลอสไมเยอร์ ได้สรุปว่าลักษณะของนักเรียนเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการอธิบายถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตัวแปรที่เกี่ยวกับลักษณะของนักเรียนประกอบด้วย ความพร้อมทางสมอง (หมายถึง

ความรู้ ความคิด รวมทั้งพื้นฐานความรู้เดิม) ความพร้อมทางกายภาพ (หมายถึง ความสามารถ ด้านทักษะ รวมทั้งสุขภาพ) ความพร้อมทางจิตใจ (หมายถึง ความสนใจ เจตคติ ค่านิยมและ บุคลิกภาพ) เพศ อายุและภูมิหลังทางครอบครัวและสังคม

สำหรับตัวแปรด้านกระบวนการสอนและด้านกระบวนการเรียน ตัวแปร ด้านบรรยากาศในชั้นเรียน ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการสอนมีผลต่อกระบวนการเรียน ซึ่งจะ มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ทัศนีย์ บุญเต็ม และคณะ. 2526 : 66X

สำเร็จ บุญเรืองรัตน์ (Samrerng Boonruangrutana. 1978 : 121) ได้ เสนอตัวแปรที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สำคัญ 2 ตัวแปรคือ ตัวแปรด้านกระบวนการ เรียนการสอน (หมายถึงเวลาที่ใช้ในโรงเรียน และคุณภาพของการสอน)และตัวแปรด้านสภาพ แวดล้อม (หมายถึง สิ่งแวดล้อมในชั้นเรียน การจัดระบบชั้นเรียนและสิ่งแวดล้อม)

จากผลการวิจัยที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ประเภทของตัวแปรที่สัมพันธ์ผล สัมฤทธิ์ทางการเรียน จำแนกเป็นประเภทใหญ่ได้ 3 ประเภท

1) ตัวแปรด้านตัวครู หมายถึง อายุ เพศ พื้นฐานทางสังคมและเศรษฐกิจ บุคลิกลักษณะ การศึกษา เจตคติ

2) ตัวแปรด้านบริบท หมายถึง ตัวแปร 2 ประเภท คือ ตัวแปรด้านตัว นักเรียนและตัวแปรด้านสภาพแวดล้อม

2.1) ตัวแปรด้านตัวนักเรียน หมายถึง เพศ อายุ พื้นฐานทางสังคมและ เศรษฐกิจความสามารถ ความรู้เดิม เจตคติ ความพยายาม ความถนัด แรงจูงใจ ความสนใจ ความรู้สึกนึกคิดเกี่ยวกับตัวเอง

2.2) ตัวแปรด้านสภาพแวดล้อม หมายถึง ตัวหลักสูตร ลักษณะ โรงเรียน ลักษณะชุมชน บรรยากาศในห้องเรียนและในโรงเรียน

3) ตัวแปรด้านกระบวนการเรียนการสอน หมายถึง ตัวแปรสำคัญ 4 ประการ

3.1) เวลาในการเรียน ได้แก่ เวลาที่กำหนดให้เรียนและเวลาที่ใช้ใน การเรียน

3.2) คุณภาพของการสอน หมายถึง การจัดสภาพการเรียนการสอนที่ ช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งได้แก่การจัดลำดับ เนื้อหาอย่างเหมาะสม การชี้แนะ การให้นักเรียนมีส่วนร่วม การเสริมแรง การให้ข้อมูลย้อน กลับและแก้ไขข้อบกพร่อง

3.3) กิจกรรมของครู ได้แก่ การวินิจฉัย การกำหนดจุดประสงค์ของ เนื้อหาการวางแผนการสอน การเสนอบทเรียน การชักจูง การสื่อสาร การควบคุมชั้น

3.4) กิจกรรมของนักเรียน ได้แก่ การฟัง การถามคำถาม และตอบ คำถามการอ่านหนังสือ การทำแบบฝึกหัด อภิปรายการปฏิบัติทดลอง

4) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สำหรับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้เป็นผู้พัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา โดยเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญในการสืบเสาะ อีกทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำทักษะดังกล่าวไปใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้ ดังนั้นหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่ใช้ศึกษานั้นจะเป็นการสร้างประสบการณ์ในการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะทำให้ผู้เรียนได้รับทั้งเนื้อหาความรู้และกระบวนการ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือแม้แต่การแสวงหาความรู้อื่นๆ นอกจากจะจัดให้มีการเรียนการสอนตามหลักสูตร ยังมีการจัดกิจกรรมเสริมประสบการณ์ เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการแสดงความสามารถในการนำทักษะต่างๆ ที่ได้ฝึกฝนมาใช้แก้ปัญหาที่แปลกใหม่ไปจากในชั้นเรียนด้วย นั่นคือการแข่งขันความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ การตอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งการจัดกิจกรรมเสริมเหล่านี้จะสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น จะต้องอาศัยประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ในห้องเรียน และกิจกรรมเหล่านี้ก็จะเป็นประสบการณ์ในการที่จะแสวงหาความรู้แปลกใหม่ต่อไป

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skill) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ (เทียนชัย ภาณุสิทธิกร. 2535 : 10-11)

1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (Basic Science Process Skill) เป็นทักษะอย่างง่าย ๆ ที่นักเรียนสามารถเริ่มเรียนได้ตั้งแต่ระดับอนุบาล ได้แก่

1.1) ทักษะการสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเช่น หู ตา จมูก ลิ้น กาย ในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุและปรากฏการณ์ต่างๆ ตามธรรมชาติ หรือในห้องทดลอง โดยไม่ใส่ความคิดของผู้สังเกตลงไป

1.2) ทักษะการวัด หมายถึง การรู้จักการใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยมีหน่วยกำกับ

1.3) ทักษะการคิดคำนวณ หมายถึง การบวก ลบ คูณ หารและการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

1.4) ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง การแยกวัตถุสิ่งของต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่อย่างมีเกณฑ์ ซึ่งเกณฑ์นี้ต้องอาศัยความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุที่มีอยู่

1.5) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล หมายถึง การอธิบายหรือตีความข้อมูลที่ได้จากการทดลอง อย่างมีเหตุผล โดยอาศัยประสบการณ์เดิมมาช่วย

1.6) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและสถานที่ หมายถึง การหาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือการหาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

1.7) ทักษะการทำนาย หมายถึงการพยากรณ์คำตอบล่วงหน้าก่อนที่เหตุการณ์หรือการทดลองใดจะเกิดขึ้นโดยอาศัยหลักการ กฎ และทฤษฎีในเรื่องนั้น ๆ มาช่วย

1.8) ทักษะการสื่อความหมาย หมายถึง การใช้กราฟ แผนภาพ แผนที่ สัญลักษณ์ ไตอะแกรม สมการ คณิตศาสตร์ การสาธิต และการเขียนบรรยาย เพื่อเป็นสื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด และการทดลอง

2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม หรือขั้นบูรณาการ (Integrated Science Process Skill) เป็นทักษะที่นำเอาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐานที่มีอยู่มาบูรณาการเข้าด้วยกันเป็นทักษะที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ได้แก่

2.1) ทักษะการชั่งตวงวัด หมายถึง การชั่งตวงวัดต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องการควบคุมในสมมติฐานหนึ่งๆ

2.2) ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง การใช้ความรู้ความสามารถ และความคิดเดิม เพื่อเดาคำตอบของปัญหาที่ต้องการจะทดสอบ

2.3) ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร หมายถึง การกำหนดความหมาย และขอบเขตของตัวแปรต่างๆที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดสอบให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตหรือวัดได้

2.4) ทักษะในการออกแบบและดำเนินการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการวางแผนการทดลอง และควบคุมการทดลองได้อย่างเหมาะสม สามารถเลือกแบบแผนการทดลองที่ดีและสะดวกต่อการปฏิบัติและง่ายต่อการดำเนินการ

2.5) ทักษะการรวบรวมและตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีในรูปของกราฟ

จากงานวิจัยหลายเรื่องที่แสดงให้เห็นว่า การใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับพัฒนาการทางสติปัญญา เพราะการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รู้จักวิธีการแก้ปัญหาอย่างมีกฎเกณฑ์ รู้จักค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองและรู้วิธีการแก้ปัญหาได้นั้น ผู้เรียนจะต้อง รู้จักวิธีคิดแบบวิเคราะห์ สังเคราะห์ รู้จักการประเมินผลและการนำไปใช้ พร้อมทั้งมีความเข้าใจและจดจำสิ่งที่เรียนไปแล้วเป็นอย่างดี ซึ่งความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ รวมทั้งการคิดแบบวิเคราะห์นั้น เป็นองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเป็นประสบการณ์ต่อการเรียนรู้ในวิทยาการแขนงอื่นๆ ต่อไป

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้วัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยโดยวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ซึ่งสรุปรายละเอียดเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคำถามที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว	ตัวอย่างคำถามที่ทำให้นักเรียนเกิดทักษะ
1. การตั้งสมมติฐาน	การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลองโดยอาศัยการสังเกตความรู้ ประสบการณ์ เดิมเป็นพื้นฐานคำตอบที่คิดหาล่วงหน้านี้นี้เป็นสิ่งที่ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการกฎ หรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้า มักกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิดก็ได้ ที่ตั้งไว้	หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกตความรู้และประสบการณ์เดิม	- การเป่าหลอดกาแฟแรง ๆ น่าจะทำให้หลอดกาแฟดกกลงไปในขวดดีกว่าเป่าค่อย ๆ - การดึงเชือกอย่างแรงและรวดเร็ว น่าจะทำให้เชือกช่วงบนขาดก่อนช่วงล่าง ในการทดลองเรื่องความดัน โดยการนำแก้วจมลงไปในน้ำให้มีน้ำครึ่งแก้ว และดึงกันแก้วขึ้นมาแรง ๆ จนกันแก้วโผล่พ้นน้ำขึ้นมาประมาณ 3/4 ของแก้ว ระดับน้ำในแก้วก็ยังคงอยู่ในระดับเดิม - ถ้าใช้ของเหลวอื่นแทนน้ำจะมีผลเช่นเดียวกันกับน้ำหรือไม่
2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	การกำหนดเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ (ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลอง) ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้	กำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตได้และวัดได้	- เส้นสมมาตรหมายความว่าอย่างไร - กิต 12 นาฬิกาในที่นี้หมายความว่าอย่างไร - ลักษณะอย่างไรจึงจะเรียกว่าลายมือแบบกันหอย

ตาราง 1 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว	ตัวอย่างคำถามที่ทำให้นักเรียนเกิดทักษะ
3. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	การกำหนดตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ ตัวแปรต้น คือสิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่ ตัวแปรตาม คือสิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือสิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองด้วย ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือนกัน มิเช่นนั้นอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน	ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้	ในการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานว่า “มุมของปลายรางมีผลต่อระยะดักกันของลูกปืน” ในการทดลองนี้ - จะต้องจัดอะไรให้ต่างกัน (ถามให้ชี้บ่งตัวแปรต้น) - เมื่อจัดสถานการณ์ดังนี้แล้ว สิ่งที่เราจะต้องติดตามดูคืออะไร (ถามให้ชี้บ่งตัวแปรตาม) - จะต้องจัดอะไรให้เหมือนกันบ้าง (ถามให้ชี้บ่งตัวแปรที่ต้องควบคุม)
4. การทดลอง	การทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ใน การทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรมหลัก 3 ขั้นตอนคือ 1. การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริงเพื่อกำหนด 1.1 วิธีการทดลอง (ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร) 1.2 อุปกรณ์และ/หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลอง	1. ออกแบบการทดลองโดย 1.1 กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย 1.2 ระบุอุปกรณ์และ/หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองให้ 2. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม 3. บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่ว และถูกต้อง	จากสมมติฐานว่า - มุมของปลายรางมีผลต่อระยะที่ตอของลูกปืน - นักเรียนคิดว่าจะมีวิธีทำการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานข้อนี้ได้อย่างไร - การทดลองนี้ต้องใช้อุปกรณ์อะไรบ้าง (การฝึกทักษะของนักเรียนตอนนี้เป็น การสั่งให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลอง แต่อาจถามให้นักเรียนบอกวิธีปฏิบัติหรือวิธีใช้อุปกรณ์ที่ถูกต้องได้ดังตัวอย่าง)

ตาราง 1 (ต่อ)

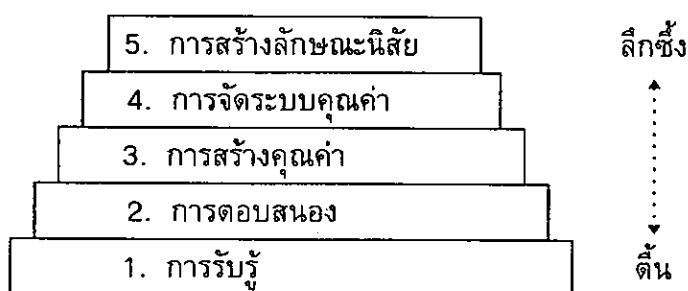
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว	ตัวอย่างคำถามที่ทำให้นักเรียนเกิดทักษะ
	2. การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง ๆ 3. การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลการสังเกต การวัด และอื่น ๆ		- การอ่านอุณหภูมิในของเหลว ทำอย่างไร - ขณะเผาสารในหลอดทดลอง จะต้องทำอย่างไรบ้าง (การฝึกทักษะฯ ของนักเรียน ตอนนี้นักเป็นการให้บันทึกผล ขณะทำการทดลอง)
5. การตีความหมายข้อมูล	การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูลในบางครั้ง อาจต้องใช้ทักษะอื่นๆ ด้วย เช่น ทักษะการคำนวณ เป็นต้น การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด	1. แปลความหมาย หรือ บรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้	จากการทดลองละลายสาร A ในน้ำ 50 cm ³ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กันได้ผลการทดลองดังนี้ อุณหภูมิของ ปริมาณของสาร A ("C) ที่ละลายในน้ำ (g) 60 23 70 31 80 39 90 47
		(การตีความหมายข้อมูลที่อาศัยทักษะการคำนวณ)	- ที่อุณหภูมิ 60°C สาร A ละลายน้ำได้กี่กรัม - ขณะที่สาร A ละลายน้ำได้ 39 กรัม อุณหภูมิของน้ำเป็นเท่าไร - ที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส สาร A ละลายในน้ำได้ต่างกันเท่าใด
		2. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่	- จากข้อมูลในตารางเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การละลายของสาร A เป็นอย่างไร

4. การวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านจิตพิสัย

จิตพิสัยที่ประเมินได้มีอยู่ 2 ส่วน คือ เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในทางปฏิบัติ การประเมินผลจิตพิสัยเป็นเรื่องที่ทำได้ยากด้วยแบบทดสอบชนิดเขียนตอบ เพราะความรู้สึกเป็นสิ่งที่อยู่ภายใน การประเมินผลจิตพิสัยจึงควรประเมินจากพฤติกรรม/ลักษณะบ่งชี้ที่นักเรียนแสดงออกมาในระยะเวลายาวนานพอสมควร และประเมินอย่างสม่ำเสมอซึ่งสามารถพิจารณาจากลักษณะบ่งชี้หรือพฤติกรรมดังต่อไปนี้

4.1 การจำแนกพฤติกรรมด้านจิตพิสัย

แครทโฮล (Krathwohl) บลูม (Bloom) และเมเซีย (Masia) จำแนกพฤติกรรมด้านจิตพิสัยออกเป็น 5 ประเภท จากพฤติกรรมที่ต้นที่สุดคือการรับรู้จนถึงพฤติกรรมที่ลึกซึ้งที่สุด คือ การสร้างลักษณะนิสัย ดังภาพประกอบ 28 (บุญชม ศรีสะอาด. ม.ป.ป. : 109)

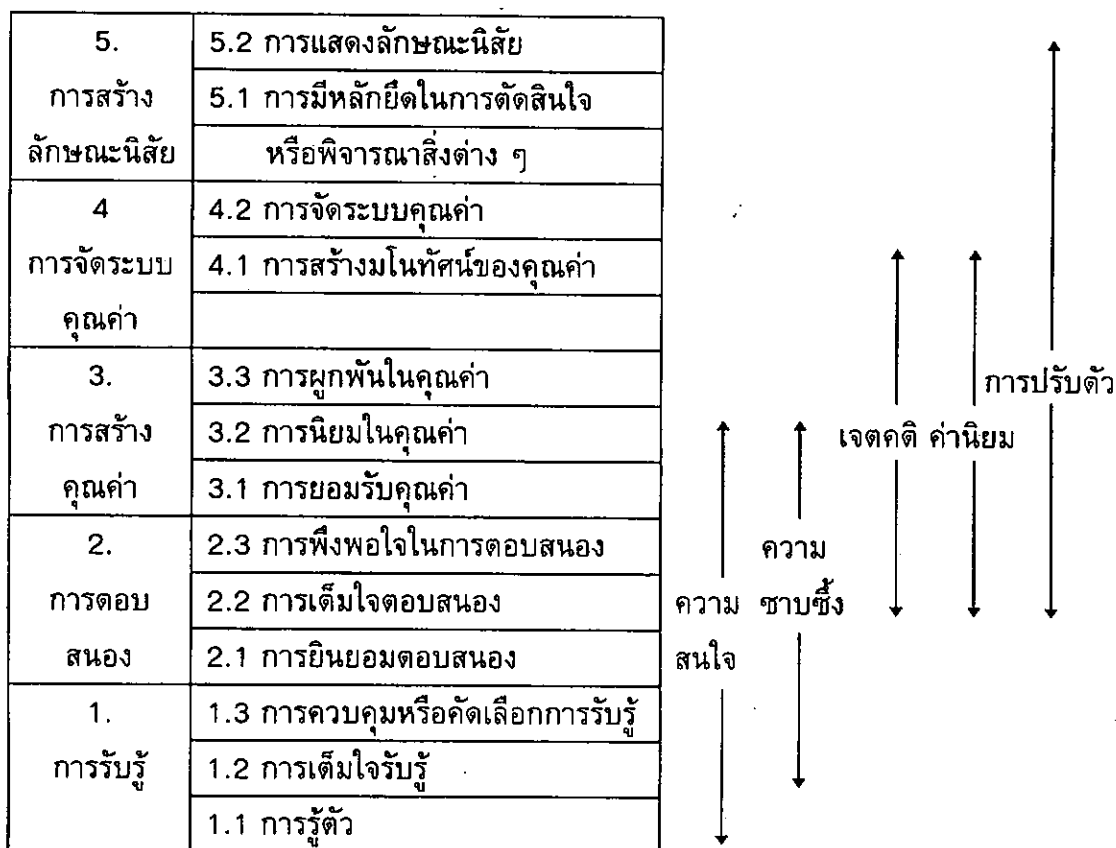


ภาพประกอบ 28 การจำแนกพฤติกรรมด้านจิตพิสัยตามแนวคิดของ บลูมและเมเซีย

การจำแนกด้านจิตพิสัยออกเป็น 5 ประเภท ตามแนวคิดของแครทโฮล บลูม และเมเซีย แต่ละประเภทจำแนกเป็นพฤติกรรมย่อยได้ดังนี้ (Krathwohl, Bloom and Masia. 1964 : 194 ; บรรทม เครือวัลย์. 2534 : 77)

- 1) การรับรู้ (Receiving or attending) ได้แก่ การรู้ตัว การเต็มใจรับรู้ และการควบคุมหรือคัดเลือกการรับรู้
- 2) การตอบสนอง (Responding) ได้แก่ การยินยอมตอบสนอง การเต็มใจตอบสนองและการพึงพอใจในการตอบสนอง (Satisfaction in response)
- 3) การสร้างคุณค่า (Valuing) ได้แก่ การยอมรับคุณค่า การนิยมในคุณค่า การผูกพันในคุณค่า
- 4) การจัดระบบคุณค่า (Organization) ได้แก่ การสร้างมโนทัศน์ของคุณค่า การจัดระบบคุณค่า
- 5) การสร้างลักษณะนิสัย (Characterization by a value or value complex) ได้แก่ การมีหลักยึดในการตัดสินใจหรือพิจารณาสิ่งต่างๆและการแสดงลักษณะนิสัย

มโนทัศน์ด้านจิตพิสัยบางตัว เช่น ความสนใจ ความซาบซึ้ง เจตคติ ค่านิยม และการปรับตัว กินความหมายครอบคลุมพฤติกรรมต่างๆ ด้านจิตพิสัย ดังแสดงในภาพประกอบ 29



ภาพประกอบ 29 พิสัยของความหมายของคำบางคำในด้านจิตพิสัย เมื่อเทียบจากประเภทของพฤติกรรมด้านจิตพิสัยที่จำแนกโดยบลูมและเมเชีย

จากภาพประกอบ 29 ความสนใจจะมีความหมายครอบคลุมพฤติกรรม การรู้ตัว ไปจนกระทั่งถึงการนิยมในคุณค่า การปรับตัวมีความหมายครอบคลุมพฤติกรรมการเต็มใจตอบสนองไปจนถึงการแสดงลักษณะนิสัย ความหมายของแต่ละพฤติกรรม มีดังนี้

1) การรับรู้ หมายถึง การมีความตั้งใจ หรือรับรู้สิ่งเร้าบางอย่าง เช่น ในขณะที่เรียนรู้ผู้เรียนรับรู้ในสิ่งที่เรียน มีความตั้งใจเรียนในเรื่องนั้น พฤติกรรมการเรียนรู้จำแนกเป็น 3 พฤติกรรมย่อย คือ การรู้ตัว (คือการรู้ว่ากำลังพบหรือเผชิญกับสิ่งเร้าหรือเหตุการณ์นั้น ไม่ได้อยู่ในสภาพใจลอย หรือนิ่งหลับ) การเต็มใจรับรู้ (ในขณะที่เรียนนอกจากจะต้องการให้ผู้เรียนรู้ตัว มีสติสัมปชัญญะแล้ว ยังต้องการให้ผู้เรียนมีความเต็มใจไม่หลีกเลี่ยงปรากฏการณ์หรือสิ่งเร้าที่น่าเสนอ) การควบคุมหรือคัดเลือกการรับรู้ (คือความสามารถในการจำแนก (Differentiate) สิ่งเร้า และควบคุมให้สนใจต่อส่วนที่เห็นว่าสำคัญ)

2) การตอบสนอง หมายถึง การเข้าไปผูกพัน หรือมีส่วนร่วมในปรากฏการณ์ และกิจกรรมการเรียนรู้นั้นทำให้ได้รับความพอใจ พฤติกรรมนี้จำแนกได้เป็น 3 พฤติกรรมย่อยคือ การยินยอมตอบสนอง (หมายถึง การยอมตาม) การเต็มใจตอบสนอง (หมายถึง การตอบสนองด้วยความยินดี)และ การพึงพอใจในการตอบสนอง (หมายถึงการตอบสนองในรูปที่มีความพึงพอใจป็นอยู่ด้วย)

3) การสร้างคุณค่า หมายถึงการสร้างคุณค่าเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง หรือพฤติกรรมใดพฤติกรรมหนึ่ง พฤติกรรมนี้จำแนกเป็น 3 พฤติกรรมย่อย คือ การยอมรับคุณค่า (หมายถึง การยอมรับในคุณค่าของสิ่งใดสิ่งหนึ่งปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง หรือพฤติกรรมใดพฤติกรรมหนึ่ง) การนิยมในคุณค่า (หมายถึง การที่มีความชมชอบในคุณค่านั้นอย่างเด่นชัด)และการผูกพันในคุณค่า (เป็นความเชื่อถือที่มีความแน่นอนสูงจนมีความผูกพัน)

4) การจัดระบบคุณค่า หมายถึง การนำเอาคุณค่ามาจัดให้เป็นระบบ เช่น จัดเป็นพวกหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าต่างๆ และจัดลำดับของคุณค่า พฤติกรรมนี้จำแนกเป็น 2 พฤติกรรมย่อย คือ การสร้างมโนทัศน์ของคุณค่า (หมายถึง การมองเห็นความสัมพันธ์ของคุณค่ากับสิ่งที่ตนยึดถือหรือจะยึดถือ) การจัดระบบคุณค่า หมายถึง การนำเอาคุณค่ามาจัดเป็นระบบ การที่ผู้เรียนรวบรวม คัดเลือก และจัดหมวดหมู่ของคติสอนใจ จัดอยู่ในพฤติกรรมนี้

5) การสร้างลักษณะนิสัย ในขั้นนี้จะปลูกฝังระบบคุณค่า หรือระบบค่านิยมภายในเป็น การถาวร ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมพฤติกรรมของแต่ละบุคคล พฤติกรรมนี้จำแนกเป็น 2 พฤติกรรมย่อย คือ การมีหลักยึดในการตัดสินใจหรือพิจารณาสิ่งต่างๆ (หมายถึง การทบทวนและปรับปรุงแผนพฤติกรรมหรือวิธีการต่างๆ เพื่อทำให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น) และการแสดงลักษณะนิสัย เป็นขั้นสูงสุดซึ่งจะรวมเอาทุกสิ่งทุกอย่างที่ได้จัดระบบไว้แล้วมาเป็นลักษณะนิสัยที่สมบูรณ์ เช่น มีปรัชญาในการดำเนินชีวิตที่มั่นคง มีhiriโอตัมปะ ฯลฯ)

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ในขั้นการทดลองใช้หลักสูตรผู้วิจัยวัดและประเมินผล การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านทักษะพิสัย โดยวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.2 เจตคติทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้นประกอบด้วย วิธีการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการที่ใช้แสวงหาความรู้ที่ต้องอาศัยองค์ประกอบทั้งสองดังที่กล่าวมาแล้ว เจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้นต่างจากเจตคติโดยทั่วไปที่เป็นความรู้สึกของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง แต่เจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่กำหนดการแสดงพฤติกรรมของนักวิทยาศาสตร์ในกระบวนการแสวงหาความรู้ ผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้นจะมีลักษณะชอบค้นคว้าหาหลักความจริง รู้จักเหตุผล เป็นผู้มีใจกว้าง ยอมรับผลงานหรือรับฟัง

ความคิดเห็นของผู้อื่น ไม่รีบด่วนตัดสินใจหรือลงข้อสรุปเร็วเกินไป และไม่มุงมายกับการเชื่อถือ โศกลางหรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ใดๆ (คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตอบุกรณ์การสอน วิทยาศาสตร์. 2525)

จากรายงานของสาขาวิจัยและประเมินผล สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2538 : 1-3) สรุปว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นความคิดเห็นหรือท่าทีที่แสดงต่อเนื้อหาวิชา และกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เกิดงาน การใช้ความรู้ และส่วนที่เกิดจากความรู้สึก

ทบวงมหาวิทยาลัย (คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตอบุกรณ์การสอน วิทยาศาสตร์. 2525 : 4) กล่าวว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ได้กระทำเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ ผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้นจะมีลักษณะชอบค้นคว้าหาหลักความจริง รู้จักเหตุผล เป็นผู้ที่มีความกว้างขวาง ยอมรับผลงานหรือรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ไม่รีบด่วนตัดสินใจหรือลงข้อสรุปเร็วเกินไป และไม่มุงมายกับการเชื่อถือ โศกลางหรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ใด ๆ

จากความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ได้กล่าวมาแล้ว สรุปได้ว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์ คือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านคุณลักษณะนิสัยของบุคคลที่เอื้อต่อการแสวงหาความรู้

4.2.1 คุณลักษณะสำคัญของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงคุณลักษณะสำคัญและพฤติกรรม บ่งบอกถึงบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

ทบวงมหาวิทยาลัย (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525 : 4-6) กล่าวว่าบุคคลที่มีคุณลักษณะและพฤติกรรมต่อไปนี้ เป็นบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์คือ

1) มีเหตุผล

1.1) เชื่อในความสำคัญของเหตุผล

1.2) ไม่เชื่อโศกลาง คำทำนาย หรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่างๆ ที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้

1.3) แสวงหาสาเหตุของเหตุการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ของสาเหตุนั้นกับผลที่เกิดขึ้น

1.4) ต้องการที่จะรู้ว่าปรากฏการณ์ต่างๆนั้นเป็นอย่างไร และทำไมยังเป็นอย่างนั้น

2) มีความอยากรู้อยากเห็น

2.1) มีความพยายามที่จะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์ใหม่ๆ ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้ด้วยความรู้ที่มีอยู่เดิม

2.2) ตระหนักถึงความสำคัญของการแสวงหาข้อมูลเพิ่มเติม

แบบยิ่งขึ้น

2.3) ช่างซัก ช่างถาม ช่างอ่านเพื่อให้ได้คำตอบเป็นความรู้ที่สมบูรณ์

ปัญหาสำคัญในชีวิตประจำวัน

2.4) ให้ความสนใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่กำลังเป็น

3) มีใจกว้าง

เหตุผลและข้อเท็จจริง

3.1) ยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์ และยินดีให้มีการพิสูจน์ตาม

3.2) เต็มใจที่จะรับรู้ความคิดเห็นใหม่ๆ

3.3) เต็มใจที่จะเผยแพร่ความรู้และความคิดเห็นแก่ผู้อื่น

3.4) ตระหนักและยอมรับข้อจำกัดของความรู้ที่ค้นพบในปัจจุบัน

4) มีความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง

อคติ

4.1) สังเกตและบันทึกผลต่างๆ โดยปราศจากความลำเอียงหรือ

ข้องกับการตีความหมายผลงานต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์

4.2) ไม่นำสภาพทางสังคม เศรษฐกิจ และการเมือง มาเกี่ยว

ตัดสินสิ่งใดๆ

4.3) ไม่ยอมให้ความชอบหรือไม่ชอบส่วนตัวมามีอิทธิพลเหนือการ

4.4) มีความมั่นคง หนักแน่น ต่อผลที่ได้จากการพิสูจน์

4.5) เป็นผู้ซื่อตรง อุดหนุน ยุติธรรม และละเอียดรอบคอบ

5) มีความเพียรพยายาม

5.1) ทำกิจการงานที่ได้รับมอบหมายอย่างสมบูรณ์

5.2) ไม่ท้อถอย เมื่อการทดลองมีอุปสรรคหรือล้มเหลว

5.3) มีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการเสาะแสวงหาความรู้

6) มีความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ

6.1) ใช้วิจารณ์ญาณก่อนที่จะตัดสินใจใดๆ

พิสูจน์ที่เชื่อถือได้

6.2) ไม่ยอมรับสิ่งหนึ่งสิ่งใดว่าเป็นความจริงทันที ถ้ายังไม่มีการ

6.3) หลีกเลี่ยงการตัดสินใจและการสรุปที่รวดเร็วเกินไป

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2526 : 31-34) ได้กำหนดเจตคติทาง วิทยาศาสตร์ไว้ 6 ด้านคือ การใคร่ครวญไตร่ตรองการมีขอบเขตในการใช้ข้อตัดสิน การยึดถือใน ประจักษ์พยาน ความซื่อตรง ความเป็นปรนัยและความเต็มใจที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดเห็น และระบุนขอบข่ายของพฤติกรรมที่แสดงถึงเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้านไว้ดังต่อไปนี้

1) การใคร่ครวญไตร่ตรอง พฤติกรรมที่สังเกตได้ ได้แก่

1.1) มองหาความไม่สอดคล้องกันระหว่างข้ออธิบายปลีกย่อยกับ

บทสรุป

1.2) สืบสวนหาข้อเท็จจริงจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้หลายๆแหล่ง

1.3) ใช้หลักฐานข้อมูลที่ได้จากการทดลองหรือจากการปฏิบัติการ

มาสนับสนุนหรือคัดค้านข้ออธิบายต่างๆ

1.4) ใช้คำถามที่มีลักษณะเสาะหาข้อเท็จจริงและเหตุผล ประเภท
ที่เริ่มต้นด้วย อะไร ที่ไหน ทำไม เมื่อไร และอย่างไร

1.5) มีความพอใจที่จะขอทบทวนความถูกต้องของข้ออธิบาย
ที่หย่อนด้วยหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุน

2) การมีขอบเขตในการใช้ข้อตัดสิน พฤติกรรมที่สังเกตได้ ได้แก่

2.1) สรุปความเท่าที่มีหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุน

2.2) รวบรวมข้อมูลให้ได้มากพอก่อนที่จะลงข้อยุติ

2.3) ยอมรับสภาพของข้อยุติต่างๆว่าเป็นเรื่องชั่วคราว

อาจไม่ถูกต้องตลอดไป

2.4) ทบทวน ตรวจสอบข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ก่อนลงข้อยุติ

3) การยึดถือในประจักษ์พยาน พฤติกรรมที่สังเกตได้ ได้แก่

3.1) ใช้หลักฐานข้อมูลจากการทดลองหรือจากการปฏิบัติการ

มาสนับสนุนหรือคัดค้านข้ออธิบายต่าง ๆ

3.2) รวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่างๆ ให้มากพอ ก่อนที่จะหาข้อยุติ

3.3) ใช้คำอธิบายที่เหมาะสมและตรงตามข้อเท็จจริง

3.4) ไม่ใช้หรือกล่าวข้อความใดๆ ที่ขาดประจักษ์พยานหรือ

หลักฐานสนับสนุน

3.5) ใช้ข้อมูลภาคสนามหรือข้อมูลจากการทดลองมาสนับสนุน

คำกล่าวอ้างต่างๆ

4) ความซื่อตรง พฤติกรรมที่สังเกตได้ ได้แก่

4.1) รายงานการสังเกตหรือผลการทดลองอย่างตรงไปตรงมา

4.2) แสดงกิตติกรรมประกาศในผลงานของบุคคลอื่นที่นำมาใช้หรือ

อ้างอิง

4.3) พิจารณาข้อมูลที่มีอยู่หรือที่ได้มาในหลายแง่หลายมุม ก่อนที่

จะสรุปความหรือลงข้อยุติ

5) ความเป็นปรนัย พฤติกรรมที่สังเกตได้ ได้แก่

5.1) พิจารณาข้อมูลและหลักฐานทั้งหลายที่มีอยู่หรือที่ได้มา

โดยปราศจากอคติ

5.2) รายงานการสังเกตหรือผลการทดลองอย่างตรงไปตรงมา

5.3) รับพิจารณาความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะของบุคคลอื่น

ด้วยใจเป็นธรรม

5.4) มองปัญหาได้หลายแง่หลายมุม และหาทางออกได้หลายๆทาง

5.5) ประเมินสถานการณ์ต่าง ๆ จากข้อมูลรอบด้าน ทั้งที่เป็น

ข้อมูลสนับสนุนหรือข้อมูลคัดค้าน

6) ความเต็มใจที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดเห็น พฤติกรรมที่สังเกตได้

ได้แก่

6.1) ยอมรับสภาพของข้อยุติต่างๆ ว่าเป็นเรื่องชั่วคราว อาจไม่

ถูกต้องเสมอไป

6.2) ยอมรับว่าไม่มีข้อมูลที่จัดว่าเป็นความรู้ใด ๆ ที่มีความ

สมบูรณ์แบบ

6.3) รับพิจารณาความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะของบุคคลอื่น

ด้วยใจเป็นธรรม

6.4) ยอมรับพิจารณาประจักษ์พยานต่าง ๆ ที่ไม่สอดคล้องกับ

สมมติฐานที่กำหนดไว้

6.5) ยอมเปลี่ยนแปลงสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้ด้วยความเต็มใจ

โดยยึดข้อมูลภาคสนามหรือข้อมูลจากการทดลองเป็นหลัก

4.2.2 แนวทางในการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ในหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) มีการกำหนดจุดประสงค์ข้อหนึ่งว่า “เพื่อให้เกิดเจตคติที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์” ดังนั้นจึงถือเป็นหน้าที่โดยตรงของครูวิทยาศาสตร์ที่จะต้องพยายามปลูกฝังให้นักเรียนเป็นผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนมีแนวทางที่นักการศึกษาได้เสนอไว้ดังนี้

คาปิเออร์และไรลีย์ (Kapier and Riley. 1985 : 181-186 ; ดิเรก ฤกษ์ห่วย. 2522 : 91) ได้เสนอแนะวิธีการที่ครูสามารถใช้เพื่อพัฒนานักเรียนให้เกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) ก่อนจะพัฒนาทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ให้แก่ผู้เรียน ครูควรได้วิเคราะห์ก่อนว่าทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์อะไรบ้างที่จะพัฒนาให้แก่ผู้เรียน

2) ควรจะให้นักเรียนได้ทราบและทำความเข้าใจถึงความหมายของทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์แต่ละลักษณะให้แจ่มชัดเสียก่อน

3) เปิดโอกาสให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการเรียนรู้อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน โดยครูอาจสร้างสถานการณ์ที่ให้นักเรียนมีโอกาสใช้กระบวนการปัญหา ซึ่งได้แก่ เข้าใจปัญหาและกำหนดตัวปัญหาได้ วิเคราะห์ปัญหาให้ชัดเจน ตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง รวบรวมข้อมูล จัดกระทำและตีความหมายจากข้อมูล ลงข้อสรุปและรายงานผลให้ผู้อื่นทราบ

ในขณะที่ให้นักเรียนฝึกใช้กระบวนการแก้ปัญหาดังกล่าว ครูควรจะทำให้ให้นักเรียนเห็นลักษณะของทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ที่สามารถพัฒนาให้เกิดขึ้นได้ในตัวนักเรียนขณะทำกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหานั้น

4) ครูอาจเสนอแนะแบบอย่างของผู้ที่มีทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ ที่นักเรียนอาจศึกษาเป็นตัวอย่างได้ เช่น ครู พ่อแม่ เพื่อน นักเรียน นักวิทยาศาสตร์ ฯลฯ

5)* เปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับอิสระเต็มที่ในการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนจะได้ฝึกใช้ความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ อันจะเป็นผลด้านทัศนคติแก่ตัวนักเรียน

6) ในการสอนแต่ละครั้ง ครูควรจะมีมุ่งเน้นที่การพัฒนาทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียนทีละลักษณะ

7) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานกลุ่มเพื่อจะได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่มและเป็นการกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ในบางลักษณะ

8) เปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการฝึกปฏิบัติจริง หรือได้พบสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่เป็นจริง

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525 : 6-7 ; สุนันท์ สังข์อ่อง. 2525 : 37) ได้เสนอแนวทางในการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์เพื่อการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยเน้นวิธีการเรียนรู้จากการทดลองให้นักเรียนมีโอกาสใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไปได้ในเวลาเดียวกัน

2) การมอบหมายให้ทำกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะทุกการทดลองควรให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่น ฟังความคิดเห็นของผู้อื่นฝึกความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และในขณะที่นักเรียนทำการทดลองนั้น ครูต้องคอยดูแลหรือให้ความช่วยเหลือบางอย่าง และจะได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะนั้นด้วย

3) การใช้คำถาม หรือการสร้างสถานการณ์เป็นการช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้ดี

4) ในขณะทำการสอนควรนำหลักจิตวิทยาการศึกษามาใช้ในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้เด็กได้ฝึกประสบการณ์หลายๆ ด้าน หรือฝึกประสาทสัมผัสหลายๆ ทาง ได้แก่ กิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหว สถานการณ์ที่แปลกใหม่เพื่อเร้าใจให้นักเรียนอยากรู้ อยากเห็น การให้ความเอาใจใส่ของครู ฯลฯ เหล่านี้จะเป็นหลักสำคัญส่วนหนึ่งต่อการพัฒนาเจตคติได้

5) ในการสอนแต่ละครั้งพยายามสอดแทรกลักษณะของเจตคติแต่ละลักษณะตามความเหมาะสมของเนื้อหาบทเรียน และวัยของนักเรียนกับให้มีการพัฒนาลักษณะเจตคตินั้นๆ ด้วย

6) นำตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันซึ่งเป็นปัญหาสังคม เช่น ปัญหาการจราจรติดขัดในกรุงเทพฯ แล้วให้นักเรียนช่วยกันคิดเพื่อหาทางแก้ปัญหาดังกล่าวจากการตั้งข้อสังเกตของนักเรียนเองหรือนักเรียนอาจจะประมวลจากการประกาศของทางราชการ หรือจากสื่อมวลชนก็ได้ เพื่อฝึกแนวคิดของนักเรียน ครูควรเสนอกระบวนการแก้ปัญหา ได้แก่ กำหนดตัวปัญหาดังสมมติฐานหลายๆ ข้อเพื่อหาคำตอบ ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล จัดกระทำและตีความหมายจากข้อมูล และสรุป

หลังจากได้มีการสรุปเรื่องนี้แล้ว ครูควรอธิบายเพื่อชี้ให้นักเรียนเห็นว่าทุกขั้นตอนจะมีลักษณะของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถนำไปพัฒนากับตนเองได้

7) เสนอแนะแบบอย่างของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนอาจศึกษาหรือเลียนแบบอย่างได้ เช่น นักวิทยาศาสตร์ ครู บิดา มารดา เพื่อนนักเรียน ฯลฯ เป็นต้น จากข้อเสนอนี้ในการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนจะพบว่าครูควรจัดสถานการณ์ให้นักเรียนมีโอกาใช้กระบวนการแก้ปัญหาโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานกลุ่มและมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม ทั้งการปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์ควรพัฒนาไปที่ละด้าน ซึ่งหลักสูตรวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ ได้นำแนวทางในการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวนี้ไปใช้เพื่อพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลองใช้หลักสูตรเช่นกัน

4.2.3 การวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

พัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย ตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาจนกระทั่งถึง พ.ศ.2520 ไม่ปรากฏหลักฐานเกี่ยวกับการวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตาม มีคำว่า“ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์” ปรากฏในจุดประสงค์ของหลักสูตรพุทธศักราช

2503 และได้เปลี่ยนจากคำว่า “ทัศนคติ” มาเป็นคำว่า “เจตคติ” ในหลักสูตรพุทธศักราช 2520 (พนัส วิมุกตายน. 2521) ซึ่งในการวัดนั้นอาจกระทำการวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ทุกด้านเช่น ในงานวิจัยของ ฌ็องรูฟงซ์ เจริญพิทย์ (2524 : 31-32) ได้ใช้โครงสร้างของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งกำหนดโดย คอสโลว์ และเนย์ (Kozlow and Nay) แห่งมหาวิทยาลัยโอไฮโอสเตท สหรัฐอเมริกา ซึ่งครอบคลุมคุณลักษณะต่าง ๆ 6 ประการ ด้วยกันคือ การใคร่ครวญไตร่ตรอง (Critical mindedness) การมีขอบเขตในการใช้ข้อตัดสิน (Suspended judgement) การยึดถือในประจักษ์พยาน (Respect for evidence) ความซื่อตรง (Honesty) ความเป็นปรนัย (Objectivity) และความเต็มใจที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดเห็น (Willingness to change opinions)

ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2521 และ 2524 มีการกำหนดจุดประสงค์ที่ตรงกันข้อหนึ่งว่า เพื่อให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากจุดประสงค์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าต้องมีการปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในนักเรียน การที่จะทราบว่านักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์หรือไม่นั้นจำเป็นต้องมีการวัดผล แต่เจตคติเป็นลักษณะหนึ่งของคุณลักษณะด้านความรู้สึก ดังนั้นวิธีการทดลองจนเครื่องมือวัดจึงอาจแตกต่างจากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือการวัดด้านอื่นๆ ในการวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้น มีรูปแบบต่างๆ หลายวิธี (เอนก เพียรอนุกุลบุตร. 2524 : 113) ได้แก่

1) การถามโดยตรง เป็นวิธีที่ง่ายและตรงที่สุดมีข้อเสียคือผู้ถามอาจไม่ได้รับคำตอบหรือผู้ตอบอาจบิดเบือนคำตอบ เพราะเกิดความเกรงกลัวต่อการแสดงความคิดเห็นวิธีแก้ทำได้โดยการสร้างบรรยากาศให้ผู้ตอบรู้สึกเป็นอิสระและให้ผู้ตอบแน่ใจว่าคำตอบของเขาเป็นความลับ

2) การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่มีในขณะนั้น แต่มีผู้โต้แย้งว่าพฤติกรรมของคนไม่อาจแสดงถึงเจตคติได้

3) การสร้างแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นการสร้างข้อความที่เป็นข้อคิดเห็นต่อสิ่งเร้าที่ต้องการวัดเจตคติ มาตราวัดเจตคติที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ในการศึกษาและวิจัยมาตราหนึ่ง คือ มาตราวัดเจตคติของ ลิเคิร์ท ผู้สร้างคือ เรนีส ลิเคิร์ท (Rensis Likert) มาตราวัดประกอบด้วย ข้อความที่เป็นความรู้สึกเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหลาย ๆ ข้อความ มีทั้งข้อความทั้งด้านบวกและลบ เมื่อผู้ตอบอ่านข้อความนั้นแล้วให้ถือว่าตนมีความรู้สึกตรงกับข้อความระบุหรือไม่ และอยู่ในระดับใด หลักในการสร้างมาตราวัดเจตคติของลิเคิร์ทโดยสรุปคือ

3.1 จัดช่วงความเห็นออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เห็นด้วยกับส่วนที่ไม่เห็นด้วย

- ส่วนที่เห็นด้วย แบ่งเป็น	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
	เห็นด้วย
- ส่วนที่ไม่เห็นด้วย แบ่งเป็น	ไม่เห็นด้วย
	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

3.2) กำหนดช่วงกลางระหว่างเห็นด้วยอย่างยิ่งกับไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งเพิ่มขึ้นเป็น 5 ช่วง

เห็นด้วยอย่างยิ่ง | เห็นด้วย | ไม่แน่ใจ | ไม่เห็นด้วย | ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

3.3) การแสดงความคิดเห็น ใช้วิธีการให้น้ำหนัก (Weight) ตามความเหมาะสมและกำหนดคะแนนในแต่ละช่วงเป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 หรือ 4, 3, 2, 1 และ 0 ตามลำดับ

4) สร้างแบบทดสอบสถานการณ์ คือ การจัดสภาพการณ์ที่คล้ายกันหรือเลียนแบบสถานการณ์ในชีวิตจริง เพื่อให้ผู้เข้าสอบได้สัมผัสกับสถานการณ์เหล่านั้น แล้วแสดงพฤติกรรมต่างๆ ออกมาตามจุดประสงค์ ที่ผู้จัดสภาพได้วางแผนไว้ ผู้จัดสภาพการณ์คือผู้จัดสอบเป็นผู้คอยสังเกต บันทึก และวัดเป้าหมายของแบบทดสอบสถานการณ์คือประเมินทางอารมณ์ สังคม เจตคติ และบุคลิกภาพด้านต่างๆ ไม่ใช้การประเมินด้านสติปัญญาหรือด้านความรู้ (Anastasi. 1968 : 171)

4.1) แนวทางในการสร้างแบบทดสอบสถานการณ์ด้านวิชาชีพ

4.1.1) สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น ควรเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้จริงกับบุคคลหรือกลุ่มตัวอย่างนั้น

4.1.2) ความเข้มหรือความรุนแรงของสถานการณ์ ควรอยู่ในระดับกลางไม่สร้างความเครียดให้ผู้ตอบมากเกินไป

4.1.3) ข้อมูลหรือสาระที่กำหนดให้จะต้องเพียงพอกับการตัดสินใจในทิศทางจุดประสงค์ในการวัด

4.2) คำถามที่ใช้มี 2 ลักษณะคือ

4.2.1) คำถามที่นักเรียนประเมินสถานการณ์คือ พิจารณาตัดสินว่าควร-ไม่ควร ดี-ไม่ดี เหมาะสม-ไม่เหมาะสม ใช้ได้-ใช้ไม่ได้ ถูกต้อง-ไม่ถูกต้อง และรวมถึงกรณีที่ไม่สามารถตัดสินใจได้

4.2.2) เป็นคำถามที่ระบุแนวทางปฏิบัติ ถ้าเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องเกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้นจะอย่างไร

4.2.4 หลักเกณฑ์ในการสร้างแบบวัดเจตคติ

ขั้นตอนการสร้างแบบวัดเจตคติของบีเคอร์ท สรุปได้ดังนี้

1) พิจารณาว่าจะวัดเจตคติของใครที่มีต่ออะไร และให้ความหมายของเจตคติและสิ่งที่วัดให้แน่นอน

2) เมื่อตีความสิ่งที่วัดแน่นอนแล้วก็สร้างข้อความในแต่ละข้อนั้น ๆ โดยให้กลุ่มเนื้อหาในหัวข้อเหล่านั้น และในขณะเดียวกันก็ให้พิจารณาว่าข้อความเหล่านั้นเป็นข้อความที่ถามเกี่ยวกับความรู้สึกหรือความเชื่อของผู้ตอบ สำหรับหลักในการสร้างข้อความนั้นได้กล่าวไว้ดังนี้

2.1) จะต้องมีทั้งข้อความที่เป็นนิมาน (Positive) และนิเสธ (Negative) ละครึ่งไป

2.2) ข้อความควรเขียนในแง่ความรู้สึก ความเชื่อ หรือความตั้งใจที่จะทำสิ่งหนึ่งสิ่งใด ไม่ใช่เป็นข้อเท็จจริง

2.3) แต่ละข้อความจะต้องสั้น เข้าใจง่าย และชัดเจน

3) นำแบบวัดเจตคติที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับกลุ่มบุคคลที่มีลักษณะพื้นฐานคล้าย ๆ กันกับกลุ่มที่จะศึกษา เพื่อปรับปรุงข้อความและเลือกข้อความ ทำได้โดยหาค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำและควรเลือกข้อความที่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มสูงกับกลุ่มต่ำ โดยมีคะแนนทดสอบที่เท่ากับหรือมากกว่า 1.75 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกว่าคะแนนของข้อความนั้น ในกลุ่มคะแนนสูงและกลุ่มคะแนนต่ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หรืออาจทำได้โดยใช้วิธีหาความสัมพันธ์ของคะแนนในแต่ละข้อความระหว่างกลุ่มคะแนนสูงและกลุ่มคะแนนต่ำ และเลือกข้อที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงไว้ ทั้งสองวิธีนี้ให้ผลคล้ายคลึงกัน

สำหรับการวัดเจตคติโดยการสร้างข้อความนั้นมีหลักเกณฑ์ที่ควรคำนึงในการสร้างข้อความวัดเจตคติ (สุนันท์ สังข์อ่อง. 2525 : 221) ไว้ดังนี้

- 1) ควรหลีกเลี่ยงสิ่งที่เป็นข้อเท็จจริง
- 2) ควรหลีกเลี่ยงสิ่งที่เกี่ยวกับอดีต
- 3) ไม่ควรใช้ข้อความที่สามารถตีความได้หลายแง่หลายมุม
- 4) ไม่ควรใช้ข้อความที่ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องการจะวัด
- 5) ไม่ควรใช้ข้อความที่ผู้ตอบสามารถตอบได้หรือเลือกตอบได้เหมือนกันหมดหรือตอบไม่ได้เลย

6) ควรเลือกข้อความที่เป็นตัวแทน หรือครอบคลุมความรู้สึก ความเชื่อ และความพยายามที่จะทำสิ่งหนึ่งสิ่งใด

7) ภาษาที่ใช้ต้องชัดเจน ง่าย และไม่อ้อมค้อม

8) ถ้อยคำกระชับรัด ใช้คำไม่เกิน 20 คำ

9) ข้อความหนึ่งควรมีความคิดเดียวและเป็นประโยคเดียว

10) ไม่ควรใช้คำว่า ทั้งหมด ทัวไป ไม่มีเลย

11) การใช้คำว่า เท่านั้น ควรใช้อย่างระมัดระวังที่สุด

12) ไม่ควรใช้ประโยคที่เป็นปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ

13) ควรประกอบด้วยข้อความที่เป็นทั้งด้านบวกและด้านลบ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้น มีทั้งที่สามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมภายนอก และที่สังเกตไม่ได้ เพราะเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นภายในตัวนักเรียนแต่สามารถรู้ได้จากการถาม ทั้งทางตรงและทางอ้อมเช่น ความรู้สึก ถามความรู้และประสบการณ์ถามค่านิยม ที่แต่ละบุคคลมีหรือยึดถือ เป็นต้น

คาริน และซันด์ (Carin and Sund. 1980 : 45-46) ได้เสนอวิธีการวัดผู้มีพฤติกรรมด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

ประเภทของพฤติกรรมด้านเจตคติทาง วิทยาศาสตร์

วิธีการวัด

1. พฤติกรรมที่สังเกตได้

1.1 ทางวาจา

1.2 ทางภาษาท่าทาง

2. พฤติกรรมที่สังเกตไม่ได้

1. สังเกตโดยใช้แบบสังเกตทั่วไป

2. แบบสังเกตที่เป็น Rating scale

1. แบบประเมินตนเอง

2. จากการสัมภาษณ์

3. แบบสังเกตแบบ Rating scale

4. Semantical differential scales

จากรายละเอียดที่เกี่ยวกับเจตคติและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวแล้วข้างต้นจะเห็นได้ว่า เจตคติ เป็นคุณลักษณะทางด้านความรู้สึกอย่างหนึ่ง และเป็นตัวแปรที่มีองค์ประกอบที่สลับซับซ้อนมากมาย เป็นสภาพจิตหรืออารมณ์ ซึ่งไม่สามารถจะสังเกตเห็นได้โดยง่ายและสอบวัดโดยตรงได้ยาก การวัดเจตคติมีวิธีวัดอยู่หลายวิธีได้แก่การสัมภาษณ์ (Interview) การสังเกต (Observation) การรายงานตนเอง (Self-report) และการวัดทางสรีรภาพ (Physiological measurement) (ล้วน สายยศ. 2530 : 3-4) วิธีวัดเจตคติที่ตรงไปตรงมาและมักนิยมใช้ คือ การรายงานตนเอง (Self-report) (อุทุมพร ทองอุไทย. 2522 : 6) แบบรายงานตนเองที่นิยมสร้างเพื่อวัดเจตคติ มีแบบเทอร์สโตน แบบกัตแมน แบบออสกูต และแบบลิเคอร์ท์ (ล้วน สายยศ. 2528 : 42) ไม่ว่าจะเป็นการสร้างแบบใดสิ่งที่สำคัญและต้องคำนึงถึงมีอยู่ 3 ประการ คือ สิ่งเร้า (Attitude object) ช่วงการตอบสนอง (Response continua) และตัวบุคคลที่จะนำมาศึกษา (People) ซึ่งตัวบุคคลที่จะนำมาศึกษาถือว่าสำคัญที่สุด เนื่องจากตัวบุคคลร่วมมือ และตอบสนองสิ่งเร้าตามความเป็นจริง ผลการวัด

จึงจะเชื่อถือได้ โดยเฉพาะเจตคติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งหมายถึง คุณลักษณะทางด้านความรู้สึก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการมีพฤติกรรมเยี่ยงนักวิทยาศาสตร์ ในกระบวนการแสวงหาความรู้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการวัดเจตคติโดยการสร้างแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบทดสอบ สถานการณ์ ลักษณะข้อสอบที่สร้างเป็นสถานการณ์ ลักษณะข้อสอบที่สร้างเป็นสถานการณ์ สมมติ ซึ่งผูกเป็นเรื่องราวสั้นๆ ในแต่ละสถานการณ์ตามคำนิยามของเจตคติในแต่ละด้าน ทั้ง ด้านความมีเหตุผล ความอยากรู้อยากเห็นความมีใจกว้าง ความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง ความเพียรพยายาม และความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ โดยลักษณะคำถามเป็นคำถาม ปลายเปิดให้นักเรียนตอบตามความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อสถานการณ์นั้นๆ ลักษณะของคำถามเกี่ยวกับบทบาทสมมติ ที่สมมติว่าถ้านักเรียนอยู่ในเหตุการณ์นั้นจะปฏิบัติอย่างไร หรือมีความคิดเห็นและมีเหตุผลอย่างไร ในการกระทำหรือแสดงความคิดเห็นเช่นนั้น

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบ ถ้าผู้ตอบ ตอบได้ตรงตามพฤติกรรมที่แสดง ถึงเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้านใดด้านหนึ่ง จะได้คะแนน 1 คะแนน ถ้าตอบไม่ตรงตาม พฤติกรรมที่แสดงถึงเจตคติด้านนั้นๆ จะได้ 0 คะแนน แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาด้วยว่าคำตอบนั้น ตรงกับพฤติกรรมที่แสดงถึงเจตคติด้านใด เพื่อนำไปปรับปรุงในการสร้างแบบทดสอบวัดเจตคติ ทางวิทยาศาสตร์ด้านนั้นๆ ต่อไป

5. การวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านทักษะพิสัย

ทักษะพิสัย (Psychomotor domain) เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ความสามารถ ในการปฏิบัติงานอย่างคล่องแคล่ว ชำนิชำนาญและแสดงออกได้อย่างอัตโนมัติ

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ทักษะพิสัยจะประกอบด้วย ทักษะทางปัญญา (Intellectual skills) ซึ่งจะควบคุมการปฏิบัติการให้เป็นไปอย่างราบรื่นและถูกต้อง รวมทั้งช่วยให้การแก้ปัญหาเป็นไปได้อย่างเหมาะสม ทักษะปฏิบัติ (Manual skills) คือ ความสามารถในการลงมือกระทำ หรือปฏิบัติการทดลองเพื่อศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การทดลองต่างๆอย่างถูกต้องตามเทคนิควิธี เช่น การใช้อุปกรณ์ในการชั่ง ตวง วัด ทดสอบ ตรวจสอบ ฯลฯ

5.1 การจำแนกพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย

การจำแนกพฤติกรรมด้านนี้ มีหลายกลุ่มความคิด และจำแนกแตกต่างกัน ไปหลายลักษณะ ดังนี้

- 1) ทักษะในการเคลื่อนไหวทั้งร่างกาย ได้แก่ การเคลื่อนไหวอวัยวะส่วนบน การเคลื่อนไหวอวัยวะส่วนล่าง การเคลื่อนไหวอวัยวะทั้งสองส่วน
- 2) การเคลื่อนไหวที่ต้องใช้ประสาทรวมๆ กัน ได้แก่ การเคลื่อนไหวของมือ และนิ้ว การประสานระหว่างมือและตา การประสานระหว่างมือ ตา และเท้าและการเคลื่อนไหว อื่นๆ ของมือ เท้า ตาและหู

3) การสื่อสารโดยใช้ท่าทาง ได้แก่ การแสดงสีหน้า ท่าทาง การเคลื่อนไหวทั้งร่างกาย

4) พุทธิกรรมทางด้านภาษา ได้แก่ การออกเสียง การสร้างเสียงและคำ การแปลงเสียงและการประสานระหว่างเสียงและท่าทาง

กิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ก่อให้เกิดทักษะปฏิบัติคือการทำปฏิบัติการซึ่งนักเรียนจะได้รับการพัฒนาในด้านต่อไปนี้

1) การเข้าใจปัญหาและประเด็นที่จะศึกษาทดลอง ตลอดจนแนวทางในการหาคำตอบที่สอดคล้องกับปัญหาหรือสมมติฐานนั้น

2) การออกแบบการทดลอง การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา

3) การจัดเครื่องมือ และอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองและวิธีการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์หรือเครื่องมือเพื่อช่วยให้การทดลองดำเนินไปได้ตามเป้าหมาย

4) การปฏิบัติการทดลอง การสังเกต การวัดและบันทึกผลจากการทดลองเพื่อใช้ในการตอบปัญหาที่ตั้งไว้ก่อนการทดลอง

5) การวิเคราะห์ผลและแปลผลข้อมูล เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปและการตอบปัญหาที่ได้กำหนดไว้ก่อน จากการปฏิบัติการทดลองและข้อสรุปที่ได้นี้จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดใหม่ๆ เพิ่มขึ้น และจะเห็นได้ว่าการทำปฏิบัติการนอกจากจะพัฒนาในด้านทักษะปฏิบัติแล้วยังพัฒนาทักษะด้านอื่นๆ ด้วย

การวัดทักษะในการปฏิบัติการอาจทำได้ในรูปของการทดสอบภาคปฏิบัติที่นอกเหนือจากการเรียนการสอนตามปกติ โดยกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาให้ แล้วให้นักเรียนแก้ปัญหาด้วยตนเอง

สำหรับการประเมินจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ประเมินขณะทำการทดลอง ซึ่งจะเน้นการประเมินในด้านของการวางแผน และเทคนิคปฏิบัติการกับการประเมินในส่วนของการทำรายงานผลการทดลอง ซึ่งจะเน้นการประเมินในส่วนของการตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร วิธีทดลอง ผลการทดลอง การนำเสนอข้อมูล การแปลผลและสรุปผลการทดลอง รวมทั้งข้อคิดเห็นข้อเสนอแนะและการวิจารณ์ผลการทดลอง การวัดผลด้านการปฏิบัติการ แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

1) การวางแผนการทดลอง ประกอบด้วยกิจกรรมสำคัญ ดังนี้ วางแผนการทดลองก่อนการทดลองจริงให้เหมาะสมกับเวลาและบุคลากร ออกแบบการทดลอง กำหนดวิธีการและขั้นตอนการทดลองได้อย่างเหมาะสมในเวลาที่กำหนดให้และเลือกใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสม

2) การปฏิบัติการทดลอง สิ่งสำคัญเกี่ยวกับการปฏิบัติการทดลองมีดังนี้ ดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองอย่างถูกวิธีและเป็นขั้นตอนไม่สับสน ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างคล่องแคล่ว ปลอดภัยและถูกต้อง วัดค่าต่างๆ และอ่านค่าของการวัดได้

อย่างถูกต้อง ใช้เทคนิคและวิธีการทดลองที่เหมาะสม มีความมั่นใจในขณะปฏิบัติการ ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด ใช้พื้นที่ทดลองอย่างเหมาะสม มีการจัดวางอุปกรณ์อย่างเป็นระเบียบขณะทดลอง ทำความสะอาดเครื่องมือ และจัดเก็บอย่างถูกวิธี

3) การจัดทำรายงาน หลังจากทำปฏิบัติการเสร็จสิ้นแล้วจะต้องเขียนรายงานสิ่งที่ค้นพบและสื่อสารให้ผู้อื่นทราบ ซึ่งมีหัวข้อการเขียนรายงานดังนี้ ชื่อเรื่องที่ทำการทดลอง สมมติฐาน การกำหนดตัวแปร อุปกรณ์ สารเคมี วิธีการทดลอง ผลการทดลอง สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การวัดผลด้านปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ นับว่ามีความสำคัญเท่าเทียมกับด้านอื่นๆ แต่โดยปกติไม่มีการวัดผลด้านนี้ เนื่องจากในชั้นเรียนมีนักเรียนเป็นจำนวนมาก ไม่สามารถวัดผลเป็นรายบุคคลได้ ดังนั้นผู้วัดผลนักเรียนเป็นกลุ่มด้วยแบบสังเกต ครูอาจจะเลือกวัดเฉพาะบางทักษะที่สำคัญ แต่เมื่อประเมินผลต่อภาคเรียนแล้วควรจะครอบคลุมทักษะปฏิบัติที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์ได้ทั้งหมด

สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ ในขั้นตอนการทดลองใช้หลักสูตร ผู้วิจัยได้วัดผลทักษะปฏิบัติในกิจกรรมการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.2 ทักษะภาคปฏิบัติในกิจกรรมการทดลอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2534 : 1) ได้ให้ความหมายของทักษะภาคปฏิบัติได้ว่า “ทักษะภาคปฏิบัติหมายถึง ความชำนาญในการใช้เครื่องมือทดลองการหิยจับอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง มีเทคนิคในการทดลอง ทำการทดลองด้วยความคล่องแคล่วมีความละเอียดรอบคอบ และคำนึงถึงความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น”

ซันด์ และโทรวบริดจ์ (Sund and Trowbridge. 1967 : 86-107) กล่าวถึงทักษะในกิจกรรมการทดลองที่ควรพัฒนาและฝึกฝนได้แก่

- 1) ความเข้าใจในจุดประสงค์ของการทดลอง
- 2) การใช้เครื่องมือ
- 3) การวัดและการคำนวณ
- 4) การเขียนรายงานการทดลอง
- 5) การเก็บรวบรวมข้อมูลและจัดบันทึกข้อมูลได้อย่างถูกต้อง
- 6) ความเข้าใจในโครงสร้างและการอ่านกราฟ
- 7) การอธิบายปรากฏการณ์อย่างง่าย
- 8) การสาธิตการใช้เครื่องมืออย่างถูกวิธี
- 9) การทำความสะอาดและรักษาเครื่องมือ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2534 : 139-142) ได้เน้นความสำคัญของการทดลองว่าเป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะภาคปฏิบัติ และได้กำหนดทักษะปฏิบัติไว้ 29 ทักษะ ดังต่อไปนี้

ทักษะ 1 การใช้เทอร์โมมิเตอร์ หมายถึง การชั่งและการอ่านเทอร์โมมิเตอร์อย่างถูกวิธี คือกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ต้องสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการวัด ไม่สัมผัสกับด้านข้างและกันภาชนะขณะอ่านสายตาดังต้องอยู่ในระดับเดียวกันกับของเหลวในเทอร์โมมิเตอร์ และเมื่อใช้เสร็จแล้วเก็บเข้าที่

ทักษะ 2 การใช้ตาชั่ง หมายถึง ความสามารถที่จะใช้ตาชั่งอย่างถูกวิธีคือ ปรับศูนย์ก่อนใช้ ขณะชั่งน้ำหนักค่อย ๆ เลื่อนดัมมน้ำหนักจนตาชั่งสมดุล และอ่านค่าน้ำหนักได้ถูกต้อง

ทักษะ 3 การใช้ตาชั่งสปริง ในการใช้ตาชั่งสปริงน้ำหนักต้องใส่ตาชั่งอยู่ในแนวตั้งอ่านหน่วยน้ำหนักเป็นกรัมหรือนิวตัน ขณะอ่านตาชั่งต้องอยู่ในระดับเดียวกับปุ่มโลหะบอกค่าน้ำหนัก ถ้าต้องใช้ตาชั่งสปริงในแนวอื่น เพื่อเปรียบเทียบแรงดึงดูดทางทิศทางให้อยู่ในแนวเดียวกัน

ทักษะ 4 การใช้ตะเกียง หมายถึง ความสามารถในการใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์อย่างถูกวิธี คือ ก่อนใช้ต้องตรวจสอบสภาพก่อนทุกครั้ง ไม่จุดตะเกียงก่อนที่จะเตรียมสารให้พร้อมปรับไส้ให้สูงพอเหมาะ เตรียมกระป๋องทรายสำหรับทั้งก้านไม้ขีดไฟที่จุดแล้วเมื่อเลิกใช้ต้องดับตะเกียงทันทีโดยใช้ฝาครอบไม้ขีดปากเป่า

✓ทักษะ 5 การใช้ช้อนตักสาร หมายถึง การตวงสารให้ปริมาณถูกต้อง หรือตักสารแต่ละครั้งต้องปาดช้อนเพียงครั้งเดียว ไม่กดสารในช้อนก่อนปาด เมื่อตักแล้วทำความสะอาดช้อนและทำให้แห้งก่อนตักสารชนิดอื่น ไม่ตักสารในขณะที่ยังร้อน

ทักษะ 6 การใช้ไม้หนีบ หมายถึง ความสามารถที่จะใช้ไม้หนีบได้ถูกวิธี คือ หนีบที่ระยะประมาณ $1/3$ จากปากหลอดทดลอง เมื่อหนีบบีกเกอร์หรือถ้วยกระเบื้องต้องหนีบให้ลักษณะถือไม่ออกแรงกดไม้หนีบ ถ้าใช้กับขาตั้งเพื่อหนีบเทอร์โมมิเตอร์ต้องใช้เศษผ้ากระดาษชำระหุ้มเทอร์โมมิเตอร์ให้แน่นเสียก่อน

ทักษะ 7 การใช้หลอดฉีดยา หมายถึง การใช้หลอดฉีดยาอย่างถูกวิธี คือ จุ่มปลายหลอดทดลองในของเหลว กดก้านสูบให้ชิดกับกระบอกสูบเพื่อไล่ฟองอากาศ ดึงก้านสูบขึ้นเพื่อดูของเหลวขึ้นมาก่อนปริมาตรโดยใช้ตาอยู่ในระดับพอดีกับขีดบอกปริมาตร ถ้ามีฟองอากาศต้องกดก้านหลอดลงไปใหม่ ใช้เสร็จแล้วล้างให้สะอาด ทำให้แห้ง เมื่อใช้ดูของเหลวชนิดอื่นต้องล้างให้สะอาดก่อนทุกครั้ง

ทักษะ 8 การใช้หลอดทดลอง หมายถึง ความสามารถที่จะใช้หลอดหยดได้ถูกวิธีคือ ดูดของเหลวให้มีปริมาณใกล้เคียงกับที่ต้องการใช้ ค่อย ๆ บีบจุกยางเพื่อใช้ของเหลวหยดทีละหยดอย่างสม่ำเสมอ ล้างหลอดหยดให้สะอาดทันที สะบัดให้แห้ง ถ้าจะให้ดูสารชนิดต้องล้างให้สะอาดก่อนทุกครั้ง

ทักษะ 9 การใช้กรดและเบส หมายถึง การใช้กรด-เบสได้อย่างถูกต้องและปลอดภัยคือรินกรดหรือเบสใส่ในภาชนะที่สะอาดและแห้ง ขณะรินหันภาชนะที่ใส่กรด-เบส

ด้านที่มีป้ายฉลากขึ้นข้างบน ไม่วินน้ำลงในกรด ถ้ากรดหกรดร่างกายต้องรีบล้างด้วยน้ำมาก ๆ ทันที ถ้ากรดหกรดพื้น ให้ไปรดด้วยคัลเซียมคาร์บอเนต ถ้าเบสหกรดให้ล้างด้วยกรดอะซิติกเจือจางแล้วล้างด้วยน้ำมาก ๆ อีกครั้งหนึ่ง

ทักษะ 10 การใช้กระดาษทดสอบกรด-เบส หมายถึง ความสามารถที่จะรู้จักใช้กระดาษอินดิเคเตอร์ชนิดต่าง ๆ คือ มือที่หยิบต้องสะอาดปราศจากกรดและเบส หยิบที่ละแผ่นอย่าที่ปากหลอดโดยไม่ให้สัมผัสกับหลอด ถ้าจะทดสอบของเหลวให้วางกระดาษอินดิเคเตอร์บนถ้วยกระเบื้อง ใช้แท่งแก้วจุ่มของเหลวมาแตะ

ทักษะ 11 การใช้แว่นขยาย เมื่อต้องใช้แว่นขยายตรวจดูรายละเอียดของวัตถุ ให้ถือแว่นขยายให้ชิดกับตาข้างหนึ่ง ระวังการขูดขีด ใช้แล้วเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

ทักษะ 12 การใช้กล้องจุลทรรศน์อย่างง่าย หมายถึง ความสามารถในการใช้กล้องจุลทรรศน์ได้อย่างถูกวิธี คือ วางแผ่นสไลด์บนแท่นให้วัตถุที่ต้องการอยู่ตรงกับช่องบนแท่น กดทับให้แน่นด้วยที่หนีบทั้งสองข้างปรับกระจกเงาให้แสงสะท้อนมาที่วัตถุบนสไลด์ หมุนปุ่มตามเข็มนาฬิกาเพื่อปรับเลนส์ตาลงไปจนต่ำสุดเกือบถึงกระจกสไลด์ มองวัตถุผ่านเลนส์พร้อมทั้งค่อยๆ หมุนปุ่มทวนเข็มนาฬิกาเพื่อปรับระยะเลนส์ที่ละน้อยจนมองเห็นวัตถุชัดเจน ถ้ายังไม่เห็นภาพให้เลื่อนตำแหน่งสไลด์ปรับระยะใหม่อีกจนเห็นชัด

ทักษะ 13 การใช้กล้องโทรทัศน์อย่างง่าย หมายถึง ความสามารถในการใช้กล้องโทรทัศน์ได้อย่างถูกต้องวิธี คือ เลื่อนเลนส์ทั้ง 2 อัน ออกจากกัน จับรางกล้องตรงระยะกึ่งกลางของราง ยกขึ้นให้เลนส์อยู่ในระดับตา เมื่อมองวัตถุที่อยู่ไกลให้มองผ่านเลนส์ที่มีความยาวโฟกัสสั้น แล้วเลื่อนเลนส์ที่มีความยาวโฟกัสยาวไปมาจนเห็นภาพชัด ระหว่างการขูดขีดเลนส์ในการทำความสะดวกให้ใช้ผ้าสำลีเช็ดเลนส์

ทักษะ 14 การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า หมายถึง ความสามารถที่ตรวจความต่างศักย์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับความต่างศักย์ของวงจรไฟฟ้าก่อนที่จะต่อเข้าในวงจร เมื่อความต่างศักย์ของอุปกรณ์มีค่ามากกว่าไม่ต้องต่อ

ทักษะ 15 ทักษะการใช้หลอดไฟฟ้าพร้อมขั้ว หมายถึง ความสามารถที่จะใช้ปากหนีบจะเข้ หนีบปลายขั้วทั้งสองที่ยื่นออกมา ไม่หนีบเข้าไปจนชิดกับขั้วไฟฟ้า

ทักษะ 16 การใช้แบตเตอรี่ หมายถึง ความสามารถเรียงเซลล์ลงในกล่องเป็นแบบอนุกรม ตรวจสอบขั้วไฟฟ้า แผ่นตัวนำและสปริง และสามารถเสียบแผ่นตัวนำเพื่อตัดตอนตามจำนวนเซลล์ให้มีความต่างศักย์ตามที่ต้องการ

ทักษะ 17 การสังเกต หมายถึง ความสามารถที่จะตรวจรายละเอียดของสิ่งที่ต้องการสังเกต โดยใช้ประสาทสัมผัสครบทุกอย่างได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว แล้วบันทึกทันที

ทักษะ 18 การวัดความยาว-สูง หมายถึง ความสามารถที่จะใช้อุปกรณ์วัดความยาวความสูง ได้ถูกวิธี อ่านมาตราโดยตาตั้งฉากกับขีดบอกความยาวหรือความสูงนั้น

ทักษะ 19 การใช้และเก็บรักษาแม่เหล็กที่ใช้ทำไดนาโม หมายถึง การเก็บรักษาแม่เหล็กไม่ให้เสื่อมคุณภาพด้วยการให้ขั้วต่างชนิดกันประกอบกันไว้

ทักษะ 20 การดัดสาร หมายถึง ความสามารถในการดัดสารในหลอดทดลองหรือในบีกเกอร์อย่างถูกวิธี คือ ก่อนดัดเช็ดกันภาชนะให้แห้ง ถ้าดัดสารในหลอดที่อยู่กับที่ต้องใส่เศษหินหรือกระเบื้องก่อนดัด ถ้าจับด้วยไม้หนีบต้องสายหลุดไปมาช้า ๆ หนีปากหลุดไปทางด้านที่ไม่มีคนอยู่ เมื่อดัดในบีกเกอร์ใช้แท่งแก้วคนอย่างสม่ำเสมอ

ทักษะ 21 การคนสาร หมายถึง การใช้แท่งแก้วคนสารให้เข้ากันโดยไม่ให้แท่งแก้วกระทบกันและด้านข้างของภาชนะ ไม่แล้วล้างให้สะอาด เช็ดให้แห้งแล้วเก็บเข้าที่และไม่ใช้แท่งแก้วคนสารต่างชนิดกันโดยไม่ทำความสะอาดเสียก่อน

ทักษะ 22 การเขย่าหลอดทดลอง หมายถึง การเขย่าโดยใช้มือจับหลอดทดลองแล้วเขย่าให้ส่วนล่างของหลอดกระทบกับฝ่ามืออีกข้างหนึ่งเบา ๆ

ทักษะ 23 การรินสาร หมายถึง การรู้จักการรินของเหลวผ่านแท่งแก้วลงสู่ภาชนะโดยให้ปลายแท่งแก้วสัมผัสชิดขอบภาชนะที่รองรับ

ทักษะ 24 การดมสาร หมายถึง ความสามารถที่จะสังเกตกลิ่นของสารอย่างถูกวิธีคือ ไม่สูดดมสารโดยตรง แต่ใช้มือข้างหนึ่งถือภาชนะให้ปากภาชนะอยู่ในระดับต่ำกว่าและห่างจากจมูกเล็กน้อย แล้วใช้มืออีกข้างหนึ่งโบกกลิ่นไอของสารเข้าจมูกช้า ๆ

ทักษะ 25 การจับเวลา หมายถึง ความสามารถในการใช้นาฬิกาจับเวลาได้อย่างคล่องแคล่ว อ่านเวลาได้ถูกต้อง รวดเร็ว และให้สัญญาณระหว่างคนที่สังเกตปรากฏการณ์กับคนที่จับเวลา

ทักษะ 26 การทำเครื่องหมาย หมายถึง ความสามารถที่จะรู้จักทำเครื่องหมายบนหลอดทดลอง กลองพลาสติก เมื่อใช้หลาย ๆ ชิ้นในเวลาเดียวกัน

ทักษะ 27 การต่อและตรวจวงจรไฟฟ้า หมายถึง ความสามารถในการไล่ลำดับวงจรโดยเริ่มจากขั้วหนึ่งของแบตเตอรี่ไปยังอีกขั้วหนึ่งจนครบวงจร โดยไม่ต้องกลับและตรวจสอบดูขั้วไฟฟ้าทุกขั้วต้องเสียบอยู่แน่นสนิท

ทักษะ 28 การใช้ยาฆ่าเชื้อโรค หมายถึง ความสามารถที่จะใช้ยาฆ่าเชื้อโรคอย่างระมัดระวัง ไม่ให้ถูกผิวหนังหรือส่วนอื่น ๆ ของร่างกาย โดยใช้ปากคีบจับสำลีสับยาฆ่าเชื้อโรคกดทับข้างขวดไม่ให้หกเกินไป ปิดจุกขวดทันที ใช้สำลีเช็ดภาชนะที่ต้องการฆ่าเชื้อโรคเสร็จแล้วทิ้งสำลีในที่รับขยะ ไม่วางทิ้งไว้บนโต๊ะ ถ้ายากถูกส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายให้ล้างด้วยน้ำมาก ๆ ทันที

ทักษะ 29 การทำความสะอาดและเก็บรักษาเครื่องมือ หมายถึง ความสามารถที่จะทำความสะอาดอุปกรณ์ทุกชนิดเมื่อทำการทดลองเสร็จแล้วและเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

โดยสรุปแล้ว ทักษะภาคปฏิบัติในการทดลอง หมายถึง ความชำนาญ ความถูกต้อง ความคล่องแคล่วรวดเร็วในการใช้อุปกรณ์ และมีเทคนิคในการดำเนินการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย รวมทั้งการรายงานผลการทดลองอย่างมีประสิทธิภาพ

5.3 การวัดผลปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การวัดผล คือการวัดคุณลักษณะอื่นๆ ของบุคคลโดยใช้การทดสอบการสังเกต การจัดอันดับคุณภาพหรือใช้เครื่องมืออื่นๆ ที่จะได้รับผลออกมาเป็นจำนวนตัวเลข

วิธีการวัดผลปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งของการวัดผล การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นการทดสอบความสามารถของนักเรียนที่จะดำเนินการปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ โดยการนำอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองวางไว้ด้านหน้าของนักเรียน พร้อมกับปัญหาที่จะให้นักเรียนแก้ นักเรียนจะแก้ปัญหาพร้อมทั้งสาธิตการทดลองให้ดู ครูจะให้คะแนนเป็นขั้นตอนและให้คะแนนในขั้นสุดท้ายหรือจากคำอธิบาย หรือจากทั้งสองประการ การประเมินผลแบบนี้สามารถประเมินความสามารถในการหยิบจับอุปกรณ์ของนักเรียนแต่ก็เป็นการลำบากถ้าจะประเมินผลในกลุ่มใหญ่ๆ ทั้งนี้เพราะจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์จำนวนมาก

การประเมินผลโดยการใช้มาตราส่วนประเมินค่า (Rating scales) และแบบสำรวจรายการ (Check list) นั้น สสวท. (2537 : 62) ได้เสนอแนวปฏิบัติในการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

- 1) พิจารณาเนื้อหาว่าในแต่ละการทดลองมีทักษะอะไรบ้าง
- 2) จัดทำตารางซึ่งประกอบด้วยชนิดของทักษะในแต่ละการทดลอง รวมทั้งรายชื่อของนักเรียนที่ต้องประเมินผล ตารางควรมี 3 ประเภท เพื่อความสะดวกในการใช้ดังนี้
 - 2.1) ตารางซึ่งประกอบด้วยชื่อการทดลองและทักษะต่างๆ ที่ต้องการวัด
 - 2.2) ตารางชื่อใช้บันทึกทักษะต่างๆ ของนักเรียนแต่ละคนซึ่งจัดเฉพาะการทดลองหนึ่งๆ และครูจะนำไปในชั้นเรียน เช่น

ทักษะ	เทอร์โมมิเตอร์	การใช้ตาชั่ง	การใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์	อื่น ๆ
รายชื่อนักเรียน				
1				
2				
.				
.				
16				

1) เขียนรายชื่อนักเรียนที่ต้องการจัดวัดทักษะ ควรทำได้ประมาณ 16 คน เท่านั้น เพราะอยู่ในขอบเขตที่ครูจะสังเกตได้ชัด ส่วนนักเรียนที่เหลือให้ประเมินในการทดลองต่อไป ครูควรประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนทุกคน

2) เขียนทักษะสำหรับการทดลองนั้นลงในช่องทักษะ

3) แบบประเมินผลนั้น เมื่อครูสังเกตแล้วอาจจะเครื่องหมาย
สำหรับนักเรียนที่ปฏิบัติได้ถูกต้อง
สำหรับนักเรียนที่ควรได้รับการแก้ไขในทักษะนั้น ๆ

2.3) ตารางเรียน ซึ่งประกอบด้วยรายชื่อนักเรียนทั้งชั้น และทักษะทั้งหมดที่ต้องการประเมินผลตลอดครึ่งปีหรือตลอด 1 ปี

1) ใช้เปรียบเทียบว่านักเรียนคนใดควรจะได้ปรับปรุงทักษะอะไรบ้าง เพื่อครูจะได้วางแผนให้คำแนะนำเมื่อมีการสอนถัดไปได้ทันที

2) ครูจะพบอีกว่า นักเรียนคนใดทำการทดลองน้อยครั้งกว่าคนอื่น ๆ หรือไม่เคยทำการทดลองเลย ซึ่งจะได้แก้ไขทันที โดยกำหนดให้นักเรียนคนนั้นแลกเปลี่ยนหน้าที่กับสมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่ม

อนันต์ ศรีโสภา (2524 : 197-204) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้มาตราส่วนประเมินค่า (Rating scales) ว่า “มาตราส่วนประเมินค่าสามารถระบุสถานภาพและคุณภาพของสิ่งที่จะวัดได้ และเป็นการบันทึกและการรายงานผลการตัดสินใจของผู้สังเกตอย่างมีระดับ” และได้กล่าวถึงแบบสำรวจรายการ (Check list) ไว้ สรุปได้ว่าแบบสำรวจรายการประกอบด้วยรายการที่แสดงขั้นตอนของการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ หรือพฤติกรรมที่ผู้สอน บันทึกเมื่อมีพฤติกรรมนั้นเกิดขึ้น แบบสำรวจรายการมีประโยชน์ในการประเมินผลกระบวนการหรือวิธีการที่ได้แบ่งการกระทำหรือปฏิบัติการต่าง ๆ อย่างชัดเจน คุณค่าของแบบสำรวจรายการขึ้นอยู่กับทักษะและความระมัดระวังของผู้สร้างเครื่องมือ นอกจากนี้ การใช้แบบสำรวจรายการควรมีหลักในการพิจารณาดังนี้

1) ใช้เมื่อต้องการรู้ว่ามีนักเรียนได้กระทำพฤติกรรมเฉพาะที่กำหนดไว้หรือไม่

2) ลักษณะของการกระทำต่าง ๆ ต้องกำหนดไว้ชัดเจน

3) จะต้องสังเกตนักเรียนคนเดียวในแต่ละครั้ง

4) ครูที่จะสังเกตควรได้รับการฝึกว่าจะสังเกตอะไร สังเกตอย่างไร และบันทึกผลของการสังเกตอย่างไร

โดยสรุปแล้วการวัดผลปฏิบัติการวิชาวิทยาศาสตร์ มีความสำคัญยิ่งสำหรับครูผู้สอนซึ่งครูผู้สอนต้องจัดระบบในการวัดผลความก้าวหน้าด้านทักษะปฏิบัติให้เหมาะสม และต้องรู้จักเลือกหรือสร้างเครื่องมือวัดที่มีประสิทธิภาพ วัดได้ตรงกับจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน วัดทักษะที่สำคัญที่จะเป็นพื้นฐานในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและเทคโนโลยีชีวภาพ

1. ความหมายของวิทยาศาสตร์

“วิทยาศาสตร์” เป็นศัพท์บัญญัติแทนคำว่า “Science” ในภาษาอังกฤษ คำนี้เกิดขึ้นในภาษาไทยราวปี พ.ศ. 2459 คำว่า “Science” มีรากศัพท์มาจากภาษาละตินว่า “Scientia” หมายถึง ความรู้ ซึ่งความรู้นั้นได้มาโดยการสังเกตและการค้นคว้าจากการประจักษ์ธรรมชาติ (ราชบัณฑิตยสถาน. 2531 : 494) เป็นความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติและกระบวนการหาความรู้ (เย็นใจ เลหาวิช. 2529 : 5) ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาตินั้นได้สะสมไว้ และจัดระเบียบแล้ว และได้มาด้วยวิธีการเสาะแสวงหาต่างๆ อย่างไม่หยุดยั้ง โดยอาศัยการสังเกตหรือทดลองเป็นพื้นฐาน และความรู้นี้ได้จากประสบการณ์ ธรรมชาติ ความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์ มิใช่มีการสะสมความรู้ไว้เท่านั้น แต่รวมทั้งการใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์ และทัศนคติทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย

คาริน และซันด์ (Carin and Sund. 1970 : 13) ได้ให้นิยามของวิทยาศาสตร์ว่า “วิทยาศาสตร์” เป็นความจริงที่ได้ผ่านการทดสอบยืนยันมาแล้ว และได้สะสมอย่างมีระบบ รวมทั้งกระบวนการที่ใช้ในการค้นหาความรู้นั้นด้วย สอดคล้องกับธารง บัวศรี (2532 : 37) กล่าวว่า “วิทยาศาสตร์ แปลว่า ระบบความรู้ที่ได้มา การสังเกต การศึกษาการทดลอง เพื่อให้ได้ธรรมชาติของสิ่งที่เราต้องการจะรู้หรือเป็นระบบความรู้ที่เกี่ยวกับธรรมชาติของโลกและจักรวาล” เป็นความรู้ความเข้าใจของมนุษย์เองกับธรรมชาติรอบตัว ทั้งใกล้และไกลและการประยุกต์ความรู้ความเข้าใจนั้นเป็นประโยชน์ต่อมนุษยชาติ (ชัยวัฒน์ คุปตะกุล. 2532 : 22) นอกจากนี้ยังเป็นศาสตร์ที่เรียนเพื่อให้เข้าใจธรรมชาติ เรียนโดยการสังเกต ตั้งสมมติฐานและหาทางคิดค้น พิสูจน์สมมติฐานนั้น

ความหมายของวิทยาศาสตร์สรุปได้ 3 ประการดังนี้ (สุวัฒน์ นิยมคำ. 2531 : 110)

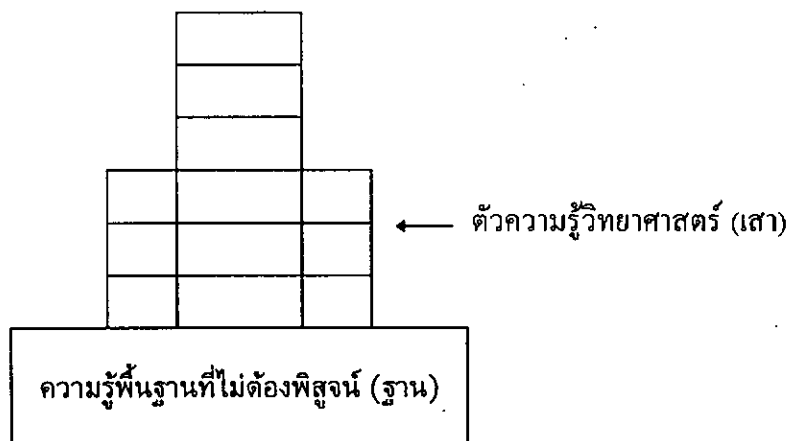
- 1) วิทยาศาสตร์ คือเนื้อหาของความรู้ที่เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับธรรมชาติและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้
- 2) วิทยาศาสตร์ คือเนื้อหาของความรู้ที่เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับธรรมชาติ ซึ่งจัดรวบรวมไว้อย่างเป็นระเบียบแบบแผน และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้
- 3) วิทยาศาสตร์ คือเนื้อหาของความรู้ที่เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับธรรมชาติ ซึ่งจัดไว้เป็นระเบียบแบบแผน และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสืบเสาะแสวงหาต่างๆ อย่างไม่หยุดยั้ง โดยอาศัยการสังเกตหรือทดลองเป็นพื้นฐาน

จากแนวคิดของบุคคลเหล่านี้ สรุปได้ว่า “วิทยาศาสตร์” หมายถึง เนื้อหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อมที่ได้ศึกษาค้นคว้า แล้วนำมารวบรวมไว้อย่างมีระบบ รวมทั้งกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่ระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการแสวงหาความรู้นั้นๆ

2. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2530) ได้กล่าวถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ว่า วิทยาศาสตร์ประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Body of knowledge) และส่วนที่เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) ซึ่งส่วนที่เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skills) และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude) ส่วนจาคอปสันและเบิร์กแมน (สวัดจ์ นิยมคำ. 2531 : 107) ได้อธิบายธรรมชาติและโครงสร้างของวิทยาศาสตร์ว่าประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นความจริงพื้นฐานที่ไม่ต้องพิสูจน์ ส่วนที่เป็นวิธีการและกระบวนการวิทยาศาสตร์และส่วนที่เป็นตัวความรู้ เขาได้เปรียบเทียบส่วนทั้ง 3 กับตัวอาคาร ซึ่งจะได้ดังภาพประกอบ 30

วิธีการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (คาน)



ภาพประกอบ 30 แผนภาพแสดงธรรมชาติและโครงสร้างวิทยาศาสตร์เปรียบเทียบกับโครงสร้างของตึก

ตามภาพประกอบ 30 ถ้าเรายกเอาฐานของอาคารออก (ความจริงพื้นฐาน) จะเหลือส่วนที่เป็นเสาและคานประสานกันอยู่เป็นวิทยาศาสตร์ ฉะนั้นวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยส่วนที่เป็นตัวความรู้วิทยาศาสตร์กับส่วนที่เป็นกระบวนการวิทยาศาสตร์

3. ปรัชญาการสอนวิทยาศาสตร์

ปรัชญาการสอนวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

3.1 คุณค่า (Value)

3.1.1 คุณค่าทางการศึกษา (Educational value) เป็นสิ่งที่กำหนดให้ผู้เรียน มีความเจริญงอกงามทั้งทางกาย จิตใจ (สมอง) อารมณ์และสังคม สิ่งที่จะให้กับผู้เรียนก็คือ ความรู้ (Knowledge) ทักษะ (Skill) ทศนคติ (Attitude)

3.1.2 คุณค่าด้านระเบียบวินัย (Disciplinary value) ให้ผู้เรียนได้รู้จักเหตุผล รู้จักตนเอง รู้จักแบ่งงานและเวลาให้เหมาะสม

3.1.3 คุณค่าทางการปฏิบัติ (Practical value) โดยพิจารณาว่าเมื่อสอนไปแล้ว นักเรียนได้ประโยชน์อะไรบ้าง นำไปปฏิบัติได้หรือไม่

3.2 สิ่งแวดล้อม (Environment) การสอนต้องสอดคล้องกับสิ่งแวดล้อม มิฉะนั้น จะไม่มีคุณค่า เป็นการสูญเปล่า

3.3 สังคม (Social) ต้องคำนึงถึงความต้องการของสังคมในถิ่นนั้น ของผู้เรียน ผู้ปกครอง ครู เป็นต้น

3.4 สาถานิยม (International) โดยการเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆบ้างว่า ยอมรับความสำคัญของบางเรื่องหรือไม่ ถ้าเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกว่าควรจะให้เด็กเรียนรู้ แม้จะไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์โดยตรงก็ต้องอนุโลมให้ เพื่อให้เด็กเป็นผู้มีความรู้กว้างขวาง ทันต่อ เหตุการณ์เปลี่ยนแปลงใหม่ๆของโลก เช่น เรื่องเกี่ยวกับ Atomic Energy, นิวเคลียร์

สิ่งที่กล่าวมานี้อาจถือเป็นเกณฑ์ที่จะพิจารณาถึงความมุ่งหมายของการสอน วิทยาศาสตร์ให้บรรลุเป้าหมาย หรืออีกนัยหนึ่งบรรลุวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่วางไว้ในแต่ละ ขั้นตอนของบทเรียน

4. บทบาทของวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

นักวิทยาศาสตร์ทุกยุคทุกสมัย ได้ศึกษาค้นคว้าหาความจริงที่เกี่ยวกับ ปรากฏการณ์ธรรมชาติอยู่ตลอดเวลา ซึ่งมีผลทำให้วิทยาศาสตร์เจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว และมนุษย์ได้นำผลการค้นคว้าเหล่านี้ไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้มากมาย ไม่ว่าจะเป็น ทางด้านการแพทย์ การเกษตร อุตสาหกรรม การติดต่อสื่อสาร การศึกษา การทหาร การเมือง เศรษฐกิจหรือแม้กระทั่งการพักผ่อน ด้วยเหตุนี้การดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบัน จึงแตกต่างกับการดำรงชีวิตในอดีตมาก ได้มีผู้กล่าวถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ดังนี้

เอกวิทย์ ณ ถลาง (2530 : 689) กล่าวถึงความสำคัญของความก้าวหน้า ทางวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ไว้ดังนี้

1) การผลิตเครื่องมือต่างๆ เครื่องมือเหล่านี้เป็นหุทิพย์ ตาทิพย์ ให้เราทุกคน และทำให้ไม่มีอะไรที่เป็นความลับสำหรับเราอีกต่อไปแล้ว ทำให้เราอธิบายได้อย่างถูกต้อง และจะมีอิทธิพลต่อระบบชีวิตต่อไปอีกมาก

2) เรื่องของอวกาศ ไม่ใช่เรื่องของการส่งยานอวกาศต่อไปอีกแล้ว แต่เป็นเรื่องทางเศรษฐกิจ เช่น การตั้งโรงงานผลิตเครื่องมือต่างๆในอวกาศ การใช้โครงการอวกาศสำรวจแหล่งทรัพยากรต่างๆทั้งในโลกและนอกโลก

3) ทางสมุทรศาสตร์ ซึ่งเป็นแหล่งที่มนุษย์สามารถจะนำเอาทรัพยากรต่างๆ มาใช้อย่างมากมายในขณะนี้

4) ในแง่ชีววิทยาระดับโมเลกุล วิทยาศาสตร์ได้ทำให้มนุษย์มีวิวัฒนาการทางด้านนี้อย่างสูงและมีขีดความสามารถในการศึกษาในเรื่องนี้ได้อย่างล่ำลึกในอนาคต จะเป็นไปได้อย่างยิ่งว่า เราจะสามารถสร้างมนุษย์พันธุ์ใหม่ขึ้นมาแทนได้แบบเดียวกับที่เราผสมพันธุ์วัว หมู ขึ้นมาได้ “วิทยาศาสตร์ได้เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับความเป็นพื้นฐานของการดำรงชีวิตของมนุษย์ตลอดเวลา ทั้งในเรื่องเครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย อาหารและยารักษาโรค ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้ได้อาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์” (สุประดิษฐ์ สืบรัตนสกุล. 2530 : 45)

บทบาทของวิทยาศาสตร์ต่อสังคมในด้านต่าง ๆ ซึ่งสรุปได้ดังนี้คือ

- 1) ด้านเทคโนโลยี มนุษย์ใช้วิทยาศาสตร์เป็นความรู้พื้นฐานในการประดิษฐ์สิ่งต่างๆ
- 2) ด้านการเกษตร ช่วยในการเพิ่มผลผลิต ช่วยในการกำจัดศัตรูพืช ประดิษฐ์เครื่องผ่อนแรงในการเกษตร หาวีธีเก็บถนอมอาหารซึ่งเป็นผลิตผลทางการเกษตร
- 3) ด้านการแพทย์และสาธารณสุข ช่วยหาวิธีการรักษาและป้องกันโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ
- 4) ด้านการอุตสาหกรรม ทำให้เกิดอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมสีย้อมผ้า
- 5) ด้านการศึกษา เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในการสอน
- 6) ด้านการคมนาคมขนส่ง ทำให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปอย่างรวดเร็ว
- 7) ในด้านสภาพแวดล้อม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกำลังมีบทบาทช่วยให้มนุษย์มีสภาพแวดล้อมที่ดี ขณะเดียวกันก็มีบทบาททำลายสภาพแวดล้อมด้วย เช่น ฝนกรด ปรากฏการณ์เรือนกระจก การตัดไม้ทำลายป่า ขยะของเสียเป็นพิษ มลภาวะจากชุมชน น้ำเป็นพิษอากาศเป็นพิษ และปัญหาอื่นๆ อีกมาก

8) ด้านความปลอดภัย เป็นที่ยอมรับกันว่าการให้การศึกษาที่ถูกต้องเหมาะสมจะช่วยลดจำนวนอุบัติเหตุหรือการตายเนื่องจากอุบัติเหตุได้ การศึกษาในเรื่องเหล่านี้เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และอาศัยหลักการ รวมทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การป้องกันไฟไหม้ การป้องกันไฟฟ้าช็อต การป้องกันอุบัติเหตุทางน้ำ และความปลอดภัยในการขับขี่รถยนต์ เป็นต้น

9) การสงวนทรัพยากรธรรมชาติ ภัยธรรมชาติที่โลกกำลังเผชิญอยู่ซ้ำแล้วซ้ำเล่าขณะนี้คือไฟไหม้ป่า น้ำท่วม ลมพายุ แต่การป้องกันและสงวนทรัพยากรธรรมชาติสามารถทำ

ได้โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้าช่วย เช่น การปรับโครงสร้างของดิน การป้องกันการกัดเซาะหน้าดิน การปลูกป่า การชลประทาน และการป้องกันน้ำท่วม

10) ด้านการเมืองการปกครองประเทศ ประเทศที่พัฒนาแล้ว ได้นำวิทยาศาสตร์มาใช้เพื่อผลทางการเมือง และพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม

11) ด้านการทหาร ความเจริญทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ทำให้มีอาวุธใหม่ๆ ที่มีอำนาจในการทำลายล้างเพิ่มขึ้น

12) ด้านการเปลี่ยนแปลงภายในครอบครัว ลักษณะความบันเทิงของคนเปลี่ยนไปตามสิ่งประดิษฐ์ที่เกิดขึ้น เช่น วิทยุ โทรทัศน์ วีดีโอเกม ฯลฯ รวมทั้งเครื่องใช้ต่างๆ ในบ้านก็เพิ่มขึ้นด้วย เช่น พัดลม ตู้เย็น เตาหุงต้ม เป็นต้น

13) ด้านอาชีพ ผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดอาชีพใหม่ ๆ เช่น วิทยุทำให้เกิดอาชีพคนงานในโรงงานอุตสาหกรรม ช่างซ่อมวิทยุ นักจัดรายการวิทยุ (มังกร ทองสุคดี. 2532 : 4 ; ชัยวัฒน์ คุประตกุล. 2532 : 1-8 ; พัทธักษ์ รักษพลเดช. 2525 : 12-20 และ อรุณ รัชตะนาวิน. 2527 : 289-303)

จากแนวคิดต่างๆ ที่กล่าวมาพอสรุปได้ว่า วิทยาศาสตร์ได้เข้ามามีบทบาทและความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในยุคปัจจุบัน และนับวันก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นด้วย ควรจัดการศึกษาให้เยาวชนได้มีความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างกว้างขวางทันกับความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จะนำมาพัฒนาประเทศได้ ตลอดจนส่งเสริมให้มีการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังมีความสำคัญต่อนักเรียน ดังนี้ (ณรีพร เลื่อนฤทธิ์. 2530 : 14 และภัทรา ไชยเวช. ม.ป.ป. : 11)

1) วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ทำให้เด็กเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม และเป็นสิ่งที่ทำให้ชีวิตทางบ้านมีความสัมพันธ์กับชีวิตทางโรงเรียน

2) วิทยาศาสตร์ช่วยให้เด็กได้รับความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม มีความเข้าใจเด็ก รู้จักการทดลองและค้นพบด้วยตัวของเด็กเอง

3) วิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดการปรับปรุงในทางเกษตรกรรม สุขวิทยาน้ำบ้านเรือนและการสุขาภิบาล บุคคลที่เคยเรียนวิทยาศาสตร์มาบ้างแล้วจะเป็นผู้ที่รอบรู้ในการประกอบภาระงานไม่ว่าเขาจะทำงานในบ้าน ในทุ่งนา หรือวงการธุรกิจ

4) วิทยาศาสตร์ช่วยฝึกจิตใจอันมีค่า เด็กที่เรียนวิทยาศาสตร์จะได้รับการฝึกหัดให้เป็นผู้มีลักษณะดังนี้ มีความสังเกตด้วยความรอบคอบ รายงานผลที่สังเกตได้อย่างเที่ยงตรง เข้าใจซาบซึ้งในความสำคัญของการถาม การพิจารณาเหตุการณ์ก่อนจะสรุปผล ซาบซึ้งในคุณค่าของความพยายามในการปฏิบัติ

5) วิทยาศาสตร์ช่วยฝึกคนให้เป็นพลเมืองดี เด็กๆ จะเข้าใจในโลกปัจจุบัน ซึ่งขึ้นอยู่กับ การค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนมาก จึงจำเป็นต้องให้มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่บ้าง

- 6) วิทยาศาสตร์ช่วยจัดการเชื้อโรคกลางและความกลัวในสิ่งที่ไม่ทราบ
- 7) วิทยาศาสตร์มีประโยชน์เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันมาก ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจและสามารถแปลความหมายของสิ่งแวดล้อมได้อย่างถูกต้อง
- 8) ช่วยให้นักเรียนสามารถปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงของโลกได้เป็นอย่างดี
- 9) ช่วยให้นักเรียนรู้วิธีใช้ความคิดอย่างมีประสิทธิภาพ เพราะการสอนวิทยาศาสตร์ที่ดี ก่อให้เกิดประโยชน์และคุณค่าในด้านความรู้สึกนึกคิดของนักเรียนอย่างมั่นคง เป็นแรงจูงใจที่จะให้กระตือรือร้น ที่จะช่างสังเกต ตั้งปัญหา แก้ปัญหา เกิดความคิดรวบยอดในที่สุด
- 10) ช่วยในด้านความเจริญเติบโตทางร่างกายและจิตใจ
- 11) ช่วยให้รู้จักใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เป็นประโยชน์
- 12) ช่วยให้นักเรียนมีความเจริญงอกงามตามความแตกต่างของแต่ละบุคคล
- 13) วิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับวิชาอื่นทุกวิชาทั้งทางตรงและทางอ้อม

กล่าวโดยสรุปวิทยาศาสตร์มีบทบาทและความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศมาก ความมุ่งหวังที่จะพัฒนาประเทศให้มีเศรษฐกิจมั่นคง มีความมั่นคงทางสังคม มีประชากรที่มีคุณภาพชีวิตนั้น สิ่งที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายได้ก็คือ การสนับสนุนให้มีการวิจัยค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และสิ่งที่จำเป็นและสำคัญมากที่สุดประการหนึ่งคือ การจัดการศึกษาให้ประชาชนได้มีความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างกว้างขวาง ตลอดจนการส่งเสริมให้ประชากรได้นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

5. ความหมายของเทคโนโลยี

เทคโนโลยี คือ ระบบทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับเทคนิคเป็นการนำเอาวิทยาศาสตร์มาแก้ไขปัญหามิใช่ปัญหาในทางปฏิบัติ เป็นการจัดระบบของข้อเท็จจริงและหลักการ จนเป็นที่ยอมรับเพื่อจุดมุ่งหมายในทางปฏิบัติและอาจรวมไปถึงหลักการต่างๆ เป็นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และระบบที่ใช้ในด้านอุตสาหกรรมศิลป์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำมาประยุกต์ใช้ในโรงงานต่างๆ เป็นการนำความรู้ทางตรรกศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ มาทำให้เกิดความเจริญก้าวหน้าทางวัตถุ (Good. 1973 : 429 ; William. 1974 : 35 ; กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน. 2531 : 174) และเป็นสิ่งที่เรานำไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่การดำรงชีวิต นอกจากนี้ยังเป็นกระบวนการความรู้และการปฏิบัติที่จะนำวิชาวิทยาศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ในลักษณะประยุกต์แก่อุปกรณ์สิ่งแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติ ฐานะความเป็นอยู่และวัฒนธรรมตรงตามความต้องการของชาวบ้าน (ปรีชา วงศ์ชูศิริ. 2526 : 19)

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นพอสรุปความหมายของเทคโนโลยี คือ การนำเอาความรู้ ทักษะ กระบวนการ แนวคิด เทคนิค และอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่มวลมนุษยชาติ

5.1 องค์ประกอบของเทคโนโลยี

ประเทศที่กำลังพัฒนาจะต้องวางพื้นฐานทางเทคโนโลยีที่มั่นคง เพื่อเป็นเครื่องรองรับการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพอันจะนำไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจในทิศทางที่พึงปรารถนา องค์การ ESCAP ได้จำแนกองค์ประกอบของเทคโนโลยีการผลิตออกเป็น 4 ส่วน (APCTT. 1987 : 1-10) ได้แก่

- 1) ส่วนวัตถุ (Technoware) ได้แก่ เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต
- 2) ส่วนมนุษย์ (Humanware) - ความสามารถ ประสบการณ์และ

ความชำนาญ

- 3) ส่วนสารสนเทศ (Inforware) - ข้อมูล ข่าวสาร สูตร ทฤษฎี ความรู้ที่

จำเป็น

- 4) ส่วนองค์กร (Orgaware) - โครงการ การจัดการ

ไม่ว่าจะเป็นการผลิตประเภทใดจะต้องอาศัยองค์ประกอบเทคโนโลยีทั้งสี่ประเภท เป็นกระบวนการแปรสภาพวัตถุดิบให้เป็นสินค้า ดังนั้นในการศึกษานี้ถึงแม้จะนำไปสู่ข้อเสนอในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์โดยขบวนการจัดการของระบบอุดมศึกษาของไทย ซึ่งก็หมายถึงในส่วนที่เกี่ยวกับมนุษย์ แต่ก็จะต้องระลึกถึงเสมอว่าองค์ประกอบส่วนอื่น ๆ ของเทคโนโลยีนั้นก็มีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาให้สอดคล้องกันไป

5.2 รูปแบบและการเลือกเทคโนโลยี

ได้มีการจำแนกเทคโนโลยีตามลำดับความซับซ้อนดังต่อไปนี้ (Schumacher. 1975 : 171-174)

1) เทคโนโลยีระดับสูง เป็นเทคโนโลยีที่ต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ในระดับสูง จึงจะสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีประเภทนี้ได้ โดยทั่วไปจะมีราคาของอุปกรณ์และองค์ประกอบของเทคโนโลยีที่แพงมาก ดังนั้นเทคโนโลยีดังกล่าวจึงผูกพันกับระบบเศรษฐกิจที่เน้นการใช้ทุนมากและใช้แรงงานน้อย

2) เทคโนโลยีระดับกลาง เป็นเทคโนโลยีที่มีราคาถูกกว่าประเภทที่หนึ่ง แต่อาจจะมีลักษณะการทำงานแบบเดียวกัน และส่วนใหญ่จะเป็นเทคโนโลยีที่เป็นที่รู้จักกันมานานแล้วนำมาปรับปรุงให้เข้ากับงานเฉพาะด้าน เป็นแบบที่ไม่เน้นเงินทุนสูงแต่มีการใช้แรงงานมากขึ้น

3) เทคโนโลยีระดับต่ำคือ เทคโนโลยีที่เป็นผลมาจากการเน้นการใช้แรงงานมนุษย์เป็นส่วนใหญ่ แรงงานนั้นมักอยู่ในรูปที่เป็นแรงงานที่ใช้ทักษะต่ำและเป็นเทคโนโลยีที่อาจจะเป็นผลมาจากการหยุดชะงักของความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของสังคมนั้นหรืออาจเป็นทาง ในหลายกรณีการเลือกรูปแบบของเทคโนโลยีนั้น จะผูกพันกับความเชื่อทางศาสนา หรืออุดมการณ์ทางเศรษฐกิจและการเมืองอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งหลายครั้งจะมีการใช้ศัพท์ เช่น

เทคโนโลยีแบบแข็ง (Hard technology) ที่มีผลทางลบกับสังคมและสิ่งแวดล้อม ตรงกันข้ามกับเทคโนโลยีแบบอ่อน (Soft technology) ซึ่งไม่มีพิษภัย นอกจากนั้นก็ยังมิตัพพ์ เช่น เทคโนโลยีที่เป็นทางเลือก (Alternative technology) จากเทคโนโลยีแบบเดิม ซึ่งอาจจะเป็นเทคโนโลยีระดับสูงสำหรับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ โดยมีวิธีการใช้เทคโนโลยีที่เป็นทางเลือกแตกต่างไปจากวิธีการผลิตเดิมที่อาจพบว่ามีความเสี่ยงต่อสภาวะแวดล้อม

ปัญหาที่เกี่ยวกับผลเสียของเทคโนโลยีต่อสิ่งแวดล้อมนั้นได้ทำให้เกิดวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมหรือนิเวศวิทยา (Ecology) ซึ่งเป็นวิทยาการที่ให้ความสนใจกับการบำรุงรักษาให้สภาพสิ่งแวดล้อมคงอยู่ดี เป็นที่น่าสังเกตว่าวิธีการของเทคโนโลยีระดับสูงบางอย่างก็อาจไม่เป็นพิษภัยต่อสิ่งแวดล้อมก็เป็นได้

เทคโนโลยีแต่ละระดับย่อมมีความหมายต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจและการเมืองของทุกประเทศ เทคโนโลยีประเภทแรกนั้นจะต้องอาศัยการรวมศูนย์ของทุน ซึ่งจะเป็นผลมาจากระบบการผูกขาดทางการเมืองและเศรษฐกิจ ขณะเดียวกันเทคโนโลยีดังกล่าวอาจจะใช้ทรัพยากรธรรมชาติมาก และมีผลเสียต่อสภาพแวดล้อมด้วย แต่ผู้ที่พัฒนาและรักษาเทคโนโลยีเหล่านี้ไว้ได้ก็อาจจะใช้พลังทางการเมืองและเศรษฐกิจเป็นเครื่องมือในการต่อรองและโยกย้ายถ่ายเทให้ผลเสียจากการใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ตกอยู่กับฝ่ายที่รู้เท่าไม่ถึงการณ์ หรือมีความอ่อนแอกว่าในการต่อรองทางเศรษฐกิจและการเมือง (เสริมพล, รัตนสุข, 2526 : 1-3)

เทคโนโลยีในระดับกลางนั้นเป็นเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมกับประเทศที่มีแรงงานมากและยังไม่ได้ใช้ประโยชน์เต็มที่ขาดความสามารถในการพัฒนาเทคโนโลยีระดับสูงที่มีอันตรายน้อย และใช้ทุนน้อย อีกประการหนึ่งเทคโนโลยีอะไรก็ตามถ้าหากใช้แรงงานมากและใช้ทรัพยากรอื่นๆ ไม่มากนัก ผลตามมาก็จะก่อให้เกิดอันตรายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสภาพสิ่งแวดล้อมจึงมีไม่มากนัก

ส่วนเทคโนโลยีในระดับต่ำนั้นส่วนมากมีผลกระทบน้อยมากต่อทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อม ถ้าหากผู้ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวใช้อย่างรู้เท่าทันและมีได้ใช้เฉพาะความจำเป็น แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงนั้นส่วนใหญ่ผู้ใช้เทคโนโลยีในระดับต่ำใช้เพราะไม่มีทางเลือกอย่างอื่น จึงมีผลทำให้การพัฒนาของกลุ่มชนหรือสังคมที่ใช้เทคโนโลยีเหล่านี้เป็นไปอย่างช้าๆ และอาจจะไม่สามารถป้องกันความเสียหายอันเกิดจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ที่มีผลต่อการทำลายสภาพธรรมชาติและระบบนิเวศวิทยาได้ นอกจากนั้นผู้ใช้เทคโนโลยีระดับต่ำมักจะอ่อนแอไม่อาจต่อต้านการเอารัดเอาเปรียบหรือการทำลายล้างจากผู้ที่ใช้เทคโนโลยีสูงกว่าการยึดติดกับเทคโนโลยีระดับต่อนั้นเป็นอันตรายอย่างยิ่งและควรหลีกเลี่ยง

5.3 ความเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลมาจากการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ความเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลมาจากการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ทักษะแบบเก่าได้ล้าสมัยเกินกว่าจะใช้ได้ในการผลิตและการบริการในยุค
ปัจจุบัน
- 2) ทักษะที่จำเป็นสำหรับงานการผลิตในปัจจุบัน ต้องใช้พื้นฐานความรู้
วิทยาศาสตร์อย่างมาก
- 3) เทคนิคสำหรับการเรียนรู้ ได้กลายเป็นสิ่งสำคัญยิ่งกว่าการเรียนรู้เอง เพราะ
มีสิ่งที่จะต้องเรียนรู้อย่างต่อเนื่องไปเรื่อยๆ ไม่รู้จบ
- 4) คนงานมีความต้องการสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่ดีขึ้นและต้องการมีส่วนร่วม
ในการบริหาร
- 5) จำเป็นต้องมีการควบคุมตรวจตราการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อให้แน่ใจว่า
ไม่มีผลที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
- 6) ความสามารถยืดหยุ่นและความสามารถปรับตนเองได้ ได้กลายเป็นสิ่งจำ
เป็นที่ระบบการศึกษาจะต้องถ่ายทอดให้ผู้รับการศึกษา
- 7) มีกลุ่มคนที่ต้องการการศึกษามากขึ้นและในระดับที่สูงขึ้น

5.4 ประเภทของเทคโนโลยีที่จะมีผลต่อการพัฒนาของประเทศในอนาคต
เทคโนโลยีที่จะมีผลต่อการพัฒนาประเทศในอนาคต (Sanyal. 1988 : 2-5)
สรุปได้ดังนี้

1) เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information technology) เนื่องมาจากความ
ก้าวหน้าทางไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครอิเล็กทรอนิกส์โดยทั่วไป ได้เปลี่ยนโฉมหน้าของ
วิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลและสารสนเทศต่างๆ อย่างมหาศาลภายในช่วงสอง
ทศวรรษที่ผ่านมา การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศจะลดจำนวนคนงานในภาคเกษตรและ
อุตสาหกรรม ซึ่งจะทำให้มีจำนวนคนล้นงานในด้านธุรการ, การผลิตและสาขาที่เกี่ยวข้อง ขณะ
เดียวกันก็จะขาดแคลนคนงานในด้านเทคโนโลยีระดับสูง อิเล็กทรอนิกส์และงานด้านการพักผ่อน
บันเทิงต่างๆ (Toffler. 1980 : 363)

2) เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) สาขานี้รวมถึงพันธุวิศวกรรม
Biological prosthetics กระบวนการหมักแบบใหม่วิธีการทางชีวภาพที่ปรับปรุงผลิตผลทาง
การเกษตร, จัดการกับของเสียและให้พลังงานจากมวลชีวภาพ

แสดงการพยากรณ์ Delphi เรื่องการคิดค้นที่สำคัญทางชีวภาพ

การคิดค้นที่สำคัญ	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็น
	50%	90%
	ปีที่สำเร็จ	ปีที่สำเร็จ
พืช nitrogen-fixing แบบใหม่	1985	1995
โปรตีนกินได้แบบเซลล์เดียว	1982	1987
บั๊กเตเรียสำหรับการจัดการของเสียและควบคุมมลภาวะ	1984	1990
สิ่งทดแทนสารปิโตรเคมี	1988	1995
การแก้ไขยีนเพื่อรักษาโรคพันธุกรรม	1993	2010
การตรวจยีนเพื่อหาโรคที่ทำให้เกิดมาผิดปกติ	1985	1990
การทำแผนที่รหัสพันธุกรรมของมนุษย์	1984	1985
ความรู้ที่เพิ่มขึ้นเกี่ยวกับ gene-science	1990	2000
ความเข้าใจกระบวนการภูมิคุ้มกันโรค	1984	1991

การพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพได้เปลี่ยนสภาพทางเศรษฐกิจของมนุษย์โดยได้ลดการขาดแคลนอาหาร, เพิ่มแหล่งสาธารณสุข, ให้สิ่งจำเป็นพื้นฐานแก่มนุษย์และปรับปรุงสิ่งแวดล้อม

3) วัสดุศาสตร์ (Material science)

วัสดุแบบที่สำคัญที่จะปรากฏในอนาคตได้แก่ (กระทรวงวิทยาศาสตร์ 2530 : 6-16) ได้แก่ วัสดุตัวนำยิ่งยวดที่อุณหภูมิสูง สำหรับงานวิจัยทางนิวเคลียร์ฟิวชัน วัสดุเคลือบที่กันการกัดทำลายและการผุกร่อนและวัสดุเซรามิกส์แบบ Silicon-carbide และ Nitride เพื่อใช้แทนโลหะที่อุณหภูมิสูง และใช้ทำเครื่องยนต์

ความสำเร็จในการค้นคว้าวัสดุเหล่านี้จะทำให้ประหยัดพลังงาน ลดอันตรายในสิ่งแวดล้อมและเปลี่ยนวิถีชีวิตของมนุษย์ทั่วไป

5.5 กรอบการวิเคราะห์ปัญหาการพัฒนาเทคโนโลยี

ประเด็นปัญหาต่าง ๆ ในการพัฒนาเทคโนโลยีอาจวิเคราะห์ได้ในสองมิติคือ มิติที่หนึ่ง คือ มีมิติทรัพยากรในการพัฒนาเทคโนโลยีและมิติที่สอง คือ มิติกระบวนการพัฒนาเทคโนโลยี

1) มิติทรัพยากรในการพัฒนาเทคโนโลยี ในการพัฒนาเทคโนโลยีนั้น ประเทศจำเป็นต้องมีฐานสนับสนุนด้านทรัพยากร ซึ่งอาจจะแบ่งได้เป็น 3 ด้าน ดังนี้

1.1) ทรัพยากรมนุษย์ (Human resources) ได้แก่ บุคลากรผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการรับ การถ่ายทอด การใช้ การพัฒนาความคิดค้นเทคโนโลยี ซึ่งก็ได้แก่ ครูอาจารย์

นักเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญ นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร นักวิจัย นักประดิษฐ์ นักจัดการ นักธุรกิจ และผู้ที่ทำงานที่ต้องใช้เทคโนโลยีอื่นๆ

1.2) ทรัพยากรทุน (Capital resources) ได้แก่ เงินทุน สถานที่และอุปกรณ์ เช่น สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยและวิทยาลัย โรงเรียนอาชีวศึกษา ศูนย์ปฏิบัติการต่างๆ ตลอดจนเงินทุนสนับสนุน

1.3) สถาบัน (Institutions) ได้แก่ กฎหมาย กฎเกณฑ์ ข้อบังคับ ข้อตกลงและการจัดองค์กรต่างๆ เกี่ยวกับการได้มาซึ่งเทคโนโลยี การเผยแพร่ การใช้และการประดิษฐ์เทคโนโลยี

2) มิติกระบวนการพัฒนาเทคโนโลยี อาจแบ่งกระบวนการพัฒนาเทคโนโลยีเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

2.1) การได้มาซึ่งเทคโนโลยี (Acquisition) เกี่ยวข้องกับปัญหาการส่งผ่านเทคโนโลยี (Technology transfer) ซึ่งมักจะมีแหล่งที่มาจากนอกประเทศ

2.2) การดูดซับและเผยแพร่เทคโนโลยี (Absorption/diffusion) เกี่ยวข้องกับปัญหาการรับและการเผยแพร่เทคโนโลยีที่ได้มาให้เป็นที่ยอมรับกันทั่วไป

2.3) การใช้เทคโนโลยี (Operation) เกี่ยวข้องกับการนำเทคโนโลยีมาใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการ

2.4) การดัดแปลงและวิจัยพัฒนาเทคโนโลยี (Adaptation and innovation) เกี่ยวข้องกับปัญหาการดัดแปลงเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจและสังคมและ/หรือ การคิดค้นเทคโนโลยีขึ้นใช้เอง

กรอบการวิเคราะห์ที่แบ่งแยกปัญหาการพัฒนาเทคโนโลยีตามกระบวนการนี้จะช่วยให้สามารถมองเห็นจุดที่เป็นปัญหาได้เด่นชัด ประเทศต่างๆมักจะประสบปัญหาการพัฒนาเทคโนโลยีที่จะต่างกันไป

5.6 ปัญหาการพัฒนาเทคโนโลยีของไทย

สำหรับประเทศไทยอาจแบ่งปัญหาเทคโนโลยีออกเป็นด้านต่างๆ ดังนี้

1) ปัญหาทรัพยากรมนุษย์

1.1) ปัญหาทรัพยากรมนุษย์กับการได้มาซึ่งเทคโนโลยี ปัญหานี้ได้แก่ ปัญหาเรื่องคุณภาพและปริมาณของครูอาจารย์ซึ่งเป็นสื่อกลางเทคโนโลยีที่สำคัญ จากการที่อาจารย์ไปศึกษารับเทคโนโลยีจากต่างประเทศเกิดปัญหาที่สำคัญคือ ปัญหาสมองไหล (Brain drain) ประเทศกำลังพัฒนาทั่วไปที่มีการส่งบุคลากรไปศึกษาต่อต่างประเทศนั้นต่างมีความเสี่ยงที่จะเกิดการสูญเสียทรัพยากรในลักษณะนี้ด้วยกันทั้งสิ้น

1.2) ปัญหาทรัพยากรมนุษย์กับการดูดซับและเผยแพร่เทคโนโลยี

1.2.1) ปัญหาคุณภาพและปริมาณอาจารย์ อาจารย์ที่ทำการสอนและเผยแพร่เทคโนโลยีนั้นมีจำนวนไม่เพียงพออย่างยิ่ง ในบางกรณีมีการหมุนเวียนให้อาจารย์ชุดเดียวกัน ไปสอนตามสถานศึกษาต่างๆ ซึ่งมีผลให้ประสิทธิภาพและคุณภาพของการเรียนการสอนด้อยลง

1.2.2) ปัญหาคุณภาพและปริมาณนักศึกษา แม้ว่านักศึกษาที่สำเร็จชั้นมัธยมศึกษาจะมีเป็นจำนวนมาก แต่นักศึกษาบางส่วนมีปัญหาในเรื่องความพร้อมที่จะรับการศึกษาอบรมด้านเทคโนโลยี ปัญหาส่วนหนึ่งสืบเนื่องมาจากการจัดการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาไม่เอื้อต่อการศึกษาต่อในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยี

1.2.3) ปัญหาการจัดการเรียนการสอน วิชาการบางแขนงไม่มีการสอนในสถานศึกษา เพราะปัญหาการปิดกั้นความลับทางการค้า ในขณะที่วิชาการบางสาขาที่ต้องอาศัยการฝึกงานในโรงงานยังประสบปัญหาการขาดแหล่งฝึกผ่านสำหรับนักศึกษา (พีรศักดิ์ วรสุนทรโรสถ. 2531 : 32)

1.3) ปัญหาทรัพยากรมนุษย์กับการใช้เทคโนโลยี ได้แก่ ปัญหาความขาดแคลนบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ ประสบการณ์และทักษะความชำนาญในกระบวนการผลิตในโรงงาน

1.4) ปัญหาทรัพยากรมนุษย์กับการดัดแปลงและพัฒนาเทคโนโลยี ได้แก่ ปัญหาปริมาณและคุณภาพผู้ทำงานด้านวิจัย ส่วนหนึ่งของปัญหานี้ได้แก่ ปัญหาที่อาจารย์มีภาระด้านการสอนมากจนไม่มีเวลาทำงานด้านวิจัยและพัฒนา

2) ปัญหาทรัพยากรทุน

2.1) ปัญหาทรัพยากรทุนกับการได้มา ซึ่งเทคโนโลยีได้แก่ ปัญหาการขาดทุนที่ส่งอาจารย์และนักศึกษาไปศึกษาต่อและดูงานที่ต่างประเทศ

2.2) ปัญหาทรัพยากรทุนกับการดูดซับและการเผยแพร่เทคโนโลยี

3) การส่งผ่านเทคโนโลยี

ในอุตสาหกรรมที่สำคัญหลายประเภท วิศวกรและนักเทคโนโลยีภายในประเทศไม่มีความรู้สึกซึ่งทางด้านเทคโนโลยีการผลิตในโรงงาน เพราะการตั้งโรงงานเป็นแบบสำเร็จรูปของกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงยากที่จะพึ่งตัวเองในเทคโนโลยีด้านนั้นได้ (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์. 2531 : 47-49) (เทคโนโลยีการผลิตหลายด้านไม่มีการสอนในสถาบันการศึกษา เพราะถือเป็นความลับทางการค้า)

4) การวิจัยและพัฒนา

สถาบันและหน่วยงานที่จะทำหน้าที่วิจัยและพัฒนาโดยตรงมีอยู่น้อยมาก อีกทั้งทุนสนับสนุนก็มีจำกัด เงินทุนวิจัยและพัฒนาจากภาคเอกชนเกือบจะเรียกได้ว่าไม่มีเลย

และเงินสนับสนุนจากรัฐบาลและภาคีรัฐบาลก็ยังน้อยมาก เพียงประมาณ 0.2% ของรายได้มวลรวมประชาชาติ (ยงยุทธ ยุทธวงศ์. 2532 : 3-10 - 3-12)

5) ลิขสิทธิ์และสิทธิบัตร

ลิขสิทธิ์ของซอฟต์แวร์และสิทธิบัตรของกระบวนการผลิต ตลอดจนอุปกรณ์การผลิตและการค้าต่าง ๆ ทำให้การขยายตัวทางการผลิตถูกจำกัด เพราะถึงแม้จะมีความสามารถในการผลิตก็ไม่อาจผลิตได้ถูกต้องตามกฎหมาย (สุรเกียรติ์ เสถียรไทย. 2530 : 129 - 131)

5.7 ความสัมพันธ์ของเทคโนโลยีกับรูปแบบทางเศรษฐกิจ

จากการวิเคราะห์ดังกล่าว ถ้าหากจะเรียงลำดับความสำคัญต่างๆ ของเทคโนโลยีกับรูปแบบทางเศรษฐกิจแล้ว อาจจะจำแนกได้ดังนี้

ประเทศเกษตรอุตสาหกรรมใหม่	ประเทศที่เน้นภาคบริการเป็นหลัก
1. เทคโนโลยีการเกษตรและชีวภาพ	1. เทคโนโลยีในการสื่อสารโทรคมนาคม
2. เทคโนโลยีนิเวศวิทยา	2. เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
3. เทคโนโลยีการคมนาคมขนส่ง	3. เทคโนโลยีการคมนาคมขนส่ง
4. เทคโนโลยีในการวิเคราะห์ตรวจสอบ	4. เทคโนโลยีการศึกษา
	5. เทคโนโลยีชีวเวช
	6. ระบบธุรกิจ
ประเทศอุตสาหกรรมใหม่	ประเทศพุทธเกษตรกรรม
1. เทคโนโลยีกระบวนการผลิต	1. เทคโนโลยีที่เหมาะสม
2. เทคโนโลยีการคมนาคมขนส่ง	2. เทคโนโลยีพลังงานทดแทน
3. เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์	3. เทคโนโลยีนิเวศวิทยา
4. เทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคม	4. เทคโนโลยีการเกษตรและชีวภาพ

รูปแบบเศรษฐกิจที่เป็นไปได้มากที่สุด และมีความพึงปรารถนาสูงก็คือ การเป็นประเทศเกษตรอุตสาหกรรมใหม่และการเป็นประเทศที่เน้นภาคบริการเป็นหลัก แต่ในขณะเดียวกันก็จำเป็นจะต้องมีการสนับสนุนภาคอุตสาหกรรมที่มีความได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบ และอุตสาหกรรมที่มีอนาคตในระยะไกล ในขณะเดียวกันในชนบทที่ยากจนและล้าหลังที่ประชาชนมีอาชีพการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ อาจจะต้องใช้แนวทางพุทธเกษตรกรรมเป็นเครื่องมือในการนำการพัฒนาในลักษณะดังกล่าว เทคโนโลยีที่จะสอดคล้องกันคือ

- 1) เทคโนโลยีการเกษตรและชีวภาพ
- 2) เทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคม

- 3) เทคโนโลยีกระบวนการผลิต
- 4) เทคโนโลยีที่เหมาะสม
- 5) เทคโนโลยีนิเวศวิทยา
- 6) เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
- 7) เทคโนโลยีวัสดุ
- 8) เทคโนโลยีพลังงานทดแทน

ถ้าหากจะจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีตามที่ควรจะเป็น โดยเริ่มเน้นความสำคัญของการเป็นประเทศเกษตรอุตสาหกรรมและการบริหาร และการเกษตรแบบพหุเกษตร พร้อมกับการมีอุตสาหกรรมที่ได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบและอุตสาหกรรมในอนาคต ควรจะประกอบด้วยเทคโนโลยีเหล่านี้คือ

- 1) เทคโนโลยีการเกษตรและชีวภาพ
- 2) เทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคม
- 3) เทคโนโลยีที่เหมาะสม
- 4) เทคโนโลยีการคมนาคมขนส่ง
- 5) เทคโนโลยีนิเวศวิทยา
- 6) เทคโนโลยีกระบวนการผลิต
- 7) เทคโนโลยีพลังงานทดแทน
- 8) เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
- 9) เทคโนโลยีการศึกษา
- 10) เทคโนโลยีชีวเวช
- 11) เทคโนโลยีระบบธุรกิจ

การจัดลำดับเทคโนโลยีดังกล่าวจะค่อนข้างสอดคล้องกับสภาพของรูปแบบเศรษฐกิจที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเป็นอย่างดี

5.8 เทคโนโลยีที่เหมาะสม

เทคโนโลยีที่เหมาะสม (Appropriate technology) หรือที่เรียกว่า เทคโนโลยีพื้นบ้าน (Indigenous technology) เริ่มมาจากประเทศที่กำลังพัฒนาได้รับวิธีการและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีสมัยใหม่ มาใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม เพื่อเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงชีวิตความเป็นอยู่ให้ดีขึ้น แต่ก็พบปัญหาและอุปสรรคซึ่งเกิดจากคนและกรรมวิธีการใช้ตลอดจนความสามารถในการพึ่งพาตนเองให้บังเกิดต่อการรับเทคนิค และวิธีการใหม่ที่ยุ่งยากและซับซ้อนอีกด้วย (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. 2533 : 207)

เทคโนโลยีพื้นบ้านมีความหมายเดียวกับเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพราะการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเป็นทั้งเทคโนโลยีที่ชาวบ้านทำกันมาแบบดั้งเดิม และยังเหมาะสมที่จะใช้

กันอยู่ในสภาพแวดล้อมปัจจุบัน และเทคโนโลยีที่ชาวบ้านได้รับการถ่ายทอดจากภายนอกแล้ว นำมาประยุกต์ให้เข้ากับสภาพและความเหมาะสมกับชุมชนที่ตนเองดำรงชีวิตอยู่ด้วย

1) ความหมายของเทคโนโลยีที่เหมาะสม

เทคโนโลยีที่เหมาะสม เป็นสิ่งที่มนุษย์คิด ค้นคว้า ประดิษฐ์ขึ้นสืบทอดต่อกันในอดีต โดยมุ่งหวังแก้ปัญหาให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในระดับและสังคมต่างๆ กัน เป็นวิถีทางที่ดีที่สุดในการผลิตสินค้าเพื่อใช้ในประเทศ และส่งเป็นสินค้าขายออกในตลาดต่างประเทศ โดยใช้ปัจจัยการผลิตที่หายากอย่างประหยัดที่สุด (เงินทุน การจัดการ ความรู้ทางวิชาการ และความชำนาญงาน) และพยายามใช้ปัจจัยการผลิตที่มีเหลือเฟือให้มากที่สุด (แรงงานที่ไม่มีฝีมือ วัตถุดิบที่จัดหาได้ในประเทศ) และเทคโนโลยีที่เหมาะสมคือ เทคโนโลยีที่สามารถตอบสนองความต้องการด้านวิชาการและสภาพการผลิต โดยมีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างเต็มที่และเป็นประโยชน์มากที่สุด เทคโนโลยีนั้นต้องเป็นที่ยอมรับและถูกดัดแปลงให้เหมาะสมกับสภาพความต้องการในการผลิตของชุมชนด้วย (ดิเรก ฤกษ์หรรษา. 2522 : 37)

จากคำกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า เทคโนโลยีที่เหมาะสม หมายถึง เทคโนโลยีที่สามารถตอบสนองความต้องการในสภาพการผลิตของเกษตรกร โดยทำให้มีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรที่มีในท้องถิ่นอย่างเต็มที่และเกิดประโยชน์มากที่สุด นอกจากนี้เทคโนโลยีต้องเป็นที่ยอมรับและมีการดัดแปลงให้เหมาะสมกับสภาพที่ไม่หยุดนิ่ง

2) ลักษณะสำคัญของเทคโนโลยีที่เหมาะสม

หลักการและลักษณะสำคัญของเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการพัฒนาชนบท จากความหมายของคำว่า “เทคโนโลยีที่เหมาะสม” พอจะสรุปลักษณะสำคัญของเทคโนโลยีที่เหมาะสมได้เป็นข้อๆ ดังต่อไปนี้ (นาท ดันตวิรุพห์. 2525 : 132)

- 2.1) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ทรัพยากรมนุษย์หรือแรงงานคนเป็นจำนวนมาก
- 2.2) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่น้อยหรือหายากให้พอเหมาะ
- 2.3) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้เงินทุนน้อยหรือเหมาะสมกับสภาวะทางเศรษฐกิจของประเทศ
- 2.4) เป็นเทคโนโลยีที่สามารถใช้ผู้มีความรู้ความสามารถ ซึ่งจัดหาได้หรืออาจฝึกอบรมขึ้นได้ภายในประเทศ
- 2.5) เป็นเทคโนโลยีซึ่งสามารถใช้วัสดุก่อสร้างภายในประเทศได้
- 2.6) เป็นเทคโนโลยีซึ่งสามารถจะจัดหาบริการซ่อมบำรุงในประเทศได้โดยไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญชาวต่างประเทศ
- 2.7) เป็นเทคโนโลยีที่มีการเสี่ยงต่อการเลิกล้มกิจการน้อย
- 2.8) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้งานง่าย ราคาถูก และเป็นอิสระมากกว่าเทคโนโลยีประเภทฟุ่มเฟือยต่างๆ

2.9) เป็นเทคโนโลยีที่มุ่งรับใช้มนุษยชาติ มิใช่ทำให้มนุษย์กลายเป็นทาสของเครื่องจักรกล

2.10) เป็นเทคโนโลยีที่ส่งเสริมประชาธิปไตยหรือการช่วยตัวเอง ซึ่งทุกคนหรือคนส่วนใหญ่ยอมรับและสามารถนำไปใช้ได้ มิใช่มีใช้ได้เฉพาะผู้ที่ร่ำรวยหรือมีอำนาจเท่านั้น

3) หลักการสำคัญของเทคโนโลยีที่เหมาะสม

นอกจากนี้ นาท ดันทวิรุพท์ (2525 : 125-127) ได้สรุปหลักการสำคัญของเทคโนโลยีที่เหมาะสมดังต่อไปนี้

3.1) เทคโนโลยีที่เหมาะสมมิได้หมายถึงแต่เฉพาะ hardware อันได้แก่ เครื่องจักรและผลิตภัณฑ์เท่านั้น แต่ยังรวมถึง software อันได้แก่ สิ่งแวดล้อมทางสังคม วัฒนธรรม เศรษฐกิจ การเมือง และนิเวศวิทยาอีกด้วย ดังนั้นเราควรจะเรียกว่า “เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม” (Environmentally appropriate technology) จะถูกต้องกว่าเพราะเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในสหรัฐอเมริกาหรืออินเดียอาจจะไม่เหมาะสมกับสภาพในประเทศไทยก็ได้

3.2) เทคโนโลยีที่เหมาะสมจะต้องพยายามใช้ปัจจัยการผลิตซึ่งมีอยู่ในท้องถิ่นให้มากที่สุด และใช้ปัจจัยการผลิตซึ่งหายากในท้องถิ่นหรือต้องนำมาจากที่อื่นให้น้อยที่สุด สำหรับประเทศในโลกที่สามเช่นประเทศไทย ปัจจัยการผลิตที่มีมากที่สุดคือแรงงาน ดังนั้นเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะต้องมีความยากง่ายพอ เหมาะสมกับความสามารถของคนในท้องถิ่น

3.3) เทคโนโลยีที่เหมาะสมจะต้องพยายามใช้ทรัพยากรประเภทสิ้นเปลือง (Nonrenewable resources) ให้น้อยที่สุด และใช้ทรัพยากรประเภทเกิดทดแทนได้ (Renewable resources) ให้มากที่สุด

3.4) เทคโนโลยีที่เหมาะสมจะต้องช่วยให้เกิดการกระจายรายได้ และความเป็นธรรมในสังคมให้มากที่สุด สร้างงานที่เป็นอิสระและน่าสนใจให้มากที่สุด ดังนั้นเทคโนโลยีที่เหมาะสมจึงต้องให้ความสำคัญแก่งานประเภทที่มีขนาดเล็กและลงทุนต่ำ

3.5) เทคโนโลยีที่เหมาะสมจะต้องพยายามให้มีมลภาวะ (Pollution) หรือกระทบกระเทือนต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยให้น้อยที่สุด

3.6) คนส่วนใหญ่เข้าใจขอบเขตของเทคโนโลยีที่เหมาะสมอยู่แต่เฉพาะในด้านพลังงานเท่านั้น แต่ความจริงไม่ใช่เรื่องอื่น ๆ เช่น การนำเอาฟางข้าวมาทำเป็นวัสดุก่อสร้าง หรือการใช้สมุนไพรและการฝังเข็มในด้านการพยาบาลก็ถือว่าอยู่ในขอบเขตของเทคโนโลยีที่เหมาะสมด้วย

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า ลักษณะที่สำคัญของเทคโนโลยีที่เหมาะสมควรมีลักษณะดังนี้คือ

1) ใช้ต้นทุนในการผลิตน้อย

- 2) วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น
- 3) สร้างงานให้แก่ท้องถิ่น รวมทั้งใช้แรงงานและฝีมือแรงงานในท้องถิ่น
- 4) เกษตรกรหรือกลุ่มบุคคลเล็ก ๆ สามารถเป็นเจ้าของได้
- 5) ง่ายต่อการใช้ ควบคุมและดูแลรักษา
- 6) สามารถผลิตได้จากโรงงานขนาดเล็กที่มีในหมู่บ้านหรือในย่านใกล้เคียง
- 7) สนับสนุนการทำงานเป็นกลุ่มแทนการทำงานแบบอิสระ
- 8) ใช้พลังงานที่สามารถทดแทนได้ เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ เชื้อเพลิงจากมูลสัตว์ และพลังงานกล้ามเนื้อจากคน
- 9) เป็นเทคโนโลยีที่สามารถเข้าใจได้ต้องแท้โดยคนในท้องถิ่น และสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้เหมาะสมกับงานได้
- 10) มีความคล่องตัวในการใช้งานและปรับปรุงให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ต่างๆ
- 11) ไม่มีปัญหาทางด้านกฎหมายหรือการปฏิบัติงาน

4) ประเภทของเทคโนโลยีที่เหมาะสม

ประเภทของเทคโนโลยีพื้นบ้าน จัดกลุ่มตามคุณลักษณะและที่มาของการสร้างเทคโนโลยีที่เหมาะสม (สำนักงานจังหวัดปราจีนบุรี. 2539 : 139-140) ดังนี้

4.1) เทคโนโลยีที่เหมาะสม ประเภทพลังงาน โดยอาศัยพลังงานที่มีอยู่ตามธรรมชาติมาใช้ ได้แก่ แสงอาทิตย์ กระแสลม ความร้อน ชีวมวล (แก๊ส) ที่ได้จากมูลสัตว์ และวัชพืช เป็นต้น สิ่งที่น่าสนใจประดิษฐ์ที่ใช้กันอยู่ตามพื้นบ้าน เช่น เครื่องอบข้าวด้วยพลังงานแสงอาทิตย์การชลประทานแบบหยดน้ำ กังหันลมท่อน้ำและสูบน้ำ เตาหุงข้าวโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์การจัดแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร เป็นต้น

4.2) เทคโนโลยีที่เหมาะสม ประเภทวัสดุเหลือใช้ โดยนำวัสดุที่มีเหลือใช้ในท้องถิ่นมาคิดประดิษฐ์และใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ เศษไม้ ฟืน ถ่าน ฟางข้าว แกลบ ขี้เลื่อยขี้ข้าวโพด ผักตบชวา มูลสัตว์ต่าง ๆ เป็นต้น สิ่งที่น่าสนใจประดิษฐ์และใช้กันอยู่ในหมู่บ้าน เช่น เตาแก๊สจากมูลสัตว์หรือวัชพืช ตู้เย็นใช้ไอเย็นจากถ่านหุงข้าว เตาเศรษฐกิจ ที่กรองน้ำ โดยใช้ถ่านหุงข้าว เป็นต้น

4.3) เทคโนโลยีที่เหมาะสม ประเภททรัพยากรในท้องถิ่น เป็นการคิดและสร้างเทคโนโลยีที่อาศัยทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาเป็นวัตถุดิบในการประดิษฐ์เป็นเครื่องมือเครื่องใช้

6. ผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสิ่งแวดล้อม

สิ่งแวดล้อม หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่รอบตัวมนุษย์ ทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น ทั้งที่มองเห็นได้และไม่สามารถมองเห็นได้ สิ่งแวดล้อมแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

6.1) สิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งอาจเป็นสิ่งมีชีวิต ได้แก่ มนุษย์ สัตว์ พืช ฯลฯ และเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต ได้แก่ ดิน น้ำ อากาศ แสงสว่าง เสียง รังสี ความรู้ ฯลฯ

6.2) สิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างที่มนุษย์สร้างขึ้นมา ทั้งนี้โดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

6.2.1) สิ่งแวดล้อมทางกายภาพหรือสิ่งแวดล้อมที่เป็นรูปธรรม หมายถึง สิ่งแวดล้อม ที่มนุษย์สร้างขึ้นมาและสามารถมองเห็นได้ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ อาคาร บ้านเรือน รถยนต์ ฯลฯ ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เอง

6.2.2) สิ่งแวดล้อมทางสังคมหรือสิ่งแวดล้อมที่เป็นนามธรรมหมายถึง สิ่งแวดล้อม มนุษย์สร้างขึ้นมาทั้งที่โดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ เป็นสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีตัวตน ไม่มีรูปร่าง การที่มนุษย์สร้างสิ่งแวดล้อมทางสังคมขึ้นมานี้ ก็เพื่อความจำเป็นของการอยู่ร่วมกันในสังคมนั่นเอง เช่น วัฒนธรรม ประเพณี ศาสนา กฎ ระเบียบ ข้อบังคับ ฯลฯ

การนำเอาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ได้ออกให้เกิดผลกระทบต่อมวลมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างมากมาย ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ และบุคคลที่เกี่ยวข้องได้แสดงความคิดเห็นไว้ดังนี้

การใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการผลิตทางด้านการเกษตรและการใช้ปุ๋ยและสารฆ่าแมลงได้ออกให้เกิดความเสื่อมโทรมของคุณภาพดิน ดินเป็นพิษและอาจแพร่กระจายลงสู่แม่น้ำลำธาร จนเป็นสาเหตุของน้ำเสีย และสารพิษตกค้างในอาหารและผลิตผลทางการเกษตร ส่วนทางด้านอุตสาหกรรมสารบางอย่างที่ใช้ในการผลิต เช่น ปรอท ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม และอื่น ๆ เป็นพิษอย่างร้ายแรงต่อสุขภาพอนามัยของผู้ที่ประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับสารเหล่านี้โดยตรงและต่อประชาชนทั่วไปโดยผ่านทางห่วงโซ่อาหารทั้งทางตรงและทางอ้อมถึงแม้มนุษย์จะสามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมได้บางส่วนโดยการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ แต่ก็ยังมีผลเสียหายนที่เกิดขึ้นตามมาอย่างไม่มีที่สิ้นสุด และสิ่งที่ต้องตระหนักในเทคโนโลยีนั้นก็คือ การศึกษาที่รอบคอบและการวางแผนโครงการตามความจำเป็น และเหมาะสมให้เกิดประโยชน์อย่างแท้จริงและในระยะยาวนานในอนาคตด้วย

สุวัณก์ นิยมคำ (2531 : 357-359) ได้สรุปผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งในด้านบวกและด้านลบ ดังปรากฏในตาราง 2 ต่อไปนี้

ตาราง 2 ผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้านบวก	ผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้านลบ
<u>ด้านเกษตร</u> ด้านการปรับปรุงสภาพดินด้วย การใช้ปุ๋ยเคมี การส่งเสริมการขยายพันธุ์สัตว์ การผลิตอาหารสัตว์ การปราบศัตรูพืชด้วย น้ำยาเคมี ฯลฯ	<u>ด้านเกษตร</u> ปุ๋ยเคมีชะลงไปในแม่น้ำลำคลอง ทำให้น้ำเป็นพิษ สัตว์น้ำอาจตายได้ พืชผักที่ ฉีดด้วยสารปราบศัตรูพืชมีอันตรายต่อชีวิต มนุษย์เช่นกัน
<u>ด้านพลังงาน</u> การสร้างพลังงานไฟฟ้าจาก น้ำตก ลม ถ่านหิน และจากพลังงานนิวเคลียร์ การนำพลังงานไฟฟ้า พลังงานลม พลังงาน แสงแดดไปใช้ในกิจการต่าง ๆ	<u>ด้านพลังงาน</u> อันตรายจากไฟฟ้า อันตราย จากพลังงานนิวเคลียร์ที่รั่วไหลออกมาจาก โรงงาน ฯลฯ
<u>ด้านอุตสาหกรรม</u> การนำความรู้วิทยาศาสตร์ ไปใช้ในอุตสาหกรรมเหล็กกล้า อุตสาหกรรม เหมืองแร่ อุตสาหกรรมแก้ว อุตสาหกรรม อิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ	<u>ด้านอุตสาหกรรม</u> น้ำเสียจากโรงงาน สาร เคมีที่ปะปนออกมา ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ปล่อยออกมาจากโรงงาน ล้วนแต่เป็นพิษ และทำให้เกิดมลภาวะ
<u>ด้านสื่อสาร</u> วิทยุ โทรศัพท์ โทรศัพท โทรเลข การสื่อสารผ่านดาวเทียม รถยนต์ รถไฟ เรือ รถจักรยานยนต์ เครื่องบิน ฯลฯ	<u>ด้านสื่อสาร</u> อันตรายจากรถยนต์ รถไฟและ เครื่องบินชนกัน ก๊าซที่ปล่อยออกมาทำให้ เกิดมลภาวะ
<u>ด้านสุขภาพ</u> การป้องกันโรค การรักษาโรค การผ่าตัดด้วยเครื่องมือที่ทันสมัย การวินิจฉัย โรคด้วยเครื่องมือที่ทันสมัย การผลิตยารักษา โรค ฯลฯ	<u>ด้านสุขภาพ</u> การติดต่อกันด้วยความสะดวก รวดเร็วจากยานพาหนะต่าง ๆ ก่อให้เกิดการ แพร่เชื้อโรครวดเร็วมาก
<u>ด้านอาหาร</u> การผลิตอาหาร การผลิต เครื่องมือ การเก็บรักษา และการถนอมอาหาร ฯลฯ	<u>ด้านอาหาร</u> อาหารกระป๋องเป็นพิษจาก กระป๋องและสารกันบูด อาหารที่เติมผงชูรส เป็นพิษ อาหารที่ผสมสี

ตาราง 2 (ต่อ)

ผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้านบวก	ผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้านลบ
ด้านที่อยู่อาศัยและความสะดวกสบายต่าง ๆ การก่อสร้างอาคารหลาย ๆ ชั้น การผลิตวัสดุ อุปกรณ์ การก่อสร้าง ตู้เย็น พัดลม เครื่อง ปรับอากาศ เครื่องดูดฝุ่น เครื่องซักผ้า ฯลฯ	ด้านที่อยู่อาศัยและความสะดวกสบายต่าง ๆ อันตรายจากการพังทลายของอาคาร การเกิด ไฟไหม้เนื่องจากไฟฟ้าลัดวงจร

จากข้อคิดเห็นดังกล่าวข้างต้นนั้น ทำให้มองเห็นว่าผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีทั้งทำให้เกิดคุณประโยชน์และก่อให้เกิดปัญหาบางอย่างต่อสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้น จุดมุ่งหมายในการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้จึงควรให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ขณะเดียวกันก็ต้องควบคุมให้เกิดผลกระทบในทางลบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด

7. แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยี

การพัฒนาเทคโนโลยี (Technological development) หมายถึง การพัฒนากำลังความสามารถทางเทคโนโลยีของประเทศให้สูงขึ้น จนถึงระดับหนึ่งที่สามารถพึ่งตนเองได้มากที่สุด จากความหมายของการพัฒนาเทคโนโลยี จึงเป็นการเพิ่มกำลังความสามารถทางเทคโนโลยีที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพ ขีดความสามารถในการผลิตเพียบพร้อมด้วยปริมาณ และคุณภาพที่สูงขึ้นจนถึงระดับที่ศักยภาพของบุคคล เศรษฐกิจ และสภาพแวดล้อมของประเทศจะรองรับได้ ความเป็นอิสระของประชาชนในชนบทและเงื่อนไขอื่นๆ ดังกล่าวแล้ว ดังนั้นเทคโนโลยีควรนำไปใช้ให้เกิดความเหมาะสมกับการดำรงชีวิตในท้องถิ่น ควรมีลักษณะสำคัญ ดังนี้

7.1) เป็นเทคโนโลยีเกี่ยวกับการปรับปรุงสภาพความเป็นอยู่ภายในครัวเรือนและหมู่บ้าน เช่น การเก็บสิ่งของภายในบ้านเพื่อป้องกันแมลงและฝุ่นละออง เครื่องกรองน้ำสะอาดแบบง่ายๆ เพื่อมีน้ำที่สะอาดไว้ดื่มในบ้าน และการฟื้นฟูที่อยู่อาศัยด้วยวัสดุพื้นบ้าน เป็นต้น

7.2) เป็นเทคโนโลยีเกี่ยวกับเครื่องทุ่นแรงและการปรับปรุงระบบการเกษตร เช่น การเพาะเห็ดฟางเพื่อใช้เป็นอาหารและจำหน่าย การขุดบ่อน้ำเพื่อใช้น้ำในระบบเกษตร และการเลี้ยงปลาในบ่อและในนาข้าว เพื่อเป็นอาหารและจำหน่าย เป็นต้น

7.3) เป็นเทคโนโลยีเกี่ยวกับการผลิต แปรรูป ถนอมและการเก็บรักษาอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์ น้ำผลไม้ การผลิตซอสจากผลไม้ และการถนอมอาหารเพื่อเป็นอาหารและสามารถจำหน่าย เป็นต้น

7.4) เป็นเทคโนโลยีเกี่ยวกับการพลังงานและพลังงานทดแทน เช่น เครื่องอบข้าว พลังแสงอาทิตย์ การเผาถ่านจากซังข้าวโพดและการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นเพื่อเป็นการประหยัดและป้องกันมลพิษในสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

จึงสรุปได้ว่าความเหมาะสมของเทคโนโลยีต้องสอดคล้องกับความต้องการ และ ศักยภาพทางด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สภาพแวดล้อมและเงื่อนไขต่าง ๆ ของชาวชนบท ในแต่ละท้องถิ่นเป็นสำคัญ

8. หลักการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้

การนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้ให้เกิดประโยชน์ มีข้อควรคำนึงถึง (เสริมพลรัตน์สุข. 2526 : 182) ดังนี้

- 1) เทคโนโลยีที่เหมาะสม ควรจะไปกับได้กับท้องถิ่น วัฒนธรรม เศรษฐกิจ และสภาพทางเศรษฐศาสตร์ ตัวบุคคล รวมทั้งแหล่งวิชาทางวัฒนธรรม
- 2) วิธีดำเนินการต่าง ๆ จะต้องทำให้คนในท้องถิ่นดำเนินการเองได้และใช้เป็น
- 3) การนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้ ต้องนำทรัพยากรมาใช้อย่างเต็มที่ (เครื่องมือที่มีอยู่แล้วในโรงเรียนจะต้องใช้อย่างเต็มที่)
- 4) ถ้านำเทคโนโลยีที่สำคัญมาใช้ ต้องมีการควบคุมโดยชุมชนในท้องถิ่น
- 5) เมื่อนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้ ต้องทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด (เช่น ให้ครูทำงานดีกว่าเดิม)
- 6) เทคโนโลยีที่เหมาะสมจะต้องลดมลภาวะต่าง ๆ ให้น้อยที่สุด
- 7) ต้องไม่ทำให้เกิดภาวะเสื่อมสลายในเชิงวัฒนธรรม
- 8) การกำหนดนโยบายทุกชั้น ต้องสัมพันธ์กับเรื่องราวในชุมชน

9. ทิศทางและนโยบายการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาประเทศ

จากนโยบายของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน)2532 :

331) สามารถอธิบายถึงแนวปฏิบัติเพื่อให้บรรลุผล ดังนี้คือ

- 1) การใช้เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรม มีการให้ความสำคัญเป็นพิเศษต่ออุตสาหกรรมพื้นฐาน อันได้แก่ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมโลหะ และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเพิ่มพูนคุณภาพของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพื้นฐาน อันจะช่วยลดปริมาณการนำเข้าผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพื้นฐาน รวมทั้งส่งเสริมให้เกิดอุตสาหกรรมในระดับสูงต่อไป ตัวอย่างของอุตสาหกรรมพื้นฐานดังกล่าวนี้

2) การใช้เทคโนโลยีเพื่อการเกษตร จะใช้เทคโนโลยีด้านเกษตรกรรม แผนใหม่วิศวกรรมการเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ รวมทั้งพันธุกรรมศาสตร์ ในการเพิ่มผลผลิตในการเกษตร การแปรรูปผลิตภัณฑ์การเกษตร การค้นคว้าและพัฒนาพันธุ์พืชและสัตว์ที่ดีขึ้น รวมทั้งการพัฒนาเครื่องจักรกลทางการเกษตรอีกด้วย

3) การใช้เทคโนโลยีเพื่อการพลังงาน จะมีการจัดหาค้นคว้าและวิจัยเพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานหลักของชาติซึ่งมีราคาถูกและใช้ได้อย่างถาวร

4) การใช้เทคโนโลยีเพื่อสิ่งแวดล้อม และการจัดการทรัพยากรจะมีการกำหนดมาตรฐานในด้านสิ่งแวดล้อม และดำเนินการอย่างจริงจังเพื่อคุณภาพของชีวิตประชาชน มุ่งวางแผนแก้ไขปัญาโดยไม่ขัดขวางการพัฒนาชาติ และจะวางแผนการใช้ทรัพยากรของชาติให้บังเกิดประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนั้นจะทำหน้าที่ในการจัดหาข้อมูลที่ถูกต้องอย่างแท้จริงเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของรัฐบาล ในการพิจารณาแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมของชาติพร้อม ๆ กันไปกับการพัฒนาประเทศชาติอย่างเหมาะสม

5) การใช้เทคโนโลยีเพื่อการป้องกันประเทศ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และการพลังงานจะให้ความร่วมมืออย่างใกล้ชิดกับกระทรวงกลาโหมเพื่อจัดหาและพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับความมั่นคงของชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านอาวุธยุทธรูปกรณ์และการสื่อสาร

10. แนวความคิดขั้นพื้นฐานในด้านเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับประเทศ

เทคโนโลยีที่เหมาะสมจะต้องเหมาะสมกับลักษณะทางเศรษฐกิจแรงงาน ภูมิประเทศและทรัพยากรของชุมชนหนึ่ง ๆ เป็นสำคัญ แนวความคิดนี้องค์การกองทุนเพื่อเด็กแห่งสหประชาชาติ (UNICEF) เชื่อว่าความคิดขั้นพื้นฐานในด้านเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับประเทศไทยจะช่วยบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของเทคโนโลยีหนึ่ง ๆ กับสภาพของท้องถิ่นที่จะนำเทคโนโลยีนั้น ๆ ไปใช้ ดังตาราง 3

ตาราง 3 สภาพพื้นที่กับชนิดของเทคโนโลยีที่เหมาะสม

สภาพพื้นที่	ชนิดของเทคโนโลยีที่เหมาะสม
1. มีกำลังซื้อน้อย	1. เทคโนโลยีราคาต่ำ
2. มีอัตราการว่างงานค่อนข้างสูง	2. เทคโนโลยีที่ใช้แรงงาน
3. มีแรงงานที่มีความชำนาญ (ทักษะ) ไม่มากนัก	3. เทคโนโลยีที่ง่ายไม่สลับซับซ้อน
4. มีการขาดดุลการค้าสูง	4. ผลผลิตที่สามารถทดแทนสินค้านำเข้าและ ผลผลิตที่สามารถขายเป็นสินค้าส่งออก
5. เงินทุนน้อย	5. การลงทุนต่ำ สินค้าหรือผลผลิตชนิดต่าง ๆ ที่สามารถขายได้ดี เครื่องมือง่าย
6. มีผลผลิตทางการเกษตรอุดมสมบูรณ์	6. การใช้ผลผลิตทางการเกษตรที่มีอยู่แล้ว การแปรรูปอาหาร อุตสาหกรรมการเกษตร
7. มีแร่ธาตุต่าง ๆ บริบูรณ์	7. การทำเหมืองแร่ ขุดแร่ แปรรูปต่าง ๆ และ การถลุงแร่ในขั้นพื้นฐาน
8. ขาดพลังงาน	8. การใช้พลังงานทดแทน ก๊าซธรรมชาติ แอลกอฮอล์ พลังงานแสงอาทิตย์ ถ่านหินลิกไนต์ ก๊าซชีวภาพ น้ำมันที่ได้จากหินที่เกิดจากโคลน
9. ขาดเครื่องมือขั้นพื้นฐาน	9. งานฝีมือ เครื่องมือราคาถูก

เนื่องจากเทคโนโลยีที่เหมาะสม เป็นแนวทางการพัฒนาทางการพัฒนาประเทศแนวใหม่ ซึ่งจำเป็นจะต้องระดมสรรพกำลังที่มีอยู่ในชุมชนทั้งภาครัฐและภาคเอกชนร่วมมือกันวิจัยพัฒนาและผลักดันให้การพัฒนาในแนวทางนี้สัมฤทธิ์ผล โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถาบันอุดมศึกษา ถือได้ว่าเป็นแหล่งวิชาการที่สำคัญที่สุดของท้องถิ่นและประเทศ เพราะสถาบันอุดมศึกษามีภารกิจที่สำคัญตามกฎหมายคือ การผลิตบัณฑิต การวิจัย การทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมและการบริการวิชาการแก่ชุมชน ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าสถาบันอุดมศึกษา ซึ่งได้แก่ มหาวิทยาลัย

สถาบันอุดมศึกษาอื่น ๆ จึงเป็นแหล่งที่เผยแพร่แนวความคิดทางด้านเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับท้องถิ่น และประเทศได้เป็นอย่างดี

สำหรับประเทศไทย ได้พยายามใช้สถาบันการศึกษา เช่น วิทยาลัยครู สถาบันเทคโนโลยีและมหาวิทยาลัยเป็นแหล่งสร้างแนวความคิดขั้นพื้นฐานด้านเทคโนโลยีที่เหมาะสมร่วมกับสถาบันอื่นๆ เพราะเป็นภารกิจที่จะต้องปฏิบัติดังนี้ (ชาติรี สารณู. 2537 : 149-151)

1) รวบรวมและเผยแพร่วิทยาการ เช่น

1.1) รวบรวมวิทยาการจากแหล่งต่างๆ ในรูปของเอกสารหรืออุปกรณ์สิ่งประดิษฐ์

1.2) รวบรวมและศึกษาเทคโนโลยีพื้นบ้านภายในประเทศ เนื่องจาก

เทคโนโลยีพื้นบ้านของไทยได้รับการพัฒนาโดยชาวบ้านเป็นเวลาหลายชั่วอายุคน บางชนิดก็สูญหายบางชนิดยังมีการใช้อยู่ และมีความสมบูรณ์ในตัวของมันเอง จึงจำเป็นต้องพัฒนาให้เกิดความเหมาะสมในการนำมาใช้กับการพัฒนา

1.3) เผยแพร่วิทยาการทั้งในแง่หลักการของเทคโนโลยีที่เหมาะสม เผยแพร่ในรูปคู่มือสร้างอุปกรณ์หรือสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ เผยแพร่อุปกรณ์สิ่งประดิษฐ์ที่ผ่านการปรับให้เหมาะสมกับชุมชนและฟื้นฟูเทคนิคพื้นฐานที่ยังมีประโยชน์อยู่ให้แพร่หลาย

2) ศึกษาวิจัยและพัฒนา เทคโนโลยีที่เหมาะสมมิใช่เทคโนโลยีที่ล้าสมัย ในทางตรงกันข้ามเป็นเทคโนโลยีที่ต้องรู้จักประยุกต์ใช้กฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ยุคใหม่อย่างเหมาะสม ความยากของเทคโนโลยีที่เหมาะสม ถูกกำหนดจากเงื่อนไขที่สำคัญ 3 ประการดังกล่าวแล้ว เช่น สภาพเศรษฐกิจของชุมชน ลักษณะของแรงงานที่ขาดทักษะ และต้องใช้ทรัพยากรจากท้องถิ่น ดังนั้นการศึกษาวิจัยและการปรับให้เหมาะสมกับเงื่อนไข 3 ประการ จึงเป็นงานสองขั้นตอนที่มีความสำคัญติดต่อกัน งานวิจัยอาจดำเนินงานในห้องทดลองของสถาบันการศึกษา แต่ผลที่ได้ต้องผ่านการนำไปทดลองในชนบท อาจสรุปปัญหาต่าง ๆ หลาย ๆ ครั้งและปรับแต่งจนเป็นที่ยอมรับ สามารถทำให้เป็นที่แพร่หลายได้ในชุมชน

3) ศึกษาค้นคว้าการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมสู่ชนบท วิธีการที่จะนำเทคโนโลยีสู่ชุมชน เพื่อที่จะปรับงานให้เหมาะสมกับชุมชนนั้นๆ เป็นกระบวนการที่สำคัญซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

3.1) ความเข้าใจระดับฝีมือของชาวชนบท การใช้เทคนิคในกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชน ทรัพยากรในชุมชนและความต้องการวัตถุดิบของชุมชน งานสำรวจรวบรวมข้อมูลภาคสนามเป็นสิ่งที่จำเป็น

3.2) การที่จะให้เกิดการเผยแพร่เพื่อบรรลุการยกระดับการประดิษฐ์ และความเป็นอยู่ของชาวชนบท จำเป็นต้องมีการให้การศึกษาอบรมเพื่อยกระดับฝีมือ และความรู้ทำให้ชาวชนบทสามารถเข้าร่วมการผลิต เข้าร่วมทำงาน พร้อมกับการเรียนรู้และการพัฒนาเทคโนโลยีด้วย ดังนั้นการให้การศึกษาอบรมแก่ชาวชนบทจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ

4) สร้างบุคลากร บุคลากรเป็นทรัพยากรพื้นฐานในการพัฒนาทุกๆ ด้าน ดังนั้น การสร้างหรือการพัฒนาบุคลากรควรมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ

4.1) บุคลากรที่ทำงานด้านค้นคว้าวิจัยและพัฒนา

4.2) บุคลากรที่ทำงานภาคสนามซึ่งจะต้องมีความรอบรู้ทางเทคนิคอย่างดี และ เข้าใจวิธีการเผยแพร่เทคโนโลยีสู่ชุมชน

จึงสรุปได้ว่า แนวความคิดขั้นพื้นฐานในด้านเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการพัฒนา ประเทศ ควรเริ่มต้นที่การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ก่อนเป็นอันดับแรก เพราะจัดเป็นรากฐานอัน สำคัญต่อการพัฒนาทุกๆ ด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาประเทศ จำเป็นจะต้องอาศัยศักยภาพของประชาชนที่มีความสามารถสูง มีจิตสำนึกในการพัฒนาตนเอง ให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงและนวัตกรรมเทคโนโลยีได้เป็นอย่างดี ดังนั้นองค์กรของภาครัฐ และเอกชนที่กระจายอยู่ในทุกพื้นที่ เช่น สถาบันการศึกษา หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ เทคโนโลยีต้องระดมสรรพกำลังอย่างจริงจัง มีความต่อเนื่องเพื่อร่วมกันสร้างและพัฒนาทรัพยากร มนุษย์ให้มีความรู้ความสามารถกับการใช้เทคโนโลยีให้เกิดความเหมาะสมกับการพัฒนาประเทศ มากยิ่งขึ้น

11. การพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี (Scientific and Technological literacy)

ปรีชา อมาตยกุล (2528 : 24) กล่าวว่า แนวทางเรียนรู้เทคโนโลยีจะต้อง อาศัยสิ่งต่อไปนี้คือ

1) เทคโนโลยีเบื้องต้น หรือเทคโนโลยีพื้นฐานมีให้ศึกษาได้ทั่วไปในธุรกิจประจำ วันของประชาชนทั่วไปในทุกส่วนของชุมชนทั้งในเมือง นอกเมืองและในชนบท แม้จะอยู่ห่าง ไกลการศึกษาคือการสังเกต ดูเขาทำ ดูเขาใช้เทคโนโลยีพื้นฐานและเทคโนโลยีอื่นๆ ได้ทั่วไป

2) วิทยาศาสตร์พื้นฐานในหลักสูตรและนอกหลักสูตร จากตำราวิทยาศาสตร์ทั่ว ไปทั้งวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ รวมทั้งรายการอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ทุก ประเภท ตลอดจนรายการเครื่องใช้ประจำวัน

3) รูปแบบต่างๆ ของเทคโนโลยีที่มีผู้คิดทำและปรากฏอยู่ในหนังสือต่างๆ มาก มาย

4) การคิดและริเริ่มที่จะทำให้เกิดเทคโนโลยีโดยเฉพาะ

5) การเข้าร่วมประชุมและสัมมนาเรื่องเทคโนโลยีโดยตรง

ภัทร ไชยเวช (ม.ป.ป. : 56-66) กล่าวว่าในการพัฒนาหลักสูตรวิทยา ศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาได้มีการสร้างหลักสูตรวิทยาศาสตร์ขึ้นใหม่ ปรับปรุงคุณภาพของ ครูวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการเตรียมวัสดุอุปกรณ์เพื่อใช้ในหลักสูตรใหม่นี้ แต่อย่างไรก็ ตามเมื่อเวลาผ่านไปกว่า 30 ปี ข้อมูลป้อนกลับที่ได้รับก็ยังชี้ให้เห็นว่า เรายังไม่อาจแน่ใจได้ว่า

เรามีบุคคลที่มีความรู้ความสามารถเชิงวิทยาศาสตร์ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์มากเพียงพอ ทั้งนี้จะเห็นได้จากนักเรียนที่เรียนเก่ง ยังมีจำนวนน้อยที่เลือกเรียนวิชา ต่างๆ ในสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์อย่างเต็มอกเต็มใจ ปัญหาของประเทศที่เรากำลังเผชิญอยู่ก็คือ ทำอย่างไรเราจะสามารถพัฒนาบุคคลให้เป็นผู้มีความรู้ความสามารถเชิงวิทยาศาสตร์ ประเทศของเรายังต้องการนักวิทยาศาสตร์วิศวกรและช่างเทคนิคอีกจำนวนมาก เรายังหวังว่าก้าวหน้าไปสู่โลกของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อการพึ่งพาตนเองหรือเป็นประเทศพัฒนาทางอุตสาหกรรม

นอกจากนี้การสร้างบุคคลให้เป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถเชิงวิทยาศาสตร์นั้น ต้องเริ่มต้นตั้งแต่นักเรียน ครูผู้สอนเนื้อหาวิชาในหลักสูตร และบุคลากรที่มีส่วนในการจัดหลักสูตรการเรียนการสอน ซึ่งต้องเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเชิงวิทยาศาสตร์ในตนเองอย่างแท้จริง ก่อนหลักสูตรสำหรับครูและอาจารย์โดยทั่วไปที่จะสอนวิชาวิทยาศาสตร์ จะจัดให้เรียนเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์มากมาย โดยเฉพาะเน้นหนักไปทางเนื้อหาวิชาที่เป็นความรู้ที่ได้จัดเตรียมไว้สำหรับนักวิทยาศาสตร์ จึงมักจะมีเนื้อหาหลัก ยากและมากมาย และส่วนใหญ่ยังไม่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตประจำวัน ครูวิทยาศาสตร์ต้องฝึกฝนทั้งเนื้อหา ทฤษฎีและการทดลองในห้องปฏิบัติการในช่วงระยะสั้น ๆ โดยมีแบบแผนการเรียนรู้ให้ปฏิบัติตาม เมื่อทำการทดลองจะต้องได้ผลตามที่วางจุดประสงค์ไว้ และมีการเขียนรายงานประกอบจึงจะเรียนจบหลักสูตร โดยประเมินผลจากระดับคะแนนที่ได้รับ ผู้เรียนไม่มีโอกาสทำผิด และต้องทำการทดลองให้สำเร็จทุกครั้ง คะแนนที่ได้จะขึ้นอยู่กับคำตอบที่ถูกต้องตามที่ครูต้องการเท่านั้น ผลกระทบที่สำคัญคือครูมีวิธีการนี้มาถ่ายทอดให้กับนักเรียน นักเรียนเรียนรู้วิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์อย่างผิด ๆ เพราะในทางปฏิบัติจริงแล้วนักวิทยาศาสตร์จะต้องเรียนรู้ ศึกษาค้นคว้า ทำการทดลองอีกมากมายหลายครั้ง และไม่มีโอกาสรู้เลยว่า อะไรคือผล หรือคำตอบที่ถูกต้อง

เนื่องจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์กันมาก วิชาวิทยาศาสตร์จึงเป็นวิชาหนึ่ง ที่สามารถสอดแทรกเรื่องของเทคโนโลยีเข้าไปได้อย่างเหมาะสม หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาในปัจจุบัน ก็ได้สอดแทรกตัวอย่างของเทคโนโลยีหรือเทคนิควิธีการที่เกิดจากการนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ไปประยุกต์บ้างแล้ว เช่น เทคโนโลยีเกี่ยวกับการขยายพันธุ์พืชและสัตว์ การถนอมผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว การผลิตสารเคมี การถลุงแร่ การผลิตเส้นใย ฯลฯ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการให้ความรู้ว่า สิ่งเหล่านั้นมีเทคนิควิธีในการผลิตอย่างไร เหตุใดเทคนิควิธีเหล่านั้นจึงให้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

12. การจัดการเรียนการสอนเทคโนโลยีในโรงเรียน

ธงชัย ชิวปรีชา (2531 : 15-16) ได้อธิบายว่า ในการจัดการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยี จำเป็นต้องสร้างค่านิยมในตัวผู้เรียนให้มีความคิดพื้นฐานว่า ผลผลิตอัน

สิ่งประดิษฐ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ ระบบและวิธีการต่าง ๆ อันทันสมัยที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้ ไม่ใช่สิ่งที่สมบูรณ์ที่สุด แต่ยังสามารถปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นได้อีก และยังมีเทคนิควิธีการต่าง ๆ อีกมากมายที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใหม่เพื่อประโยชน์ และอำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ในขณะที่เดียวกันก็ต้องสร้างให้ผู้เรียนมีจิตวิญญาณ และมีความมุ่งมั่น พร้อมทั้งจะปรับปรุงงานที่ตนเองกำลังปฏิบัติอยู่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น นั่นคือให้ผู้เรียนคิดอยู่เสมอว่า ทำอย่างไรจึงจะสามารถเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน ควบคุมคุณภาพให้ได้ผลผลิตเป็นที่พึงพอใจของผู้ใช้หรือลูกค้า

กล่าวโดยสรุป การจัดการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีไม่ว่าจะในระดับใด ควรจัดให้ผู้เรียนมีสมบัติและบรรลุถึงเป้าหมาย ดังนี้

- 1) ตระหนักว่าเทคโนโลยีหรือเทคนิควิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในปัจจุบันนั้นมีช่องทางที่จะปรับปรุงให้ดีขึ้นได้เสมอ
- 2) มีจิตวิญญาณ และความมุ่งมั่นที่จะทำการทดลองค้นคว้าหาเทคโนโลยีหรือเทคนิควิธีการใหม่ ๆ อยู่เสมอ
- 3) มีทักษะ และความสามารถที่เหมาะสมกับพื้นฐานความรู้ สภาพ และวัยของคนในการใช้หรือประยุกต์ ปรับปรุงเทคโนโลยีหรือเทคนิควิธีการที่ได้มีผู้พัฒนาไว้แล้ว
- 4) มีทักษะและความสามารถที่เหมาะสมกับพื้นฐานความรู้ สภาพ และวัยของคนในการที่จะลงมือทดลองค้นคว้าหาเทคโนโลยี หรือเทคนิควิธีการใหม่ ๆ ขึ้นมาใช้

การสร้างจิตวิญญาณแห่งความเป็นนักประดิษฐ์ นักพัฒนา นักค้นคว้าทดลองเพื่อหาเทคนิควิธีการใหม่ ๆ โดยหวังว่าจิตวิญญาณนี้จะติดตัวเขาไป เมื่อเขาเป็นผู้ใหญ่ไปประกอบอาชีพใด ๆ ก็จะสามารถประดิษฐ์ พัฒนา หรือค้นคว้าทดลองหาเทคนิควิธีการใหม่มาปรับปรุงกิจการ หรืออาชีพของเขาให้ก้าวหน้าอยู่เสมอ และถ้าหากเขามีโอกาสศึกษาต่อเพิ่มเติม จิตวิญญาณแห่งการเป็นนักประดิษฐ์ นักพัฒนา และค้นคว้าทดลองนี้ ก็จะช่วยให้เขาได้ประดิษฐ์พัฒนาหรือค้นคว้าทดลองหาความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ อันจะเป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติ ลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศได้ต่อไปในอนาคต สำหรับเนื้อหาความรู้ของวิชาเทคโนโลยีระดับโรงเรียนนั้น อาจให้นักเรียนเลือกตามความสนใจ เช่น วิชาเทคโนโลยีทางด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ด้านเทคโนโลยีชีวภาพ ด้านคอมพิวเตอร์และระบบควบคุม ด้านการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร เป็นต้น

13. เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology)

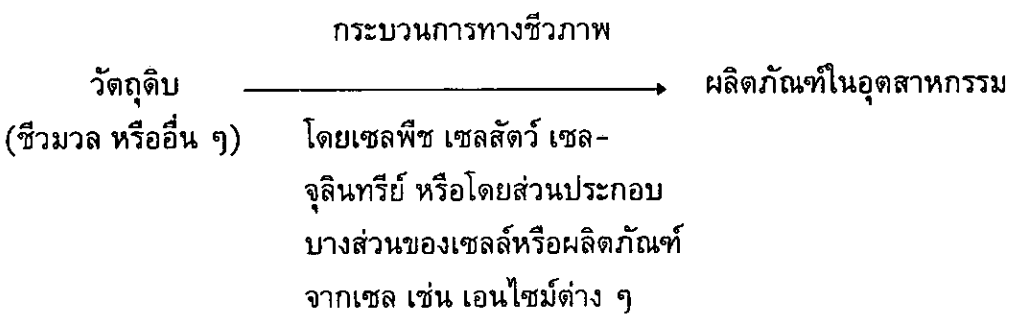
“เทคโนโลยีชีวภาพ” เป็นคำใหม่ที่ได้ยินกันมาประมาณ 10 ปีนี้เอง ทั้ง ๆ ที่มนุษย์ได้นำเทคโนโลยีชีวภาพมาใช้ในชีวิตประจำวันมาเกือบ 10,000 ปีแล้ว เช่น การทำเหล้าองุ่น เบียร์ ขนมปัง เนยแข็ง ตลอดจนอาหารหมักดองต่าง ๆ ที่คนไทยนิยม เช่น เต้าเจี้ยว น้ำปลา ซีอิ๊ว ปลาร้า เป็นต้น ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 1 อังกฤษ สหรัฐอเมริกาและแคนาดา

ใช้เทคโนโลยีชีวภาพผลิตอาซิโดนใช้ในสงคราม และในสงครามโลกครั้งที่ 2 ญี่ปุ่นผลิตแอลกอฮอล์ใช้ในการรบน้ำมัน ปัจจุบันคำว่า “ไบโอเทคโนโลยี” เป็นคำที่ใช้กันแพร่หลายทั่วโลก โดยเฉพาะในวงการธุรกิจและอุตสาหกรรมของประเทศต่าง ๆ ที่เจริญทางด้านเทคโนโลยี เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เยอรมัน ฝรั่งเศส อังกฤษ และประเทศอื่น ๆ ในยุโรปอีกหลายประเทศ

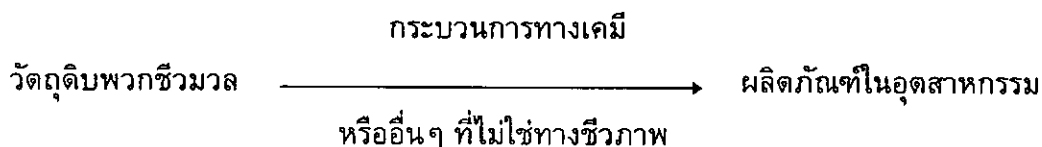
13.1) ความหมายของเทคโนโลยีชีวภาพ

เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) หมายถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใด ๆ ซึ่งใช้ระบบชีววิทยา ใช้สิ่งมีชีวิตหรือส่วนที่แยกออกจากสิ่งมีชีวิต เพื่อทำให้หรือเปลี่ยนแปลงผลผลิตหรือกระบวนการสำหรับการใช้ทางวิทยาศาสตร์ (กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2531) เป็นวิธีการที่มนุษย์นำเอาเซลล์ของพืช สัตว์และจุลินทรีย์มาใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อมวลมนุษย์ นอกจากนี้ยังเป็นเทคโนโลยีที่นำเอากระบวนการชีววิทยามาใช้ประโยชน์ โดยการใช้ความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตเพื่อประโยชน์ของมนุษย์ โดยครอบคลุมตั้งแต่เทคโนโลยีที่ใช้ในการเกษตรกรรม จนถึงการผลิตยารักษาโรค ตั้งแต่เทคโนโลยีค่อนข้างง่าย เช่น การทำน้ำปลาจนถึงเทคโนโลยีที่ยาก เช่น การออกแบบและสร้างโปรตีนใหม่ ๆ ที่มีคุณสมบัติพิเศษตามต้องการที่ไม่อาจหาได้จากธรรมชาติ เป็นต้น (วราวุฒิ ครุสง. 2529 : 12 ; ศิริ ฮามสุโพธิ์. 2537 : 12)

จะเห็นได้ว่า คำว่า “ไบโอเทคโนโลยี” มีความหมายกว้าง อาจจะมี ความหมายและขอบเขตต่างกันไปบ้าง ขึ้นอยู่กับผู้ให้คำจำกัดความและสภาพท้องถิ่น แต่โดยทั่วไปแล้วจะหมายถึงเทคโนโลยีที่ใช้กระบวนการทางชีวภาพ (Biological processes) ไปสร้างผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม และมีผลเชิงพาณิชย์ (Commercial products) ซึ่งอาจจะเขียนย่อๆ ได้ดังนี้



เทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปวัตถุดิบที่ได้จากชีวมวล เช่น จากพืช หรือสัตว์ ให้เป็นผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม โดยกระบวนการอื่น ที่ไม่ใช่กระบวนการทางชีวภาพ เช่น กระบวนการทางเคมี ก็จัดไว้เป็นเทคโนโลยีชีวภาพด้วย



ตามที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่า ประสิทธิภาพการแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมนั้น ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของกระบวนการที่ใช้ในการแปรรูป ในปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคทางวิศวกรรมพันธุศาสตร์มาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ของเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปเพื่อให้มีประสิทธิภาพ ในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเพิ่มขึ้น เทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้เทคนิคทางวิศวกรรมพันธุศาสตร์มาช่วยนี้ บางคนเรียกว่า “เทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่” (Modern biotechnology)

“เทคโนโลยีชีวภาพ” เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงในการผลิต สิ่งที่เป็นสำหรับมนุษย์หลายอย่าง จากวัตถุดิบที่ไม่มีทางจะหมดไปจากโลกตราบใดที่โลกยังมีแสงแดด น้ำ และอากาศ (วัตถุดิบเหล่านี้จัดเป็นพวก Renewable source) ดังนั้นเทคโนโลยีชีวภาพจึงมีบทบาทสำคัญในทางการแพทย์ การเกษตร อุตสาหกรรม และการกำจัดของเสีย

พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ หมายถึง การนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพในเรื่องเกี่ยวกับการใช้จุลินทรีย์เพื่อผลิตวัตถุดิบให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ในเรื่องกระบวนการหมักวัตถุดิบให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆ การนำสารเหลือทิ้งมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ให้เกิดประโยชน์ เช่น การผลิตน้ำส้มสายชู การผลิตวันน้ำมันมะพร้าว การผลิตก๊าซโซฮอลล์ การผลิตปุ๋ยชีวภาพ การผลิตก๊าซชีวภาพ ฯลฯ

13.2 ตัวอย่างของเทคโนโลยีชีวภาพ

ด้านการแพทย์ ได้แก่ การผลิตยาปฏิชีวนะโดยกระบวนการหมัก การผลิตวัคซีน โดยใช้ดีเอ็นเอสายผสม (Recombinant DNA) การผลิต Monoclonal antibodies สำหรับตรวจและรักษาโรค

ด้านการเกษตร ได้แก่ การผลิตพืชที่มีลักษณะทนแล้ง ผลผลิตสูง ฯลฯ โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue culture) การผลิตจุลินทรีย์ซึ่งช่วยตรึงไนโตรเจนในพืช การผลิตปศุสัตว์พันธุ์ดีโดยการถ่ายฝากตัวอ่อน (Embryo transfer) และการปฏิสนธิในหลอดแก้ว (In vitro fertilization)

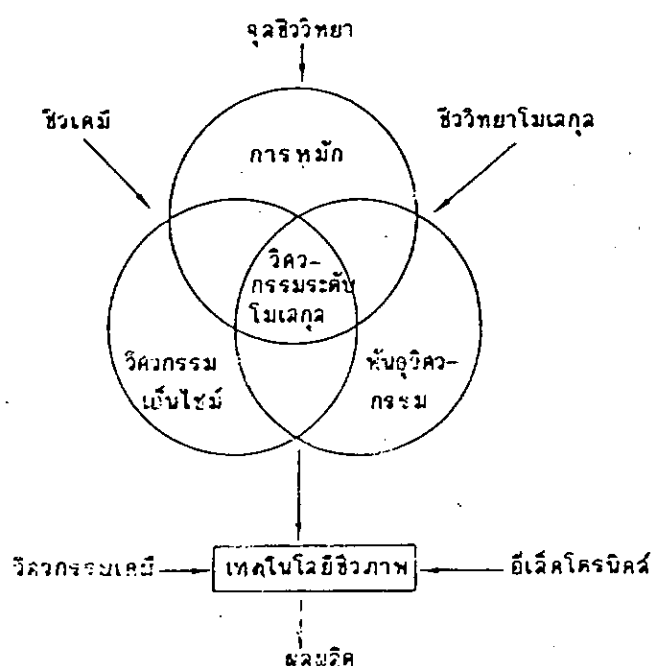
ด้านพลังงานและสิ่งแวดลอม ได้แก่ การผลิตแอลกอฮอล์จากแป้งและน้ำตาล โดยกระบวนการหมัก การสกัดน้ำมันดิบจากน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ (Polysaccharide) ที่ชื่อ Xanthan จากจุลินทรีย์ เพื่อเพิ่มความหนืดของน้ำซึ่งใช้เป็นตัวไล่ การขจัดน้ำเสีย ซึ่งมีสารอินทรีย์หรือจุลินทรีย์เจือปนสูง

ด้านอุตสาหกรรม ได้แก่ การผลิตกรดอะมิโน เช่น ไลซีน และผงชูรสโดยกระบวนการ

การหมัก การผลิตน้ำเชื่อมที่มีฟรุกโทสสูง (High-fructose syrup) โดยใช้เอนไซม์ Glucose isomerase) การสกัดแร่โลหะโดยใช้จุลินทรีย์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงสารอนินทรีย์ได้

สำหรับประเทศไทยนั้น เทคโนโลยีชีวภาพเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาประเทศมาก เพราะสภาพแวดล้อมของประเทศเอื้ออำนวยให้มีผลผลิตจากการเกษตรมาก อุตสาหกรรมแปรรูปวัตถุดิบจากการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูงขึ้น จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก เพราะจะทำให้ไทยสามารถส่งผลิตภัณฑ์ราคาสูง ออกขายแทนผลผลิตทางการเกษตรที่มีราคาต่ำ อุตสาหกรรมดังกล่าวส่วนมากเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีชีวภาพ ปัจจุบันอุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีชีวภาพในประเทศไทยยังมีน้อยมาก และส่วนมากเป็นอุตสาหกรรมที่ซื้อเทคโนโลยีมาจากต่างประเทศ และมีปัญหาเนื่องจากสภาพแวดล้อมและวัตถุดิบของประเทศผู้สร้างเทคโนโลยีต่างกับประเทศไทย รวมทั้งปัญหาการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้วย ดังนั้นประเทศไทยจึงมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างและพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นเอง พร้อมกับการสร้างคนที่มีความรู้ความสามารถทางเทคโนโลยีชีวภาพด้วย

ในแง่วิชาการแล้ว เทคโนโลยีชีวภาพมีลักษณะเป็นสหสาขาวิชาคือ เป็นวิชาการที่เกิดจากการประสานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์หลายสาขาวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ สาขาชีวเคมี จุลชีววิทยา เคมี พฤษศาสตร์ ชีววิทยา และวิศวกรรมกระบวนการ เป็นต้น ในงานบางอย่างอาจจะต้องใช้ความรู้สาขาอื่นมาประกอบด้วย เช่น สาขาแพทยศาสตร์ เกษศาสตร์ สัตวแพทยศาสตร์ ดังภาพประกอบ 31



ภาพประกอบ 31 แผนภูมิสาขาวิชาต่าง ๆ ประกอบกันเป็นเทคโนโลยีชีวภาพ

จากภาพประกอบ 31 วิชาหลัก 3 วิชา ได้แก่ ชีวเคมี จุลชีววิทยาและชีววิทยาโมเลกุลวิชาเหล่านี้ทำให้เกิดสาขาประยุกต์ 3 ด้านใหญ่ๆคือวิศวกรรมเอนไซม์ (Enzyme engineering) การหมัก (Fermentation) และพันธุวิศวกรรม (Genetic engineering) 3 สาขานี้ประกอบกันเป็นวิศวกรรมระดับโมเลกุล (Molecular engineering) การประยุกต์ของสาขาเหล่านี้ร่วมกับวิศวกรรมและอิเล็กทรอนิกส์ทำให้เกิดเทคโนโลยีชีวภาพ ส่งผลให้ได้ผลผลิตเป็นสินค้าออกมา

ลักษณะที่สำคัญของเทคโนโลยีชีวภาพ มี 2 ประการ คือ

1) ความเป็นสหวิชา กล่าวคือมีหลายแขนงวิชาประกอบกันอยู่ในเทคโนโลยีชีวภาพ นับตั้งแต่วิชาด้านพื้นฐาน เช่น ชีวเคมีและจุลชีววิทยา ไปจนถึงวิศวกรรมศาสตร์ ด้านการผลิตในโรงงานและเกษตรศาสตร์

2) ลักษณะที่มุ่งสู่การประยุกต์ โดยมีเป้าหมายทางการค้า หรือผลประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคมเป็นสำคัญ

13.3 ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการผลิตผลิตภัณฑ์ทางเทคโนโลยีชีวภาพ

ในการผลิตผลิตภัณฑ์ทางเทคโนโลยีชีวภาพ มีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง 2 ประการคือ (Croome and others. 1986 : 367)

- 1) ต้องมีตัวเร่งทางชีวภาพ (Biological catalyst) ซึ่งมีสมบัติเฉพาะต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ในการผลิตตัวเร่งทางชีวภาพนั้นใช้จุลินทรีย์ซึ่งคัดเลือกขึ้นมาโดยอาจใช้วิธีการผ่าเหล่า (Mutation) ด้วยการฉายแสงเอกซเรย์ไปที่จุลินทรีย์ทำให้มันมีความผิดปกติ ซึ่งถ้าเราควบคุมได้ก็จะทำให้จุลินทรีย์มีความสามารถผลิตตัวเร่งชีวภาพที่ต้องการได้
- 2) ต้องมีถังปฏิกรณ์ (Reactor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ส่วนที่เกิดกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพจะต้องควบคุมภาวะการผลิตได้ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง การเติมอากาศให้จุลินทรีย์ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมต่อการทำงานของตัวเร่งทางชีวภาพที่ใช้

13.4 สาขาของเทคโนโลยีชีวภาพ

เทคโนโลยีชีวภาพแบ่งได้เป็น 5 สาขา (Higgins, Best and Jones. 1985) คือ

- 1) เทคโนโลยีการหมัก (Fermentation technology) เป็นเทคโนโลยีในการใช้จุลินทรีย์ไปเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ (Substrate) ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ โดยเราสามารถควบคุมกระบวนการได้ มีขอบเขตที่กว้างนับตั้งแต่การผลิตเบียร์ เหล้า ยาปฏิชีวนะ จนถึงการพัฒนากระบวนการผลิตเชื้อจุลินทรีย์และการออกแบบสร้างถังปฏิกรณ์ที่เหมาะสม
- 2) เทคโนโลยีเกี่ยวกับของเสีย (Waste technology) เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการจัดการของเสียต่าง ๆ เช่น การทำลายของเสีย หรือการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์อีก ตัวอย่างเช่น การนำน้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมาใช้เลี้ยงสาหร่าย
- 3) เทคโนโลยีการสร้างแหล่งวัตถุดิบใหม่ (Renewable resource technology) เป็นเทคโนโลยีที่มุ่งพัฒนาแหล่งวัตถุดิบใหม่ ๆ เพื่อใช้ทดแทนหรือใช้เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ตัวอย่าง เช่น การนำมูลสัตว์มาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ
- 4) เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม (Environmental technology) เป็นเทคโนโลยีที่มุ่งแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น การควบคุมและการแยกของเสียที่เป็นพิษ
- 5) วิศวกรรมเอนไซม์ (Enzyme engineering) เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเอนไซม์ให้มีประสิทธิภาพสูงช่วยให้การผลิต เช่น การตรึงเอนไซม์ในการผลิตแอลกอฮอล์จากแป้งหรือน้ำตาล

13.5 บทบาทของเทคโนโลยีชีวภาพกับความต้องการของมนุษย์

เทคโนโลยีชีวภาพที่เจริญก้าวหน้าถึงศตวรรษที่ 20 นี้ มีประวัติย้อนหลังไปไกลถึงสงครามโลกครั้งที่ 2 เมื่อมีการผลิตเพนนิซิลลินเพื่อรักษาบาดแผล จึงเป็นจุดเริ่มต้นทำให้เกิดอุตสาหกรรมยาปฏิชีวนะขึ้นในปัจจุบัน และในภาวะของโลกปัจจุบันเมื่อน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาแพงและร่อยหรอลงไปทุกวัน ๆ จึงมีการนำจุลินทรีย์มาใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์จากน้ำตาลและแป้ง เพื่อทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงที่กำลังจะหมดไป ซึ่งต่อมาเทคโนโลยีชีวภาพได้ขยายตัวไปในแนวทาง ๆ ทั่วโลก และเกี่ยวข้องกับความต้องการของมนุษย์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) เทคโนโลยีชีวภาพกับอาหาร ขณะที่โลกมีแนวโน้มที่จะเผชิญปัญหาการขาดแคลนอาหารนักวิทยาศาสตร์ได้แก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการปรับปรุงพืชพันธุ์ใหม่ที่สามารถให้ผลผลิตสูง ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่แห้งแล้ง มีการใช้จุลินทรีย์หรือโปรตีนเซลล์เดียว (Single cell protein หรือ SCP) เช่น ยีสต์มาผสมอาหาร ทำให้มีโปรตีนสูง มีการผลิตโปรตีนจากรา (Mycoprotein) ให้มีโปรตีนสูงเทียบเท่ากับเนื้อสัตว์ ใช้ความรู้ทางพันธุวิศวกรรมทำให้แบคทีเรียสามารถผลิตฮอร์โมนที่ควบคุมการเจริญเติบโตให้สัตว์เพิ่มปริมาณเนื้อและนมให้มากขึ้น ฯลฯ

2) เทคโนโลยีชีวภาพกับสิ่งแวดล้อม การกำจัดขยะมูลฝอย ของเสียจากโรงงาน ไม่ว่าจะเป็นสารเคมีหรือค่านพิษ ล้วนแต่เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมโดยสิ้นเชิง จุลินทรีย์มีส่วนช่วยในการกำจัดของเสียเหล่านี้ได้และในบางครั้งยังสามารถสร้างสารอื่น ที่เป็นประโยชน์ต่อของเสียเหล่านั้น

3) เทคโนโลยีชีวภาพกับพลังงาน ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีชีวภาพทำให้เราผลิตพลังงานในรูปของแอลกอฮอล์เชื้อเพลิง (Fuel alcohol) และก๊าซมีเทนได้ในปริมาณที่สูงในอนาคต คาดว่าเราจะสามารถใช้ความรู้นี้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้เช่นกัน รถยนต์อาจใช้แอลกอฮอล์ที่ผลิตจากอ้อยแทนน้ำมัน หรืออาจใช้แอลกอฮอล์ผสมกับน้ำมันที่เรียกว่า “ก๊าซโซฮอล” หรือใช้ผลิตภัณฑ์พิเศษที่เรียกว่า “เบนโซฮอล” ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างน้ำมันเบนซินและเอทานอลไร้น้ำมันเชื้อเพลิงธรรมดาที่เคยใช้ได้

4) เทคโนโลยีชีวภาพกับการแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพได้ยู่รอบตัวเรามาเป็นเวลานานในรูปของยาปฏิชีวนะ เช่น เพนนิซิลลินและวัคซีนนานาชนิด ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีชีวภาพ ทำให้มนุษย์สามารถผลิตฮอร์โมนที่ควบคุมการเจริญเติบโต ซึ่งโดยปกติผลิตจากฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองของมนุษย์ และสามารถนำฮอร์โมนชนิดนี้มาให้กับคนไข้ได้สำเร็จ ในการผลิตนั้นแบคทีเรียพันธุ์วิศวกรรมปริมาณ 500 ลิตร สามารถผลิตฮอร์โมนได้มากเท่ากับฮอร์โมนที่ผลิตจากต่อมฮอร์โมนของมนุษย์ 35,000 ต่อมา (วัลลภา อรุณไพโรจน์. 2536) นอกจากนี้ยังสามารถผลิตสารที่เรียกว่า “โมโนโคลนอล แอนติบอดี” (Monoclonal antibodies) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีคุณสมบัติในการจำแนกแปลกปลอมที่เข้ามาในกระแสเลือด และในเนื้อเยื่อได้สำเร็จ โปรตีนชนิดนี้ช่วยแพทย์ในการตรวจหาและรักษาโรค เช่น

การตรวจการตั้งครรภ์ได้สิ่งที่น่าสนใจของวงการเทคโนโลยีชีวภาพคือ แบคทีเรียพันธุ์วิศวกรรมสามารถผลิตสาร “อินเตอร์เฟอรอน” (Interferon) ซึ่งมีผลต่อการรักษาโรคมะเร็งและโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสบางชนิด และสารนี้มีราคาแพงถึง 10 ล้านปอนด์ต่อกรัม นอกจากนี้ยังสามารถสร้างสารที่เรียกว่า “เออริโทรโพอิติน” (Erythropoietin) ซึ่งปกติสร้างขึ้นโดยไต สารนี้จะกระตุ้นการผลิตเม็ดเลือดแดงของเซลล์กระดูก ใช้ในการรักษาโรคโลหิตจางได้สำเร็จ ในอนาคตอันใกล้ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีชีวภาพจะช่วยให้ทางการแพทย์วินิจฉัยโรคได้เร็วขึ้น

5) เทคโนโลยีชีวภาพกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เทคโนโลยีชีวภาพมีบทบาทใกล้ชิดและเป็นกลไกที่สำคัญต่อการสนับสนุนงานด้านการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพอย่างยั่งยืน ตัวอย่างเช่น ในโครงการปลูกป่าทดแทน การนำเทคนิคการเพาะเลี้ยง เนื้อเยื่อผลิตกล้าไม้พันธุ์ดี ทำให้สามารถผลิตกล้าไม้ที่มีคุณภาพและปริมาณมากในระยะเวลาอันสั้น หรือใช้เทคนิคการผลิตเมล็ดเทียมในไม้สักและไม้โตเร็ว เพื่อลดการสูญเสียกล้าไม้อันเนื่องมาจากปัญหาการขนย้ายไปยังแหล่งปลูก การใช้เทคนิคทางพันธุกรรมพัฒนาจุลินทรีย์ที่มีความสามารถตรึงไนโตรเจนให้กับไม้ยืนต้นและพันธุ์ไม้หลายชนิดในป่า การอนุรักษ์ทรัพยากรทางพันธุกรรมที่มีอยู่น้อยหรือกำลังจะสูญพันธุ์ทั้งพืช สัตว์หรือจุลินทรีย์ โดยการเก็บรักษาด้วยเทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เทคนิคการแช่แข็งในไนโตรเจนเหลว ตลอดจนเทคนิคการเก็บรักษาในระดับเซลล์

นอกจากบทบาทในการสนับสนุนด้านอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพแล้ว เทคโนโลยีชีวภาพยังมีบทบาทในการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรชีวภาพอย่างยั่งยืน ได้แก่ การใช้ประโยชน์จากสารสกัดจากพืช สารสกัดจากสัตว์ สารสกัดจากจุลินทรีย์และตัวจุลินทรีย์เองทั้งในด้านการแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรม เป็นต้น

6) เทคโนโลยีชีวภาพกับการกำจัดโรคพืช เทคโนโลยีชีวภาพมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงวิธีการป้องกันกำจัดโรคพืชให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีชีวภาพที่เกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงเซลล์และเนื้อเยื่อ การผลิตไมโนโคลนอล แอนติบอดีและการใช้ประโยชน์จากสารพันธุกรรมของจุลินทรีย์และพืช ซึ่งสามารถนำวิธีการดังกล่าวนี้มาช่วยในการป้องกันกำจัดโรคโดยการผลิตพืชปราศจากเชื้อโรคโดยเฉพาะเชื้อไวรัส การผลิตพืชพันธุ์ต้านทานโรค การผลิตชีวอินทรีย์ที่ใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืชโดยชีววิธี การผลิตจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารที่เป็นพิษต่อธรรมชาติหรือการผลิตจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์อื่นๆ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการช่วยพิสูจน์เชื้อที่เป็นสาเหตุโรคและการวินิจฉัยโรค

จากที่ได้กล่าวมาแล้วโดยย่อถึงบทบาทของเทคโนโลยีชีวภาพกับความต้องการของมนุษย์คงจะเป็นจุดเริ่มต้นของความเข้าใจทางเทคโนโลยีชีวภาพได้ ยังมีอีกมากมายที่นักวิทยาศาสตร์ และเยาวชนรุ่นใหม่จะต้องดำเนินการค้นคว้าต่อไป

13.6 ตัวอย่างวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับใช้ในเทคโนโลยีชีวภาพ

วัตถุดิบที่นิยมใช้จะต้องหาง่ายและราคาถูก ส่วนใหญ่แล้ววัตถุดิบมาจาก ผลผลิตและผลพลอยได้ทางการเกษตร ผลิตภัณฑ์จากโรงงานอุตสาหกรรมและผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมหลายอย่าง ในการผลิตผลิตภัณฑ์สามารถใช้วัตถุดิบหลายอย่างทดแทนกันได้วัตถุดิบบางอย่างที่เหมาะสมสำหรับใช้ในเทคโนโลยีชีวภาพ มีดังนี้

1) น้ำตาล ได้แก่ น้ำตาลจากอ้อย หัวบีท เป็นต้น น้ำตาลเป็นวัตถุดิบที่หาง่ายและสามารถนำมาใช้ในการผลิตได้ดี

2) กากน้ำตาล (Molasses) เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอนที่ราคาถูก มีลักษณะข้นเหนียว สีน้ำตาลดำ เป็นส่วนของของเหลวที่เหลือหลังจากการแยกเอาผลึกน้ำตาลออกแล้ว องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครสที่ไม่ตกผลึกในการผลิตน้ำตาลทรายจะมีกากน้ำตาลเกิดขึ้น 4-6 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณอ้อยที่ใช้ในการผลิต นิยมใช้มากในอุตสาหกรรมการหมัก กากน้ำตาล มีหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กันมากคือ กากน้ำตาลที่ได้จากน้ำตาลทรายจากอ้อย (Blackstrap molasses) จัดว่าเป็นกากน้ำตาลราคาถูกที่สุด มีปริมาณน้ำตาลประมาณ 50-55 เปอร์เซ็นต์ โดยมากมักใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบในการหมักแอลกอฮอล์ การผลิตกรดอินทรีย์ (เช่น กรดมะนาว) การผลิตยีสต์ ขนบ่ม และการผลิตยาปฏิชีวนะ

3) แป้ง ส่วนใหญ่ได้มาจากผลผลิตทางการเกษตรพวกธัญพืช เช่น ข้าวเจ้า ข้าวสาลี ข้าวโพดและพืชพวกหัว เช่น มันฝรั่ง มันสำปะหลัง แป้งประกอบด้วยอไมโลส (Amylose) และอไมโลเพคติน (Amylopectin) ในอัตราส่วนแตกต่างกันไปโดยปรกติแล้วแป้งไม่ละลายในน้ำเย็น ดังนั้นก่อนนำมาใช้จึงต้องผ่านการแปรรูปก่อนการย่อยด้วยกรดหรือเอนไซม์เพื่อให้แป้งละลายและถูกย่อยสลายไปเป็นเดกซ์ทริน และกลูโคส อุตสาหกรรมที่นิยมใช้แป้งเป็นวัตถุดิบเช่น การผลิตน้ำเชื่อมกลูโคสหรือฟรุคโตส การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวและการหมักแอลกอฮอล์ เป็นต้น

4) เซลลูโลสและลิกโนเซลลูโลส ส่วนใหญ่เป็นผลพลอยได้จากการเกษตร เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย ชังข้าวโพด รำข้าว เศษไม้ เศษกระดาษ ส่วนประกอบส่วนใหญ่ประกอบด้วยพันธเคมีที่จับกันอย่างซับซ้อน ดังนั้นเมื่อนำมาใช้จึงต้องผ่านขั้นตอนในการแปรรูปโดยอาศัยการย่อยด้วยกรดหรือเอนไซม์ แต่เป็นวิธีที่ซับซ้อนกว่าในกรณีที่ใช้แป้งเป็นวัตถุดิบ ในอนาคตข้างหน้าคิดว่า วัตถุดิบพวกนี้จะมีประโยชน์อย่างมากต่อเทคโนโลยีชีวภาพ นอกเหนือไปจากการนำไปทำปุ๋ยชีวภาพ

5) น้ำทิ้งจากโรงงาน เช่น น้ำแช่ข้าวโพด เป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแป้งข้าวโพดหรือน้ำเชื่อมจากข้าวโพด ในน้ำแช่ข้าวโพด มีกรดแลคติกประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของของแข็งนอกจากนั้นเป็นกรดอะมิโน กลูโคส วิตามิน ฯลฯ น้ำกรดที่ใช้ย่อยเยื่อกระดาษ เป็นของเหลวที่ได้จากการย่อยชิ้นไม้ด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ภายใต้อุณหภูมิและ

ความดันสูงเพื่อผลิตเยื่อเซลลูโลสสำหรับการทำกระดาษ มักนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการหมัก เช่น การผลิตแอลกอฮอล์หรือเซลล์ยีสต์เพื่อเป็นอาหารสัตว์

6) ไฮโดรคาร์บอนจากการกลั่นน้ำมัน โดยมากเป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมัน เช่น มีเทน เมทานอล เอทานอล อัลเคน ฯ ส่วนใหญ่สามารถนำไปใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดี่ยวและสารอินทรีย์บางชนิด

13.7 เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการผลิตทางอุตสาหกรรม

กระบวนการเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งใช้ในการผลิตทางอุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ

1) การเตรียมผลผลิต ในระดับอุตสาหกรรมมักใช้จุลินทรีย์ ซึ่งจะสามารถเพาะเลี้ยงได้เป็นปริมาณมาก โดยใช้กระบวนการหมัก ผลผลิตที่ต้องการอาจเป็นตัวจุลินทรีย์เองหรือสารที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้น เช่น ยาปฏิชีวนะ หรือกรดอะมิโน เป็นต้น

2) การแยกผลผลิตออกมาให้บริสุทธิ์ ส่วนมากมักใช้วิธีการทางเคมีวิเคราะห์ เช่น การสกัด การแยกโดยการกรอง การตกผลึก การกลั่นและโครมาโตกราฟี ในการพัฒนาการผลิตทางอุตสาหกรรมนั้น ขั้นแรกจะต้องทดลองในห้องปฏิบัติการก่อน เพื่อศึกษาถึงชนิดของจุลินทรีย์และสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสร้างผลผลิตนั้น นอกจากนี้ต้องมีการศึกษาขั้นต้นในห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับการแยกผลผลิตที่ต้องการให้บริสุทธิ์ด้วยก่อนที่จะศึกษาในขั้นต่อไป การศึกษาขั้นแรกในห้องปฏิบัติการนั้น ใช้วัตถุดิบที่มีปริมาณไม่มากนัก และได้ผลผลิตที่ต้องนำมาแยกให้บริสุทธิ์เป็นปริมาณน้อยเช่นเดียวกัน

การศึกษาขั้นต่อไปคือการเพิ่มระดับการผลิต เพื่อให้ได้สารหรือจุลินทรีย์ที่ต้องการเป็นปริมาณมากในระดับอุตสาหกรรม ภาวชนะที่ใช้ผลิตสารหรือจุลินทรีย์เรียกว่า เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพ (Bioreactor) หรือถังหมัก (Fermenter) ซึ่งในการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ อาจมีความจุต่ำกว่า 10 ลิตร การเพิ่มระดับการผลิตต้องทำในโรงงานทดลอง ซึ่งอาจใช้ถังหมักที่มีความจุ 100 - 1,000 ลิตร ในการผลิตระดับอุตสาหกรรมจริง ๆ ถังหมักอาจมีความจุถึงหลายหมื่นลิตรก็ได้

จะเห็นว่าเทคโนโลยีชีวภาพคือการใช้ความรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตให้เป็นประโยชน์ในการผลิตผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ในการผลิตสินค้าเวชภัณฑ์ สารเคมีหรือในกระบวนการทางอุตสาหกรรมต่างๆ เทคโนโลยีมีลักษณะเป็นวิทยาการหลายสาขาทั้งชีวเคมี จุลชีววิทยาและวิศวกรรม ส่วนของชีวเคมีที่มีความสำคัญมาก ได้แก่ พันธุวิศวกรรม การเร่งทางชีวภาพเมตาบอลิซึมและชีวเคมีของจุลินทรีย์ รวมทั้งเคมีวิเคราะห์ที่ใช้ในการแยกผลผลิตด้วย

13.8 แหล่งทรัพยากรการผลิตชีวสารโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ

ชีวสารซึ่งมีประโยชน์และคุณค่าทางอาหาร ยารักษาโรค ตลอดจนอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้ด้วยเซลล์สิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด เช่น จุลินทรีย์ พืชสัตว์ ฯลฯ

วิวัฒนาการของการผลิตชีวสารโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ เริ่มต้นและศึกษากันอย่างกว้างขวางจากการใช้จุลินทรีย์ จนกระทั่งเมื่อไม่นานมานี้จึงเริ่มต้นหันมาสนใจใช้เซลล์พืชและสัตว์เป็นแหล่งผลิตชีวสารกันบ้าง

ถ้ากล่าวอย่างกว้าง ๆ แล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากจุลินทรีย์ซึ่งนับว่ามีความสำคัญในระดับอุตสาหกรรม จัดแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ คือ (สงศรี กุลปรีชา. 2529 : 12-14)

- 1) จุลินทรีย์ทั้งเซลล์ ได้แก่ Single cell protein (SCP)
- 2) บทโมเลกุล (Macromolecules) เช่น เอนไซม์ชนิดต่างๆ
- 3) ผลผลิตที่มีความจำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ (Primary metabolic product) เช่น เอนไซม์, กรดอะมิโน, กรดนิวคลีอิก, ฮอร์โมน ฯลฯ

4) ผลผลิตที่ไม่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ (Secondary metabolic product) เช่น ปฏิชีวนะสาร, กรดอินทรีย์, Polysaccharide, วิตามินบางชนิด เป็นต้น

เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ แล้ว การผลิตสารที่มีประโยชน์ต่างๆ โดยการใช้จุลินทรีย์ นับว่ามีข้อได้เปรียบกว่าหลายประการ เช่น

1) เซลล์มีขนาดเล็ก ดังนั้นจึงมีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตร (Surface to volume ratio) สูง ซึ่งมีผลต่อการส่งผ่านสารอาหารไปสู่เซลล์ได้รวดเร็ว และทำให้อัตราการของเมตาบอลิซึมสูง ตัวอย่างเช่น อัตราการผลิตโปรตีนในยีสต์สูงกว่าในถั่วเหลืองมาก และจากการที่เซลล์ขนาดเล็ก ทำให้สามารถเลี้ยงเชื้อปริมาณมากในพื้นที่น้อยๆ ได้

2) เจริญเติบโตเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ จุลินทรีย์มีอัตราการแบ่งตัวสูงมาก เช่น จุลินทรีย์บางชนิดแบ่งตัวเพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่า ภายในเวลา 15 นาที ดังนั้นจึงใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงเชื้อเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ต้องการได้ในเวลาสั้น

3) เจริญเติบโตในสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันมาก แสดงถึงวิวัฒนาการของจุลินทรีย์มีกว้างขวางมาก ตัวอย่างเช่น พบจุลินทรีย์บางชนิดเจริญอยู่ได้ในที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง หรือบางชนิดมีชีวิตรอดอยู่ในที่มีอุณหภูมิสูงเกือบถึงจุดเดือดของน้ำ

4) มีปฏิกิริยาเมตาบอลิซึมได้หลายชนิด ทำให้สามารถปรับตัวต่อแหล่งของสารอาหารได้มากชนิด จึงมีข้อได้เปรียบที่สามารถเลือกใช้สารอาหารราคาถูก เช่น กากน้ำตาล corn steep liquor, น้ำเสียหรือน้ำทิ้ง สำหรับการเลี้ยงเชื้อในระดับอุตสาหกรรมได้

13.9 เทคโนโลยีชีวภาพกับการประยุกต์ทางด้านอุตสาหกรรมในประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีวัตถุดิบมากมาย เช่น มีกากน้ำตาล (Molasses) ในปริมาณที่มากมาย ใช้เป็นวัตถุดิบที่ดีเยี่ยมในการทำ fermentation หลาย ๆ ประเภท หรือมีแป้ง เช่น แป้งมันสำปะหลัง ที่มีคุณภาพดีและปริมาณมากพอที่จะใช้ในอุตสาหกรรมใหญ่ ๆ ได้ วัตถุดิบเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการทำอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีชีวภาพได้อย่างดีทั้งนั้น ในปัจจุบันอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีในประเทศไทย อาจแบ่งอย่างคร่าว ๆ ได้ 2 ประเภท คือ ประเภทอุตสาหกรรมใหญ่ซึ่งมีอยู่ไม่มากนัก ได้แก่ การผลิตแอลกอฮอล์ และผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับแอลกอฮอล์ เช่น สุรา เบียร์ และไวน์ต่าง ๆ หรือผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับอาหาร เช่น ผงชูรส, (Monosodium glutamate) กรดมะนาว (Citric acid), ยาคูลท์ (Yakult) และยีสต์ (ในรูปของ feed yeast หรืออาหารสัตว์) เป็นที่น่าสังเกตว่าประเทศไทยยังมีโรงงานอุตสาหกรรมใหญ่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีชีวภาพค่อนข้างน้อย อุตสาหกรรมบางประเภท เช่น การผลิตยาปฏิชีวนะหลาย ๆ ประเภท การผลิตกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับอาหารสัตว์ เช่น L-lysine หรือ L-Methionine และการผลิตเอ็นไซม์นั้น เราต้องสั่งซื้อผลิตภัณฑ์เหล่านี้จากต่างประเทศ และต้องเสียเงินตราต่างประเทศมากมาย ทั้ง ๆ ที่ประเทศไทยเรามีวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เหล่านี้อยู่มากมายอยู่แล้วก็ตาม (Bu'Lock and Kristiansen. 1987 : 448)

13.10 อนาคตภาพและศักยภาพของการใช้เทคโนโลยีชีวภาพ ในการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

จากสถานการณ์ปัจจุบันของมลสาร พบว่าปัจจุบันมลสารในสิ่งแวดล้อมได้เกิดขึ้นในปริมาณสูง ทั้งอากาศเสีย น้ำเสียและขยะมูลฝอย การลดปริมาณมลสารในสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งที่จำเป็นและจะต้องกระทำเพื่อป้องกันมิให้สภาวะแวดล้อมเสื่อมโทรมลงกว่าที่เป็นอยู่ แม้ว่าในปัจจุบันได้มีการศึกษาการกำจัดมลสารโดยใช้ขบวนการชีวภาพทั้งใน และนอกประเทศกันอย่างกว้างขวาง แต่ผลของการศึกษาดังกล่าวยังมีการนำมาใช้กันเป็นส่วนน้อย

ปัจจุบันได้มีการใช้ระบบบำบัดโดยเทคโนโลยีชีวภาพกันอย่างกว้างขวาง แต่ก็ได้พบบ่อยครั้งว่า จะเกิดปัญหาในการควบคุมระบบให้ได้ประสิทธิภาพตามที่ต้องการ การออกแบบระบบบำบัดวิศวกรรมผู้ออกแบบมักจะอาศัยข้อมูลจากต่างประเทศเป็นหลัก ซึ่งไม่เหมาะสมกับสภาวะการณ์ของประเทศไทย จึงทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว นอกจากนี้ระบบที่ใช้ในปัจจุบันมักจะเป็นระบบที่ใช้พลังงานสูงจึงทำให้ผู้ประกอบการไม่ต้องการที่จะเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดมลสาร

การศึกษาวิจัยในปัจจุบันจะพบว่า ศึกษากันในระดับพื้นฐาน (Basic research) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1) การศึกษาระบบบำบัด

2) การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน (Background) หรือการสำรวจข้อมูล

ซึ่งการศึกษาทั้ง 2 แบบ ยังไม่ส่งผลถึงขั้นการศึกษาระดับ pilot plant

ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าศักยภาพของการศึกษาวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับมลสารชุมชน โดยขบวนการชีวภาพ น่าจะเน้นหนักไปดังนี้

1) การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการใช้บำบัดมลสาร ในลักษณะของการนำวัสดุที่มีในประเทศมาประยุกต์ใช้เพื่อได้ประโยชน์สูงสุด

2) การใช้ประโยชน์จากผลผลิตจากระบบบำบัดมลสาร

จากการวางแผนทางในการศึกษาวิจัยดังกล่าว น่าจะทำให้ผลที่ได้จากการวิจัยเป็นที่สนใจต่อผู้เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะผู้ประกอบการอุตสาหกรรมและหน่วยราชการที่เกี่ยวข้อง อันจะทำให้เกิดประโยชน์ในการกำจัดมลสารในสิ่งแวดล้อมและประหยัดค่าใช้จ่ายในการควบคุมระบบตลอดจนการมีผลได้จากผลผลิตที่เกิดจากการควบคุมระบบ

จากความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีชีวภาพ จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพ เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของประเทศในอนาคตต่อไป

งานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้า

งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร

งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรที่ดำเนินการวิจัยในลักษณะวิจัยและพัฒนาที่น่าสนใจ และได้นำมาศึกษาเพื่อได้แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการวิจัยในการพัฒนาหลักสูตร มีดังต่อไปนี้ เช่น งานวิจัยของ สมบูรณ์ ดันยะ (2524) เรื่องการพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมเพื่อสร้างเสริมสมรรถภาพด้านการสอนของครูประจำการระดับประถมศึกษา โดยกระบวนการวิจัยแบ่งออกเป็นสามขั้นตอนคือ ขั้นแรก สำรวจความต้องการของครูประจำการระดับประถมศึกษาในการที่จะสร้างเสริมสมรรถภาพด้านการสอนของตนเอง ขั้นที่สอง พัฒนาโครงสร้างของหลักสูตรการฝึกอบรมเพื่อสร้างเสริมสมรรถภาพด้านการสอนของครูประจำการระดับประถมศึกษาขึ้นมา โดยอาศัยพื้นฐานจากความต้องการของครูประจำการระดับประถมศึกษาที่ได้จากการสำรวจในขั้นที่หนึ่ง และขั้นสุดท้ายของกระบวนการวิจัยเป็นการประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตรการฝึกอบรม ที่พัฒนาขึ้นมาในขั้นที่สอง โดยอาศัยความคิดเห็นจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญตามกระบวนการวิจัยโดยใช้เทคนิคเดลฟาย (Delphi Technique) หลักสูตรที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ไม่ได้มีการทดลองใช้ แต่หาประสิทธิภาพของหลักสูตรโดยให้ผู้เชี่ยวชาญตัดสินงานวิจัยที่น่าสนใจขึ้นต่อมาคืองานวิจัยของ นิภา ทองไทย (2525) เรื่องหลักสูตรการอบรมเลี้ยงดูเด็กวัยก่อนเรียนสำหรับพ่อแม่ในชุมชนเกษตรกรรมชนบท งานวิจัยชิ้นนี้มีกระบวนการวิจัยที่แบ่งออกเป็นสี่ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่หนึ่ง ผู้วิจัยสำรวจชุมชนเพื่อดูสภาพปัญหาและความต้องการของคนในชุมชนเกี่ยวกับการอบรมเลี้ยงดูเด็กวัยก่อนเรียน โดยดำเนินการสำรวจชุมชนเกษตรกรรมชนบทและสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่เป็นพ่อแม่ของเด็กวัยก่อนเรียนในชุมชน ขั้นตอนที่สอง ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาโครงสร้างของหลักสูตร โดยกำหนดให้หลักสูตรมีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ สภาพปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตรและหน่วยการอบรม ซึ่งแต่ละหน่วยประกอบด้วย จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาการอบรม กิจกรรมและวิธีการอบรม และวิธีประเมินผลผู้เข้ารับการอบรม โครงสร้างของหลักสูตรที่ได้กำหนดขึ้นนี้ ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาหลักสูตร ด้านจิตวิทยาพัฒนาการ ด้านการให้การศึกษาผู้ใหญ่ และด้านการอบรมเลี้ยงดูเด็กก่อนวัยเรียน จำนวน 20 คน ประเมินความสอดคล้องภายในองค์ประกอบของหลักสูตร ขั้นตอนที่สาม ผู้วิจัยนำหลักสูตรไปทดลองใช้ในชุมชนที่ได้สำรวจไว้ในขั้นตอนที่หนึ่ง โดยทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 14 คน นอกจากนี้ยังมีการประเมินการใช้หลักสูตร โดยผู้ใช้หลักสูตรซึ่งได้แก่ผู้ทำการอบรม และผู้เข้ารับการอบรมประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบภายในหน่วยการอบรมในเรื่องเนื้อหาการอบรม กิจกรรมและวิธีการอบรม และวิธีการประเมินผลผู้เข้ารับการอบรม ขั้นตอนที่สี่ ผู้วิจัยพัฒนาและปรับปรุงหลักสูตรหลักสูตรฉบับสมบูรณ์ ในการวิจัยของ นิภา ทองไทย นี้ การประเมินเพื่อพิจารณาว่าหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นเกิดประสิทธิผลหรือไม่

โดยใช้การทดลองใช้จริงในกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา ซึ่งทำให้ได้ผลเชิงประจักษ์ที่ชัดเจนกว่าการประเมินด้วยเทคนิคเดลฟาย ส่วนงานวิจัยของสรรพ วรอินทร์ (2529) เป็นงานวิจัยที่มีขั้นตอนชอยย่อยเน้นออกมาในลักษณะวิจัยและพัฒนาชัดเจนมากขึ้น สรรพ วรอินทร์ ได้พัฒนาชุดการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาระดับความสามารถทางเศรษฐกิจของเยาวชนนอกโรงเรียน โดยมีขั้นตอนการวิจัย 9 ขั้นตอน คือขั้นที่หนึ่ง ระบุความต้องการในการฝึกอบรม ขั้นที่สอง ยกวางชุดฝึกอบรม ขั้นที่สาม ระบุความจำเป็นในการฝึกอบรมของกลุ่มประชากร ขั้นที่สี่ ปรับปรุงชุดฝึกอบรมให้สอดคล้องกับกลุ่มประชากร ขั้นที่ห้า ทดลองใช้ชุดฝึกอบรม ขั้นที่หก ปรับปรุงชุดฝึกอบรมครั้งที่สอง ขั้นที่เจ็ด ทดลองฝึกอบรม ขั้นที่แปด ประเมินผลหลังการฝึกอบรม ขั้นที่เก้า ปรับปรุงชุดฝึกอบรมครั้งที่สาม สำหรับงานวิจัยของสมพงษ์ สิงหะพล (2530) เรื่องการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบภาคสนามสำหรับวิชาหลักการสอน เป็นงานวิจัยที่มีกระบวนการวิจัยเน้นหนักไปทางทดลองรูปแบบ โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกเป็นการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบภาคสนามสำหรับวิชาหลักการสอน ซึ่งใช้การวิเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาสังเคราะห์และออกแบบรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบภาคสนามสำหรับวิชาหลักการสอนขึ้น ตอนที่สอง เป็นการทดลองรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบภาคสนามที่พัฒนาขึ้น การทดลองใช้ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่มีการสอนแบบปกติ ใช้เนื้อหาและสื่อหลักเหมือนกันแตกต่างกันเพียงวิธีการสอนและสถานที่ ทดลองเป็นเวลา 1 ภาคเรียน ผลที่ได้คือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาชีพครูของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน เป็นที่น่าสังเกตว่าหากมีกระบวนการพัฒนาที่มีการตรวจสอบ และการปรับปรุงในขั้นตอนแรกเพิ่มขึ้นอีกก่อนที่จะนำมาทดลอง น่าจะให้ผลที่ดีกว่านี้ งานวิจัยของพัชนี บุรพันธ์ (2538) ก็เช่นกัน กระทำในลักษณะสร้างรูปแบบการสอนที่ส่งเสริมความสามารถด้านการใช้เหตุผลตามทฤษฎีที่ศึกษาค้นคว้า แล้วนำไปทดลองฝึกส่งเสริมความสามารถด้านการใช้เหตุผลโดยใช้รูปแบบการสอนที่สร้างขึ้นงานวิจัยอีกชิ้นเป็นงานวิจัยในลักษณะพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม ซึ่งมีการทดลองใช้หลักสูตรฝึกอบรมเช่นกัน แต่ไม่มีการเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ประสิทธิผลของหลักสูตรพิจารณาจากการเปรียบเทียบระหว่างคะแนนสอบหลังฝึกอบรมกับคะแนนก่อนฝึกอบรมคืองานวิจัยของสมคิด เมตไตรพันธ์ (2530) เรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเสริมสมรรถภาพการทำงานเป็นกลุ่มสำหรับผู้นำท้องถิ่นระดับหมู่บ้านในประเทศไทย เป็นงานวิจัยเชิงพัฒนา มีขั้นตอนการดำเนินงาน 6 ขั้นตอนดังนี้คือ ขั้นที่หนึ่ง ศึกษาค้นคว้าและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตร ขั้นที่สอง สร้างหลักสูตร ขั้นที่สาม ตรวจสอบเอกสารหลักสูตร ขั้นที่สี่ ทดลองใช้หลักสูตร ขั้นที่ห้า ประเมินผลหลักสูตร ขั้นที่หก ปรับปรุงแก้ไขหลักสูตร ผลปรากฏว่าหลักสูตรที่ได้มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เอกชัย เอื้อเฟื้อ (2533 : 55) ได้พัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างลักษณะความเป็นผู้นำและด้านการทำงานเป็นกลุ่ม โดยดำเนินการตามกระบวนการ 5 ขั้นตอนดังนี้ ศึกษาวิเคราะห์ปัญหาเน้นการศึกษาสภาพของ

กรรมการการศึกษา เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานส่วนหนึ่งในการกำหนดเนื้อหาสาระของหลักสูตรให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เข้ารับการอบรม สังเคราะห์และนิยามปัญหา เป็นการนำข้อมูลของกรรมการศึกษามานิยามให้ชัดเจน จากนั้นนำไปพิจารณาร่วมกับหลักวิชา ความต้องการของหน่วยงาน จัดทำหรือกำหนดเนื้อหาสาระ หลักสูตรและวิธีการถ่ายทอดความรู้เป็นการยกร่างเนื้อหาหลักสูตรขึ้น นำหลักสูตรไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ซึ่งรวมทั้งการประเมินและแก้ไข ตรวจสอบข้อมูลย้อนกลับที่ได้จากการสังเกตตลอดช่วงการทดลองที่ผ่านมานำไปปรับปรุงแก้ไข วิชิต สุรัตน์เรืองชัย (2534 : 92-94) ได้พัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมความรู้เกี่ยวกับโรคเอดส์ สำหรับครูประถมศึกษา โดยกำหนดองค์ประกอบของหลักสูตร 3 ส่วน คือ ปัญหาและความจำเป็น จุดมุ่งหมายของหลักสูตร หน่วยการฝึกอบรมประกอบด้วยจุดมุ่งหมายเฉพาะ เนื้อหาการฝึกอบรม กิจกรรมฝึกอบรม สื่อการฝึกอบรม และวิธีการประเมินผล

งานวิจัยในลักษณะวิจัยและพัฒนาที่ใช้รูปแบบการทดลองแบบสอบก่อนและหลังของกลุ่มตัวอย่างเดียวกันขึ้นหนึ่งคืองานวิจัยของ สุชาติ ลีตระกูล (2532) เรื่องการพัฒนาหลักสูตรสำหรับลูกกรรมกรก่อสร้างก่อนวัยเรียนในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้ คือขั้นตอนที่หนึ่ง สืบหาข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำมาสร้างเป็นโครงร่างหลักสูตรดำเนินการในลักษณะการวิจัยเชิงสำรวจโดยใช้แบบสังเกต แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ และแบบวัดสมรรถภาพพื้นฐานบางประการ เก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์เป็นประเด็นปัญหาหรือเป้าหมายที่จะมุ่งพัฒนา ขั้นตอนที่สอง ร่างและพัฒนาโครงร่างหลักสูตร โดยนำผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานมากำหนดเป็นประเด็นต่าง ๆ ของหลักสูตร จากนั้นนำโครงร่างหลักสูตรไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 12 คน ประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องโดยใช้เครื่องมือเป็นแบบสอบถามจำนวน 1 ฉบับ แล้วนำผลการประเมินและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงหลักสูตรอีกครั้งหนึ่ง ขั้นตอนที่สาม ทดลองใช้หลักสูตรกับลูกกรรมกรก่อสร้างที่ศึกษา ซึ่งผลปรากฏว่าจะเน้นจากการทดสอบภายหลังการทดลอง เพิ่มขึ้นจากการทดสอบก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกฉบับ ขั้นตอนี่สี่ ปรับปรุงหลักสูตรภายหลังการทดลองเพื่อให้มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ต่อไป

สุริยา เหมตะศิลป์ (2537) ได้พัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพในการพัฒนาหลักสูตรแบบมีฐานมาจากระดับโรงเรียน สำหรับครูโรงเรียนมัธยมศึกษา การพัฒนาหลักสูตรดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้ (1) วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน/วิเคราะห์สถานการณ์ (2) กำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร (3) คัดเลือกและจัดเนื้อหาสาระและประสบการณ์การเรียนรู้ (4) เสนอแนวทางในการใช้หลักสูตร (5) กำหนดมาตรการในการวัดและประเมินผล (6) ตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตรโดยประเมินโครงร่างของหลักสูตร ทดลองใช้หลักสูตรเพื่อประเมินการใช้หลักสูตรภาคสนาม/ประเมินผลเชิงดำเนินการ (7) ปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรก่อนนำไปใช้

การประเมินประสิทธิผลของหลักสูตร ใช้การทดลองเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยใช้รูปแบบ Posttest-Only Control Group Design สุ่มโรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดสงขลา

มา 2 โรงเรียน สุ่มเป็นกลุ่มทดลอง 1 โรง ($n = 9$) เป็นกลุ่มควบคุม 1 โรง ($n = 12$) สอบวัดเก็บข้อมูลด้วยแบบทดสอบ 3 ฉบับคือ (1) แบบทดสอบวัดความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรแบบมีฐานมาจากระดับโรงเรียน (2) แบบทดสอบวัดเจตคติที่เกื้อหนุนต่อการพัฒนาหลักสูตรแบบมีฐานมาจากระดับโรงเรียน (3) แบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติในการพัฒนาหลักสูตรแบบมีฐานมาจากระดับโรงเรียน และมีการสังเกตและประเมินทักษะการปฏิบัติงานตามใบงานและการสังเกตและประเมินพฤติกรรมการปฏิบัติงานกลุ่ม เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยทำการทดสอบสมมติฐานแบบไคโมโกรอฟ-สเมอร์โนฟ สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม และทดสอบแบบทางเดียว

ผลสรุปคือ หลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพในการพัฒนา หลักสูตรแบบมีฐานมาจากระดับโรงเรียน สำหรับครูโรงเรียนมัธยมศึกษามีประสิทธิภาพ เป็นไปตามสมมติฐานคือ (1) ครูที่เข้ารับการฝึกอบรม มีคะแนนเจตคติที่เกื้อหนุนต่อการพัฒนาหลักสูตรแบบมีฐานมาจากระดับโรงเรียน สูงกว่าครูที่ไม่ได้เข้ารับการฝึกอบรม (2) ครูที่เข้ารับการฝึกอบรมมีคะแนนความรู้ในการพัฒนาหลักสูตรแบบมีฐานมาจากระดับโรงเรียนสูงกว่าครูที่ไม่ได้เข้ารับการฝึกอบรม (3) ครูที่เข้ารับการฝึกอบรมมีคะแนนทักษะปฏิบัติในการพัฒนาหลักสูตรแบบมีฐานมาจากระดับโรงเรียน สูงกว่าครูที่ไม่ได้เข้ารับการฝึกอบรม

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรในด้านต่างๆ ได้แก่ สุนันทา นาศิริรักษ์ (2536) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การจัดหลักสูตรกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมศึกษาในโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดกาญจนบุรี ผลการวิจัยพบว่าการเตรียมการจัดหลักสูตรโรงเรียนมีการวางแผนการจัดหลักสูตรจัดทำแผนการสอน สนับสนุนให้ครูเข้ารับการอบรมจัดทำสื่อให้ตรงความต้องการของครูประชุมชี้แจงให้ครูเห็นความสำคัญและยอมรับการนิเทศการดำเนินการจัดหลักสูตร จัดกิจกรรมการสอนโดยใช้วิธีสอนหลากหลาย ใช้สื่อและจัดทำสื่อขึ้นใช้เอง มีการวัดผลหลายวิธีและติดตามผลการเรียนการสอนด้วยการเยี่ยมชั้นเรียน การติดตามประเมินผลการจัดหลักสูตรใช้วิธีการสอบถามจากผู้สอน ปัญหาการจัดหลักสูตร ครูขาดความรู้ความเข้าใจ โรงเรียนไม่วางแผนการจัดหลักสูตร ขาดงบประมาณ ครูผู้สอนไม่เพียงพอ ขาดเอกสารเสริมความรู้ ขาดความหมายเข้าใจในการประเมินผล ไม่มีเวลานิเทศติดตามผล ขาดการติดตามผล และนำผลการติดตามประเมินผลมาปรับปรุง วิจิตร ไชยศิลป์ (2537) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสำรวจการพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่น ตามหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ของครูในโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดน่าน ผลการวิจัยพบว่า สภาพการพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่น ครูส่วนใหญ่มีการพัฒนาในกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตและกลุ่มทักษะภาษาไทย โดยปรับกิจกรรมการเรียนการสอน กิจกรรมเสริมปรับสื่อการเรียนการสอนที่มีอยู่แล้ว และจัดทำสื่อการสอนขึ้นใหม่ ส่วนการปรับเปลี่ยนลดรายละเอียด การจัดทำเนื้อหาวิชาขึ้นใหม่มีการดำเนินการค่อนข้างน้อย

ผู้ร่วมดำเนินการได้แก่ ครูผู้สอนในระดับชั้นเดียวกัน ปัญหาในการพัฒนาหลักสูตร ส่วนใหญ่ได้แก่ ขาดเอกสารหรือแหล่งความรู้สำหรับครู ขาดวัสดุและงบประมาณ การแก้ปัญหาโดยครูร่วมมือกันจัดทำในระดับกลุ่มโรงเรียน และปรานี เปี่ยมคล้า (2537) ได้ทำการวิจัยเรื่องบทบาทของครูประถมศึกษาในการพัฒนาหลักสูตรกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เขตการศึกษา 1 ผลการวิจัยพบว่า ครูประถมศึกษา มีบทบาทในการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต โดยเข้าร่วมเป็นกรรมการและผู้ดำเนินการ มีปัญหาในการพัฒนาหลักสูตรทุกด้าน สาเหตุเกิดจากการขาดความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงาน และขาดงบประมาณ บทบาทในการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต 5 ด้าน มีข้อค้นพบสรุปได้ดังนี้ มีความรู้เรื่องความหมายและความสำคัญของการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นมากเป็นอันดับ 1 มีความรู้เรื่องลักษณะขั้นตอนการพัฒนาท้องถิ่นน้อยเป็นลำดับสุดท้าย มีการเก็บข้อมูลพื้นฐานของท้องถิ่นเกี่ยวกับสภาพปัญหาและความต้องการของนักเรียน ผู้ปกครอง และประชาชนในท้องถิ่นมากที่สุด เก็บข้อมูลเกี่ยวกับวิทยาการท้องถิ่นน้อยที่สุด พัฒนาหลักสูตรกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต โดยใช้วิธีการปรับกิจกรรมการเรียนการสอนมากที่สุด และใช้วิธีจัดทำเนื้อหาใหม่้อยที่สุด ใช้กิจกรรมการเรียนการสอนแบบบรรยาย และอภิปรายมากที่สุด นำเอาวัสดุท้องถิ่นมาทำสื่อการสอนมากที่สุด ส่วนวิทยาการท้องถิ่นนำมาใช้น้อยที่สุด ใช้วิธีประเมินผลการใช้หลักสูตรท้องถิ่นกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ในรูปแบบความสอดคล้องและความสัมพันธ์ของหลักสูตร มีการปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรท้องถิ่นด้วยการปรับแผนการสอนมากที่สุด และมีการปรับคู่มือครูน้อยที่สุด นอกจากนี้ ปาร์กเกอร์ (Parker. 1974 : 4914-A) ได้ศึกษาผลของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SAPA : Science A Process Approach) โดยทดลองศึกษากับครู 26 คน นักเรียน 555 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่าง 2 พวกคือ กลุ่มทดลองครูจะสอนตามหลักสูตร SAPA และครูที่สอนจะได้รับการอบรมเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กลุ่มควบคุม ครูจะสอนตามหลักสูตรเดิมโดยไม่ได้รับการอบรมเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีกว่ากลุ่มควบคุม และครูที่ได้รับการอบรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีทักษะกระบวนการดีขึ้น และบั๊กกี้ (Buggy. 1971 : 2443-A) ได้ใช้ชุดการเรียน 11 ชุด (Eleven Modules) จาก SAPA 2 ในการศึกษาผลการใช้หลักสูตรที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการได้แก่ การแปลความหมายข้อมูล การกำหนดและควบคุมตัวแปร นิยามเชิงปฏิบัติการและทักษะการตั้งสมมติฐาน กลุ่มทดลองมีนักเรียน 37 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างง่าย จากประชากรที่เป็นนักเรียนเกรด 6 ของ University Community ใน Okleahoma กลุ่มทดลองสอนโดย The Eleven SAPA 2 Modules เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กลุ่มควบคุมสอนโดยใช้เนื้อหาเดียวกันกับกลุ่มทดลองแต่ไม่ได้เน้นทักษะในการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ t-test พบว่าคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาของกลุ่มทดลองและกลุ่ม

ควบคุมแตกต่างกัน และนักเรียนในกลุ่มทดลองมีความสามารถในด้านทักษะกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการแปลความหมายข้อมูล และนิยามเชิงปฏิบัติการดีขึ้น ยกเว้นทักษะการตั้งสมมติฐาน

สรุปความคิดที่ได้จากกระบวนการวิจัยในการพัฒนาหลักสูตร

จากกระบวนการวิจัยในการพัฒนาหลักสูตรที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อพิจารณาแล้วทำให้ได้แนวคิดว่าการตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตรนั้น นอกเหนือจากการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญหรือการพิจารณาความสอดคล้องขององค์ประกอบภายในแล้ว การได้มีการทดลองใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา จะทำให้ทราบถึงประสิทธิผลของหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นได้แน่ชัดยิ่งขึ้น นอกจากนี้การทดลองโดยมีกลุ่มควบคุมด้วยน่าจะยืนยันประสิทธิผลของหลักสูตรที่เป็นตัวจัดกระทำได้หนักแน่นกว่าการทดลองแบบสอบก่อนและหลังของกลุ่มตัวอย่างเดียว (One Group Pretest Posttest Design)

ในกรณีของโรงเรียนหรือสถาบันการศึกษา ซึ่งเป็นผู้พัฒนาหลักสูตรเองและนำไปใช้ในโรงเรียนหรือสถาบันการศึกษานั้นเอง โรงเรียนสามารถจะดำเนินการพัฒนาหลักสูตรได้ครบทุกขั้นตอน เพราะโรงเรียนสามารถติดตามผลการนำไปใช้ในโรงเรียนเองได้อย่างใกล้ชิด และสามารถติดตามผลการใช้หลักสูตรระยะยาวได้ ส่วนในกรณีของนักพัฒนาหลักสูตรที่พัฒนาหลักสูตรจนถึงระดับทราบประสิทธิภาพของหลักสูตร และนำหลักสูตรที่พัฒนาได้ไปเผยแพร่ แต่ไม่มีสถาบันของตนเองที่จะใช้หลักสูตร ก็อาจลดขั้นตอนลงมา เพียงถึงขั้นตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตรจนเป็นที่พอใจและปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ ก็ถือว่าจบกระบวนการพัฒนาหลักสูตรระยะยาวได้ ขั้นตอนการวิจัยที่ใช้ในการพัฒนาหลักสูตรจึงมีเพียง 6 ขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับสร้างหลักสูตร
2. การสร้างหลักสูตรและตรวจสอบเอกสารหลักสูตร
3. การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้
4. การปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้
5. การทดลองใช้หลักสูตร
6. การปรับปรุงหลักสูตร

งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่
เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะปฏิบัติการทดลอง

สำหรับในประเทศไทยนั้นก็มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
หลายเรื่อง โดยเฉพาะในช่วงที่มีการนำหลักสูตรใหม่ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีมาใช้ งานวิจัยส่วนใหญ่จะมุ่งศึกษาไปในด้านปัญหาการเรียนการสอนปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่าการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน ยังมีปัญหาในด้าน
การกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ แสดงความคิดเห็น มีส่วนร่วมในการเตรียมอุปกรณ์ ปฏิบัติการ
ทดลอง และนักเรียนยังชอบให้ครูสรุปผลการทดลองให้ นอกจากนี้ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์
มองเห็นความสำคัญของกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจใน
ธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้เข้าใจเนื้อหา ข้อเท็จจริง หลักการและข้อสรุปต่างๆ ของ
วิชาวิทยาศาสตร์ รวมทั้งช่วยพัฒนาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเชิงนิมิต มีงานวิจัย
จำนวนมากมาศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้
คัดเลือกนำมาเสนอดังนี้

วนา ชลประเวศ (2526) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีสอนแบบใช้เกมกับวิธีสอนแบบ
ปฏิบัติการทดลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนคลองหลวงวิทยาคม ปทุมธานี จำนวน 90 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง
และกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 45 คน โดยกลุ่มทดลองเรียนด้วยวิธีสอนแบบใช้เกม และกลุ่มควบคุม
เรียนด้วยวิธีสอนแบบปฏิบัติการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า วิธีสอนแบบใช้เกมทำให้ผลสัมฤทธิ์
ด้านทักษะการสังเกต การจำแนกประเภท การตั้งสมมติฐาน การจัดกระทำข้อมูลและสื่อ
ความหมายสูงกว่าวิธีสอนแบบปฏิบัติการทดลอง วิธีสอนแบบปฏิบัติการทดลองให้ผลสัมฤทธิ์
ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลาสูงกว่าวิธีสอนแบบใช้เกม และ
วิธีสอนแบบปฏิบัติการทดลองและแบบใช้เกม ให้ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการวัดการคำนวณ
การทดลองใกล้เคียงกัน ส่วนยุทธร สายคง (2527 : 68) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมแบบ
กำหนดแนวทางและแบบไม่กำหนดแนวทาง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
โรงเรียนพลราชภรณ์พิทยาสรรพ์ อำเภอคำชะอี จังหวัดมุกดาหาร ปีการศึกษา 2526 ผลการ
ทดลองพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน
สอดคล้องกับวิมลรัตน์ คงภิรมย์ขึ้น (2530) ได้ศึกษาผลการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยา-
ศาสตร์ กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต โดยใช้เกมกับแบบฝึกทักษะ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดบางวัด (สายเสริมวิทย) จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 40 คน

สุ่มอย่างง่ายเป็นกลุ่ม 1 จำนวน 20 คน ใช้การฝึกด้วยเกมทั้ง 2 จำนวน 20 คน ดยการฝึกด้วย
 ทักษะ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่ฝึก
 ทักษะโดยใช้เกมกับกลุ่มที่มีฝึกโดยใช้แบบฝึกทักษะไม่แตกต่างกัน และผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะ
 การสังเกตและทักษะการจำแนกประเภทของกลุ่มที่ฝึกทักษะโดยใช้เกมกับกลุ่มที่ฝึกทักษะโดย
 ใช้แบบฝึกทักษะไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับสายันต์ ทองตัน (2532 : 87-89) ได้ศึกษา
 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอน
 โดยการจัดกิจกรรมแบบไม่กำหนดแนวทาง และกำหนดแนวทาง พบว่าทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่าง
 กัน สอดคล้องกับมะลิวรรณ วีระจิตต์ (2533 : 86) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทาง
 การเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการสอนแบบสืบเสาะ
 หาความรู้โดยใช้สถานการณ์ประกอบการอภิปรายระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และการสอน
 ตามคู่มือครูของ สสวท. พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของทั้ง 2 กลุ่มไม่
 แตกต่างกัน สอดคล้องกับปีเตอร์สัน (Peterson. 1978 : 153) ได้ทำการวิจัยเพื่อ
 เปรียบเทียบผลการสอน 3 แบบ คือการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีการชี้แนวทาง การสอน
 แบบปกติ และแบบสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ดำเนินการเอง ในวิชาฟิสิกส์ โดยกลุ่ม
 ควบคุมได้รับการสอนแบบปกติ กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีการ
 ชี้แนะแนวทางและกลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ดำเนินการ
 เอง ผู้วิจัยดำเนินการสอนทั้ง 3 กลุ่ม ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม มีผล
 สัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับเซอร์ลิน (Serlin. 1977 : 5729-A) ทำการ
 ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ 2 แบบ โดยแบบแรกนักเรียนจะ
 ได้รับคำแนะนำอธิบายละเอียดวิธีทำปฏิบัติการให้ทั้งหมด แบบที่สองครูจะสอนว่าจะแก้ปัญหา
 อย่างไร และช่วยออกแบบการทดลองให้ด้วย ใช้นักเรียนเข้าร่วมในการทดลอง 372 คน
 จำนวน 16 ห้องเรียน ครู 76 คน ระหว่างการสอนมีการสังเกตพฤติกรรมการสอน โดยการ
 สังเกตบันทึกแบบระบบการศึกษาห้องเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และการวิเคราะห์ วิเคราะห์คำถาม
 เพื่อทดสอบว่า ครูที่สอนนักเรียนคนละวิธีนี้สอนภาคทฤษฎีเหมือนกัน การวัดผลใช้แบบสอบ
 ประเมินความคิดวิเคราะห์ของวัตสัน-เกล์เซอร์และแบบสอบกระบวนการวิทยาศาสตร์ ทดสอบ
 ตอนเริ่มเรียน และตอนสิ้นภาคการศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ไม่มีความแตกต่างในด้านการคิด
 วิเคราะห์ และความรู้เกี่ยวกับกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียน 2 วิธีต่างกันอย่างนี้
 นอกจากนี้ยังไม่ปรากฏความแตกต่างในด้านพฤติกรรมในห้องเรียนของนักเรียน จำนวนคำถาม
 ที่ครูใช้ถามนักเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางเนื้อหาวิชาของนักเรียนอีกด้วย สอดคล้องกับเดวิส
 (Davis. 1978 : 211-A) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สาม
 แบบในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์
 และทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 3 และเกรด 6 จำนวน 132 คน
 ในมลรัฐคาโรไลนาเหนือ แต่ละระดับแบ่งออกเป็นระดับละ 3 กลุ่ม แล้วเลือกวิธีสอน 3 แบบ คือ

แบบบรรยายและอภิปราย แบบทดลองแบบอุปมาน และแบบทดลองเพื่อตรวจสอบ สำหรับสอนในแต่ละกลุ่ม ทั้งในระดับ เกรด 5 และเกรด 6 โดยวิธีสุ่ม ผลการทดลองปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้เดวิส (Davis. 1978 : 4164-A) ได้ศึกษาผลของการสอบแบบสืบเสาะหาความรู้ชนิดให้คำแนะนำแก่นักเรียนประถมศึกษาตอนปลายในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนกลุ่มหนึ่งได้รับการสอนแบบบอกให้เรียนรู้ (Expository Test Approach) คือนักเรียนได้รับข้อความรู้จากครูและหนังสือ ส่วนนักเรียนอีกกลุ่มหนึ่งได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ชนิดให้คำแนะนำ โดยจัดวัสดุอุปกรณ์ รวมทั้งวิธีค้นหาความรู้ ปรากฏว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ชนิดให้คำแนะนำมีผลสัมฤทธิ์ในด้านความเข้าใจ และกระบวนการสูงกว่ากลุ่มที่สอนแบบบอกให้เรียนรู้ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับลาสกิน (Laskin. 1980 : 4412-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการให้นักเรียนทำการทดลองด้วยตนเอง กับการให้นักเรียนสังเกตดูการสาธิตการทดลองของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ตัวอย่างประชากรประกอบด้วยนักเรียนเกรด 10-12 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ในรัฐฟลอริดา จำนวน 92 คนให้เรียนเนื้อหาวิชา และการทดลองที่เหมือนกันโดยครูคนเดียวกัน แต่ตอนทำการทดลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งให้ทำการทดลองแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง อีกกลุ่มหนึ่งให้คอยสังเกตดูครูที่ทำการสาธิตการทดลอง จากผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มที่ทำการทดลองด้วยตนเองกับกลุ่มที่สังเกตดูครูสาธิตการทดลองไม่แตกต่างกัน

กมล ชูสมัย (2528 : 61-62) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้การทดลองแบบแนะแนวทางกับการทดลองแบบไม่แนะแนวทาง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ ปีการศึกษา 2527 จำนวน 80 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 37 คน ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้การทดลองแบบไม่แนะแนวทาง กลุ่มควบคุม 43 คน ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้การทดลองแบบกำหนดแนวทาง ผลการทดลองพบว่า กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม สอดคล้องกับไชแมนสกี และแมททิวส์ (Shymansky and Matthews. 1974 : 16-68) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการสอน 2 วิธีคือ วิธีที่ครูเป็นผู้วางแผน กับวิธีที่นักเรียนเป็นผู้วางแผนที่มีต่อพฤติกรรมของนักเรียน ที่มหาวิทยาลัยฟลอริดา โดยใช้กลุ่มตัวอย่างนักเรียนวิทยาศาสตร์เกรด 5 จำนวน 52 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งสอนโดยครูคนเดียวกัน ใช้สื่อการสอนเหมือนกันทุกประการ แต่แตกต่างกันที่พฤติกรรมการสอนของครู โดยกลุ่มที่ครูใช้วิธีที่ครูเป็นผู้วางแผนเป็นการสอนแบบทางตรง ส่วนกลุ่มที่ครูใช้วิธีนักเรียนเป็นผู้วางแผนเน้นการสอนแบบทางอ้อมระหว่างครูทำการสอนทั้ง 2 กลุ่ม จะมีการสังเกตพฤติกรรมการ

สอนของโดยตรง โดยใช้เครื่องมือสังเกตปฏิสัมพันธ์การเรียนการสอน SCAS ในช่วง 5 สัปดาห์แรก จากนั้นทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนโดยตรง โดยผู้สังเกต 9 คน เป็นเวลา 5 สัปดาห์ในช่วงหลัง การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนใช้นักเรียนเพียง 6 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีพฤติกรรมที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีแบบทางอ้อมมีความรู้เกี่ยวกับความสามารถของตนเองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีแบบทางตรง นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบทางอ้อมมีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้สูงกว่าอีกด้วย สอดคล้องกับแมคมีน (McMeen. 1983 : 130A) ได้ทำการศึกษาทบทวนของการเรียนการสอนปฏิบัติการแบบสืบสอบ ในการช่วยให้เกิดพัฒนาการทางสติปัญญาด้านความรู้ความเข้าใจ ตัวอย่างประชากรเป็นนักศึกษาวิทยาลัยครูที่เรียนวิชาเคมีพื้นฐานประกอบด้วยกลุ่มควบคุมจำนวน 73 คน ให้เรียนเคมีโดยให้ทำปฏิบัติการแบบสืบสวน เวลาที่ใช้ในการวัดพัฒนาการทางสติปัญญา คือแบบวัดการคิดเชิงเหตุผล โดยให้นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่มทำแบบวัดนี้ก่อนและหลังการทดลอง จากผลการวิจัยพบว่าทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีพัฒนาการทางสติปัญญาด้านความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้นและกลุ่มทดลองมีพัฒนาการทางสติปัญญาด้านความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุม สอดคล้องกับอัลรูวาฮิด (Al-Ruwahid. 1984 : 1357A) ได้ทำการศึกษาผลของการเรียนการสอนวิชาเคมีที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว และที่ใช้การบรรยายกับการทำปฏิบัติการที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เจตคติต่อวิทยาศาสตร์และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาในวิทยาลัยรียาร์ด ประเทศซาอุดีอาระเบีย ตัวอย่างประชากรประกอบด้วยนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมี 041 ที่วิทยาลัยรียาร์ด จำนวน 128 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่สอนโดยการบรรยายอย่างเดียว 62 คน และกลุ่มที่สอนโดยการบรรยายกับการทำปฏิบัติการ 66 คน เวลาที่ใช้ในการทดลอง 1 ภาคเรียน เครื่องมือที่ใช้คือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ให้นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่ม ทำแบบทดสอบและแบบวัดก่อนและหลังการเรียน จากผลการวิจัยพบว่า การเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายกับการทำปฏิบัติการมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักศึกษาเพิ่มขึ้นมากกว่าการเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว การเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายกับการทำปฏิบัติการ มีผลทำให้เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาเพิ่มขึ้นมากกว่าการเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์กับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาแต่ละกลุ่มมีความสัมพันธ์กัน และสอดคล้องกับ มาเรค (Marek. 1978 : 2168-A) ได้ทำการศึกษาผลการสอบแบบสืบเสาะหาความรู้ต่อการพัฒนาสติปัญญา ผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาวิชา ผลสัมฤทธิ์ในด้านทักษะการสืบเสาะหาความรู้ และไอคิว (I.Q.) และความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 4 นี้ โดยการสอนโครงการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งใช้สอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยม 92 คน เลือกโดยสุ่ม ทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยข้อสอบวัดการพัฒนาความรู้ความเข้าใจ ความรู้ด้าน

เนื้อหาวิชา ทักษะในการสืบเสาะหาความรู้ และไอคิว (I.Q.) ผลการวิจัยพบว่าการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ทำให้การพัฒนาความรู้ความเข้าใจ ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสืบเสาะหาความรู้และไอคิว (I.Q.) สูงขึ้น และตัวแปรทั้ง 4 ด้านนี้มีความสัมพันธ์ต่อกันในระดับต่างๆ กัน ส่วนกันยารัตน์ ฤทธิ์บำรุง (2531 : 83) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกอภิปรายแก้ปัญหาพร้อมกันทั้งห้อง เป็นกลุ่มย่อยและแก้ปัญหาเป็นรายบุคคล พบว่าผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของทั้ง 3 กลุ่มแตกต่างกัน สอดคล้องกับอภิตี สุวีรานนท์ (2532 : 79) ได้ศึกษาผลการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน สอดคล้องกับกัญญา ทองมัน (2534 : 83-84) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ทำการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางและกำหนดแนวทางพบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และขั้นบูรณาการของทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกัน สอดคล้องกับวานะค (Vanek. 1974 : 1522-A) ทำการศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการจัดจำแนกประเภทเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยวิธีสอน 2 แบบคือ แบบที่ใช้การทดลอง ใช้หลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับประถม กับแบบที่ใช้ตำราเป็นศูนย์กลาง โดยใช้หลักสูตรชุดวิทยาศาสตร์ของเลดลอส กลุ่มตัวอย่างเป็น นักเรียนเกรด 3 จำนวน 54 คน เกรด 4 จำนวน 56 คน โดยสอบทั้ง 2 วิธีต่อนักเรียนแต่ละระดับ ทำการทดสอบก่อนและหลังเรียนด้วยข้อสอบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของราล์ฟ (Ralph) และข้อสอบการจัดจำแนกประเภทแบบเพียเจต์ ทำการทดสอบหลังเรียนด้วยข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของสแตนฟอร์ด ชุด 3 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 3 ทาง และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ใช้เกรด วิธีการสอนและเพศเป็นตัวแปรที่ควบคุม ผลการศึกษาพบว่า วิธีการสอนไม่ทำให้ผลสัมฤทธิ์และพัฒนาการของความรู้ ความเข้าใจแตกต่างกัน แต่ทำให้เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และทักษะต่างกัน เมื่อพิจารณาเพศพบว่านักเรียนหญิงมีการพัฒนาทักษะดีกว่านักเรียนชายในด้านการประเมินคุณค่าข้อมูล การไม่ด่วนสรุปผลและการหาข้อมูลเพิ่ม นอกจากนี้ยังใช้คำถามที่มีลักษณะวิเคราะห์มากกว่าด้วย สอดคล้องกับมิทเชล และซิมสัน (Olarinoye. 1978 : 4848-A ; Goel. 1981 : 646-A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติต่อวิชาชีววิทยา เจตคติต่อวิทยาศาสตร์และอัตรโนทัศน์ทางวิชาการกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักศึกษาชีววิทยาในวิทยาลัยชุมชน ตัวอย่างประชากรคือ นักศึกษาจำนวน 113 คน จากผลการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยากับเจตคติต่อวิชาชีววิทยามีความสัมพันธ์กันทางบวก ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยากับอัตรโนทัศน์ทางวิชาการมีความสัมพันธ์กัน

ทางบวก ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยากับเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันทางลบ

จากรายงานการวิจัยต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ให้นักเรียนได้ทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการทางสติปัญญา เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เพิ่มขึ้นสูงกว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยยังประสบปัญหาในอีกหลาย ๆ ด้าน เป็นต้นว่าด้านคุณภาพและปริมาณของอุปกรณ์การทดลอง ด้านเวลาเรียน สถานที่และด้านการกระตุ้นให้นักเรียนตั้งใจและสนใจทำการทดลอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาว่าหลักสูตรวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นโดยนำเสนอกิจกรรมปฏิบัติการทดลองเป็นกิจกรรมในการจัดการเรียนการสอน น่าจะส่งเสริมให้ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัยของนักเรียนสูงขึ้น

นับตั้งแต่ประเทศไทยได้ประกาศใช้หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2521 เป็นต้นมา ยังไม่ปรากฏว่ามีใครได้ทำการศึกษาหรือวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเลย สำหรับในต่างประเทศมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่บ้าง ซึ่งจะนำมาเสนอดังต่อไปนี้

ฮอฟสไตน์ และคนอื่น ๆ (Hofsteina and others. 1976 : 401-411) ได้ทำการศึกษาวัดความสนใจในกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเคมีในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายของอิสราเอล ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนที่เรียนเคมีหลักสูตรใหม่ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายของอิสราเอล ระดับ 10, 11 และ 12 จำนวน 505 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบวัดความสนใจและเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับของลิเคอร์ท ประกอบด้วยข้อความจำนวน 62 ข้อความ จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนระดับ 12 มีเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในทางมากน้อยกว่า นักเรียนระดับ 10 และ 11 และนักเรียนชายกับนักเรียนหญิงมีเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

โคลิบาส (Kolebas. 1972 : 4443-A) ได้ทำการศึกษาเจตคติของนักเรียน และครูวิทยาศาสตร์ที่มีต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาของคูเวต ตัวอย่างประชากรประกอบด้วยนักเรียนโรงเรียนมัธยมศึกษาจำนวน 1,480 คนและครูที่สอนนักเรียนที่เป็นตัวอย่างประชากรจำนวน 51 คน จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความเห็นว่าการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็น น่าสนใจและเป็นประโยชน์ต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม นักเรียนยังไม่แน่ใจในความสามารถของตนเองในการที่จะทำการทดลอง

นักเรียนหญิงแสดงความสนใจในกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และมีความตั้งใจที่จะทำการทดลองมากกว่านักเรียนชาย นักเรียนที่อยู่ในเมืองและรอบๆเมืองคูเวตแสดงความสนใจในกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มากกว่านักเรียนที่อยู่นอกเมือง ครูวิทยาศาสตร์มีความรู้สึกเช่นเดียวกับนักเรียน คือมีความสนใจในกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มาก และมีความสามารถในการทำกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สูง และครูวิทยาศาสตร์และนักเรียนที่อยู่ในเมืองและรอบๆเมืองคูเวต มีเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ในทางบวกสูงกว่าครูวิทยาศาสตร์และนักเรียนที่อยู่นอกเมือง

โอเคบูโคลา (Okebukola. 1985 : 221-231) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับทักษะการทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชีววิทยา ระดับ 11 จำนวน 600 คน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยแบบสังเกตเกี่ยวกับพฤติกรรมของนักเรียน แบบสังเกตทักษะการทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งปรับปรุงมาจากแบบวัดเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของฮอฟสไตน์และคนอื่นๆ (Hofstein and others. 1976) พบว่าพฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับทักษะการทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันทางบวก

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น จะเห็นได้ว่าการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น โดยส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่วนใหญ่พบว่าเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ มีบางงานวิจัยเท่านั้นที่พบว่ามีความสัมพันธ์กันน้อยหรือเกือบไม่มีความสัมพันธ์กันเลย สำหรับงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติทางวิทยาศาสตร์กับกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ยังไม่มีปรากฏว่ามีใครได้ทำการวิจัยไว้

มาโนช วาตะพุกคณะ (2523 : 72) ได้วิจัยเรื่องสัมฤทธิ์ผลด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (ม.2) โรงเรียนบุญวัฒนา นครราชสีมา โดยมีตัวอย่างประชากร จำนวน 268 คน ในการดำเนินการวิจัย ได้ใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินพฤติกรรมด้านทักษะ ภาคปฏิบัติ ปรากฏผลการวิจัยดังนี้ ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 44.283 พฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติที่ผลการประเมินผลแตกต่างจากเกณฑ์ที่คาดหวัง ได้แก่ พฤติกรรมทักษะภาคปฏิบัติที่ผลการประเมินต่ำกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง เช่น การใช้หลอดฉีดยา การใช้หลอดหยด การเตรียมสารละลายกรด การใช้กระดาษทดสอบกรดและเบส การเก็บรักษาแม่เหล็ก การปฏิบัติขณะต้มสาร การรินสาร

การจับเวลา การทำเครื่องหมาย การใช้หลอดไฟพร้อมชั่ว ส่วนพฤติกรรมทักษะภาคปฏิบัติที่ผลการประเมินสูงกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง ได้แก่ การใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ การใช้ช้อนตักสาร การใช้ไม้หนีบผ้า การใช้แว่นขยาย การวัดความยาว การเขย่าหลอดทดลอง การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า การทำความสะอาด และเก็บรักษาเครื่องมือ และพฤติกรรมทักษะภาคปฏิบัติที่ผลการประเมินไม่แตกต่างจากเกณฑ์ที่คาดหวัง ได้แก่ การปฏิบัติเมื่อกรดหก การปฏิบัติก่อนต้มสาร การใช้เทอร์โมมิเตอร์ การคนสาร การใช้ตาชั่ง สำหรับค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพศชายและหญิงไม่แตกต่างกัน และค่าเฉลี่ยของคะแนนพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนเพศชายและเพศหญิงไม่แตกต่างกัน

มะลิวรรณ วีระจิตต์ (2533 : 111) ได้ศึกษาผลของจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 อย่างประชากรระดับละ 72 คน แบ่งกลุ่มทำการทดลองเป็น 2, 4 และ 6 คน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือตารางแบบประเมินทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์แล้วนำผลการวิเคราะห์ และทดสอบความมีนัยสำคัญด้วย t-test ผลการวิจัยพบว่า ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่ม 6 คน แตกต่างจากนักเรียนกลุ่ม 4 คน และกลุ่ม 2 คน ยกเว้นนักเรียนกลุ่ม 2 คน กับกลุ่ม 4 คน ส่วนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่ม 2 คน แตกต่างจากนักเรียนกลุ่ม 4 คน และกลุ่ม 6 คน ยกเว้นนักเรียนกลุ่ม 4 คน และกลุ่ม 6 คน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ยกเว้นนักเรียนกลุ่ม 4 คน ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับ ศรีสุวรรณ เดชอุดม (2528 : 60) ซึ่งทำการวิจัยเกี่ยวกับทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัชรวิทยา จังหวัดกำแพงเพชร โดยใช้กลุ่มตัวอย่างประชากร จำนวน 262 คน และผู้วิจัยกับผู้ช่วยผู้วิจัยซึ่งเป็นครูวิทยาศาสตร์ได้ใช้แบบสังเกตพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ สังเกตและบันทึกทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ขณะนักเรียนปฏิบัติการทดลอง รวม 7 ทักษะ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์จำนวนร้อยละ 47.48 และนักเรียนมีทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง ได้แก่ ทักษะการใช้ตาชั่ง ทักษะการใช้ตะเกียง ทักษะการใช้ช้อนตักสาร ทักษะการใช้หลอดฉีดยา ทักษะการใช้หลอดหยด และทักษะการคนสาร ส่วนทักษะการจับเวลานั้นนักเรียนมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์สูงกว่าที่คาดหวัง คืออยู่ในระดับเกณฑ์พอใจ นอกจากนี้ยังพบว่าการสอนแบบสาธิตทักษะการใช้อุปกรณ์ก่อนการทดลองทุกครั้งกับการสอนแบบทดลอง จะทำให้ผลของคะแนนทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน

กันนัลลี (Kunnally. 1959 : 90-113) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวัดผลปฏิบัติการวิชาวิทยาศาสตร์ในประเทศอิสราเอล โดยการสร้างแบบสอบข้อเขียนเพื่อวัดทักษะปฏิบัติหลายองค์ประกอบและนำไปทดลองใช้กับนักเรียนเกรด 12 จำนวน 147 คน พบว่าแบบสอบ

ข้อเขียนและแบบสอบภาคปฏิบัติมีความสัมพันธ์กัน และมีลักษณะหลายองค์ประกอบที่สามารถวัดผลโดยใช้แบบแบบสอบข้อเขียนได้ทามาเมอร์ และแกสแมน จึงได้เสนอแนะให้ครูและโรงเรียนมัธยมศึกษาในอิสราเอลนำวิธีการประเมินผลนี้ไปใช้ในโรงเรียน สอดคล้องกับคานิแอร์และไรเลย์ (Kapier and Riley. 1985 : 365-383) ได้ทำการวิจัยเพื่อตรวจสอบทักษะในการปฏิบัติการทดลอง และการวัดผลทักษะในการปฏิบัติการทดลองเคมีของนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนหลักสูตร IAC มีทักษะปฏิบัติในการทดลองสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้เรียนหลักสูตรดังกล่าว นักเรียนที่เรียนหลักสูตร IAC มีทักษะปฏิบัติในการทดลอง สูงกว่าทักษะการคิด นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีความสามารถทางทักษะปฏิบัติการทดลองไม่แตกต่างกัน และความสามารถในการเรียนรู้เนื้อหาเกี่ยวกับความสามารถทางทักษะปฏิบัติในการทดลองและทักษะการคิดมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ

แพ็ปเพลิส โพฮีแมน และ เพ็ป ฮีส (Pappelis, Pohiman and Pape His. 1980 : 307-311) ได้ศึกษาผลของการฝึกทักษะภาคปฏิบัติโดยวิธีปฏิบัติจริงและวิธีการติดต่อการทำปฏิบัติการทดลองเคมีของนักเรียนวิชาเคมีพื้นฐาน ผลการวิจัยพบว่า ทักษะภาคปฏิบัติของนักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะแบบต่างๆทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน นักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะภาคปฏิบัติการทดลองแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกซึ่งแสดงว่าการได้ฝึกทักษะในการปฏิบัติการทดลองทำให้มีเทคนิคการทดลองถูกต้องแม่นยำ ส่วนซีแมนสกี และเพนิค (Shymansky and Penick. 1979 : 195-203) ได้ศึกษาการสังเกตพฤติกรรมอย่างมีระบบเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการของนิสิตวิทยาลัย ซึ่งใช้ในการสังเกตที่เรียกว่า Science Laboratory Interaction Categories (SLIC) พฤติกรรมที่สังเกตแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ พฤติกรรมในห้องปฏิบัติการของครู มี 15 ประเภท และพฤติกรรมในห้องปฏิบัติการของนักเรียน มี 15 ประเภท ซึ่งสรุปเป็นพฤติกรรมในการเรียนการสอนได้ 6 ข้อ ดังนี้ การถาม การให้คำแนะนำในการทดลอง การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของข้อมูลต่างๆ พฤติกรรมที่ตอบสนอง การสังเกตและรวบรวมข้อมูล และการจัดทำโปรแกรมหรือการใช้เครื่องมือ ในการวิจัยกลุ่มตัวอย่างเป็นครู 30 คน นักเรียน 331 คน ใช้เวลาสังเกตพฤติกรรมของครู 30 วินาที และใช้เวลาสังเกตพฤติกรรมนักเรียนครั้งละ 30 นาที เป็นเวลา 82 ชั่วโมงและการสังเกตจะรวมถึงการอภิปรายก่อนและหลังการทดลองเพื่อทราบพฤติกรรมของครู และนักเรียนในห้องปฏิบัติการ วิชาที่สังเกตมี เคมี พฤติกรรมศาสตร์ สัตววิทยา ธรณีวิทยา ฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ โดยมีแบบสังเกตที่เป็นระบบเป็นเครื่องช่วยในการวัดและประเมินผลที่มีความถูกต้องมากกว่าที่จะประเมินผลจากความรู้สึกหรือจากกระดาษคำตอบรายงานผลการทดลองที่นักเรียนส่งมาให้เพียงอย่างเดียว จากการสังเกตการเรียนการสอนอย่างมีระบบนี้ยังช่วยในการปรับปรุงการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการให้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

ลูเนตตา ฮอฟทีน และ จีออฟฟี (Lunetta, Hoftein and Geoffey. 1981 : 22-25) ได้ศึกษาผลของการทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของการทดลองต่อการมีทักษะภาคปฏิบัติ และต่อทักษะการคิดของนักเรียน ที่เรียนฟิสิกส์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ทักษะภาคปฏิบัติในการทดลองของนักเรียนที่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแตกต่างจากนักเรียนที่ไม่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ทักษะการคิดของนักเรียนที่ทราบวัตถุประสงค์พฤติกรรมแตกต่างจากนักเรียนที่ไม่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

กรอบความคิดในการวิจัย

จากสภาพปัญหาการขาดแคลนเอกสารหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากแนวคิดและรูปแบบการพัฒนาหลักสูตร และหลักการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น รวมทั้งความสนใจของผู้วิจัย จึงได้กำหนดเป็นกรอบความคิดในการวิจัยขึ้น โดยเริ่มจากสภาพปัญหาที่จะแก้ไข ด้วยกระบวนการวิจัย คือ ครูผู้สอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ขาดเอกสารหลักสูตรและบทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ จึงทำให้การเรียนการสอนขาด ประสิทธิภาพ นักเรียนมีผลการเรียนรู้ต่ำทั้งด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย ไม่สนใจในการเรียน การเรียนการสอนไม่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ปัญหาเพื่อพิจารณาถึงสาเหตุและแนวทางแก้ปัญหา โดยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าสภาพปัญหาดังกล่าวอาจใช้กระบวนการของการพัฒนาหลักสูตรเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาได้วิธีกำหนึ่ง ผู้วิจัยจึงกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาโดยการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ขึ้นโดยยึดแนวคิดในการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์ (Tyler. 1949) สก๊อต อูทวามันท์ (2528) และกรมวิชาการ (2534) เป็นหลักสำคัญ และเน้นหลักการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นโดยใช้สภาพการณ์ของจังหวัดปราจีนบุรีเป็นตัวกำหนดเนื้อหาในบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จากนั้นจึงนำมาพิจารณาร่วมกับแนวคิดของนักพัฒนาหลักสูตรคนอื่น ๆ ตลอดจนคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่ส่งผลต่อผู้ที่ได้รับการสอน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามที่เสนอไว้ในเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยกำหนดขึ้นเป็นขั้นตอนในการพัฒนาหลักสูตร 6 ขั้นตอน ได้แก่ การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตร การสร้างหลักสูตร การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้ การปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้ การเตรียมบุคลากรและทดลองใช้หลักสูตร ขั้นสุดท้ายเป็นการปรับปรุงหลักสูตรหลังการทดลองใช้ โดยคาดหวังว่าเมื่อครูผู้สอนวิชาชีววิทยาได้นำหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปใช้จริงแล้วจะสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้วิธีหนึ่ง

ขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับการสร้างหลักสูตร เป็นการศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานทางสังคมวิทยา ความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ เจตคติ พฤติกรรมที่ทำให้เข้าใจคุณลักษณะของผู้เรียน (Beane, Toepfer and Alessi. 1986 : 73-111) องค์ประกอบของการเรียนรู้ ทฤษฎีการเรียนรู้ การพัฒนาและถ่วงโยงความรู้

(Taba. 1962 : 16) ตลอดจนความต้องการด้านเนื้อหาที่ต้องการให้นำมาสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ เพื่อกำหนดเป็นความต้องการและปัญหาที่แท้จริง ที่สามารถแก้ไขด้วยการพัฒนาหลักสูตร ให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพและบรรลุจุดมุ่งหมาย ของหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2533 : 1) วิธีการที่จะได้ข้อมูล พื้นฐาน ได้แก่ การสัมภาษณ์ การใช้แบบสอบถาม การสังเกต (อัชฌนา เวสารัชช. 2525 : 5)

2. การสร้างหลักสูตร เป็นการกำหนดโครงสร้างหลักสูตรที่มีองค์ประกอบของหลักสูตร ตั้งแต่ หลักการ จุดมุ่งหมาย คำอธิบายรายวิชา ขอบเขตของเนื้อหาวิชา กิจกรรมการเรียน และการวัดผลและประเมินผล โดยมีรายละเอียดในแต่ละส่วน ดังนี้

2.1 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือจุดมุ่งหมายทั่วไปและ จุดมุ่งหมายเฉพาะวิชา สำหรับจุดมุ่งหมายเฉพาะวิชาแบ่งออกเป็น 3 มิติ คือจุดมุ่งหมายด้าน พุทธิพิสัย (Cognitive domain) จุดมุ่งหมายด้านจิตพิสัย (Affective domain) และจุดมุ่งหมาย ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) (Bloom, Krathwohl and Masia. 1979 : 70)

2.2 การเลือกเนื้อหาวิชา การพิจารณาเลือกเนื้อหาวิชาจะต้องให้ตรงกับจุดมุ่ง หมายที่ตั้งไว้ การเลือกเนื้อหาวิชามีดังนี้คือ เนื้อหามีความสำคัญและเชื่อถือได้ สอดคล้องกับ ความเป็นจริงในสังคม มีความสมดุลในความกว้างและความลึก สมองความต้องการของจุดมุ่ง หมายได้หลายข้อ สอดคล้องกับความต้องการ ความสนใจและประสบการณ์ของผู้เรียน (Taba. 1962 : 267-284) เป็นแก่นสารของความรู้ในศาสตร์นั้นๆ มีคุณค่าแก่การเรียนรู้ และถ่ายทอดต่อไป มีประโยชน์เป็นที่น่าสนใจแก่ผู้เรียน และส่งเสริมพัฒนาการทางสังคม ประชาธิปไตย (Smith, Stanley and Shores. 1975 : 132)

2.3 ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ มีหลักเกณฑ์ในการเลือกกิจกรรม หรือประสบการณ์ การเรียนต้องสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายทางการศึกษาแต่ละข้อ กิจกรรมการเรียนจะต้องเป็นที่ พึงพอใจของผู้เรียน กิจกรรมการเรียนจะต้องอยู่ในขอบข่ายความสามารถของผู้เรียน กิจกรรม การเรียนหลายอย่างอาจนำมาใช้เพื่อการบรรลุจุดมุ่งหมายเพียงข้อเดียว และกิจกรรมการเรียน เพียงชนิดเดียวอาจนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายหลายข้อได้ (ชมพันธุ์ บุญชู ณ อยู่ชยา. 2530 : 14-15) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้สอนต้องจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมตามธรรมชาติ และลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน วิธีการต่างๆในการให้ความรู้เหมาะสม และการเรียนรู้ต้องมี จุดหยุดนิ่งแต่ไม่สิ้นสุด

3. การประเมินหลักสูตรก่อนการนำไปใช้ เมื่อร่างหลักสูตรเรียบร้อยแล้ว ควรที่จะ ได้รับการตรวจสอบและประเมินผลก่อนนำไปใช้ เพื่อให้ได้ทราบข้อบกพร่องและการปรับปรุง แก้ไข การตรวจสอบคุณภาพหลักสูตรมีหลายวิธี ได้แก่ การตรวจสอบเอกสารหลักสูตรโดย นักพัฒนาหลักสูตร เป็นการตรวจสอบอย่างละเอียดภายหลังการเขียนหลักสูตรเสร็จสิ้นแล้ว หรือการตรวจสอบเอกสารโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ ความสามารถเกี่ยวกับหลักสูตร โดยใช้การ แสดงความคิดเห็น โดยพิจารณาองค์ประกอบของหลักสูตรทุกองค์ประกอบ ได้แก่ หลักการ

จุดมุ่งหมาย เนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลว่ามีคุณค่าเพียงใด (สัจ จุฑานันท์. 2528 : 246) โดยประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องในองค์ประกอบทุกองค์ประกอบของหลักสูตร

4. การปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้ เป็นการปรับปรุงหลักสูตรตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญที่ได้ประเมินหลักสูตรที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 3 เพื่อให้ได้หลักสูตรที่สมบูรณ์

5. การเตรียมบุคลากรและการทดลองใช้หลักสูตร ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการนำหลักสูตรไปสู่การปฏิบัติ หรือไปสู่การเรียนการสอนภายในโรงเรียน การนำหลักสูตรไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องอาศัยกิจกรรมและกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

5.1 การเตรียมวางแผนเพื่อใช้หลักสูตรใหม่ ผู้บริหารและคณะกรรมการโรงเรียนจะต้องศึกษาวิเคราะห์จุดมุ่งหมายของหลักสูตรว่ามีความต้องการอย่างไร เพื่อวางแผนในเรื่องงบประมาณ อาคารสถานที่ และการเตรียมบุคลากรเกี่ยวกับการใช้หลักสูตรว่าจะดำเนินการอย่างไร

5.2 การเตรียมจัดการอบรมครูเพื่อใช้หลักสูตรใหม่ ได้แก่ การจัดอบรมครูในรูปการประชุมเชิงปฏิบัติการ ให้ครูได้ศึกษาวิเคราะห์ถึงปัญหาของหลักสูตร และจะนำไปใช้ในห้องเรียนได้อย่างไร โดยสร้างแผนการสอน การเลือกและจัดประสบการณ์การเรียนรู้ มีการทดลองสอนเพื่อแก้ไขปรับปรุงในกลุ่มเล็กๆ โดยใช้เวลาน้อยประมาณ 2 สัปดาห์

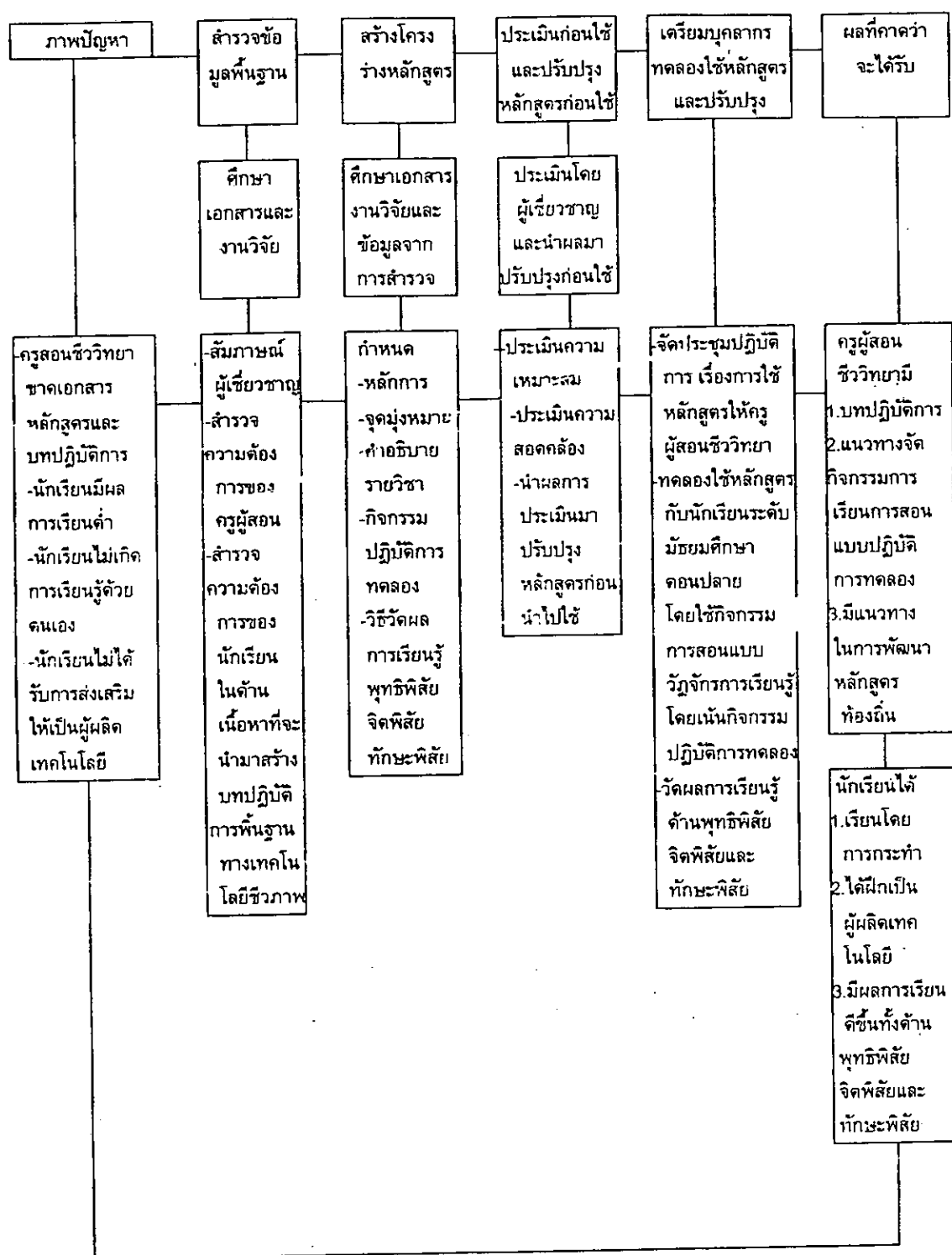
5.3 การทดลองใช้หลักสูตรกับกลุ่มตัวอย่าง เป็นลักษณะโครงการนำร่องเพื่อศึกษาข้อบกพร่องของหลักสูตร ความเหมาะสมเมื่อใช้กลุ่มตัวอย่างจริง หลักจากการตรวจสอบคุณภาพของโครงร่างหลักสูตรแล้วนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยมีองค์ประกอบในการดำเนินการทดลองใช้หลักสูตร ดังนี้ วัตถุประสงค์ของการทดลองใช้หลักสูตร รูปแบบของการทดลองใช้หลักสูตร ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองใช้หลักสูตร

5.4 การประเมินผลการใช้หลักสูตร คือ ประเมินผลการใช้หลักสูตรว่ามีความเหมาะสมกับผู้เรียนหรือไม่ มีปัญหาอุปสรรคในการใช้หลักสูตรหรือไม่ โดยทำการประเมินในด้านต่าง ๆ ดังนี้ ประเมินความเหมาะสมของเนื้อหา วิธีการสอน และการประเมินผู้เรียน ประเมินปัญหาและอุปสรรคในการใช้หลักสูตรและปัจจัยที่ส่งเสริมการใช้หลักสูตร และประเมินว่าเมื่อได้ทดลองใช้หลักสูตรแล้ว ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยดีขึ้นหรือไม่ ซึ่งการประเมินผลนี้ เป็นส่วนที่มีความสำคัญและจำเป็นต้องกำหนดไว้ในหลักสูตร เพื่อให้ผู้นำหลักสูตรไปใช้ทราบว่าต้องประเมินอะไรบ้าง จึงจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร จึงกล่าวได้ว่าการประเมินผลเป็นกระบวนการที่ชี้ให้เห็นถึงการบรรลุจุดมุ่งหมายของการศึกษาที่ระบุไว้ในหลักสูตรและการสอน การประเมินผลมีส่วนสำคัญ 2 ประการคือ การประเมินจะต้องวัดพฤติกรรมของผู้เรียนเพราะการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเป็นจุดหมายของการศึกษา และการประเมินผลจำเป็นต้องประเมินมากกว่าหนึ่งครั้ง เพื่อดูความเปลี่ยนแปลง (ชมพันธ์ุ กุญชร ณ

อยุธยา. 2530 : 34) สำหรับการประเมินหลังการทดลองใช้หลักสูตร เป็นการพยายามค้นหาว่าสิ่งที่คาดหวังจากการเรียนเกิดขึ้นหรือไม่จากข้อมูลที่ได้ เช่น การใช้แบบสอบถาม การสังเกต การสัมภาษณ์ การใช้แบบทดสอบ การประเมินตนเอง การดูผลงานและการประเมิน เพื่อจะดูประสิทธิภาพของการเรียนการพัฒนาที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ การปฏิบัติงาน องค์การ ผลผลิต ปฏิกริยาของผู้เรียน (อัชฌนา เวสารัชช. 2526 : 42-43)

6. การปรับปรุงหลักสูตรหลังการทดลองใช้ เป็นการจัดทำระบบข้อมูลให้ชัดเจนเพื่อให้การปรับปรุงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และควรพิจารณาให้รอบคอบว่า เมื่อปรับปรุงแล้วจะกระทบหลักการ จุดมุ่งหมาย และโครงสร้างของหลักสูตรหรือไม่ (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2533 : 9) โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองใช้หลักสูตรในชั้นเรียน เช่น ผลที่เกิดกับผู้สอนและผู้เรียน ข้อจำกัดในด้านต่างๆ เช่น เวลาในการเรียนการสอน สื่อการสอน สถานที่ และการเตรียมการในด้านต่างๆ เป็นต้น

จากความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรที่กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง รวมทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพประกอบ 32



ภาพประกอบ 32 กรอบความคิดในการวิจัย การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา ตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์ จากสารเหลือทิ้ง

บทที่ 3

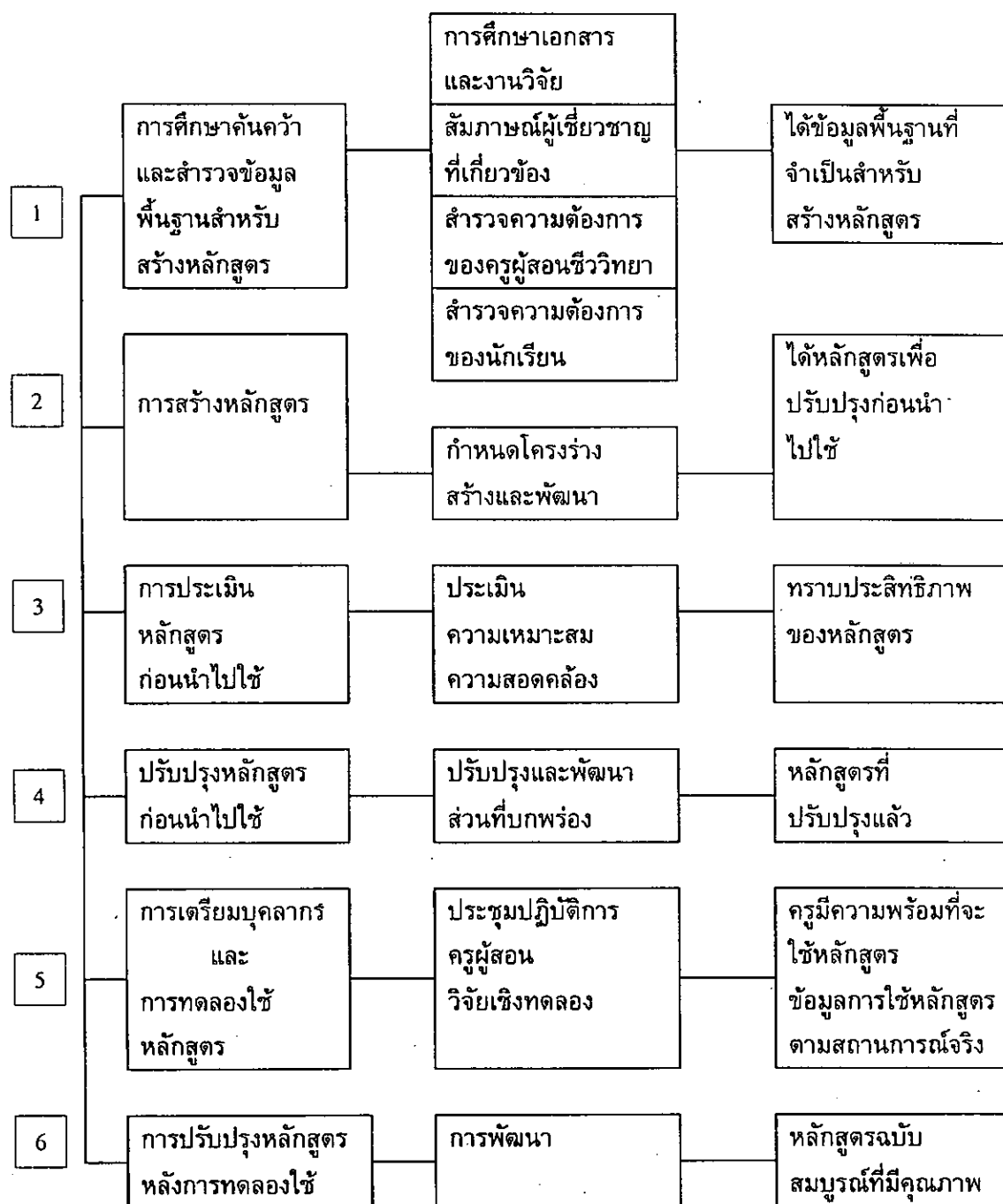
วิธีการศึกษาค้นคว้า

การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ผู้วิจัยดำเนินการในลักษณะการวิจัยและพัฒนาเบื้องต้น (Research and Development) ซึ่งมีขั้นตอนในการวิจัยต่อเนื่องกันตามลำดับ ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 4 แสดงขั้นตอนและเป้าหมายของการพัฒนาหลักสูตร

ลำดับที่	ขั้นตอน	เป้าหมาย
1	การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตร	- เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาหลักสูตร
2	การสร้างหลักสูตร	- เพื่อให้ได้หลักสูตรที่ใช้ในการเรียนการสอน
3	การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้	- เพื่อประเมินความเหมาะสมของหลักสูตรก่อนนำไปใช้ - เพื่อประเมินความสอดคล้องของหลักสูตรก่อนนำไปใช้
4	การปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้	- เพื่อปรับปรุงและพัฒนาส่วนที่บกพร่องของหลักสูตร ซึ่งได้จากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ในขั้นตอนการประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้
5	การเตรียมบุคลากรและการทดลองใช้หลักสูตร	- เพื่อให้ครูผู้สอนมีความพร้อมที่จะใช้หลักสูตรอย่างมีประสิทธิภาพ - เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้หลักสูตรในสภาพการณ์จริง
6	การปรับปรุง แก้ไขหลักสูตร	- เพื่อให้ได้หลักสูตรที่มีประสิทธิภาพสำหรับนำไปใช้ต่อไป

จากขั้นตอนและเป้าหมายของการพัฒนาหลักสูตร ดังแสดงในภาพประกอบ 33



ภาพประกอบ 33 แสดงขั้นตอนในการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา
ตอนปลายเรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์
จากสารเหลือทิ้ง

จากภาพประกอบ 33 มีรายละเอียดในการศึกษาดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตร

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาสภาพทั่วไป สภาพปัญหาการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยเฉพาะในเรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ความคิดเห็นของผู้บริหาร ผู้เชี่ยวชาญและผู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตลอดจนความต้องการด้านเนื้อหาของครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ 2 ศึกษาสภาพปัญหาและอุปสรรคในการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดหลักสูตรชีววิทยา เช่น สถาบันส่งเสริมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ศึกษา เพื่อนำข้อมูลมาสังเคราะห์กับข้อมูลในส่วนที่ 1 และใช้ศึกษาหาข้อมูลในส่วนที่ 3 ต่อไป

ส่วนที่ 3 ศึกษาความต้องการของครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา ในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่สมควรจะนำมาสร้างบทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อจะได้ทราบข้อมูลพื้นฐานที่จะนำมาเป็นข้อมูลในการสร้างหลักสูตร

ส่วนที่ 4 ศึกษาความต้องการของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เลือกเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่นักเรียนสนใจ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำมาพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างหลักสูตร

ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างและพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้สอดคล้องกับข้อมูลพื้นฐานที่ได้ศึกษาไว้แล้วในขั้นตอนที่ 1 โดยการสร้างและพัฒนาหลักสูตรซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 5 องค์ประกอบ คือ สภาพปัญหาและความเป็นไปในการพัฒนาหลักสูตร เป้าหมายของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร คำอธิบายรายวิชาและหน่วยการเรียนการสอน (จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอน กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน และวิธีประเมินผล)

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้

ขั้นตอนนี้เป็นการประเมินผลหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นก่อนนำไปทดลองใช้ โดยประเมินในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบต่างๆ ของหลักสูตร โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาหลักสูตร ด้านการบริหารการศึกษาวิทยาศาสตร์ และด้านเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับวิชาชีพวิทยา

ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้

ขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินและให้ข้อเสนอแนะ มาปรับปรุงหลักสูตรและแก้ไขข้อบกพร่องก่อนนำไปทดลองใช้

ขั้นตอนที่ 5 การเตรียมบุคลากรและการทดลองใช้หลักสูตร

ขั้นตอนนี้เป็นการนำหลักสูตรที่ปรับปรุงและแก้ไขในขั้นตอนที่ 4 ไปจัดประชุมปฏิบัติการให้กับครูผู้สอนที่จะใช้หลักสูตรนี้ และทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เลือกเรียนวิชาชีพวิทยา เพื่อเป็นการเตรียมครูผู้สอนให้พร้อมที่จะใช้หลักสูตร และเพื่อพิจารณาว่าหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถทำให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลายที่เลือกเรียนวิชาชีพวิทยา มีผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัย เป็นไปตามที่กำหนดไว้หรือไม่และมีปัญหาอุปสรรคอย่างไร โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงทดลอง หากปรากฏข้อบกพร่อง ผู้วิจัยจะนำหลักสูตรนั้นไปปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 6 การปรับปรุงหลักสูตร

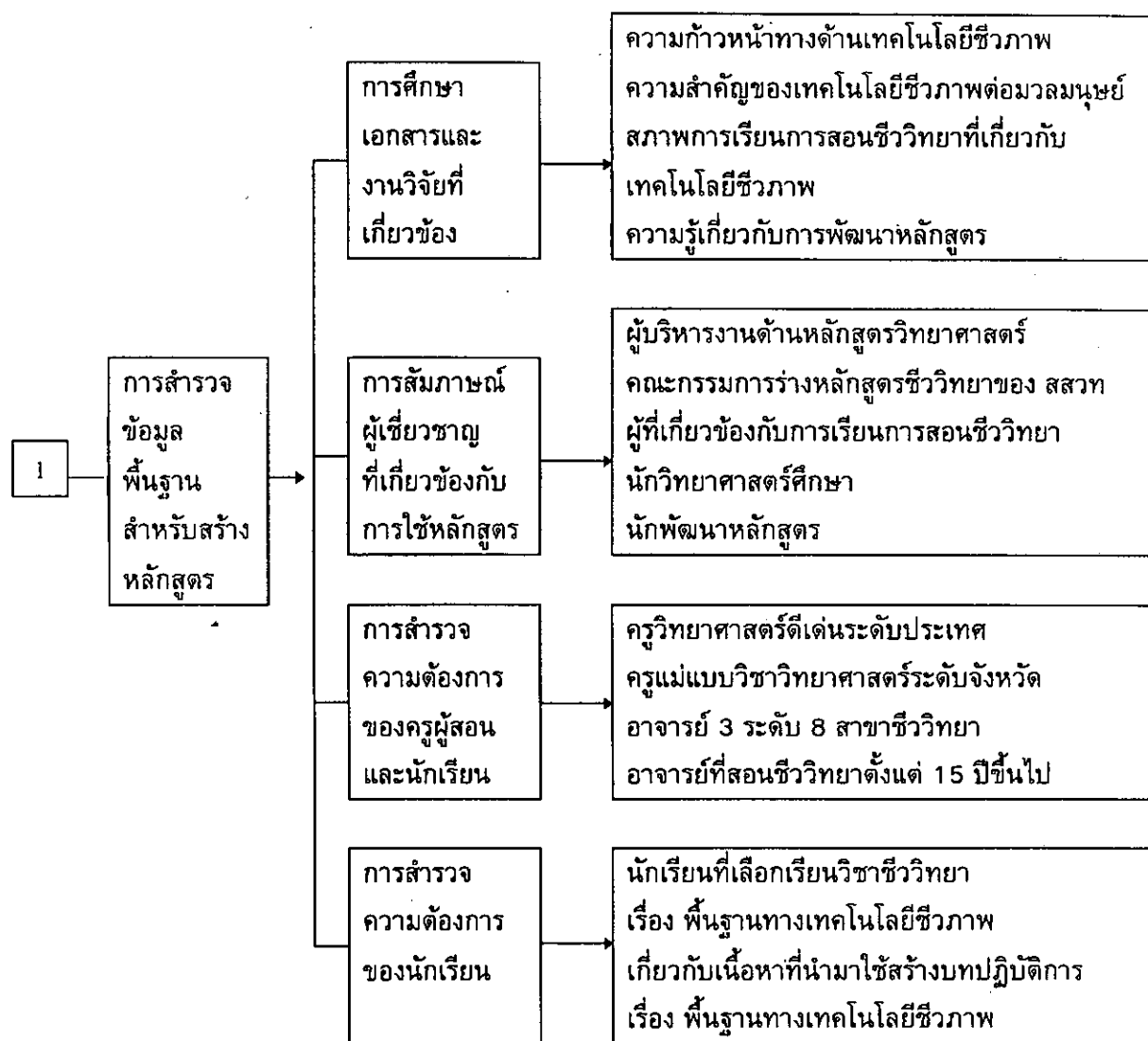
ขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูลจากการทดลองใช้หลักสูตรในขั้นตอนที่ 5 มาปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ได้หลักสูตรที่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

รายละเอียดของการดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนา

หลักสูตร

ในการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของการดำเนินการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลองสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอน ปลาย ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ ดังภาพประกอบ 34



ภาพประกอบ 34 แสดงขั้นตอนการสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับสร้างหลักสูตร

จากภาพประกอบ 34 รายละเอียดของการดำเนินการศึกษาวิจัยประกอบด้วย ขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. ชนิดของข้อมูลและแหล่งข้อมูลที่ศึกษา

1.1 การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ ความสำคัญของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี ความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบต่างๆ การสร้างบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

1.2 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ในขั้นตอนนี้เป็นการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้บริหารงานวิทยาศาสตร์ และผู้ที่เกี่ยวข้อง แหล่งข้อมูลได้แก่ ผู้บริหาร ผู้เชี่ยวชาญ นักวิทยาศาสตร์ศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ได้แก่ หัวหน้าสาขาวิชาชีววิทยาและคณะกรรมการร่างหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง "พื้นฐานเทคโนโลยีชีวภาพระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สถาบันส่งเสริมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย นักวิทยาศาสตร์ศึกษา นักพัฒนาหลักสูตร โดยการสัมภาษณ์จากนั้นนำข้อมูลมาสังเคราะห์กับข้อมูลพื้นฐานอื่น ๆ

1.3 การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของครู/อาจารย์ ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในขั้นตอนนี้เป็นการสำรวจความต้องการด้านเนื้อหา วิชา พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่ต้องการให้นำมาสร้างเป็นบทปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นต่อไป

1.4 การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของนักเรียน ที่เลือกเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ในด้านเนื้อหาที่นักเรียนสนใจและเหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นของนักเรียน เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นต่อไป

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากร

2.1.1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในข้อ 1.3 ได้แก่ ครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาและสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน จำนวน 1,024 คน

2.1.2 ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในข้อ 1.4 ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนปราชญ์ราษฎร์บำรุง อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538 จำนวน 247 คน

2.2 กลุ่มตัวอย่าง

2.2.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในข้อ 1.3 ได้แก่ ครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 298 คน

ซึ่งกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากตารางประมาณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง และได้มาโดยการสุ่มแบบเจาะจงจากประชากรดังกล่าว ตามรายละเอียดดังนี้

2.2.1.1 ครูวิทยาศาสตร์ดีเด่นสาขาชีววิทยาระดับประเทศ

2.2.1.2 ครูแม่แบบวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาระดับจังหวัด

2.2.1.3 อาจารย์ 3 ระดับ 8 สาขาชีววิทยา

2.2.1.4 อาจารย์ผู้สอนชีววิทยาที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาชีววิทยาตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป

2.2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในข้อ 1.4 ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนปรางจินราชวรารุณ อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538 จำนวน 100 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ แบบสอบถามชนิดมีมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และแบบสัมภาษณ์ใช้สอบถามความคิดเห็นของผู้บริหารและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และแบบสำรวจความต้องการของนักเรียนในเรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ โดยมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน วิชาชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3.2 วิเคราะห์เนื้อหาเรื่องความรู้พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่คิดว่าจำเป็นที่จะต้องจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3.3 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา วารสาร ผลงานวิจัยและสิ่งตีพิมพ์ต่างๆ ที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ แล้วผู้วิจัยนำสาระที่ได้มากำหนดเป็นแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ (ภาคผนวก ก.) มีสาระนั้น

1. สภาพปัญหาการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สาเหตุและแนวทางแก้ไข

2. ความต้องการด้านเนื้อหาของหลักสูตรชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. ความต้องการด้านเนื้อหาในเรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

4. บทปฏิบัติเรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่ควรจัดให้นักเรียนได้เรียน

5. สาเหตุต่างๆ เช่น ไม่ชำนาญการสอน ขาดอุปกรณ์ทดลอง
ขาดสื่อการสอน และอื่นๆ

6. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับเนื้อหาอื่นๆ ที่
ควรนำมาสร้างบทปฏิบัติการ เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้ใช้เกณฑ์คัดเลือกผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้
และประสบการณ์สูงในสาขาชีววิทยา เช่น ผู้บริหารสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่ง
ประเทศไทย (สสวท) นักพัฒนาหลักสูตร นักวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 5 คน การวิเคราะห์
ข้อมูล ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ สังเคราะห์และจัดลำดับความ
สำคัญ ผู้วิจัยพิจารณาคัดเลือกเนื้อหาสาระ ประเด็นสำคัญมาสร้างเป็นแบบสำรวจความต้องการ
ของครู/อาจารย์ผู้ชำนาญการสอนวิชาชีววิทยา ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3.3.2 แบบสำรวจความต้องการของครู/อาจารย์ ผู้ชำนาญการสอนวิชา
ชีววิทยา ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญมากำหนดเป็นข้อ
คำถามสำหรับให้ครู/อาจารย์ผู้ชำนาญการสอนวิชาชีววิทยา พิจารณานำเนื้อหาที่สมควรนำไป
สร้างบทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ สำหรับสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
หรือไม่ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นเรื่องใหญ่ๆ 5 เรื่อง ดังนี้

1. เทคโนโลยีการหมัก
2. เทคโนโลยีของเสีย
3. เทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบมาใช้ประโยชน์
4. เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม
5. วิศวกรรมเอนไซม์

ผู้วิจัยสร้างแบบสอบถาม โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

(ภาคผนวก ข.)

- | | |
|----------|---|
| ตอนที่ 1 | สถานภาพของผู้ตอบแบบสำรวจ |
| ตอนที่ 2 | ความต้องการของครู/อาจารย์ผู้ชำนาญการสอนวิชา
ชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย |
| ตอนที่ 3 | ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับ
เนื้อหาอื่นๆ ที่ควรนำมาสร้างบทปฏิบัติการ
เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ |

3.4 การตรวจสอบเครื่องมือ

3.4.1 การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

ผู้วิจัยนำแบบสำรวจความต้องการของครู/อาจารย์ผู้ชำนาญการ
สอนวิชาชีววิทยา เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน คือ

รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์, ดร.ชูศักดิ์ ชัมภลิต, ดร.อุ๋นเรือน ศิริวานิชกุล, อาจารย์ชาลี ดังคจิวงกูร และอาจารย์คะเนศ วัฒนกุล ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาให้ชัดเจน ผู้ทรงคุณวุฒิได้เสนอแนะให้ปรับภาษาให้รัดกุม เข้าใจง่าย และปรับเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

3.4.2 การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ผู้วิจัยได้นำแบบสำรวจความต้องการของครู/อาจารย์ผู้ชำนาญการสอนวิชาชีววิทยา เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ไปใช้กับครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538 โรงเรียนปรางจินราชวราราม ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ผู้วิจัยนำผลที่ได้มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสำรวจทั้งฉบับ โดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ตามวิธีการของครอนบาค (Cronbach. 1970 : 161) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม 0.89

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538 โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง และทางไปรษณีย์ ดังนี้

4.1 การสำรวจความต้องการของครู/อาจารย์ผู้ชำนาญการสอนวิชาชีววิทยา เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ

ผู้วิจัยนำแบบสำรวจไปสำรวจความต้องการจากกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำข้อมูลความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่างมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

4.1.1 ประชากรที่ใช้ในการสำรวจข้อมูล ประกอบด้วยครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1,024 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538 โรงเรียนปรางจินราชวราราม จำนวน 100 คน

4.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสำรวจข้อมูล ประกอบด้วย

- ครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา ได้แก่

1. ครูวิทยาศาสตร์ดีเด่นสาขาชีววิทยาระดับประเทศ จำนวน

5 คน

2. ครูแม่แบบวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยา ระดับจังหวัด จำนวน

18 คน

3. อาจารย์ 3 ระดับ 8 สาขาชีววิทยา จำนวน 21 คน

4. ครู/อาจารย์ผู้สอนชีววิทยา ที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชา

ชีววิทยา ตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป จำนวน 254 คน

- นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538 โรงเรียนปราชญ์ราษฎร์อารัง จำนวน 100 คน
กรณี 1-3 กลุ่มตัวอย่าง เป็นประชากรทั้งหมด
กรณี 4-5 กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยวิธีสุ่มอย่างง่าย จากการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูปของยามาเน่ (Yamane. 1967 : 886-887)
จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในชั้นตอนนี้
ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 แสดงจำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในชั้นตอนที่ 1 การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตร

สภาพภาพ	จำนวนประชากร (คน)	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คน)
ครู/อาจารย์		
1. ครูวิทยาศาสตร์ดีเด่นสาขาชีววิทยาระดับประเทศ	5	5
2. ครูแม่แบบวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาระดับจังหวัด	18	18
3. อาจารย์ 3 ระดับ 8 สาขาชีววิทยา	21	21
4. ครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนชีววิทยา ตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป	980	254
รวม	1,024	298
นักเรียน		
5. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538 โรงเรียนปราชญ์ราษฎร์อารัง	247	100
รวม	247	100

4.1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538 ระหว่างเดือนตุลาคม 2538 ถึงเดือนมีนาคม 2539 โดยดำเนินการดังนี้

1. ผู้วิจัยทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ตอบแบบสำรวจ (ภาคผนวก ก.)
 2. การเก็บรวบรวมข้อมูลภายในจังหวัดปราจีนบุรี สระแก้ว นครนายก สระบุรี และฉะเชิงเทรา ผู้วิจัยส่งและเก็บข้อมูลด้วยตนเอง
 3. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ไม่ได้กล่าวถึงในข้อ 2- ผู้วิจัยส่งแบบสำรวจทางไปรษณีย์ และแนบซองจดหมายพร้อมแสตมป์เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้รับความสะดวกในการส่งแบบสอบถามคืนผู้วิจัย
- 4.1.4 ผลการรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้รับแบบสำรวจความต้องการของครู/อาจารย์ผู้ชำนาญการสอนวิชาชีววิทยา เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ กลับคืนมาดังปรากฏในตาราง 6

ตารางที่ 6 แสดงร้อยละของแบบสอบถามที่ได้รับคืนจากกลุ่มตัวอย่าง

สภาพภาพ	จำนวนแบบ สำรวจที่ส่ง (ฉบับ)	ได้รับคืน (ฉบับ)	ร้อยละ
ครู/อาจารย์			
1. ครูวิทยาศาสตร์ดีเด่นสาขาชีววิทยาระดับประเทศ	5	3	60.00
2. ครูแม่แบบวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาระดับจังหวัด	18	12	66.67
3. อาจารย์ 3 ระดับ 8 สาขาชีววิทยา	21	17	80.95
4. ครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนชีววิทยา ตั้งแต่ 15 ปี ขึ้นไป	254	208	81.89
รวม	298	240	80.54
นักเรียน			
5. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538 โรงเรียนปราจิณราษฎรอำรุง	100	99	99.00
รวม	100	99	99.00

4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสำรวจความต้องการของครู/อาจารย์ผู้ชำนาญการสอนวิชาชีววิทยา เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ตามขั้นตอนดังนี้

1. ผู้วิจัยนำแบบสำรวจความต้องการของครู/อาจารย์ผู้ชำนาญการสอนวิชาชีวภาพ เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ มาตรวจสอบคัดเลือกความสมบูรณ์ นำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistics Package for Social Science) เพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำค่าที่คำนวณได้มาเทียบกับเกณฑ์และจัดอันดับความสำคัญ

2. ผู้วิจัยกำหนดการแปลความหมายค่าเฉลี่ยน้ำหนักความต้องการของครู/อาจารย์ผู้ชำนาญการสอนวิชาชีววิทยา เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.51 - 5.00 หมายถึง ระดับความต้องการมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 - 4.50 หมายถึง ระดับความต้องการมาก

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.51 - 3.50 หมายถึง ระดับความต้องการปานกลาง

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.51 - 2.50 หมายถึง ระดับความต้องการน้อย

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 - 1.50 หมายถึง ระดับความต้องการน้อยที่สุด

3. ผู้วิจัยคัดเลือกหัวข้อเนื้อหาที่ครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา คิดว่าสมควรนำไปสร้างบทปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพให้โรงเรียนได้ใช้ในการเรียนการสอน นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีค่าความต้องการเฉลี่ยตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไป ไว้เป็นเนื้อหาที่สมควรนำไปสร้างบทปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพ สำหรับใช้ในการเรียนการสอนวิชาชีวภาพ เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายต่อไป

4.1.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์และแปลความหมายค่าเฉลี่ยน้ำหนักเนื้อหาที่ต้องการนำมาสร้างบทปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นำมาจัดอันดับได้ดังนี้

1. เทคโนโลยีการหมัก เรียงตามลำดับดังนี้
 - 1.1 บทปฏิบัติการที่ 1 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.70$, S.D. = 0.92)
 - 1.2 บทปฏิบัติการที่ 2 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.59$, S.D. = 0.95)
 - 1.3 บทปฏิบัติการที่ 3 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.54$, S.D. = 0.96)
 - 1.4 บทปฏิบัติการที่ 4 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.51$, S.D. = 1.00)
 - 1.5 บทปฏิบัติการที่ 5 ระดับความต้องการปานกลาง
($\bar{X} = 3.50$, S.D. = 1.04)
 - 1.6 บทปฏิบัติการที่ 6 ระดับความต้องการปานกลาง
($\bar{X} = 3.42$, S.D. = 0.98)
 - 1.7 บทปฏิบัติการที่ 7 ระดับความต้องการปานกลาง
($\bar{X} = 3.40$, S.D. = 0.91)
 - 1.8 บทปฏิบัติการที่ 8 ระดับความต้องการปานกลาง
($\bar{X} = 3.23$, S.D. = 0.95)
2. เทคโนโลยีของเสีย
 - 2.1 บทปฏิบัติการที่ 9 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.62$, S.D. = 0.99)
 - 2.2 บทปฏิบัติการที่ 10 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.57$, S.D. = 0.95)
 - 2.3 บทปฏิบัติการที่ 11 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.53$, S.D. = 0.99)
 - 2.4 บทปฏิบัติการที่ 12 ระดับความต้องการปานกลาง
($\bar{X} = 3.50$, S.D. = 0.97)
 - 2.5 บทปฏิบัติการที่ 13 ระดับความต้องการปานกลาง
($\bar{X} = 3.43$, S.D. = 0.98)
3. เทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบมาใช้ประโยชน์
 - 3.1 บทปฏิบัติการที่ 14 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.76$, S.D. = 0.95)
 - 3.2 บทปฏิบัติการที่ 15 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.72$, S.D. = 0.99)

3.3 บทปฏิบัติการที่ 16 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.69$, S.D. = 0.95)

3.4 บทปฏิบัติการที่ 17 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.63$, S.D. = 1.00)

3.5 บทปฏิบัติการที่ 18 ระดับความต้องการปานกลาง
($\bar{X} = 3.49$, S.D. = 0.95)

4. เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

4.1 บทปฏิบัติการที่ 19 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.75$, S.D. = 0.96)

4.2 บทปฏิบัติการที่ 20 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.71$, S.D. = 1.00)

4.3 บทปฏิบัติการที่ 21 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.66$, S.D. = 0.98)

4.4 บทปฏิบัติการที่ 22 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.62$, S.D. = 0.94)

4.5 บทปฏิบัติการที่ 23 ระดับความต้องการปานกลาง
($\bar{X} = 3.48$, S.D. = 0.98)

5. วิศวกรรมเอนไซม์

5.1 บทปฏิบัติการที่ 24 ระดับความต้องการมาก
($\bar{X} = 3.52$, S.D. = 0.99)

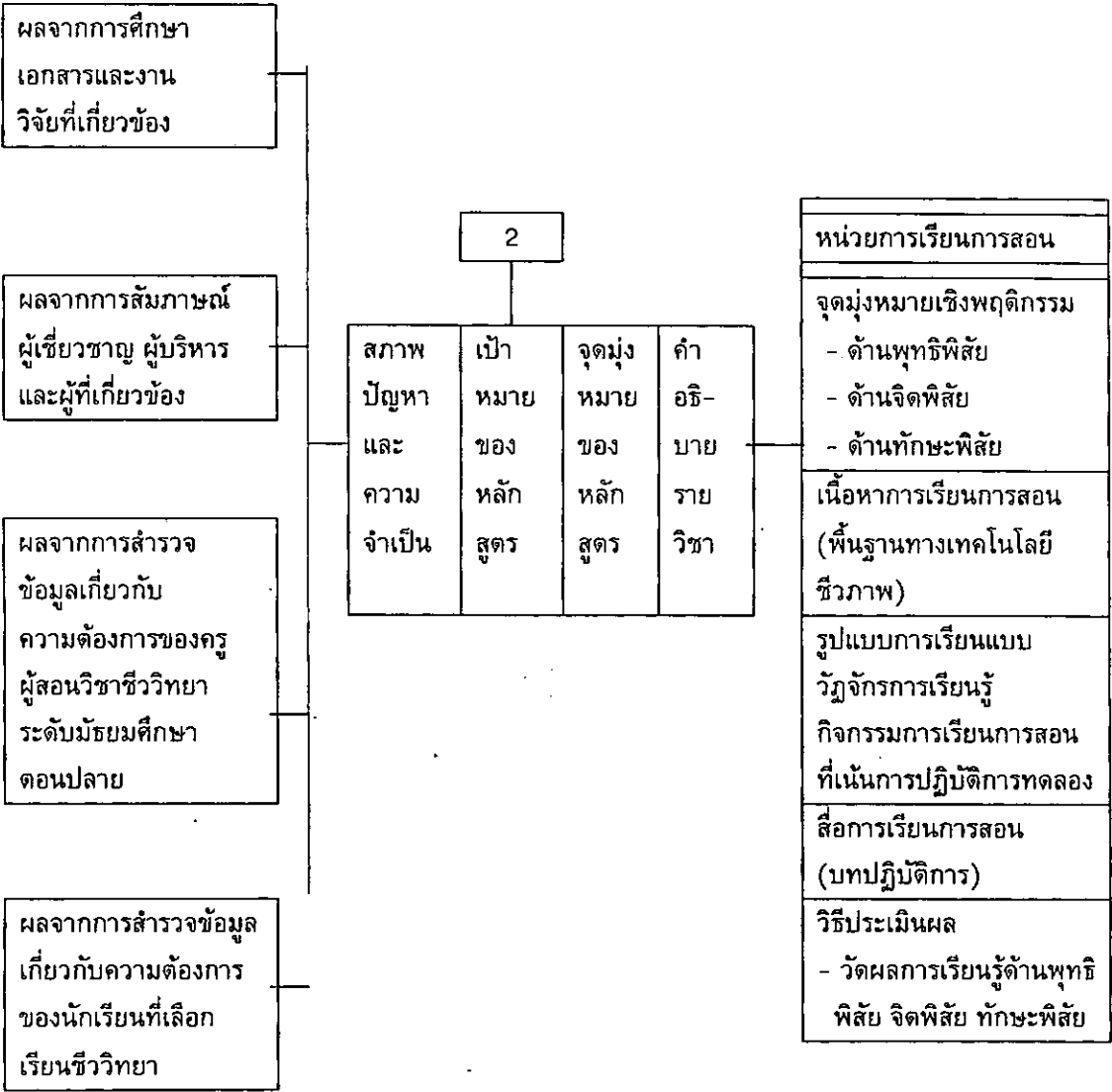
5.2 บทปฏิบัติการที่ 25 ระดับความต้องการปานกลาง
($\bar{X} = 3.49$, S.D. = 0.95)

5. บทปฏิบัติการเรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่ผู้วิจัยนำไปใส่ในหลักสูตร วิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ผู้วิจัยได้คัดเลือกหัวข้อบทปฏิบัติการเรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่ครู/อาจารย์และนักเรียนต้องการ และเสนอแนวคิดให้กำหนดขึ้นในระดับมาก คือมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ในหัวข้อเทคโนโลยีชีวภาพในด้านต่างๆ ดังนี้

- บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การเตรียมอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์บางชนิด
- บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การตรวจสอบบราและยีสต์ในอาหาร
- บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง วิธีนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร
- บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การหมักไวน์จากน้ำผลไม้ชนิดต่างๆ
- บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การผลิตน้ำส้มสายชูจากเปลือกผลไม้
- บทปฏิบัติการที่ 6 เรื่อง การผลิตนมเปรี้ยวรับประทานเอง
- บทปฏิบัติการที่ 7 เรื่อง การตรวจหาจุลินทรีย์ในนํ้านม
- บทปฏิบัติการที่ 8 เรื่อง การผลิตแอลกอฮอล์จากเศษอาหาร
- บทปฏิบัติการที่ 9 เรื่อง การเพาะเลี้ยงสาหร่ายและไรแดงโดยใช้น้ำเสีย
- บทปฏิบัติการที่ 10 เรื่อง การขยายพันธุ์ผักและไม้ผลโดยใช้สารเหลือทิ้ง
- บทปฏิบัติการที่ 11 เรื่อง การผลิตปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายเซลล์เดียว
- บทปฏิบัติการที่ 12 เรื่อง การผลิตก๊าซชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร
- บทปฏิบัติการที่ 13 เรื่อง การผลิตวันสวอร์ตจากสารเหลือทิ้ง
- บทปฏิบัติการที่ 14 เรื่อง การเพาะเห็ดฟางด้วยเปลือกถั่วและเปลือกหน่อไม้
- บทปฏิบัติการที่ 15 เรื่อง ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของพืชน้ำและจุลินทรีย์
- บทปฏิบัติการที่ 16 เรื่อง การผลิตเส้นใยจากวัชพืชโดยใช้จุลินทรีย์
- บทปฏิบัติการที่ 17 เรื่อง การดูดซับคราบน้ำมันโดยใช้เส้นใยจากพืชและจุลินทรีย์
- บทปฏิบัติการที่ 18 เรื่อง การกำจัดโลหะหนักจากน้ำเสียโดยใช้จุลสาหร่าย
- บทปฏิบัติการที่ 19 เรื่อง การศึกษาการยับยั้งเอนไซม์โปรติเอสจากน้ำผลไม้
- บทปฏิบัติการที่ 20 เรื่อง การศึกษาลักษณะของถั่มก

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างหลักสูตร

การดำเนินการในขั้นตอนนี้เป็นการสร้างหลักสูตรและตรวจสอบเอกสารหลักสูตรให้สอดคล้องกับข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการสำรวจข้อมูลพื้นฐานในขั้นตอนที่ 1 ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังภาพประกอบที่ 35



ภาพประกอบ 35 แสดงขั้นตอนการสร้างโครงสร้างหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

จากภาพประกอบที่ 35 รายละเอียดการดำเนินการสร้างโครงร่างหลักสูตรได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดส่วนประกอบของโครงร่างหลักสูตร

ในการดำเนินการสร้างหลักสูตรได้กำหนดส่วนประกอบของโครงร่างหลักสูตรเป็น 5 ส่วน ดังนี้

- 1.1 สภาพปัญหาและความจำเป็นในการสร้างหลักสูตร
- 1.2 หลักการของหลักสูตร
- 1.3 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร
- 1.4 คำอธิบายรายวิชา
- 1.5 หน่วยการเรียนรู้การสอน
- 1.6 วิธีวัดและประเมินผล

2. ดำเนินการสร้างหลักสูตร

ในการสร้างหลักสูตรดำเนินการสร้างในแต่ละส่วนประกอบดังนี้

2.1. สภาพปัญหาและความจำเป็นในการสร้างหลักสูตร กำหนดขึ้นโดยพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการบริหารหลักสูตรชีววิทยาและผู้ที่เกี่ยวข้อง และการสำรวจความต้องการของครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ โรงเรียนปรางจินดาราษฎร์ อารุง เกี่ยวกับเรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่ต้องการให้นำมาสร้างเป็นบทปฏิบัติการทางเทคโนโลยีชีวภาพ เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาให้ชัดเจนและเป็นแนวทางในการกำหนดเป้าหมายของหลักสูตร

2.2 หลักการของหลักสูตร กำหนดให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาและความจำเป็นในข้อ 2.1 โดยคาดหวังว่า ถ้านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้รับการเรียนการสอนตามหลักสูตรนี้แล้วจะสามารถแก้ไขปัญหาและสนองความจำเป็นที่มีอยู่ได้ โดยจัดลำดับความสำคัญของจุดมุ่งหมาย สภาพปัญหาและความจำเป็นนั้นๆ

2.3 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร กำหนดให้สอดคล้องกับเป้าหมายของหลักสูตร โดยคาดหวังว่า เมื่อดำเนินการตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรแล้วจะบรรลุตามเป้าหมายของหลักสูตร

2.4 คำอธิบายรายวิชา กำหนดให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร โดยคาดหวังว่า เมื่อจัดการเรียนการสอนตามเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมในคำอธิบายรายวิชาแล้วจะบรรลุจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

2.5 หน่วยการเรียนรู้การสอน กำหนดให้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา ซึ่งในแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะประกอบด้วยส่วนต่างๆ 5 ส่วน ดังนี้

2.5.1 จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม กำหนดขึ้นให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร โดยผู้วิจัยนำข้อมูลพื้นฐานจากการวิจัยในชั้นตอนที่ 1 มากำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมของหลักสูตร

2.5.2 เนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอน กำหนดขึ้นให้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชาและจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม และดำเนินการจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหาโดยพิจารณาเนื้อหาที่ได้จากการสำรวจลำดับความต้องการของครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา และความต้องการของนักเรียนที่เลือกเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ในชั้นตอนที่ 1 และคำนึงถึงสภาพการณ์ในท้องถิ่นของจังหวัดปราจีนบุรีมากำหนดเป็นเนื้อหาและมวลประสบการณ์ ซึ่งเนื้อหาที่กำหนดมีรายละเอียดดังนี้

เนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอนแบ่งออกเป็น 5 หน่วย คือ
หน่วยที่ 1 เทคโนโลยีการหมัก แบ่งเป็น 5 บทปฏิบัติการดังนี้
บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ
บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การตรวจสอบบราและยีสต์ในอาหาร
บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การผลิตน้ำส้มสายชูจากน้ำผลไม้
บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การผลิตนมเปรี้ยวอย่างง่าย
บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การผลิตน้ำส้มสายชูจากน้ำผลไม้
หน่วยที่ 2 เทคโนโลยีของเสีย แบ่งเป็น 5 บทปฏิบัติการดังนี้
บทปฏิบัติการที่ 6 เรื่อง การแยกและการตรวจนับโปรตีนเซลล์เดียว
บทปฏิบัติการที่ 7 เรื่อง การแยกและการตรวจนับโปรตีนเซลล์เดียวจาก

น้ำทิ้ง

บทปฏิบัติการที่ 8 เรื่อง การผลิตแอลกอฮอล์จากเศษอาหาร
บทปฏิบัติการที่ 9 เรื่อง การปลูกพืชโดยใช้น้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ
บทปฏิบัติการที่ 10 เรื่อง การผลิตกรดมะนาวจากวัตถุดิบทางการเกษตร
หน่วยที่ 3 เทคโนโลยีการนำวัตถุดิบแหล่งใหม่มาใช้ แบ่งเป็น 4 บท

ปฏิบัติการดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 11 เรื่อง การผลิตวันสวอร์ค
บทปฏิบัติการที่ 12 เรื่อง การผลิตปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายเซลล์เดียว
บทปฏิบัติการที่ 13 เรื่อง การการแยกและตรวจหาแบคทีเรียในอาหาร
บทปฏิบัติการที่ 14 เรื่อง การผลิตสีจากเชื้อราโดยใช้วัตถุดิบทาง

การเกษตร

หน่วยที่ 3 เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม แบ่งเป็น 4 บทปฏิบัติการ ดังนี้
บทปฏิบัติการที่ 15 เรื่อง การศึกษาชนิดของแบคทีเรียที่ย่อยควาบน้ำมัน

บทปฏิบัติการที่ 16 เรื่อง การศึกษาหาเชื้อไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพมา
ผลิตปุ๋ยชีวภาพ

บทปฏิบัติการที่ 17 เรื่อง การการใช้พืชหรือสาหร่ายเซลล์เดียว
แยกของเสียที่เป็นพิษ

บทปฏิบัติการที่ 18 เรื่อง การสกัดสารชีวภาพจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก
หน่วยที่ 5 วิศวกรรมเอนไซม์ แบ่งเป็น 2 บทปฏิบัติการ ดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 19 เรื่อง การศึกษาผลการทำงานของเอนไซม์

บทปฏิบัติการที่ 20 เรื่อง การศึกษาเรื่องเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิต

ประจำวัน

2.5.3 กิจกรรมการเรียนการสอน กำหนดขึ้นให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย
เชิงพฤติกรรมและเนื้อหาที่ใช้ในการสอน โดยพิจารณาถึงทฤษฎีการเรียนรู้และความรู้พื้นฐาน
ของผู้เรียนและจัดกิจกรรมการสอนโดยเน้นรูปแบบการเรียนรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้โดยยึดหลัก
สำคัญ 6 ประการ คือ

1. ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้
2. ยึดการเรียนรู้ที่เกิดจากการกระทำ
3. ยึดความสำคัญของกระบวนการเรียน
4. ยึดกลุ่มของผู้เรียนเป็นแหล่งความรู้
5. ยึดการค้นพบด้วยตนเองเป็นวิธีการหลักในการเรียนรู้ เพื่อให้

เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายสำหรับผู้เรียน

6. ยึดความสำคัญของการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อ
ประโยชน์ของท้องถิ่นและเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี

โดยกำหนดรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรตามแนวของ BSCS
(Biological Science Curriculum Study) ซึ่งได้นำวิธีการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะหา
ความรู้มาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ และได้เสนอขั้นตอนในการเรียนการสอนเป็น
5 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นที่ 1 การนำเข้าสูบทเรียน (Engagement)
- ขั้นที่ 2 การสำรวจ (Exploration)
- ขั้นที่ 3 การอธิบาย (Explanation)
- ขั้นที่ 4 การลงข้อสรุป (Elaboration) และ
- ขั้นที่ 5 การประเมินผล (Evaluation)

2.5.4 สื่อการเรียนการสอน กำหนดขึ้นให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน โดยพิจารณาถึงชนิดของสื่อที่จะมีผลทำให้กระบวนการเรียนรู้บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรมากที่สุด เช่น แผนการสอนที่เน้นรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ บทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพบัตรเนื้อหาที่ให้ความรู้เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ แผนใบประกอบการสอนและอุปกรณ์ที่เป็นของจริง ฯลฯ

2.5.5 วิธีวัดและประเมินผล กำหนดขึ้นให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม กิจกรรมการเรียนการสอน รวมทั้งจิตวิทยาการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ดำเนินการใช้หลักสูตรตรวจสอบว่าการใช้หลักสูตรแต่ละหน่วยการเรียนการสอนบรรลุตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ ซึ่งในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยจะประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนและผู้ที่เกี่ยวข้อง 2 ด้าน คือ

2.5.5.1 การประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้วิจัยได้ประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้ง 3 ด้าน โดยดูผลจากการประเมินก่อนและหลังเรียน ดังนี้

1) ด้านพุทธิพิสัย เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เนื้อหาเกี่ยวกับพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งผู้วิจัยสร้างเองและหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแล้ว

2) ด้านจิตพิสัย เครื่องมือที่ใช้ได้แก่

2.1) แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเองโดยกำหนดเป็นสถานการณ์ ให้ผู้ตอบเขียนตอบแสดงความรู้สึก ซึ่งสมมติว่าผู้ตอบอยู่ในสถานการณ์นั้นๆ แล้วตั้งเกณฑ์การให้คะแนนหรือระดับความรู้สึกของผู้ตอบ (ดูรายละเอียดในขั้นตอนการทดลองใช้หลักสูตร

2.2) แบบวัดคุณลักษณะทั้งคุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ แบบวัดทั้ง 4 ฉบับ จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแบบวัดด้านความรู้ความคิด และแบบวัดด้านคุณลักษณะ แต่ละฉบับประกอบด้วยข้อคำถามที่มีคำตอบให้เลือกตอบจาก 4 ตัวเลือก โดยนักเรียนจะต้องเลือกตัวเลือกที่ถูกต้องหรือสอดคล้องกับความรู้สึก ความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุดมาเพียง 1 ตัวเลือกเท่านั้น

3) ด้านทักษะพิสัย เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบวัดทักษะปฏิบัติการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.5.5.2 การประเมินผลการใช้หลักสูตร ผู้วิจัยได้ประเมินผลจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้หลักสูตร ได้แก่ ครู/อาจารย์ผู้สอน โดยใช้หลักสูตรนี้และนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลองใช้หลักสูตรนี้ เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบสอบถามและแบบ

สัมภาษณ์ครูผู้สอน (ดูรายละเอียดแบบสอบถามในภาคผนวก ข.)

3. การเขียนเอกสารหลักสูตร

ผู้วิจัยได้กำหนดองค์ประกอบของเอกสารหลักสูตรดังนี้

3.1 ความเป็นมาของหลักสูตร

3.2 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

3.3 หน่วยการเรียนรู้การสอน ประกอบด้วย

3.3.1 หัวข้อเรื่อง

3.3.2 ความคิดรวบยอด

3.3.3 จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

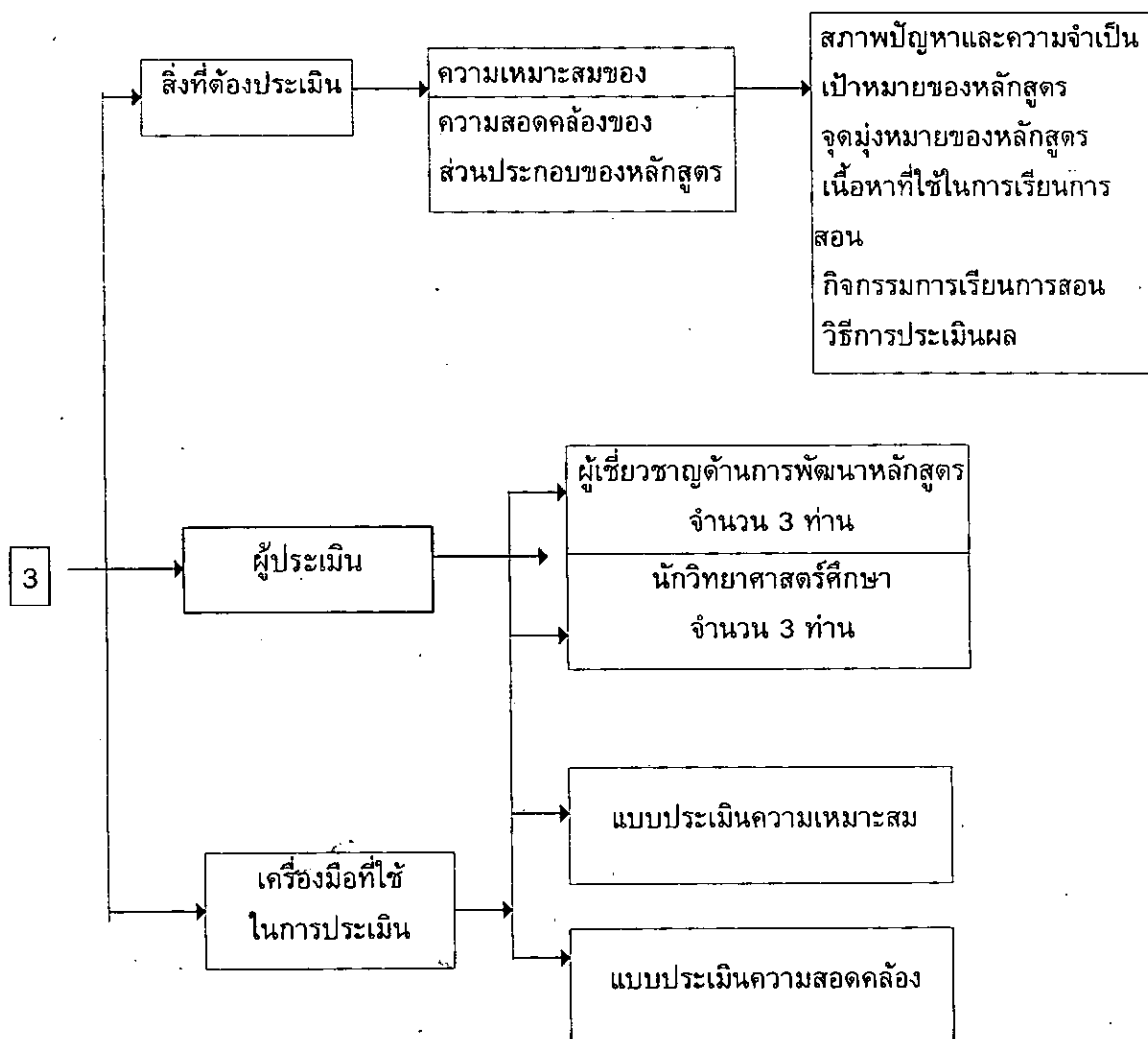
3.3.4 เนื้อหาสาระ

3.3.5 กิจกรรมและวิธีการสอน

3.3.6 วิธีการประเมินผล

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้

การประเมินหลักสูตรในขั้นตอนนี้ เป็นการประเมินหลักสูตรก่อนนำไปทดลองใช้ เพื่อศึกษาข้อบกพร่องและทำการปรับปรุงแก้ไข โดยมีรายละเอียดในภาพประกอบ 36



ภาพประกอบ 36 แสดงขั้นตอนการประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้

จากภาพประกอบ 36 แสดงขั้นตอนการประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้ รายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ มีดังต่อไปนี้

การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปทดลองใช้เป็นการประเมินหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นในขั้นตอนที่ 2 เพื่อศึกษาข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องกันภายในองค์ประกอบต่าง ๆ ของหลักสูตร โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาและบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. สิ่งที่ต้องประเมิน

1.1 ความเหมาะสมของส่วนประกอบของหลักสูตร เป็นการประเมินว่าส่วนประกอบต่างๆ ของหลักสูตรที่สร้างขึ้นว่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในสภาพการณ์ที่เป็นจริงของสังคมเพียงใด ส่วนประกอบที่จะทำการประเมินคือ สภาพปัญหาและความจำเป็น

ในการพัฒนาหลักสูตร เป้าหมายของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร หน่วยการเรียนรู้ การสอน เนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอน กิจกรรมการเรียนการสอนและวิธีประเมินผล

1.2 ความสอดคล้องของส่วนประกอบของหลักสูตร เป็นการประเมินว่า ส่วนประกอบต่างๆ ของหลักสูตรที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกันเพียงใด ส่วนประกอบที่จะทำการประเมินคือสภาพปัญหา และความจำเป็นในการพัฒนาหลักสูตร เป้าหมายของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร เนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอนและวิธีประเมินผล ได้แก่

1.2.1 ความสอดคล้องระหว่างสภาพปัญหาความจำเป็นกับเป้าหมายของหลักสูตร

1.2.2 ความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

1.2.3 ความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายเฉพาะของแต่ละหน่วยการเรียนรู้

1.2.4 ความสอดคล้องภายในของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ คือ

- ความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมายเฉพาะกับเนื้อหา
- ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับกิจกรรมการเรียนการสอน
- ความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอนกับสื่อ

ประกอบการเรียนการสอน

- ความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมายเฉพาะกับการประเมินผล

1.3 ความคิดเห็นเพิ่มเติม เป็นการประเมินโดยดูจากความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขโครงสร้างของหลักสูตร ซึ่งได้จากผู้เชี่ยวชาญในรายละเอียดต่อไปนี้

- เป้าหมายของหลักสูตร
- หลักการของหลักสูตร
- จุดมุ่งหมายของหลักสูตร
- เนื้อหาของหลักสูตร
- หน่วยการเรียนรู้
- แผนการสอน ซึ่งประกอบด้วย จุดมุ่งหมาย เนื้อหา กิจกรรมและวิธีสอน

สื่อการสอนและการประเมินผล

2. ผู้ประเมิน ผู้ทำการประเมินหลักสูตรก่อนนำไปทดลองใช้ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญสาขาต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาหลักสูตร จำนวน 3 ท่าน ได้แก่

2.1.1 ดร.ชูศักดิ์ ขัมภลิขิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย

ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

2.1.2 ดร.ปรีชาญ เดชศรี หัวหน้าสาขาเคมี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.1.3 ดร.วิไลพร วรจิตรานนท์ หัวหน้าศึกษานิเทศก์
สาขาวิทยาศาสตร์ เขตการศึกษา 12

2.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่

2.2.1 อาจารย์นันทิยา บุญเคลือบ รองผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.2.2 อาจารย์ชูศิลป์ อัดชู หัวหน้าสาขาวิชาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.2.3 ดร.อุ้นเรือน ศิริวานิชกุล หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2.3 นักวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 3 ท่าน ได้แก่

2.3.1 อาจารย์สาลี ตั้งคจิวงกูร หัวหน้าภาควิชาชีววิทยา
สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

2.3.2 อาจารย์คะเนศ วัฒนะกุล สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
สถาบันราชภัฏจันทรเกษม

2.3.3 อาจารย์สุนันท์ ศรีโสภา อาจารย์ 3 ระดับ 8 สาขาชีววิทยา
โรงเรียนปราชิตราชวราราม อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี

3. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปทดลองใช้ในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบสอบถาม ซึ่งสร้างจากเนื้อหาในโครงร่างหลักสูตรที่กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 2 โดยแบ่งแบบสอบถามเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 การประเมินความเหมาะสมของส่วนประกอบของหลักสูตร เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย และเหมาะสมน้อยที่สุด ส่วนประกอบที่จะทำการประเมินคือ สภาพปัญหาและความจำเป็น เป้าหมายของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอน กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน และวิธีประเมินผล

ตอนที่ 2 การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบของหลักสูตร เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง ส่วนประกอบที่จะทำการประเมินคือสภาพปัญหาและความจำเป็น เป้าหมายของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร เนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอน กิจกรรมการเรียนการสอน และวิธีประเมินผล

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินหลักสูตรมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

- 1) ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ของโครงร่างหลักสูตร
- 2) กำหนดประเด็นต่าง ๆ ที่จะทำการประเมินแล้วนำมาเขียนเป็นข้อคำถาม
- 3) นำแบบประเมินไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบประเด็นต่าง ๆ

ลักษณะของข้อคำถาม ตลอดจนภาษาที่ใช้

- 4) นำเครื่องมือที่แก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับผู้เชี่ยวชาญที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขให้เป็นเครื่องมือฉบับที่สมบูรณ์

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลการประเมินหลักสูตรก่อนนำไปทดลองใช้ในครั้งนี้ ผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญเป็นรายบุคคลด้วยตนเอง

5. วิวิธีจัดกระทำกับข้อมูล

5.1 ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามที่ได้รับคืน

5.2 ตั้งเกณฑ์ในการพิจารณา

5.2.1 การพิจารณาความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถาม โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
คะแนน 4 หมายถึง	เหมาะสมมาก
คะแนน 3 หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
คะแนน 2 หมายถึง	เหมาะสมน้อย
คะแนน 1 หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยน้ำหนักคะแนนแบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50	หมายถึง	เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

(บุญชม ศรีสะอาด. 2537 : 100)

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสม คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความ คิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป จะถือว่าหลักสูตรมีคุณภาพเหมาะสมในเบื้องต้น

5.2.2 การพิจารณาความสอดคล้องใช้ดัชนีความสอดคล้อง

สอดคล้อง กำหนดคะแนนเป็น 1

ไม่แน่ใจ กำหนดคะแนนเป็น 0

ไม่สอดคล้อง กำหนดคะแนนเป็น -1

จากนั้นนำมาแทนค่าในสูตรดัชนีหาความสอดคล้อง ถ้าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป ถือว่าใช้ได้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2536 : 124)

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญ การพิจารณาความเหมาะสมในแบบสอบถามมาตราส่วน 5 ระดับ ใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานการพิจารณาความสอดคล้องในแบบสอบถามมาตราส่วน 3 ระดับ ใช้ค่าสถิติดัชนีความสอดคล้อง

7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of consistency) ใช้สูตร (สำเร็จ บุญเรืองรัตน์. 2529 : 95)

$$IC = \frac{\sum R}{N}$$

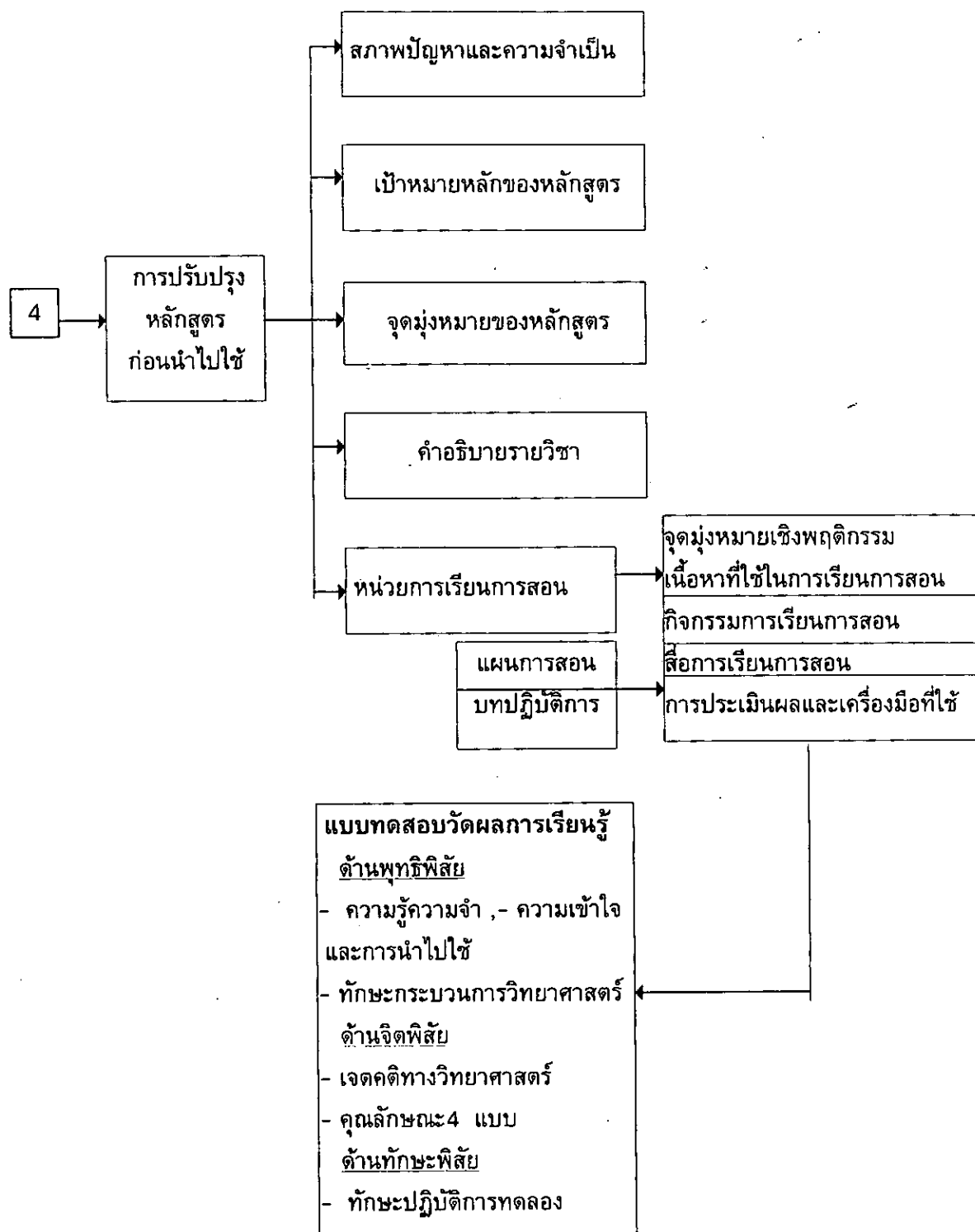
เมื่อ IC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้

การปรับปรุงหลักสูตรในขั้นตอนนี้เป็นการปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้ โดยการนำผลการประเมินหลักสูตรในขั้นตอนที่ 3 มาปรับปรุงและพัฒนาในส่วนที่บกพร่อง โดยมีขั้นตอนตามภาพประกอบ 37



ภาพประกอบ 37 แสดงขั้นตอนการปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้

จากภาพประกอบ 37 มีรายละเอียดในการปรับปรุงหลักสูตรดังนี้

การปรับปรุงหลักสูตรในขั้นตอนนี้เป็นการปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปทดลองใช้โดยนำผลการประเมินหลักสูตรในขั้นตอนที่ 3 มาปรับปรุงและพัฒนาในส่วนที่บกพร่อง ซึ่งโครงสร้างของหลักสูตรมีส่วนประกอบ ดังนี้

1. สภาพปัญหาและความจำเป็นในการพัฒนาหลักสูตร

2. เป้าหมายของหลักสูตร

3. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

4. คำอธิบายรายวิชา

5. หน่วยการเรียนรู้การสอน

5.1 จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

5.2 เนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอน

5.3 กิจกรรมการเรียนการสอน

5.4 สื่อการเรียนการสอน ได้แก่ แผนการสอนที่เน้นรูปแบบการสอนแบบ

วัฏจักรการเรียนรู้และบทปฏิบัติการพื้นฐาน เทคโนโลยีชีวภาพพื้นฐาน แผ่นใสประกอบการสอน บัตรเนื้อหา

5.5 วิธีประเมินผลและเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ ได้แก่

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (วัดความรู้-ความจำ, ความเข้าใจ, การนำไปใช้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ) แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย (แบบทดสอบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดคุณลักษณะด้านต่างๆ) และแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ ด้านทักษะพิสัย (แบบวัดทักษะปฏิบัติการทดลอง)

เกณฑ์ในการพิจารณาข้อมูลที่จะนำมากำหนดไว้ในหลักสูตร ใช้หลักเกณฑ์ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป กำหนดค่าน้ำหนัก

คะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมมาก (เครือวัลย์ ล้อมภิชาติ. 2531 : 164-165)

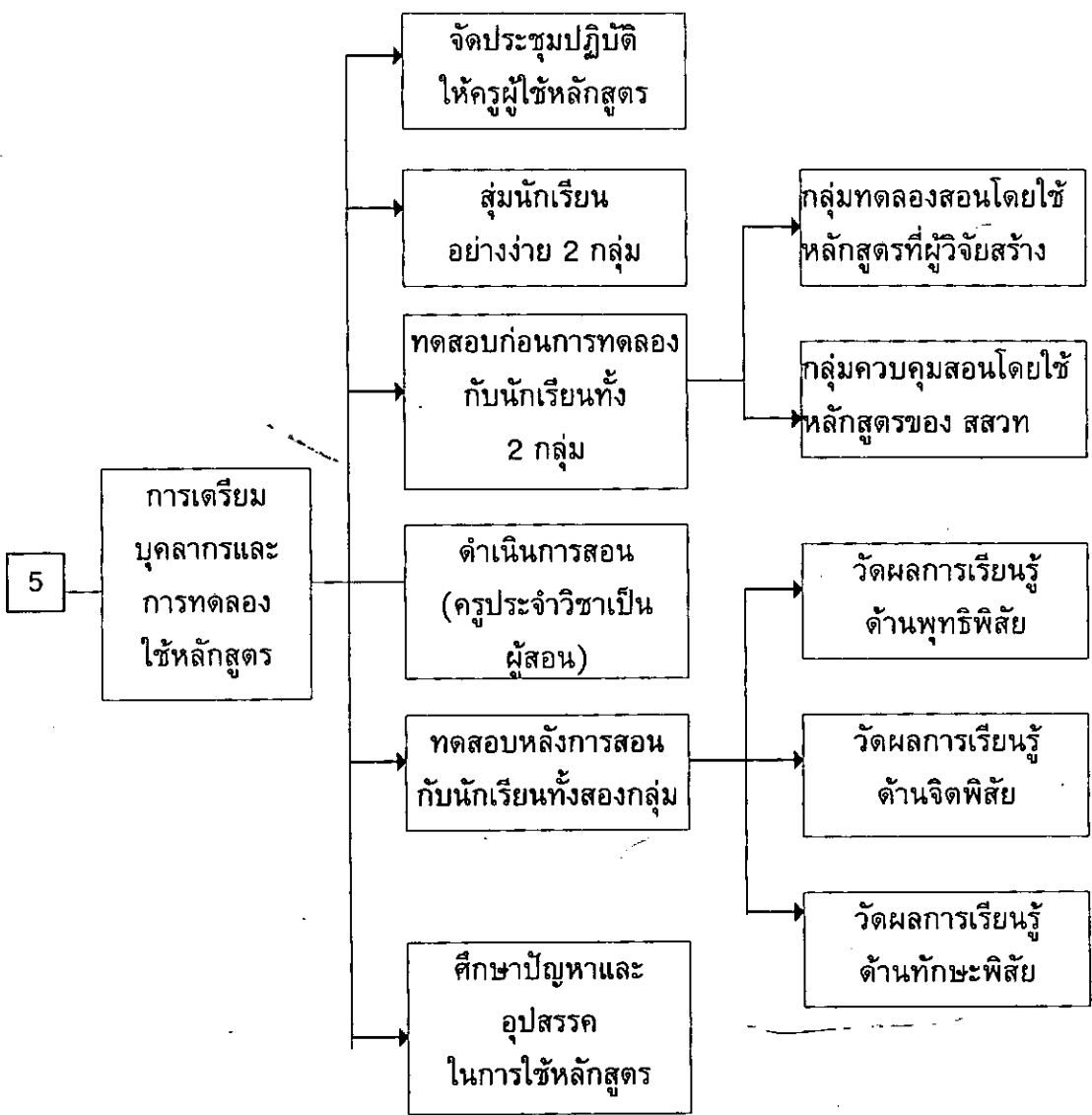
2. ค่าดัชนีเฉลี่ยความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป อยู่ในเกณฑ์มีความสอดคล้องสูง

3. ข้อมูลที่ได้รับข้อเสนอแนะ จากผู้เชี่ยวชาญ 2 คน ที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป

ซึ่งถือว่ามีความคิดเห็นสอดคล้องกัน ผู้วิจัยพิจารณาเพิ่มเติมไว้ในหลักสูตรโดยคำนึงถึงพื้นฐานของผู้เรียนด้วย

ขั้นตอนที่ 5 การเตรียมบุคลากรและการทดลองใช้หลักสูตร

ขั้นตอนนี้เป็นการเตรียมบุคลากรและดำเนินการทดลองใช้หลักสูตร เพื่อเตรียมครูผู้สอนให้มีความพร้อมที่จะใช้หลักสูตรอย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตรกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการใช้หลักสูตรจริง โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงทดลองดังมีรายละเอียดการดำเนินการตามภาพประกอบ 38



ภาพประกอบ 38 แสดงขั้นตอนการเตรียมบุคลากรและการทดลองใช้หลักสูตร

ภาพประกอบ 38 มีรายละเอียดในการดำเนินงานดังนี้

การดำเนินการในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำหลักสูตรที่ปรับปรุงแล้วในขั้นตอนที่ 4 ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายในการกำหนดหลักสูตรไปใช้จริง โดยการใช้กระบวนการวิจัยเชิงทดลอง และนำข้อมูลจากการทดลองใช้หลักสูตรดังกล่าวไปใช้ในการประเมินผลหลักสูตรด้วย การดำเนินการในขั้นตอนนี้มีดังนี้

1. วัตถุประสงค์ของการทดลองใช้หลักสูตร

1.1 เพื่อประเมินการใช้หลักสูตรว่ามีความเหมาะสมกับผู้เรียนหรือไม่ มีปัญหาและอุปสรรคต่อครูผู้สอน และผู้เรียนหลักสูตรนี้อย่างไร โดยประเมินในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1.1 ความเหมาะสมของเนื้อหาวิชา

1.1.2 ความเหมาะสมของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

1.1.3 ความเหมาะสมของวิธีการวัดและประเมินผลผู้เรียน

1.1.4 ปัญหาและอุปสรรคในการใช้หลักสูตร

1.1.5 ปัจจัยที่ส่งเสริมการใช้หลักสูตร

1.2 เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งกับกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. โดยเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ 3 ด้าน ดังนี้

1.2.1 ด้านพุทธิพิสัย

1.2.2 ด้านจิตพิสัย

1.2.3 ด้านทักษะพิสัย

2. สมมติฐานของการวิจัย

เนื่องจากหลักสูตรวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาหลักสูตรโดยคำนึงถึงปรัชญาการศึกษา จิตวิทยาการศึกษาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกับท้องถิ่นและชีวิตประจำวันของผู้เรียน คัดเลือกวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่คำนึงถึงผลการเรียนรู้อันจะเกิดกับผู้เรียนโดยตรง เช่น เน้นการปฏิบัติการทดลองที่ช่วยส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้ ทำให้ผู้เรียนเกิดการค้นพบด้วยตนเอง ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย จัดกิจกรรมการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ และจากผลการวิจัยที่พบว่า การสอนโดยให้ผู้เรียนได้ลงมือทดลองด้วยตนเองจะช่วยให้ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และคุณลักษณะ) และผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ของนักเรียนสูงขึ้น

(กมล ชุสมัย. 2528 : 61-62, David. 1976 : 4164-A, Al-Ruwashed. 1984 : 1357A) ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานของการวิจัยในขั้นตอนการทดลองใช้หลักสูตร ดังนี้

1. ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย วิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. แตกต่างกัน

1.1 ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย วิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

1.1.1 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ วิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

1.1.2 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

1.2 ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย วิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

2. ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. แตกต่างกัน

2.1 ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

2.1.1 ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

2.1.2 ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย ด้านคุณลักษณะทั่วไปของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

2.1.3 ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย ด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

2.1.4 ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย ด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

2.1.5 ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย ด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

2.2 ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย วิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

3. ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. แตกต่างกัน

3.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

3.2 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

3. แบบแผนการทดลอง

การทดลองใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง เพื่อทดสอบสมมติฐานใช้แบบแผนการทดลองแบบ The Pretest - Posttest Control Group Design (Campbell and Stanley. 1963 : 13 - 14) ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดังนี้

ตาราง 7 แบบแผนการทดลอง

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
ER	O ₁	X	O ₂
CR	O ₃	-	O ₄

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

R	แทน	การสุ่มตัวอย่าง
E	แทน	กลุ่มทดลอง (เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง)
C	แทน	กลุ่มควบคุม (เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท.)
O ₁	แทน	การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง
O ₂	แทน	การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลอง
O ₃	แทน	การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มควบคุม
O ₄	แทน	การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มควบคุม
X	แทน	การเรียนการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง
-	แทน	การเรียนการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท.

4. การดำเนินการทดลองใช้หลักสูตร

การวิจัยในขั้นตอนการทดลองใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง นี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ในห้องเรียนปกติ โดยมีวิธีดำเนินการ ดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี.6 แผนการเรียนคณิตศาสตร์ - วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538 โรงเรียนปราชญ์ราษฎร์อารัง อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 45 คน รวม 90 คน ที่ได้จากการสุ่มอย่างง่าย เพื่อจัดเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างละ 1 กลุ่ม กลุ่มละ 45 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.1 เอกสารหลักสูตร ใช้เป็นคู่มือสำหรับผู้สอน

2.2 บทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ มีลักษณะเป็นบทเรียนที่แบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยการเรียนรู้ 5 หน่วยการเรียนรู้ มีลักษณะเด่น คือ เป็นบทเรียนที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่นำสารเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์สามารถใช้ศึกษาด้วยตนเองได้ บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- แนวคิด
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- เนื้อหาสาระ
- กิจกรรมการทดลอง
- แบบทดสอบท้ายบทเรียน

2.3 สื่อประกอบการเรียนการสอน ได้แก่ ภาพโปสเตอร์ แผ่นโปรงใส วัสดุของจริงและสารเคมีต่างๆ

2.4 แบบประเมินหลักสูตรระหว่างการใช้ เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ เพื่อให้ผู้สอนใช้เป็นเครื่องมือสำหรับประเมินหลักสูตรว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

2.5 แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ได้แก่

2.5.1. แบบทดสอบวัดความรู้ - ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ

2.5.2. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ได้แก่ แบบทดสอบวัดทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลองและการตีความหมายข้อมูล

2.6 แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย ได้แก่

2.6.1. แบบทดสอบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

2.6.2. แบบทดสอบวัดคุณลักษณะทั่วไป

2.6.3. แบบทดสอบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ

2.6.4. แบบทดสอบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม

2.6.5. แบบทดสอบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ

2.7 แบบทดสอบวัดทักษะพิสัย ได้แก่ แบบวัดทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์

3. การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้

3.1. การสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ได้แก่

3.1.1. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์

2. ศึกษาจุดประสงค์และเนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ จากเอกสารหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ โดยแบ่งพฤติกรรมด้านต่างๆ ออกเป็น 3 ด้าน คือ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้

3. วิเคราะห์หาอัตราส่วนในการออกแบบทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 3 คน

4. กำหนดลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบ (Item specification) และสร้างแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก โดยสร้างให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมด้านความรู้ ความคิดทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 100 ข้อ

5. นำแบบทดสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับพฤติกรรม และเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปไว้ (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. 2526 : 89 - 91)

6. นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้- ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้ที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญได้คัดเลือกไว้ และได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนครนายกวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2539 ที่ได้เรียนเรื่องนี้ไปแล้ว จำนวน 100 คน

7. นำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบแล้ว มาตรวจให้คะแนน โดยข้อที่ตอบถูกให้ข้อละ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบเกินกว่า 1 ตัวเลือก ให้คะแนน 0 คะแนน เมื่อตรวจรวมคะแนนเรียบร้อยแล้ว นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์รายข้อหาความยากง่าย (P) และอำนาจจำแนก (r) โดยใช้เทคนิค 27 % ของ จุง เตห์ ฟาน (Fan. 1952 : 6 - 32) เลือกข้อสอบที่มีความยากง่าย (P) ระหว่าง .20 - .80 และมีค่าอำนาจ (r) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2528 : 187) ไว้ และปรับปรุงข้อที่ไม่ได้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และนำไปทดสอบใหม่

8. นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้ที่คัดเลือกไว้ จำนวน 50 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนครนายกวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2539 จำนวน 100 คน ตรวจให้คะแนนเพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (r_n) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2528 : 168) แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.73

3.1.2. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาความหมาย ขอบเขต และความสามารถของนักเรียนที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแล้ว ได้แก่ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลองและการตีความหมายข้อมูล จากเอกสารงานวิจัยและหนังสือ Science - A Process Approach Commentary for Tteacher ของ AAAS (AAAS. 1970 : 33 - 176) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2526 : 59)

2. สร้างตารางวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

3. สร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 100 ข้อ โดยสร้างข้อสอบให้ตรงตามพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการในข้อ 1 และ ข้อ 2 ให้ตรงตามตารางวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีความเที่ยงตรงตามพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

4. นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบเพื่อแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่อง

5. นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการไปตรวจสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนครนายกวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2539 จำนวน 100 คน

6. นำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วมาตรวจให้คะแนน โดยข้อที่ถูกให้ข้อละ 1 คะแนน ข้อที่ผิดหรือไม่ตอบหรือตอบเกินกว่า 1 ตัวเลือก ให้ 0 คะแนน เมื่อตรวจรวมคะแนนเรียบร้อยแล้ว นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์รายข้อหาความยากง่าย (P) และ อำนาจจำแนก (r) โดยใช้เทคนิค 27. % ของ จุง เดร์ ฟาน (Fan. 1952 : 6 - 32) หาค่า P และ r แล้ว นำไปเปิดตารางสำเร็จรูปที่จุง เดร์ ฟาน สร้างไว้ เลือกข้อสอบที่มีความยากง่าย (P) ระหว่าง .20 - .80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2531 : 188) และปรับปรุงข้อที่ไม่ได้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และนำไปทดสอบใหม่

7. นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ที่คัดเลือกไว้ จำนวน 50 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนครนายกวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2539 จำนวน 100 คน ตรวจให้คะแนนเพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (r_n) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2531 : 188) แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.75

3.2. การสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย ได้แก่

3.2.1. แบบทดสอบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เขียนนิยามของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ รวมนิยามของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ รวบรวมพฤติกรรมที่แสดงถึงเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ รวม 6 ด้าน คือ ด้านความมีเหตุผล ความอยากรู้อยากเห็น ความมีใจกว้าง ความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง ความเพียรพยายาม และความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ และเขียนนิยามของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ ซึ่งสรุปได้จากเอกสาร
2. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับการวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์และเขียนแบบทดสอบตามค่านิยามของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยแนวทางการสร้างแบบทดสอบสถานการณ์ของ โซติ เพชรชื่น (2526 : 7 - 17)
3. ลักษณะข้อสอบที่สร้างเป็นแบบสถานการณ์สมมติ ซึ่งผูกเป็นเรื่องราวสั้นๆ ในแต่ละสถานการณ์ตามค่านิยามของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน ได้แก่ ด้านความมีเหตุผล ความอยากรู้อยากเห็น ความมีใจกว้าง ความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง ความเพียรพยายามและความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ โดยลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายเปิด ให้นักเรียนตอบตามความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อสถานการณ์นั้นๆ
4. คำถามเกี่ยวกับบทบาทสมมติ ที่สมมติว่าถ้าผู้ตอบ (นักเรียน) อยู่ในเหตุการณ์นั้นจะปฏิบัติอย่างไร หรือคิดเห็นและมีเหตุผลอย่างไรในการกระทำหรือแสดงความคิดเห็นเช่นนั้น
5. เกณฑ์การให้คะแนน ถ้าผู้ตอบตอบได้ตรงตามพฤติกรรมที่แสดงถึงเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้านใดด้านหนึ่งในคำถามที่ถาม จะได้คะแนน 1 คะแนน ถ้าตอบไม่ตรงตามพฤติกรรมที่แสดงถึงเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้านนั้นๆ จะได้ 0 คะแนน แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาด้วยว่า คำตอบนั้นตรงกับพฤติกรรมที่แสดงถึงเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้านใด เพื่อนำไปปรับปรุงการสร้างแบบทดสอบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้านนั้นๆ ต่อไป

6. สร้างสถานการณ์สมมติให้ครอบคลุมพฤติกรรมที่แสดงถึงเจตคติทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 ด้าน ได้แก่ ความมีเหตุผล ความอยากรู้อยากเห็น ความมีใจกว้าง ความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง ความเพียรพยายามและความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ ตามคำนิยามของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยมีจำนวนสถานการณ์ 60 สถานการณ์ รวมคำถามทั้งหมด 60 ข้อ

7. ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยดูดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา จากการให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบโดยพิจารณาว่าแบบสอบถามแต่ละสถานการณ์วัดได้ตรงกับพฤติกรรมที่ระบุไว้ในนิยามหรือไม่ และให้คะแนน 1 เมื่อแน่ใจว่าวัดได้ตรง ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าวัดได้ไม่ตรง และให้คะแนน 0 คะแนน เมื่อไม่แน่ใจ พร้อมทั้งตรวจความถูกต้องของภาษาในสถานการณ์และข้อคำถาม

8. คัดเลือกแบบทดสอบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ได้จำนวน ข้อสอบ 32 ข้อ ซึ่งมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ระหว่าง 0.5 - 1.0 นำแบบทดสอบที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนครนายกวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก จำนวน กลุ่มตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 100 คน

9. หาค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถามเป็นรายข้อ โดยแบ่งกลุ่มที่ได้ให้นักคะแนนสูงออกมา 27 เปอร์เซนต์ เป็นกลุ่มสูง และกลุ่มที่ได้ให้นักคะแนนต่ำออกมา 27 เปอร์เซนต์ เป็นกลุ่มต่ำ แล้วใช้สถิติ t - test (ลวัน สายยศ และอังคณา สายยศ). 2528 : 185 - 186) ได้ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ โดยแยกออกเป็นด้านต่างๆ ดังนี้

9.1 ด้านความมีเหตุผล	25 ข้อ
9.2 ด้านความอยากรู้อยากเห็น	10 ข้อ
9.3 ด้านความมีใจกว้าง	15 ข้อ
9.4 ด้านความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง	10 ข้อ
9.5 ด้านความเพียรพยายาม	5 ข้อ
9.6 ด้านความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ	5 ข้อ

10. นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้แล้วมาหาค่าความเชื่อมั่น โดยวิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficeint) ของครอนบัค (Cronbach) (ลวัน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2528 : 170- 171) ได้ค่าความเชื่อมั่น ดังนี้

10.1 แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้านความมีเหตุผล
ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.81

10.2 แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้านความ
อยากรู้ อยากเห็น ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.70

10.3 แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้านความ
มีใจกว้าง ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.70

10.4 แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้านความ
ซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.69

10.5 แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้านความ
เพียรพยายาม ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.851

10.6 แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้านความ
ละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.71

3.2.2 แบบทดสอบวัดคุณลักษณะ ได้แก่ แบบทดสอบวัด

คุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะ
เพื่อพัฒนาสุขภาพ เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยยึดพฤติกรรมที่แสดงคุณลักษณะ
ต่างๆ ตามแนวของกรมวิชาการ (กรมวิชาการ. 2537 : 9-14) ซึ่งแบบทดสอบทั้ง 4 ฉบับนี้
ดำเนินการสร้างเช่นเดียวกัน ตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างแบบวัดคุณลักษณะทั่วไป
คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ
โดยศึกษาโครงสร้างของแบบวัดแต่ละฉบับว่าประกอบด้วยสมรรถภาพใหญ่และสมรรถภาพย่อย
อะไรบ้าง และนำมาสร้างแบบวัดคุณลักษณะต่างๆ ตามโครงสร้างที่กำหนดได้ดังนี้

1.1 แบบวัดคุณลักษณะทั่วไป

ตาราง 8 แสดงสมรรถภาพและสมรรถภาพย่อยของคุณลักษณะทั่วไป

สมรรถภาพ/สมรรถภาพย่อย	จำนวนข้อ	ข้อที่	คะแนน
<u>การมีค่านิยมในการเสียสละและการมุ่งพัฒนา</u>			
1. ช่วยเหลือผู้อื่นอย่างเท่าเทียมกัน	20	1 - 20	80
1.1 ช่วยเหลือทางด้านกำลังกาย			
1.2 ช่วยเหลือทางด้านกำลังความคิด			
1.3 ช่วยเหลือทางด้านกำลังใจ			
1.4 ช่วยเหลือทางด้านกำลังทรัพย์			
2. ใช้แนวทางและวิธีการใหม่ๆ ในการปฏิบัติงาน	20	21 - 40	80
2.1. ยอมรับว่ามีวิธีการหลากหลายในการปฏิบัติงาน			
2.2. ริเริ่มหาวิธีการใหม่ๆ ที่เหมาะสมกับการปฏิบัติงาน			
2.3. ค้นหาวิธีการใหม่ๆ ที่เหมาะสมกับการปฏิบัติงาน			
2.4. ใช้วิธีการใหม่ๆ และกระตุ้นให้ผู้อื่นใช้			
รวม	40		160

1.2 แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ

ตาราง 9 แสดงสมรรถภาพและสมรรถภาพย่อยของคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ

สมรรถภาพ/สมรรถภาพย่อย	จำนวนข้อ	ข้อที่	คะแนน
ตอนที่ 1 ด้านความรู้-ความจำ			
1. รู้และเข้าใจกระบวนการทำงาน	12	1 - 12	12
1.1. รู้ลำดับขั้นตอน หลักของกระบวนการ			
1.2. รู้วิธีการทำงานของแต่ละขั้นตอนหลัก			
2. รู้และเข้าใจกระบวนการจัดการ	11	13 - 23	11
2.1. รู้จักกำหนดเป้าหมาย วางแนวทางการดำเนินงาน			
2.2. สามารถจัดสรรงาน กำลังคน เวลาและทรัพยากรให้เหมาะสมกับงาน			
2.3. ติดตาม กำกับการทำงานให้เป็นไปตามแผน			
2.4. กระตุ้นและให้กำลังใจผู้ร่วมงาน			
2.5 ประเมินผลรวมและปรับปรุงผลงาน			
3. เห็นช่องทางประกอบอาชีพ			
3.1. วิเคราะห์ความต้องการของชุมชนในด้านอาชีพได้	7	24 - 30	7
3.2. เสนอความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการประกอบอาชีพของชุมชนได้			
3.3 เสนอแนวทางการนำความรู้ไปใช้เสริมอาชีพที่มีอยู่แล้วได้			
<u>รวม</u>	30		30

ตาราง 9 (ต่อ)

สมรรถภาพ/สมรรถภาพย่อย	จำนวนข้อ	ข้อที่	คะแนน
ตอนที่ 2 ด้านคุณลักษณะ			
4. สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้	10	31 - 48	40
4.1. รับผิดชอบงานในส่วนที่ได้รับมอบหมาย			
4.2. เห็นคุณค่าของการทำงานร่วมกับผู้อื่น			
5. รักการทำงาน	10	41 - 50	20
5.1. มีความพยายามวิเคราะห์หาคุณค่าของงานที่ทำ			
5.2. มุ่งมั่นพยายามที่จะทำงานที่ตนเห็นว่ามีคุณค่าให้สำเร็จ			
6. มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพสุจริต	10	51 - 60	40
6.1. ชื่นชม นิยมยกย่องอาชีพและผู้ประกอบอาชีพสุจริต			
6.2. ชอบและพอใจที่จะประกอบอาชีพสุจริต			
6.3. สนับสนุนและส่งเสริมการประกอบอาชีพสุจริต			
6.4. ดำเนินและต่อต้านการประกอบอาชีพทุจริต			
รวม	30		120

ตาราง 10 แสดงสมรรถภาพและสมรรถภาพย่อยของคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม

สมรรถภาพ/สมรรถภาพย่อย	จำนวนข้อ	ข้อที่	คะแนน
ด้านคุณลักษณะ			
1. มุ่งมั่นในการพัฒนาประเทศ	12	1 - 12	48
1.1 เข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาประเทศ ด้วย ความเต็มใจและภาคภูมิใจ			
2. เข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาสังคมด้วยความเต็มใจ	9	13 - 21	36
2.1 เห็นความสำคัญของการเข้าร่วมกิจกรรม พัฒนาสังคมตามบทบาทหน้าที่ของตน			
2.2 เข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาสังคมด้วยความ เต็มใจและภาคภูมิใจ			
3. อนุรักษ์และเสริมสร้างสิ่งแวดล้อม ศิลป วัฒนธรรมของประเทศไทยด้วยความภูมิใจ	9	22 - 30	36
3.1 ชี้ให้เห็นถึงผลเสียหาย ที่เกิดขึ้นเนื่องจาก สิ่งแวดล้อม ศิลปวัฒนธรรมถูกทำลาย			
3.2 ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นที่ทุกคน จะต้อง ร่วมมือกันอนุรักษ์และเสริมสร้างสิ่งแวดล้อม ศิลปวัฒนธรรมของประเทศไทย			
3.3 เสนอแนวทางในการอนุรักษ์และเสริมสร้าง สิ่งแวดล้อม ศิลปวัฒนธรรมของประเทศไทย			
3.4 ปฏิบัติตนในการอนุรักษ์และเสริมสร้าง สิ่งแวดล้อม ศิลปวัฒนธรรมของประเทศไทย			
รวม	30		120

ตาราง 11 แสดงสมรรถภาพและสมรรถภาพย่อยของคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ

สมรรถภาพ/สมรรถภาพย่อย	จำนวนข้อ	ข้อที่	คะแนน
ตอนที่ 1 ด้านความรู้-ความคิด			
1. ความสามารถในการป้องกันสุขภาพอนามัยส่วนบุคคลและส่วนรวม	15	1 - 15	15
2. ความสามารถในการบำบัดรักษาสุขภาพและอนามัยส่วนบุคคลและส่วนรวม	15	16 - 30	15
รวม	30		30
ตอนที่ 2 ด้านคุณลักษณะ			
3. มุ่งมั่นในการเสริมสร้างสุขภาพ อนามัยชุมชน และสังคม	20	32 - 51	80
3.1. เห็นคุณค่าในการปฏิบัติตนเป็นแบบอย่างที่ดีในการเสริมสร้างสุขภาพอนามัย			
3.2. เห็นคุณค่าในการเข้าร่วมกิจกรรมเสริมสร้างสุขภาพอนามัย			
3.3. แนะนำและสนับสนุนผู้อื่นให้ปฏิบัติตนในการเสริมสร้างสุขภาพอนามัย			
3.4. นิยมยกย่องชมเชยกลุ่มคนหรือบุคคลที่ปฏิบัติถูกต้องในการเสริมสร้างสุขภาพอนามัยและสังคม			36
4. เข้าร่วมกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพในชุมชนและสังคม	10	53 - 60	40
4.1 เห็นคุณค่าในการเข้าร่วมกิจกรรมส่งเสริมคุณภาพ			
4.2. แนะนำและสนับสนุนผู้อื่นให้เข้าร่วมกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพอนามัย			
4.3. นิยมยกย่องชมเชยบุคคลที่เข้าร่วมกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพของชุมชนสังคม			
รวม	30		120

2. การสร้างแบบวัดคุณลักษณะทั้ง 4 ฉบับ ได้แก่ แบบวัดคุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพนั้น ลักษณะของแบบวัดทั้งหมดแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแบบวัดด้านความรู้-ความคิด และแบบวัดด้านคุณลักษณะ แต่ละฉบับประกอบด้วยข้อคำถามที่มีคำตอบให้เลือกตอบจาก 4 ตัวเลือก โดยผู้ตอบจะต้องเลือกตัวเลือกที่ถูกต้องหรือที่สอดคล้องกับความรู้สึก ความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุดมาเพียง 1 ตัวเลือกเท่านั้น

ตัวอย่างแบบวัดคุณลักษณะ

ลักษณะของแบบวัดคุณลักษณะ ทั้ง 4 ฉบับ แบ่งเป็น 2 ตอน (Kampe and Somboon. 1975 : 789) คือ

1. ตอนนำ (Stem) เป็นการกำหนดข้อความหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องราว นั้นๆ ซึ่งเอื้อต่อการให้ผู้ตอบเลือกตอบเพื่อแสดงสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะทั้งคุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ

2. ตัวเลือก (Option) เป็นการกำหนดแนวทางการเลือกตอบตามความรู้สึกอันแสดงถึงสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะด้านต่างๆ ทั้งคุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ และตัวเลือกดังกล่าวแสดงถึงสมรรถภาพตามระดับความรู้สึกหรือความคิดเห็นของผู้ตอบ (ตัวเลือกจะไม่มีถูกหรือผิด) 4 ระดับ คือ

- 1 คะแนน หมายถึง ขั้นรับรู้คุณลักษณะนั้น
- 2 คะแนน หมายถึง ขั้นปฏิบัติตามเงื่อนไขของคุณลักษณะนั้น
- 3 คะแนน หมายถึง ขั้นเห็นประโยชน์ของคุณลักษณะนั้น
- 4 คะแนน หมายถึง ขั้นยึดมั่นในคุณลักษณะนั้น

(กรมวิชาการ. 2537 : 33)

1. แบบวัดคุณลักษณะทั่วไป : วัดด้านคุณลักษณะ

ข้อที่ 00

ทวีพล : นี่สมปรารถนา ดูนองชิ เขาอยู่กลุ่มที่ 4 พอทำงานกลุ่มเสร็จแล้ว
เขายังไปช่วยกลุ่มที่ 2 อีกนะ

สมปรารถนา : -----

นักเรียนคิดว่าสมปรารถนาจะตอบอย่างไร

1. เขาคงเป็นคนที่ชอบทำงานกลุ่ม
2. กลุ่มที่เสร็จแล้วควรช่วยกลุ่มที่ยังไม่เสร็จ
3. เขาคงต้องการให้กลุ่มอื่นทำงานได้เร็วขึ้น
4. กลุ่มเราเสร็จแล้วฉันจะไปช่วยกลุ่มอื่นอีกเหมือนกัน

2. แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ

ตอนที่ 1 วัดด้านความรู้-ความคิด

ข้อที่ 01 ถ้านักเรียนจะปลูกผัก นักเรียนจะทำอะไรเป็นอันดับแรก

1. วางแผนการปลูกผัก
2. เลือกซื้อพันธุ์ผักที่จะปลูก
3. ปฏิบัติตามขั้นตอนในการปลูกผัก
4. เตรียมดินและปรับสภาพของดิน

ตอนที่ 2 วัดด้านคุณลักษณะ

นันทา : ไม่ต้องแกะสลักผักหรอก หั่นๆ ใส่จานส่งครูทั้งอย่างนั้นก็ได้อ

นันทนา : ไม่ได้หรอกยังมีเวลาเหลืออีกตั้งครึ่งชั่วโมง

ข้อที่ 02 นักเรียนรู้สึกอย่างไรกับคำพูดของนันทนา

1. เป็นการใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์
2. ถ้าทำงานประณีตจะได้คะแนนมากขึ้น
3. การทำงานอย่างพิถีพิถันจะได้ผลงานดีขึ้น
4. นันทนาอยากให้คนอื่นรู้ว่าเธอมีความสามารถในการแกะสลักผัก

3. แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม
วัดด้านคุณลักษณะ

วิภาวี : ดวงฤดี ดุรฤช ติดกันเป็นพืดเลยนะ คนเราจะรู้ไหมว่า ตนเอง
นั้นแหละ เป็นผู้ทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม
อรดา : -----

- ข้อที่ 04 นักเรียนชอบคำตอบของอรดาในข้อใด
- 1. ถ้าทุกคนมาใช้บริการของรัฐคงจะดีขึ้นบ้างนะ
 - 2. นั่นซิ ควันดำจากรถยนต์ทำให้เกิดมลพิษ
 - 3. พวกเราควรใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดและคุ้มค่า
 - 4. หากปล่อยปัญหาไว้เช่นนี้ จะเกิดผลเสียต่อมนุษยชนันแหละ

4. แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ
- ตอนที่ 1 วัดด้านความรู้-ความคิด
- ข้อที่ 05 การรอกตากลับไปกลับมา กระทำเพื่อจุดประสงค์ตามข้อใด
- 1. ช่วยปรับความดันภายในลูกตา
 - 2. ช่วยให้มองวัตถุชัดเจนขึ้น
 - 3. ช่วยให้ฝุ่นละอองหลุดจากตา
 - 4. ช่วยให้กล้ามเนื้อตาได้ออกกำลัง

ตอนที่ 2 วัดด้านคุณลักษณะ

นพพร : อัปสรสุตา คุณมีความคิดเห็นอย่างไร เกี่ยวกับโครงการณรงค์
ให้ชาวบ้าน ทิ้งขยะให้เป็นที ในหมู่บ้านของเรา
อัปสรสุตา : -----

- ข้อที่ 06 นักเรียนเห็นด้วยกับอัปสรสุตาในข้อใด
- 1. โครงการแบบนี้ต้องให้เวลาทำกันบ้างขึ้นบ้างนะ

2. จะนำเสียดายมาก ถ้าทำกันเพียงไม่กี่บ้าน
3. ควรหาทางให้ทุกคนเห็นความสำคัญของโครงการนี้
4. ต้องไปดูหมู่บ้านอื่น เพื่อพัฒนาหมู่บ้านเรา

4. การตรวจให้คะแนนแบบวัดคุณลักษณะทั่วไป วิธีการตรวจให้คะแนนแบบวัดต่างๆ มีวิธีการดังนี้

4.1 แบบวัดความรู้ความคิด มีการตรวจให้คะแนน 2 แบบ คือ ตรวจให้คะแนนแบบ 0 และ 1 การตรวจให้คะแนน 0 และ 1 หมายถึงตรวจให้คะแนน 1 คะแนน สำหรับคำตอบที่ถูกต้อง และให้ 0 คะแนนสำหรับคำตอบที่ผิด การนับคะแนนมีทั้งคะแนนรวมและคะแนนรายสมรรถภาพ แบบวัดที่ตรวจให้คะแนนแบบ 0 และ 1 ได้แก่

แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ ตอนที่ 1

แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม ตอนที่ 1

แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ ตอนที่ 1

4.2 แบบวัดด้านคุณลักษณะตรวจให้คะแนนแบบ 1,2,3 และ 4 ได้แก่

แบบวัดคุณลักษณะทั่วไป

แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ ตอนที่ 2

แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม ตอนที่ 2

แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ ตอนที่ 2

การตรวจให้คะแนนเป็นแบบ 1,2,3 และ 4 หมายถึง การตรวจให้คะแนนตามระดับความรู้สึกหรือความคิดเห็นของผู้ตอบ (คำตอบจะไม่มีถูกไม่มีผิด) ซึ่งมี 4 ระดับ คือ

- 1 คะแนน หมายถึง ขั้นรับรู้คุณลักษณะนั้น
- 2 คะแนน หมายถึง ขั้นปฏิบัติตามเงื่อนไขของคุณลักษณะนั้น
3. คะแนน หมายถึง ขั้นเห็นประโยชน์ของคุณลักษณะนั้น
4. คะแนน หมายถึง ขั้นยึดมั่นในคุณลักษณะนั้น

5. ลักษณะการตรวจและการกรอกแบบบันทึกคะแนน การตรวจให้คะแนนตามลักษณะของแบบวัดที่กล่าวไว้ในข้อ 4.1 โดยตรวจแยกเป็นตอนและเป็นสมรรถภาพตามที่กำหนดแล้วนำผลการตรวจที่ได้ไปกรอกในแบบบันทึกคะแนน

5.1 แบบวัดคุณลักษณะทั่วไป ตรวจให้คะแนนแบบ 1 , 2 , 3 และ 4 ดังตาราง 12

ตาราง.12 แสดงจำนวนข้อสอบและการให้คะแนนของแบบวัดคุณลักษณะทั่วไป

สมรรถภาพ	จำนวนข้อ	ข้อที่	คะแนน
การมีค่านิยมในการเสียสละและมุ่งพัฒนา	40	1 - 40	160
รวม	40		160

5.2 แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ ตรวจแยกเป็น 2 ตอน คือ
ตอนที่ 1 ด้านความรู้ความคิด ให้คะแนน 0 และ 1
ตอนที่ 2 ด้านคุณลักษณะ ตรวจให้คะแนนแบบ 1,2,3 และ 4

ดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงจำนวนข้อสอบและการให้คะแนนของแบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ

สมรรถภาพ	จำนวนข้อ	ข้อที่	คะแนน
ตอนที่ 1 ด้านความรู้-ความคิด ความรู้ความเข้าใจ กระบวนการทำงาน การจัดการ และเห็นช่องทางประกอบอาชีพ	30	1 - 30	30
รวม	30		30
ตอนที่ 2 ด้านคุณลักษณะ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น รักการทำงานและมีเจตคติที่ดีต่ออาชีพสุจริต	30	31 -60	120
รวม	30		120

ตาราง 14 แสดงจำนวนข้อสอบและการให้คะแนนของแบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม

สมรรถภาพ	จำนวนข้อ	ข้อที่	คะแนน
ด้านคุณลักษณะ ความมุ่งมั่นในการพัฒนาประเทศ อนุรักษ์และ สร้างสิ่งแวดล้อม	30	1 - 30	120
รวม	30		120

5.4 แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ

ตาราง 15 แสดงจำนวนข้อสอบและการให้คะแนนของแบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ

สมรรถภาพ	จำนวนข้อ	ข้อที่	คะแนน
ตอนที่ 1 ด้านความรู้ความคิด การป้องกันส่งเสริมและบำบัดรักษา สุขภาพ อนามัยส่วนบุคคลและส่วนรวม	30	1 - 30	30
รวม	30		30
ตอนที่ 2 ด้านคุณลักษณะ ความมุ่งมั่นในการเสริมสร้างสุขภาพอนามัยของ ชุมชนและเข้าร่วมกิจกรรมเพื่อส่งเสริมสุขภาพ ของชุมชนและสุขภาพ	30	31 - 60	120
รวม	30		120

6. การแปลผลการประเมิน เนื่องจากแบบวัดคุณลักษณะที่ใช้ประเมิน ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีการตรวจให้คะแนนหลายแบบด้วยกัน จึงได้ แปลผลของคะแนนที่ได้จากการสอบแบบวัดคุณลักษณะต่างๆ ดังนี้

6.1. แบบวัดด้านความรู้ความคิด ได้แก่ แบบวัดคุณลักษณะเพื่อ
พัฒนา

อาชีพ ตอนที่ 1 แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม ตอนที่ 1 และแบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนา สุขภาพ ตอนที่ 1 ซึ่งตรวจให้คะแนนแบบ 0,1 เมื่อตรวจให้คะแนนแล้ว ในส่วนที่เป็นคะแนนรวมทั้ง ฉบับหรือตอนที่เป็นความรู้-ความคิดของนักเรียนแต่ละคนนั้นจะต้องนำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับ เกณฑ์การประเมินที่กำหนดเป็นคะแนนจุดตัดหรือจุดผ่าน (Pass score) ของแบบวัดแต่ละฉบับซึ่ง

จำแนกความสามารถหรือความสำเร็จของนักเรียนแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือระดับดี ระดับปานกลาง หรือพอใช้ และระดับปรับปรุง โดยการให้คณะผู้เชี่ยวชาญตัดสินโดยพิจารณาจากมาตรฐานของกลุ่มนักเรียน ความรู้ในเนื้อหาที่ข้อสอบมุ่งวัดและคุณภาพของข้อสอบรายข้อ ซึ่งคณะผู้เชี่ยวชาญที่มาพิจารณาจุดตัดดังกล่าวนี้จะประกอบด้วยนักพัฒนาหลักสูตร นักวัดผลและครูผู้สอน จำนวน 5 คนต่อฉบับ โดยผู้เชี่ยวชาญจะพิจารณานักเรียนที่อยู่คาบเส้น (Borderline) ระหว่างกลุ่มที่อยู่ในระดับดี กับระดับปานกลางและนักเรียนที่อยู่ในระดับคาบเส้นระหว่างระดับปานกลางกับระดับปรับปรุงว่าควรทำข้อสอบได้มากน้อยเพียงใดแล้วนำผลการให้คะแนนของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมาพิจารณากำหนดจุดตัดโดยใช้คะแนนเฉลี่ย แล้วนำมาแปลงคะแนนการสอบแต่ละฉบับออกเป็นช่วงคะแนนตามระดับความสามารถ 3 ระดับ คือ ระดับดี ระดับปานกลาง และระดับปรับปรุง ได้คะแนนจุดตัดขั้นต่ำและขั้นสูงของแบบวัดคุณลักษณะ ดังตาราง 16

ตาราง 16 คะแนนจุดตัดขั้นสูงและขั้นต่ำของแบบวัดคุณลักษณะด้านความรู้-ความคิดและช่วงคะแนนในแต่ละระดับคุณภาพ

แบบวัด	คะแนนเต็ม	จุดตัด		ช่วงคะแนนตามระดับคุณภาพ		
		ต่ำ %	สูง %	ปรับปรุง	ปานกลาง	ดี
แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ ตอนที่ 1	30	13 43.3 3	20 66.6 7	0 - 12	13 - 20	21 - 30
แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม ตอนที่ 1	30	12 40.0 0	18 60.0 0	0 - 11	12 - 17	18 - 30
แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม ตอนที่ 1	30	11 36.6 7	20 66.6 7	0 - 10	11 - 18	19 - 30

ตาราง 17 คะแนนจุดตัดขั้นสูงและขั้นต่ำของแบบวัดคุณลักษณะด้านคุณลักษณะและช่วง
คะแนนในแต่ละระดับคุณภาพ

แบบวัด	จำนวนข้อ คะแนน เต็ม	ช่วงคะแนน			
		ระดับ 4 (ยอดเยี่ยม)	ระดับ 3 (เห็น ประโยชน์)	ระดับ 2 (ปฏิบัติ ตาม)	ระดับ 1 (รับรู้)
แบบวัดคุณลักษณะทั่วไป	40 (160)	130 - 160	100 - 129	70 - 99	40 - 69
แบบวัดคุณลักษณะเพื่อ พัฒนาอาชีพ ตอนที่ 2	30 (120)	99 - 120	76 - 98	53 - 75	30 - 52
แบบวัดคุณลักษณะเพื่อ พัฒนาสังคม ตอนที่ 2	30 (120)	99-120	76 - 98	53 - 75	30 - 52
แบบวัดคุณลักษณะเพื่อ พัฒนาสังคม ตอนที่ 2	30 (120)	99-120	76 - 98	53 - 75	30 - 52

ในการพิจารณาความสามารถหรือความสำเร็จของนักเรียนนั้น จะทราบว่าคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการสอบแต่ละแบบวัดอยู่ในระดับใด ดูได้จากคะแนนนั้นตกอยู่ในช่วงคะแนนระดับคุณภาพใด เช่นผลการสอบของ นางสาวกาญจนา ได้คะแนนแบบวัดฉบับ ก. 10 คะแนน แบบวัดฉบับ ข. 25 คะแนน แบบวัดระดับ ค. 25 คะแนน แสดงว่า นางสาวกาญจนา มีความรู้ความสามารถในแบบวัดในระดับปานกลาง ส่วนแบบวัดฉบับ ข และฉบับ ค นั้นอยู่ในระดับ ดี

ระดับดี จำนวนร้อยละ 40

ระดับปานกลาง จำนวนร้อยละ 32

ระดับปรับปรุง จำนวนร้อยละ 20

ซึ่งจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับเหล่านี้ จะเป็นข้อมูลให้โรงเรียนได้นำไปวางแผนในการพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนต่อไป

6.2. แบบวัดด้านคุณลักษณะที่ตรวจให้คะแนนเป็น 1,2,3, และ 4 ได้แก่ แบบวัดคุณลักษณะทั่วไป แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ ตอนที่ 2 แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม ตอนที่ 2 และแบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ ตอนที่ 2 การตรวจให้คะแนนเป็นระดับ ซึ่งหมายถึง การแสดงความรู้สึก หรือความคิดเห็นของนักเรียน ดังนี้

1. คะแนน หมายถึง มีระดับความรู้สึกขั้นรับรู้ในคุณลักษณะนั้น

2. คะแนน หมายถึง มีระดับความรู้สึกขั้นปฏิบัติตามเงื่อนไขของคุณลักษณะนั้น

3. คะแนน หมายถึง มีระดับความรู้สึกขั้นเห็นประโยชน์ของคุณลักษณะนั้น

4. คะแนน หมายถึง มีระดับความรู้สึกขั้นยึดมั่นในคุณลักษณะ

คะแนนจากการตรวจแบบวัดคุณลักษณะแต่ละฉบับจะมีช่วงคะแนนตั้งแต่ต่ำสุดถึงคะแนนสูงสุด ซึ่งช่วงคะแนนจะขึ้นอยู่กับจำนวนข้อของแบบวัดทั้งฉบับ คะแนนต่ำสุดคิดจากคะแนนรวมที่นักเรียนสอบ (แสดงความรู้สึก) ได้ 1 คะแนนทุกข้อ คะแนนสูงสุดคิดจากคะแนนรวมที่นักเรียนตอบ (แสดงความรู้สึก) ได้ 4 คะแนนทุกข้อตัวอย่างเช่น แบบวัดคุณลักษณะทั่วไป มีจำนวน 30 ข้อ ดังนั้นคะแนนต่ำสุดจึงเท่ากับ 30 คะแนน และคะแนนสูงสุดเท่ากับ 120 คะแนนจากคะแนนดังกล่าวนำมาแบ่งเป็นช่วงเพื่อแปลงคะแนนที่ได้เป็นค่าของคะแนน การแปลงช่วงคะแนนเป็นค่าคะแนนนี้ จะทำให้การกระจายของคะแนนต่ำและความเชื่อมั่นของคะแนนสูงขึ้นกล่าวคือมั่นใจได้ว่าผู้ตอบที่ได้ค่าของคะแนน 4 มีระดับความรู้สึกสูงกว่า ผู้ตอบที่ได้ค่าของคะแนน 3

ช่วงคะแนนของแบบวัดคุณลักษณะแต่ละฉบับจะสามารถบอกระดับความรู้สึกของนักเรียนได้ ว่าอยู่ในระดับใด โดยดูได้จากคะแนนรวมของนักเรียนในแบบวัดคุณลักษณะแต่ละฉบับว่าตกอยู่ในช่วงคะแนนใด ก็จะได้ค่าของคะแนนออกมาตามลำดับความรู้สึกนั้น

ตัวอย่างเช่น นายสมชาย (ชั้น ม.6) สอบได้คะแนนจากแบบวัดคุณลักษณะทั่วไป 95 คะแนน (79.17%) แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ ตอนที่ 2 ได้ 62 คะแนน (62%) แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม ตอนที่ 2 ได้ 85 คะแนน (85%) และแบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ ได้ 83 คะแนน (83%)

จากการพิจารณาผลการสอบแบบวัดด้านคุณลักษณะของนายสมชาย ปรากฏว่า ผลการประเมินด้านคุณลักษณะของเด็กชายสุรัตน์ ในด้านคุณลักษณะทั่วไป อยู่ในระดับ 3 คือ มีระดับความรู้สึกถึงขั้นเห็นประโยชน์ สำหรับคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพนั้น อยู่ในระดับ 2 คือ มีระดับความรู้สึกขั้นปฏิบัติตามเงื่อนไข ส่วนคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพนั้น คะแนนตกอยู่ในช่วงระดับ 4 คือ มีระดับความรู้สึกขั้นยึดมั่นในคุณลักษณะนั้น

7. การปรับปรุงแบบวัดคุณลักษณะทั้ง 4 ฉบับ ทั้งคุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ นำไปหาความเที่ยงตรงด้านสมรรถภาพที่แสดงออกถึงคุณลักษณะนั้นๆ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลการศึกษาของกรมสามัญศึกษา ศึกษาธิการกรมสามัญศึกษาเขตการศึกษา 12 จำนวน 5 ท่าน เป็นผู้พิจารณาความถูกต้องของสมรรถภาพที่วัดแต่ละด้าน

8. การหาค่าความเชื่อมั่น ใช้วิธีทดสอบซ้ำ โดยนำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปราชญ์ราชูรอำรุง อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรีไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 คน โดยมีช่วงเวลาห่างกัน 7 วันแล้วหาค่าความเชื่อมั่นของแต่ละคุณลักษณะ โดยวิธีสหสัมพันธ์อย่างง่าย ได้ค่าความเชื่อมั่น ดังนี้

- 8.1 แบบวัดคุณลักษณะทั่วไป ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.80
 8.2 แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.68
 8.3 แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.77
 8.4 แบบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.85

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 ทำหนังสือขอความร่วมมือในการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อขอความช่วยเหลือและความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงเรียนที่มีนักเรียนเป็นกลุ่มตัวอย่าง

4.2 ติดต่อผู้อำนวยการโรงเรียน หัวหน้าหมวดวิชาวิทยาศาสตร์และครูผู้สอนชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อขออนุญาตใช้ห้องเรียน ใช้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ เป็นกลุ่มตัวอย่าง และใช้ครูผู้สอนที่สอนวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ อยู่แล้วเป็นผู้สอนในการทดลองใช้หลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4.3 สุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งมีจำนวน 10 ห้องเรียน โดยสุ่มอย่างง่าย ได้นักเรียน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 45 คน จับฉลากแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม กลุ่มควบคุมอีก 1 กลุ่ม

4.4 เก็บข้อมูลก่อนการทดลองใช้หลักสูตร โดยให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มทำแบบทดสอบก่อนเรียนทั้งแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยและแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย รวมแบบทดสอบทั้งสิ้น 8 ฉบับ

4.5 ดำเนินการสอนโดยครูผู้สอนวิชาชีววิทยาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่สอนประจำวิชานี้อยู่แล้ว ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ระยะเวลาในการสอนเท่ากัน คือ 1 ภาคเรียน รวม 18 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ ซึ่งวิธีสอนจำแนกเป็น

4.5.1 กลุ่มทดลอง สอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4.5.2 กลุ่มควบคุม สอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

4.6 เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดเวลา นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทำแบบทดสอบหลังเรียนทั้งแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิ

พิสัย แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยและแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย รวมแบบทดสอบทั้งสิ้น 9 ฉบับ และเป็นข้อสอบฉบับเดียวกับที่ใช้ในการทดสอบก่อนเรียน (เหตุที่ใช้ข้อสอบฉบับเดียวกัน เพื่อป้องกันตัวแปรแทรกซ้อน ประกอบกับในการทดสอบที่ใช้ระยะเวลาห่างกันเกินกว่า 2 สัปดาห์ พบว่า เป็นการปลอดจากผลของความจำเนื้อหาสาระของแบบทดสอบฉบับเดิม)

4.7 ตรวจผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ทั้งผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัย จากคะแนนที่ได้จากข้อ 4.6 แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐาน

5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินการใช้หลักสูตรว่ามีความเหมาะสมกับผู้เรียนหรือไม่ มีปัญหาและอุปสรรคต่อครูผู้สอนและผู้เรียนหลักสูตรนี้อย่างไร ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์โดย การกำหนดความเหมาะสม จากแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และคำถามปลายเปิด วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป จัดว่าเป็นเกณฑ์ที่เหมาะสมมาก สำหรับคำถามปลายเปิดจะนำเสนอเป็นรายข้อ สำหรับสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้ คือ

5.1.1 การคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้สูตร

$$X = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	X	คือ	ค่าเฉลี่ย
	$\sum X$	คือ	ผลรวมของคะแนน
	N	คือ	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

(Ferguson. 1981 : 49)

5.1.2 การคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

$$S.D.=\sqrt{\frac{N\sum X^2-(\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ	S.D.	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

(Ferguson. 1981 : 5849)

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง กับกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. โดยเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ทั้ง 3 ด้าน คือ ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยและผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย นั้นผู้วิจัยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

5.2.1 การหาค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อของแบบวัดเจตคติทางทางวิทยาศาสตร์ โดยทดสอบค่าที (t - test) โดยใช้สูตร

$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$\overline{X}_H, \overline{X}_L$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำตามลำดับ
S_H^2, S_L^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำตามลำดับ
N_H, N_L	แทน	จำนวนนักเรียนของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำตามลำดับ

(Remmers. 1954: 94 - 95)

5.2.2 การหาค่าความเที่ยงของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient alpha) โดยใช้สูตร

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S^2} \right]$$

α แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับ
 $\sum S_i^2$ แทน ผลรวมของความแปรปรวนของข้อสอบแต่ละข้อ
 S^2 แทน ความแปรปรวนของข้อสอบทั้งฉบับ
 n แทน จำนวนข้อสอบทั้งหมด

(Cronbach. 1970: 161)

5.2.3 การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนและหลังการใช้หลักสูตร โดยการใช้ค่า t - test (Dependent) ใช้สูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2524 : 217)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ $\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบ
 ก่อนการทดลองสอนและหลังการทดลองสอน
 N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง 2

(Ferguson. 1981 : 180)

5.2.4 การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัย
ของกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนและหลังการใช้หลักสูตร โดยการใช้ค่า t - test (Independent)
ใช้สูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2524 : 217)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

เมื่อ	X_1	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1
	X_2	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2
	n_1	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 1
	n_2	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 2
	S_1^2	แทน	ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง 1
	S_2^2	แทน	ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง 2

ขั้นตอนที่ 6 การปรับปรุงแก้ไขหลักสูตร

ขั้นตอนนี้เป็นการปรับปรุงและแก้ไขหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง
ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยนำผลที่ได้จากการประเมินหลังการทดลองใช้หลักสูตรมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อ
พิจารณาปรับปรุง ทั้งในด้านโครงสร้างหลักสูตรและรายละเอียดที่เป็นองค์ประกอบของหลักสูตร
เพื่อให้หลักสูตรที่สร้างและพัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งนี้ ผู้วิจัยขอนำเสนอผลเป็น 6 ขั้นตอน ตามลำดับดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการพัฒนาหลักสูตรในส่วนที่เกี่ยวข้องกับครูผู้สอนและนักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรนี้ ประกอบด้วย

1. ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทั่วไปของครูและนักเรียน
2. ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของครู/อาจารย์ผู้ชำนาญการสอนวิชาชีววิทยาในระดับ

มัธยมศึกษาตอนปลายและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับเนื้อหาอื่นๆ ที่ควรนำมาสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ

ขั้นตอนที่ 2 ผลการสร้างเอกสารหลักสูตร (ฉบับร่าง)

ขั้นตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์การประเมินเอกสารหลักสูตรก่อนนำไปทดลองใช้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

1. การประเมินความเหมาะสมของโครงร่างหลักสูตร
2. การประเมินความสอดคล้องของโครงร่างหลักสูตร

ขั้นตอนที่ 4 ผลการปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5 ผลการเตรียมบุคลากรและทดลองใช้หลักสูตร แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย
2. การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย
3. การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

ขั้นตอนที่ 6 ผลการปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรหลังทดลองใช้

ขั้นตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน สำหรับการพัฒนาหลักสูตร

1. ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทั่วไปของครูและนักเรียน

1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทั่วไปของครู/อาจารย์ผู้สอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตาราง 18 แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศ

เพศ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	98	40.84
หญิง	142	59.16
รวม	240	100.00

จากตาราง 18 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างที่เป็นครูผู้สอนวิชาชีววิทยาจำนวน 240 คนนั้น ส่วนใหญ่แล้วเป็นหญิง โดยมีจำนวนร้อยละ 59.16

ตาราง 19 แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามอายุ

อายุ	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำกว่า 30 ปี	-	-
31-40 ปี	65	27.08
41-50	163	67.92
50 ปีขึ้นไป	12	5.00
รวม	240	100.00

จากตาราง 19 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างที่เป็นครูผู้สอนชีววิทยาทั้งหมดจำนวน 240 คนนั้น มีอายุระหว่าง 41-50 ปีมากที่สุด โดยมีจำนวนร้อยละ 67.92

ตาราง 20 แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามวุฒิการศึกษา

วุฒิการศึกษา	จำนวน	ร้อยละ
ปริญญาตรี	210	87.50
ปริญญาโท	24	10.00
ปริญญาเอก	-	-
อื่นๆ	6	2.50
รวม	240	100.00

จากตาราง 20 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างที่เป็นครูผู้สอนวิชาชีววิทยาจำนวน 240 คนนั้น ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี โดยมีจำนวนร้อยละ 87.50

ตาราง 21 แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามประสบการณ์ในการสอนวิชาชีววิทยา

จำนวนปีที่สอนวิชาชีววิทยา	จำนวน	ร้อยละ
5 - 10 ปี	4	1.67
11 - 15 ปี	6	2.50
16 - 20 ปี	120	50.00
21 - 30 ปี	98	40.83
มากกว่า 30 ปี	12	5.00
รวม	240	100.00

จากตาราง 21 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างที่เป็นครูผู้สอนชีววิทยาทั้งหมดจำนวน 240 คนนั้น ส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาชีววิทยา 16 - 20 ปี โดยมีจำนวนร้อยละ 50.00

ตาราง 22 แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเกียรติประวัติ

เกียรติประวัติ	จำนวน	ร้อยละ
-ครูวิทยาศาสตร์ดีเด่นสาขาชีววิทยาระดับประเทศ	5	2.08
- ครูแม่แบบวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยา ระดับจังหวัด	12	5.00
- อาจารย์ 3 ระดับ 8 สาขาวิชาชีววิทยา	25	10.42
- ครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยาดั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป	198	82.50
รวม	240	100.00

จากตาราง 22 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างที่เป็นครูผู้สอนวิชาชีววิทยาจำนวน 240 คนนั้น ส่วนใหญ่แล้วมีเกียรติประวัติทางด้านเป็นครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา ตั้งแต่ 15 ปี ขึ้นไป โดยมีจำนวนร้อยละ 82.50

1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทั่วไปของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

ตาราง 23 แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามเพศ

เพศ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	59	59.60
หญิง	40	40.40
รวม	99	100.00

จากตาราง 23 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียน ทั้งหมดจำนวน 99 คนนั้น ส่วนใหญ่แล้วเป็นชาย โดยมีจำนวนร้อยละ 59.60

ตาราง 24 แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับคะแนนจากผลการสอบวิชาชีววิทยา
ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2538

ระดับคะแนน (คะแนนเต็ม 100)	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำกว่า 60 คะแนน	9	9.10
61-80 คะแนน	78	78.78
สูงกว่า 80 คะแนน	12	12.12
รวม	99	100.00

จากตาราง 24 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียน ทั้งหมดจำนวน 99 คนนั้น
ส่วนใหญ่มีระดับคะแนนจากผลการสอบวิชาชีววิทยาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2538
อยู่ในระดับ 61 - 80 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน โดยมีจำนวนร้อยละ 78.78

2. ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชา
ชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตาราง 25 แสดงค่าเฉลี่ย (X) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระดับความต้องการ และอันดับความต้องการด้านเนื้อหาของครูผู้ที่มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยาและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ต้องการนำมาสร้างบทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ

บทปฏิบัติการ/เนื้อหา	ครู		นักเรียน		รวม		ระดับ ความ ต้อง การ	อันดับ ความ ต้อง การ
	N=240		N=99		N=339			
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. เทคโนโลยีการหมัก								
1.1 บทปฏิบัติการที่ 1 (การเตรียมอาหาร เลี้ยงเชื้อ)	3.70	0.92	3.71	1.00	3.71	0.96	มาก	1
1.2 บทปฏิบัติการที่ 2 (การตรวจสอบรา และยีสต์ในอาหาร)	3.59	0.95	3.66	0.98	3.61	0.97	มาก	2
1.3 บทปฏิบัติการที่ 3 (การพัฒนาการ ผลิตไวน์)	3.54	0.96	3.52	0.99	3.53	0.98	มาก	5
1.4 บทปฏิบัติการที่ 4 (การพัฒนาการผลิต น้ำส้มสายชู)	3.51	1.00	3.69	0.95	3.60	0.98	มาก	3
1.5 บทปฏิบัติการที่ 5 (การตรวจหาจุลินทรีย์ ในน้ำนม)	3.50	1.04	3.49	0.95	3.50	0.99	ปาน กลาง	6
1.6 บทปฏิบัติการที่ 6 (การพัฒนาการผลิต นมเปรี้ยว)	3.42	0.98	3.76	0.95	3.59	0.97	มาก	4
1.7 บทปฏิบัติการที่ 7 (การผลิตปุ๋ยชีวภาพ ให้เกิดเร็ว)	3.40	0.91	3.49	0.95	3.45	0.93	ปาน กลาง	7

ตาราง 25 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ/เนื้อหา	ครู		นักเรียน		รวม		ระดับ ความ ต้อง การ	อันดับ ความ ต้อง การ
	N=240		N=99		N=339			
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. เทคโนโลยี การหมัก(ต่อ)								
1.8 บทปฏิบัติการที่ 8 (การพัฒนาการผลิต ก๊าซชีวภาพ)	3.23	0.95	3.43	0.98	3.33	0.97	ปาน กลาง	8
2. เทคโนโลยีของเสีย								
2.1 บทปฏิบัติการที่ 9 (การผลิตแอลกอฮอล์ จากเศษอาหาร)	3.62	0.99	3.42	0.98	3.52	0.99	มาก	3
2.2 บทปฏิบัติการที่ 10 (การแยกและการ ตรวจนับโปรตีน เซลล์เดียว)	3.57	0.95	3.57	0.95	3.75	0.95	มาก	1
2.3 บทปฏิบัติการที่ 11 (การเพาะเลี้ยง สาหร่ายเซลล์เดียว จากน้ำทิ้ง)	3.53	0.99	3.53	0.99	3.53	0.99	มาก	2
2.4 บทปฏิบัติการที่ 12 (การปลูกพืชโดยใช้ ทั้งจากแหล่งต่างๆ)	3.50	0.97	3.49	0.95	3.50	0.96	มาก	4
2.5 บทปฏิบัติการที่ 13 (การผลิตกรดมะนาว จากวัตถุดิบทางการ เกษตร)	3.43	0.98	3.43	0.98	3.43	0.98	ปาน กลาง	5

ตาราง 25 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ/เนื้อหา	ครู		นักเรียน		รวม		ระดับ ความ ต้อง การ	อันดับ ความ ต้อง การ
	N=240		N=99		N=339			
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
3. เทคโนโลยีการนำแหล่ง วัตถุดิบมาใช้ประโยชน์								
3.1 บทปฏิบัติการที่ 14 (การผลิตวันสวรงค์)	3.76	0.95	3.70	0.92	3.73	0.94	มาก	1
3.2 บทปฏิบัติการที่ 15 (การแยกและการตรวจ หาแบคทีเรียในอาหาร)	3.72	0.99	3.49	0.95	3.61	0.97	มาก	3
3.3 บทปฏิบัติการที่ 16 (การผลิตปุ๋ยชีวภาพ จากสาหร่ายเซลล์เดียว)	3.69	0.95	3.69	0.95	3.69	0.95	มาก	2
3.4 บทปฏิบัติการที่ 17 (การผลิตสีธรรมชาติ จากโดยใช้วัตถุดิบทาง การเกษตร)	3.63	1.00	3.43	0.98	3.53	0.99	มาก	4
3.5 บทปฏิบัติการที่ 18 (การผลิตก๊าซมีเทน)	3.49	0.95	3.49	0.95	3.49	0.95	ปาน กลาง	5

ตาราง 25 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ/เนื้อหา	ครู		นักเรียน		รวม		ระดับ ความ ต้อง การ	อันดับ ความ ต้อง การ
	N=240		N=99		N=339			
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
4. เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม								
4.1 บทปฏิบัติการที่ 19 (การตรวจแบคทีเรีย โคลิฟอร์มในน้ำ)	3.48	0.98	3.48	0.98	3.48	0.98	ปาน กลาง	5
4.2 บทปฏิบัติการที่ 20 (การใช้วัชพืชหรือ สาหร่ายเซลล์เดียว แยกของเสียที่เป็นพิษ)	3.71	1.00	3.49	0.95	3.60	0.96	มาก	3
4.3 บทปฏิบัติการที่ 21 (การศึกษานิตของ แบคทีเรียที่ย่อยคราบ น้ำมัน)	3.66	0.98	3.66	0.98	3.66	0.98	มาก	1
4.4 บทปฏิบัติการที่ 22 (การสกัดสารชีวภาพ จากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก)	3.49	0.95	3.49	0.95	3.49	0.95	ปาน กลาง	4
4.5 บทปฏิบัติการที่ 23 (การศึกษาหาเชื้อ ไรโซเบียมที่มี ประสิทธิภาพมาผลิต ปุ๋ยชีวภาพ)	3.75	0.96	3.49	0.95	3.62	0.96	มาก	2

ตาราง 25 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ/เนื้อหา	ครู		นักเรียน		รวม		ระดับ	อันดับ
	N=240		N=99		N=339		ความ	ความ
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	ต้อง	ต้อง
							การ	การ
5. วิศวกรรมเอนไซม์								
5.1 บทปฏิบัติการที่ 24 (การศึกษาปัจจัยที่มี ผลต่อการทำงานของ เอนไซม์)	3.52	0.99	3.52	0.99	3.52	0.99	มาก	1
5.2 บทปฏิบัติการที่ 25 (การตรึงเอนไซม์)	3.49	0.95	2.19	0.99	2.84	0.97	น้อย	2

จากตาราง 25 จะเห็นได้ว่า ความต้องการด้านเนื้อหาของครูผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยาและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ต้องการนำมาสร้างบทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ สามารถจัดอันดับความต้องการได้ ดังนี้

1. เทคโนโลยีการหมัก ระดับความต้องการมาก จัดอยู่ในอันดับความต้องการ 1 , 2 , 3 , 4, และ 5 อันดับ ได้แก่ บทปฏิบัติการที่ 1 , บทปฏิบัติการที่ 2 บทปฏิบัติการที่ 4 บทปฏิบัติการที่ 6 และบทปฏิบัติการที่ 3 ตามลำดับ ส่วนระดับความต้องการปานกลาง ที่จัดอยู่ในอันดับ 1 และ 2 และ 3 ได้แก่ บทปฏิบัติการที่ 5 , 7 และ 8 ตามลำดับ

2. เทคโนโลยีของเสีย ระดับความต้องการมาก จัดอยู่ในอันดับความต้องการ 1 , 2 , 3 , และ 4 อันดับ ได้แก่ บทปฏิบัติการที่ 10 , บทปฏิบัติการที่ 11 บทปฏิบัติการที่ 9 และ บทปฏิบัติการที่ 12 ตามลำดับ ส่วนระดับความต้องการปานกลาง มีบทปฏิบัติการเดียว คือบทปฏิบัติการที่ 13

3. เทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบมาใช้ประโยชน์ ระดับความต้องการมาก จัดอยู่ในอันดับความต้องการ 1 , 2 , 3 และ 4 อันดับ ได้แก่ บทปฏิบัติการที่ 14 , บทปฏิบัติการที่ 16 บทปฏิบัติการที่ 15 และบทปฏิบัติการที่ 17 ตามลำดับ ส่วนระดับความต้องการปานกลาง มีบทปฏิบัติการเดียว คือ บทปฏิบัติการที่ 18

4. เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ระดับความต้องการมาก จัดอยู่ในอันดับความต้องการ 1 , 2 และ 3 อันดับ ได้แก่ บทปฏิบัติการที่ 21 , บทปฏิบัติการที่ 23 และบทปฏิบัติการที่ 20

4. เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ระดับความต้องการมาก จัดอยู่ในอันดับความต้องการ 1 , 2 และ 3 อันดับ ได้แก่ บทปฏิบัติการที่ 21 , บทปฏิบัติการที่ 23 และบทปฏิบัติการที่ 20 ตามลำดับ ส่วนระดับความต้องการปานกลาง ที่จัดอยู่ในอันดับ 1 และ 2 ได้แก่ บทปฏิบัติการที่ 22 และ บทปฏิบัติการที่ 19 ตามลำดับ

5. วิศวกรรมเอนไซม์ ระดับความต้องการมาก จัดอยู่ในอันดับความต้องการ มีบทปฏิบัติการเดียว คือ บทปฏิบัติการที่ 24 ส่วนระดับความต้องการน้อย คือ บทปฏิบัติการที่ 25

3. ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับเนื้อหาอื่นๆ ที่ควรนำมาสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ

จากข้อเสนอแนะและความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างทั้งที่เป็นครูผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยาและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สรุปได้ ดังนี้

1. ควรเพิ่มเติมเนื้อหาและบทปฏิบัติการพื้นฐานทางวิชาจุลชีววิทยา เช่น การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิด ทั้ง รา ยีสต์ แบคทีเรีย ฯ เนื่องจากเทคโนโลยีชีวภาพนั้นต้องใช้เทคนิคทางวิชาจุลชีววิทยาย่อมมาก

2. ควรเพิ่มเทคนิคการเตรียมสารเคมีที่ใช้ในแต่ละการทดลอง ทั้งนี้โดยคำนึงถึงครูผู้สอนที่จะใช้หลักสูตรนี้ อาจจะได้ไม่ได้เป็นครูชีววิทยาโดยตรงก็สามารถสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ควรเสนอแนะหัวข้อที่จะให้นักเรียนสามารถทำโครงงานวิทยาศาสตร์ในเทคโนโลยีชีวภาพแต่ละสาขาได้

4. การคัดเลือกเนื้อหาที่จะนำมาเป็นบทปฏิบัติการนั้นควรคำนึงถึงเวลาที่จะใช้สอนจริงในห้องเรียนแต่ละคาบการสอน เช่น บทปฏิบัติการ เรื่อง การพัฒนาการผลิตน้ำส้มสายชูนั้น ในความเป็นจริงแล้วจะใช้เวลาเฉพาะในคาบเรียนนั้นๆ ไม่ได้ จึงควรมีเอกสารแนะนำการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้ใช้หลักสูตรนี้ เพื่อที่จะได้ไม่มีปัญหาในเรื่องเวลาในการสอน

5. ควรเสนอแนะวัตถุดิบในท้องถิ่นอื่นที่จะนำมาใช้แทนวัตถุดิบที่กำหนดไว้ในบทปฏิบัติการ

6. การกำหนดเนื้อหาที่จะนำมาเป็นบทปฏิบัติการนั้น ควรจัดเนื้อหาให้ต่อเนื่องกัน เรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปหายาก ควรลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหา ปรับเนื้อหาให้สามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงให้มากที่สุด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการเสนอแนะและข้อคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เกี่ยวกับเนื้อหาที่นำมาสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพดังกล่าวแล้วนั้น ผู้วิจัยได้นำมาเป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาหลักสูตรต่อไป

หลักสูตรที่สร้างขึ้นเป็นฉบับร่างเพื่อจะนำไปตรวจสอบคุณภาพและปรับปรุงเป็นฉบับทดลอง ผู้วิจัยเริ่มจากการศึกษาเอกสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตร ที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 มากำหนดเป็นสภาพปัญหาและความจำเป็นในการสร้างและพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ต่อจากนั้นจึงกำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร กำหนดหน่วยการเรียนรู้การสอน ซึ่งในแต่ละหน่วยจะประกอบด้วย จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาการเรียนการสอน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และการประเมินผลการเรียนรู้ รายละเอียดผลการสร้างหลักสูตร มีดังนี้

1. โครงร่างหลักสูตรประกอบด้วย

- 1.1 สภาพปัญหาและความจำเป็นในการสร้างหลักสูตร
- 1.2 เป้าหมายของหลักสูตร
- 1.3 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร
- 1.4 คำอธิบายรายวิชา
- 1.5 หน่วยการเรียนรู้การสอน

2. เนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอน ผู้วิจัยกำหนดขึ้นให้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชาและจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม (รายละเอียดดังภาคผนวก จ.) และจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหา โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจความต้องการในขั้นตอนที่ 1 นอกจากนี้ยังคำนึงถึงสภาพการณ์ในท้องถิ่นของจังหวัดปราจีนบุรี มากำหนดเป็นเนื้อหาและมวลประสบการณ์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

เนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอน แบ่งออกเป็น 5 หน่วยการเรียนรู้การสอน คือ

1. เทคโนโลยีการหมัก แบ่งเป็น 5 บทปฏิบัติการ คือ

- 1.1 บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ
- 1.2 บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การตรวจสอบบราและยีสต์ในอาหาร
- 1.3 บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การพัฒนาการผลิตน้ำส้มสายชู
- 1.4 บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การพัฒนาการผลิตนมเปรี้ยว
- 1.5 บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การพัฒนาการผลิตไวน์

2. เทคโนโลยีของเสีย แบ่งเป็น 5 บทปฏิบัติการ คือ

- 2.1 บทปฏิบัติการที่ 6 เรื่อง การแยกและการตรวจนับโปรตีนเซลล์เดียว
- 2.2 บทปฏิบัติการที่ 7 เรื่อง การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเซลล์เดียวจากน้ำทิ้ง
- 2.3 บทปฏิบัติการที่ 8 เรื่อง การผลิตแอลกอฮอล์จากเศษอาหาร
- 2.4 บทปฏิบัติการที่ 9 เรื่อง การปลูกพืชโดยใช้น้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ
- 2.5 บทปฏิบัติการที่ 10 เรื่อง การผลิตกรดมะนาวจากวัตถุดิบทางการเกษตร

- 2.4 บทปฏิบัติการที่ 9 เรื่อง การปลูกพืชโดยใช้น้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ
- 2.5 บทปฏิบัติการที่ 10 เรื่อง การผลิตกรดมะนาวจากวัตถุดิบทางการเกษตร
- 3. เทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบมาใช้ประโยชน์ แบ่งเป็น 4 บทปฏิบัติการ คือ
 - 3.1 บทปฏิบัติการที่ 11 เรื่อง การผลิตวันสวอร์ค
 - 3.2 บทปฏิบัติการที่ 12 เรื่อง การผลิตปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายเซลล์เดียว
 - 3.3 บทปฏิบัติการที่ 13 เรื่อง การการแยกและตรวจหาแบคทีเรียในอาหาร
 - 3.4 บทปฏิบัติการที่ 14 เรื่อง การผลิตสีจากเชื้อราโดยใช้วัตถุดิบทางการเกษตร
- 4. เทคโนโลยีสิ่งแวดลอม แบ่งเป็น 4 บทปฏิบัติการ คือ
 - 4.1 บทปฏิบัติการที่ 15 เรื่อง การศึกษาชนิดของแบคทีเรียที่ย่อยคราบน้ำมัน
 - 4.2 บทปฏิบัติการที่ 16 เรื่อง การศึกษาหาเชื้อไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพ

มาผลิตปุ๋ยชีวภาพ

- 4.3 บทปฏิบัติการที่ 17 เรื่อง การใช้วัชพืชหรือสาหร่ายเซลล์เดียว
- แยกของเสียที่เป็นพิษ
- 4.4 บทปฏิบัติการที่ 18 เรื่อง การสกัดสารชีวภาพจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก
- 5. วิศวกรรมเอนไซม์ แบ่งเป็น 2 บทปฏิบัติการ คือ
 - 5.1 บทปฏิบัติการที่ 19 เรื่อง การศึกษาผลการทำงานของเอนไซม์
 - 5.2 บทปฏิบัติการที่ 20 เรื่อง การศึกษาเรื่อง เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

(รายละเอียดของเอกสารหลักสูตรอยู่ในภาคผนวก จ.)

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้

การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้เป็นการประเมินโครงสร้างหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 2 เพื่อศึกษาข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงแก้ไข ในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องกันภายในองค์ประกอบต่างๆ ของหลักสูตร โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาและบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ศึกษา ซึ่งได้ผลการประเมิน ดังนี้

3.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของส่วนประกอบของหลักสูตร

ตาราง 26 แสดงความเหมาะสมของโครงร่างหลักสูตร

ข้อ	ประเด็นการประเมิน	N = 9		ระดับ ความ เหมาะสม
		$\bar{X}$	S.D.	
1	สภาพปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตรมีความเหมาะสม	4.38	0.50	มาก
2	หลักการของหลักสูตรเหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติได้จริง	3.88	0.84	มาก
3	เป้าหมายของหลักสูตรเหมาะสมกับความต้องการของสังคม	3.61	0.75	มาก
4	เป้าหมายของหลักสูตรมีความเหมาะสมกับสภาพความเป็นอยู่ของเด็ก	3.71	0.98	มาก
5	จุดมุ่งหมายของหลักสูตรเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.11	0.83	มาก
6	จุดมุ่งหมายของหลักสูตรเหมาะสมกับการสร้างเสริมพัฒนาการของเด็ก	3.62	0.94	มาก
7	เนื้อหาของหลักสูตรเหมาะสมกับการเรียนรู้ของเด็ก	4.22	0.80	มาก
8	เนื้อหาของหลักสูตรเหมาะสมกับสภาพของเด็กปฏิบัติได้จริง	3.82	0.85	มาก
9	เนื้อหาของหลักสูตรเหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติได้จริง	3.42	0.99	ปานกลาง
10	ความเหมาะสมของการกำหนดหน่วยการเรียนรู้	3.75	0.69	มาก
11	หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง เทคโนโลยีการหมักมีความเหมาะสม	4.11	0.83	มาก
12	หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เทคโนโลยีของเสียมีความเหมาะสม	3.71	0.98	มาก
13	หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบมาใช้ประโยชน์มีความเหมาะสม	3.71	0.98	มาก

ตาราง 26 (ต่อ)

ข้อ	ประเด็นการประเมิน	N = 9		ระดับ ความ เหมาะสม
		$\bar{X}$	S.D.	
14	หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มีความเหมาะสม	3.82	0.94	มาก
15	หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องวิศวกรรมเอนไซม์ มีความเหมาะสม	3.22	0.99	ปานกลาง
16	ระยะเวลาในการเรียนตามหลักสูตรมี ความเหมาะสม	4.11	0.83	มาก
17	ความเหมาะสมในการแบ่งเรื่องในแผนการเรียน	3.42	0.80	ปานกลาง
18	ความเหมาะสมในการแบ่งเรื่องในแผนการเรียน แต่ละแผน ของแต่ละหน่วยการเรียนรู้	3.75	0.69	มาก
19	การกำหนดเนื้อหาในแผนการเรียนแต่ละแผน มีความเหมาะสม	3.71	0.98	มาก
20	เนื้อหาในแผนการเรียนแต่ละแผนการเรียน เรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม	4.22	0.80	มาก
21	กิจกรรมและวิธีสอนในแผนการเรียนแต่ละแผน เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	3.82	0.94	มาก
22	กิจกรรมและวิธีสอนในแผนการเรียนแต่ละแผน เหมาะสมกับการฝึกทักษะต่างๆ ให้กับผู้เรียน กับวัยของผู้เรียน	3.42	0.80	ปานกลาง
23	กิจกรรมและวิธีสอนในแผนการเรียนเหมาะสม กับการปฏิบัติได้	4.66	0.50	มากที่สุด
24	กิจกรรมและวิธีสอนในแผนการเรียนเหมาะสม ในการส่งเสริมความรู้ให้เกิดขึ้นแก่เด็ก	4.33	0.50	มาก
25	สื่อการเรียนเหมาะสมกับวัยของเด็ก	4.11	0.60	มาก

ตาราง 26 (ต่อ)

ข้อ	ประเด็นการประเมิน	N = 9		ระดับ
		$\bar{X}$	S.D.	ความเหมาะสม
26	สื่อการเรียนเหมาะสมกับเนื้อหา	4.22	0.66	มาก
27	สื่อการเรียนเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการสร้างเสริมความรู้ให้เกิดขึ้นแก่เด็ก	4.22	0.43	มาก
28	วิธีการประเมินผลในแต่ละแผนมีความเหมาะสมกับวัยของเด็ก	4.25	0.50	มาก
29	วิธีการประเมินผลในแต่ละแผนเหมาะสมกับการปฏิบัติได้จริง	3.82	0.94	มาก
30	รูปแบบหลักสูตรมีความเหมาะสม	3.71	0.98	มาก

จากตาราง 26 การประเมินความเหมาะสมของโครงร่างหลักสูตรจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ผลปรากฏว่า ส่วนประกอบของโครงร่างหลักสูตรส่วนใหญ่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ได้แก่ สภาพปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตร หลักการของหลักสูตร เป้าหมายของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร ความเหมาะสมของการกำหนดหน่วยการเรียนรู้ โดยเฉพาะหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เทคโนโลยีการหมัก หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เทคโนโลยีของเสีย หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบมาใช้ประโยชน์และหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ระยะเวลาในการเรียน การกำหนดเนื้อหาในแผนการเรียนรู้ เนื้อหาในแผนการเรียนรู้เรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม กิจกรรมและวิธีสอนในแผนการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยของเด็ก กิจกรรมและวิธีสอนเหมาะสมกับการส่งเสริมความรู้ที่เกิดขึ้นให้แก่เด็ก สื่อการเรียนเหมาะสมกับวัยของเด็ก เหมาะสมกับเนื้อหาและเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเสริมสร้างความรู้ให้เกิดขึ้นแก่เด็ก วิธีการประเมินผลในแต่ละแผนมีความเหมาะสมกับวัยของเด็ก เหมาะสมกับการปฏิบัติได้จริง และรูปแบบมีความเหมาะสมมาก ส่วนประกอบของหลักสูตรที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ เนื้อหาของหลักสูตรเหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติได้จริง ความเหมาะสมของการกำหนดหน่วยการเรียนรู้ หน่วยที่ 5 วิศวกรรมเอนไซม์ ความเหมาะสมในการแบ่งเรื่องในแผนการเรียนรู้และกิจกรรมและวิธีสอนในแผนการเรียนรู้แต่ละแผนเหมาะสมกับการฝึกทักษะต่างๆ ให้กับผู้เรียนกับวัยของผู้เรียน สำหรับส่วนประกอบของ

โครงร่างหลักสูตรที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด คือ กิจกรรมและวิธีสอนในแผนการเรียนเหมาะสมกับการปฏิบัติได้

3.2 ผลการประเมินความสอดคล้องของโครงร่างหลักสูตร

ตาราง 27 แสดงความสอดคล้องของโครงร่างหลักสูตร

ข้อ	ประเด็นการประเมิน	N = 9		ระดับความเหมาะสม
		$\bar{X}$	S.D.	
1	สภาพปัญหาและความจำเป็นกับเป้าหมายของหลักสูตร มีความสอดคล้อง	4.44	0.52	มาก
2	เป้าหมายของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร มีความสอดคล้อง	4.33	0.50	มาก
3	จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายเฉพาะของหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 มีความสอดคล้อง	4.25	0.50	มาก
4	จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายเฉพาะของหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 มีความสอดคล้อง	4.36	0.47	มาก
5	จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายเฉพาะของหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 มีความสอดคล้อง	4.30	0.57	มาก
6	จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายเฉพาะของหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 มีความสอดคล้อง	4.47	0.50	มาก
7	จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายเฉพาะของหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 มีความสอดคล้อง	4.22	0.66	มาก
8	ความสอดคล้องภายในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1			
	8.1 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับเนื้อหา มีความสอดคล้อง	4.11	0.60	มาก
	8.2 เนื้อหากับกิจกรรมการเรียนการสอน มีความสอดคล้อง	4.33	0.70	มาก

ตาราง 27 (ต่อ)

ข้อ	ประเด็นการประเมิน	N = 9		ระดับ ความ เหมาะสม
		$\bar{X}$	S.D.	
9	8.3 กิจกรรมการเรียนรู้การสอนกับสื่อประกอบ การเรียนรู้การสอน (บทปฏิบัติการ) มีความสอดคล้อง	4.44	0.52	มาก
	8.4 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับการประเมินผล มีความสอดคล้อง	4.25	0.64	มาก
	ความสอดคล้องภายในของหน่วยการเรียนรู้ที่ 2			
	9.1 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับเนื้อหา มีความสอดคล้อง	4.33	0.50	มาก
	9.2 เนื้อหากับกิจกรรมการเรียนรู้การสอน มีความสอดคล้อง	4.11	0.98	มาก
10	9.3 กิจกรรมการเรียนรู้การสอนกับสื่อประกอบ การเรียนรู้การสอน บทปฏิบัติการ) มีความสอดคล้อง	4.33	0.50	มาก
	9.4 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับการประเมินผล มีความสอดคล้อง	4.44	0.52	มาก
	ความสอดคล้องภายในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3			
	10.1 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับเนื้อหา มีความสอดคล้อง	4.36	0.47	มาก
	10.2 เนื้อหากับกิจกรรมการเรียนรู้การสอน มีความสอดคล้อง	4.47	0.50	มาก
	10.3 กิจกรรมการเรียนรู้การสอนกับสื่อประกอบ มีความสอดคล้อง	4.25	0.50	มาก

ตาราง 27 (ต่อ)

ข้อ	ประเด็นการประเมิน	N = 9		ระดับ ความ เหมาะสม
		$\bar{X}$	S.D.	
10	10.4 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับการประเมินผล มีความสอดคล้อง	4.25	0.50	มาก
11	ความสอดคล้องภายในหน่วยการเรียนรู้ที่ 4			
	11.1 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับเนื้อหา มีความสอดคล้อง	3.82	0.94	มาก
	11.2 เนื้อหากับกิจกรรมการเรียนรู้การสอน มีความสอดคล้อง	3.61	0.75	มาก
	11.3 กิจกรรมการเรียนรู้การสอนกับสื่อประกอบ การเรียนรู้การสอน (บทปฏิบัติการ) มีความสอดคล้อง	4.11	0.83	มาก
	11.4 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับการประเมินผล มีความสอดคล้อง	3.82	0.85	มาก
12.	ความสอดคล้องภายในของหน่วยการเรียนรู้ที่ 5			
	12.1 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับเนื้อหา มีความสอดคล้อง	3.75	0.69	มาก
	12.2 เนื้อหากับกิจกรรมการเรียนรู้การสอน มีความสอดคล้อง	3.71	0.98	มาก
	12.3 กิจกรรมการเรียนรู้การสอนกับสื่อประกอบ การเรียนรู้การสอน (บทปฏิบัติการ) มีความสอดคล้อง	3.82	0.94	มาก
	12.4 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับการประเมินผล มีความสอดคล้อง	4.46	0.50	มาก

จากตาราง 27 การประเมินความสอดคล้องของโครงร่างหลักสูตร จากความคิดเห็น
ของผู้เชี่ยวชาญ ผลปรากฏว่า ทุกองค์ประกอบของโครงร่างหลักสูตรมีความสอดคล้องกันใน
ระดับมาก

2. ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขเอกสารหลักสูตร

ตาราง 28 ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงหลักสูตร

หัวข้อการเสนอแนะ	ข้อเสนอแนะ
หลักการและเหตุผล	- ควรกล่าวถึงวิธีการหาความจำเป็นของหลักสูตรและสรุปไว้ในหลักสูตรด้วย - ควรกล่าวถึงผู้พัฒนาหรือผู้ใช้หลักสูตรด้วย
จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	- ควรกล่าวถึงความสัมพันธ์ของหลักสูตรท้องถิ่นกับการกำาจัดมลพิษในสิ่งแวดล้อม - การกำหนดจุดมุ่งหมายควรคำนึงถึงความชัดเจนและความเป็นไปได้
เนื้อหาสาระของหลักสูตร	- ควรมีรายละเอียดของเนื้อหาสาระประกอบด้วย - ควรเน้นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันให้มากที่สุด - ควรเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก - ควรเน้นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่น
การนำหลักสูตรไปใช้	- ควรเสนอแนะวิธีการจัดอบรมครูผู้ใช้หลักสูตร - ควรเสนอแนะกิจกรรมการเรียนการสอนหลายๆ รูปแบบ - ควรเสนอแนะสื่อการเรียนการสอนที่ใช้อุปกรณ์ทดแทนหลายๆ ชนิด - เสนอแนะขั้นตอนการใช้หลักสูตรในเอกสารหลักสูตร - ควรกล่าวถึงนโยบายและแนวปฏิบัติในการใช้หลักสูตร

ตาราง 28 (ต่อ)

หัวข้อการเสนอแนะ	ข้อเสนอแนะ
การดำเนินการใช้หลักสูตร	- ควรมีโครงการอบรมครูหรือบุคลากรผู้ใช้หลักสูตร มีแผนการ มีวิธีการติดตามควบคุม กำกับและประเมินผลการใช้หลักสูตรด้วย
การประเมินผลหลักสูตร	- ควรพิจารณาในเรื่อง การประเมินหลักสูตร ควรเพิ่มเติมการติดตามผลระยะยาว

ขั้นตอนที่ 4 ผลการปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้

ในขั้นตอนนี้เป็นการปรับปรุงโครงสร้างหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง โดยผู้วิจัยได้ปรับปรุงหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

4.1 ความเป็นมาของการพัฒนาหลักสูตร ผู้วิจัยได้ปรับปรุงโดยได้ศึกษาปัญหาความจำเป็นด้านผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของนักเรียนที่เรียนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนการสอนในการพัฒนาหลักสูตร เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยอย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร ผู้วิจัยได้ปรับปรุงภาษา โดยใช้คำที่มีความหมายชัดเจนขึ้น สื่อความหมายได้ตรงกันในลักษณะจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ที่สามารถประเมินผลได้อย่างชัดเจน

4.3 เนื้อหาของหลักสูตร ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับสภาพความจำเป็นและสภาพความจริงในการนำไปใช้ ตลอดจนสอดคล้องกับองค์ประกอบการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จัดลำดับเนื้อหาวิชาจากเนื้อหาวิชาที่ง่ายไปสู่เนื้อหาวิชาที่ยากขึ้น คำนึงถึงเนื้อหาที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและสอดคล้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยคำนึงถึงเนื้อหาที่เหมาะสมกับเวลาและกิจกรรม

4.4 กิจกรรมการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้คัดเลือกกิจกรรมในการจัดการเรียนการสอนที่สามารถวัดพฤติกรรมได้ตรงตามจุดมุ่งหมายและสอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้แต่ละหน่วย โดยคำนึงถึง องค์ประกอบที่มีผลต่อการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ เน้นการเรียนรู้ที่เกิดจากการกระทำ ยึดความสำคัญของกระบวนการเรียนรู้ ยึดกลุ่มผู้เรียนเป็นแหล่งความรู้ ยึดการค้นพบด้วยตนเองเป็นวิธีการหลักในการเรียนรู้ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายสำหรับผู้เรียน และ เน้นความสำคัญของการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อประโยชน์ของท้องถิ่นและเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี โดยกำหนดรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักร (Learning cycle) ตามแนวของ BSCS (Biological Science Curriculum Study) ซึ่งได้นำการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ และได้นำเสนอขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้ คือ การนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) การสำรวจ (Exploration) การอธิบาย (Explanation) การลงข้อสรุป (Elaboration) และ การประเมินผล (Evaluation)

4.5 สื่อการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้ปรับปรุงสื่อการเรียนการสอนตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เช่น กำหนดสื่อการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอน และกิจกรรมการเรียนการสอน โดยพิจารณาถึงสื่อที่จะมีผลทำให้กระบวนการเรียนรู้บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรมากที่สุด เช่น แผนการสอนที่เน้นรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักร บทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ บัตรเนื้อหาที่ให้ความรู้ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ แผ่นใสประกอบการสอนและอุปกรณ์ที่เป็นของจริง

4.6 วิธีประเมินผล ผู้วิจัยได้ปรับปรุงวิธีประเมินผลตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และคำนึงถึงความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม กิจกรรมการเรียนการสอนรวมทั้งจิตวิทยาการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ใช้หลักสูตรตรวจสอบว่าการเรียนการสอนบรรลุตามจุดมุ่งหมายเพียงใด โดยกำหนดการประเมินผลหลักสูตรไว้ 2 ด้าน คือ

4.6.1 การประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้วิจัยได้กำหนดให้มีการประเมินผล การเรียนรู้ของผู้เรียนเป็น 3 ด้าน คือ ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยและ ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

4.6.2 การประเมินผลการใช้หลักสูตร ผู้วิจัยได้ประเมินผลจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองใช้หลักสูตร ได้แก่ ครู/อาจารย์ผู้สอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งกับนักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรนี้

ขั้นตอนที่ 5 การเตรียมบุคลากรและการทดลองใช้หลักสูตร

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำหลักสูตรที่ปรับปรุงแล้วในขั้นตอนที่ 4 ไปจัดประชุมปฏิบัติการให้กับครูผู้สอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อให้ครูผู้สอนใช้หลักสูตรได้อย่างมีประสิทธิภาพหลังจากนั้นจึงนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายในการกำหนดหลักสูตรไปใช้จริง คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2539 โรงเรียนปราจิณราษฎร์ อารุง อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง (กลุ่มทดลอง) กับกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. (กลุ่มควบคุม) โดยเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ 3 ด้าน ดังนี้

5.1.1 ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย

5.1.2 ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย

5.1.3 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

ผู้วิจัยเสนอข้อมูลตามรายละเอียด ดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของนักเรียน ก่อนการทดลองใช้หลักสูตรและหลังการทดลองใช้หลักสูตร ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

จากตาราง 29 ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังจากทดลองใช้หลักสูตร เป็นดังนี้

1. ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย

1.1 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้

ผู้ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 71.11 คะแนนเฉลี่ย 6.97 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.93

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 48.88 คะแนนเฉลี่ย 6.73 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.88

ผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 28.88 คะแนนเฉลี่ย 4.54 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.93

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 51.11 คะแนนเฉลี่ย 4.13 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.87

1.2 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ผู้ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 51.11 คะแนนเฉลี่ย 6.78 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.74

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 46.66 คะแนนเฉลี่ย 6.71 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.90

ผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 48.88 คะแนนเฉลี่ย 4.55 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.74

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 53.33 คะแนนเฉลี่ย 3.96 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.91

2. ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย

2.1 ผลการเรียนรู้ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ผู้ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 22.22 คะแนนเฉลี่ย 5.50 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 48.88 คะแนนเฉลี่ย 6.14 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.36

ผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 77.77 คะแนนเฉลี่ย 2.91 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.04

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 51.11 คะแนนเฉลี่ย 2.91 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.00

2.2 ผลการเรียนรู้ด้านคุณลักษณะทั่วไป

ผู้ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 22.22 คะแนนเฉลี่ย 5.50 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 48.88 คะแนนเฉลี่ย 6.14 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.36

ผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 77.77 คะแนนเฉลี่ย 2.91 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.04

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 51.11 คะแนนเฉลี่ย 2.91 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.00

2.3 ผลการเรียนรู้ด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ

ผู้ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 26.66 คะแนนเฉลี่ย 6.00 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.95

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 24.44 คะแนนเฉลี่ย 5.45 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.90

ผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 73.33 คะแนนเฉลี่ย 2.27 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.99

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 75.55 คะแนนเฉลี่ย 2.38 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.99

2.4 ผลการเรียนรู้ด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม

ผู้ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 82.22 คะแนนเฉลี่ย 6.59 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.30

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 55.55 คะแนนเฉลี่ย 5.88 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.01

ผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 17.77 คะแนนเฉลี่ย 2.88 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.13

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 44.44 คะแนนเฉลี่ย 2.85 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.31

2.5 ผลการเรียนรู้ด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ

ผู้ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 46.66 คะแนนเฉลี่ย 5.81 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.87

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 26.66 คะแนนเฉลี่ย 6.00 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.04

ผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 53.33 คะแนนเฉลี่ย 2.46 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.14

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 73.33 คะแนนเฉลี่ย 2.48 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.33

3. ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

3.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทดลอง

ผู้ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 51.11 คะแนนเฉลี่ย 7.13 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.10

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 37.77 คะแนนเฉลี่ย 6.94 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.14

ผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์

กลุ่มทดลอง มีจำนวนร้อยละ 48.88 คะแนนเฉลี่ย 3.73 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.35

กลุ่มควบคุม มีจำนวนร้อยละ 62.22 คะแนนเฉลี่ย 4.04 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.00

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการวัดผลการเรียนรู้ด้าน
พุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของนักเรียน ก่อนการทดลองใช้หลักสูตรและหลังการทดลอง
ใช้หลักสูตร ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน ตามลำดับดังนี้

1. เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอน
โดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง (กลุ่มทดลอง)กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชา
ชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. (กลุ่มควบคุม)

ผู้วิจัยได้หาค่าเฉลี่ยและทำการทดสอบค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่ของ
กลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ t คำนวณ แบบ Independent สรุปผลได้ดังแสดงในตาราง 30

ตาราง 30 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของ
กลุ่มตัวอย่าง หลังการทดลองใช้หลักสูตร

ตัวแปรตาม	กลุ่มตัวอย่าง	X	S.D.	t คำนวณ	p
ด้านพุทธิพิสัยรวม	กลุ่มทดลอง	48.96	6.05	5.64**	.000
	กลุ่มควบคุม	42.24	5.21		
ด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้	กลุ่มทดลอง	27.93	4.75	4.76**	.000
	กลุ่มควบคุม	23.71	3.59		
ด้านทักษะวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ	กลุ่มทดลอง	21.02	3.75	2.93**	.000
	กลุ่มควบคุม	18.53	4.29		

จากตาราง 30 พบว่า ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการ
สอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ เน้นการปฏิบัติการ
ทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชา
ชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. (กลุ่มควบคุม) ทั้งเมื่อพิจารณาผล
การเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยรวมทั้ง 2 ด้าน และพิจารณาแยกด้าน ($p=.000$)

การสรุปผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของ
กลุ่มทดลอง ก่อนทดลองใช้หลักสูตรและหลังทดลองใช้หลักสูตร ได้ดังนี้

ตาราง 31 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของ
กลุ่มทดลอง ก่อนการทดลองใช้หลักสูตรและหลังการทดลองใช้หลักสูตร

ตัวแปรตาม	N	ค่าเฉลี่ย($\bar{X}$)		S.D.		t คำนวณ	p
		หลัง การ ทดลอง	ก่อนการ ทดลอง	หลัง ทดลอง	ก่อน ทดลอง		
ด้านพุทธิพิสัยรวม	45	48.96	30.64	6.05	5.95	26.99**	.000
ด้านความรู้- ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้	45	27.93	14.20	4.75	4.18	29.79**	.000
ด้านทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ	45	21.02	16.44	3.75	4.80	9.59**	.000

จากตาราง 31 พบว่า ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง (กลุ่มทดลอง) หลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตรทุกด้าน ทั้งเมื่อพิจารณาผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยรวมทุกด้าน และเมื่อพิจารณาแยกแต่ละด้าน (p=.000)

2. เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง (กลุ่มทดลอง) กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. (กลุ่มควบคุม)

ผู้วิจัยได้หาค่าเฉลี่ยและทำการทดสอบค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่ของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ t ค่าพหุคูณ แบบ Independent ได้ผลสรุปดังแสดงในตาราง 32

ตาราง 32 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยของกลุ่มตัวอย่าง หลังการทดลองใช้หลักสูตร

ตัวแปรตาม	กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{X}$	S.D.	t ค่าพหุคูณ	p
ด้านจิตพิสัยรวม	กลุ่มทดลอง	527.31	21.10	9.13**	.000
	กลุ่มควบคุม	484.24	23.60		
ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์	กลุ่มทดลอง	19.93	4.04	3.01*	.004
	กลุ่มควบคุม	16.60	6.25		
ด้านคุณลักษณะทั่วไป	กลุ่มทดลอง	128.78	13.30	4.94**	.000
	กลุ่มควบคุม	116.11	10.90		
คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ	กลุ่มทดลอง	123.44	11.74	3.32**	.001
	กลุ่มควบคุม	115.69	10.39		
คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม	กลุ่มทดลอง	128.02	9.93	5.07**	.000
	กลุ่มควบคุม	117.96	8.89		
คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ	กลุ่มทดลอง	127.13	8.13	5.10**	.000
	กลุ่มควบคุม	117.89	9.05		

จากตาราง 32 พบว่า ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง (กลุ่มทดลอง) สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. (กลุ่มควบคุม) ทั้งเมื่อพิจารณาผลการเรียนด้านจิตพิสัยรวมทั้ง 5 ด้าน และพิจารณาแยกด้าน

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนวัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยของกลุ่มทดลอง ก่อนทดลองใช้หลักสูตรและหลังทดลองใช้หลักสูตร ได้ดังแสดงในตาราง 33

ตาราง 33 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยของกลุ่มทดลอง ก่อนการทดลองใช้หลักสูตรและหลังการทดลองใช้หลักสูตร

ตัวแปรตาม	N	ค่าเฉลี่ย($\bar{X}$)		S.D.		t คำนวณ	p
		หลัง การ ทดลอง	ก่อนการ ทดลอง	หลัง ทดลอง	ก่อน ทดลอง		
ด้านจิตพิสัยรวม	45	527.31	460.20	21.12	25.18	23.84**	.000
ด้านเจตคติ							
ทางวิทยาศาสตร์	45	19.93	16.78	4.04	5.66	4.49**	.000
ด้านคุณลักษณะ							
ทั่วไป	45	128.78	108.27	13.30	16.65	10.01**	.000
ด้านคุณลักษณะ							
เพื่อพัฒนาอาชีพ	45	123.44	107.62	11.74	11.80	11.49**	.000
ด้านคุณลักษณะ							
เพื่อพัฒนาสังคม	45	128.02	112.67	9.93	11.72	14.30**	.000
ด้านคุณลักษณะ							
เพื่อพัฒนาสุขภาพ	45	127.13	114.87	8.13	11.84	11.32**	.000

จากตาราง 33 พบว่า ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง (กลุ่มทดลอง) หลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตรทุกด้าน ทั้งเมื่อพิจารณาผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยรวมทุกด้าน และเมื่อพิจารณาแยกแต่ละด้าน ($p=.000$)

3. เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง (กลุ่มทดลอง) กับนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. (กลุ่มควบคุม)

ผู้วิจัยได้หาค่าเฉลี่ยและทำการทดสอบค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่ของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ t - test แบบ Independent ได้ผลดังแสดงในตาราง 34

ตาราง 34 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)ของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองใช้หลักสูตร

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	S.D.	t คำนวณ	p
กลุ่มทดลอง	45	22.84	3.17	6.24**	.000
กลุ่มควบคุม	45	18.58	3.36		

จากตาราง 34 พบว่า ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง (กลุ่มทดลอง) สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตาม หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. (กลุ่มควบคุม) ($p=.000$)

3.1 เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง (กลุ่มทดลอง) หลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตร

ผู้วิจัยได้หาค่าเฉลี่ยและทำการทดสอบค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่ของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ t คำนวณ แบบ Dependent ได้ผลดังแสดงในตาราง 35

ตาราง 35 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยกลุ่มทดลอง ก่อนการทดลองใช้หลักสูตรและหลังการทดลองใช้หลักสูตร

การทดสอบ	ค่าสถิติเมื่อเข้าคู่เปรียบเทียบ				t คำนวณ	df	p
	N	$\bar{X}$	S.D.	SE of Mean			
ก่อนการทดลอง ใช้หลักสูตร ($\bar{X}$ = 15.27, S.D.= 3.74)	45	7.58	2.97	.44	17.14**	44	.000
หลังการทดลอง ใช้หลักสูตร ($\bar{X}$ = 22.84 , S.D. = 3.18)							

จากตาราง 35 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตร (p=.000)

3.1 เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพของ สสวท. (กลุ่มควบคุม) หลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตร

ผู้วิจัยได้หาค่าเฉลี่ยและทำการทดสอบค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่ของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ t คำนวณ แบบ Dependent ได้ผลดังแสดงในตาราง 36

ตาราง 36 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลองใช้หลักสูตรและหลังการทดลองใช้หลักสูตร

การทดสอบ	ค่าสถิติเมื่อเข้าคู่เปรียบเทียบ				t คำนวณ	df	p
	N	$\bar{X}$	S.D.	SE of Mean			
ก่อนการทดลอง ใช้หลักสูตร ($\bar{X}$ = 14.73, S.D.= 3.11)	45	3.84	3.13	.47	8.23**	44	.000
หลังการทดลอง ใช้หลักสูตร ($\bar{X}$ = 18.58 , S.D. = 3.31)							

จากตาราง 36 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพของ สสวท. หลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตร (p=.000)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินการใช้หลักสูตร

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพหลักสูตรที่สร้างขึ้น โดยทำการทดลองใช้หลักสูตรกับกลุ่มตัวอย่าง ปรากฏผลดังนี้

2.1 ผลการศึกษาความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตร

การศึกษาความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตร ในขั้นตอนการทดลองใช้หลักสูตร เป็นการประเมินหลักสูตรในระหว่างการทดลองหลังจากจบแต่ละหน่วยการเรียนการสอนแล้ว ปรากฏผลตามตาราง 37

ตาราง 37 ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตร ที่มีต่อหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หน่วยที่ 1 เรื่อง เทคโนโลยีการหมัก

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. จุดประสงค์การเรียนการสอน	4.53	0.63	มากที่สุด
2. เนื้อหาสาระในหน่วยการเรียน	4.53	0.57	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนการสอน	4.60	0.56	มากที่สุด
4.เอกสารประกอบการเรียนการสอน	4.67	0.61	มากที่สุด
5.การประเมินผลการเรียนการสอน			
5.1 ด้านพุทธิพิสัย	4.42	0.63	มาก
5.2 ด้านจิตพิสัย	4.71	0.65	มากที่สุด
5.3 ด้านทักษะพิสัย	4.53	0.57	มากที่สุด
6.ระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน	4.25	0.64	มาก

จากตาราง 37 พบว่า ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตร ที่มีต่อหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หน่วยที่ 1 เรื่อง เทคโนโลยีการหมัก ส่วนใหญ่มีความเห็นว่ ส่วนประกอบของหลักสูตร มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ จุดประสงค์การเรียนการสอน เนื้อหาสาระในหน่วยการเรียน กิจกรรมการเรียนการสอน เอกสารประกอบการเรียนการสอนและการประเมินผลการเรียนการสอนด้านจิตพิสัยและทักษะพิสัย ส่วนประกอบของหลักสูตรที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ได้แก่การประเมินผลด้านพุทธิพิสัยและระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน

ตาราง 38 ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตร ที่มีต่อหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หน่วยที่ 2 เรื่อง เทคโนโลยีของเสีย

ประเด็นการประเมิน	X	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. จุดประสงค์การเรียนการสอน	4.53	0.58	มากที่สุด
2. เนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้	4.53	0.58	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนการสอน	4.61	0.57	มากที่สุด
4.เอกสารประกอบการเรียนการสอน	4.75	0.57	มากที่สุด
5.การประเมินผลการเรียนการสอน			
5.1 ด้านพุทธิพิสัย	4.50	0.58	มาก
5.2 ด้านจิตพิสัย	4.71	0.65	มากที่สุด
5.3 ด้านทักษะพิสัย	4.61	0.57	มากที่สุด
6.ระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน	4.30	0.61	มาก

จากตาราง 38 พบว่า ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตร ที่มีต่อหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หน่วยที่ 2 เรื่อง เทคโนโลยีของเสีย ส่วนใหญ่มีความเห็นว่ ส่วนประกอบของหลักสูตร มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ จุดประสงค์การเรียนการสอน เนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน เอกสารประกอบการเรียนการสอนและการประเมินผลการเรียนการสอนด้านจิตพิสัยและทักษะพิสัย ส่วนประกอบของหลักสูตรที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ได้แก่การประเมินผลด้านพุทธิพิสัยและระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน

ตาราง 39 ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตร ที่มีต่อหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หน่วยที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบมาใช้ประโยชน์

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. จุดประสงค์การเรียนการสอน	4.50	0.63	มาก
2. เนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้	4.61	0.56	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนการสอน	4.69	0.54	มากที่สุด
4.เอกสารประกอบการเรียนการสอน	4.76	0.51	มากที่สุด
5.การประเมินผลการเรียนการสอน			
5.1 ด้านพุทธิพิสัย	4.62	0.57	มาก
5.2 ด้านจิตพิสัย	4.34	0.56	มาก
5.3 ด้านทักษะพิสัย	4.53	0.57	มากที่สุด
6.ระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน	4.34	0.56	มาก

จากตาราง 39 พบว่า ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตร ที่มีต่อหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หน่วยที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบมาใช้ประโยชน์ ส่วนใหญ่มีความเห็นว่าส่วนประกอบของหลักสูตร มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ เนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน เอกสารประกอบการเรียนการสอนและการประเมินผลการเรียนการสอนด้านทักษะพิสัย ส่วนประกอบของหลักสูตรที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ได้แก่ จุดประสงค์การเรียนการสอน การประเมินผลด้านพุทธิพิสัยและจิตพิสัย ระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน

ตาราง 40 ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตร ที่มีต่อหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หน่วยที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. จุดประสงค์การเรียนการสอน	4.75	0.44	มากที่สุด
2. เนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้	4.78	0.41	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนการสอน	4.78	0.41	มากที่สุด
4.เอกสารประกอบการเรียนการสอน	4.96	0.18	มากที่สุด
5.การประเมินผลการเรียนการสอน			
5.1 ด้านพุทธิพิสัย	4.60	0.49	มากที่สุด
5.2 ด้านจิตพิสัย	4.42	0.50	มาก
5.3 ด้านทักษะพิสัย	4.53	0.57	มากที่สุด
6.ระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน	4.50	0.64	มาก

จากตาราง 40 พบว่า ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตร ที่มีต่อหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หน่วยที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ส่วนใหญ่มีความเห็นว่าส่วนประกอบของหลักสูตร มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ จุดประสงค์การเรียนการสอน เนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน เอกสารประกอบการเรียนการสอนและการประเมินผลการเรียนการสอนด้านพุทธิพิสัยและทักษะพิสัย ส่วนประกอบของหลักสูตรที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ได้แก่การประเมินผลด้านจิตพิสัยและระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน

ตาราง 41 ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตร ที่มีต่อหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หน่วยที่ 5 เรื่อง วิศวกรรมเอนไซม์

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. จุดประสงค์การเรียนการสอน	4.73	0.45	มากที่สุด
2. เนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้	4.65	0.48	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนการสอน	4.69	0.47	มากที่สุด
4.เอกสารประกอบการเรียนการสอน	4.67	0.61	มากที่สุด
5.การประเมินผลการเรียนการสอน			
5.1 ด้านพุทธิพิสัย	4.84	0.36	มากที่สุด
5.2 ด้านจิตพิสัย	4.57	0.65	มากที่สุด
5.3 ด้านทักษะพิสัย	4.42	0.57	มาก
6.ระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน	4.30	0.67	มาก

จากตาราง 41 พบว่า ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตร ที่มีต่อหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หน่วยที่ 5 เรื่อง วิศวกรรมเอนไซม์ ส่วนใหญ่มีความเห็นว่ ส่วนประกอบของหลักสูตร มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ จุดประสงค์การเรียนการสอน เนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน เอกสารประกอบการเรียนการสอนและการประเมินผลการเรียนการสอนด้านพุทธิพิสัยและจิตพิสัย ส่วนประกอบของหลักสูตรที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ได้แก่การประเมินผลด้านทักษะพิสัยและระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน

ขั้นตอนที่ 6 การปรับปรุงหลักสูตร

ขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูลจากการทดลองใช้หลักสูตรในขั้นตอนที่ 5 มาปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ได้หลักสูตรที่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น เนื่องจากการนำหลักสูตรไปทดลองใช้เป็นเพียงการนำส่วนที่เป็นเนื้อหาของหน่วยการเรียนการสอนไปใช้เท่านั้น เพราะถือว่าเป็นส่วนที่พัฒนามาจากจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและสภาพปัญหาความจำเป็นในการสร้างและพัฒนาหลักสูตร และในการประเมินผลการใช้หลักสูตรได้ทำการประเมินเฉพาะในส่วนของเนื้อหาการจัดการเรียน

การสอน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและวิธีการประเมินผลการเรียนการสอนเท่านั้น ส่วนสภาพปัญหาและจุดมุ่งหมายของหลักสูตรที่ได้ปรับปรุงจากการเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ในขั้นการพัฒนาหลักสูตรนั้น ถือว่าเหมาะสมและสอดคล้องกันอยู่แล้ว สมควรที่จะกำหนดไว้ในหลักสูตรนี้ นอกนั้นเป็นการประเมินส่วนประกอบอื่นๆ นอกเหนือจากโครงสร้างของหลักสูตร ได้แก่ ระยะเวลาในการสอน และการประเมินผลการเรียนการสอนทั้งด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยสำหรับในแต่ละหน่วยการสอนเท่านั้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงปรับปรุงหลักสูตรหลังการทดลองใช้ โดยพิจารณาปรับปรุงในส่วนของเนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนการสอน วิธีประเมินผลการเรียนการสอนและระยะเวลาที่นำมาปรับให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนในแต่ละหน่วย ตลอดจนแก้ไขประโยคและภาษาให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งนี้ มุ่งศึกษาและวิจัยเพื่อพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยนำผลการสังเคราะห์จากเอกสารงานวิจัยและการสำรวจความต้องการด้านเนื้อหาของ ครู/อาจารย์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการสอนวิชาชีววิทยาและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ต้องการให้นำมาสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ โดยผู้วิจัยนำมา กำหนดเป็นเนื้อหาในหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทาง เทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง การวิจัยและพัฒนาครั้งนี้ สามารถสรุปเป็นประเด็นที่สำคัญได้ดังนี้

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. จุดมุ่งหมายหลัก

เพื่อพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทาง เทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ตามกระบวนการ พัฒนาหลักสูตร 6 ขั้นตอน คือ

- ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตร
- ขั้นตอนที่ 2 การสร้างเอกสารหลักสูตร
- ขั้นตอนที่ 3 การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปทดลองใช้
- ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้
- ขั้นตอนที่ 5 การเตรียมบุคลากรและการทดลองใช้หลักสูตร
- ขั้นตอนที่ 6 ผลการปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรหลังทดลองใช้

2. จุดมุ่งหมายรอง

2.1 เพื่อวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของนักเรียนจากการทดลองใช้หลักสูตรที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของนักเรียนจากการทดลองใช้หลักสูตรที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง มีขั้นตอนการวิจัยตามกระบวนการพัฒนาหลักสูตร 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐาน สำหรับการพัฒนาหลักสูตร

การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนนี้ เป็นการสำรวจเนื้อหาและข้อมูลที่จะนำมาสร้างหลักสูตรวิชาชีพวิทยาสอดคล้องกับสภาพปัญหาและความต้องการที่แท้จริงของผู้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้หลักสูตร ได้แก่ ครูผู้สอนและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยแบ่งขั้นตอนการสำรวจ ดังนี้ คือ การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการด้านเนื้อหาของครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อกำหนดเป็นประเด็นปัญหาและเป้าหมาย ตลอดจนเนื้อหาที่จะพัฒนาหลักสูตรให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายให้มากที่สุด

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสำรวจความต้องการด้านเนื้อหาวิชาชีพวิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่ต้องการให้นำมาสร้างเป็นบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ได้แก่ ครูวิทยาศาสตร์ดีเด่น สาขาชีววิทยาระดับประเทศ จำนวน 5 คน ครูแม่แบบวิทยาศาสตร์ สาขาชีววิทยา ระดับจังหวัด จำนวน 18 คน อาจารย์ 3 ระดับ 8 สาขาชีววิทยา จำนวน 21 คน และอาจารย์ผู้สอนวิชาชีพวิทยาที่มีประสบการณ์ในการสอนตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป จำนวน 254 คน และกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 100 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสำรวจความต้องการด้านเนื้อหาของครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

การเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองและทางไปรษณีย์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยนำเสนอข้อมูลแบบบรรยาย ตารางค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานและการจัดอันดับความต้องการ

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างหลักสูตร

การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนนี้ เป็นการนำผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มากำหนดเป็นประเด็นต่างๆ ในหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์

จากสารเหลือทิ้ง ให้สอดคล้องกับสภาพที่แท้จริง ได้แก่ ความเป็นมาของการพัฒนาหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร หน่วยการเรียนรู้การสอน จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาสาระของ หน่วยการเรียนรู้การสอน กิจกรรมการเรียนรู้การสอน สื่อการเรียนรู้การสอนและวิธีวัดและประเมิน ผลการเรียนรู้การสอน

การสร้างโครงสร้างหลักสูตร โดยกำหนดให้หลักสูตรมีองค์ประกอบ ดังนี้ คือ สภาพ ปัญหาและความจำเป็นในการพัฒนาหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตรและหน่วยการเรียนรู้การสอน ซึ่งแต่ละหน่วยประกอบด้วย จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เน้นกิจกรรมปฏิบัติการทดลองและวิธีวัดผลประเมินผลการเรียนรู้การสอน

ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้การสอน หลังจากกำหนดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมแล้ว การดำเนินการสร้างเนื้อหาจะเกี่ยวกับเรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ซึ่งเนื้อหาสาระส่วนใหญ่และเชื่อมโยงปฏิบัติการได้มาจากการสำรวจความต้องการด้านเนื้อหาของครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ต้องการให้นำมาสร้างบทปฏิบัติการ รวมทั้งคำนึงถึงสภาพของผู้เรียนและองค์ประกอบต่างๆ ที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับวัยของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายด้วย ดังนั้นเนื้อหาที่นำเสนอในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ จึงพิจารณาจากสภาพปัญหาและความจำเป็น สภาพการณ์ของท้องถิ่น ในจังหวัดปราจีนบุรี จุดมุ่งหมายของหลักสูตร เรียงเนื้อหาจากง่ายไปยาก เป็นต้น

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนและการประเมินผลการเรียนรู้สอนนั้น ผู้วิจัย ยึดเนื้อหาของหลักสูตรและจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมเป็นหลักในการกำหนดวิธีการต่างๆ ดังนั้นวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนส่วนใหญ่จะเน้นหนักในกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง ซึ่งเป็นกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์วิธีการหนึ่งและเป็นกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้แบบกำหนดแนวทาง โดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้การสอน ใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle) ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรม 5 ขั้นตอน คือ การนำเข้าสู่บทเรียน การสำรวจ การอธิบาย การลงข้อสรุปและการประเมินผล ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้การสอนดังกล่าวจะจัดทุกคาบการเรียนรู้การสอน สำหรับการวัดและประเมินผล การเรียนรู้การสอน ผู้วิจัยวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรนี้ โดยวัดผลการเรียนรู้ทั้ง 3 ด้าน คือ ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัย

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการประเมินโครงร่างหลักสูตร โดยกำหนดให้มีการประเมินความเหมาะสมระหว่างองค์ประกอบภายในของโครงร่างหลักสูตร และประเมินความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบภายในหน่วยการอบรม รายละเอียดในการประเมิน มีดังนี้

1. การประเมินความเหมาะสมของส่วนประกอบของหลักสูตร เป็นการประเมินว่าส่วนประกอบต่างๆ ของหลักสูตรที่สร้างขึ้นเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับสภาพการณ์ที่เป็นจริงของสังคมและท้องถิ่นเพียงใด ส่วนประกอบที่ทำการประเมินคือ สภาพปัญหาและความจำเป็นในการพัฒนาหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร หน่วยการเรียนรู้ การเรียน เนื้อหาที่ใช้ในการเรียน การสอน กิจกรรมการเรียนการสอนและวิธีวัดและประเมินผลการเรียนการสอน

2. การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบของหลักสูตร เป็นการประเมินว่าส่วนประกอบต่างๆ ของหลักสูตรที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกันเพียงใด ส่วนประกอบที่นำมาประเมิน คือ สภาพปัญหาและความจำเป็นในการพัฒนาหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร หน่วยการเรียนรู้ การเรียน เนื้อหาที่ใช้ในการเรียน การสอน กิจกรรมการเรียนการสอนและวิธีประเมินผล

ผู้ทำการประเมินโครงร่างหลักสูตร คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาหลักสูตร ผู้เชี่ยวชาญด้านการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาละ 3 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินโครงร่างหลักสูตร ได้แก่ แบบประเมินความเหมาะสมของโครงร่างหลักสูตรและแบบประเมินความสอดคล้องของโครงร่างหลักสูตร ซึ่งเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับและแบบสอบถามปลายเปิด ซึ่งสร้างจากเนื้อหาในโครงร่างหลักสูตร

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้วยตนเอง นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญโดยการให้สัมภาษณ์ นอกเหนือจากที่มีในแบบประเมินโครงร่างหลักสูตร ซึ่งถือว่ามีความประโยชน์ต่อการประเมินโครงร่างหลักสูตรนี้มาก

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยนำเสนอแบบบรรยายตารางค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีความสอดคล้อง

ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการประเมินโครงร่างหลักสูตร ทั้งแบบประเมินความเหมาะสมและแบบประเมินความสอดคล้องของโครงร่างหลักสูตรและข้อเสนอแนะที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ มาปรับปรุงหลักสูตรในส่วนที่บกพร่อง โดยพิจารณาถึงรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบตามข้อเสนอแนะและคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปทดลองใช้ในขั้นตอนต่อไป

ดังนั้นหลักสูตรที่ได้รับการปรับปรุงก่อนนำไปใช้ จึงประกอบด้วยองค์ประกอบเดิมที่ได้รับการปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้นและเพิ่มองค์ประกอบใหม่ที่ผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะไว้ด้วย

ขั้นตอนที่ 5 การเตรียมบุคลากรและการทดลองใช้หลักสูตร

การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนนี้ เป็นการนำหลักสูตรที่ได้ปรับปรุงแล้วในขั้นตอนที่ 4 ไปจัดประชุมปฏิบัติการให้ครูผู้สอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2539 โรงเรียนปราชญ์ราษฎร์อารุง อำเภอมือง จังหวัดปราจีนบุรี

การทดลองใช้หลักสูตรเป็นการวิจัยเชิงทดลอง ใช้แบบแผนการทดลองแบบ Control Group Pretest-Posttest Design ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 90 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีสุ่มอย่างง่าย แล้วสุ่มแยกเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 45 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 45 คน ซึ่งกลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง และกลุ่มควบคุมได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพของ สสวท. ซึ่งมีเฉพาะคำอธิบายรายวิชาอย่างเดียว ไม่มีเอกสารหลักสูตรอื่นประกอบ

ทำการทดลองสอนโดยครูผู้สอนประจำวิชา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งเป็นครูผู้สอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนปราชญ์ราษฎร์อารุง อำเภอมือง จังหวัดปราจีนบุรี

ระยะเวลาที่ทดลองใช้หลักสูตร คือ 1 ภาคเรียน รวม 18 สัปดาห์ๆ ละ 3 คาบ รวมทั้งสิ้น 54 คาบๆ ละ 50 นาที

การดำเนินการทดลองใช้หลักสูตรได้ดำเนินการ คือ ก่อนทำการสอนจะทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มด้วยแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 2 ฉบับ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย 5 ฉบับและแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย 1 ฉบับ รวมแบบทดสอบทั้งสิ้น 8 ฉบับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองใช้หลักสูตร ทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มด้วยแบบทดสอบชุดเดิมทั้ง 8 ฉบับ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย คือ แบบทดสอบวัดความรู้-ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้ และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย ได้แก่ แบบทดสอบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดคุณลักษณะทั่วไป แบบทดสอบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ แบบทดสอบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและแบบทดสอบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ สำหรับแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย คือ แบบทดสอบวัดทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบก่อนและหลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง (กลุ่มทดลอง) กับนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพของ สสวท. (กลุ่มควบคุม)

2. การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง (กลุ่มทดลอง) ก่อนการทดลองใช้หลักสูตรและหลังการทดลองใช้หลักสูตร

3. การประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของหลักสูตรหลังการทดลองใช้หลักสูตร

การวิเคราะห์ข้อมูลในข้อ 1 และ 2 วิเคราะห์ข้อมูลโดยการทดสอบค่า t สำหรับข้อ 3 วิเคราะห์ข้อมูลโดยแสดงเป็นตารางค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เทียบกับเกณฑ์

ขั้นตอนที่ 6 การปรับปรุงแก้ไขหลักสูตร

การดำเนินการขั้นตอนนี้ เป็นการปรับปรุงองค์ประกอบต่างๆ ของหลักสูตร ภายหลังจากการทดลองใช้หลักสูตรแล้ว ผู้วิจัยได้ปรับปรุงการเขียนสภาพปัญหาและความเป็นมาของการพัฒนาหลักสูตร ให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาและความจำเป็นของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในสภาพการณ์ของท้องถิ่นจังหวัดปราจีนบุรี ปรับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมในแต่ละหน่วยการเรียนรู้การสอนโดยใช้พฤติกรรมที่สามารถประเมินได้อย่างชัดเจน ทั้งด้านพุทธิพิสัย

จิตพิสัยและทักษะพิสัย ปรับปรุงรายละเอียดของเนื้อหาให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในท้องถิ่น ปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อการสอนให้สามารถอำนวยความสะดวกในการนำไปใช้ในสภาพการณ์ที่เป็นจริงในชีวิตประจำวันและท้องถิ่นของจังหวัดปราจีนบุรี เพื่อให้หลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้บรรลุวัตถุประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

ในการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง นี้ ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตร

จากผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ พบว่า เนื้อหาที่ควรนำมาสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ควรเน้นเทคโนโลยีชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับท้องถิ่นทั่วไป เช่น เทคโนโลยีการหมัก เทคโนโลยีของเสียและเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของครู/อาจารย์ผู้มีความรู้สูงในการสอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งจากการวิจัยแบบสำรวจพบว่า ในจำนวนครู/อาจารย์ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวประกอบด้วย ครูดีเด่นสาขาชีววิทยาระดับประเทศ ครูแม่แบบวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยา ระดับจังหวัด อาจารย์ 3 ระดับ 8 สาขาชีววิทยา และครู/อาจารย์ผู้มีความรู้สูงในการสอนวิชาชีววิทยา ตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป ส่วนใหญ่ พบว่า ครู/อาจารย์ส่วนใหญ่แล้วเป็นเพศหญิง ร้อยละ 59.16 มีอายุระหว่าง 41-50 ปีมากที่สุด ถึงร้อยละ 67.92 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 87.50 มีประสบการณ์ในการสอนวิชาชีววิทยา 16 - 20 ปี เป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของทั้งหมด เป็นครู/อาจารย์ผู้มีความรู้สูงในการสอนวิชาชีววิทยา ตั้งแต่ 15 ปี ขึ้นไปร้อยละ 82.50 สำหรับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการสำรวจความต้องการด้านเนื้อหาที่จะนำมาสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ นั้นส่วนใหญ่เป็นเพศชายถึงร้อยละ 59.60 ได้ระดับคะแนนจากการสอบวิชาชีววิทยาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2538 อยู่ในระดับ 61 - 80 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนนถึงร้อยละ 78.78 จากการสำรวจความต้องการด้านเนื้อหาของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มซึ่งมีความต้องการด้านเนื้อหาสอดคล้องกัน คือ ระดับความต้องการด้านเนื้อหาด้านเทคโนโลยีการหมัก ที่ต้องการอยู่ในระดับมาก ได้แก่ การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ การตรวจสอบราและยีสต์ในอาหาร การพัฒนาการผลิตไวน์ การพัฒนาการผลิตน้ำส้มสายชู และที่ต้องการในระดับปานกลาง ได้แก่ การตรวจหาจุลินทรีย์ในน้ำนม การพัฒนาการผลิตนมเปรี้ยว การผลิตปุ๋ยชีวภาพให้เกิดเร็ว การพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพ ส่วนเรื่องเทคโนโลยีของเสีย ที่มีความต้องการในระดับมาก ได้แก่ การผลิตแอลกอฮอล์จากเศษอาหาร การแยกและการตรวจนับโปรตีน

เซลล์เดียวการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเซลล์เดียวจากน้ำทิ้ง การปลูกพืชโดยใช้น้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ สำหรับการผลิตกรดมะนาวจากกากวัตถุดิบทางการเกษตรต้องการปานกลาง ด้านเทคโนโลยี การนำแหล่งวัตถุดิบมาใช้ประโยชน์ ที่กลุ่มตัวอย่างต้องการมาก ได้แก่ การผลิตวันสวรรค์ การแยกและการตรวจหาแบคทีเรียในอาหารและการผลิตปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายเซลล์เดียว ส่วนการผลิตสีธรรมชาติจากเชื้อราโดยใช้วัตถุดิบทางการเกษตรและการผลิตก๊าซมีเทนมีความต้องการปานกลาง ด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ที่ต้องการมาก ได้แก่ การใช้วัชพืชหรือสาหร่ายเซลล์เดียวแยกของเสียที่เป็นพิษ การศึกษาชนิดของแบคทีเรียที่ย่อยคราบน้ำมันและการศึกษาหาเชื้อไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพมาผลิตปุ๋ยชีวภาพ ส่วนการตรวจแบคทีเรียโคลิฟอร์มในน้ำและการสกัดสารชีวภาพจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมีความต้องการปานกลาง นอกจากนี้ครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยายังได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เช่น ควรเพิ่มเติมเนื้อหาและบทปฏิบัติการพื้นฐานทางจุลชีววิทยา ควรเพิ่มเทคนิคการเตรียมสารเคมีที่ใช้ในแต่ละการทดลอง ควรเสนอแนะหัวข้อที่จะให้นักเรียนสามารถทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ในเรื่องเทคโนโลยีชีวภาพได้ ควรคำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอนในแต่ละบทปฏิบัติการ การกำหนดเนื้อหา ควรกำหนดให้ต่อเนื่องกันจากง่ายไปยากและควรเสนอแนะวัตถุดิบในห้องอื่นที่นำมาใช้แทนวัตถุดิบที่กำหนดไว้ในแต่ละบทปฏิบัติการด้วย ควรลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหา ปรับเนื้อหาให้สามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงให้มากที่สุด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการเสนอแนะและข้อคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เกี่ยวกับเนื้อหาที่นำมาสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ดังกล่าวแล้วนั้น ผู้วิจัยได้นำมาเป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

2. การสร้างเอกสารหลักสูตร (ฉบับร่าง)

หลักสูตรที่สร้างขึ้นเป็นฉบับร่างเพื่อจะนำไปตรวจสอบคุณภาพและปรับปรุงเป็นฉบับทดลอง ผู้วิจัยเริ่มจากการศึกษาเอกสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตร ที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 มากำหนดเป็นสภาพปัญหาและความจำเป็นในการสร้างและพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ต่อจากนั้นจึงกำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร กำหนดหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งในแต่ละหน่วยจะประกอบด้วย จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การสอน และการประเมินผลการเรียนรู้ รายละเอียดผลการสร้างหลักสูตรมีดังนี้

โครงสร้างหลักสูตรประกอบด้วย สภาพปัญหาและความจำเป็นในการสร้างหลักสูตร เป้าหมายของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร คำอธิบายรายวิชา หน่วยการเรียนรู้การสอน 5 หน่วย ได้แก่ เทคโนโลยีการหมัก เทคโนโลยีของเสีย เทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบมาใช้ใหม่ เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและวิศวกรรมเอนไซม์ มาเป็นเนื้อหาของหน่วยการเรียนรู้การสอน โดยผู้วิจัยกำหนดขึ้นให้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชาและจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม และจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหา โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจความต้องการในขั้นตอนที่ 1 นอกจากนี้ยังคำนึงถึงสภาพการณ์ในท้องถิ่นของจังหวัดปราจีนบุรี มากำหนดเป็นเนื้อหาและมวลประสบการณ์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้ เนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอน แบ่งออกเป็น 5 หน่วยการเรียนรู้การสอน คือ เทคโนโลยีการหมัก แบ่งเป็น 5 บทปฏิบัติการ คือ การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ การตรวจสอบบราและยีสต์ในอาหาร การพัฒนาการผลิตน้ำส้มสายชู การพัฒนาการผลิตนมเปรี้ยวและการพัฒนาการผลิตไวน์ เทคโนโลยีของเสีย แบ่งเป็น 5 บทปฏิบัติการ คือ การแยกและการตรวจนับโปรตีนเซลล์เดียว การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเซลล์เดียวจากน้ำทิ้ง การผลิตแอลกอฮอล์จากเศษอาหาร การปลูกพืชโดยใช้น้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ การผลิตกรดมะนาวจากวัตถุดิบทางการเกษตร เทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบมาใช้ประโยชน์ แบ่งเป็น 4 บทปฏิบัติการ คือ การผลิตวันสเวิร์ค การผลิตปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายเซลล์เดียว การการแยกและตรวจหาแบคทีเรียในอาหาร การผลิตสีจากเชื้อราโดยใช้วัตถุดิบทางการเกษตร เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม แบ่งเป็น 4 บทปฏิบัติการ คือ การศึกษาชนิดของแบคทีเรียที่ย่อยคราบไขมัน การศึกษาหาเชื้อไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพมาผลิตปุ๋ยชีวภาพ การใช้วัชพืชหรือสาหร่ายเซลล์เดียวแยกของเสียที่เป็นพิษ การสกัดสารชีวภาพจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กส่วนวิศวกรรมเอนไซม์ แบ่งเป็น 2 บทปฏิบัติการ คือ การศึกษาผลการทำงานของเอนไซม์และการศึกษาเรื่องเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

3. การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้

การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้ เป็นการประเมินโครง รังหลั สุ จวิ ชช วิ หาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 2 เพื่อศึกษาข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงแก้ไข ในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องกันภายในองค์ประกอบต่างๆ ของหลักสูตร โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาและบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ศึกษา ซึ่งได้ผลการประเมิน ดังนี้

จากการประเมินความเหมาะสมของโครงสร้างหลักสูตรจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ผลปรากฏว่า ส่วนประกอบของโครงสร้างหลักสูตรส่วนใหญ่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ได้แก่ สภาพปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตร หลักการของหลักสูตร เป้าหมายของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร ความเหมาะสมของการกำหนดหน่วยการเรียนรู้

โดยเฉพาะหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เทคโนโลยีการหมัก หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เทคโนโลยีของเสีย หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบมาใช้ประโยชน์และหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ระยะเวลาในการเรียน การกำหนดเนื้อหาในแผนการเรียน เนื้อหาในแผนการเรียนเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม กิจกรรมและวิธีสอนในแผนการเรียนเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน กิจกรรมและวิธีสอนเหมาะสมกับการส่งเสริมความรู้ที่เกิดขึ้นให้แก่ผู้เรียน สื่อการเรียนเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน เหมาะสมกับเนื้อหาและเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเสริมสร้างความรู้ให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียน วิธีการประเมินผลในแต่ละแผนมีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียนเหมาะสมกับการปฏิบัติได้จริงและรูปแบบมีความเหมาะสมมาก ส่วนประกอบของหลักสูตรที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ เนื้อหาของหลักสูตรเหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติได้จริง ความเหมาะสมของการกำหนดหน่วยการเรียนรู้ หน่วยที่ 5 วิศวกรรมเอนไซม์ ความเหมาะสมในการแบ่งเรื่องในแผนการเรียนและกิจกรรมและวิธีสอนในแผนการเรียนแต่ละแผนเหมาะสมกับการฝึกทักษะต่าง ๆ ให้กับผู้เรียนกับวัยของผู้เรียน สำหรับส่วนประกอบของโครงสร้างหลักสูตรที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด คือ กิจกรรมและวิธีสอนในแผนการเรียนเหมาะสมกับการปฏิบัติได้

จากการประเมินความสอดคล้องของโครงสร้างหลักสูตรจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ผลปรากฏว่า ทุกองค์ประกอบของโครงสร้างหลักสูตรมีความสอดคล้องกันในระดับมาก

สรุปข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขเอกสารหลักสูตรจากผู้เชี่ยวชาญ มีดังนี้ ในเรื่องหลักการและเหตุผล ควรกล่าวถึงวิธีการหาความจำเป็นของหลักสูตรและสรุปไว้ในหลักสูตรและควรกล่าวถึงผู้พัฒนาหรือผู้ใช้หลักสูตรด้วย ส่วนจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ควรกล่าวถึงความสัมพันธ์ของหลักสูตรท้องถิ่นกับการกำหนดมลพิษในสิ่งแวดล้อมและ การกำหนดจุดมุ่งหมายควรคำนึงถึง ความชัดเจนและความเป็นไปได้เนื้อหาสาระของหลักสูตร ควรมีรายละเอียดของเนื้อหาสาระประกอบ สำหรับการนำหลักสูตรไปใช้ ควรเน้นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันให้มากที่สุด ควรเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก ควรเน้นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่นและควรเสนอแนะวิธีการจัดอบรมครูผู้ใช้หลักสูตร การดำเนินการใช้หลักสูตร ควรมีโครงการอบรมครูหรือบุคลากรผู้ใช้หลักสูตร มีแผนการ มีวิธีการติดตาม ควบคุม กำกับ และประเมินผลการใช้หลักสูตรด้วย การประเมินหลักสูตรควรเพิ่มเติมการติดตามผลระยะยาว เป็นต้น

4. ผลการปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้

ในขั้นตอนนี้เป็นการปรับปรุงโครงสร้างหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา

4. ผลการปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้

ในขั้นตอนนี้ เป็นการปรับปรุงโครงสร้างหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง โดยผู้วิจัยได้ปรับปรุงหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ คือ ปรับปรุงความเป็นมาของการพัฒนาหลักสูตร ผู้วิจัยได้ปรับปรุงโดยได้ศึกษาปัญหาความจำเป็นด้านผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของนักเรียนที่เรียนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนการสอนในการพัฒนาหลักสูตร เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยอย่างมีประสิทธิภาพ ในส่วนจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ผู้วิจัยได้ปรับปรุงภาษา โดยใช้คำที่มีความหมายชัดเจนขึ้น สื่อความหมายได้ตรงกันในลักษณะจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ที่สามารถประเมินผลได้อย่างชัดเจน สำหรับเนื้อหาของหลักสูตร ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับสภาพความจำเป็นและสภาพความจริงในการนำไปใช้ ตลอดจนสอดคล้องกับองค์ประกอบการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จัดลำดับเนื้อหาวิชาจากเนื้อหาวิชาที่ง่ายไปสู่เนื้อหาวิชาที่ยากขึ้น คำนึงถึงเนื้อหาที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและสอดคล้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่นโดยคำนึงถึงเนื้อหาที่เหมาะสมกับเวลาและกิจกรรม/ส่วนกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้คัดเลือกกิจกรรมในการจัดการเรียนการสอนที่สามารถวัดพฤติกรรมได้ตรงตามจุดมุ่งหมายและสอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้แต่ละหน่วย โดยคำนึงถึง องค์ประกอบที่มีผลต่อการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ เน้นการเรียนรู้ที่เกิดจากการกระทำยึดความสำคัญของกระบวนการเรียนรู้ ยึดกลุ่มผู้เรียนเป็นแหล่งความรู้ ยึดการค้นพบด้วยตนเองเป็นวิธีการหลักในการเรียนรู้ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายสำหรับผู้เรียน และเน้นความสำคัญของการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อประโยชน์ของท้องถิ่นและเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี โดยกำหนดรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักร (Learning cycle) ตามแนวของ BSCS (Biological Science Curriculum Study) ซึ่งได้นำการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการพัฒนาหลักสูตร วิทยาศาสตร์ และได้นำเสนอขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็น 5 ขั้น ดังนี้ คือ การนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) การสำรวจ (Exploration) การอธิบาย (Explanation) การลงข้อสรุป (Elabolation) และ การประเมินผล (Evaluation) ในด้านสื่อการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้ปรับปรุงสื่อการเรียนการสอนตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เช่น กำหนดสื่อการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน โดยพิจารณาถึงสื่อที่จะมีผลทำให้กระบวนการเรียนรู้บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรมากที่สุด

เช่น แผนการสอนที่เน้นรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักร บทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ บัตรเนื้อหาที่ให้ความรู้เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ แผ่นใสประกอบการสอนและอุปกรณ์ที่เป็นของจริง โดยเฉพาะวิธีประเมินผล ผู้วิจัยได้ปรับปรุงวิธีประเมินผลตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและคำนึงถึงความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม กิจกรรมการเรียนการสอนรวมทั้งจิตวิทยาการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ใช้หลักสูตรตรวจสอบว่าการเรียนการสอนบรรลุตามจุดมุ่งหมายเพียงใด โดยกำหนดการประเมินผลหลักสูตรไว้ 2 ด้าน คือ การประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้วิจัยได้กำหนดให้มีการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็น 3 ด้าน คือ การประเมินผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัยและด้านทักษะพิสัย ในส่วนที่ 2 เป็นการประเมินผลการใช้หลักสูตร ผู้วิจัยได้ประเมินผลจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองใช้หลักสูตร ได้แก่ ครู/อาจารย์ผู้สอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งและนักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรนี้

5. การเตรียมบุคลากรและการทดลองใช้หลักสูตร

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำหลักสูตรที่ปรับปรุงแล้วในขั้นตอนที่ 4 ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายในการกำหนดหลักสูตรไปใช้จริง คือ ครู/อาจารย์ผู้สอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2539 โรงเรียนปราชญ์ราษฎร์อารุง อำเภอมือง จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

5.1 การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง (กลุ่มทดลอง) กับกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. (กลุ่มควบคุม) โดยเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ 3 ด้าน คือ ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยและผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยตามรายละเอียด ดังนี้

1. ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังจากทดลองใช้หลักสูตร เป็นดังนี้

ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้ ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของกลุ่มทดลองผ่านเกณฑ์มากกว่ากลุ่มควบคุม

ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพกลุ่มทดลองผ่านเกณฑ์มากกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์และด้านคุณลักษณะทั่วไป กลุ่มควบคุมผ่านเกณฑ์มากกว่ากลุ่มทดลอง

ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยด้านทักษะปฏิบัติการทดลองของกลุ่มทดลองผ่านเกณฑ์มากกว่ากลุ่มควบคุม

5.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของนักเรียน ก่อนการทดลองใช้หลักสูตรและหลังการทดลองใช้หลักสูตร งบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยเพื่อทดสอบสมมติฐาน ตามลำดับดังนี้

1. ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. ($p=0.000$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

1.1 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้ วิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. ($p=0.000$) เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1.1

1.2 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพของ สสวท. ($p=0.004$) เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1.2

1.3 ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตร ($p=0.000$) เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1.3

ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยวิชาชีพวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง วิเคราะห์ข้อมูลได้เป็น 2 ส่วน สรุปได้ดังนี้

1.3.1 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้วิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตร ($p=.001$) เป็นไปตามสมมติฐาน ข้อ 13.1

1.3.2 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่
เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่า
ก่อนการทดลองใช้หลักสูตร ($p=.001$) เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1.3.2

1.4 ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. หลังการทดลองใช้ หลักสูตรสูงกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตร ($p=.000$) เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1.4

สรุปได้ว่า ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพของ สสวท. ทั้งเมื่อพิจารณาผลการเรียนด้านพุทธิพิสัยรวมทั้งสองด้านและพิจารณาแยกด้าน และพบว่าผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตร ในผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยทุกด้าน ทั้งเมื่อพิจารณาผลรวมทุกด้าน และเมื่อพิจารณาแยกแต่ละด้าน

2. ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้
หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้
ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง
พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. ($p=.000$) เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

2.1 ผลการเรียนรู้ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. ($p=.004$) เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2.1

2.2 ผลการเรียนรู้ด้านคุณลักษณะทั่วไปของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้
หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้

5.3. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินการใช้หลักสูตร

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพหลักสูตรที่สร้างขึ้น โดยทำการทดลองใช้หลักสูตรกับกลุ่มตัวอย่าง ปรากฏผลดังนี้ ผลการศึกษาความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตร ในขั้นตอนการทดลองใช้หลักสูตร เป็นการประเมินหลักสูตรในระหว่างการทดลองหลังจากจบแต่ละหน่วยการเรียนรู้การสอนแล้ว สรุปผลได้ดังนี้

ความคิดเห็นของครูผู้ใช้หลักสูตร ที่มีต่อหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ตั้งแต่หน่วยที่ 1 - 5 ส่วนใหญ่มีความเห็นว่าส่วนประกอบของหลักสูตร มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ เอกสารประกอบการเรียนการสอนและการประเมินผลการเรียนการสอนด้านจิตพิสัยและทักษะพิสัย ส่วนประกอบของหลักสูตรที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ได้แก่ การประเมินผลด้านพุทธิพิสัยและจิตพิสัยสำหรับบางหน่วยการเรียนรู้ ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอนนั้นครูผู้ใช้หลักสูตรมีความเห็นว่าทุกหน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมาก

สภาพการเรียนการสอนที่พบจากการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าโดยการทดลองใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พบว่า สภาพการเรียนการสอนในห้องเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียน การสอนโดยใช้หลักสูตรนี้ มีดังนี้

1. ในการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมปฏิบัติการทดลอง พบว่านักเรียนไม่มีพื้นฐานเพียงพอที่จะทำการปฏิบัติการทดลอง เช่น พื้นฐานด้านความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพในบางสาขา เช่นในสาขาเทคโนโลยีการหมัก พบว่า นักเรียนขาดความเข้าใจในเรื่องเกี่ยวกับการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ ผู้สอนแก้ปัญหาด้วยการทบทวนความรู้เดิมในวิชาชีววิทยาในรายวิชาที่นักเรียนเคยเรียนมาแล้วเกี่ยวกับ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ของสิ่งมีชีวิต แล้วจากนั้นจึงโยงเข้าหาความสัมพันธ์ระหว่างวิชาชีววิทยาทั่วไปกับเทคโนโลยีชีวภาพ จึงสรุปได้ว่า การสอนแบบปฏิบัติการทดลองนั้นควรให้ผู้เรียนมีพื้นฐานเพียงพอก่อนทำการปฏิบัติการทดลอง

2. ในการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมปฏิบัติการทดลอง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง หรือไม่เคยใช้อุปกรณ์บางชนิดมาก่อนเลย ผู้สอนจึงควรสาธิตการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ก่อนที่จะให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองทุกครั้ง ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทดลองที่ถูกต้อง

3. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ ตามหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ มุ่งส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ โดยนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ และ นักเรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือจากการทำงานเป็นกลุ่มของนักเรียน โดยแต่ละคนแบ่งหน้าที่กันทำงาน เป็นการส่งเสริมให้เกิดคุณลักษณะด้านความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ต่อข้อมูล เป็นต้น แต่พบว่า ในระยะแรกๆ นักเรียนไม่ร่วมมือในการปฏิบัติการทดลองเท่าที่ควร การทำงานเป็นกลุ่มของนักเรียนไม่มีประสิทธิภาพ แต่เมื่อผู้สอนให้ข้อมูลป้อนกลับกับนักเรียนทุกครั้งที่มีการเรียนการสอน ในระยะต่อมาพบว่า นักเรียนให้ความร่วมมือในการปฏิบัติการทดลองมากขึ้น

4. ในขณะที่มีกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง พบว่า ส่วนใหญ่นักเรียนมุ่งหวังผล การทดลองมากกว่ากระบวนการทดลอง นักเรียนขาดการฝึกฝนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในกรณีเช่นนี้ ผู้สอนต้องหาวิธีที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการได้มาซึ่งความรู้ในแต่ละเรื่อง เช่น ในขณะปฏิบัติการทดลองผู้สอนควรแนะนำให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง กำหนดนิยามปฏิบัติการ และให้สรุปผลการทดลองด้วยตนเอง จะเป็นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทุกครั้งที่มีการทดลอง จะช่วยให้ผลการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น เป็นต้น

5. ในขณะปฏิบัติการทดลองผู้เรียนมักปฏิบัติให้ได้ผลใกล้เคียงกับแนวคิดผู้สอน ทั้งนี้เพราะผู้เรียนไม่เคยได้รับการส่งเสริมให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เช่น เจตคติด้านความมีเหตุผลหรือยอมรับความจริงเมื่อมีการพิสูจน์ ความมีใจกว้าง ความซื่อสัตย์ เช่น ซื่อสัตย์ต่อข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้ผู้สอนต้องฝึกให้นักเรียนมีเจตคติดังกล่าวเหล่านี้ โดยชี้ให้เห็นว่าผลการทดลองที่ได้อาจไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามทฤษฎีทั้งหมด อาจเกิดข้อผิดพลาดได้ แต่ทั้งนี้ต้องสอนให้นักเรียนหาข้อผิดพลาดเหล่านั้น แล้วหาทางแก้ไขในโอกาสต่อไป อีกประการหนึ่งก็คือชี้ให้นักเรียนเห็นว่าการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ควรจะต้องมีการทำซ้ำกันหลายๆ ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ ซึ่งเป็นธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ หลังจากผู้สอนได้ชี้แจงแล้ว พบว่า การนำเสนอข้อมูลผลการทดลองของนักเรียนมีความหลากหลายมากขึ้น ทำให้การเรียนการสอนมีบรรยากาศที่ดีขึ้น เช่น ขณะที่นักเรียนหาเหตุผลมาอธิบายถึงสาเหตุที่ทำให้การทดลองผิดพลาดนั้น ทำให้นักเรียนบางกลุ่มนำไปปรับปรุง แก้ไขการทดลองของกลุ่มของตนเองที่ทำอยู่ เพื่อให้ได้ผลการทดลองใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น นักเรียนสนใจที่จะปฏิบัติการทดลอง และเอาใจใส่ต่อผลงานที่นักเรียนปฏิบัติมากขึ้น เพราะการปฏิบัติการทดลองตามหลักสูตรนี้บางบทปฏิบัติการต้องใช้เวลาในการทดลองถึง 2 - 3 สัปดาห์ เป็นต้น

6. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนแบบปฏิบัติการทดลองตามหลักสูตรนี้ ผู้สอนจะต้องมีการเตรียมตัวสอน ซึ่งต้องใช้เวลามาก ถ้าผู้สอนไม่พร้อมจะทำให้การเรียนการสอนไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ซึ่งวิธีการเตรียมอุปกรณ์การสอนดังกล่าวนี้ผู้สอนอาจให้นักเรียนเตรียมมาเองได้ทุกบทปฏิบัติการ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจัดการของผู้สอนเอง เช่น บางบทปฏิบัติการผู้สอนต้องเตรียมสิ่งให้นักเรียนเตรียมล่วงหน้าก็ได้ และวิธีการนี้จะช่วยฝึกความรับผิดชอบของนักเรียน นักเรียนได้เรียนตามความสนใจของผู้เรียน ซึ่งจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพได้วิธีหนึ่ง

7. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนแบบปฏิบัติการทดลองนั้น ถ้าผู้สอนมีบทบาทมากกว่านักเรียน การสอนจะไม่ได้ผล ผู้สอนต้องคำนึงอยู่เสมอว่าตนเองมีบทบาทเป็นผู้แนะนำและคอยช่วยเหลือให้เกิดการเรียนรู้เท่านั้น

จากสภาพการณ์ในห้องเรียนที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนแบบปฏิบัติการทดลองดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการสอนแบบปฏิบัติการทดลองนั้นช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนอย่างแจ่มแจ้ง นักเรียนได้เรียนรู้จากการกระทำ ได้ประสบการณ์ตรง ทำให้จำได้นาน มีความสนุกสนานและพอใจในการเรียน ได้ฝึกทักษะการใช้เครื่องมือ ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการเสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์และคุณลักษณะต่างๆ ที่พึงประสงค์อีกด้วย

อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า

การวิจัยเพื่อพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ผู้วิจัยได้อาศัยแนวคิดระบบการพัฒนาหลักสูตรจากนักพัฒนาหลักสูตรหลายท่าน ได้แก่ สวัสดิ์ อุตหรานันท์ (2528 : 32) วิชัย วงษ์ใหญ่ (2533 : 11) และ Tyler (1950 : 395 - 399) มากำหนดขั้นตอนของการพัฒนาหลักสูตร ซึ่งจากการดำเนินงานตามขั้นตอนที่กำหนดขึ้น พบว่าสามารถช่วยให้การพัฒนาหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นไปอย่างมีระบบ เรียบร้อยและได้ผลดี ขั้นตอนที่กำหนดขึ้นดังกล่าวมีความสอดคล้องต่อเนื่องกันอย่างเหมาะสมและมีความชัดเจน และจะเห็นได้ว่าการพัฒนาหลักสูตรทุกขั้นตอนมีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนของการประเมินหลักสูตรและแก้ไขหลักสูตร ซึ่งเป็นขั้นตอนที่จะทำให้คุณภาพของหลักสูตรสูงขึ้น

การดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง นี้ ผู้วิจัยพบว่ามีข้ออภิปราย ดังนี้

1. การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตร การดำเนินการในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกที่จะช่วยให้ได้ข้อมูลที่จะตัดสินใจประกอบการสร้างหลักสูตร ข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการตัดสินใจสร้างหลักสูตรให้เหมาะสมสอดคล้อง

กับความต้องการของผู้เรียน อันจะส่งผลถึงความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรด้วย ดังนั้น ข้อมูลที่ได้จึงควรเป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ และตรงตามความเป็นจริงของสภาพการณ์ในขณะนั้น และครอบคลุมด้านต่าง ๆ อย่างเพียงพอ

ในการวิจัยในส่วนที่เกี่ยวกับการสำรวจข้อมูลพื้นฐานนี้ ผู้วิจัยได้คำนึงถึงความครอบคลุมและมีปริมาณเพียงพอของข้อมูลดังกล่าว เช่น ในส่วนที่เกี่ยวกับครู/อาจารย์ผู้ใช้หลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ ผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่างของครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยาให้กระจายในท้องถิ่นต่าง ๆ ทั่วประเทศและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นผู้มีเกียรติประวัติที่น่ายกย่องและเชื่อถือ เช่น เป็นครูดีเด่นระดับประเทศ เป็นครูแม่แบบของแต่ละจังหวัด เป็นอาจารย์ 3 ซึ่งเป็นตำแหน่งทางวิชาการ ที่ถือว่ามีเกียรติเป็นที่น่าเชื่อถือ หรือเป็นอาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา เป็นต้น ทำให้ข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างเป็นข้อมูลที่ น่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวกับครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในสภาพทั่วไป พบว่า ครู/อาจารย์ผู้สอนวิชาชีววิทยาส่วนใหญ่เป็นหญิง มีอายุระหว่าง 41 - 50 ปี ซึ่งถือว่ามีประสบการณ์ในการสอนสูง มีวุฒิปริญญาตรีและมีประสบการณ์ในการสอน ตั้งแต่ 16 - 20 ปี ครู/อาจารย์ส่วนใหญ่มีความต้องการด้านเนื้อหาที่เห็นว่าสมควรนำมาสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยี ตรงกัน กล่าวคือ ในเรื่องเทคโนโลยีการหมัก กลุ่มตัวอย่างที่เป็นครู/อาจารย์มีความเห็นตรงกันว่าควรนำเนื้อหาเกี่ยวกับความรู้เบื้องต้นในวิชาจุลชีววิทยามาบรรจุไว้ในเนื้อหาการเรียนการสอนด้วย เพราะวิชาจุลชีววิทยาเป็นพื้นฐานของวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ (Bu'Lock J. and Kristiansen. 1987 : 3 ; Croeomo and other. 1986 : 139 and Sasson. 1988 : 7) ส่วนในด้านเทคโนโลยีของเสีย กลุ่มตัวอย่างที่เป็นครู/อาจารย์มีความต้องการที่จะให้นำมาสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพด้วย แต่เนื้หาดังกล่าวต้องเป็นเนื้อหาที่เป็นประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันและช่วยกำจัดสภาวะแวดล้อมที่เป็นพิษได้ด้วย จะเห็นได้ว่าเป็น บทบาทและความสำคัญของเทคโนโลยีชีวภาพเช่นกัน (UNESCO. 1991 : 15) สำหรับเทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบกลับมาใช้ใหม่นั้น ในด้านนี้ครู/อาจารย์ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างได้แสดงความต้องการที่จะให้นำมาสร้างบทปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพราะการนำแหล่งวัตถุดิบกลับมาใช้ใหม่นั้นเป็นการช่วยแก้ปัญหาได้หลายด้าน เช่น ปัญหาด้านเชื้อเพลิงที่กำลังจะหมดไปจากโลก หรือการขาดแคลนทรัพยากรด้านต่าง ๆ เป็นต้น เนื้อหาที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีชีวภาพ ที่ต้องการให้นำมาสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ได้แก่ การผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้วัตถุดิบต่างๆ ที่เป็นสารเหลือทิ้งจากการเกษตรหรือการสกัดสารชีวภาพจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เป็นต้น ส่วนเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมนั้นครู/อาจารย์ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมีความต้องการที่จะให้นำมาสร้างบทปฏิบัติการมาก เพราะการศึกษา

เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมกำลังเป็นที่สนใจกับคนทั่วไปมากทุกระดับ (วินัย วีระวัฒนานนท์. 2537 : 40) ดังนั้นการนำความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมให้สามารถใช้ในชีวิตประจำวันได้จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ สำหรับเทคโนโลยีชีวภาพทางด้านวิศวกรรมเอนไซม์นั้น จากการสำรวจความต้องการจากครู/อาจารย์ส่วนใหญ่ต้องการให้นำมาสร้างบทปฏิบัติการน้อย ทั้งนี้เพราะในสภาพความเป็นจริงแล้วต้องคำนึงถึงองค์ประกอบในการรับรู้ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมาพิจารณาด้วย ทั้งนี้เพราะเนื้อหาในด้านนี้อาจยากเกินไปในการที่จะเรียนรู้ในเรื่องเหล่านี้ได้อีกประการหนึ่งก็คือโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาส่วนใหญ่ยังขาดอุปกรณ์ที่จะศึกษาในเรื่องเหล่านี้อยู่มาก เช่น ไม่มีถังหมักแบบมาตรฐาน ดังนั้นเนื้อหาที่จะนำมาสร้างเป็นบทปฏิบัติการในด้านนี้จึงมีน้อย เช่น อาจเป็นการศึกษาการทำงานของเอนไซม์เป็นเบื้องต้นเท่านั้น

สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผู้วิจัยสุ่มเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างในการสำรวจข้อมูลความต้องการด้านเนื้อหาที่จะให้นำมาสร้างบทปฏิบัติการ เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพนั้น ส่วนใหญ่พบว่าเป็นเพศชาย มีผลการเรียนอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับค่อนข้างสูง และมีภูมิลำเนาอยู่ในจังหวัดปราจีนบุรี ดังนั้นความต้องการด้านเนื้อหาส่วนใหญ่จึงค่อนข้างจะคำนึงถึงสภาพการณ์ของท้องถิ่นในจังหวัดปราจีนบุรีประกอบการเลือกเนื้อหาด้วย

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจความต้องการด้านเนื้อหาของครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยาและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในท้องถิ่นจังหวัดปราจีนบุรี จึงเป็นข้อมูลที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งได้เป็นอย่างดี

2. การสร้างหลักสูตร

การสร้างหลักสูตรเป็นขั้นตอนสำคัญของการวิจัยในครั้งนี้ และเพื่อให้ได้หลักสูตรที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ต้องการ ในการสร้างหลักสูตรจึงต้องจัดองค์ประกอบต่างๆ ของหลักสูตรให้มีความเหมาะสม ครอบคลุมและสอดคล้องกัน (สกัต อุทรานนท์. 2538 : 32 ; บุญมี เณรยอด. ม.ป.ป. : 47 และ Tyler. 1950 : 395) หลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้กำหนดให้มีองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ หลักการและเหตุผล จุดมุ่งหมายของหลักสูตร เนื้อหาสาระของหลักสูตร การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลการเรียนการสอน โดยจัดให้แต่ละองค์ประกอบมีความสอดคล้อง ส่งเสริมและสนับสนุนซึ่งกันและกัน (ทศนา เขมมณี. 2528 : 112) นอกจากนี้ ในองค์ประกอบของหลักสูตรยังประกอบไปด้วย ข้อเสนอแนะในการนำหลักสูตรไปใช้อีกด้วย

ในการจัดองค์ประกอบต่างๆ ในหลักสูตรให้เหมาะสมกัน นับว่าเป็นเรื่องค่อนข้างยากในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดองค์ประกอบของหลักสูตรให้สอดคล้องกันโดยคำนึงถึงจุด

สร้างขึ้นนี้จะทำให้ผู้เรียนรู้จักใช้ความรู้ ความคิด มีเหตุผล มีขั้นตอนในการปฏิบัติ รู้จักใช้ระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ บุพผชาติ ทัพพิกถ (2538 : 5), สสวท. (2538 : 1) , จำแลง เชื้อภักดี (2538 : 23) , Backer , Guy and Eve (1990 : 2) , Lunetta and others. (1981 : 22) , Richardson (1957 : 70) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่อ้างอิงว่า การเรียนการสอนแบบปฏิบัติการทดลองสืบเสาะหาความรู้ ช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการทางสติปัญญาด้านความรู้ความเข้าใจเพิ่มสูงขึ้นด้วย (Mc Meen and Windle. 1983 : 130A ; El-Nemr. 1980 : 5813-A)

3. การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้

การดำเนินการในขั้นตอนนี้เป็นการประเมินโครงร่างหลักสูตรหลังจากกำหนดโครงร่างหลักสูตรเรียบร้อยแล้ว โดยอาศัยการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องภายในองค์ประกอบของหลักสูตร จากผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และประสบการณ์ เพื่อนำผลการประเมินและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขโครงร่างหลักสูตรให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

จากผลการประเมินความเหมาะสมของโครงร่างหลักสูตร องค์ประกอบส่วนใหญ่ของหลักสูตร เช่น สภาพปัญหาและความจำเป็น หลักการของหลักสูตร เป้าหมายของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร เนื้อหาของหลักสูตร เนื้อหาของหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 - 4 สื่อการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนการสอนอยู่ในระดับเหมาะสมมาก ส่วน ความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ ความเหมาะสมในการแบ่งเรื่องในแผน กิจกรรมและวิธีสอนในแผนการเรียนเหมาะสมกับการปฏิบัติได้ และเนื้อหาของหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ส่วนกิจกรรมและวิธีสอนในแผนการเรียนเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งในกรณีนี้อธิบายได้ว่าหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ ในกิจกรรมการเรียนการสอนกำหนดให้จัดกิจกรรมแบบปฏิบัติการทดลอง จึงเหมาะสมที่จะส่งเสริมความรู้ให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียน เพราะองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้ที่ขาดไม่ได้คือ ทักษะการฝึกปฏิบัติและเจตคติต่อสิ่งที่จะเรียนรู้นั้น (Gagne' . 1986 : 154) และทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงขึ้น (ราเมศ เสียบสื่อตระกูล. 2530 : บทคัดย่อ) ดังนั้นโครงร่างของหลักสูตรในส่วนนี้จึงเหมาะสมมากที่สุด

สำหรับองค์ประกอบอื่นๆ ที่พบว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก เป็นเพราะในการกำหนดโครงร่างของหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ ผู้วิจัยได้คำนึงถึงความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของหลักสูตรไว้ก่อนที่จะสร้างหลักสูตรแล้วจึงทำให้องค์ประกอบดังกล่าวมีความเหมาะสมมาก ส่วนเนื้อหาของหลักสูตรในด้านวิศวกรรมเอนไซม์ ที่มีความเหมาะสม

ในระดับปานกลางนั้น เป็นเพราะเนื้อหาของหลักสูตรส่วนใหญ่จะเน้นพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ส่วนในเรื่องวิศวกรรมเอนไซม์นั้นเป็นสาขาของเทคโนโลยีชีวภาพที่ซับซ้อนขึ้น (Kinney. 1992 : Abstract) จึงมีความเหมาะสมปานกลาง ในส่วนเนื้อหาของหลักสูตรที่เหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติได้จริงมีความเหมาะสมปานกลางอาจเป็นเพราะว่าเนื้อหาบางหน่วยการเรียนรู้ เช่น หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 วิศวกรรมเอนไซม์ นั้นเนื้อหาค่อนข้างยากสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจึงทำให้มีความเหมาะสมปานกลาง

สำหรับในส่วนของการประเมินความสอดคล้องภายในโครงสร้างของหลักสูตร พบว่า ทุกองค์ประกอบของโครงสร้างหลักสูตรมีความสอดคล้องกันในระดับมาก เป็นเพราะในขั้นตอนการสร้างหลักสูตร ผู้วิจัยได้กำหนดโครงสร้างของหลักสูตร โดยคำนึงถึงความสอดคล้อง สนับสนุนและส่งเสริมขององค์ประกอบในแต่ละองค์ประกอบอยู่แล้ว (สงัด อุทรานันท์. 2538 : 32)

5. การเตรียมบุคลากรและการทดลองใช้หลักสูตร

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำหลักสูตรที่ปรับปรุงแล้วในขั้นตอนที่ 4 ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายในการกำหนดหลักสูตรไปใช้จริง คือ ครู/อาจารย์ผู้สอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2539 โรงเรียนปราชญ์ราชูราษฎร์ อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

5.1 การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง (กลุ่มทดลอง) กับกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. (กลุ่มควบคุม) โดยเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ 3 ด้าน คือ ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยและผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังจากทดลองใช้หลักสูตร เป็นดังนี้

1. ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้ ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นขั้นบูรณาการของกลุ่มทดลองผ่านเกณฑ์มากกว่ากลุ่มควบคุม เป็นเพราะการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้น ผู้วิจัยยึดหลักในการสร้างโครงสร้างหลักสูตรโดยคำนึงถึงตัวผู้เรียนหลายประการ เช่น ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ ยึดการเรียนรู้ที่เกิดจากการกระทำ ยึดกระบวนการสำคัญของการเรียนรู้ ยึดผู้เรียนเป็นแหล่งความรู้ ยึดการค้นพบด้วยตนเองเป็นวิธีหลักของการเรียนรู้

เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายสำหรับผู้เรียน และเน้นการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรนี้จึงทำให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยดีผ่านเกณฑ์การประเมินได้ เช่น ผลการเรียนรู้ด้านความรู้-ความจำ เมื่อผู้เรียนได้รับการเรียนรู้โดยการกระทำและได้ลงมือปฏิบัติจริงและฝึกคิดด้วยตนเองการเรียนรู้นั้นก็เกิดขึ้นและทำให้จำไปได้นาน (ปรีชา อมาตยกุล. 2528 : 38 ; สสวท. 2538 : 1) โดยเฉพาะการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ง่าย ถ้าได้เรียนในสิ่งที่มีความหมายต่อผู้เรียนและ การเรียนรู้ที่เกิดจากการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย (Bruner. 1960 : 182) ซึ่งสอดคล้องกับสมิธ (Smith. 1987 : 2984-A) ที่พบว่า ผลการเรียนรู้ทางชีววิทยาทางด้านวิชาการของนักเรียนที่ได้รับการสอนวิธีผสมผสานระหว่างวิธีการบรรยายและวิธีปฏิบัติการทดลองจะได้คะแนนสูงสุดและสอดคล้องกับบุปผชาติ ทักษิกรณ์ (2538 : 5) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนได้ทดลองด้วยตนเอง จะทำให้มีใจรักวิทยาศาสตร์ รู้จักใช้ความรู้ ความคิด เป็นคนมีเหตุผล มีขั้นตอนในการปฏิบัติเป็นอย่างดี และสามารถใช้ระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์ในการทำงานด้วยเหตุนี้ผู้เรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยเน้นกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการทดลอง ให้นักเรียนมีโอกาสดำลงมือกระทำ สามารถค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง และเนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอนยังประกอบด้วยเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและท้องถิ่นของนักเรียนโดยตรง จึงทำให้ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ทั้งด้านความรู้ - ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

5.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของนักเรียน ก่อนการทดลองใช้หลักสูตรและหลังการทดลองใช้หลักสูตร ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

5.2.1 จากผลการวิจัย พบว่า ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพของ สสวท. ทั้งเมื่อพิจารณาผลการเรียนด้านพุทธิพิสัยรวมทั้งสองด้านและพิจารณาแยกด้าน การที่เป็นเช่นนั้น เพราะนักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้น ได้เรียนโดยผู้สอนได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบวัฏจักร ซึ่งผู้วิจัยกำหนดไว้ในหลักสูตร และรูปแบบการสอนดังกล่าวได้พัฒนาขึ้นบนพื้นฐานทฤษฎีของเพียเจต์ (Piaget. 1960 : 237) กิจกรรมดังกล่าวประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ การนำเข้าสู่บทเรียน การสำรวจ การอธิบาย การลงข้อสรุปและการประเมิน

ผล ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนมีโอกาสดำเนินมือปฏิบัติเพื่อค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ลงข้อสรุปด้วยตนเองและตรวจสอบแนวความคิดหลักที่ได้จากการค้นคว้าด้วยตนเอง กระบวนการดังกล่าวจึงทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้เรียนด้วยการลงมือกระทำหรือปฏิบัติการทดลอง ผลการวิจัยจึงสอดคล้องกับเมลวิน (Melvin. 1993 : Abstract) ที่ศึกษา พบว่าผลการเรียนรู้วิชาเทคโนโลยีชีวภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนโดยวิธีปฏิบัติการทดลองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีบรรยาย และสอดคล้องกับจำแลง เชื้อภักดี (2538 : 23) เบคเคอร์ กายและอีฟ (Backer , Guy and eve. 1990 : 2) ลูเนตตาและคณะ (Lunetta and others. 1981 : 22 - 25) ริชาร์ดสัน (Richardson. 1957 : 70 - 73) ที่พบว่า การปฏิบัติการทดลองเป็นการช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้แก่ปัญหา ได้ค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง มีเสรีภาพในทางความคิด มีส่วนร่วมในการทดลองและได้แก้ปัญหาด้วยตนเองมากที่สุด เป็นสื่อสำคัญให้นักเรียนเข้าใจข้อเท็จจริง หลักการ มโนทัศน์ ทฤษฎีและเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจึงทำให้ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งประกอบด้วยผลการเรียนรู้ด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เรียนโดยหลักสูตรนี้

ในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่า การสอนแบบปฏิบัติการทดลอง ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่เห็นได้ชัด คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ซึ่งประกอบด้วยทักษะการตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลองและการตีความหมาย ข้อมูลและลงข้อสรุป ดังได้กล่าวแล้วว่าในหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้น ได้กำหนดให้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบวัฏจักร ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการนี้เป็นการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้วิธีการหนึ่ง ผู้เรียนจึงมีโอกาสดำเนินฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ทุกครั้งที่เรียนตามบทปฏิบัติการทดลอง และได้ฝึกทักษะขั้นบูรณาการทุกขั้น จึงทำให้ผลการเรียนพุทธิพิสัยด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนตามหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เรียนโดยหลักสูตรนี้ ผลการวิจัยสอดคล้องกับวิดเด็น (Widden. 1973 : 186) ที่วิจัยผลของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SAPA : Science A Process Approach) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยมีการอบรมเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยไม่มีการอบรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยไม่ได้เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ สอดคล้องกับภริติ สุวีรานนท์ (2532 : 79) ที่วิจัย พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือ

ครูแตกต่างกันสอดคล้องกับวานเนค (Vanek. 1974 : 1522-A) ที่วิจัยพบว่า การสอนโดยใช้การทดลองทำให้ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่างกัน

5.2.2 จากผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตร ในผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยทุกด้าน ทั้งเมื่อพิจารณาผลรวมทุกด้าน และเมื่อพิจารณาแยกแต่ละด้าน อาจเป็นหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้กำหนดให้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเน้นการปฏิบัติการทดลอง ดังนั้นในการเรียนการสอนแต่ละครั้งนักเรียนจะได้มีโอกาสลงมือกระทำด้วยตนเอง มากกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตรเพราะในหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีของสสวท. มีแต่คำอธิบายรายวิชาอย่างเดียวในโครงร่างหลักสูตรไม่ได้กำหนดให้ผู้สอนใช้กิจกรรมการเรียนการสอนแบบใดจึงเป็นไปได้ที่ครูผู้สอนอาจไม่ได้ใช้การสอนแบบปฏิบัติการทดลองทุกครั้งที่มีการเรียนการสอน ดังนั้นผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนก่อนการใช้หลักสูตรจึงมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าหลังการใช้หลักสูตร ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับมาเรค (Marek. 1978 : 2168-A) ที่วิจัยพบว่า การสอนวิชาชีววิทยาแบบสืบเสาะหาความรู้ทำให้พัฒนาการด้านความรู้ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาสูงขึ้นและสอดคล้องกับแมคมีน (McMeen. 1983 : 130A) ที่วิจัยพบว่า การเรียนการสอนแบบปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้ จะช่วยให้เกิดพัฒนาการทางสติปัญญาด้านความรู้ ความเข้าใจเพิ่มขึ้น

5.2.3 จากผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ของ สสวท. ทั้งเมื่อพิจารณาผลการเรียนด้านจิตพิสัยรวมทั้ง 5 ด้าน และพิจารณาแยกด้าน ยกเว้นผลการเรียนรู้ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกัน อภิปรายได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้มีโอกาสฝึกพฤติกรรมด้านจิตพิสัยต่าง ๆ เช่น ด้านคุณลักษณะทั่วไป ได้แก่ การช่วยเหลือผู้อื่นอย่างเท่าเทียมกันทั้งกำลังกาย กำลังใจและกำลังทรัพย์ ซึ่งพฤติกรรมข้อนี้จะเห็นได้ว่าในหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้กำหนดให้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการทดลอง จึงทำให้นักเรียนได้มีโอกาสช่วยเหลือซึ่งกันและกันโดยให้ทั้งด้านกำลังกาย เช่น ในการปฏิบัติการทดลองทุกคนต้องออกแรงช่วยกันทำงาน ทุกคนต้องให้กำลังใจซึ่งกันและกันในการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองจากผลการทดลองที่ได้ เป็นต้น ส่วนทางด้านกำลังทรัพย์ การเรียนการสอนแบบปฏิบัติการทดลองในบางครั้งนักเรียนอาจจะต้องสละ

ทรัพย์เพื่อเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทำการทดลองด้วย จากที่กล่าวมาแล้วจึงทำให้นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจึงมีพฤติกรรมด้านรู้จักเสียสละเพื่อส่วนรวมสูงขึ้น

นอกจากนี้ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงคุณลักษณะทั่วไปอีกประการหนึ่งก็คือ การรู้จักใช้แนวทางและวิธีการใหม่ๆ ในการปฏิบัติงาน ได้แก่การยอมรับวิธีการที่หลากหลายในการปฏิบัติงาน ริเริ่มหาวิธีการใหม่ๆ ในการปฏิบัติงานและกระตุ้นให้อื่นใช้วิธีการดังกล่าว (กรมวิชาการ. 2536 : 14) ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวนี้จะพบได้จากนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพราะในกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการปฏิบัติการทดลองจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ความคิดเพื่อค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหา เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจจากสิ่งที่ตนเองได้ค้นหาและเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย สอดคล้องกับผลการวิจัยของแบคเคอร์ กายและอีฟ (Backer , Guy and Eve. 1990 : 2) ลูเนตตาและคณะ (Lunetta and others. 1981 : 22-250) และริชาร์ดสัน (Richardson. 1957 : 70 - 73) ที่พบว่า การสอนแบบปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ เป็นการช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง มีเสรีภาพทางความคิดส่งเสริมให้นักเรียนหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งมีผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยด้านคุณลักษณะทั่วไปสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้ใช้หลักสูตรนี้

ในด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพนั้น จากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งมีผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพซึ่งได้แก่ รู้และเข้าใจกระบวนการทำงานและเห็นช่องทางประกอบอาชีพ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น รักการทำงานและมีเจตคติที่ดีต่ออาชีพสุจริต สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้เรียนโดยหลักสูตรนี้ เพราะในหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เนื้อหาส่วนใหญ่ของหน่วยการเรียนการสอนเป็นเนื้อหาที่เน้นการนำผลผลิตทางการเกษตรตลอดจนสารเหลือทิ้งมาแปรรูปผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาศัยความรู้พื้นฐานด้านเทคโนโลยีชีวภาพ ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างในหลักสูตรนี้สามารถช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดค้นในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นได้อีกมาก และสามารถนำไปประกอบอาชีพได้ในชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนเห็นช่องทางในการประกอบอาชีพเนื่องจากในกระบวนการเรียนการสอนนั้น นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง จึงเกิดความมั่นใจในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันให้เกิดประโยชน์ได้ นอกจากนี้การสอนแบบปฏิบัติการทดลองยังช่วยให้นักเรียนได้มีการทำงานร่วมกัน ได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน (สสวท. 2538 : 2 ; El-Nemr. 1980 : 5813-A) ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพของนักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้เรียนตามหลักสูตรนี้

ในด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม จากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งมีผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม ซึ่งได้แก่ รู้และเข้าใจสภาพการเปลี่ยนแปลงของสังคม เข้าใจถึงบทบาทของบุคคลต่างๆในสังคมและวิเคราะห์ความสำคัญของการอนุรักษ์และเสริมสร้างสิ่งแวดล้อม สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการสอนโดยหลักสูตรนี้ เพราะในหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เนื้อหาส่วนใหญ่ของหน่วยการเรียนการสอนเป็นเนื้อหาที่เน้นการนำสารเหลือทิ้งที่มีส่วนทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดประโยชน์ ซึ่งอาศัยความรู้พื้นฐานด้านเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งผู้ที่ได้รับการสอนโดยหลักสูตรนี้จะได้ตระหนักถึงความสำคัญของการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม เข้าใจถึงหน้าที่ที่ตนเองจะต้องมีบทบาทหรือมีส่วนช่วยในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ด้วย เพราะปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อม ที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม จะย้อนกลับมามีผลต่อมนุษย์และก่อให้เกิดผลร้ายกับมนุษย์ในอนาคต (วินัย วีระวัฒนานนท์. 2537 : 40) ในเนื้อหาหน่วยการเรียนที่ 4 ผู้วิจัยได้กำหนดเนื้อหาในเรื่องเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสวิเคราะห์สภาพสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นของตนเพื่อที่จะ หาแนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ในโลกนี้ (พิศาล มุลศาสตร์สาร. 2537 : 3 ; Foster. 1987 : 193) จะเห็นได้ว่าหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมของนักเรียนที่เรียนโดยหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้เรียนตามหลักสูตรนี้

สำหรับในด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม จากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งมีผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ ซึ่งได้แก่ สามารถป้องกันและส่งเสริมสุขภาพอนามัยส่วนบุคคลและส่วนรวม เข้าร่วมกิจกรรมในการเสริมสร้างสุขภาพในชุมชนและสังคม สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการสอนโดยหลักสูตรนี้ เพราะในหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เนื้อหาส่วนใหญ่ของหน่วยการเรียนการสอนเป็นเนื้อหาที่เน้นการนำสารเหลือทิ้งที่มีส่วนทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดประโยชน์ ซึ่งอาศัยความรู้พื้นฐานด้านเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งผู้ที่ได้รับการสอนโดยหลักสูตรนี้จะได้ตระหนักถึงความสำคัญของการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม เป็นการป้องกันสุขภาพอนามัยที่จะเกิดปัญหาเนื่องจากมลภาวะจากสิ่งแวดล้อม ในเนื้อหาหน่วยการเรียนที่ 4 ผู้วิจัยได้กำหนดเนื้อหาในเรื่อง เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนได้นำสารเหลือทิ้งจากสิ่งแวดล้อมมาใช้ในการแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตที่ดี โดยเฉพาะการนำความรู้ด้านเทคโนโลยีชีวภาพมาประยุกต์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ให้เกิดคุณภาพ (ศิริพจน์ ผลสินธุ์. 2537 : 59 ; Bu'Lock and Kristiansen. 1987 : 3) จะเห็นได้

ว่าหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้เรียนตามหลักสูตรนี้

5.2.4 จากผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตรทุกด้าน ทั้งเมื่อพิจารณาผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยรวมทุกด้าน และเมื่อพิจารณาแยกแต่ละด้าน อภิปรายผลได้เช่นเดียวกับข้อ 5.2.3 ทั้งนี้เพราะนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรนี้ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดคุณลักษณะต่างๆ ทั้งเจตคติทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม และคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพมากกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตร จึงทำให้ผลการเรียนรู้ด้าน จิตพิสัยหลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตร

5.2.5 จากผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตร ทั้งนี้เพราะนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรนี้ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการทดลอง ดังนั้นนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรนี้ได้มีโอกาสหยิบใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ทุกชั่วโมงที่มีการเรียนการสอน ดังนั้นจึงมีทักษะปฏิบัติการทดลองสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เพราะการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นการปฏิบัติการทดลองจะช่วยให้เกิดการพัฒนาทักษะปฏิบัติการทดลองได้มากที่สุดในการบวนการสอนหลายวิธีด้วยกัน (สสวท. 2538 : 3) และยังสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนที่มีทักษะปฏิบัติการทดลองสูงจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงด้วย (ราเมศ เสียบสื่อตระกูล. 2530 : บทคัดย่อ ; McMeen and Windle. 1983 : 130A ; El-Nemr. 1980 : 5813-A) สอดคล้องกับศรีวรรณ เดชอุดม (2528 : 60) ที่วิจัยพบว่า การสอนแบบสาธิตการใช้อุปกรณ์การทดลองทุกครั้งจะทำให้ผลของคะแนนทักษะภาคปฏิบัติ วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างจากการสอนแบบทดลองโดยไม่มีการสาธิตการใช้อุปกรณ์การทดลองก่อน ซึ่งในหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการทดลองครูผู้สอนจะแนะนำการใช้อุปกรณ์แต่ละชนิดก่อนที่นักเรียนจะลงมือปฏิบัติการทดลอง จึงทำให้นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้เรียนตามหลักสูตรนี้ และผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนหลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการทดลองใช้หลักสูตรอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำหลักสูตรไปใช้ พัฒนาการเรียนการสอน ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อให้นักเรียนมีพัฒนาการทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยสูงขึ้น ตลอดจนข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำหลักสูตรไปใช้

1.1 ในกรณีที่สามารถปฏิบัติได้ ผู้ที่เกี่ยวข้องควรพิจารณานำหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ที่สร้างขึ้นไปใช้สำหรับการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ (ว 046) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งในปัจจุบันนี้มีเฉพาะคำอธิบายรายวิชา .

1.2 ควรนำหลักสูตรชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง หรือกิจกรรมการทดลอง ไปใช้สำหรับการเรียนการสอนในชั่วโมงกิจกรรมอิสระ หรือเป็นแนวทางในการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์หรือวิชาที่เกี่ยวข้อง

1.3 ควรนำหลักสูตรดังกล่าว ในส่วนที่มีความเหมาะสม ไปใช้เป็นกิจกรรมสำหรับโครงการพัฒนาและส่งเสริมนักเรียนผู้มีความสามารถพิเศษ ในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน

1.4 ก่อนการนำหลักสูตรนี้ไปใช้สอน ควรมีการสอนความรู้พื้นฐานของนักเรียนในเรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพเสียก่อน เพราะถ้านักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐานเพียงพอ อาจทำให้เกิดปัญหาในการปฏิบัติการทดลองได้

1.5 ก่อนการนำหลักสูตรไปใช้ ควรจัดอบรมปฏิบัติการให้ครูผู้สอนได้มีโอกาสเตรียมตัวก่อนทดลองใช้หลักสูตร ทั้งนี้เพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.6 วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยี ตามที่เสนอไว้ในหลักสูตรนี้ อาจใช้วัสดุทดแทนอื่นๆได้ ตามสภาพการณ์ของแต่ละท้องถิ่น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยต่อไป

สืบเนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยต่อไป ดังนี้

2.1 เนื่องจากการวิจัยในลักษณะของการพัฒนาหลักสูตร เช่น การวิจัยในครั้งนี้ ควรกระทำโดยคณะบุคคล ดังนั้นจึงขอเสนอแนะหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ดำเนินการ

2.2 ควรทำการวิจัยในเรื่องการพัฒนาหลักสูตรในทำนองเดียวกันนี้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ อื่นๆ เช่น วิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ซึ่งปัจจุบันมีแต่คำอธิบายรายวิชาเช่นกัน หรือในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่นๆ

2.3 ควรทำการวิจัยในทำนองเดียวกันนี้ โดยนำหลักสูตรไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่เรียนอยู่ในโรงเรียนที่มีขนาดต่างกัน เช่น โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการนำหลักสูตรในลักษณะนี้ไปใช้กับโรงเรียนที่มีขนาดต่างกัน

2.4 ควรทำการวิจัยในทำนองเดียวกันนี้ โดยนำหลักสูตรไปทดลองใช้กับโรงเรียนที่อยู่ในโครงการส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) หรือโครงการพิเศษอื่นๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์

2.5 ควรทำการวิจัยในทำนองเดียวกันนี้ โดยศึกษาผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ด้านอื่นๆ รวมทั้งความสามารถในการคิดในระดับสูง (Higher order thinking) เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา (Problem solving) ความสามารถในการตัดสินใจ (Decision making) หรือผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยที่สูงขึ้น เช่น ค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

2.6 ควรทำการวิจัยในทำนองเดียวกันนี้ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้หลายรูปแบบ เช่น การเรียนแบบร่วมมือ (Cooperative learning) การเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) เป็นต้น

บรรณานุกรม

๗
บรรณานุกรม

- กนก จันทร์ขจร. “บทสรุปทิศทางการมัธยมศึกษาในทศวรรษหน้า,” ใน เอกสารการสัมมนา เรื่อง แนวโน้มการจัดการเรียนการสอนระดับมัธยมศึกษา. ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2537.
- กนกศักดิ์ ทองด้ง. เทคนิคบางประการในการจัดการประเมินผลภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2536.
- กมล ชูสมัย. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้การทดลองแบบแนะแนวทางกับการสอนแบบไม่แนะแนวทาง. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2528. อัดสำเนา.
- กัญญา ทองมัน. การศึกษาค้นคว้าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบไม่กำหนดแนวทางและแบบกำหนดแนวทาง. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2534. อัดสำเนา.
- กันยารัตน์ ฤทธิ์บำรุง. การศึกษาค้นคว้าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยการฝึกอภิปรายแก้ปัญหาร่วมกันทั้งห้อง เป็นกลุ่มย่อย และแก้ปัญหาเป็นรายบุคคล. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2531. อัดสำเนา.
- กาญจนา เกียรติประวัติ. วิธีสอนทั่วไปและทักษะการสอน. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช, 2524.
- กาญจนา คุณารักษ์. หลักสูตรและการพัฒนา. นครปฐม : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์, 2527.
- การศึกษานอกโรงเรียน, กรม. “หลักสูตรท้องถิ่น,” ใน เอกสารประสบการณ์ตรงจากหมู่บ้าน แนวทางการจัดการศึกษาเพื่อชีวิตและสังคม. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์, 2523.
- การ์ดเนอร์ มาร์จอรี่. “จะสอนวิทยาศาสตร์อย่างไรให้ได้ผล,” ใน เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง ยุทธวิธีในการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ณ โรงแรมสยามเบเวอรี่ 30-31 พฤษภาคม 2538. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2538.
- กิดานันท์ มลิทอง. เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. กรุงเทพฯ : เคิร์สเปอร์สโปรดักส์, 2536.
- กิ่งฟ้า สินธุวงษ์. เอกสารประกอบการสอนวิชาการออกแบบการสอน. ขอนแก่น : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2533. อัดสำเนา.

โกวิท ประวาลพุกษ์ และสมศักดิ์ สินธุระเวช. การประเมินผลในชั้นเรียน.

กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์วัฒนาพานิช, 2527.

ขวัญใจ จินดานุรักษ์. แนวโน้มของสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาในปี

พ.ศ. 2555. กรุงเทพฯ : 2534. อัดสำเนา.

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ.

2535-2539). กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ,

สำนักนายกรัฐมนตรี, 2535. อัดสำเนา.

_____. รายงานการวิจัยองค์ประกอบที่มีต่อการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์และ

คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ,

สำนักนายกรัฐมนตรี, 2539.

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. ชุดเสริมประสบการณ์

สำหรับครูวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525. อัดสำเนา.

จังหวัดปราจีนบุรี, สำนักงาน. สรุปย่อข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับจังหวัดปราจีนบุรี. ปราจีนบุรี :

ฝ่ายการประชาสัมพันธ์ ศาลากลางจังหวัดปราจีนบุรี, 2539.

จันทิภา ลิ้มปิเจริญ. หลักสูตรและการบริหารหลักสูตร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ :

สุวีรยาสาส์น, 2528.

จันทรชัย หญิงประยูร. "วิทยาศาสตร์ศึกษา : โครงการวิทยาศาสตร์," วิทยาศาสตร์.

48 (4) : 252 ; กรกฎาคม-สิงหาคม 2537.

จันทรเพ็ญ เชื้อพานิช, น้อมศรี เกท และไพฑูรย์ สีนลารัตน์. ประมวลบทความหลักสูตร :

สาระร่วมสมัย. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

จิตติโส ผดุงรัตน์. "การประเมินผลปฏิบัติการวิทยาศาสตร์," ใน เอกสารประกอบการประชุม

ปฏิบัติการสร้างข้อสอบภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ณ สีดา รีสอร์ท จังหวัด

นครนายก, 2537.

_____. "สรุปสภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศไทย

ในช่วงหลักสูตร 2503 จนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2538)," ใน เอกสารประกอบการ

สัมมนาเรื่อง ยุทธวิธีในการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ณ โรงแรมสยามเบเวอรี่ 30-31 พฤษภาคม 2538. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริม

การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2538.

จินตนา จามระดิษ. ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ค.ม.

กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528. อัดสำเนา.

จำแลง เชื้อภักดี. "การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยให้เกิดโครงการวิทยาศาสตร์,"

ครูวิทยาศาสตร์. 3(1) : 23 ; มกราคม-มิถุนายน 2538.

ฉลองภพ สุธงศาการณ. “แนวปรับระบบการเรียนรู้สอดคล้องหลักสูตรไม่เน้นปฏิบัติ,”

สยามโพสต์. 7 : 16 ธันวาคม 2536.

เจลิยว มณีเลิศ. “นโยบายการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,” สสวท.

(74) : 3-5 ; เมษายน-มิถุนายน 2534.

เฉลิม รอดหลง. การศึกษาสมรรถภาพ ปัญหาและความต้องการของครูวิทยาศาสตร์ ระดับ

มัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนมัธยมศึกษาระดับตำบล เขตการศึกษา 6.

วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529. อัดสำเนา.

เจลิยว มณีเลิศ. “นโยบายการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,” สสวท.

(74) : 3-5 ; เมษายน-มิถุนายน 2534.

ชนิดา รัชพลเมืองและคณะ. ครู การศึกษา และการพัฒนาชุมชน. กรุงเทพฯ ม.ป.ท., 2526.

ชม ภูมิภาค. “การศึกษาในยุคเทคโนโลยี,” สสวท. 9(74) : เมษายน-มิถุนายน 2534.

ชมพันธุ์ ภูษธร ณ อรุยา. เอกสารเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย

ศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน, 2530.

ชาติรี สำราญ. การสอนโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นสื่อ. กรุงเทพฯ : องค์การคำครุสภา, 2537.

ชัยวัฒน์ คุประตกุล. “วิทยาศาสตร์ไทย อดีต ปัจจุบันและอนาคต,” เม็ดทราย, 123 :

2528.

_____. “วิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาประเทศไทย,” วิทยาศาสตร์ มศว. 1(2) :

2 ธันวาคม 2528.

_____. “วิทยาศาสตร์กับคุณภาพชีวิต,” สยามรัฐ. 1-8 : 25 มิถุนายน 2532.

_____. “การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทยศตวรรษที่ 21,” ใน โครงการประชุมปฏิบัติการ

เรื่อง แนวทางจัดทำแผนพัฒนาการศึกษา ฉบับที่ 8. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย

ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2537. อัดสำเนา.

ชาญชัย ศรีไสยเพชร. ทักษะและเทคนิคการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์พิทักษ์

อักษร, 2527.

ชูศักดิ์ แสนปัญญา. “เราควรจัดการศึกษาเพื่อสังคมหรือเพื่อปัจเจกบุคคล,” สารพัฒนา

หลักสูตร. 12(114) : 48-49 ; เมษายน-พฤษภาคม 2536.

ณรงค์ฤทธิ์ ศักดารณรงค์. “การศึกษากับบทบาทของครูในทศวรรษหน้า,” กระจกเงาเนติยสาร

เพื่อการศึกษาพัฒนาคุณภาพชีวิตและครอบครัว. 1(3) : 63 ; สิงหาคม-กันยายน

2536.

ณัรพร เลื่อนฤทธิ์. การศึกษาความสามารถในการนำความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิต

ประจำวันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดลำปาง. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.

กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2530. อัดสำเนา.

- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. รายงานการวิจัย เรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ
นิสิตที่มีระดับพัฒนาการทางความคิด และพื้นความรู้ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
ต่างกัน. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก, 2522.
- _____. รายงานการวิจัย เรื่อง จริยธรรมและเจตคติวิทยาศาสตร์ของนิสิตวิทยาศาสตร์ศึกษา.
พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก, 2526.
- _____. “การติดตามการเปลี่ยนแปลงผลการเรียนรู้ข้างเคียงเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ในจังหวัดพิษณุโลกต่อเนื่อง,”
ศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา. 6(2) : 12-18 ; เมษายน 2536.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์และคณะ. “การพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ในยุคโลกาภิวัตน์.” ใน รายงานการประชุมวิชาการและเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 21 (วทท. 21) ณ แอมบาสเดอร์ฮิลล์ จอมเทียน ชลบุรี ระหว่างวันที่ 25 -
27 ตุลาคม 2538. สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2538.
- ดิเรก ฤกษ์ห่วย. ศึกษาและเปรียบเทียบค่านิยมของคนไทยในตำบลบางแก้ว อำเภอบรรพต
พิสัย จังหวัดนครสวรรค์ กับนิสิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยานิพนธ์ วท.บ.
กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2522.
- ดุชนี ธนะบริพัฒน์. จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2537.
- เดชา ศรีรัตน์. “นโยบายและกลยุทธ์พึ่งตนเองด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,”
กรุงเทพธุรกิจ. 9 ; กรกฎาคม 2536.
- ถวิล มาตรเลี่ยม และคณะ. ปัญหาการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
พุทธศักราช 2519 ในโรงเรียนระดับอำเภอและจังหวัด. นครราชสีมา : หน่วยศึกษา
นิเทศก์ กรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 11, 2522.
- ทัศนีย์ บุญเต็ม และคณะ. ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.
ขอนแก่น : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2526.
- ทิตนา แชมมณี. “การประเมินหลักสูตร,” ใน รวมบทความทางการประเมินโครงการ.
กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.
- ทิตนา แชมมณี และคณะ. กลุ่มสัมพันธ์ : ทฤษฎีและแนวปฏิบัติ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์
บูรพาศิลป์, 2528.
- เทียนชัย ภาณุสิทธิกร. “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นประสบการณ์ที่สำคัญต่อ
การเรียนรู้,” คณะศึกษาศาสตร์. 5(ฉบับพิเศษ) : 10-11 ; กันยายน 2535.

ธงชัย ชิวปรีชา. การสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2526.

----- . "การจัดการเรียนการสอนเทคโนโลยีในโรงเรียน," สสวท. 16(1) : 14-19 ; มกราคม-มีนาคม 2531.

ธวัชชัย ชัยจิรฉายากุล. การพัฒนาหลักสูตรจากแนวคิดสู่การปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : ภาควิทยาศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2527.

----- . การพัฒนาหลักสูตร จากแนวคิดสู่การปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อักษรบัณฑิต, 2529.

----- . จุดมุ่งหมายสำหรับการสอนและการพัฒนาหลักสูตร : แนวคิดและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2527.

ธำรง บัวศรี. ทฤษฎีหลักสูตร : การออกแบบและพัฒนา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว, 2532.

น้อมฤดี จงพยุหะ และคณะ. คู่มือการศึกษาวิธีสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มิตรสยาม, 2519.

นาท ดันทวิรุพห์. สรุปผลการสัมมนาเรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสม 12-14 ธันวาคม 2525. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., 2525.

นิดา สะเพียรชัย. "วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อประชาชน," ใน 12 ปีของพัฒนาการด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2527.

บรรจง พงศ์ศาสตร์. "แต่งตั้งภูมิปัญญาชาวบ้านเสริมหลักสูตร," มติชน. 16 กรกฎาคม 2536. หน้า 26.

บรรจง วรณสุริยะ. การสร้างรายวิชาเลือกเสรีวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ. 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) โดยใช้ความรู้จากแหล่งวิชาการชุมชนในจังหวัดลำปางและเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2535. อัดสำเนา.

บรรทม เครือวัลย์. การศึกษาเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ปี การศึกษา 2529. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม, 2534. อัดสำเนา

บุญชม ศรีสะอาด. การวัดผล. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม, 2520.

----- . พัฒนาหลักสูตรและการสอน. มหาสารคาม : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม, 2528.

- บุญมี เณรยอด. หลักการพัฒนาหลักสูตร. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ม.ป.ป.
- บุปผชาติ ทัพพิกรณ์. “หลักการเพื่อการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ,” ครูวิทยาศาสตร์. 3(1) : 5 ; มกราคม-มิถุนายน 2538.
- ประกอบ คุณารักษ์ และคนอื่นๆ. โครงการกรมการศึกษารูปแบบความร่วมมือขององค์กรชุมชน (คณะกรรมการการศึกษา) ต่อการพัฒนาคุณภาพการประถมศึกษา : รายงานฉบับสมบูรณ์. เอช-เอน การพิมพ์, 2531.
- ประจักษ์ วิเชียรศรี. การสังเคราะห์ปริญญานิพนธ์ทางวิทยาศาสตร์ศึกษา. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2535.
- ประดับ เรืองมัลย์. หลักการสอนและการเตรียมประสบการณ์ภาคปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : อักษรบัณฑิต, 2524.
- ประวิตร ชูศิลป์. หลักการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์แผนใหม่. กรุงเทพฯ : หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู, 2524.
- ประวิทย์ มาดีประเสริฐ. ปัญหาการใช้หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้นพุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ในโรงเรียนประถมศึกษาและโรงเรียนมัธยมศึกษาตามธรรมชาติของผู้บริหารวิชาการในเขตการศึกษา 6. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2536. อัดสำเนา
- ปราณี เปี่ยมคำ. บทบาทของครูประถมศึกษาในการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เขตการศึกษา 1. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537. อัดสำเนา.
- ปรีชา ทรฤทธิ์. การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนจากการสอนแบบสาธิตที่เสริมด้วยแบบฝึกหัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูของ สสวท. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2529. อัดสำเนา.
- ปรีชา วงศ์ชูศิริ. “การจัดลำดับเนื้อหาและประสบการณ์,” ใน การสอนวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 1-7. หน้า 241-286. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ยูไนเต็ดโปรดักชั่น, 2526.
- ปรีชา อมาตยกุล. มิติใหม่ในการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2528.
- “สอนวิทยาศาสตร์ด้วยการสร้างบรรยากาศทางวิทยาศาสตร์,” วิทยาศาสตร์. 38 ; มีนาคม 2528.

- ผกา แสงสุวรรณ. การมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน, 2534.
- ผดุงยศ ดวงมาลา. การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. สงขลา : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ม.ป.ป.
- ผ่องศรี หมิ่นจำเริญ. การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นเพื่อปลูกฝังค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมแก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนท่ามะกาปัญญสิริวิทยา จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535. อัดสำเนา.
- ผุสดี ตามไท. “โฉมใหม่ของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา,” สสวท. 16(1) : 6-9 ; มกราคม-มีนาคม 2531.
- พงษ์ หาญยุทธนากร. “ปัญหาในการสอนเรื่องกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและกลไกการหายใจระดับเซลล์,” สสวท. 23(91) : 31 ; ตุลาคม-ธันวาคม 2538.
- พจน์ สะเพียรชัย. “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับการพัฒนาประเทศ,” วิทยาศาสตร์ มศว. 4(2) ; ธันวาคม 2531.
- _____. “วิทยาศาสตร์-สังคม. . . จุดลงตัวของสองศาสตร์,” มติชน. สิงหาคม 2536. หน้า 26.
- พจมาลย์ เฟื่องปาน. การวิเคราะห์การจัดวิชาเลือกเสรีตามหลักสูตรมัธยมศึกษา (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 1. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535. อัดสำเนา.
- พนม พงษ์ไพบูลย์. “ศร. ปกป้องหลักสูตรดีแล้ว แฉสอบเอนซ์ทำระบบป่วน,” สยามโพสต์. 18 พฤศจิกายน 2536. หน้า 7.
- พนัส วิกตายน. พัฒนาการของการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2521. อัดสำเนา.
- พศิน แดงจวง. เอกสารคำสอนจิตวิทยาประยุกต์ในการศึกษานอกระบบ. เชียงใหม่ : ภาควิชาส่งเสริมการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2537.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2530.
- พะนอม แก้วกำเนิด. “หลักสูตรมัธยมศึกษา,” ใน รายงานการสัมมนาระดับชาติ ณ โรงแรมเอเซียพัทยา วันที่ 3-7 สิงหาคม 2530. หน้า 19-20. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2531.
- พัชนี บุระพันธ์. การศึกษาการปรับหลักสูตรให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 11. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538. อัดสำเนา.

พิจิตต รัตตกุล. “ยืนยันหลักสูตรในอนาคต คอมพิวเตอร์ต้องมีบทบาทแน่นอน,” เดลินิวส์. 13 สิงหาคม 2530. หน้า 6.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. “วัตถุประสงค์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์,” ใน การสอนวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 1-7. หน้า 191-239. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ยูไนเตคโปรดัคชั่น, 2526.

_____. ความสัมพันธ์ระหว่างกลวิธีสอน คุณภาพของกลวิธีสอน เวลาที่ใช้ในการเรียน กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ค.ด. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530. อัดสำเนา.

พิทักษ์ รัชพงษ์เดช. “การศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์กับการพัฒนาประเทศ,” ใน ประมวลบทความทางวิทยาศาสตร์ศึกษา. กรุงเทพฯ : สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2525.

_____. ปรัชญาการศึกษาเชิงวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2530.

พิศาล มูลศาสตร์สาทร. “เทคโนโลยีชีวภาพกับความหลากหลายทางชีวภาพ,” ใน กำหนดการและบทคัดย่อประจำปี. กรุงเทพฯ : ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพ, 2537.

พิศาล สร้อยธุหร่า. ผลการวิจัยและประเมินหลักสูตรและการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาของไทยเมื่อศึกษาโดยใช้เครื่องมือระดับนานาชาติ. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2532. อัดสำเนา.

พิรศักดิ์ วรสุนทรโรสด. “ศักยภาพผลิตวิศวกรไทยกับอนาคตของชาติ,” มติชน. 5 มิถุนายน 2531.

ไพฑูรย์ สีนลารัตน์. “ทิศทางของหลักสูตร-การศึกษาไทยถึงเวลาของหลักสูตรเชิงรุก,” ใน ประมวลบทความหลักสูตรสาระร่วมสมัย. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

ภพ เลหาไพบูลย์. การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา. เชียงใหม่ : โรงพิมพ์เชียงใหม่คอมเมอร์เชียล, 2534.

ภัทรา ไชยเวช. วิธีสอนวิทยาศาสตร์ (เคมี). ชลบุรี : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน, ม.ป.ป.

ภัทรา นิคมานนท์. การประเมินผลและการสร้างแบบทดสอบ. กรุงเทพฯ : บริษัท อักษราพิพัฒน์ จำกัด, 2532.

ภิญโญ สาร. “หลักสูตรมัธยมศึกษา,” ใน รายงานการสัมมนาระดับชาติ ณ โรงแรมเอเชีย พัทยา วันที่ 3-7 สิงหาคม 2530. หน้า 12. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ, 2531.

มนตรี จุฬารัตนทล. “นโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของรัฐบาล,” วิทยาศาสตร์.

51(1) : 9 ; มกราคม-กุมภาพันธ์ 2540.

มะลิวรรณ วีระจิตต์. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เคยเรียนโดยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้สถานการณ์ประกอบการอภิปรายระหว่างนักเรียนกับนักเรียนและการสอนตามคู่มือครูของ สสวท. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2533. อัดสำเนา.

มังกร ทองสุกดี. การวางแผนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย, 2522.

..... : “ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์,” วิทยาศาสตร์. 36 ; สิงหาคม 2525.

..... : รายงานการวิจัย เรื่อง ปัญหาและความต้องการในการรับบริการเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของครูในจังหวัดพิษณุโลกและสุโขทัย. พิษณุโลก : วิทยาลัยพิษณุโลกสงคราม, 2527.

..... : “บทบาทของครูกับความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.” สสวท. 17 : 2-8 ; เมษายน-มิถุนายน 2532.

มันทนา จงสุขสันติกุล. ปัญหาของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนรัฐบาลในเขตกรุงเทพมหานคร. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2524. อัดสำเนา.

มาเรียม นิลพันธ์. การพัฒนาหลักสูตรการวิจัยวัฒนธรรม. กรุงเทพฯ : ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2536. อัดสำเนา.

มานิช วาตะพุกกณะ. สัมฤทธิ์ผลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (ม.2) โรงเรียนบุญวัฒนา นครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2523. อัดสำเนา.

บงยุทธ ยุทธวงศ์. “หลักสูตรมัธยมศึกษา,” ใน รายงานการสัมมนาระดับชาติ ณ โรงแรมเอเชีย พัทยา วันที่ 3-7 สิงหาคม 2530. หน้า 58-59. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ, 2531.

..... : “สมรรถภาพทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทยกับการเป็นประเทศอุตสาหกรรมใหญ่,” ใน หากไทยเป็น NIC : คนไทยจะได้อะไร เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ ครั้งที่ 12 ประจำปีการศึกษา 2531. คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 13-14 กุมภาพันธ์ 2532.

- ยงยุทธ ยุทธวงศ์. “วิสัยทัศน์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยรวม : ปัจจัยของการสร้างสังคมอนาคต,” ใน วิทยาศาสตร์พหุชาติก้าวไกล. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2539.
- ยงยุทธ สายคง. การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมแบบกำหนดแนวทางและแบบไม่กำหนดแนวทาง. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2527. อัดสำเนา.
- ยุพา ดันติเจริญ. “โครงการพัฒนาเจตคติที่ดีในการเรียนวิทยาศาสตร์ของเด็กไทย,” วิทยาศาสตร์. 42(2) : 91 - 97 ; 2531.
- _____. “หลักสูตรมัธยมศึกษา,” ใน รายงานการสัมมนาระดับชาติ ณ โรงแรมเอเชียพัทยา วันที่ 3-7 สิงหาคม 2530. หน้า 86-88. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ, 2531.
- ยุพา วีระไวทยะ. “การสอนแบบสืบเสาะเชิงวิทยาศาสตร์,” ใน เอกสารประกอบการสอนวิชา กศ.วท. 522 ทฤษฎี และวิธีการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2531.
- ยุพา อุดมศักดิ์. “หลักสูตรมัธยมศึกษา,” ใน รายงานการสัมมนาระดับชาติ ณ โรงแรมเอเชียพัทยา วันที่ 3-7 สิงหาคม 2530. หน้า 18-19. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ, 2531.
- รัชนี บุญเรือง. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติและการประยุกต์กิจกรรมกลุ่มควบคุมคุณภาพกับการสอนตามคู่มือครูของ สสวท. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2535. อัดสำเนา.
- ราเมศ เสียบสื่อตระกูล. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดชัยนาท ที่มีพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ต่างกันโดยพิจารณาหาแนวโน้มปัญหาเป็นองค์ประกอบร่วม. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2530. อัดสำเนา.
- ราชบัณฑิตยสถาน. พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์, 2531.
- ลัดดาวัลย์ กันทะสุวรรณ. “วิทยาศาสตร์-สังคม จุดลงตัวของสองศาสตร์,” มติชน. 26 สิงหาคม 2536. หน้า 26.
- วนา ชลประเวศ. การศึกษาเปรียบเทียบวิธีสอนแบบใช้เกมกับวิธีสอนแบบปฏิบัติการทดลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526. อัดสำเนา.

วรรณทิพา รอดแรงคำ. เอกสารประกอบการบรรยายวิชาการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์.

กรุงเทพฯ : ภาควิชาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2530.
อัสสำเนา.

วรวิมล จุฬาลักษณ์นกุล. "เทคโนโลยีชีวภาพของพืช," วิทยาศาสตร์. 51(5) : ;
กันยายน - ตุลาคม 2540.

วรภรณ์ กุศลมน. การนำความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันตามการรับรู้ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในพื้นที่การพัฒนาชายฝั่งทะเลตะวันออก.

วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534. อัสสำเนา.

วรวิมล ครุสง. เทคโนโลยีชีวภาพ. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2529.

วิจิตร ไชยศิลป์. การสำรวจการพัฒนาหลักสูตรระดับท้องถิ่นตามหลักสูตรประถมศึกษา
พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ของครูในโรงเรียนประถมศึกษา
สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดน่าน. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ :
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537. อัสสำเนา.

วิชาการ, กรม. คู่มือการประเมินผลการเรียนตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช
2524. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา, 2523.

_____ คู่มือบริหารการใช้หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524.
กรุงเทพฯ : กระทรวงศึกษาธิการ, 2524.

_____ รายงานการสัมมนาระดับชาติ เรื่อง หลักสูตรมัธยมศึกษา ณ โรงแรมเอเชีย
พัทยา วันที่ 3-7 สิงหาคม 2530. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ,
2531.

_____ "การวิจัยสังเคราะห์กระบวนการพัฒนาหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย
พุทธศักราช 2524(ฉบับสมบูรณ์)," ใน รายงานการวิจัยของโครงการจัดปัจจัย
ด้านความพร้อมของหลักสูตร. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2532.

_____ คู่มือการใช้หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ :
กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2533.

_____ คู่มือการพัฒนาหลักสูตรตามความต้องการของท้องถิ่น. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์
คุรุสภา, 2535

_____ ภาพรวมการใช้หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย (ฉบับปรับปรุง
พ.ศ. 2533). กรุงเทพฯ : กองวิจัยทางการศึกษา, กรมวิชาการ กระทรวง
ศึกษาธิการ, 2535.

_____ รายงานการวิจัยการจัดการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและอาชีวศึกษา
ของไทยในทศวรรษหน้า ที่สอดคล้องกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางสังคม.
กรุงเทพฯ : กองวิจัยทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2535.

- วิชาการ กรม รายงานการวิจัยเรื่องภาพรวมการใช้หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) กรุงเทพฯ : กองวิจัยทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2535
- รายงานผลการประเมินการใช้หลักสูตรปีการศึกษา 2533 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2535.
- หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) (พิมพ์ครั้งที่ 2) กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา, 2535.
- การประเมินผลการใช้หลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ. 2521 (ฉบับปรับปรุง 2533) และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533). กรุงเทพฯ : ศูนย์พัฒนาหลักสูตร กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2538.
- วิชาการเกษตร, กรม. “เทคโนโลยีชีวภาพปัจจุบันและอนาคต,” ใน รายงานการสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ : ปัจจุบันและอนาคต (15-16 พฤศจิกายน 2527). กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร, 2530.
- วิชัย ดิสสระ. การพัฒนาหลักสูตรและการสอน. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2535.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. พัฒนาหลักสูตรและการสอน-มิติใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2525.
- การพัฒนาหลักสูตรครบวงจร. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2535.
- กระบวนการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน : ภาคปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2537.
- วิจิต สุรัตน์เรืองชัย. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมความรู้เกี่ยวกับการป้องกันและควบคุมโรคเอดส์สำหรับครูประถมศึกษา. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2534.
- วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, กระทรวง. การประชุมวิชาการประจำปี เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อสิ่งแวดล้อม (21 มิถุนายน 2534). กรุงเทพฯ : ศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, 2534.
- โครงการแห่งชาติ : เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุกรรม, เทคโนโลยีโลหะวัสดุ, เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, 2532.

- วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, กระทรวง. รายงานการสำรวจและศึกษาสถานภาพทางเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์, ภาค 2 : คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการพลังงาน, 2531.
- วินัย วีระวัฒนานนท์. สิ่งแวดล้อมและการพัฒนา. กรุงเทพฯ : บริษัทส่องสยามจำกัด, 2537.
- วิมลรัตน์ คงภิรมย์ชื่น. การศึกษาผลการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้เกมกับแบบฝึกทักษะ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2530. อัดสำเนา.
- _____. "วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อปวงชน," ข่าว สสวท. 2 ; มกราคม-มีนาคม 2527.
- วิบุตย์ วิเชียรโชติ. จิตวิทยาการเรียนการสอนแบบสืบสวนสอบสวน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2521. (อัดสำเนา)
- วีระชาติ สวนไพรินทร์. การสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.
- ศรีวรรณ เดชอุดม. การเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัชรวิทยา จ.กำแพงเพชร. วิทยานิพนธ์ ศศ.บ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2528. อัดสำเนา.
- ศิริ ชามสุโพธิ์. เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตในท้องถิ่น. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ยูไนเต็การพิมพ์, 2536.
- ศิริพจน์ ผลสินธุ์. ศัพท์และอภิธานศัพท์ทางชีววิทยา. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, 2536.
- ศิริพร บุญญานันต์. "การวิจัยหลักสูตร," วิธีวิทยาการวิจัย. 1 : 5-17 ; กันยายน-ธันวาคม 2529.
- ศรีลักษณ์ มาโกมล. ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนปฏิบัติการวิชาเคมีจากแบบสอบภาคปฏิบัติกับแบบสอบข้อเขียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530. อัดสำเนา.
- ศึกษาธิการ, กระทรวง. รายงานการตรวจสอบคุณภาพการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายปีการศึกษา 2530. กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2531.
- ศึกษาธิการเขต, สำนักงาน. แนวการจัดทำแผนการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น. ลพบุรี : ฝ่ายพัฒนาการศึกษา สำนักงานศึกษาธิการเขต เขตการศึกษา 6, 2536.

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. “สถานภาพปัจจุบันของเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเลในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้,” ข่าวเทคโนโลยีชีวภาพ, 1(2) : 5 ; พฤศจิกายน 2538.

สงบ ลักษณะ. จากหลักสูตรสู่แผนการสอน. กรุงเทพฯ : ครูสภา, 2534.

สัจด์ อุทรานนท์. การจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., 2525.

_____. พื้นฐานและหลักการพัฒนาหลักสูตร. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์วังเดือนการพิมพ์, 2527.

_____. พื้นฐานและการพัฒนาหลักสูตร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : เซ็นเตอร์พับบลิเคชั่น, 2528.

สัจด์ อุทรานนท์. ทฤษฎีหลักสูตร. กรุงเทพฯ : ภาควิชาบริหารการศึกษา, คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคำถามที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2524. อัดสำเนา.

_____. เอกสารแนะนำการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533). กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2533. อัดสำเนา.

_____. แนวการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2537.

_____. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : กระทรวงศึกษาธิการ, 2537.

_____. “แนวคิดในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน,” ใน เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการเพื่อเตรียมวิทยากรแกนนำ. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2538.

_____. “สภาพของสังคมที่เปลี่ยนแปลงและผลกระทบต่อการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี,” ใน รายงานการดำเนินงานประจำปีงบประมาณ 2534. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2534.

_____. “การวัดและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์” ใน เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการเพื่อเตรียมวิทยากรแกนนำ. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ, 2538.

สมคิด เมตไตรพันธ์. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเสริมสร้างสมรรถภาพการทำงานเป็นกลุ่มสำหรับผู้นำท้องถิ่นระดับหมู่บ้านในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ ค.ด. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530. อัดสำเนา.

- สมชาย ชูชาติ. “จิตวิทยาการสอน,” ใน เอกสารคำสอนวิชา ศษ 361 วิธีสอนทั่วไป.
 กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ม.ป.ป.
- สมบุรณ์ ดันยะ. การพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมเพื่อสร้างเสริมสมรรถภาพด้านการสอนของ
 ครูประจำการระดับประถมศึกษา. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย
 ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2524. อัดสำเนา.
- สมพงษ์ สิงหะพล. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบภาคสนาม สำหรับวิชา
 หลักการสอน. วิทยานิพนธ์ ค.ด. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.
 อัดสำเนา.
- สมสุข ชีระพิจิตร. “การสอนวิทยาศาสตร์แบบสาธิตและแบบทดลอง,” ใน การสอนวิทยา
 ศาสตร์ หน่วยที่ 8-15. หน้า 1-39. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ :
 โรงพิมพ์ยูไนเต็๊ดโปรดักชั่น, 2526.
- สมสุข ชีระพิจิตร. “การสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวนและแบบค้นพบ,” ใน การสอน
 วิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 8-15. หน้า 41-75. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
 กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ยูไนเต็๊ดโปรดักชั่น, 2526.
- สมหวัง พิธิยานุวัฒน์. การประเมินโครงการประชุม : หลักการและการประยุกต์ใช้.
 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2524.
- สรรพค์ วรอินทร์. การพัฒนาชุดการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาระดับความสามารถทางเศรษฐกิจของ
 เยาวชนนอกโรงเรียน. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทร
 วิโรฒ ประสานมิตร, 2529. อัดสำเนา.
- สันต์ ธรรมบำรุง. หลักสูตรและการบริหารหลักสูตร. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา, 2527.
- สาขาวิจัยและประเมินผล. “แนวโน้มของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
 สายสามัญใน 10 ปี ข้างหน้า,” 20ปี สสวท. 10 -11 : ธันวาคม 2535.
- สามัญศึกษา, กรม. คู่มือการจัดทำรายวิชาอาชีพท้องถิ่น. กรุงเทพฯ : หน่วยศึกษานิเทศก์
 กรมสามัญศึกษา, กระทรวงศึกษาธิการ, 2534.
- _____ . จำนวนห้องเรียน นักเรียน ครู และการโรง โรงเรียนมัธยมศึกษา ปีการศึกษา 2536.
 กรุงเทพฯ : กองแผนงาน กรมสามัญศึกษา, 2537. อัดสำเนา.
- _____ . แนวการใช้หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.
 2533) ตามคำสั่งกระทรวงศึกษาธิการ ที่ วก. 486/2539 ลงวันที่ 29 พฤษภาคม
 พ.ศ. 2539. กรุงเทพฯ : หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ,
 2539.
- สามัญศึกษาจังหวัดปราจีนบุรี, สำนักงาน. ข้อมูลสารสนเทศโรงเรียนกรมสามัญศึกษาจังหวัด
 ปราจีนบุรี. ปราจีนบุรี : ฝ่ายพัฒนาวิชาการ สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดปราจีนบุรี,
 2539. อัดสำเนา.

- สายันต์ ทองตัน. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแนวการคิดตอบปัญหาในวิชา
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
ที่จัดกิจกรรมแบบไม่กำหนดแนวทางและแบบกำหนดแนวทาง.
ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ,
2532. อัดสำเนา.
- ศิลปพนธ์ เกตุทัต. “การศึกษาไทยในยุคโลกาภิวัตน์ : เสริมสร้างสมรรถนะไทยในประชาคม
โลก : ก้าวมัน ทันโลก,” ใน เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง ยุทธวิธีในการจัด
การศึกษาเพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ณ โรงแรมสยามเบเวอรี่
30-31 พฤษภาคม 2538. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี, 2538.
- _____ “หลักสูตรมัธยมศึกษา,” ใน รายงานการสัมมนาระดับชาติ ณ โรงแรมเอเชียพญา
วันที่ 3-7 สิงหาคม 2530. หน้า 15-16. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ กระทรวง
ศึกษาธิการ, 2531.
- _____ “ความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อสังคมไทยในปัจจุบันและ
อนาคต,” วิชาการ-อุดมศึกษา 3(1) : 8-64 ; กันยายน-ธันวาคม 2536.
- สิรินทร สุนทราภิวัดน์. ปัญหาการประเมินผลการเรียนการสอนของครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน
มัธยมศึกษาตอนปลายในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ :
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526. อัดสำเนา.
- สุโขทัยธรรมาธิราช, มหาวิทยาลัย. เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์.
กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ยูไนเต็โปรดักชั่น, 2526.
- _____ เอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาศาสตร์ 3. กรุงเทพฯ : นำกัการพิมพ์, 2529.
- _____ การพัฒนาหลักสูตรและวิทยวิธีทางการสอน : (หน่วยที่ 1-2) กรุงเทพฯ :
ยูไนเต็โปรดักชั่น, 2536.
- _____ “การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น : ความหลากหลายทางวัฒนธรรม สังคมและเศรษฐกิจ,”
ใน เอกสารประกอบการสอน เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรและวิทยวิธีทางการสอน,
หน่วยที่ 3-7. กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2537.
- สุจรีต เพียรชอบ. “องค์ประกอบการเรียนการสอน,” ใน การประชุมปฏิบัติการภาคการจัด
การเรียนการสอนสำหรับอาจารย์ใหม่ : กรุงเทพฯ : หน่วยพัฒนาคณาจารย์
ฝ่ายวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.
- สุจินต์ วิศวธีรานนท์. “ระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์,” ใน การสอนวิทยาศาสตร์ หน่วย
ที่ 1-7. หน้า 87-127. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์
ยูไนเต็โปรดักชั่น, 2526.

- สุชาติ ลีตระกูล. การพัฒนาหลักสูตรสำหรับลูกกรรมกรก่อสร้างก่อนวัยเรียนในเขต กรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ : ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2532. อัดสำเนา.
- สุชาติ วงศ์สุวรรณ. “ท้องถิ่นกับการพัฒนาหลักสูตร,” สารพัฒนาหลักสูตร. 14(119) : 21 ; ตุลาคม-ธันวาคม 2537.
- สุดา ศิริกุลวัฒนา. “บทบรรณาธิการ,” เทคโนโลยี. 14(3) : ไม่มีเลขหน้า ; กันยายน 2536.
- สุเทพ อูสาหะ. การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. มหาสารคาม : สหบัณฑิต, 2526.
- สุทธิ ประศาสน์เศรษฐ. “แนวความคิดประเด็นปัญหาและแรงผลักดันระหว่างประเทศเกี่ยวกับระบบทรัพยากรพลังงาน,” เศรษฐศาสตร์ธรรมศาสตร์. 5(3) ; กันยายน 2530.
- สุนันท์ สังข์อ่อง และบริบูรณ์สุข บัญชรเวกุล. เอกสารประกอบการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2525.
- สุนันทา นาคีรักษ์. การจัดหลักสูตรกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ในส่วนที่เกี่ยวข้องสิ่งแวดล้อมศึกษาในโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดราชบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญา ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537. อัดสำเนา.
- สุนีย์ ขวัญศิริ. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการนำเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยมีการใช้เกมแบบฝึกตามเทคนิคการวิจัยกับการสอนตามคู่มือครู. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2536. อัดสำเนา.
- สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. เอกสารประกอบการสอนการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2537.
- สุประดิษฐ์ สิบรัตน์สกุล. “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีปัจจัยหลักในปัจจุบันและอนาคต,” คุรุปริทัศน์. 12 : 46 - 51 ; กรกฎาคม 2530.
- สุปราณี ผลชีวิน. อาหาร เชื้อเพลิง และปุ๋ยจากวัสดุเหลือใช้ประเภทอินทรีย์สาร. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2532.
- สมน อมรวิวัฒน์. “การพัฒนาศักยภาพและกระบวนการเรียนรู้สำหรับอนาคต,” การศึกษาแห่งชาติ. 22(4) ; เมษายน-พฤษภาคม 2530.
- สมิตร คุณานุกร. หลักสูตรและการสอน. กรุงเทพฯ : ชวนการพิมพ์, 2523.
- สุเกียรติ์ เสถียรไทย. “ปัญหากฎหมายลิขสิทธิ์ไทย-สหรัฐอเมริกา : ข้อคิดสำหรับประเทศไทย,” เศรษฐศาสตร์ธรรมศาสตร์. 5(3) ; กันยายน 2530.

- สุรเชษฐ์ เวชพิทักษ์. รากฐานแห่งชีวิต : วัฒนธรรมชนบทกับการพัฒนา. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์หมู่บ้าน, 2533.
- สุรียา เหมตะศิลป. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพในการพัฒนาหลักสูตรแบบมีพื้นฐานมาจากระดับโรงเรียน สำหรับครูโรงเรียนมัธยมศึกษา. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2537. อัดสำเนา.
- สุริมาศ ธนพุดิตต์. ปัญหาการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นตามแนว สสวท. ของครูโรงเรียนราษฎร์ในเขตการศึกษา 12. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2524. อัดสำเนา.
- สุพร เข้มเฮง. “การพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา จาก 2515-2535,” ใน เอกสาร 20 ปีสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. หน้า 85-91. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2535.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 2. กรุงเทพฯ : เจเนอรัลบุ๊คส์ เซนเตอร์, 2531.
- เสารัตน์ ภัทรจิตินันท์. “ครูวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพยุคโลกาภิวัตน์,” ครูวิทยาศาสตร์. 3(1) : 52 ; มกราคม-มิถุนายน 2538.
- เสริมพล รัตนสุข. วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีกับการพัฒนาประเทศ. กรุงเทพฯ : สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม (ATA), 2526.
- เสริมศรี ไชยศร. ระบบหลักสูตรการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่ : พระสิงห์การพิมพ์, 2528.
- สำเริง บุญเรืองรัตน์. เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรพหุคูณ. กรุงเทพฯ : วิกตอรีเพาเวอร์พอยท์ จำกัด, 2526.
- อนันต์ จันทรกวี. ผลการใช้คำถามของครูที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ และทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และนักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 2. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2523. อัดสำเนา.
- อนันต์ ศรีโสภ. การวัดผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ. 2525.
- อมร รักษาสัตย์. “ทิศทางการจัดการศึกษาในทศวรรษหน้า : ปรัชญา สารและการจัดการ,” ใน เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการระดับชาติเนื่องในวันครูแห่งโลก 6 ตุลาคม 2537. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2537.
- อรพร ยามโสภ. สภาพและปัญหาการใช้หลักสูตรประถมศึกษา ในส่วนที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมศึกษาในโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531. อัดสำเนา

- อภิชัย พันธเสนและคณะ. การเตรียมอุดมศึกษาเพื่อการเปลี่ยนแปลงไปสู่สังคมที่พึงปรารถนา.
กรุงเทพฯ : สถาบันทรัพยากรมนุษย์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2532.
- อภิรดี สุวีรานนท์. การศึกษาผลการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินุญานิพนธ์ กศ.ม.
กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2532. อัดสำเนา.
- อรุณ รัชตะนาวิน. “วิทยาศาสตร์กับสังคม,” ใน 50 ปี วิทยาศาสตร์บัณฑิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2476-2507. บรรณาธิการโดย ศักดา ศิริพันธ์. กรุงเทพฯ :
ด่วนสิทธิการพิมพ์, 2527.
- อุษณี วิเศษพานิช. ผลของจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์. ปรินุญานิพนธ์ ค.ม.
กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2524. อัดสำเนา.
- อัฒนา เวสวัธ. การหาความจำเป็นและการพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรม. กรุงเทพฯ :
สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน, 2526.
- อารายา แสงไชย. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะโดยจัดกิจกรรมทดลองแบบกำหนดแนวทางและไม่กำหนดแนวทาง.
วิทยานิพนธ์ กศ.ด. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร,
2537. อัดสำเนา.
- อารี ภูสุวรรณ. “แนวการสอนเพื่อพัฒนาความคิด,” สารพัฒนาหลักสูตร. 14(121) : 8 ;
เมษายน - มิถุนายน 2538.
- อารีรัตน์ วัฒนสิน. “บทบาทครูวิทยาศาสตร์กับการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น,” ใน เอกสารประกอบการบรรยายในการสัมมนา เรื่อง บทบาทครูวิทยาศาสตร์กับการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น. กรุงเทพฯ : ศูนย์พัฒนาหลักสูตร, 2534. อัดสำเนา.
- อุบล เลี้ยววาริน. ความคิดเห็นของครูและนักเรียนเกี่ยวกับหลักสูตรชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524. อัดสำเนา.
- เอกชัย เอื้อเฟื้อ. การพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะด้านความเป็นผู้นำและด้านการทำงานเป็นกลุ่มสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยรามคำแหง.
ปรินุญานิพนธ์ กศ.ด. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร,
2537. อัดสำเนา.
- เอกวิทย์ ณ ถลาง. “หลักสูตรมัธยมศึกษา,” ใน รายงานการสัมมนาระดับชาติ. 20-22 ;
กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ, 2530.
- _____. “ข้อคิดหลักสูตร,” ใน คู่มือนิเทศการศึกษา. หน้า 108. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูสวนสุนันทา, 2521.

- เอนก เพียรอนุกุลบุตร. การวัดและประเมินผลทางการศึกษา. กรุงเทพฯ :
ภาควิชาวัดผล มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2524.
- อุษณีย์ วิเศษพานิช. ผลของจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะการใช้
อุปกรณ์วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ ค.ม.
กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524. อัดสำเนา
- อำนวย สินธุโคตร. การศึกษาปัญหาการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัด
โรงเรียนรัฐบาล เขตการศึกษา 10 ปีการศึกษา 2525. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.
มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม , 2526. อัดสำเนา.
- Anderson, J.R. Cognitive Psychology and Its Implications. New York : W.H. Freeman
and company, 1990.
- Anderson, Lorin. "The Relationship Among Teaching Methods, Student Characteristics,
and Student Involvement in Learning," Journal of Teacher Education. 29 : 52-
57 ; May-June 1978.
- Anderson, Roger O. The Experience of Science : A New Perspective for Laboratory
Teaching. New York : Teacher College Press, Columbia University, 1976.
- APCTT (Asian and Pacific Center for Transfer of Technology). A Framework for
Technology for Development. Vol 1-6, UN-ESCAP, India, 1987.
- APEID. Social Change and Training of Educational Personnel : Report of a Regional
Design Meeting. Bangkok : Regional Office for Education in Asia and the
Pacific, 1982.
- Australian Science Education Project. "Inquiry Approach in a Guide to ASEP," Australian
Science Education Project. 1974.
- Baker, Jeffery M., Guy A. Cale Well and Eve Ann Zachgo. Biotechnology : A
Laboratory Course. San Diego : Academic Press, 1990.
- Bloom, Benjamin S. Taxonomy of Educational Objectives Handbook 1 : Cognitive
Domain. New York : David McKay Company, Inc., 1956.
- _____. Human Characteristics and School Learning. New York : McGraw-Hill Book
Company, 1976.
- Bloom, Benjamin S. "The New Direction in Educational Research : Alterable Variable,"
Phi Delta Kappan. 61 : 382-385 ; February 1980.
- _____. Human Characteristics and School Learning. 2nd ed. New York : McGraw-
Hill Book Company, 1982.

- Bloom, Benjamin S., Taxonomy of Educational Objectives Book 1 : Cognitive Domain. 25th ed. New York : Longman, 1982.
- _____. Hastings, Thomas J. and Madaus George F. Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning. New York : McGraw-Hill Book Company, 1971.
- Bruner, J.S. The Process of Education. Cambridge : Harvard University Press, 1960.
- _____. Studies in Cognitive Growth : A Collaboration at the Center for Cognitive Studies. New York : John Willy and Son, 1966.
- Buggy, Lesley J. "A Study of the Relationship of Classroom Questions and Societies on Achievement of Second Grade Children," Dissertation Abstracts International. 32 : 2443-A ; November 1971.
- Bu'Lock, John. and Bjorn, Kristiansen. Basic Biotechnology. London : Academic Press, 1987.
- Carin and Sund. Teaching Modern Science. 3rd ed. Columbus : Charles E. Merrill Publishing Co., 1980.
- Creedy, John. A Laboratory Manual for Schools and Colleges. London : Hunemann Education Books, 1978.
- Croeome and others. Biotechnology of Plants and Microorganism. Columbus : Ohio State University Press, 1986.
- Cronbach, Lee J. Essentials of Psychological Testing. 3rd ed., New York : Harper and Row Publisher. Inc., 1970.
- De Cecco. The Psychology of Learning and Instruction : Educational Psychology. New Jersey : Prentice-Hall, Inc., 1968.
- Dembo, Myron H. Applying Educational Psychology in the Classroom. 3rd ed, London : Longman, 1981.
- Davis, J.O. "The Effects of Three Approaches to Science Instruction on the Science Achievement, Understanding, and Attitudes of Selected Fifth and Sixth Grade Students," Dissertation Abstract International. 39(1) : 211-A ; 1979.
- Eesenbury, Milton J. and Carl I, Hovland. Attitude Organization and Change. Yale University Press, 1963.
- El-Nemr, Medhat Abmed. "Meta-Analysis of the Outcomes of Teaching Biology as Inquiry," Dissertation Abstracts International. 40 : 5813-A ; May 1980.

- Emans, Robert L. Changing The Curriculum. London : University of London Press, 1966.
- Ferguson, George A. Statistical Analysis in Psychological and Education. 5th ed. Tokyo : McGraw-Hill Inc., 1981.
- Finch, Curtis R. and John R. Crunkilton. Curriculum Development in Vocational and Technical Education : Planning Content, and Implementation. 4th ed, Boston : Allyn and Bacon, 1993.
- Forster, Christopher F. and, John D.A., Wase. Environmental Biotechnology. Chichester : Ellis Horwood, 1987.
- Gagne', R.M. "Contributions of Learning to Human Development," Psychological Review. 177-191 ; 1968.
- _____. The Conditions of Learning. 2nd ed. New York : Rinehart and Winston, 1970.
- _____. The Conditions of Learning. 3rd ed. New York : Holt, Rinehart and Winston, 1977.
- _____. The Conditions of Learning and Theory of Instruction. 4th ed. New York : Holt, Rinehart and Winston, 1985.
- Gagne', R.M., L.J. Briggs and W.W. Wager. Principles of Instructional Design. 3rd ed. New York : Holt, Rinehart and Winston, 1988.
- Goel, Ved Parkash. ' The Effect of Preinstructional Disclosure of Laboratory Behavioral Objectives on Student Aquisition of Psychomotor and Related Cognitive Skills Among High School Physics Students, Dissertation Abstrats International. 42 ; 646-A ; 1981.
- Good, Carter V. Dictionary of Education. 3rd ed. New York : McGraw-Hill Book Company, 1973.
- Goodlad R.E. and W.B. Richter. Planning Curriculum for Schools. New York : Holt and Winston, 1966.
- Helseth, E.A., Jr. "The Relationship Among Process Skills Instruction, Achievement, Formal Operational Thinking Ability, Integrated Science Process Skill Ability, Academic Aptitude, Perceived Focus of Control and Achievement Motivation for Nonscience Majors Enrolled in a College Biology Course," Dissertation Abstracts International. 45 : 482-A - 483-A ; August 1984.

- Higgins, I.J., D.J. Best and J. J. Reper. Biotechnology : Principles and Applications. Oxford : Black Well Scientific, 1988.
- Hofstein, A. and V.N. Lunetta. "The Roles of the Laboratory in Science Teaching : Neglected Aspect of Research," Review of Educational Research. 52 : 201-221 ; February 1982.
- Hunt, D.M. and Others. Biotechnology in New Zealand. Wellington : DSIR Science Information Publishing Center, 1983.
- Ivins, J.E. "A Comparison of the Effects of Two Instructional Sequences Involving Science Laboratory Activities," Dissertation Abstracts International. 46 : 2254-A - 2255-A ; February 1986.
- Kapier, John D. and Riley, Joseph P. "Relationship Between Affective Determinants and Achievement in Science for Seventeen-Year Olds," Journal of Research in Science Teaching 22 : 365-383 ; 1985.
- Karplus, R. "Science Teaching and the Development of Reasoning," in Research in Science Teaching. 14 :169-175 ; 1977.
- Kerlinger, F.N. Foundation of Behavioral Research. New York : Holt, Rinehart and Winston, 1988.
- Kerr, John F. Changing the Curriculum. London : University of London Press, 1989.
- Kinney, A.B. The Development of a Biochemical Engineering Teaching Laboratory. Ann Arbor : Michigan State University, 1993.
- Klausmeier, H.J. Learning and Human Abilities : Educational Psychology. New York : Harper & Brothers, 1961.
- Klausmeier, H.J. and W. Goodwin. Learning and Human Abilities : Educational Psychology. 2nd ed. New York : Harper & Row Publishers, 1966.
- Klopfer, L.E. "Evaluation of Learning in Science," in Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning. New York : McGraw- Hill Book Co., 1971.
- Krathwohl, David R., B.S. Bloom and B.B. Masia. Taxonomy of Educational Objectives the Classification of Educational Goals Handbook II : Affective Domain. New York : David McKay Company, Inc., 1969.
- Kunnally, Jum C. Test and Measurements : Assessment and Prediction. New York : McGraw-Hill Book Co., 1959.

- Kolebas, Patricia. 'The Effect on the Intelligence, Reading, Mathematics and Interest in Science A Process, approach Since First Entering School," Dissertation Abstracts International. (32) : 4443-A ; February , 1972.
- Laskin, S.B. "The Effects of a Decision-Making Program on the Career Maturity of High School Students," Dissertation Abstracts International. 40 : 4412-A : January 1980.
- Lunetta, Vincent N., Hoftein A. and Gidding Geoffey. "Evaluating Science Laboratory Skills," The Science Teacher. 48 : 22-25 ; January 1981.
- Macneil, Richard D. "The Relationship of Cognitive Style and Instructional Style to the Learning Performance of Undergraduate Students," The Journal of Educational Research. 73 : 354-359 ; July-August 1980.
- Mckinney, J.D., P. Mason and M. Clifford. "Relationship Between Classroom Behavior and Academic Achievement," Journal of Educational Psychology. 67 : 198-203 ; April 1975.
- McMeen, Joy Lee Windle. "The Roles of the Chemistry Inquiry-Oriented Laboratory Approach in Facilitating Cognitive Growth and Development," Dissertation Abstracts International. 40(6) : 130A ; January 1983.
- McDonald, Frederic J. Educational Psychology. San Francisco : Woolworth Publishing Co.,Inc., 1959.
- Marek, J.V. "The Effectiveness of a Guided-Inquiry Discovery Approach in a Elementary School Science Curriculum," Dissertation Abstracts International. 39(7) : 4164-A ; January 1967.
- Melvin R. Allen. "Determining The Effectiveness of a Biotechnological Curriculum Modification to Biology Instruction," in Dissertation Abstracts. The University of Michigan, January 1994.
- Mitchell H.E. and R.D. Simpson. "Values and Occupational Preferences of Junior High School Girls," The Personal and Guidance Journal. 459-468 ; 1982.
- Mohammed Suliman Abdulrahman Al-Ruwahid. The Relationship Among Teacher Classroom Management Behavior, Student Engagement, and Student Achievement of Middle and High School Science Students of Varying Aptitude. Georgia : Department of Science Education University of Georgia, 1984.
- Negley, Foss L. and Deam Evants. Hand book for Effective Curriculum Development. Englewood Cliffs, New Jersey : Printice-Hall, 1967.

- Oliva, Peter F. Developing the Curriculum. 2nd ed. New York : Harpers Collins, 1988.
- _____. Developing the Curriculum. 3rd ed, New York : Harpers Collins, 1992.
- Okebulola, P.A. "Cooperative learning and Students' Attitudes to Laboratory Work," School Science and Mathematics. 86(7) : 582-589 ; Jyly 1985.
- Okebulola, P.A. and M.B. Ogunniyi. "Cooperative, Competitive and Individualistic Science Laboratory Interaction Effects on Students Achievement and Acquisition of Practical Skills," Journal of Research in Science Teaching. 21 : 875-884 ; September 1984.
- Pappelis, C.K., M.M. Pohimam and A.T. Pape His. "Can Instruction Improve Science Process Skills on Premedical and Predental Students," Journal of Research in Science Teaching. 13 : 307-311 ; April 1980.
- Parker, E.G. "The Relationship of Programmed Instruction to Test and Discussion Performance Among Beginning College Biology Students," Dissertation Abstracts International. 34 : 4914-A ; February 1974.
- Peterson, K.D. "Scientific Inquiry Training for High School Students," Journal of Research in Science Teaching. 15 :153 ; March 1978.
- Piaget, J. The origins of Intelligence in Children. 2nd ed. New York : International Universities Press, 1960.
- _____. "Intellectual Evolution from Adolescence to Adulthood," Human Development. 15 : 1-12 ; 1972.
- Posner, George J. Analyzing the Curriculum. New York : McGraw Hill, 1990.
- Raghubir, K.P. "The Laboratory Investigative Approach to Science Instruction," Journal of Research in Science Teaching. 16 : 13-17 ; January 1979.
- Regam, William B. and Gagne' D. Shephard. Modern Elementary Curriculum. New York : Holt and Winston, 1977.
- Richardson, John S. Science Teaching in Secondary School. New Jersey : Prentice-Hall Inc., 1957.
- Rokeach, Milton. Beliefs, Attitude and Values. San Francisco : Jossey Bass Inc., Publisher, 1970.
- Samrereng Boonruangrutana. A Model of School Effects. Doctor's Thesis. Illinois : University of Illinois at Urbana-Champaign, 1978.

- Sanyal, B.C. "-1. Future Needs in Higher Education With Special Reference to Developing Country," in a Paper Presented to the International Conference on New Concepts in Higher Education. Bangkok : 1988.
- Sasson, Albert. Biotechnology and Development. Paris : UNESCO, 1988.
- Saylor, G., W.M. Alexander and R.B. Levis. Curriculum Planing for The Better Teaching and Learning. New York : Holt Rinehart and Winston Inc, 1974.
- Saylor, G. and W.M. Alexander. Planning Curriculum for Schools. 3rd ed. New York : Holt Rinehart and Winston Inc., 1974.
- Schumacher E.F. Small is Beautiful : Economics as if People Mattered. New York : Perennial Library, 1975.
- Serlin, C.R. 1977. "The Effects of Discovery Laboratory on The Science Process, Problem-Solving and Creative Thinking Ability of Undergraduate," Dissertation Abstracts International. 37: 5729-A - 5730-A. ; March 1977.
- Shaw, Terry J. " The Effect of Problem Solving Training in Science Upon Utilisation of Problem Solving Skills in Science and Social Studies," Dissertation Abstracts International. 9(38) : 5227-a ; March 1978.
- Shepherd, G.D. Modern Elementary Curriculum. 7th ed. New York : Harcourt Barace Jovernovich, 1992.
- Shymansky, J.A. and C. Matthews. "A Comparative Laboratory Study of the Effects of Two Teaching Patterns on Certain Aspects of the Behavior of Students in Fifth Grade Science," Journal of Research in Science Teaching. 11 : 157-168 ; February 1974.
- Silver, S. Biotechnology : Potentials and Limitations. Berlin : Springer-Verlag, 1986.
- ✓ Smith, G.A. "The Effects of Various Teaching Strategies on the Cognitive Achievement of First Year Biology Students," Dissertation Abstracts International. 47: 2984-A. ; February 1987.
- Sund, R.B. and H.W. Trowbridge. Teaching Science by Inquiry in the Secondary School. Ohio : Charles E. Messill Publishing, 1974.
- ✓ Taba, H. Curriculum Development : Theory and Practice. New York : Brace and World, 1962.
- The American Association for the Advancement of Science. Science A Process Approach, Commentary for Teacher. Washington D.C. : AAAS, 1970.
- Toffler, Alvin. The Third Wave. New York : William Morrow, 1980.

Turmp, J. Lloyd and Delmss E. Miller. Secondary School Curriculum Improvement.

Boston : Allyn and Bacon, 1968.

Tyler, Raph W. Basic Principles of Curriculum and Instruction. Chicago : University of Chicago Press, 1950.

..... Basic Principles of Curriculum and Instruction. 2nd ed. Chicago : University of Chicago Press, 1962.

Vanek, E.A.P. "A Comparative Study of Selected Science Teaching Material (ESS) and a Textbook Approach on Classifying," Abstract International. 35 : 1522-A ; September 1974.

UNESCO. Teacher Training for Science and Technology Education Reform.

Bangkok : Principle Regional Office for Asia and the Pacific, 1991.

Weisz, Paul B. Science of Biology. 2nd ed. New York : McGraw-Hill, 1963.

William, D.R. Inquiry Techniques for Teaching Science. New Jersey : Prentice-Hall, 1974.

Wilson H. Jeffrey. "Evaluation of the Biotechnology in Agriculture Pilot Program in Oklahoma (Agriculture Curriculum)," in Dissertation Abstracts. Oklahoma : Oklahoma State University, 1994.

Wiseman, A. Principles of Biotechnology. New York : Chapman and Hall, 1983.

Yamane, Taro. Statistics : An Introductory Analysis. 2nd ed. New York : Harper and Row, 1967.

Zias, Robert S. Curriculum : Principles and Foundations. New York : Harper & Row, 1976.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อความสะดวกในการทำปริญญานิพนธ์

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรในครั้งนี้ ประกอบด้วย
ผู้เชี่ยวชาญสาขาต่างๆ ดังนี้

ด้านการพัฒนาหลักสูตร ได้แก่

ดร.ชูศักดิ์ ชัมภลขิต	บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
ดร.ปรีชาญ เดชศรี	หัวหน้าสาขาเคมี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.วิไลพร วรจิตรานนท์	หัวหน้าศึกษานิเทศก์ สาขาวิทยาศาสตร์ กรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 12

ด้านการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ได้แก่

ดร.ทวี หอมชม	รองอธิการบดี ฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยสยาม
ดร.วิชัย เทียนน้อย	อธิการบดี สถาบันราชภัฏธนบุรี
อาจารย์นันทยา บุญเคลือบ	รองผู้อำนวยการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์ชูศิลป์ อัดชู	หัวหน้าสาขาวิชาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.อุ้นเรือน ศิริวานิชกุล	หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นักวิทยาศาสตร์ศึกษา ได้แก่

อาจารย์สาลี ดังคจิวงกูร	หัวหน้าภาควิชาชีววิทยา สถาบันราชภัฏ พระนครศรีอยุธยา
อาจารย์คะเนศ วัฒนกุล	สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันราชภัฏ จันทรเกษม
อาจารย์สุนันท์ ศรีโสภา	อาจารย์ 3 ระดับ 8 สาขาชีววิทยา โรงเรียนปรางจินราชวราราม อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี

อาจารย์ชาติรี เกิดธรรม	อาจารย์ 3 ระดับ 8 สาขาชีววิทยา โรงเรียนพิเศษไชยชาญ “ตันติวิทยาภูมิ” อ.วิเศษชัยชาญ จ.อ่างทอง
อาจารย์บงอร สุราลัย	อาจารย์ 2 ระดับ 7 สาขาชีววิทยา โรงเรียนนครนายกวิทยาคม อ.เมือง จ.นครนายก
อาจารย์รุจี คล้ายพิมพ์	อาจารย์ 3 ระดับ 8 สาขาเคมี โรงเรียนชลบุรี “สุขบท” อ.เมือง จ.ชลบุรี

ด้านการวัดผลและประเมินผล ได้แก่

นายมานิต การเนตร	สำนักทดสอบและประเมินผลการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ
นายเอื้อ จานทอง	ศึกษานิเทศก์ ฝ่ายวัดผลการศึกษา สำนักงานเขตการศึกษา 12 กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ที่ ทบ 1007/ 1524



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

10 พฤษภาคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางเบรมจิตร บุญสาย เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
โดยขอใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

รศ.ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย

ประธาน

รศ.ดร.สมสรร วงษ์น้อย

กรรมการ

รศ.ดร.เสนาะ บุญมี

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ ดร.ปรีชา เดชศรี, อ.ชูศิลป์ อัดชู และ อ.สาส์
ดังกิจวางกุล เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/ 2539



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

10 พฤษภาคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิการบดีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางเบรมจิตร บุญสาย เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
โดยเข้ารับประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

รศ.ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย

ประธาน

รศ.ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย

กรรมการ

รศ.ดร.เสนาะ บุญมี

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตฯขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ ดร.อุ้นเรือน สิริวานิชกุล เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ
การวิจัย

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริยา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/ 1119



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๐ พฤษภาคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏจันทรเกษม

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางเปรมจิตร์ บุญสาย เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
โดยเข้ารับประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

รศ.ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญทิพย์

ประธาน

รศ.ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย

กรรมการ

รศ.ดร.เสนาะ บุญมี

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ อ.คะเนศ วัฒนะกุล เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ
การวิจัย

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/ 1113



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

พฤษภาคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวิเศษวิทยานุกูล "ตันติวิทยานุกูล"

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางเปรมจิตร์ บุญสาย เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

รศ.ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย

ประธาน

รศ.ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย

กรรมการ

รศ.ดร.เสนาะ บุญมี

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตฯขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ อ.ชาตรี เกิดธรรม เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ
การวิจัย

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ต่าง ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/ ๑๕๖



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๖ พฤษภาคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนนครนายกวิทยาคม

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางเบรมจิตร บุญสาย เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
โดยเข้าประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

รศ.ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย

ประธาน

รศ.ดร.สมสรร วงษ์อ่อนน้อย

กรรมการ

รศ.ดร.เสนาะ บุญมี

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตฯขอความอนุเคราะห์ คือ ขอทดลองสอนวิชาชีววิทยา กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 3 ห้องเรียน ในระหว่างเดือนมิถุนายน -
ตุลาคม 2539 เพื่อเป็นข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดฯให้แก่บัณฑิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/1119



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

16 พฤษภาคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนปรางจินดารามวรารุง

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางเปรมจิตร์ บุญสาย เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

รศ.ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย

ประธาน

รศ.ดร.สมสรร วงษ์อ่อน

กรรมการ

รศ.ดร.เสนาะ บุญมี

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตฯขอความอนุเคราะห์ คือ ขอทดลองสอนวิชาชีววิทยา กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 3 ห้องเรียน ในระหว่างเดือนมิถุนายน -
ตุลาคม 2539 เพื่อเป็นข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดคำนึงถึงนิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริยา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584-119

ที่ ทม 1007/ ๒๕๖๑



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๖ สิงหาคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางเบรมจิตร บุญสาย เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
โดยอาศัยประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความควบคุมดูแลของ

รศ.ดร.ฉันทาพงษ์ เจริญพิทย์

ประธาน

รศ.ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย

กรรมการ

รศ.ดร.เสนาะ บุญมี

กรรมการ

สิ่งที่กีดกั้นขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ อ.นันทิยา บุญเคลือบ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือ
การวิจัย

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ _____ บันทึกวิทยาลัย มศว ประสานมิตร โทร. 268
ที่ _____ ทม 1007/ 1817 วันที่ 11 สิงหาคม 2539
เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ _____

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

บันทึกวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางเปรมจิตร บุญสาย เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

รศ.ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย์	ประธาน
รศ.ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย	กรรมการ
รศ.ดร.เสนาะ บุญมี	กรรมการ

สิ่งที่นิสิตขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ รศ.สุมาลี เหลืองสกุล เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ
การวิจัย

บันทึกวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดประทานแก่นิสิตผู้นี้ด้วย

(นางสาวศิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ทม 1007/ ๑๙๖๖



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๖ สิงหาคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางเปรมจิตร บุญสาย เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
โดยอาศัยประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

รศ.ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย

ประธาน

รศ.ดร.สมสรร วงษ์อ่อนน้อย

กรรมการ

รศ.ดร.เสนาะ บุญมี

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ อ.สาส์ ดังคจิวงกุล เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ
การวิจัย

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดฯให้แก่บัณฑิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ปณิธิราชการแทนอธิการบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119



ที่ ทม 1007/ 3614

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๗ สิงหาคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน หัวหน้าหน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 12

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางเปรมจิตร์ บุญสาย เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ โดยเข้าประชุมจากสารเหลือทิ้ง

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

รศ.ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย์

ประธาน

รศ.ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย

กรรมการ

รศ.ดร.เสนาะ บุญมี

กรรมการ

สิ่งที่นิตดาครขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ ดร.วิลาพร วรจิตรานนท์ และ ดร.ธีรบุษ วิทยานันต์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(Signature)

(นางสาวศิริภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119.



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ

บัณฑิตวิทยาลัย มศว ประสานมิตร โทร. 268

ที่ ทม 1007/ 3815

วันที่ 17 สิงหาคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน ดร.ชูศักดิ์ ชัมภลิจิต

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางเปรมจิต บุญสาย เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
รดยาใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

รศ.ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย

ประธาน

รศ.ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย

กรรมการ

รศ.ดร.เสนาะ บุญมี

กรรมการ

สิ่งที่เกิดากรขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดฯ หันแก่นิสิตผู้นี้ด้วย

(นางสาวศิริยา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ทม 1007/ 3836



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๖ สิงหาคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนปรางค์ราชบุตร

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางเปรมจิตร์ บุญสาย เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

รศ.ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์

ประธาน

รศ.ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย

กรรมการ

รศ.ดร.เสนาะ บุญมี

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตฯขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ อ.สุนันท์ ศรีโรสภ และ อ.รุจี คล้ายพิมพ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญ
ตรวจเครื่องมือการวิจัย พร้อมทั้ง ขอให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตอบแบบสอบถาม ในระหว่าง
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2539 เพื่อเป็นข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดฯให้แก่บัณฑิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริกัญญา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2581119

ที่ ทม 1007/ 5150



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑ ธันวาคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนปรางจินดาราษฎร์

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางเปรมจิตร์ บุญสาย เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
ที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง
ทั้งนี้อยู่ในการควบคุมของ

รศ.ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์

ประธาน

รศ.ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย

กรรมการ

รศ.ดร.เสนาะ บุญมี

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตขอความอนุเคราะห์ คือ ขอให้ อ.วรินทร์ บุญอินทร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาชีววิทยา
เป็นผู้สอนวิชาชีววิทยา กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 จำนวน 45 คน ในระหว่างเดือนธันวาคม 2539-
กุมภาพันธ์ 2540 เพื่อเป็นข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวสิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

โครงการบัณฑิตศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

มคอ. ประธานมิตร สุขุมวิท 23

พระโขนง กรุงเทพฯ 10110

17 มกราคม 2539

เรื่อง ขอลาออกนอกระยะสอบแบบสอบถาม
เรียน

ด้วยดิฉัน นางเปรมจิตร์ บุญสาย นิสิตหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มีความประสงค์จะสำรวจความต้องการของครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา ว่าเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพเรื่องใดบ้างที่สมควรนำมาสร้างบทปฏิบัติการ เทคโนโลยีชีวภาพสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ข้อมูลที่ได้ดังกล่าวนี้ดิฉันจะนำไปใช้ประโยชน์ในการเขียนปริทัศน์หนังสือเรื่อง "การพัฒนาหลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพสำหรับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย"

ในการนี้ดิฉันใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในฐานะผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา โปรดตอบแบบสำรวจความต้องการของ ครู/อาจารย์ ผู้ชำนาญการสอนวิชาชีววิทยาดังแนบมานี้ และเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในทางวิชาการขอความกรุณาได้โปรดตอบแบบสำรวจให้ครบถ้วน จากนั้นโปรดส่งแบบสำรวจนั้นคืนถึงดิฉันทาง ไปรษณีย์ (โดยใช้ซองที่แนบเตรียมมาพร้อมนี้แล้ว) ในโอกาสแรกที่กรุณา ได้ด้วยจะ เป็นพระคุณยิ่ง

จึงเรียนมาเพื่อให้ความอนุเคราะห์ด้วยจะ เป็นพระคุณอย่างสูง

ขอแสดงความนับถือ

(นางเปรมจิตร์ บุญสาย)

นิสิตเจ้าของแบบสำรวจ

(รศ.ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญทรัพย์)

ประธานโครงการบริหารหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต

โทร. (02) 2601010 ต่อ 260

โทรสาร. (02) 2591822, 6621126

ภาคผนวก ข

- แบบสำรวจความต้องการของครู/อาจารย์ผู้ชำนาญการสอนวิชาชีววิทยา
- แบบประเมินโครงร่างหลักสูตรก่อนนำไปใช้
 - แบบประเมินความเหมาะสมของโครงร่างหลักสูตร
 - แบบประเมินความสอดคล้องของโครงร่างหลักสูตร

แบบสำรวจความต้องการของครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา
เรื่อง

พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ

คำชี้แจง

แบบสำรวจฉบับนี้ เป็นแบบสำรวจความต้องการของครู / อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูงในการสอนวิชาชีววิทยา โดยมีจุดประสงค์ให้ท่านได้กรุณาพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ว่าเรื่องหรือเนื้อหาใดบ้างที่สมควรนำมาสร้างบทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อให้โรงเรียนมัธยมศึกษา ได้ใช้ในการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา (ว046) เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ

แบบสำรวจฯ จะมียู่ทั้งหมด 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสำรวจ

ตอนที่ 2 ความต้องการของครูอาจารย์ผู้ชำนาญการสอนวิชาชีววิทยาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับเนื้อหาอื่นๆ ที่ควรนำมาสร้างบทปฏิบัติการ เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยี

ขอขอบคุณ

เปรมจิตร์ บุญสาย

นิสิตหลักสูตรการศึกษาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มศว ประสานมิตร

แบบสำรวจความต้องการของครู/อาจารย์ผู้มีประสบการณ์สูง
ในการสอนวิชาชีววิทยา
เรื่อง
พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสำรวจ

โปรดตอบโดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ตามสภาพที่เป็นจริง

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1. เพศ | ☐ ชาย
☐ หญิง |
| 2. อายุ | ☐ ต่ำกว่า 30 ปี
☐ 30 - 40 ปี
☐ 41 - 50 ปี
☐ มากกว่า 50 ปี |
| 3. วุฒิการศึกษา | ☐ ปริญญาตรี
☐ ปริญญาโท
☐ ปริญญาเอก
☐ อื่น ๆ |
| 4. ประสบการณ์ในการสอนวิชาชีววิทยา | ☐ 5 - 10 ปี
☐ 11 - 15 ปี
☐ 16 - 20 ปี
☐ 21 - 30 ปี
☐ มากกว่า 30 ปี |
| 5. เกียรติประวัติ | ☐ ครูดีเด่น
☐ ครูแม่แบบ
☐ อาจารย์ 3
☐ ครูผู้มีประสบการณ์สูง
☐ อื่นๆ |

ตอนที่ 2 ความต้องการของครู/อาจารย์ผู้มีความรู้สูงในการสอนวิชาชีววิทยา
ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขอความกรุณาพิจารณาเนื้อหาในแต่ละข้อรายการ (โปรดดูช่องเนื้อหา) แล้วพิจารณาว่าเนื้อหานั้นสมควรนำไปสร้างบทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ให้โรงเรียนได้ใช้ในการเรียนการสอน สำหรับชั้นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมากน้อยเพียงใด
โปรดตอบโดยทำเครื่องหมาย ✓ หรือเขียนลงในช่องที่เป็นคำตอบ

เนื้อหา	ไม่ ต้อง การ	ต้องการ			สาเหตุ			
		น้อย	ปาน กลาง	มาก	ไม่ ชำนาญ การ สอน	ขาด อุปกรณ์ ทดลอง	ขาด สื่อ การ สอน	อื่นๆ (ระบุ)
1. เทคโนโลยีการหมัก (Fermentation technology)								
- การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ								
- การตรวจสอบวราและยีสต์ในอาหาร								
- การพัฒนาการผลิตน้ำส้มสายชู								
- การพัฒนาการผลิตนมเปรี้ยวอย่างง่าย								
- การผลิตก๊าซโซฮอลล์จากกากมันสำปะหลัง								
- การพัฒนาผลิตก๊าซมีเทนจากมูลสัตว์								
- การพัฒนาการผลิตเต้าเจี้ยว								
- การพัฒนาการผลิตไวน์จากวัตถุดิบต่างๆ								
- อื่นๆ (ระบุ).....								
.....								
.....								
.....								

**ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับเนื้อหาอื่นที่ควรนำมาสร้าง
บทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ**

- 1.
- 2.
- 3.

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่กรุณาตอบแบบสอบถามนี้จนครบถ้วนสมบูรณ์

แบบประเมินโครงร่างหลักสูตร

คำชี้แจง

แบบประเมินฉบับนี้เป็นแบบประเมินโครงร่างหลักสูตร ใช้สำหรับประเมินโครงร่างหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง โดยมีจุดประสงค์ให้ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญ ได้กรุณาพิจารณาความเหมาะสม และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของหลักสูตรว่ามีความเหมาะสมและสอดคล้องกันเพียงใด โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ประเมินความเหมาะสมของโครงร่างหลักสูตร เป็นการพิจารณาส่วนประกอบต่างๆ ของโครงร่างหลักสูตรว่ามีความเหมาะสมเพียงใด คือสภาพปัญหาและความจำเป็น หลักการของหลักสูตร เป้าหมายของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร เนื้อหาของหลักสูตร หน่วยการเรียนรู้การสอน เวลาที่ใช้ในการสอน กิจกรรมการเรียนรู้การสอน สื่อประกอบการเรียนการสอนและการวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอน

ตอนที่ 2 ประเมินความสอดคล้องของโครงร่างหลักสูตร เป็นการพิจารณาส่วนประกอบต่างๆ ของโครงร่างหลักสูตรว่ามีความสอดคล้องกันเพียงใด คือ

1. ความสอดคล้องระหว่างสภาพปัญหาความจำเป็นกับเป้าหมายของหลักสูตร
2. ความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร
3. ความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมายของหลักสูตร กับจุดมุ่งหมายเฉพาะของแต่ละหน่วยการเรียนรู้
4. ความสอดคล้องภายในของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ คือ
 - 4.1 ความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมายเฉพาะกับเนื้อหา
 - 4.2 ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับกิจกรรมการเรียนรู้การสอน
 - 4.3 ความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้การสอนกับสื่อประกอบการเรียนการสอน
 - 4.4 ความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมายเฉพาะกับการประเมินผลการเรียนการสอน

ตอนที่ 3 ประเมินความคิดเห็นเพิ่มเติม มีจุดประสงค์ให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขโครงสร้างของหลักสูตรให้ดีขึ้นก่อนที่จะนำไปทดลองใช้ในหัวข้อต่อไป

- 3.1 เป้าหมายของหลักสูตร
- 3.2 หลักการของหลักสูตร
- 3.4 เนื้อหาของหลักสูตร
- 3.5 หน่วยการเรียนรู้การสอน
- 3.6 แผนการสอน
 - 3.6.1 จุดมุ่งหมาย
 - 3.6.2 เนื้อหา
 - 3.6.3 กิจกรรมและวิธีสอน
 - 3.6.4 สื่อการเรียนรู้การสอน
 - 3.6.5 การประเมินผล
- 3.7 รูปแบบหลักสูตร
- 3.8 อื่นๆ

ตอนที่ 1 แบบประเมินความเหมาะสมของโครงสร้างหลักสูตร

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาว่าองค์ประกอบต่าง ๆ ของหลักสูตรในแนวมุมต่อไปนี้ มีความเหมาะสม
น้อยเพียงใด แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องการประเมินให้ตรงกับความคิดเห็น
ของท่าน

ประเด็นการประเมิน	น้อย	ปาน กลาง	มาก
1. สภาพปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตรมี ความเหมาะสม.....			
2. หลักการของหลักสูตรเหมาะสมกับการนำไป ปฏิบัติได้จริง.....			
3. เป้าหมายของหลักสูตรเหมาะสมกับความต้องการ ของสังคม.....			
4. เป้าหมายของหลักสูตรมีความเหมาะสมกับสภาพ ความเป็นอยู่ของผู้เรียน.....			
5. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรเหมาะสมกับวัยของ ผู้เรียน.....			
6. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรเหมาะสมกับการสร้าง เสริมพัฒนาการของผู้เรียน.....			
7. เนื้อหาของหลักสูตรเหมาะสมกับการเรียนรู้ของ ผู้เรียน.....			
8. เนื้อหาของหลักสูตรเหมาะสมกับสภาพของ ผู้เรียน.....			
9. เนื้อหาของหลักสูตรเหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติ ได้จริง.....			
10. ความเหมาะสมของการกำหนดหน่วยการเรียนรู้...			
11. หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องเทคโนโลยีการหมัก มีความเหมาะสม.....			
12. หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องเทคโนโลยีของเสีย มีความเหมาะสม.....			
13. หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องเทคโนโลยีการนำแหล่ง วัตถุดิบมาใช้ประโยชน์ มีความเหมาะสม.....			

ประเด็นการประเมิน	น้อย	ปานกลาง	มาก
14. หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มีความเหมาะสม.....			
15. หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องเอนไซม์ มีความเหมาะสม.....			
16. ระยะเวลาในการเรียนตามหลักสูตรมีความเหมาะสม.....			
17. ความเหมาะสมในการแบ่งเรื่องในแผนการเรียน.....			
18. ความเหมาะสมในการแบ่งเรื่องในแผนการเรียนแต่ละแผน ของแต่ละหน่วยการเรียนรู้.....			
19. การกำหนดเนื้อหาในแผนการเรียนแต่ละแผน มีความเหมาะสม.....			
20. เนื้อหาในแผนการเรียนแต่ละแผนการเรียน เรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม.....			
21. กิจกรรมและวิธีสอนในแผนการเรียนแต่ละแผน เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน.....			
22. กิจกรรมและวิธีการสอนในแผนการเรียนแต่ละแผน เหมาะสมกับการฝึกทักษะต่างๆ ให้กับผู้เรียน.....			
23. กิจกรรมและวิธีสอนในแผนการเรียนเหมาะสมกับการปฏิบัติได้.....			
24. กิจกรรมและวิธีการสอนในแผนการเรียน เหมาะสม ในการส่งเสริมความรู้ให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียน.....			
25. สื่อการเรียนเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน.....			
26. สื่อการเรียนเหมาะสมกับเนื้อหา.....			
27. สื่อการเรียนเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการ สร้างเสริมความรู้ให้แก่ผู้เรียน.....			
28. วิธีการประเมินผลในแต่ละแผนมีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน.....			
29. วิธีการประเมินผลในแต่ละแผนเหมาะสมกับการปฏิบัติได้จริง.....			
30. รูปแบบหลักสูตรมีความเหมาะสม.....			

ตอนที่ 2 แบบประเมินความสอดคล้องของโครงสร้างหลักสูตร

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาว่าองค์ประกอบต่างๆ ของหลักสูตรมีความสอดคล้องกันมากเพียงใด แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องการประเมินให้ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ประเด็นการประเมิน	น้อย	ปานกลาง	มาก
1. สภาพปัญหาและความจำเป็น กับเป้าหมายของหลักสูตร มีความสอดคล้อง.....			
2. เป้าหมายของหลักสูตร กับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร มีความสอดคล้อง.....			
3. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร กับจุดมุ่งหมายเฉพาะของหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 มีความสอดคล้อง.....			
4. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร กับจุดมุ่งหมายเฉพาะของหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 มีความสอดคล้อง.....			
5. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร กับจุดมุ่งหมายเฉพาะของหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 มีความสอดคล้อง.....			
6. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร กับจุดมุ่งหมายเฉพาะของหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 มีความสอดคล้อง.....			
7. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร กับจุดมุ่งหมายเฉพาะของหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 มีความสอดคล้อง.....			
8. ความสอดคล้องภายในของหน่วยการเรียนรู้ที่ 1			
8.1 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับเนื้อหา มีความสอดคล้อง.....			
8.2 เนื้อหากับกิจกรรมการเรียนการสอน มีความสอดคล้อง.....			
8.3 กิจกรรมการเรียนการสอนกับสื่อประกอบ การเรียนการสอน (บทปฏิบัติการ) มีความสอดคล้อง.....			
8.4 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับการประเมินผล มีความสอดคล้อง.....			

ประเด็นการประเมิน	น้อย	ปานกลาง	มาก
9. ความสอดคล้องภายในของหน่วยการเรียนรู้ที่ 2			
9.1 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับเนื้อหา มีความสอดคล้อง.....			
9.2 เนื้อหากับกิจกรรมการเรียนการสอน มีความสอดคล้อง.....			
9.3 กิจกรรมการเรียนการสอนกับสื่อประกอบ การเรียนการสอน (บทปฏิบัติการ) มีความสอดคล้อง.....			
9.4 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับการประเมินผล มีความสอดคล้อง.....			
10. ความสอดคล้องภายในของหน่วยการเรียนรู้ที่ 3			
10.1 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับเนื้อหา มีความสอดคล้อง.....			
10.2 เนื้อหากับกิจกรรมการเรียนการสอน มีความสอดคล้อง.....			
10.3 กิจกรรมการเรียนการสอนกับสื่อประกอบ การเรียนการสอน (บทปฏิบัติการ) มีความสอดคล้อง.....			
10.4 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับการประเมินผล มีความสอดคล้อง.....			
11. ความสอดคล้องภายในของหน่วยการเรียนรู้ที่ 4			
11.1 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับเนื้อหา มีความสอดคล้อง.....			
11.2 เนื้อหากับกิจกรรมการเรียนการสอน มีความสอดคล้อง.....			
11.3 กิจกรรมการเรียนการสอนกับสื่อประกอบ การเรียนการสอน (บทปฏิบัติการ) มีความสอดคล้อง.....			
11.4 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับการประเมินผล มีความสอดคล้อง.....			

ประเด็นการประเมิน	น้อย	ปานกลาง	มาก
12. ความสอดคล้องภายในของหน่วยการเรียนรู้ที่ 5			
12.1 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับเนื้อหา มีความสอดคล้อง.....			
12.2 เนื้อหากับกิจกรรมการเรียนการสอน มีความสอดคล้อง.....			
12.3 กิจกรรมการเรียนการสอนกับสื่อประกอบ การเรียนการสอน (บทปฏิบัติการ) มีความสอดคล้อง.....			
12.4 จุดมุ่งหมายเฉพาะกับการประเมินผล มีความสอดคล้อง.....			

ตอนที่ 3 แบบสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงร่างหลักสูตร

คำชี้แจง ขอให้ท่านได้โปรดแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ ต่อ

การปรับปรุงแก้ไขโครงร่างหลักสูตรให้ดีขึ้นก่อนที่จะนำไปทดลองใช้ต่อไป

1. เป้าหมายหลักสูตร
-
-
-
-
-
-
2. หลักการของหลักสูตร
-
-
-
-

3. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

4. เนื้อหาของหลักสูตร

5. หน่วยการเรียนรู้การสอน

6. แผนการเรียนรู้การสอน

6.1 จุดมุ่งหมาย -----

6.2 เนื้อหา

6.3 กิจกรรมและวิธีสอน

6.4 สื่อ

6.5 การประเมินผล

7. รูปแบบหลักสูตร

ภาคผนวก ค

- แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย
 - แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้
วิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
 - แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
- แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย
 - แบบทดสอบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์
 - แบบทดสอบวัดคุณลักษณะทั่วไป
 - แบบทดสอบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ
 - แบบทดสอบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม
 - แบบทดสอบวัดคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ
- แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย
 - แบบวัดทักษะปฏิบัติการทดลอง

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย
ความรู้-ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้
วิชาชีพวิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

จำนวน 30 ข้อ

เวลา 40 นาที

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้น ห้อง ลงในกระดาษคำตอบ
2. ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ลงในช่อง ☐ ของคำตอบ
ที่ถูกที่สุดเพียงข้อละคำตอบเดียว โดยเขียนลงในกระดาษที่แจกให้ต่างหาก
3. ข้อสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 40 ข้อ ใช้เวลาทำ 40 นาที
4. ห้ามนักเรียนขีดเขียนลงบนแบบทดสอบ

1. ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้แก่ข้อใด
 - ก. สุขภาพและประโยชน์ที่จะได้รับ
 - ข. ปริมาณและคุณภาพของวัสดุเหลือใช้
 - ค. ทรัพยากรด้านเทคโนโลยีและสถาบัน
 - ง. เฉพาะข้อ ข. และ ค.
 - จ. ทั้ง ก. ข. และ ค.
2. การเลือกเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมเพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากสารเหลือทิ้งนั้น ควรเลือกโดยใช้เทคโนโลยีข้อใด
 - ก. ไม่ต้องคำนึงถึงเทคนิคด้านใดเลย
 - ข. เทคนิคที่ต้องใช้ทรัพยากรในห้องถินให้มากที่สุด
 - ค. เทคนิคที่ต้องใช้แรงงานทุนมากกว่าแรงงานคนมาก
 - ง. เทคนิคที่ต้องคำนึงถึงการนำไปจำหน่ายให้ได้มากที่สุด
 - จ. ได้เทคนิคที่ต้องใช้แรงงานคนมากกว่าเทคนิคที่ต้องใช้ทุนมาก
3. ข้อใดเป็นการนำวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมเกษตรเปลี่ยนแปลงเป็นอาหารโดยใช้การแปรรูปทางชีววิทยา
 - ก. การเพาะเห็ดฟาง
 - ข. การผลิตยารักษาโรค
 - ค. การผลิตสารปฏิชีวนะ
 - ง. การผลิตเชื้อเห็ดทรัสเซีย
 - จ. การผลิตเชื้อราแบบต่างๆ
4. เพราะเหตุใดจึงเป็นการไม่สมควรที่จะใช้กระบวนการทางเคมีและกายภาพมาผลิตอาหารจากวัสดุเหลือใช้
 - ก. อาจมีสารพิษตกค้าง
 - ข. ทำให้เสียเวลามากขึ้น
 - ค. ทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ
 - ง. อาจเกิดกระบวนการหมัก
 - จ. ทำให้คุณภาพชีวิตมนุษย์เสื่อมลง
5. วัสดุเหลือใช้ในข้อใดต่อไปนี้จะเหมาะที่จะนำมาใช้เลี้ยงยีสต์ที่ใช้เป็นอาหาร
 - ก. ชี้อ้อย ใบกล้วย
 - ข. ฟางข้าวและชานอ้อย
 - ค. กากมะพร้าวและกากถั่วเหลือง
 - ง. กากน้ำตาลและกากมันสำปะหลัง
 - จ. น้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องต่างๆ

6. ข้อใดเป็นประโยชน์โดยตรงที่ได้จากการนำวัสดุเหลือใช้มาผลิตอาหาร
 - ก. ช่วยขจัดมลพิษในสิ่งแวดล้อม
 - ข. ทำให้คุณภาพชีวิตมนุษย์ดีขึ้น
 - ค. เป็นการนำวัตถุดิบกลับมาใช้ใหม่
 - ง. มนุษย์ทำให้เศรษฐกิจของประเทศดีขึ้น
 - จ. ทำให้สามารถขยายโอกาสการผลิตอาหารของ
7. ขี้เลื่อย เศษสมอฝ้าย ชานอ้อย เศษกระดาษและใบกล้วย เป็นวัสดุเหลือใช้ที่เหมาะสมสำหรับผลิตในข้อใด
 - ก. การเพาะเห็ดฟาง
 - ข. การผลิตปุ๋ยชีวภาพ
 - ค. การเพาะเห็ดนางฟ้า
 - ง. การผลิตก๊าซชีวภาพ
 - จ. การผลิตเยื่อกระดาษ
8. เพราะเหตุใดมนุษย์จึงจำเป็นต้องศึกษาหาแนวทางที่จะนำเศษวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่
 - ก. ช่วยทำให้มนุษย์มีอาชีพเพิ่มขึ้น
 - ข. เพื่อช่วยให้เศรษฐกิจของประเทศดีขึ้น
 - ค. เพื่อช่วยกันขจัดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม
 - ง. เพื่อเป็นการชดเชยสิ่งที่มนุษย์ทำลายธรรมชาติ
 - จ. เพราะทรัพยากรธรรมชาติในโลกลดลง แต่มนุษย์ต้องการเพิ่มขึ้น
9. ข้อใดแสดงถึงการประสานประโยชน์ระหว่างการทำจัดมลภาวะของสิ่งแวดล้อมและการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น
 - ก. การนำฟางข้าวมาเพาะเห็ด
 - ข. การนำมูลสัตว์มาผลิตก๊าซชีวภาพ
 - ค. การนำกากถั่วเหลืองมาหมักได้เจียว
 - ง. การนำสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในน้ำเสียมาทำอาหารสัตว์
 - จ. เป็นประโยชน์ทุกข้อ
10. ข้อใดเป็นคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ได้จากเศษวัสดุเหลือใช้
 - ก. มีปริมาณกำมะถันและซัลเฟอร์สูง
 - ข. มีทั้งกำมะถันและออกซิเจนสูง
 - ค. มีทั้งกำมะถันและออกซิเจนต่ำ
 - ง. มีความชื้นและปริมาณออกซิเจนสูง
 - จ. มีความชื้นและปริมาณออกซิเจนต่ำ

11. ข้อใดเป็นวัสดุเหลือใช้ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเอทานอล เพื่อเป็นวัสดุเชื้อเพลิง
 - ก. เปลือกหน่อไม้
 - ข. เปลือกของต้นยางพารา
 - ค. น้ำตาล แป้ง และเซลลูโลส
 - ง. เศษฟางข้าว เปลือกข้าวโพด
 - จ. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
12. การนำวัสดุเหลือใช้มาผลิตก๊าซที่มีค่าความร้อนต่ำควรใช้หลักการในข้อใด
 - ก. วัสดุเหลือใช้เหล่านั้นต้องไม่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ
 - ข. วัสดุเหลือใช้เหล่านั้นต้องมีน้ำเป็นองค์ประกอบมาก
 - ค. ให้ความร้อนแก่วัสดุเหลือใช้ภายใต้สภาวะที่จำกัดอากาศ
 - ง. ให้ความร้อนแก่วัสดุเหลือใช้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนมาก
 - จ. เป็นไปได้ทุกข้อ
13. การที่เราอาจหมักไวน์ในขวดฝาปิดแบบระบายก๊าซออกซิเจนแต่ก๊าซเข้าไปไม่ได้ เพราะเหตุใด
 - ก. ยีสต์สามารถสลายอาหารได้โดยไม่ใช้ออกซิเจน
 - ข. ออกซิเจนที่ละลายอยู่มีพอแก่ความต้องการของยีสต์
 - ค. ยีสต์สามารถสลายโมเลกุลของน้ำและนำออกซิเจนมาใช้
 - ง. ยีสต์สามารถสลายอาหารได้อย่างสมบูรณ์โดยไม่ต้องใช้ออกซิเจน
 - จ. ยีสต์สามารถสลายอาหารไม่ได้อย่างสมบูรณ์โดยไม่ต้องใช้ออกซิเจน
14. ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ที่ได้จากมูลสัตว์
 - ก. การนำมูลสัตว์ผสมกับเมล็ดธัญพืชใช้เป็นอาหารสัตว์
 - ข. นำมูลสัตว์ผสมกับเศษพืชมาหมักเป็นปุ๋ยหมัก
 - ค. นำมูลสัตว์ผสมกับเศษพืชมาหมักเป็นก๊าซชีวภาพ
 - ง. นำมูลสัตว์มาหมักกับหญ้าแห้งใช้เป็นอาหารสัตว์
 - จ. นำมูลสัตว์มาเลี้ยงสาหร่าย
15. นักเรียนคิดว่ากลุ่มสิ่งมีชีวิตชนิดใดที่สามารถใช้พลังงานจากการ Oxidation สารเคมีพวกอนินทรีย์บ้าง
 - ก. แบคทีเรีย
 - ข. เห็ดรา
 - ค. พืชสีเขียว
 - ง. ข้อ ข. และ ค.
 - จ. ข้อ ก. และ ข.

16. ในกระบวนการสลายกลูโคสของยีสต์ ถ้าขาดออกซิเจน สิ่งที่จะเกิดขึ้นคือข้อใด
- กระบวนการหยุดชะงัก
 - ปฏิกิริยาจะหยุดอยู่แค่การถ่ายเทอิเล็กตรอน
 - จะได้กรดแลกติกและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
 - จะได้เอทิลแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
 - จะได้เมทิลแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
17. สิ่งมีชีวิตที่หายใจโดยใช้ออกซิเจน ต้องการออกซิเจนหายใจหรือไม่
- ไม่ต้องการออกซิเจนเลย
 - ไม่ต้องการออกซิเจนโมเลกุล หรือออกซิเจนอะตอม อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้
 - ไม่ต้องการออกซิเจนโมเลกุล และออกซิเจนอะตอมจากวัตถุดิบในเซลล์
 - ไม่ต้องการออกซิเจนโมเลกุล แต่ต้องการใช้ออกซิเจนอะตอมจากวัตถุดิบในเซลล์
 - ทุกข้อผิด
18. ก๊าซชีวภาพที่นำมาเป็นเชื้อเพลิงแทนถ่านหรือฟืนในการหุงต้มอาหารตามชนบทนั้น เกิดจากปฏิกิริยาของมูลสัตว์กับจุลินทรีย์ชนิดใด
- แบคทีเรียแอโรบิก
 - แบคทีเรียแอนาโรบิก
 - เชื้อรากับแบคทีเรียแอโรบิก
 - เชื้อรากับแบคทีเรียแอนาโรบิก
 - จุลินทรีย์ทุกชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนหายใจ
19. สิ่งมีชีวิตชนิดใดที่ทำหน้าที่ร่วมกันในกองปุ๋ยหมัก เพื่อเปลี่ยนแปลงของเสียจากสัตว์ของเสียจากมนุษย์และเศษพืชให้เป็นอินทรีย์วัตถุ ซึ่งเป็นสิ่งที่มีคุณค่าสำหรับดิน
- เชื้อรา
 - ไส้เดือน
 - จุลินทรีย์ในดิน
 - ตัวอ่อนของแมลงที่อยู่ในดิน
 - เป็นไปได้ทั้ง 4 ชนิด
20. การให้ความร้อนในขั้นตอนการผลิตนมเปรี้ยว มีประโยชน์อย่างไร
- ทำให้อุณหภูมิพอเหมาะ
 - กำจัดอากาศที่มีอยู่ในนม
 - ทำให้โปรตีนในนมถูกทำลายให้เล็กลง
 - ทำให้สภาวะแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์
 - มีประโยชน์ทุกข้อ

21. กระบวนการผลิตนมเปรี้ยวอย่างง่าย จัดเป็นกระบวนการหมักแบบใด

- ก. กระบวนการหมักในสภาพของเจล
- ข. กระบวนการหมักในสภาพของแข็ง
- ค. กระบวนการหมักในสภาพของเหลว
- ง. กระบวนการหมักในสภาพของสารละลาย
- จ. กระบวนการหมักในสภาพของสารกึ่งเหลวกึ่งแข็ง

22. เชื้อเห็ดรัสเซีย จัดเป็นจุลินทรีย์ประเภทใด

- ก. เชื้อรา
- ข. เชื้อยีสต์
- ค. เชื้อโปรโตซัว
- ง. เชื้อแบคทีเรีย
- จ. เชื้อทั้งสี่ชนิดรวมกัน

23. การสร้างชั้นเมือกของเห็ดรัสเซีย จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับข้อใด

- ก. อุณหภูมิที่พอเหมาะ
- ข. ชนิดและปริมาณของน้ำตาล
- ค. ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- ง. ค่าความเป็นกรด-เบสของสารที่ใช้เลี้ยง
- จ. ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่อยู่ในสารละลาย

24. “ประเทศไทยจะตั้งโรงงานไฟฟ้าปรมาณูที่ชายทะเลจังหวัดชลบุรี” ข้อความใดที่อาจจัดได้ว่ากระทบกระเทือนต่อสภาพแวดล้อมมากที่สุด

- ก. ตั้งอยู่ใกล้ชุมชนมากที่สุด
- ข. มีการผลิตสารกัมมันตรังสีจากโรงงาน
- ค. มีการผลิตปริมาณของปรอทเพิ่มมากขึ้นในน้ำทะเล
- ง. ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำของโรงงานทำให้น้ำทะเลบริเวณนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น
- จ. ทุกข้อกระทบกระเทือนต่อสภาวะแวดล้อมเท่ากัน

25. คว้นจากท่อไอเสียรถยนต์เก่าๆ ที่ขาดความเอาใจใส่จากเจ้าของอาจเป็นอันตรายได้ถึงชีวิต เพราะเหตุใด
- มีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งเป็นอันตรายต่อเซลล์
 - มีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่เม็ดเลือดแดง
 - มีก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ไปรวมตัวกับฮีโมโกลบินเป็นสารประกอบที่ถาวร
 - มีก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์และละลายอยู่ในน้ำเลือดทำให้เลือดไม่สามารถรับก๊าซออกซิเจนได้
 - มีทั้งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่เม็ดเลือดแดง
26. กุ้งพลาสติกซึ่งนิยมใช้กันมากในปัจจุบัน เมื่อใช้แล้วถูกนำไปทิ้งทับถมลงบนพื้นดินบ้าง นักเรียนคิดว่าจะก่อให้เกิดประโยชน์หรือโทษอย่างไรในอนาคต
- ให้โทษ เพราะสลายตัวช้า ยากแก่การกำจัด
 - ให้โทษ เพราะเป็นสาเหตุทำให้เกิดมลพิษในดินและน้ำ
 - เกิดประโยชน์ เพราะช่วยทำให้ปริมาณของดินบริเวณนั้นเพิ่มขึ้น
 - เกิดประโยชน์ เพราะนานๆ ไปจะสลายตัวตามธรรมชาติกลายเป็นปุ๋ย
 - เกิดประโยชน์ เพราะทำให้ดินร่วนซุย มีความพรุนมาก น้ำและอากาศระบายได้ดี
27. พฤติกรรมของมนุษย์ในข้อใดที่ถือว่าเป็นการสร้างมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อม และส่งผลกระทบต่อความรู้สึกของผู้รับอย่างรุนแรงที่สุด
- ขับรถที่มีควันดำไปตามท้องถนน
 - ทิ้งขี้วางเศษสิ่งของตามถนนหลวง
 - เปิดวิทยุเสียงดังทำความรำคาญให้คนรอบข้าง
 - ขีด-เขียนคำหยาบไว้ตามกำแพงวัดหรือที่สาธารณะทั่วไป
 - ทุกข้อถือว่ารุนแรงต่อความรู้สึกของผู้รับเท่าเทียมกัน
28. สารพิษชนิดใดที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงและให้พิษสะสมในร่างกาย
- ตะกั่ว
 - ปรอท
 - แคดเมียม
 - แอสเบสตอส (ใยแก้ว)
 - คว้นจากเขม่าที่ออกจากท่อไอเสีย

29. เพราะเหตุใดปรอทซึ่งเป็นสารพิษจึงเข้าสู่บรรยากาศได้
- มีความดันไอต่ำ สามารถกลายเป็นไอได้ในอุณหภูมิต่ำ
 - มีความดันไอต่ำ สามารถกลายเป็นไอได้ในอุณหภูมิสูง
 - มีความดันไอสูง สามารถกลายเป็นไอได้ในอุณหภูมิสูง
 - มีความดันไอต่ำ สามารถกลายเป็นไอได้ในอุณหภูมิปกติ
 - มีความดันไอปกติ สามารถกลายเป็นไอได้ในอุณหภูมิปกติ
30. ถ้านักเรียนพบคนที่มีอาการต่อไปนี้ “หลอดไตถูกทำลาย กระดูกผุกร่อนหักได้ง่ายและเกิดการเจ็บปวดอย่างรุนแรง” นักเรียนคิดว่าควรจะมีสาเหตุมาจากในอากาศมีสารชนิดใดที่มีปริมาณสูง
- แคลเซียม
 - ไฮโดรคาร์บอน
 - สารประกอบตะกั่ว
 - ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
 - ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
31. มลพิษ หมายถึง สภาพแวดล้อมที่มีสภาพอย่างไร
- เป็นพิษ
 - เสื่อมโทรม
 - เปลี่ยนไปจากปกติ
 - มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต
 - มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อม
32. น้ำตัวอย่างชนิดหนึ่ง วัดค่า BOD ได้สูงมาก เหตุการณ์ใดต่อไปนี้จะเกิดขึ้น
- ปริมาณ O_2 และแบคทีเรียที่หายใจโดยใช้ O_2 ในน้ำจะลดลง
 - ปริมาณ O_2 และแบคทีเรียที่หายใจโดยใช้ O_2 ในน้ำจะเพิ่มขึ้น
 - ปริมาณ O_2 และแบคทีเรียที่หายใจโดยใช้ O_2 ในน้ำจะเท่ากัน
 - ปริมาณ O_2 จะเพิ่มขึ้น และแบคทีเรียที่หายใจโดยใช้ O_2 ในน้ำจะลดลง
 - ปริมาณ O_2 จะลดลง และแบคทีเรียที่หายใจโดยใช้ O_2 ในน้ำจะเพิ่มขึ้น

33. มีผู้กล่าวว่า “น้ำเสียจากโรงงานต้มหน่อไม้ สะอาดกว่าน้ำในแม่น้ำบางปะกง” นักเรียนคิดว่าคำพูดดังกล่าวเป็นจริงหรือไม่
- จริง เพราะมีสารพิษที่เป็นอันตรายน้อยกว่า
 - จริง เพราะจำนวนจุลินทรีย์และสารพิษน้อยกว่า
 - ไม่จริง เพราะจำนวนจุลินทรีย์และสารพิษมากกว่า
 - ไม่จริง ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าก๊าซออกซิเจน
 - ไม่จริง เพราะมีสารพิษที่เป็นอันตรายในระดับความเข้มข้นที่สูงกว่า
34. ปัจจุบัน นักวิชาการได้พยายามหาวิธีที่จะกำจัดน้ำเสียโดยใช้พืชน้ำ และได้พบว่า พืชน้ำ บางชนิดสามารถช่วยลดสภาวะมลพิษของน้ำได้ พืชน้ำที่กล่าวถึงนี้คือชนิดใด
- บัวหลวง
 - ผักตบชวา
 - สาหร่ายไฟ
 - ผักกระเฉด
 - สาหร่ายหางกระรอก
35. ถ้าน้ำที่เสียจากโรงงานผลิตอาหารกระป๋อง ซึ่งไม่มีระบบกำจัดน้ำเสีย มาตรวจสอบหาค่า DO และ BOD จะพบว่าเป็นอย่างไร
- DO สูงกว่า 3 mg/L และ BOD สูงกว่า 100 mg/L
 - DO เท่ากับ 3 mg/L และ BOD เท่ากับ 100 mg/L
 - DO น้อยกว่า 3 mg/L และ BOD น้อยกว่า 100 mg/L
 - DO น้อยกว่า 3 mg/L และ BOD สูงกว่า 100 mg/L
 - DO สูงกว่า 3 mg/L และ BOD น้อยกว่า 100 mg/L
36. เราสามารถอนุรักษ์ดินได้โดยวิธีการใดต่อไปนี้ ยกเว้นข้อใด
- การปลูกพืชคลุมดิน
 - การปลูกพืชหมุนเวียน
 - การปลูกพืชชนิดเดียวซ้ำๆ กันตลอดเวลา
 - การปลูกพืชตามแนวระดับแบบขั้นบันได
 - เป็นไปได้ทุกข้อ
37. ถ้าค่า BOD ที่วัดได้สูง แสดงว่าในน้ำที่วัดนั้นมีสิ่งใด
- ออกซิเจนสูง
 - สารอินทรีย์สูง
 - แบคทีเรียน้อย
 - ความบริสุทธิ์มาก
 - ความเป็นกรด-เบสสูง

38. เอนไซม์ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิตได้อย่างไร

- ก. ทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้ากว่าปกติ
- ข. ทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วกว่าปกติ
- ค. ลดขนาดของสารตั้งต้นให้เล็กลง
- ง. ลดพลังงานกระตุ้นในการเกิดปฏิกิริยาและทำให้ เกิดได้ง่าย
- จ. รวมกับสารตั้งต้นที่จำเพาะแล้วทำให้โมเลกุลของสารตั้งต้นแตกออก

39. จากสมการ $E + I + S \rightarrow EI + S$

กำหนดให้

E	=	เอนไซม์
I	=	ตัวยับยั้งเอนไซม์
S	=	สารตั้งต้น

ปฏิกิริยาดังข้างต้นนี้แสดงอะไร

- ก. กลไกยับยั้งเอนไซม์
- ข. กลไกการทำงานของเอนไซม์
- ค. การเร่งปฏิกิริยาเคมีโดยเอนไซม์
- ง. การรวมตัวของเอนไซม์กับสารตั้งต้น
- จ. การเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีเอนไซม์เป็นองค์ประกอบ

40. ตัวยับยั้งเอนไซม์ควรมีลักษณะอย่างไร จึงสามารถขัดขวางไม่ให้เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นได้

- ก. มีโครงสร้างคล้ายกับเอนไซม์และรวมตัวกับเอนไซม์ได้ดีกว่า
- ข. มีโครงสร้างคล้ายกับเอนไซม์และรวมตัวกับสารที่ทำปฏิกิริยาได้ง่ายกว่า
- ค. มีโครงสร้างคล้ายกับสารที่ทำปฏิกิริยาและรวมกับเอนไซม์ได้ง่ายกว่า
- ง. มีโครงสร้างคล้ายกับผลิตภัณฑ์และรวมกับสารที่ทำปฏิกิริยาได้รวดเร็วและเกาะแน่นอย่างถาวร
- จ. มีโครงสร้างคล้ายกับสารที่ทำปฏิกิริยาและรวมกับสารที่ทำปฏิกิริยาได้รวดเร็วและเกาะแน่นอย่างถาวร

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

จำนวน 30 ข้อ

เวลา 40 นาที

คำชี้แจง

1. ข้อสอบฉบับนี้เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ มี 5 ตัวเลือก
2. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย x ลงในกระดาษคำตอบ
3. คำถามในแบบทดสอบชุดนี้ ประกอบด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ได้แก่
 - 3.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน
 - 3.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
 - 3.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
 - 3.4 ทักษะการทดลอง
 - 3.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป
4. ห้ามขีดฆ่า ทำเครื่องหมาย หรือเขียนอักษรใด ลงในแบบทดสอบ
5. ถ้ามีข้อสงสัยใดๆ ให้ถามกรรมการคุมสอบ

1. จากการทดลองเรื่อง การพัฒนาการผลิตไวน์จากแกนสับปะรด หลังจาก ทิ้งไว้ 15 วัน พบว่า มีเชื้อราขึ้นอยู่ในภาชนะที่บรรจุไวน์ ข้อใดเป็นสมมติฐานที่ใช้ได้กับการทดลองนี้

- ก. ไวน์เป็นอาหารที่ดีสำหรับเชื้อรา
- ข. เชื้อราได้รับอาหารพอเหมาะจึงเจริญเติบโตเร็ว
- ค. ภาชนะที่บรรจุไวน์ไม่ได้ทำความสะอาดก่อนนำมาใช้
- ง. เชื้อราน่าจะเกิดจากแกนสับปะรดเน่าก่อนนำมาทดลอง
- จ. เชื้อราได้รับเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่พอเหมาะจึงเจริญเติบโตได้ดี

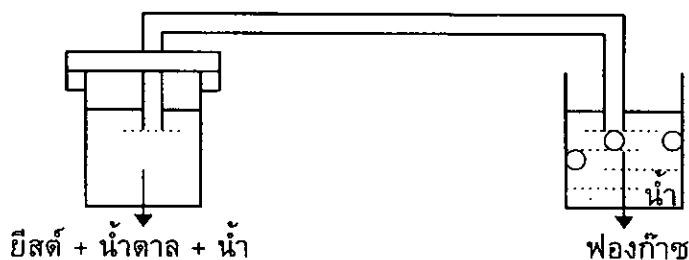
2. ประชากรบริเวณชุมชนคลองเตย มีอาการปวดศีรษะอย่างรุนแรง ชูบผอม เมื่อวินิจฉัย เบื้องต้น มีกากแบริดเตอร์ที่นำไปทิ้งอยู่จำนวนมาก อาจตั้งสมมติฐานได้ว่า อาการดังกล่าว เกิดจากสารพิษชนิดใด

- ก. ดีบุก
- ข. ตะกั่ว
- ค.ปรอท
- ง. กำมะถัน
- จ. แคดเมียม

3. ถ้านักเรียนต้องการทำให้กรดเจือจาง จะใช้วิธีการใดจึงจะเหมาะสมที่สุด

- ก. ผสมกรดลงในน้ำปูนใส
- ข. ค่อยๆ ผสมน้ำและกรดสลับกัน
- ค. ค่อยๆ รินน้ำลงไปในการดแล้วคนให้ทั่ว
- ง. รินกรดและน้ำผสมพร้อมกันในบีกเกอร์
- จ. ค่อยๆ รินกรดลงไปในน้ำที่เตรียมไว้แล้วคนให้ทั่ว

4. ศึกษาภาพการทดลองข้างล่างนี้



จากการทดลองนี้ ถ้าในครั้งต่อไป ให้ปริมาณยีสต์คงที่ แต่เพิ่มปริมาณน้ำตาล เป็น 2 เท่า การทดลองเช่นนี้ต้องการทดสอบสมมติฐานใด

- ก. ถ้ายีสต์คงที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะคงที่ด้วย
- ข. ถ้าเพิ่มอุณหภูมิในถังหมักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเกิดเร็วขึ้น
- ค. ถ้าเติมน้ำลงไปในถังหมัก ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลง
- ง. ก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมักยีสต์กับสารละลายน้ำตาล คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- จ. ถ้าเติมน้ำตาลลงไปสองเท่าของปริมาณเดิม ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า

5. ข้อใดไม่เกี่ยวข้องกับประโยชน์การตั้งสมมติฐานการทดลอง

- ก. เพื่อคาดคะเนคำตอบไว้
- ข. เพื่อผลการทดลองจะได้ถูกต้อง
- ค. เพื่อพิสูจน์สมมติฐานการทดลอง
- ง. เป็นแนวทางการออกแบบทดลอง
- จ. ผู้ทดลองได้ทราบทิศทางการทดลอง

6. จะเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในข้อใด เพื่อทดสอบสมมติฐานว่า “ดินต่างชนิดกันจะปลูกพืชได้เจริญเติบโตต่างกัน”

- ก. เมล็ดพืช น้ำ สำลี ดิน
- ข. กระป๋อง นม ดิน น้ำ สำลี
- ค. ตะเกียง ดิน ตะแกรงลวด กรวด น้ำ
- ง. กล่องพลาสติก กระดาษชำระ ตะแกรงลวด
- จ. ดินต่างชนิดกัน กระป๋องนม พืชชนิดเดียวกัน น้ำ

7. ต้นกุหลาบวางไว้ประมาณ 30 นาที ในกรอบแก้วมีก๊าซ ก. อยู่เป็นจำนวนมาก วางไว้ประมาณ 30 นาที หลังจากนั้น นำส่วนต่างๆ ของต้นกุหลาบ มาตรวจสอบหาปริมาณของก๊าซ ก. ได้ผลการทดลอง ดังนี้

ส่วนต่างๆของต้นกุหลาบ	ปริมาณก๊าซ ก.
ดอก	
ใบ	2
ลำต้น	23
ราก	1
	0

สมมติฐานข้อใด ไม่สอดคล้องกับการทดลองนี้

- ก๊าซ ก. จะแพร่เข้าสู่ต้นกุหลาบ
 - ส่วนต่างๆของต้นกุหลาบจะสะสมก๊าซ ก.ได้ต่างกัน
 - ส่วนที่เป็นใบของต้นกุหลาบจะสะสมก๊าซ ก.ได้มากกว่าส่วนอื่น
 - ระบบการลำเลียงของต้นกุหลาบจะมีการเปลี่ยนแปลง เมื่อได้รับก๊าซ ก.
 - ถ้าวางต้นกุหลาบไว้ในกรอบแก้ว 30 นาที จะพบก๊าซ ก. อยู่ตามส่วนต่างๆของต้นกุหลาบ
8. จากข้อมูลการทดลอง ในข้อ 7 ข้อสรุปใด ไม่สอดคล้อง กับผลการทดลอง
- ต้นกุหลาบไม่สะสมก๊าซ ก. ไว้ที่ราก
 - ส่วนใบของต้นกุหลาบจะสะสมก๊าซ ก. ได้มากที่สุด
 - ส่วนต่างๆของต้นกุหลาบสะสมก๊าซ ก. ได้ไม่เท่ากัน
 - ก๊าซ ก. จะแพร่เข้าสู่รากได้มากกว่าส่วนที่เป็นลำต้นของกุหลาบ
 - การแพร่ของก๊าซ ก. ไปยังส่วนต่างๆ ของต้นกุหลาบต้องอาศัยท่อลำเลียงน้ำ
9. การจำแนกสารตามลักษณะเนื้อสาร ถ้าใช้เนื้อสารเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา จะจำแนกสารได้เป็น 2 ประเภท คือ สารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสม จากการทดลองนี้ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับคำว่า “สารเนื้อเดียว”
- เป็นสารบริสุทธิ์เท่านั้น
 - มีองค์ประกอบทุกๆ ส่วนเห็นได้ชัดเจน
 - สารที่ประกอบไปด้วย สารเพียงอย่างเดียว
 - สารที่มีสมบัติแต่ละส่วนของเนื้อสารไม่เหมือนกัน
 - สารที่มองเห็นเป็นเนื้อเดียวกันโดยตลอดทั้งเนื้อสาร

10. ข้อใดสรุปความหมายได้ถูกต้องเกี่ยวกับคำกล่าวที่ว่า “สบู่ช่วยชำระล้างสิ่งสกปรกจากผิวหนังได้”

- ก. สบู่ช่วยให้ไขมันที่ผิวหนังละลายน้ำได้
 - ข. สบู่ทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกเองโดยตรง
 - ค. สบู่มีสารที่ทำให้หนังกำพร้าที่ผิวหนังหลุดออกมา
 - ง. สบู่ทำให้ผิวหนังหดตัว สิ่งสกปรกจึงหลุดล่อนออกมาได้ง่าย
 - จ. ถูกทุกข้อ
- ถ้ากำหนดให้
- 1 = ทุกส่วนของเนื้อสารต้องอยู่ในสถานะเดียวกัน
 - 2 = ความสามารถในการละลายคงที่ ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ
 - 3 = จุดเดือดและจุดหลอมเหลวคงที่
 - 4 = ความหนาแน่นคงที่ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ

11. ข้อใดระบุถูกต้องเกี่ยวกับสมบัติของสารบริสุทธิ์

- ก. เฉพาะข้อ 1 กับ 2
- ข. เฉพาะข้อ 3 กับ 4
- ค. ทั้งข้อ 1, 2, 3 และ 4
- ง. เฉพาะข้อ 1, 2 และ 3
- จ. เฉพาะข้อ 2, 3 และ 4

12. จากการทดลอง เมื่อรินน้ำและแอลกอฮอล์ลงในหลอดทดลองขนาดกลางอย่างละหลอด หลอดละ 3 ลบ.ซม.ค่อยๆ เติมน้ำเค็มคลอไรด์ลงในหลอดทดลองทั้ง 2 หลอดๆ ละ 1 ซ้อนเบอร์ 1 แล้วเขย่าเมื่อโซเดียมคลอไรด์ละลายหมดให้เติมลงไปอีกทีละซ้อน จนไม่ละลายอีกต่อไป นับจำนวนซ้อน จากการทดลองดังกล่าว เมื่อตั้งสมมติฐานการทดลองว่า “สารชนิดเดียวกันละลายในตัวทำละลายแต่ละชนิดได้แตกต่างกัน” คำว่า ตัวทำละลาย หมายความว่าถึงข้อใด

- ก. สารที่มีสถานะเป็นของแข็ง
- ข. สารที่มีสถานะเป็นของเหลว
- ค. สารที่มีปริมาณพอเหมาะระหว่างตัวทำละลายและตัวถูกละลาย
- ง. สารที่มีปริมาณมากกว่า ถ้าตัวทำละลายและตัวถูกละลายเป็นของเหลว
- จ. สารที่มีปริมาณน้อยกว่า ถ้าตัวทำละลายและตัวถูกละลายเป็นของเหลว

13. ในการทดลองเพื่อศึกษา “การละลายของสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิสูงขึ้น” เป็นลงทำให้เกิดปรากฏการณ์การตกผลึก” คำว่า การตกผลึก หมายความว่าถึงข้อใด
- ก. การที่สารละลายมีตัวทำละลาย ละลายได้เพิ่มขึ้น
 - ข. การที่สารละลายอิ่มตัว ไม่สามารถละลายได้อีกต่อไป
 - ค. การที่ของแข็งแยกออกมา มีรูปทรงเรขาคณิต มีเหลี่ยมมุม
 - ง. การที่ของแข็งที่เป็นตัวละลายแยกตัวออกจากสารละลายอิ่มตัว
 - จ. การที่สารละลายอิ่มตัวสามารถละลายได้เต็มที่จนไม่สามารถละลายได้อีกต่อไป
14. จากการทดลองการละลายของสารต่างๆ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และปล่อยให้สารละลายอิ่มตัว เป็นลงได้ผลตามการทดลองดังนี้

ตัวถูกละลาย	การเปลี่ยนแปลง	
	เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น	เมื่อปล่อยให้สารละลายอิ่มตัวเป็นลง
จุณสี	ละลายได้มากขึ้น	มีของแข็งสีน้ำใส มีเหลี่ยมมุมรูปทรงเรขาคณิต อยู่ที่ยก้นภาชนะ
เกลือแกง	ละลายได้มากขึ้น	มีของแข็งสีขาว เป็นเกล็ด อยู่ที่ยก้นภาชนะ
สารส้ม	ละลายได้มากขึ้น	มีของแข็งใส ไม่มีสี มีเหลี่ยมมุมรูปทรงเรขาคณิต อยู่ที่ยก้นภาชนะ

- ข้อใดอธิบายถึง การละลายได้มากขึ้น ได้ถูกต้องที่สุด
- ก. การละลายของสารละลายเมื่อตัวถูกละลายได้เพิ่มขึ้น
 - ข. การละลายของสารละลายเมื่อตัวทำละลายละลายได้เพิ่มขึ้น
 - ค. เมื่อสารละลายอิ่มตัวมีอุณหภูมิสูงขึ้น ตัวถูกละลายจะละลายได้เพิ่มขึ้น
 - ง. เมื่อสารละลายอิ่มตัวมีอุณหภูมิสูงขึ้น ตัวทำละลายจะละลายได้เพิ่มขึ้น
 - จ. การละลายของสารได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวถูกละลายและตัวทำละลาย

คำชี้แจง จากข้อมูลข้างล่างใช้ตอบคำถามข้อ 15-16

จากการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า เมื่อเติมน้ำสบู่และน้ำผงซักฟอกลงไปในน้ำมันพืช ทำให้น้ำมันพืชที่ไม่ละลายน้ำ ละลายได้หรือไม่ และได้ทำการทดลองดังนี้

1. ใส่น้ำกลั่น 3 ลบ.ซม. ลงในหลอดขนาดกลาง 3 หลอด
2. เติมน้ำมันพืช 3 หลอด ในหลอดทั้ง 3 สังเกตผลการเปลี่ยนแปลง
3. เขย่าหลอดทดลอง หลอดที่ 1 นาน 20 วินาที ตั้งทิ้งไว้
4. เติมน้ำสบู่ และน้ำผงซักฟอก อย่างละ 1 ลบ.ซม. ลงในหลอดที่ 2, 3 เขย่า 20 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลง และบันทึกผล

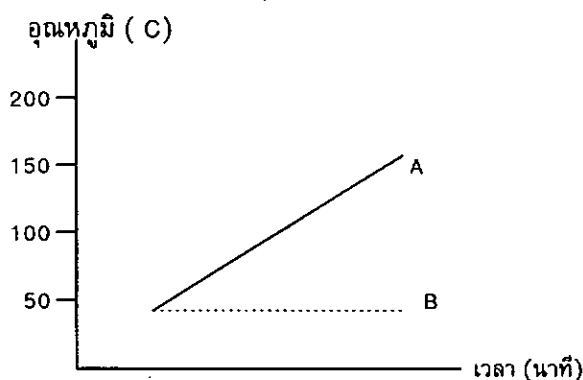
15. ข้อใดคือผลที่ต้องสังเกต

- ก. จำนวนหยดของน้ำมันพืชแต่ละครั้ง
- ข. สีของสารทดลองในแต่ละหลอดที่เปลี่ยนไป
- ค. ปริมาณฟองที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองแต่ละหลอด
- ง. การละลายของน้ำมันพืชในหลอดทดลองแต่ละหลอด
- จ. ความหนาแน่นของน้ำมันพืชในหลอดทดลองแต่ละหลอด

16. ข้อใดคือสิ่งที่ต้องจัดให้เท่าๆ กัน

- ก. ขนาดของหลอดทดลอง
- ข. เวลาที่ใช้เขย่าทั้ง 3 หลอด
- ค. ปริมาณฟองที่จะเกิดจากการทดลอง
- ง. ปริมาตรน้ำกลั่น และสารแต่ละชนิดที่เติม
- จ. ชนิดของสาร ปริมาตรของน้ำกลั่น และขนาดของหลอดทดลอง

17. ข้อใดเป็นการแปลผลจากกราฟได้ดีที่สุด



- ก. สาร A ไม่ใช่ธาตุ แต่สาร B เป็นธาตุ
- ข. สาร B ได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นอุณหภูมิจะสูงขึ้น
- ค. สาร A ถ้าได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นอุณหภูมิจะสูงขึ้น
- ง. สถานะของสาร A และ B ที่ 35 C เป็นของแข็ง
- จ. เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที อุณหภูมิของสาร A และ B จะต่างกันมากที่สุด

18. ถ้าต้องการเปรียบเทียบความสามารถในการละลายของสาร 2 ชนิด จะทำการทดสอบอย่างไร

- ก. เติมสารแต่ละชนิดลงในหลอดทดลองที่มีตัวทำละลายต่างกัน
- ข. เติมสารแต่ละชนิดลงในหลอดทดลองที่มีตัวทำละลายเหมือนกัน
- ค. เติมสารแต่ละชนิดลงในหลอดทดลองเดียวกับที่มีตัวทำละลายเหมือนกัน
- ง. เติมสารทั้ง 2 ชนิด ลงในหลอดเดียวกันที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายแล้ว
เขย่าเบาๆ
- จ. ไม่มีข้อที่ถูกต้อง

คำชี้แจง จากข้อความต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 19-20

ครูวางกระป๋องพลาสติก 2 ใบ ใบหนึ่งใส่น้ำก่อนข้างเต็ม อีกใบหนึ่งว่างเปล่า ครูถือสายพลาสติกใส เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ไว้ในมือ ถ้าครูถ่วงน้ำหนักจากกระป๋องที่มีน้ำอยู่ เกือบเต็มไปยังกระป๋องเปล่าด้วยสายยางนี้

19. ระยะเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทน้ำ จัดเป็นตัวแปรประเภทใด

- ก. ตัวแปรต้น
- ข. ตัวแปรตาม
- ค. ตัวแปรควบคุม
- ง. ตัวแปรส่งเสริม
- จ. ตัวแปรประกอบ

20. ตัวแปรที่ควบคุม ได้แก่

- ก. ปริมาณน้ำที่ใช้ถ่ายเท
- ข. ขนาดของท่อพลาสติก
- ค. สมรรถภาพของกระป๋อง
- ง. ครู เวลาที่ใช้ในการถ่ายเท
- จ. ถูกทุกข้อ

21. ในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการละลายของสาร x และสาร y ในน้ำ นักเรียนจะมีวิธีการทดลองอย่างไร

- ก. ใส่สารในหลอดทดลอง 2 หลอด จำนวนเท่า ๆ กัน เติมสาร x, y ลงในหลอดทั้งสอง แล้วเขย่า
- ข. ใส่สารในหลอดทดลอง 2 หลอด จำนวนเท่า ๆ กัน เติมสาร x, y ลงในหลอดทดลองทั้งสองแล้วเขย่าเป็นเวลา 3 นาที
- ค. ใส่สารในหลอดทดลอง 2 หลอด จำนวนเท่า ๆ กัน เติมสาร x, y ลงในหลอดทั้งสอง หลอด ๆ ละ 2 ช้อน เบอร์ 1 แล้วเขย่าเป็นเวลา 3 นาที
- ง. ใส่สารในหลอดทดลองขนาดกลาง 2 หลอด ๆ ละ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสาร x ในหลอดที่ 1 และสาร y ในหลอดที่ 2 อย่างละ 2 ช้อนเบอร์ 1 เขย่าหลอดทั้งสอง 3 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลง
- จ. ถูกทุกข้อ

22. การทดลองเพื่อหาปริมาณการละลายของสารต่าง ๆ ในน้ำ ณ อุณหภูมิห้อง ควรเลือกให้อุณหภูมิในข้อใดจึงเหมาะสม

- ก. หลอดทดลอง, สารต่าง ๆ, น้ำ
- ข. บีกเกอร์, สารต่าง ๆ, กรวย, ท่อน้ำก๊าซ
- ค. หลอดทดลอง, สารต่าง ๆ, น้ำ, ตะเกียงแอลกอฮอล์
- ง. บีกเกอร์, สารต่าง ๆ, ขาดังอุปกรณ์, ตะเกียงแอลกอฮอล์
- จ. บีกเกอร์, สารต่าง ๆ, กรวย, ท่อน้ำก๊าซ, ตะเกียงแอลกอฮอล์

23. จากการทดลองเรื่อง “แอมพูและผงซักฟอก ทำความสะอาดได้อย่างไร” มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. นำน้ำมันพืช ใส่หลอดทดลอง 2 หลอด ๆ ละ 3 หยด
 2. เติมแอมพูและผงซักฟอกลงในหลอดทั้ง 2 อย่างละเท่า ๆ กัน
 3. เขย่าหลอดทดลองทั้ง 2 หลอด ๆ ละ 20 นาที ตั้งทิ้งไว้
- การทดลองดังกล่าวต้องบันทึกผลการทดลองตอนใดบ้าง
- ก. บันทึกผลทุกขั้นตอนที่กล่าวมา
 - ข. นำน้ำมันพืชใส่ในหลอดทดลองทั้ง 2 หลอด
 - ค. หลังจากที่เขย่าหลอดทั้งหมดเมื่อตั้งทิ้งไว้แล้ว
 - ง. ขณะที่กำลังเติมสารทั้ง 2 ชนิดลงในหลอดทดลอง
 - จ. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

24. จะเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในข้อใด เพื่อทดสอบสมมติฐาน “กรดที่ได้จากพืชและกรดที่ได้จากแร่ธาตุมีสมบัติแตกต่างกัน”

- ก. สารละลายกรดแอซิดิก และซัลฟิวริก, กระดาษลิตมัส
- ข. สารละลายโซเดียมคลอไรด์, สารละลายน้ำส้ม, กระดาษลิตมัส
- ค. สารละลายน้ำส้ม, น้ำมะขาม, กระดาษลิตมัส, แผ่นโลหะบางชนิด
- ง. สารละลายน้ำส้ม, น้ำมะขาม, กระดาษลิตมัส, แผ่นสังกะสี, แผ่นหินปูน
- จ. สารละลายกรดชนิดต่าง ๆ, กระดาษลิตมัส, แผ่นโลหะสังกะสี, และหินปูน

คำชี้แจง จากข้อมูลนี้ใช้ตอบคำถาม 25-26

สาร	ปริมาณของสารมากที่สุดที่ละลายได้ (จำนวนข้อต่อตัวทำละลาย 35 ซม ³)	
	น้ำ	แอลกอฮอล์
เซลแล็ก	-	3
สีผสมอาหาร	5	-
เกลือแกง	3	-

25. จากตารางข้อมูลข้างต้น เป็นการทดลองเกี่ยวกับเรื่องใด

- ก. องค์ประกอบของสารละลาย
- ข. ปริมาณของสารในตัวทำละลาย
- ค. ปริมาณของสารในตัวถูกละลาย
- ง. การละลายของสารในตัวทำละลายต่างกัน
- จ. การละลายของสารในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน

26. สารชนิดใดละลายในตัวทำละลายชนิดเดียวกันได้มากที่สุด

- ก. เซลแล็ก
- ข. เกลือแกง
- ค. สีผสมอาหาร
- ง. เกลือแกงและเซลแล็ก
- จ. เกลือแกงและสีผสมอาหาร

27. ถ้าสังกะสีและหินปูนถูกกรดนานๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

- ก. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ เกิดขึ้น
- ข. ทำให้โลหะผุกร่อน และเกิดฟองก๊าซ
- ค. ทำให้สังกะสีและหินปูนละลายหายไป
- ง. ทำให้สังกะสีผุกร่อน แต่หินปูนแวววาวขึ้น
- จ. ทำให้สังกะสีมันเงา และหินปูนแวววาวขึ้น

คำชี้แจง จากข้อมูลใช้ตอบคำถามข้อ 28

การทดลองหยดสารละลายเงินเขียนไวโอเลตบนสารที่เป็นกรดที่ใช้ในชีวิตประจำวันชนิดต่างๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงดังตาราง

สาร	การเปลี่ยนแปลงเพื่อเติมสารละลายเงินเขียนไวโอเลต
น้ำมะนาว	ไม่เปลี่ยนแปลง
น้ำมะกรูด	ไม่เปลี่ยนแปลง
น้ำมะขาม	ไม่เปลี่ยนแปลง
กรดกำมะถัน	เปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเขียว
กรดเกลือ	เปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเขียวอมน้ำเงิน

28. จากตารางผลการทดลอง อาจจำแนกสารที่ใช้ในชีวิตประจำวันได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

- ก. สารที่เป็นกรดและเบส
- ข. สารที่ทำปฏิกิริยากับสารที่ไม่ทำปฏิกิริยา
- ค. สารที่ใช้ในครัวเรือนกับสารที่ใช้ในห้องปฏิบัติ
- ง. สารที่ทำปฏิกิริยากับกรด และสารที่ทำปฏิกิริยากับเบส
- จ. สารที่ไม่เปลี่ยนสี และสารที่เปลี่ยนสีของเงินเขียนไวโอเลต

29. จากตารางข้างล่างนี้ นักเรียนสรุปผลจากการทดลอง ได้อย่างไร

สิ่งที่สังเกต	ผลการสังเกต
1. ลักษณะเนื้อสารหมายเลข 1	บางส่วนเป็นผงสีดำ บางส่วนเป็นผงสีขาว หยาบบ้าง ละเอียดบ้าง
2. สารหมายเลข 1 ผสมในน้ำ	ของเหลวขุ่น มีสารสีดำลอยอยู่ที่ผิวหน้า
3. สิ่งที่ติดบนกระดาษกรอง	สารสีดำ

- ก. การแยกองค์ประกอบของสารที่ละลายน้ำได้ ทำได้โดยการระเหยจนแห้ง
- ข. การแยกองค์ประกอบของสารเนื้อผสมที่ไม่ละลายน้ำ ทำได้โดยการกรอง
- ค. การแยกองค์ประกอบของสารเนื้อผสม ซึ่งมีองค์ประกอบที่ถูกแม่เหล็กดูดได้
- ง. การแยกสารเนื้อผสมที่เป็นของแข็งบางชนิด ทำได้โดยอาศัยสมบัติของการระเหิด
- จ. การแยกสารเนื้อผสมที่เป็นของแข็งบางชนิด ทำได้โดยอาศัยสมบัติการเปลี่ยนสถานะ

30. จากผลการทดลองข้างล่างนี้ นักเรียนสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

การทดลอง	ผลการทดลองเมื่อเขย่าสารแล้ว
1. เกิดน้ำสบู่ลงในน้ำที่มีน้ำมันพืชอยู่	ได้สารละลายขุ่นขาว ไม่มีน้ำมันเหลืออยู่
2. เติมสารละลายผงซักฟอกในน้ำที่มีน้ำมันพืชอยู่	ได้สารละลายขุ่นขาว ไม่มีน้ำมันเหลืออยู่
3. เติมสารละลายแชมพูในน้ำที่มีน้ำมันพืชอยู่	ได้สารละลายขุ่นขาว ไม่มีน้ำมันเหลืออยู่

- ก. น้ำมันพืชไม่ละลายน้ำ
- ข. น้ำมันพืช เมื่อทำปฏิกิริยาแล้วจะได้สารละลายขุ่นขาว
- ค. สบู่ ผงซักฟอก และแชมพู มีสมบัติทำให้น้ำมันละลายได้ในน้ำ
- ง. น้ำมันพืชทำให้น้ำสบู่ สารละลายผงซักฟอก สารละลายแชมพู เกิดการแตกตัว
- จ. สบู่ ผงซักฟอก และแชมพู มีสมบัติแยกน้ำมันออกจากน้ำเป็นชั้นเห็นได้ชัดเจน

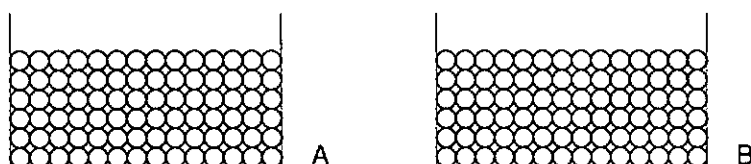
แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย
ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้น ห้อง และโรงเรียนในกระดาษคำตอบ
2. ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์สมมติในแต่ละเรื่อง แล้วตอบคำถามตามความคิดเห็นของนักเรียน
3. ข้อความในคำถามจะถามเกี่ยวกับความรู้สึก และการกระทำของนักเรียน ซึ่งไม่มีคำตอบถูกหรือผิด เพราะแต่ละคนย่อมมีความคิดเห็น และแนวทางการประพฤติแตกต่างกันได้ ข้อสำคัญขอให้นักเรียนตอบคำถามให้ตรงกับสภาพความเป็นจริงของนักเรียนมากที่สุด
4. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 30 ข้อ เวลาสอบ 60 นาที

1. ครูบอกว่าเมื่อผสมสาร ก และ ข จะได้สาร ค อุณหภูมิของสาร ค จะสูงกว่าสาร ก และสาร ข เมื่อวินัยทดลองได้ผลว่า สาร ค มีอุณหภูมิต่ำกว่าสาร ก และ ข วินัยจึงทำการทดลองซ้ำหลายครั้ง ได้ผลเหมือนเดิม คือสารผสมมีอุณหภูมิต่ำ วินัยรายงานผลว่าผสมสาร ก และ ข อุณหภูมิของสาร ค จะต่ำกว่าสารเดิม นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร ถ้านักเรียนได้ทำการทดลองร่วมกับวินัย

2. ให้นักเรียนพิจารณาลูกแก้วในภาชนะ ดังรูป



ถ้าเติมน้ำลงไปจนเต็มภาชนะ A และ B นักเรียนคิดว่า ภาชนะใดใช้น้ำปริมาณที่มากกว่า เพราะเหตุใด

3. อาจารย์แจ้งว่า เย็นนี้หลังเลิกเรียนมีการบรรยายพิเศษเรื่อง “มหันตภัยจากเชื้อโรคร้ายในอาหาร” ซึ่งเป็นเรื่องที่รัชดาไม่เคยรู้มาก่อน ถ้านักเรียนเป็นรัชดานักเรียนจะอย่างไร เพราะเหตุใด
4. วิชาตั้งสมมติฐานการทดลองว่า “การวัดที่ละเอียดถูกต้อง ควรใช้เครื่องมือวัดที่มีขนาดใหญ่กว่าอุปกรณ์ที่ต้องการวัด” วิชาใช้ ไม้เมตร ไม้บรรทัด สายวัด และการคาดคะเน พบว่าการวัดด้วยไม้เมตร และสายวัดได้ผลใกล้เคียงกันมาก จึงรายงานว่า ผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานที่วางไว้ และเสนอให้กลุ่มอื่น ลองทำการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานของตน แล้วเปรียบเทียบผลการทดลองกัน นักเรียนคิดว่าวิชาเป็นคนอย่างไร ถ้านักเรียนเป็นวิชา นักเรียนจะอย่างไร
5. สุภาบรรจุก๊าซฮีเลียมในลูกโป่งสองลูกปริมาณเท่ากัน ลูกหนึ่งสีดำ ลูกที่สองสีขาว วางลูกโป่งทั้งคู่ไว้กลางแดด 5 นาที เพราะสุภาคิดว่า ลูกโป่งทั้งคู่จะลอยพร้อมกันและลอยสูงเท่ากัน แต่ปรางค์บอกว่า ลูกสีดำลอยเร็วและสูงกว่าลูกสีขาว เพราะสีดำดูดความร้อนดีกว่า ทำให้ก๊าซฮีเลียมขยายตัวเร็วกว่าลูกที่สีขาว นักเรียนคิดว่าสุภาควรระมัดระวังคำอธิบายของปรางค์หรือไม่ เพราะเหตุใด
6. ผู้ใหญ่ในหมู่บ้านว่า “ดอกกล้วยไม้ป่าจะเหี่ยวช้ากว่า ดอกกล้วยไม้ที่ทำการเพาะเลี้ยงในกระถาง เมื่อตัดมาปักแจกันพร้อมกัน” นักเรียนจึงทดลองพบว่า ดอกกล้วยไม้ที่ทำการเพาะเลี้ยงในกระถางเหี่ยวช้ากว่าดอกกล้วยไม้ป่ามาก นักเรียนจะเชื่อข้อเท็จจริงในส่วนใด

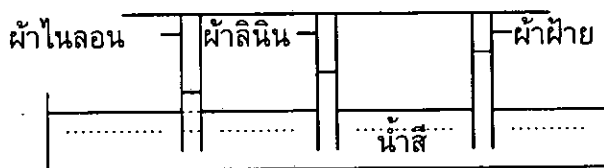
7. จากคำกล่าวที่ว่า “ประชาชนจำนวนมากเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจ ซึ่งมักเกิดจากโรคความดันโลหิตสูง ความอ้วน มีสารคอเลสเตอรอลในเลือดมาก สูบบุหรี่จัดและมีความเครียด” นักเรียนเห็นด้วยกับคำกล่าวนี้อหรือไม่ เพราะเหตุใด
8. นักเรียนชมการสาธิตเรื่อง “การปลูกผักสวนครัวในน้ำ” แต่เป็นช่วงท้ายของรายการเพราะนักเรียนมาไม่ทัน ทำให้นักเรียนไม่รู้ว่า มีสารเคมีชนิดใดบ้างที่นำมาใช้ปลูกพืช เมื่อการสาธิตจบลง ทุกคนเริ่มทยอยออกจากบริเวณนั้น นักเรียนจะอย่างไร
9. วรีจับเวลาก่อนการลูกใหม่ของกระดาน เมื่อใช้เลนส์นูนขนาดต่างกันไปปรับแสงอาทิตย์ได้ผลดังนี้

เวลาก่อนการลูกใหม่ (นาที)	เส้นผ่าศูนย์กลางของเลนส์ (ซม.)
5	6.0
2	10.0
10	2.5

วรีทำการทดลองซ้ำ และนำผลการทดลองเปรียบเทียบเพื่อนในห้อง พบว่าผลการทดลองต่างกัน วรีจึงรายงานการทดลองทั้งหมดให้ทุกคนรู้ ถ้านักเรียนเป็นวรีนักเรียนจะทำอย่างไร

10. ญี่ปุ่นใช้กระแสไฟฟ้าแยกน้ำเป็นก๊าซไฮโดรเจน และออกซิเจน นำก๊าซไฮโดรเจนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันเบนซินหรือดีเซลได้ เป็นการลดมลภาวะเพราะไม่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นักเรียนมีความเห็นอย่างไร ต่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีในปัจจุบัน
11. ขจรเห็นว่า บ่อน้ำข้างบ้านมีพืชน้ำน้อยมาก เพราะไม่เคยเทน้ำผงซักฟอกที่ใช้แล้วลงไป แต่บ่อน้ำบ้านสนม เทน้ำผงซักฟอกทุกครั้ง มีพืชน้ำขึ้นมาก แม้จะกำจัดพืชนั้นบ่อย ขจรแนะนำให้สมศรีเลิกเทน้ำผงซักฟอกลงในบ่อน้ำ ถ้านักเรียนเป็นสมศรีนักเรียนจะแก้ปัญหาได้อย่างไร
12. ผู้หญิงคนหนึ่งคลอดลูกเป็นฝาแฝด 3 คน เพศหญิงล้วนคนในหมู่บ้านไม่พอใจ เพราะถือว่าการมีลูกฝาแฝดเป็นลางร้าย ให้ขับไล่หญิงคนนั้นออกจากหมู่บ้าน นักเรียนเห็นด้วยกับการกระทำของคนในหมู่บ้านหรือไม่ เพราะเหตุใด

13. โรงเรียนของนักเรียนจัดตั้งชมรมพิทักษ์สิ่งแวดล้อมขึ้น มีการชี้แจงวัตถุประสงค์, เป้าหมายของการก่อตั้งชมรมให้กับนักเรียนและเพื่อนของนักเรียนได้รู้ เพื่อให้สมัครเป็นสมาชิกของชมรม นักเรียนรู้สึกสนใจบ้าง แต่เพื่อนส่วนมากไม่สนใจ นักเรียนจะอย่างไร
14. เมื่อบุญมาทำการทดลองครั้งใด ผลการทดลองของบุญมาจะแตกต่างจากเพื่อนๆ เสมอ แต่บุญมาจะทำการทดลองใหม่อีกหลายครั้ง เพื่อหาข้อสรุปว่า ผลการทดลองที่ได้ครั้งแรกนั้นผิดพลาดหรือไม่ ถ้าผลการทดลองหลายครั้งแตกต่างกันมาก บุญมาจะเข้าห้องสมุดอ่านหนังสือเพิ่ม แล้วกลับมาทำการทดลองนั้นอีก นักเรียนคิดว่าบุญมาเป็นคนอย่างไร
15. สาริกาพบว่า อ่างน้ำมีลูกน้ำมาก จึงนำปลาหางนกยูง 10 ตัวมาปล่อย ต่อมาไม่มีลูกน้ำเหลืออยู่ จึงคิดว่า ปลาหางนกยูงกำจัดลูกน้ำเป็นการลดปริมาณยุง สาริกาเผยแพร่ความรู้นี้ให้ชาวบ้าน เพื่อช่วยกันลดปริมาณยุงซึ่งเป็นพาหะของโรคมาเลเชีย นักเรียนคิดว่า สาริกาเป็นอย่างไร และทำถูกต้องหรือไม่
16. สาสีลองต้มน้ำ โดยตั้งสมมติฐานว่า “น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิ 100°C ” เมื่อทำการทดลองพบว่าน้ำเดือดที่ 98°C องศาเซลเซียส จึงอภิปรายในกลุ่ม และลงมติว่าควรแก้ไข ผลการทดลองให้เป็นตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และชี้ให้เห็นข้อผิดพลาด เกิดจากการบกพร่องของเทอร์โมมิเตอร์ ถ้านักเรียนเป็นสาสี นักเรียนจะอย่างไร
17. วุฒิทำการทดลองได้ผลดังรูป



ถ้านักเรียนเป็นวุฒิ นักเรียนจะอภิปรายผลการทดลอง ดังรูปอย่างไร

18. ทุกครั้งที่มีการใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของสารที่ทำการทดลอง ก่อนทำการทดลองทุกครั้ง นักเรียนคิดว่าสิ่งที่ควรปฏิบัติก่อนเป็นสิ่งแรกเมื่อได้รับเทอร์โมมิเตอร์มา คือสิ่งใด

19. นิสาคิดว่า “น้ำมีลักษณะเหมือนภาชนะที่บรรจุ” จึงลองเทน้ำในภาชนะที่มีรูปร่างต่างกัน 24 แบบ แล้วบอกผลการทดลองให้เพื่อนรู้ ดินว่า นิสาคควรกำหนดสถานะด้วย เพราะถ้าน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งจะมีรูปร่างคงที่ นิสากลับไปทดลองใหม่ และแจ้งผลว่าน้ำมีลักษณะเหมือนภาชนะที่บรรจุ เมื่อเป็นของเหลว ถ้าเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งจะมีรูปร่างคงที่เหมือนที่ดินบอก นักเรียนคิดว่านิสาเป็นคนอย่างไร ถ้านักเรียนเป็นนิสาคนักเรียนจะ ทำอย่างไร
20. สำเร็จใช้น้ำคั้นจากตะไคร้พ่นไล่แมลง วรณีนใช้น้ำคั้นจากใบสะเดาพ่นไล่แมลงศัตรูพืช สำเร็จและวรณีนแลกเปลี่ยนความรู้กัน และนำความรู้ใหม่ไปลองใช้ นักเรียนคิดว่า สำเร็จและวรณีนควรแลกเปลี่ยนความรู้กันหรือไม่ เพราะเหตุใด
21. อาจารย์สั่งให้ขุดดินลึก 1.5 เมตร เพื่อสำรวจหาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน นพบอกให้เพื่อนขุดดินแค่ 1.2 เมตร เพราะผลการทดลองน่าจะคล้ายๆ กัน ถ้านักเรียนเป็นสมาชิกกลุ่มนพ นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร
22. เมื่อเดินทางไปจังหวัดกำแพงเพชร วิจิตรสังเกตเห็นว่า ตลอดทางจะมีหุ่นแขวนอยู่ที่ประตูหน้าบ้านหรือรั้วบ้าน วิจิตรถามพ่อว่า “ชาวบ้านแขวนหุ่นไว้หน้าบ้าน ทำไม” พ่อตอบว่า “เพราะวิญญาณร้ายของผีแม่หม้ายต้องการได้ผู้ชาย ถ้าบ้านใดมีลูกผู้ชายต้องทำหุ่นไว้ป้องกันวิญญาณร้ายนั้น” ถ้านักเรียนเป็นวิจิตร นักเรียนจะเชื่อตามที่พ่อบอกหรือไม่ อย่างไร
23. เมื่อต้นน้อยหน่าออกผล พ่อของมานะจะเริ่มตัดใบน้อยหน่าทิ้ง ให้เหลืออยู่จำนวนน้อย พร้อมกับนำใบตองมาห่อรอบผลน้อยหน่า เพื่อให้หน่อหน่าลูกนั้นมีผลโต ที่ผลไม่มีเปลือกแข็งติดอยู่เลย มานะจึงคิดว่าถ้าการห่อผลน้อยหน่าด้วยใบตอง น่าจะมีผลต่อการเพิ่ม ปริมาตรของผล ถ้านักเรียนเป็นมานะ นักเรียนจะอย่างไร
24. เวลาสอบจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมแล้วบังเอิญรัฐสอบตก รัฐไม่รู้สึगत้อดย เมื่อรู้ผลสอบ รัฐจะเริ่มขยันหมั่นทบทวนบทเรียน เอาปัญหา กลับมาถามพี่ๆ ที่บ้านเสมอ นักเรียนคิดว่า รัฐเป็นคนอย่างไร ถ้านักเรียนสอบตกแล้วอาจารย์ให้อีกาสนักเรียนสอบซ่อมนักเรียนจะทำ อย่างไร
25. วาสนาแบ่งอุปกรณ์ที่ใช้ทำโครงงานวิทยาศาสตร์ให้มะลิใช้ด้วย ถ้านักเรียนเป็นวาสนา นักเรียนจะแบ่งอุปกรณ์ให้มะลิหรือไม่ เพราะเหตุใด

26. ชาวบ้านเล่าว่า “ถ้านำดินขุยไผ่ซึ่งมีอินทรีย์วัตถุมาก มาปลูกต้นไม้ ต้นไม้จะงอกงามดี”
กนกจึงทดลองปลูกผักบุ้ง 3 กระถาง วางไว้ในสถานที่ต่างกัน ใช้ดินต่างกันได้ผลดังนี้

กระถางที่ 1	สถานที่ปลูก	ดินที่ใช้ปลูก	ผลการทดลอง
1	ปลูกกลางแจ้ง	ใช้ดินผสมขี้เถ้า	ต้นเจริญเติบโต แข็งแรง
2	ปลูกในร่ม	ใช้ดินขุยไผ่	ต้นไม้เจริญเติบโต ใบเหลือง
3	ปลูกกลางแจ้ง	ใช้ดินขุยไผ่	ใบเหลือง เหี่ยวตายในที่สุด

กนกสรุปว่า ดินผสมขี้เถ้าช่วยให้พืชเจริญเติบโตดีกว่าดินขุยไผ่ ซึ่งขัดแย้งกับความเชื่อของชาวบ้านที่สืบทอดกันมา ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อกนก ถ้านักเรียนเป็นกนก นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร

27. พรนภาได้รับมอบหมายให้เป็นผู้ดูแลรับผิดชอบระบบนิเวศน์ของอ่างเลี้ยงปลาในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีปลาทองจำนวนมากเลี้ยงปนกับสาหร่ายหางกระรอก 3 สัปดาห์ต่อมา ปลาทองเริ่มตายลงทุกวัน วันละ 2-3 ตัว ถ้านักเรียนเป็นพรนภา นักเรียนจะอย่างไร
28. น้อยคิดว่า “การโยนเหรียญ 1 เหรียญ โอกาสที่จะเป็นด้านหัวเท่ากับโอกาสที่จะเป็นด้านก้อย” น้อยลองโยนเหรียญ 50 ครั้ง ได้ผลเป็น หัว:ก้อย = 25:25, 24:26, 26:24, 27:23 น้อยจึงสรุปว่า โอกาสที่จะได้ผลเป็น หัว=ก้อย คือ 1:1 น้อยเป็นคนอย่างไร ถ้านักเรียนเป็นน้อยนักเรียนจะสรุปผลอย่างไร
29. อาจารย์ให้เมฆวัดความยาวของหนังสือแบบเรียนเล่มหนึ่งจำนวน 5 ครั้ง แล้วให้หาค่าเฉลี่ยของหนังสือที่วัดได้ ขณะที่เมฆวัดได้ 2 ครั้งเพื่อนในกลุ่มบอกว่า “ไม่จำเป็นต้องวัดต่อเพราะได้ข้อมูลมาแล้วจากเพื่อนกลุ่มข้างเคียง” ถ้านักเรียนเป็นเมฆ นักเรียนจะอย่างไร
30. วินอบกล้วยน้ำว้าหนัก 100 กรัม 6 ใบในตูบจนแห้ง พบว่ามวลหลังอบลดลงเหลือ 80, 85, 87, 82, 84 กรัมตามลำดับ วินคิดว่าการทดลองผิดพลาดเพราะน้ำหนักของมวลหลังอบลดลงไม่เท่ากัน วินจึงทดลองใหม่ และรายงานผลการทดลองทั้งหมดให้เพื่อนในห้องทราบ โดยไม่ปรับเปลี่ยนค่าตัวเลขถ้านักเรียนเป็นวิน นักเรียนจะอย่างไร

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย
ด้านคุณลักษณะทั่วไป

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้เป็นแบบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก มีข้อคำถามทั้งหมด 40 ข้อ
ให้เวลาทำ 40 นาที
2. ในแต่ละข้อจะมีสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวันให้นักเรียนอ่านและทำความเข้าใจสถานการณ์หรือเหตุการณ์นั้นๆ แล้วพิจารณาตัวเลือกหรือคำตอบที่กำหนดให้ 4 ตัวเลือก โดยเลือกเพียงคำตอบเดียวที่ตรงกับความคิดเห็น หรือความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด แล้วขีด × ลงในช่อง ○ ซึ่งอยู่ ได้หมายเลขข้อคำตอบที่นักเรียนต้องการลงในกระดาษคำตอบ

ตัวอย่างคำตอบ

0) สมอง : ทวีพลจะไปไหนนะ

ทวีพล : จะไปช่วยเขาปลูกต้นไม้รอบๆ หมู่บ้านเราไงละ จะได้ดูร่มรื่น...มีอากาศดี

สมอง :

นักเรียนชอบคำพูดของสมอง ข้อใด

1. อ้อ...ดีนะ ผมไปช่วยด้วย
2. ผมก็ตั้งใจว่าจะไปช่วยเขาอยู่เหมือนกัน
3. ดีจริงๆ ที่มีการร่วมมือกันทำงานแบบนี้
4. เกือบลืมแล้วซี ดกกลงจะเริ่มปลูกกันวันนี้เลยหรือ

วิธีตอบ

ถ้านักเรียนเลือกคำตอบที่ตรงกับความคิด หรือความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด สมมติว่าเป็นตัวเลือกที่ 2 ให้นักเรียนขีดเส้นหนาลงในช่อง ○ ซึ่งอยู่ได้หมายเลขข้อคำตอบที่ต้องการลงในกระดาษคำตอบดังนี้

กระดาษคำตอบ

1	2	3	4
○	○	○	○

1)

ศศิคมล : นัสมถวิล ดุชิ ธวัชเขาอยู่กลุ่มที่ 4 พอทำงานกลุ่มเสร็จแล้วเขายังไปช่วย
กลุ่มที่ 2 อีกนะ
สมถวิล :

นักเรียนคิดว่าสมถวิลจะตอบอย่างไร

1. เขาคงเป็นคนที่ชอบทำงานเลย
2. กลุ่มที่เสร็จแล้ว ควรช่วยกลุ่มที่ยังไม่เสร็จ
3. เขาคงต้องการให้กลุ่มอื่นทำงานได้เร็วขึ้น
4. กลุ่มเราเสร็จแล้ว ฉันจะไปช่วยกลุ่มอื่นเหมือนกัน

2)

แคทรียา : พวกเราเสาร์นี้ชมรมอาสาพัฒนาเชิญชวนไปปิดกวาดขยะตามถนน
ผมจึงมาแจ้งให้เพื่อนๆ ทราบ
ศักดิ์สิทธิ์ :

นักเรียนคาดว่าศักดิ์สิทธิ์จะตอบอย่างไร

1. ผมไปช่วยคนหนึ่งนะ
2. ถ้าผมว่างผมไปช่วยแน่
3. พวกเราทุกคนต้องไปช่วยกันนะ
4. ผมเห็นถนนสกปรกอยู่นานแล้ว

3)

ลีลา : เขียนไม่สวยเลยจะติดบอร์ดได้อย่างไร
นพ : ผมเขียนให้เอาใหม่ฉันลายมือสวยนะ
นรี :

นักเรียนคาดว่านรีจะคิดอย่างไร เมื่อได้ยินนพพูดเช่นนั้น

1. นพคงอยากแสดงความสามารถ
2. เป็นเรื่องที่นพพอที่จะช่วยได้
3. ดิฉัน ที่รู้ว่าตัวเองมีความสามารถแล้วอาสาช่วย
4. คนที่มีความสามารถควรอาสาช่วยเหลือผู้อื่นด้วย

4)

สมศักดิ์ : กิตติบริจาดโลหิตเป็นประจำ เขาบอกว่าทำให้สุขภาพดี
 แล้วยังสบายใจด้วย
 สมชัย : นายกย่องนะ ได้บุญด้วย
 สมศักดิ์ :

ถ้านักเรียนเป็นสมศักดิ์ จะพูดว่าอย่างไร

1. นั่นซิ.ไม่ต้องซื้อหา ของในตัวเราแท้ๆ
2. ถ้าผมสุขภาพดีกว่านี้ ผมจะไปบริจาคบ้าง
3. ผมจะไปบริจาคเหมือนกิตติบ้าง
4. พวกเราควรจะไปบริจาคกันมากๆ

5)

ประธานกรรมการ : ดูป้าชายเลนบ้านเราซิ
 สิทธิ :

ถ้าสิทธิเป็นประธานกรรมการนักเรียน ท่านชอบความคิดของสิทธิในข้อใด

1. ป้าชายเลนบ้านเรา สภาพแย่งลงทุกวัน
2. ผมจะเรียกประชุมคณะกรรมการนักเรียนว่าจะทำอะไรบ้าง
3. ผมจะทำโครงการช่วยฟื้นฟูสภาพป่าชายเลนเสนอทางโรงเรียน
4. จะต้องรณรงค์นักเรียนในโรงเรียนให้เห็นความสำคัญของการฟื้นฟูป่าชายเลน

6)

เด่นกำลังขับรถมาโรงเรียน เต้นพบคนถูกรถยนต์ชนบาดเจ็บ เต้นพูดว่า
 เต้น : ป้อมยามอยู่ข้างหน้าเรารีบไปแจ้งเหตุดีกว่า

นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อการกระทำของเด่น

1. อยากให้มีคนอย่างเด่นมากๆ
2. ป้อมตำรวจอยู่ใกล้ๆ เต้นไม่ต้องเสียเวลาอะไร
3. เต้นคงถือว่าเป็นหน้าที่ของพลเมืองที่จะต้องทำ
4. คนที่เอาใจใส่ต่อความเดือดร้อนของคนอื่นอย่างเด่นนี้หายากนะ

7)

พันศักดิ์ : วันชัย ดูผู้ชายคนนั้นชิกระเป๋าสตางค์ไหล่ออกมาจากกระเป๋ากางเกง
ตั้งครึ่งหนึ่งแล้ว

วันชัย :

นักเรียนคิดว่าพันศักดิ์จะพูดตอบวันชัยว่าอย่างไร

1. เขาคงไม่รู้ตัวหรอกนะ
2. เราน่าจะไปบอกเขาให้รู้ตัวดีไหม
3. รีบไปบอกให้เขารู้ตัวเดี๋ยวนี้เลย
4. กระเป๋าต้องหล่นแน่ๆ เลยถ้าไม่มีใครไปบอกเขา

8)

แสงดาวเข้าห้องสมุด แล้วพบหนังสือเล่มหนึ่ง แล้วพูดว่า

แสงดาว (คิดในใจ)

นักเรียนคิดว่าแสงดาวจะคิดอย่างไร

1. เขามาเห็นหนังสือเล่มนี้แล้วหรือยัง
2. เราขอยืมหนังสือเล่มนี้ไปให้เพื่อนดีกว่า
3. อยากจะยืมไปให้เขาอยู่หรอก แต่ไม่แน่ใจว่าเขาจะมีหรือยัง
4. ไปบอกเขาว่าเราพบหนังสือที่เกี่ยวข้องกับรายงานของเขา

9)

มาเรีย : วันเสาร์นี้ อาจารย์ขอให้พวกเราช่วยเดินรณรงค์ให้คนเลิกสูบบุหรี่
เธอจะมาไหม

ปวีณา : ตอนนี้ฉันไม่ค่อยสบาย

นักเรียนคิดว่าปวีณาจะพูดต่อ...ว่าอย่างไร

1. ไม่รู้ว่าต้องเดินไกลไหม
2. ถ้าสบายดี ฉันคงจะมา
3. แต่ก็พยายามมา คงไม่เป็นอะไรมาก
4. แต่ก็มาให้ได้ พวกเราก็ควรจะมาช่วยกันทุกคน

10)

จริยา : นี่เธอสังเกตไหมว่า เราดีเยี่ยมไปตั้งแต่รู้ว่าสอบได้คะแนนต่ำสุดของกลุ่ม
 อรุมา : เขาได้คะแนนเท่าไรนะ
 จริยา : ได้ 58 จาก 100
 อรุมา :

นักเรียนคิดว่าอรุมาจะพูดว่าอย่างไร

1. ถึงคะแนนจะต่ำสุดของกลุ่ม ก็ไม่เป็นไรนี่
2. น่าเห็นใจเขาเนะ เขาคงเคยได้คะแนนดีมาตลอด
3. เราน่าจะหาวิธีช่วยให้เขาสบายใจขึ้นนะ
4. เราไปคุยกับเขาดีกว่า เขาจะได้สบายใจขึ้น

11)

ธรรมศักดิ์ : เสรีกับวิรัตน์เขาขัดใจกันมาตั้งแต่แข่งกีฬาแล้ว
 เราจะทำอย่างไรกันดีละ เขาถึงจะดีกัน
 ทวี :

นักเรียนชอบคำพูดของทวีในข้อใด

1. ไม่ต้องห่วงหรอกไม่ช้าเขาคงดีกันเอง
2. นั่นนะซิฉันกำลังคิดอยู่เหมือนกัน
3. มาช่วยกันคิดหาวิธีให้เขาดีกันเร็ว ๆ เกอะ
4. เราต้องพยายามทำอะไรสักอย่างให้เขาดีกันให้ได้

12)

วิโรจน์ : ผมทำบัตรประชาชนหาย ผมจะอย่างไรดี
 วิชิต :

นักเรียนคิดว่าวิชิตจะพูดว่าอย่างไร

1. ทำหายที่ไหนละ
2. คงจะต้องไปแจ้งความที่สถานีตำรวจ
3. ไปแจ้งตำรวจซิผมจะไปเป็นเพื่อนเอาไหม
4. ต้องไปแจ้งความนะ ผมจะพาคุณไปเอง

13)

กฤษฎิ์ : สุเทพ เธอมีหมวก ร.ด. 2 ใบ ใช่ไหม ขอยืมใบหนึ่งนะ
 สุเทพ : เมื่อวานนี้เพิ่งให้สมศักดิ์ยืมไป เพราะของเขาหาย
 กฤษฎิ์ : เธอให้สมศักดิ์ยืมทำไมล่ะ ไม่ใช่เพื่อนห้องเรานี้หรื
 สุเทพ :

นักเรียนคิดว่าสุเทพจะตอบกฤษฎิ์อย่างไร

1. แล้วหมวกของเธอไปไหนเสียละ
2. เธอไม่บอกเราก่อนนี้จะได้เก็บไว้ให้เธอยืม
3. ถึงสมศักดิ์จะอยู่ห้องอื่น เราก็น่าจะให้ยืม
4. ไม่ว่าใครถ้าเขาไม่มีเราก็ให้ยืมได้

14)

วิรัตน์กับวิสันต์เดินมาด้วยกัน พบชายแก่กำลังจะยกกระถางต้นไม้
 วิรัตน์ : คุณลุงครับ จะย้ายต้นไม้ไปไหนหรือครับ
 ชายแก่ : จะย้ายให้รับแสงแดดมากขึ้น
 วิสันต์ :

นักเรียนคิดว่าวิสันต์จะพูดว่าอย่างไร

1. กระถางใหญ่ขนาดนี้คงหนักมาก
2. ลุงคงจะยกไม่ไหว น่าจะเรียกคนมาช่วยยก
3. ลุงอายุมากแล้วเราน่าจะไปช่วยลุงยก
4. เราสองคนเข้าไปยกให้ลุงดีกว่า

15)

มาณี : คุณลุงคนนี้ใจบุญจัง ชอบบริจาคเงินสร้างโรงพยาบาล
 มีนา :

นักเรียนคาดว่ามีนาจะตอบมาณีว่าอย่างไร

1. คุณลุงคนนี้น่าจะมีเงินมากสินะ
2. บุญกุศลที่เขาทำมาคงส่งผลให้เขาร่ำรวยยิ่งขึ้น
3. การที่คุณลุงคิดช่วยเหลือผู้อื่นเป็นเรื่องน่าชมเชยนะ
4. ทุกคนควรจะรู้จักแบ่งปันเช่นเดียวกับคุณลุง

16)

วันชัย : อาจารย์สั่งให้เธอจัดบอร์ดเรื่องนี้เธอ

ทัศนีย์ : ไม่ได้สั่งหรอก บังเอิญฉันไปอ่านพบในหนังสือพิมพ์เห็นว่าเป็นประโยชน์
จึงนำมาติดให้เพื่อนๆ อ่าน

วันชัย :

นักเรียนคิดว่า วันชัยจะพูดอย่างไร

1. ยังมีเรื่องอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์อีกบ้างไหม
2. ถ้ามีเวลาว่างฉันจะช่วยเธอนะ
3. ดีจัง ผมจะบอกให้เพื่อนๆ มาอ่าน
4. ผมจะหาเรื่องราวที่มีประโยชน์มาติดบอร์ดบ้าง

17)

วันเฉลิม : พ่อผมติดคุก เพราะขับรถชนคนตาย ผมอายคนมาก
ไม่อยากมาโรงเรียนเลย

อนุชัย :

นักเรียนชอบคำพูดของอนุชัยในข้อใด

1. ช่างเคราะห์ร้ายเสียจริงๆ เลย
2. ผมเห็นใจ แต่คุณไม่ควรจะคิดมาก
3. ไม่มีเหตุผลอะไรที่จะต้องอาย ใครๆ ก็เข้าใจคุณ
4. ผมและเพื่อนๆ ทุกคนเข้าใจคุณดี เย็นนี้เราจะไปเล่นที่บ้านคุณ

18)

กำพล : ถ้าเรามีเครื่องมือมากกว่านี้ก็จะดีหรอก เราจะได้ช่วยกันพัฒนา

จำลอง : บ้านผมอยู่ใกล้แค่นี้เองเดี๋ยวผมจะหยิบมาให้

นักเรียนรู้สึกอย่างไรต่อการกระทำของจำลอง

1. ที่บ้านเขาคงมีเครื่องมือหลายชนิดจึงให้ยืมได้
2. เขาคงไม่อยากให้เสียเวลามาก
3. ดีนะ ที่เขาให้ยืมเครื่องมือมาใช้
4. ถ้าบ้านเราอยู่ใกล้ เราก็ไปหยิบมาให้เช่นกัน

19)

วรรณิ กำลังนั่งกลุ้มใจเรื่องการทำงานที่รับผิดชอบไม่เสร็จ
 ชุติ เข้ามาเล่าเรื่องความทุกข์ ความไม่สบายใจของตนเองให้วรรณิฟัง
 วรรณิ นั่งรับฟังอย่างตั้งใจ

นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อพฤติกรรมของวรรณิ

1. วรรณิเขาทนฟังได้อย่างไร ทั้งๆ ที่ตนเองก็ทุกข์ใจอยู่แล้ว
2. ความทุกข์ของวรรณิคงไม่หนักเท่าของชุติ
3. วรรณิมีความอดทนจริงๆ ที่ยอมรับฟังความทุกข์ของเพื่อน
4. ทุกคนน่าจะใส่ใจรับฟังความทุกข์ของผู้อื่นอย่างวรรณิ

20)

ลาวัลย์กับสุนิย์เดินมาด้วยกัน พบสภาพรถและฟุตบอลอยู่
 ลาวัลย์ : ดลกจังเลย ใส่ซาเทียมวิ่งกะโผลกกะเผลกเตะบอลอยู่ได้
 สุนิย์ :

นักเรียนคิดว่าสุนิย์จะพูดอย่างไร

1. เธอพูดอย่างนี้ สภาพรถไถอื่นจะเสียใจนะ
2. ไม่เห็นดลกอะไร ก็เห็นเขาเล่นกับเพื่อนได้
3. เราอาจจะชื่นชม ที่มีเพื่อนไม่ยอมแพ้อะไรง่ายๆ เหมือนสภาพรถ
4. เธอว่าเขาอย่างนั้นไม่ได้นะ น่าจะชมด้วยซ้ำไปที่เขาพยายามทำกิจกรรมทุกอย่าง

21)

พิทักษ์ : ผมชอบเรียนกับอาจารย์บัญชาที่สุดเลย
 อาจารย์ท่านมีกิจกรรมแปลกๆ ใหม่ๆ ให้ทำอยู่เรื่อย
 พันธุ์เทพ :

นักเรียนคิดว่าพันธุ์เทพจะพูดอย่างไร

1. นั่นซิ อาจารย์ช่างสรรหาวิธีการมาจากไหนนะ
2. พวกเราก็ชอบกันทั้งนั้นเลย เพราะสนุกและได้ทำกิจกรรมที่ไม่ซ้ำกัน
3. ท่านคิดเก่งนะจึงมีวิธีการน่าสนใจมาให้พวกเราได้ทำกันบ่อยๆ
4. เราน่าจะใช้วิธีการหลายๆ อย่างในการทำกิจกรรมเช่นเดียวกับอาจารย์บ้าง

22)

วินิต : ผมขอให้ที่ประชุมเสนอวิธีการใหม่ในการทำงานของนักเรียน
 วินัย : วิธีเดิมก็ดีแล้วจะต้องเสียเวลาเสนอวิธีใหม่ ทำไม่อีกละ
 วิมล :

นักเรียนคิดว่า วิมลจะแสดงความคิดเห็นอย่างไรต่อที่ประชุม

1. คุณวินัย คุณจะไม่คิดเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานบ้างหรือ
2. แม้ว่าจะเสียเวลาไปบ้าง ก็น่าจะลองคิดดู
3. เราช่วยกันคิดดูก่อนก็ดี เผื่อจะมีวิธีการที่ดีกว่า
4. ในการทำงานทุกอย่างเราควรจะคิดหาวิธีการใหม่ๆ อยู่เสมอ

23)

วรรณ : เธอได้ข่าวจากอาจารย์ใหม่ว่า โรงเรียนได้จ้างโค้ชพิเศษมาฝึกสอน
 ทีมบาสเก็ตบอลของเรา
 มลฤดี :

นักเรียนชอบคำพูดของมลฤดีในข้อใด

1. โรงเรียนมีโค้ชอยู่แล้วไม่ใช่หรือ
2. โค้ชคนใหม่คงมีวิธีการที่น่าสนใจ
3. เราอาจจะได้เทคนิคดีๆ เพิ่มขึ้นจากโค้ชคนใหม่
4. เราต้องเรียนรู้เทคนิควิธีที่ดีจากโค้ชคนใหม่ให้ได้มากๆ

24)

อรุณ : ไม่ว่าการแข่งขันตอบปัญหาที่ไหน ผมเห็นคุณไปสมัครแข่งขันทุกครั้งเลย
 พรพจน์ :

นักเรียนคิดว่าพรพจน์จะตอบอย่างไร

1. เป็นเรื่องที่ผมสนใจ คุณละสนใจบ้างไหม
2. อาจารย์สนับสนุนและผมก็เห็นว่า การไปตอบปัญหา ทำให้ผมสนุก
3. การไปแข่งขันตอบปัญหาแต่ละครั้ง ผมได้รับความรู้ใหม่ๆ
4. การไปตอบปัญหาทำให้ผมได้ข้อคิดสำหรับปรับปรุงตนเองทุกครั้ง

25)

ลูก : พ่อ เราน่าจะใช้ปุ๋ยสูตรอื่นดูบ้าง เพราะอาจารย์บอกว่าจะได้
ผลผลิตดีกว่าเดิม
พ่อ :

นักเรียนชอบคำพูดของพ่อในข้อใด

- 1. ลองทำดูสักแปลงหนึ่งก็ได้นะ
- 2. พ่อใช้สูตรนี้มานานแล้วนะ ผลผลิตเราก็ได้คุ้มทุน
- 3. แล้วมีใครเขาใช้ได้ผลบ้าง ลองไปถามดูซิ
- 4. เออดีนะ ที่รู้จักคิดหาวิธีเพิ่มผลผลิตให้กับครอบครัว

26)

ดวงใจ : อาภรณ์ รู้หรือยังเราได้รับมอบหมายงานแบบเดิม
อาภรณ์ : ถึงจะเป็นงานเดิม เราก็น่าจะลองใช้วิธีการใหม่ๆ ดูบ้างนะ
ดวงใจ :

นักเรียนคิดว่าดวงใจจะพูดอย่างไร

- 1. เธอมีวิธีใหม่อะไรบ้างละ
- 2. ลองเปลี่ยนวิธีใหม่ดูก็ได้ จะได้มีประสบการณ์เพิ่มขึ้น
- 3. เป็นความคิดที่ดีนะ เมื่อจะได้ผลงานดีกว่าเดิม
- 4. เราเห็นด้วยว่าคราวนี้น่าจะลองใช้วิธีการใหม่ๆ

27)

ทรงสุตา : เราผ่านร้านดอกไม้ที่ไร เราต้องแะดูการจัดดอกไม้ของเขาทุกครั้ง
เพราะ รูปแบบการจัดไม่เคยซ้ำกันเลย
มารศรี :

ถ้านักเรียนเป็นมารศรีจะคิดอย่างไรที่เจ้าของร้านทำเช่นนั้น

- 1. เขาคงไม่ชอบอยู่เฉยๆ
- 2. อาจมีคนเสนอแนะให้เขาเปลี่ยนบ่อยๆ
- 3. กิจการเขาคงเจริญแน่
- 4. ร้านอื่นน่าจะมาดูเขาเป็นตัวอย่าง

28)

วิภาดา : เราอ่านพบผลการทดลองใช้กากถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มผลผลิต
ในการเพาะเห็ด

สาริณี :

นักเรียนคิดว่าสาริณีจะตอบว่าอย่างไร

1. มันเหมาะกับสภาพบ้านเราไหม
2. ขอเรารายละเอียดไปอ่านดูก่อน ถ้าดีก็จะร่วมทดลองด้วย
3. ก็น่าจะไม่เสียหายอะไรที่เราจะทดลองวิธีของเขาดูบ้าง
4. ให้เพื่อนๆ ดูรายละเอียด จะได้ร่วมทดลองกับเราด้วย

29)

มัลลิกา : เราไปสัมภาษณ์นักเรียนรุ่นพี่ที่สอบเข้ามหาวิทยาลัยได้กันใหม่
ว่าเขามีวิธีการอย่างไรถึงได้เรียนเก่ง

มารตี : เธอก็เรียนเก่งอยู่แล้ว ได้เกรด 4 เกือบทุกวิชา
จะต้องไปสัมภาษณ์คนอื่นอีกทำไม

มัลลิกา :

นักเรียนชอบคำตอบข้อใดของมัลลิกา

1. เราคิดว่า รู้ไว้ก็คงไม่เปล่าประโยชน์
2. การไปพูดคุยกับรุ่นพี่คงจะทำให้เราทราบวิธีการที่ต่างจากที่เราใช้
3. เราจะได้ทราบวิธีอื่น เพื่อช่วยการเรียนรู้ของพวกเราให้ดีขึ้น
4. เราคิดว่าได้ประโยชน์แน่ จึงอยากจะชวนพวกเราไปกันหลายๆ คน

30)

“ถ้าหากคุณรักธุรกิจของคุณ จงสนุกที่จะแสวงหาวิธีการใหม่ๆ
เพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า”

นักเรียนรู้สึกอย่างไรกับคำกล่าวนี้

1. นักธุรกิจเขาชอบเสนอสิ่งใหม่ๆ อยู่แล้ว
2. วิธีการใหม่ๆ อาจทำให้ลูกค้าสนใจเพิ่มขึ้น
3. นักธุรกิจที่ดีย่อมไม่หยุดนิ่งอยู่กับที่
4. ผู้ที่ต้องการประสบความสำเร็จน่าจะนำแนวคิดนี้ไปใช้

31)

อภิสิทธิ์ : ผมทำข้อเดิมนั้นแหละแต่ใช้วิธีการคิดแบบอื่นดูบ้าง
 ดวงแข : อภิสิทธิ์ คุณคิดคณิตศาสตร์ข้อไหนนะ ข้อที่อาจารย์สั่ง
 ฉัน เห็นคุณทำ ส่งอาจารย์แล้วนี่

นักเรียนคิดว่าอภิสิทธิ์คิดอย่างไรจึงทำอย่างนั้น

1. คงทำมาเวลา ดีกว่าอยู่เฉยๆ
2. เขาคงอยากรู้ว่าจะมีวิธีอื่นอีกไหม
3. คงคิดว่าการได้ฝึกคิดจะช่วยให้คิดคล่องขึ้น
4. คงอยากจะทดลองหลายๆ วิธีที่จะหาคำตอบข้อนี้

32)

ประวัติ : เสรีอ่านรายงานผลการทดลองในหนังสือเล่มนี้ซิ
 เขาทำเรื่องเดียวกับเราเลย แต่วิธีการเขาไม่เหมือนเราหรอก
 เสรี เขาทำเรื่องเดียวกับเราเลยเธอ
 เราทดลองทำวิธีเดียวกับเขาบ้างดีไหม
 ประวัติ :

นักเรียนชอบคำตอบของประวัติในข้อใด

1. ผมไม่ว่าอะไรหรอก ขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม
2. ลองดูก็ได้ถ้าวันนี้เรามีเวลาว่างพอ
3. ดี เราจะได้รู้วิธีอื่นๆ เพิ่มขึ้นอีก
4. เอาซิ ทดลองวิธีนี้แล้ว น่าจะหาวิธีอื่นๆ อีกนะ

33)

ณ ที่พักเกษตรกรตำบล

ลุงซุ่ม : คุณครับ ลุงอยากจะขอปรึกษาวิธีการปลูกมะนาว
ให้มีผลนอกฤดูกาลให้ได้ผลดี

เกษตรกรตำบล : มะนาวที่สวนคุณลุงออกผลนอกฤดูกาลอยู่แล้วนี้ครับ
สวนอื่นเสียอีกที่ยังไม่ได้ผลเลย

ลุงซุ่ม :

นักเรียนคิดว่าลุงซุ่มจะพูดอย่างไร

1. พอดีผ่านมาก็เลยแวะถามดู เผื่อจะได้อะไรใหม่ๆ บ้าง
2. คนข้างบ้านเขาถามลุงว่ามีวิธีอื่นอีกไหม ลุงอยากรู้จักเลยมาถามคุณต่อ
3. ลุงคิดว่าน่าจะมีวิธีการอื่นอีกนะ ที่น่าจะนำไปใช้แล้วได้ผล
4. ลุงอยากทดลองหลายๆ วิธี เผื่อจะพบวิธีที่ทำให้ได้ผลดี

34)

“คนเรา ถ้าต้องทำงานเดิมซ้ำใหม่ ควรทำให้แปลกใหม่ไปจากเดิมบ้าง”

ถ้านักเรียนได้ยินคำพูดนี้จะมีความคิดเห็นอย่างไร

1. นับว่าเป็นความคิดที่น่าสนใจดีนะ
2. ถ้าเปลี่ยนจากเดิมแล้วทำให้ดีขึ้นก็น่าจะลอง
3. การเปลี่ยนแปลงวิธีการจะทำให้เราได้พบวิธีหลากหลาย
4. เราต้องนำความคิดนี้ไปเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานของเราบ้าง

35)

วรรณมล : มีข่าวอะไรน่าสนใจหรือเห็นนั้งอ่านอย่างตั้งอกตั้งใจ

สันติ : ผมไม่ได้อ่านข่าวหรือกรับกำลังดูรูปแบบตัวอักษรในโฆษณา
เขามีหลายแบบดี ผมจะนำไปใช้กับการทำงานของผม

นักเรียนมีความรู้สึกอย่างไรต่อการกระทำของสันติ

1. เขาคงสนใจทางด้านศิลป์
2. เขาคงได้รูปแบบตัวอักษรใหม่ๆ เพิ่มขึ้น
3. งานที่เขาทำแต่ละครั้งต้องน่าสนใจ
4. เขาทำให้ฉันได้แนวคิดในการปรับปรุงงาน

36)

สายใจ : คราวที่แล้วฉันเขียนเรียงความโดยใช้บทกลอนนำเรื่อง
 ครั้งนี้นั้นอยากจะเปลี่ยนแนวการเขียนเป็นอย่างอื่นบ้าง
 เธอมีความคิดอย่างไร
 พิมพ์พร :

นักเรียนชอบข้อเสนอดีของพิมพ์พร

1. การนำเรื่อง มีวิธีเขียนได้หลายแบบ
2. ถ้าไม่ยากเกินไปนัก ก็น่าจะลองเปลี่ยนวิธีดูบ้าง
3. การเปลี่ยนวิธีการนำเรื่องจะช่วยให้ได้รูปแบบใหม่
4. การเขียนหลายๆ รูปแบบจะช่วยให้งานเขียนดีขึ้น

37)

ประสิทธิ์ : อ้าว นั่นคุณคมกริช จัดเรียงแฟ้มเอกสารใหม่อีกแล้วหรือ
 คุณเพิ่งเปลี่ยนเมื่อต้นเดือนนี้น่ามีปัญหาในการค้นหาเอกสารหรือ
 คมกริช : ไม่มีปัญหาอะไรหรอกครับ วิธีเก่าสะดวกในการค้นหาก็จริงอยู่
 แต่

นักเรียนคิดว่าคมกริชจะให้เหตุผลต่อว่าอย่างไร

1. ผมชอบเปลี่ยนบรรยากาศในการทำงาน
2. ผมอยากทดลองวิธีใหม่ๆ ดู
3. ผมคิดว่าวิธีใหม่นี้จะดีกว่าเดิม
4. ผมอยากทำให้ระบบงานของเราดียิ่งขึ้น

38)

ยงยุทธ : คุณมีวิธีการเรียนอย่างไร จึงได้เรียนดีทุกวิชา แนะนำผมบ้างสิ
 สมภพ : คุณก็เรียนดีอยู่แล้วนี่ ทุกวิชาก็พอๆ กับผมไม่ใช่หรือ
 ยงยุทธ :

นักเรียนคิดว่ายงยุทธจะตอบว่าอย่างไร

1. ผมเพียงอยากรู้ว่าคุณเรียนอย่างไร
2. ผมอยากทดลองใช้วิธีของคุณดูบ้าง
3. ผมคิดว่าถ้าใช้การเรียนหลายๆ วิธี น่าจะดีกว่า
4. ถ้าไม่มีการเปลี่ยนวิธีบ้างก็จะไม่รู้ว่าวิธีอื่นๆ อีกที่ได้ผล

39)

ณ แปลงเกษตรที่โรงเรียน พิชิตยินดีคุยกับอาจารย์ผู้สอนวิชาเกษตรกรรม

พิชิต: อาจารย์ครับ แปลงเกษตรของผมขออนุญาตใช้สารสกัด
จากยาสูบแทนทางมุ้ง ได้ไหมครับ

นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อคำพูดของพิชิต

1. เขาคงไม่ชอบวิธีปลูกผักทางมุ้ง
2. เขาคงคิดว่าวิธีการใหม่ จะทำให้เขาสะดวกขึ้น
3. เขาคิดเก่งนะจึงมีวิธีอื่นมาลองใช้
4. ถ้าทุกคนรู้จักคิดหาวิธีต่าง ๆ มาใช้คงจะเพิ่มพูนความรู้ได้อีกมาก

40)

พ่อ : เมื่อวานไปประชุมที่สำนักงานเกษตรอำเภอ

เขาแนะนำให้เราเปลี่ยนมาทำไร่นาสวนผสม

เขาวามันจะดีกว่าที่เราจะปลูกข้าวอย่างเดียว แต่พ่อไม่แน่ใจ

ลูก :

นักเรียนเห็นคล้อยตามคำพูดของลูกในข้อใด

1. พ่อไม่แน่ใจ เรื่องอะไรล่ะ
2. มันอาจจะดีนะพ่อ เขาคงทดลองได้ผลมาแล้ว
3. งั้นเราไปดูตัวอย่าง ที่เขากำลังทำว่าเขากำหนดอย่างไร
4. เราลองแบ่งที่ทำไร่นาสวนผสมสักครึ่งหนึ่งก่อนก็ดี

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย
ด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ

ตอนที่ 1

มีข้อคำถามทั้งหมด 30 ข้อ เริ่มตั้งแต่ข้อ 1 ถึงข้อ 30 เป็นแบบวัดที่ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดเพียงคำตอบเดียว เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบได้แล้ว ให้ขีด X ลงในช่อง ☐ ซึ่งอยู่ใต้หมายเลขข้อคำถามที่ต้องการลงในกระดาษคำตอบ

ตัวอย่างคำถาม

o) ในการประกอบอาชีพค้าขาย ข้อใดแสดงว่ามีการวางแผนอย่างดี

1. เตรียมอุปกรณ์ให้ครบ
2. กำหนดว่าจะทำอะไรก่อน-หลัง
3. คาดผลกำไรที่จะได้ไว้ล่วงหน้า
4. วางแผนป้องกันอุปสรรคที่จะเกิดขึ้น

วิธีตอบ

ถ้านักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด หรือเหมาะสมที่สุด สมมติว่าเป็นตัวเลือกที่ 2 ให้นักเรียนขีดเส้น X ลงในช่อง ☐ ซึ่งอยู่ใต้หมายเลขข้อคำถามที่ต้องการ ลงในกระดาษคำตอบดังนี้

กระดาษคำตอบ

	1	2	3	4
o)	☐	☐	☐	☐

1)

หนึ่งเป็นเด็กรับจ้างทำงานบ้านคุณอรทัย หนึ่งมักทำข้าวของเครื่องใช้
ในบ้านแตกหักเสียหายเป็นประจำ

ถ้านักเรียนเป็นคุณอรทัย นักเรียนจะอย่างไร

1. ให้ออก แล้วรับคนใหม่
2. เปลี่ยนให้ทำงานอื่นแทนงานบ้าน
3. สังเกตและสอบถามสาเหตุเพื่อหาทางแก้ไข
4. แนะนำวิธีการทำงานที่ถูกต้องและให้ฝึกความชำนาญ-

2)

दनिय संगन चक्रवर्ती अन्येन परचक्र

นักเรียนคิดว่าสิ่งแรงที่दनियควรกระทำคืออะไร

1. จัดทำปฏิทินปฏิบัติงาน
2. หาสาเหตุที่ทำให้งานช้า
3. หาเวลาปฏิบัติงานให้มากขึ้น
4. กำหนดขั้นตอนการทำงานให้ชัดเจน

3)

กัลยา เปิดร้านผลิตและจำหน่ายของที่ระลึก ซึ่งผลิตจากวัสดุในท้องถิ่น
มีลูกค้ามาสั่งสินค้าให้ชาวต่างประเทศเป็นจำนวนมากและต้องการด่วน

ถ้านักเรียนเป็นกัลยาจะตอบลูกค้าอย่างไร

1. ดกลงทำได้ ไม่ขัดข้อง
2. ไม่รับทำ เพราะไม่มีเวลา
3. ขอสำรวจอุปกรณ์และกำลังคนก่อน
4. ดกลงทำได้ แต่ไม่แน่ว่าจะทำได้ทันเวลาหรือไม่

4).

ถ้าสมพลจัดทำเก้าอี้นอนด้วยไม้

เขาคควรกำหนดขั้นตอนการทำงานอย่างไร

1. หาข้อมูล ออกแบบวางแผน หาวัสดุอุปกรณ์ ดำเนินการจัดทำ ตกแต่งชิ้นงาน
2. หาข้อมูล หาวัสดุอุปกรณ์ ออกแบบวางแผน ดำเนินการจัดทำ ตกแต่งชิ้นงาน
3. ออกแบบวางแผน หาข้อมูล หาวัสดุอุปกรณ์ ดำเนินการจัดทำ ตกแต่งชิ้นงาน
4. ออกแบบวางแผน หาวัสดุอุปกรณ์ หาข้อมูล ดำเนินการจัดทำ ตกแต่งชิ้นงาน

5)

วีระศักดิ์เปิดร้านทำงานเชื่อมโลหะ ใกล้กับตัวเมืองแต่ไม่ค่อยมีงานมากนัก

เนื่องจากในบริเวณใกล้กันนั้น มีร้านประเภทเดียวกันมาก

นักเรียนคิดว่าวีระศักดิ์ควรแก้ไขอย่างไร

1. รับประกันซ่อมฟรี 1 ปี
2. ลดราคาในการให้บริการ
3. ปรับปรุงฝีมือและการให้บริการ
4. ปิดป้ายโฆษณาตามสถานที่ต่างๆ

6)

วินัย พบลูกค้าที่เคยนำรถจักรยานมาซ่อมที่ร้าน

เขาต้องการจะทราบผลงานของเขาที่ผ่านมา

นักเรียนคิดว่าวินัยจะปฏิบัติอย่างไร

1. เชิญชวนให้ลูกค้ามาใช้บริการอีก
2. ใต้ถามถึงสภาพรถภายหลังการซ่อม
3. ชักชวนให้แนะนำลูกค้าอื่นๆ มาให้อีก
4. ทักทายเพื่อแสดงความเป็นกันเองกับลูกค้า

7) การปฏิบัติของผู้ใดที่แสดงว่าเห็นประโยชน์และค่าของงานที่ทำ

1. สุดา เลือกซื้ออาหารมาประกอบเองเพราะจะได้อาหารที่มีคุณภาพ ถูกหลักโภชนาการ
2. วัลลภา ชอบงานซักรีดเสื้อผ้า เพราะคิดว่าเป็นงานที่จำเป็นสำหรับลูกผู้หญิง
3. สมศรี จัดทำบัญชีรับ-จ่ายเงิน ในกรณีที่มี เงินรับ-จ่าย จำนวนมาก
4. วดี ตกแต่งบ้านโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีราคาแพง เพราะเชื่อว่าการใช้ของแพง แสดงว่ามีรสนิยมสูง

8)

วันชาติพบว่าหลอดไฟฟ้าในห้องนอนขาด

ถ้านักเรียนเป็นวันชาติจะปฏิบัติอย่างไร

1. หลอดใหม่มาเปลี่ยน
2. บอกคุณพ่อ คุณแม่ในบ้าน
3. ขอร้องเพื่อนบ้านมาช่วยเปลี่ยนให้
4. ทิ้งไว้ก่อนและงดใช้ไฟในห้องชั่วคราว

9) วิมลศรีวางแผนจัดสวนหย่อมหน้าบ้าน เธอควรปฏิบัติงานเรียงตามลำดับขั้นตอนอย่างไร

1. ออกแบบ-เตรียมดิน-หาซื้อต้นไม้
2. เตรียมดิน-ออกแบบ-หาซื้อต้นไม้
3. เตรียมดิน-หาซื้อต้นไม้-ออกแบบ
4. ออกแบบ-หาซื้อต้นไม้-เตรียมดิน

10)

เมื่อวิโรจน์สำเร็จการศึกษาด้านบริหารธุรกิจเขาตั้งใจจะสร้างปั้มน้ำมันบนที่ดิน
ของเขาเองแต่เขายังไม่มีเงินทุน

นักเรียนคิดว่าวิโรจน์ควรหาเงินมาลงทุนโดยวิธีใดดีที่สุด จึงจะสำเร็จดังเป้าหมาย

1. ตั้งวงแชร์ เพื่อระดมทุน
2. ขอยืมเงินจากญาติมิตร
3. กู้เงินจากบริษัทเงินทุนหลักทรัพย์
4. ระดมจากผู้ถือหุ้นโดยจดทะเบียนในรูปแบบบริษัท

11)

พงษ์เทพต้องการตัดไม้ให้เป็นชิ้นเล็กๆ และเขาต้องการให้งานเสร็จเร็ว
จึงใช้เลื่อยไฟฟ้าตัดเมื่อทดลองตัดดูชิ้นหนึ่ง
ปรากฏว่าเลื่อยที่ใช้ไม่สามารถตัดได้ตามขนาดที่ต้องการ

ถ้านักเรียนเป็นพงษ์เทพจะปฏิบัติอย่างไร

1. ใช้เลื่อยที่มีขนาดเหมาะสม
2. ทิ้งชิ้นไม้เดิมแล้วหาไม้ใหม่มาเลื่อย
3. วานให้เพื่อนที่ชำนาญเลื่อยไฟฟ้าเลื่อยไม้ให้
4. หาไม้ที่มีขนาดใหญ่มาเลื่อยโดยใช้เลื่อยไฟฟ้า

12)

สมชายกับเพื่อนทำขนมปังขายหารายได้ระหว่างเรียน
ปรากฏว่าระยะแรกขนมปังขายดีมากหมดเร็วทุกวัน
แต่ต่อมากลับขายได้น้อยลงเรื่อยๆ

นักเรียนคิดว่าสมชายและเพื่อนๆ ควรทำอย่างไร

1. ปรับปรุงรสชาติให้อร่อยขึ้น
2. เปลี่ยนทำอาหารอย่างอื่นขาย
3. ลดปริมาณการทำขนมปังแต่ละวันให้น้อยลง
4. หาสาเหตุที่ทำให้การขายขนมปังได้น้อยลง

13)

ครูได้มอบหมายให้นักเรียน จัดทำเครื่องจักสานไม้ไผ่ ซึ่งเป็นวัสดุในท้องถิ่น

นักเรียนควรคำนึงถึงเป้าหมายในข้อใด

1. เพื่อหารายได้เพิ่มขึ้น
2. ประโยชน์ในการใช้สอย
3. ใช้วัสดุท้องถิ่นให้คุ้มค่า
4. รักษาเอกลักษณ์ศิลปพื้นบ้าน

14)

สุภาเรียนสำเร็จการตัดเย็บเสื้อผ้าจากโรงเรียนสอนตัดเสื้อมีชื่อแห่งหนึ่ง
แล้วเปิดร้านรับตัดเย็บเสื้อผ้าในย่านธุรกิจการค้าและมีลูกค้ามาใช้บริการมาก

สุภาควรจะทำอย่างไร จึงจะประสบความสำเร็จ

1. คิดค่าแรงแพงกว่าร้านอื่นๆ โดยจ้างช่างฝีมือดีมาช่วย
2. คิดค่าแรงเท่ากับร้านอื่นๆ โดยจ้างช่างฝีมือดีมาช่วย
3. คิดค่าแรงเท่ากับร้านอื่นๆ ตัดเย็บเอง โดยจ้างลูกมือมาช่วย
4. คิดค่าแรงต่ำกว่าร้านอื่นๆ ตัดเย็บเอง โดยจ้างลูกมือมาช่วย

15)

ประสิทธิ์ต้องการเปิดร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในหมู่บ้าน
เพื่อเป็นอาชีพเสริม

ประสิทธิ์ควรดำเนินการอย่างไร

1. หาร้านเพื่อจะเปิดกิจการ
2. ติดต่อจ้างช่างเพื่อประจำร้าน
3. จัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องใช้
4. วางแผนและคำนวณงบประมาณในการลงทุน

16)

พรชัย เป็นหัวหน้ากลุ่ม ทำงานร่วมกับเพื่อนปักชำกิ่งเฟื่องฟ้า
จำนวน 50 ถัง โดยใช้ดู้บขึ้น

สุชาติควรปฏิบัติอย่างไร

1. แบ่งงานไปปักชำคนละเท่าๆ กัน
2. ประชุมกลุ่ม เพื่อวางแผนปฏิบัติงาน
3. มอบหมายหน้าที่รับผิดชอบตามความถนัดของแต่ละคน
4. ให้เพื่อนๆ ทำ แล้วสุชาติคอยตรวจผลงานของเพื่อน

17)

ยงยุทธ ได้รับมอบหมายให้เป็นหัวหน้ากลุ่มจัดทำโต๊ะ
ยงยุทธต้องการให้งานเสร็จตามกำหนดเวลา

นักเรียนคิดว่ายงยุทธปฏิบัติอย่างไร

1. นัดกันมาทำงานในวันหยุด
2. ผลัดกันมาทำงานเมื่อมีเวลาว่าง
3. แบ่งงานกันทำตามความถนัด
4. มอบให้เพื่อนที่มีความชำนาญเป็นผู้แนะนำ

18)

วิมล เป็นหัวหน้าห้อง ได้รับมอบหมายให้จัดกลุ่มเพื่อนร่วมชั้น
ทำความสะอาดห้องเรียนเป็นเวลา 1 สัปดาห์

วิมลควรดำเนินการตามข้อใดเพื่อให้ผลงานมีประสิทธิภาพ

1. ช่วยทุกกลุ่มทำความสะอาด
2. ตรวจสอบงานเมื่อเสร็จเรียบร้อย
3. รับรายงานจากทุกกลุ่ม เสนออาจารย์ที่ปรึกษา
4. ติดตามงานทุกกลุ่มในด้านต่างๆ เป็นระยะๆ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จ

19)

ในการปฏิบัติงานทำถังขยะ ชิดและเพื่อนๆ ได้แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ
การทำงาน ดังนี้

ชิด : เป็นหัวหน้าและทำหน้าที่ออกเป็น เขียนแบบชิ้นงานและคอยประสานงาน

เชย : หาวัสดุอุปกรณ์ วัด ตัดเหล็กตามส่วนต่างๆ

ชัย : เชื่อมประกอบชิ้นงาน ชัด ตกแต่งและทาสี

ปรากฏว่างานไปหยุดและติดค้างล่าช้า นักเรียนคิดว่า ชิดควรแก้ไขปัญหานี้อย่างไร

1. ช่วยเชยที่ค้างงานเสร็จ
2. แนะนำให้ชัยปรับปรุงวิธีการทำงาน
3. สอบถามเชยและชัยถึงสาเหตุที่งานล่าช้าและหาทางแก้ไข
4. ให้เชยมาช่วยชัยทำงานหลังจากเสร็จงานของตนแล้ว

20)

ชัยรู้สึกเหนื่อยและเบื่อไม่อยากทำงานที่ตนเองรับผิดชอบ
ได้พยายามอย่างเต็มที่ ที่จะเชื่อมประกอบชิ้นงานทำถึงขยะ
แต่ก็ทำได้ไม่ค่อยดีนัก และไม่พอใจในงานที่ทำ

นักเรียนคิดว่า ชิตควรทำอะไร ในฐานะหัวหน้ากลุ่ม

1. ให้ไปศึกษาวิธีการและฝึกให้ดีกว่า
2. ให้พักและจัดทำต่อกับเขยจนสำเร็จ
3. หาทางช่วยเหลือในส่วนที่ติดขัดอย่างใกล้ชิด
4. แนะนำวิธีการและให้ฝึกปฏิบัติเองจนชำนาญ

21) ชูชีพเป็นผู้รับเหมาก่อสร้าง หลังจากรับงานแล้วเขาควรปฏิบัติอย่างไร งานจึงจะประสบความสำเร็จ

1. รับสมัครคนงานชั่วคราวเพิ่มขึ้น
2. จัดให้คนงานทำงานนอกเวลาเพิ่มขึ้น
3. ติดตามงานให้เป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้
4. กำชับให้หัวหน้างานควบคุมงานอย่างใกล้ชิด

22)

จิตราเป็นคนขยัน และทำงานดี แต่เป็นคนพูดตรงเกินไป
ทำให้เพื่อนร่วมงานไม่ชอบ จึงไม่ให้ความร่วมมือในการทำงานกับจิตรา

ถ้านักเรียนเป็นหัวหน้างานของจิตราจะมีวิธีการอย่างไร ที่จะทำให้เพื่อนๆ
มาทำงานร่วมกับจิตราได้ดีที่สุด

1. กล่าวตักเตือนจิตราบ่อยๆ
2. บอกจิตราให้ขอโทษเพื่อนเวลาเพื่อนไม่พอใจ
3. ขอร้องให้เพื่อนๆ อภัยให้จิตราเมื่อพูดตรงเกินไป
4. จัดอบรมเพื่อปรับปรุงบุคลิกภาพเจ้าหน้าที่ทุกคนในสำนักงาน

23)

เชียวและเพื่อน ได้จัดทำโครงการทำแก้อีสนามโดยแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ
ในขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้

เชียว	เตรียมวัสดุอุปกรณ์/เครื่องมือ
ขาว	ตัด ใสไม้ตามแบบที่วางไว้
แดง	วัด และเจาะเข้าเดือยไม้
ดำ	ประกอบชิ้นงานตามแบบกำหนด
เหลือง	ขัดแต่งชิ้นงานและทาสี

หลังจากประกอบชิ้นงานแล้วปรากฏว่าขนาดความกว้างยาวของแก้อี
ไม่ได้ขนาดตามแบบกำหนด

นักเรียนคิดว่าเชียวซึ่งเป็นหัวหน้ากลุ่มควรตรวจสอบการทำงานของใคร

1. แดง-ขาว
2. ขาว-เหลือง
3. ดำ-แดง
4. เหลือง-ขาว

24) บ้านของนักเรียนมีเนื้อที่ 1 งาน อยู่ชานเมืองใกล้ตลาด ซึ่งมีร้านกาแฟ ร้านขายขนม ขาย
อาหาร และมีผู้คนสัญจรไปมามากโดยใช้รถส่วนตัว รถสองแถว และรถจักรยานยนต์รับจ้าง
นักเรียนคิดว่าจะใช้พื้นที่นี้ประกอบกิจการอะไรจึงจะได้ประโยชน์มากที่สุด

1. บริการรับฝากรถ
2. เปิดร้านขายก๋วยเตี๋ยว
3. สร้างบ้านแบ่งห้องให้เช่า
4. เปิดร้านบริการซ่อมรถจักรยานยนต์

25)

สุนีย์มีความรู้ด้านการตลาดและการประกอบอาหาร
มีบ้านใกล้กับสถานที่ราชการใหญ่ๆ แห่งหนึ่งย่านชานเมือง
สุนีย์มีความต้องการจะเปิดร้านทำกิจการอย่างหนึ่ง

นักเรียนคิดว่าสุนีย์ควรเปิดกิจการประเภทใด จึงจะประสบความสำเร็จ

1. เปิดร้านขายอาหารเย็น
2. เปิดร้านขายอาหารสด
3. เปิดร้านขายอาหารเช้าและกลางวัน
4. เปิดร้านขายของชำ และของเบ็ดเตล็ด

26)

บุญมาและครอบครัวเข้าบ้านเล็กๆ อยู่ในหมู่บ้าน
สมาชิกของหมู่บ้านนี้ส่วนมากออกไปทำงานนอกบ้าน
บุญมาเป็นคนไม่มีความรู้ และเงินทุน

นักเรียนคิดว่าบุญมาควรทำงานอะไรเป็นการหารายได้ช่วยครอบครัว
ขณะเดียวกันงานบ้านของเธอก็ไม่บกพร่อง

1. ทำอาหารขายหน้าบ้าน
2. สมัครเป็นลูกจ้างตามบ้าน
3. เปิดเป็นสถานรับเลี้ยงเด็ก
4. รับจ้างทำงานบ้านในช่วงที่ว่าง

27)

อาทิตย์สำเร็จการศึกษาด้านไฟฟ้า และกำลังหางานทำ
มาอาศัยอยู่กับญาติในหมู่บ้านจัดสรรขนาดใหญ่และห่างไกลตัวเมือง

นักเรียนคิดว่าอาทิตย์ประกอบอาชีพใดจึงจะเหมาะสมที่สุด

1. รับจ้างเดินสายไฟตามบ้าน
2. รับติดตั้งเสาอากาศวิทยุ โทรทัศน์
3. ขับรถจักรยานยนต์รับจ้างในหมู่บ้าน
4. เปิดร้านบริการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าในหมู่บ้าน

28)

หมู่บ้านของสมเจตส่วนใหญ่มีอาชีพทำสวนผักและสวนชาวสวนชอบใช้สารเคมีที่เป็นพิษฉีดพ่นกำจัดศัตรูพืชเป็นประจำ และใช้บ่อยๆ เพื่อให้ผักดูสวยงามน่ารับประทาน

ถ้านักเรียนเป็นผู้นำในหมู่บ้านนี้ นักเรียนเห็นด้วยกับความคิดในข้อใด

1. แนะนำการใช้สารเคมีให้ถูกวิธี
2. แนะนำให้ชาวสวนใช้วิธีอื่นๆ กำจัดศัตรูพืชแทน
3. แนะนำให้ปลูกผักโดยไม่ต้องกำจัดศัตรูพืช
4. แนะนำให้ชาวสวนลดการใช้สารเคมีที่เป็นพิษ

29)

นิยมเป็นอาจารย์โรงเรียนแห่งหนึ่งและขับรถแท็กซี่ เขามีเงินเก็บอยู่ 1 แสนบาท ประกอบกับบริเวณใกล้เคียงเป็นเขตโรงงานอุตสาหกรรม

นิยมควรใช้เงิน 1 แสนบาท ไปทำอะไรจึงจะเหมาะสมกับความสามารถ และเป็นการเพิ่มรายได้ที่ดีให้ครอบครัว ซึ่งเป็นงานนอกเวลาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

1. ซื้อรถยนต์เงินผ่อนมาขับเป็นรถรับจ้าง
2. ซื้อรถกระบะเงินผ่อนมารับจ้างขนของ
3. ซื้อรถตู้เงินผ่อน รับส่งพนักงานโรงงานเป็นประจำ
4. ซื้อรถกระบะเงินผ่อนมาขับรับผลไม้มาขายตามโรงงาน

30)

สาริตมีอาชีพทำนา โดยมีนาของตัวเอง 5 ไร่ การทำนาได้ผลผลิต และราคาไม่แน่นอนทำให้เขามีฐานะยากจน

ถ้านักเรียนเป็นเกษตรกรตำบล จะแนะนำสาริตอย่างไร

1. ขายที่นา นำเงินไปซื้อรถไถมารับจ้าง
2. หลังทำนา ปลูกถั่วเขียว และเพาะเห็ดฟาง
3. เลิกทำนา เปลี่ยนมาเลี้ยงปลา และเลี้ยงไก่
4. ปลูกผักสวนครัว เลี้ยงปลา เลี้ยงไก่เสริม ในการทำนา

ตอนที่ 2

มีคำถามทั้งหมด 30 ข้อ เริ่มตั้งแต่ข้อ 31 ถึงข้อ 60 ในแต่ละข้อจะเป็นสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ให้นักเรียนอ่านและทำความเข้าใจกับสถานการณ์หรือเหตุการณ์นั้นๆ แล้วพิจารณาตัวเลือกหรือคำตอบที่กำหนดไว้ 4 ตัวเลือก โดยเลือกเพียงคำตอบเดียวที่ตรงกับความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด แล้วขีดเส้น X ลงในช่อง

○ ซึ่งอยู่ใต้หมายเลขข้อคำตอบ ที่นักเรียนต้องการ ลงในกระดาษคำตอบ

ตัวอย่างคำถาม

๐) สิทธิพยายามปรับปรุงและดัดแปลงวิธีการทำงานของเขาให้ดียิ่งขึ้นเสมอ การที่สิทธิทำเช่นนี้ เพราะเหตุใด

1. ต้องการหาวิธีการทำงานที่ดีที่สุด
2. เชื่อว่าการพัฒนานำมาซึ่งความเจริญ
3. ถือว่าเป็นหน้าที่ของผู้ปฏิบัติทุกคนที่ต้องทำ
4. เป็นหลักประกันได้ว่าทุกครั้งที่ทำแล้วเกิดผลงานที่ดี

วิธีตอบ

ถ้านักเรียนเลือกคำตอบที่ตรงกับความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด สมมติว่าเป็นตัวเลือกที่ 2 ให้นักเรียนขีดเส้น X ลงในช่อง ○ ซึ่งอยู่ภายใต้หมายเลขข้อคำตอบที่นักเรียนต้องการ ลงในกระดาษคำตอบ ดังนี้

กระดาษคำตอบ				
	1	2	3	4
๐)	○	○	○	○

31)

แดง : เราว่างานนี้ให้ขาวและเขียวทำดีกว่า เพราะเขามีฝีมือมากกว่าเรา
ดำ :

ในการจัดทำโต๊ะวางของตัวหนึ่ง แดง ดำ ขาว เขียว ร่วมกันทำงาน
นักเรียนชอบคำตอบของดำในข้อใด

1. ทำอย่างนั้นได้อย่างไร ไม่ดีหรอก
2. ถึงอย่างไรทุกคนต้องช่วยกันทำเท่าที่จะช่วยได้
3. เราช่วยเขาทำด้วยซิ เขาจะได้สอนเราไปด้วย
4. เราทุกคนช่วยกันทำดีกว่า กลุ่มเราจะได้ผลงานที่มีคุณภาพ

32)

มานี : วันนี้เรานัดกันทำสลัดผักช่วยกันทำให้อร่อยและจัดผักให้สวยงามกิน
สมร : ตายจริงฉันลืมเอาไข่ไก่มา พวกเธอทำกันเองก็แล้วกัน

นักเรียนมีความเห็นอย่างไรกับเหตุการณ์นี้

1. นัดกันไว้แล้ว ไม่น่าลืม
2. ไม่เอาของมาก็น่าจะช่วยกันทำบ้าง
3. คนไม่รับผิดชอบอย่างนี้ ต่อไปใครจะให้เขากลุ่มด้วย
4. ถ้าทุกคนในกลุ่มเป็นอย่างนี้ งานทุกอย่างต้องล้มเหลวแน่ๆ

33)

สมศรี : อุษณีย์ หลังเลิกเรียนเราไปกินไอศกรีมด้วยกัน
อุษณีย์ : ฉันไปไม่ได้หรอกเพราะเย็นนี้ ฉันมีหน้าที่ทำความสะอาดห้องเรียน

นักเรียนมีความเห็นอย่างไรต่อการกระทำของอุษณีย์

1. อุษณีย์เป็นคนรับผิดชอบ
2. คนอย่างนี้ไปอยู่ที่ไหนใครๆ ก็ยินดีต้อนรับ
3. นายกองอุษณีย์ที่ปฏิบัติหน้าที่อย่างเคร่งครัด
4. อุษณีย์เป็นนักเรียนที่ควรยึดถือเป็นแบบอย่าง

34)

ดวงใจ : ได้ข่าวว่าเมื่อวานนี้จันทราป่วย

วันนี้คงไม่มาเราช่วยกันทำไปก่อนก็ดีแล้ว

มาลี : เอ วันนี้วันเสาร์รถไม่ติดจันทร์น่าจะมาแล้วนะ

จันทร์ : ขอโทษด้วยนะที่มาช้าไปหน่อย เพราะยังเพลียๆ อยู่

นักเรียนคิดว่ากรณีที่จันทร์ทำเช่นนี้เพราะเหตุใด

1. เพราะเกรงว่าเพื่อนจะรอ
2. เพราะชอบทำงานร่วมกันหลายๆ คน
3. เพราะเกรงว่าเพื่อนจะไม่ให้เข้าร่วมกลุ่มต่อไป
4. เพราะเห็นว่าถ้าสมาชิกมาไม่ครบงานของกลุ่มจะล่าช้า

35)

วีระ(เป็นนักธุรกิจ) อานนท์ วันนี้เที่ยงขอเชิญไปรับประทานอาหารที่
ภัตตาคารด้วยกันนะ

อานนท์(เป็นบุรุษไปรษณีย์) : ไปไม่ได้หรอก ผมต้องอยู่เวรภาคเที่ยง

นักเรียนมีความเห็นอย่างไรต่ออานนท์

1. อานนท์คงเป็นห่วงงาน
2. อานนท์เป็นคนเห็นหน้าที่สำคัญกว่าอย่างอื่น
3. อานนท์เป็นตัวอย่างที่ดีแก่เพื่อนร่วมงาน
4. อานนท์เกรงจะถูกกล่าวหาว่าทุจริตต่อหน้าที่

36)

เพชร : งานส่วนที่เธอรับผิดชอบยังไม่เสร็จอีกหรือ ของคนอื่นเสร็จหมดแล้ว
พรุ่งนี้กลุ่มเราต้องรายงานแล้วนะ

พจน์ คิดว่าจะทำเย็นนี้พรุ่งนี้คงจะเสร็จ

นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับเหตุการณ์นี้

1. พจน์ข้างเป็นคนใจเย็นอะไรเช่นนี้
2. พจน์ทำแบบนี้จะทำให้กลุ่มเสียหาย
3. ถ้าพจน์ประพฤตินี้บ่อยๆ ต่อไปคงไม่มีใครเข้ากลุ่มด้วย
4. จะปล่อยให้พจน์เป็นอย่างนี้ต่อไปไม่ได้แล้ว ต้องหาทางตักเตือนเสียให้ได้

37) นักเรียนกลุ่มหนึ่งกำลังทำดอกไม้ตกแต่งเทียนเข้าพรรษา

เราร้อยดอกไม้เสร็จจะไปช่วยเธอปักดอกไม้นะ

นักเรียนมีความรู้สึกอย่างไรกับนักเรียนกลุ่มนี้

1. นักเรียนกลุ่มนี้ช่วยกันทำงานดีจริง
2. ร่วมมือกันอย่างนี้ใครๆ ก็ชอบที่จะทำงานด้วย
3. ช่วยกันทำอย่างขยันขันแข็งเช่นนี้คงได้กุศลแรงนะ
4. ร่วมมือร่วมแรงกันอย่างนี้ ผลงานต้องออกมาดีแน่ๆ

38)

ยอดชาย : แหมยุ่งจังเลยต้องทำอะไรทุกอย่าง ทำอะไรไม่ถูกแล้ว
 พจน์ : สมน้ำหน้าอยากแสดงว่าเก่งคนเดียว
 พันธุ์ : ใช่เราจะช่วยก็ไม่ยอมให้ช่วยหาว่างุ่มง่าม
 สมศรี :

นักเรียนชอบคำพูดของสมศรีข้อใด

1. ทำงานคนเดียวก็ยุ่งอย่างนี้แหละ
2. ดี ปลอ่ยให้ทำคนเดียวเสียให้เข็ด
3. นำสงสารเขาอะ เราไปช่วยเขากันเถอะ
4. ถ้าช่วยกันทำหลายๆ คนก็คงไม่ต้องวุ่นวายอย่างนี้

39)

สุพจน์ และเพื่อนรับเหมาร้างถนนสายหนึ่งในหมู่บ้าน
 มีกำหนดแล้วเสร็จภายใน 180 วัน เมื่อครบกำหนดวันสิ้นสุดสัญญา
 ปรากฏว่าถนนช่วงที่สุพจน์รับผิดชอบยังไม่แล้วเสร็จ

นักเรียนมีความเห็นอย่างไรต่อการทำงานของสุพจน์

1. สุพจน์ทำงานล่าช้า
2. ต่อไปเพื่อนคงไม่กล้าเข้าหุ้นกับสุพจน์อีก
3. สุพจน์ขาดความรับผิดชอบทำให้งานเสีย
4. สุพจน์น่าจะเอาใจใส่ดูแลงานให้มากกว่านี้

40)

แดง : ไปเล่นฟุตบอลกันเถอะ

ดำ : ยังไปไม่ได้หรอก เพราะต้องเขียนรายงานของกลุ่มให้เสร็จก่อน

จากคำพูดของดำ นักเรียนมีความเห็นอย่างไร

1. ดำเป็นคนรับผิดชอบ
2. ดำกลัวทำรายงานเสร็จไม่ทัน
3. ทำอย่างไรทุกคนจึงขยันอย่างดำ
4. เหมาะสมแล้วที่ครูชมเชยดำอยู่เสมอ

41)

สมศักดิ์ ต้องการทำป้ายเลขที่บ้านจากแผ่นพลาสติก จึงมาขอคำแนะนำจากครู

นักเรียนคิดว่าสมศักดิ์ทำเช่นนี้เพราะเหตุใด

1. เพราะยังไม่มีประสบการณ์ทำป้าย
2. เพราะต้องการสร้างความมั่นใจให้กับตัวเอง
3. เพราะต้องการศึกษารายละเอียดและวิธีการทำเพื่องานจะได้ไม่ผิดพลาด
4. เพราะต้องการได้เทคนิควิธีการทำงาน ให้ได้ผลงานสวยงาม ประณีตจากฝีมือของตนเอง

42)

นัด : ขอให้พวกเราฟังผมอธิบายงานที่พวกเราจะลงมือทำกันก่อน
ว่าจะได้รับผลดี ผลเสียอย่างไร

สน : ผมว่าลงมือทำกันเลยดีกว่า ช่วยๆ กันทำไปเดี๋ยวก็เสร็จ

ศร :

นักเรียนชอบคำตอบของศรข้อใด

1. ผมไม่เห็นด้วยกับคำตอบของสน
2. ผมเชื่อว่าการที่ทราบประโยชน์ของงานจะทำให้เห็นคุณค่าของงานนั้น
3. ผมเห็นด้วยว่าทุกคนควรได้รับทราบประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำงาน
4. ผมมั่นใจว่า ถ้าได้มีการพิจารณาถึงประโยชน์ของงานจะช่วยให้ตัดสินใจว่างานนั้นมีคุณค่าควรแก่การทำหรือไม่

43)

แนท : คนเก็บขยะคนนั้นเขาเทขยะเฉพาะในถังเท่านั้น ขยะที่ตกเกือรอบอยู่รอบ
ถังขยะเขาไม่สนใจเก็บ ทำให้บริเวณนี้ดูสกปรกเลอะเทอะไปหมด

นุช :

นักเรียนเห็นด้วยกับคำตอบของนุชในข้อใด

1. เขาน่าจะตั้งใจทำงานให้ดีกว่านี้
2. เขาทำงานเพียงแค่นี้ได้ชื่อว่าทำงานแล้ว
3. ถ้าเป็นเรา เราจะเก็บขยะรอบๆ ถังด้วย
4. ถ้าคนเก็บขยะส่วนใหญ่เป็นอย่างนี้ บ้านเมืองจะสะอาดได้อย่างไร

44)

แวน : อาจารย์ให้กลุ่มเราคิดประดิษฐ์ของใช้จากผักตบชวา
เธอคิดว่าพวกเราควรทำอะไรดี

นักเรียนชอบคำพูดของใคร

1. วรรณ : ทำของใช้ที่ขายได้สิ
2. วรรณดี : ทำอะไรก็ได้ที่ง่ายและเสร็จเร็ว
3. มยุรา : เรามาช่วยคิดกันดีกว่า ทำอะไรจึงจะเกิดประโยชน์มากที่สุด
4. วลี : ผักตบชวา นอกจากทำตะกร้าได้แล้ว ยังใช้ทำอะไรได้อีกบ้าง

45)

สุนิสา : อรุณี ดูสมนสิ เวลาจะทำขนมบิโรเป็นต้องเปิดตำรา
ศึกษารายละเอียดตั้งแต่ส่วนประกอบจนถึงการใช้ไฟอบทุกครั้งเลย

อรุณี :

นักเรียนชอบคำพูดของอรุณีในข้อใด

1. ทำไมสมนจึงต้องทำเช่นนี้ทุกครั้งนะ
2. สมนนอยากให้ขนมมีสีสวยและอร่อยนะสิ
3. ก็ดีสิ สมนจะได้เทคนิคมาปรับปรุงการทำขนมให้ดีขึ้น
4. เราน่าจะยึดสมนเป็นตัวอย่าง เพื่อจะได้ทำขนมอบเก่งเหมือนเธอ

46)

อุไร : มาลีจ้องดูเขานั่นดอกไม้จากแบ่งขนมปัง ตาไม่กระพริบเลยนะ

มาลี :

นักเรียนคิดว่าสิ่งที่มาลีทำเช่นนี้เพราะเหตุใด

1. เพราะชอบงานประดิษฐ์ดอกไม้จากแบ่งขนมปัง
2. เพราะอยากทราบว่าดอกไม้จากแบ่งขนมปังเขาทำอย่างไร
3. เพราะคิดว่าการได้เห็นการสาธิตอย่างชัดเจนทำให้มีความมั่นใจที่จะกลับไปทำเอง
4. เพราะเชื่อว่าถ้าได้เห็นอย่างใกล้ชิดทุกขั้นตอน จะช่วยให้ทำดอกไม้จากแบ่งขนมปังได้ดียิ่งขึ้น

47)

มะลิ : สุดใจ ดูพิมลสิ เห็นที่ไรเป็นตอแงนั่งถักโครเชต์ตลอดเวลา

สุดใจ : นั่นสิ ก้มหน้าก้มตาถักไม่ยอมลุกไปไหนเลย

เห็นบอกว่าจะต้องทำให้เสร็จภายในอาทิตย์นี้

นักเรียนมีความเห็นอย่างไรที่พิมลทำเช่นนั้น

1. เธอมีความมุ่งมั่นในการถักโครเชต์ดีจริงนะ
2. เธอนั่งถักโครเชต์อยู่ตลอดเวลาได้อย่างไรนะ
3. ต่อไปเราต้องมีความเพียรพยายามในการทำงานอย่างนี้บ้าง
4. ถ้าได้พิมลมาร่วมทำงานด้วย งานกลุ่มเราต้องดีแน่ๆ เลย

48)

บ้านของมานีเปิดโรงงานประดิษฐ์ตุ๊กตาเพื่อขายส่งตามสถานที่ท่องเที่ยว

ในระยะแรก ตุ๊กตาเปลือกข้าวโพด ยังไม่เป็นที่นิยมนัก

แต่เธอพยายามปรับปรุงรูปแบบให้แปลกใหม่น่าสนใจ

ในที่สุดตุ๊กตาเปลือกข้าวโพดเป็นที่นิยมของคนทั่วไปทั้งคนไทย และคนต่างชาติ

นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร ต่อคำพูดของสมคิด

1. เขาคงกลัวว่างานจะเสร็จไม่ทันเวลาที่กำหนด
2. ดิฉัน ที่เขาทำอย่างนี้ จะทำให้เขามีความชำนาญในงานที่ทำมากขึ้น
3. เขาคงชอบที่จะทำงานอย่างนี้ เพราะช่วยให้ผลงานมีความประณีตขึ้น
4. เราควรนำเอาไปเป็นตัวอย่าง เพื่อที่จะทำให้เราปฏิบัติด้วยความขยันอดทนยิ่ง

49)

- สรชัย เราเหลือชิ้นงานที่คงไว้เพื่อบงประกอบชิ้นงาน และขัดตกแต่งเท่านั้น
เอาเก็บไว้ทำต่ออาทิตย์หน้าก็ได้ เหลือเวลาที่จะส่งงานอีกตั้ง 2 อาทิตย์
- วิจิต ไม่ได้หรอก เราต้องช่วยกันทำไปเรื่อย ๆ เพื่อจะมีส่วนหนึ่งส่วนใด
ที่จะต้องแก้ไขปรับปรุงอีก จะได้เสร็จทันเวลา

นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อคำพูดของวิจิต

1. เขาคงกลัวว่างานจะไม่เสร็จตามเวลาที่กำหนด
2. ดีนะ ที่เขาทำอย่างนี้ จะทำให้เขามีความชำนาญในงานที่ทำมากขึ้น
3. เขาคงชอบที่จะทำงานอย่างนี้ เพราะช่วยให้ผลงานมีความประณีตขึ้น
4. เราควรนำเอาไปเป็นตัวอย่าง เพื่อที่จะทำให้เราปฏิบัติด้วยความขยันอดทนยิ่ง

50)

ประกอบ ไม่มีความชำนาญในการไสไม้ แต่มีความตั้งใจจะต่อโต๊ะขึ้นใช้เอง
และพยายามทำจนสำเร็จ

นักเรียนมีความเห็นอย่างไรต่อการกระทำของประกอบ

1. ประกอบเป็นคนสู้งาน
2. ประกอบคงชอบทำงานช่างไม้
3. ประกอบเป็นคนน่าชมเชยว่ามีความพยายาม
4. น่าแนะนำให้คนอื่น ๆ ยึดประกอบเป็นแบบอย่างในเรื่องของความพยายาม

51)

นิต หน้อย ดูป่าพิศชิ รับเลี้ยงเด็กมาตั้งนานจนเดี๋ยวนี้ลูกๆ ป่าพิศ
มีงานมีการทำหมดทุกคนแล้วและคอยดูแลส่งเสียป่าพิศเป็นประจำ
ป่าพิศก็ยังรับเลี้ยงเด็กอยู่

หน้อย :

นักเรียนชอบคำพูดของหน้อยข้อใด

1. ดีเหมือนกันนะทำให้มีรายได้ด้วย
2. ป่าพิศมีความสุขกับการเลี้ยงเด็ก
3. ป่าพิศคงรักและภูมิใจในอาชีพของตน
4. ดีแล้ว อาชีพรับเลี้ยงเด็กเหมาะสมกับป่าพิศ

52)

หลังจากสำเร็จการศึกษาจากโรงเรียนแล้ว นเรศ โสภณและนิทัศน์
กลับมาเยี่ยมครูสุดา
ครู : สวัสดีค่ะ ทุกๆ คนตอนนี้ไปทำงานอะไรที่ไหนกันบ้างละ
ดิฉันโสภาอยู่ที่วีช่อง 8 ค่ะ
ผมเป็นแพทย์อยู่โรงพยาบาลจุฬาครับ
ผมนิทัศน์ขายอาหารอยู่ที่ปากซอยครับ
สวัสดีครับครู ผมนเรศอยู่สำนักงานทนายความครับ

นักเรียนชอบคำพูดของครูสุดาที่พูดกับนิทัศน์ในข้อใด

1. ดีนะเป็นอาชีพสุจริตอย่างหนึ่ง
2. ดีแล้ว อาชีพค้าขายเป็นงานอิสระ ถ้าขยันก็มีโอกาสรวยได้
3. ดีแล้วละ อาชีพสุจริตทุกอย่างล้วนมีความสำคัญต่อสังคมทั้งนั้น
4. ดีแล้วละ อาชีพค้าขายก็สามารถประสบความสำเร็จในชีวิตได้

53)

ประสงค์ : ลุงบุญ ปันกระตางต้นไม้และงานปันประดิษฐ์ขาย
เจ็ลลี่แล้วได้กำไรไม่คุ้มค่าเหนื่อย ทั้งๆ ที่วัสดุอุปกรณ์ในการทำก็แพง
แต่ก็ยังทำขาย นายมีความคิดเห็นอย่างไรต่อการกระทำของลุงบุญ
วิชัย :

นักเรียนคิดว่า วิชัยจะตอบว่าอย่างไร

1. ก็เห็นลุงบุญทำอย่างนี้มาตั้งนานแล้ว
2. ลุงบุญคงมีความพึงพอใจที่ได้ทำงานที่แกชอบ
3. น่าส่งเสริมให้แกไปสอนคนรุ่นใหม่ จะได้อนุรักษ์อาชีพนี้ไว้
4. ดีแล้ว ถ้าลุงบุญเลิกทำงานนี้ ต่อไปเราก็จะไม่มียานั่นไว้ดู

54)

สุดา : ประภาทำไมแม่เธอยังขายเนื้อหมูอยู่ในตลาดอีกล่ะ
 ทั้งๆ ที่เธอและน้องก็มีงานทำแล้ว
 นงพงา : ใช่สิ ฉันเห็นเธอให้เงินเดือนแม่เธอทุกเดือนมิใช่
 ประภา :

นักเรียนขอบคำตอบของประภาในข้อใด

1. อาชีพขายเนื้อหมูเป็นอาชีพที่มีรายได้ดีนะ
2. เพราะเป็นอาชีพที่แม่พอใจจะทำ ไม่อยากอยู่เฉยๆ
3. ไม่เห็นเป็นอะไรเลย ฉันมีเวลาวางฉันยังไปช่วยแม่ขายเลย
4. ก็เพราะอาชีพนี้แหละ เรา และน้องจึงได้เรียนหนังสือจนจบและมีงานทำ

55)

แซมจบปริญญาตรี แล้วมาประกอบอาชีพเปิดร้านขายขนมครกในตัวเมืองแห่งหนึ่ง

นักเรียนมีความเห็นอย่างไรต่อเรื่องราวของแซม

1. ดีนะที่แซมเป็นคนไม่เลือกงาน
2. ทำขนมครกขายก็ยิ่งดีกว่าว่างงาน
3. การขายขนมครกก็ไม่ใช่ว่าอาชีพต่ำต้อยน้อยกว่าอาชีพอื่น
4. ดีสิ จะได้นำความรู้มาพัฒนาการทำขนมครกให้อร่อยและแปลกใหม่ขึ้น

56)

ยาม : คุณสมคิด เอาพิมพ์ดีดของโรงเรียนไปไม่ได้นะ
 เพราะคุณไม่มีใบอนุญาตขอยืม
 สมคิด : ผมให้เงินคุณ 100 บาท
 ยาม : ผมรับไม่ได้หรอกครับ

นักเรียนคิดว่ายามปฏิเสธด้วยเหตุผลข้อใด

1. ไม่อยากดกงาน
2. คิดว่าได้ไม่คุ้มเสีย
3. ไม่ชอบสนับสนุนให้คนทำผิด
4. เกรงว่าตนเองและครอบครัวจะเดือดร้อน

57)

เบิร์ต : แมว เธอรับจ้างเย็บเสื้อผ้าวันหนึ่งได้ไม่กี่บาท
 สู้ไปซื้อบุหรืหนีภาษีมาขายดีกว่าได้กำไรมากกว่ากันเยอะเลย
 แมว :

นักเรียนชอบคำตอบของแมวข้อใด

1. ไม่กล้าทำเพราะกลัวตำรวจจับ
2. ไม่หรอก ฉันถนัดงานตัดเย็บเสื้อผ้ามากกว่า
3. งานเย็บเสื้อผ้าที่ทำอยู่ก็ดีแล้ว มีรายได้พอเลี้ยงตัวเองได้
4. งานเย็บเสื้อผ้าเป็นงานที่ฉันชอบฉันมีความสุขถึงแม้จะมีรายได้น้อย

58)

สุนทร : ทำไมคุณใช้ปูนซีเมนต์ผสมทำอิฐบล็อกเต็มสูตรอย่างนี้จะ
 จะได้กำไรน้อยนะ
 โชตก : ไม่ได้ ฉันต้องคำนึงถึงคนที่เขาซื้อไปก่อสร้างบ้านเรือน
 มันจะขาดความแข็งแรงและเกิดอันตรายได้
 ถ้าเราใช้ส่วนผสมที่ไม่ถูกต้อง

นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อการกระทำของโชตก

1. คนอย่างนี้หายากนะ
2. เราน่าจะยกย่องโชตกที่มีความรับผิดชอบ
3. ดีแล้ว กิจการของเขาจะได้เจริญก้าวหน้าต่อไป
4. เราควรจะบอกให้เพื่อนบ้านรู้ว่าเขาผลิตอิฐบล็อกที่มีคุณภาพจำหน่าย

59)

นายสมควรมีอาชีพทำไร้แดงโม ต้องการให้แดงโมมีสีแดงสวย
 จึงใช้สีฉัดเข้าในลูกแดงโมก่อนเก็บขาย

นักเรียนอ่านข้อความนี้แล้วมีความรู้สึกอย่างไร

1. เจ้าหน้าที่เกษตรควรจะได้ไปดูแล
2. ไม่ดีเลย เป็นการหลอกลวงคนซื้อ
3. แย่เลย ไม่กล้าบาปกรรมหรืออย่างไร
4. เขาน่าจะหาวิธีที่ดีกว่านี้ เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภค

60)

อุดม : ผมรับงานสร้างบ้านไว้หลังหนึ่ง แต่วัสดุอุปกรณ์ในการก่อสร้างขึ้นราคา
ผมจะอย่างไร

สมจิตร : เอาอย่างนี้ก็แล้วกัน ลดขนาดของวัสดุที่จำเป็นในการก่อสร้างก็ได้
เขาไม่รู้หรอก มองไม่เห็น

อุดม :

นักเรียนพอใจกับคำตอบของอุดมในข้อใด

1. จะทำดีหรือ เตี้ยวเขารู้ทีหลังจะเสียชื่อนะ
2. ถ้าเราทำอย่างนั้นต่อไปคงจะไม่มีใครมาจ้างเราสร้างบ้านแน่
3. ทำอย่างนั้นไม่ดีนะ เมื่อเขาเสียเงินแล้วเขาก็อยากจะได้ในสิ่งที่ดี
4. ถึงของจะแพงอย่างไร ได้กำไรน้อย แต่ผมก็จะไม่ยอมเอาเปรียบลูกค้า

แบบวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์
ด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม

คำชี้แจง

มีข้อคำถามทั้งหมด 30 ข้อ เริ่มตั้งแต่ข้อ 1 ถึงข้อ 30 เป็นแบบวัดที่ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดเพียงคำตอบเดียว เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบได้แล้วให้ขีด X ลงในช่อง ○ ซึ่งอยู่ใต้หมายเลขข้อคำตอบที่ต้องการลงในกระดาษคำตอบ

ตัวอย่างคำถาม

1. การสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ถือว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมหรือไม่
 1. เป็น เพราะแผ่นดินทรุดลง
 2. เป็น เพราะคนสูบน้ำขึ้นมาใช้
 3. เป็น เพราะน้ำบาดาลเป็นทรัพยากร
 4. ไม่เป็น เพราะแผ่นดินทรุดเกิดจากสาเหตุอื่นร่วมด้วย

วิธีตอบ

ถ้านักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด หรือเหมาะสมที่สุด สมมติว่าเป็นตัวเลือกที่ 2 ให้นักเรียนขีดเส้น X ลงในช่อง ○ ซึ่งอยู่ใต้หมายเลขข้อคำตอบที่ต้องการ ลงในกระดาษคำตอบดังนี้

กระดาษคำตอบ

- | | | | | |
|----|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| o) | ○ | ○ | ○ | ○ |

- 1) การกล่าวว่าน้ำจะท่วมกรุงเทพ ทุกปีจริงหรือไม่
 1. จริง เพราะกรุงเทพ พื้นที่ต่ำ
 2. จริง เพราะการกำจัดขยะไม่ได้ผล
 3. ไม่จริง เพราะกรุงเทพ ปรับพื้นที่สูงขึ้น
 - ง. ไม่จริง เพราะมีเขื่อนตั้งอยู่ด้านเหนือ
- 2) การมีสารซีเอฟคลอยสุมบรรยากาศมากๆ ทำให้เกิดผลเสียอย่างไร
 - 1 เกิดฝนกรด
 - 2 อากาศร้อนขึ้นมีรังสีทำอันตรายต่อผิวหนัง
 3. เกิดสารพิษในอากาศ และอากาศร้อนขึ้น
 4. มีก๊าซโอโซนและคาร์บอนมอนนอกไซด์เพิ่มขึ้น
- 3) เพราะเหตุใดอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น
 1. เพราะการขยายตัวของอุตสาหกรรม
 2. เพราะการเผาเชื้อเพลิงมีปริมาณมาก
 3. เพราะการเพิ่มของจำนวนประชากรโลก
 4. เพราะป่าไม้ลดลงและเกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก
- 4) ภาวะเรือนกระจกทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นเพราะเหตุใด
 1. รังสีอัตราไวโอเลตสู่โลกมากขึ้น
 - 2 ความร้อนเข้าสู่ผิวโลกได้มากกว่าปกติ
 3. พืชบนผิวโลกดูดซับความร้อนได้น้อยลง
 4. ความร้อนบนผิวโลกสะท้อนสู่อากาศได้น้อย
- 5)

ถ้าครูให้โอกาสนักเรียนเลือกช่วยเหลือการทำงานของกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง โดยที่กลุ่มที่หนึ่งมีเพื่อนสนิทของนักเรียนร่วมอยู่ด้วยและกลุ่มนี้ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องให้ความช่วยเหลือส่วนกลุ่มที่สองต้องการความช่วยเหลืออย่างยิ่ง แต่ไม่มีเพื่อนสนิทของนักเรียนร่วมอยู่เลย

นักเรียนจะทำอย่างไร

1. ให้ความช่วยเหลือกลุ่มที่ 1 ถ้าเพื่อนขอให้อยู่ด้วย
2. ให้ความช่วยเหลือกลุ่มที่ 1 เพราะจะได้ทำงานร่วมกับเพื่อน
3. ให้ความช่วยเหลือกลุ่มที่ 2 เพราะเห็นความจำเป็น
4. ให้ความช่วยเหลือกลุ่มที่ 2 เมื่อได้รับการร้องขอ

6)

ศรีสุดา ทราบว่านักเรียนในชั้นเรียนของตนมีนักเรียนแตกแยกกันออกเป็นสองกลุ่มและมีความขัดแย้งกันอย่างรุนแรง

ถ้านักเรียนเป็นศรีสุดาจะทำการแก้ไขเรื่องนี้อย่างไร เป็นอันดับแรก

1. ชักชวนให้ทั้งสองฝ่ายคืนดีกัน
2. คาดหมายว่าปัญหานี้เกิดจากสาเหตุอะไรบ้าง
3. เสนอแนะวิธีให้ทั้งสองฝ่ายทำความเข้าใจกัน
4. สอบถามสาเหตุความขัดแย้งจากนักเรียนทั้งสองฝ่าย

7)

ในขณะที่ทำการทดลองเคมีกันอยู่ ชรินทร์ได้ใส่สารเคมีผิดตามที่วรรณมาให้ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นไปทั้งห้อง อาจารย์ผู้ควบคุมจึงกล่าวตำหนินักเรียนทั้งกลุ่ม

ถ้านักเรียนเป็นชรินทร์ทำอะไร

1. ตำหนิวรรณที่ส่งสารเคมีผิดๆ มาให้
2. ยอมรับว่ากลุ่มของตนเองเป็นคนทำผิด
3. ยอมรับผิดคนเดียวและกล่าวขอโทษแก่เพื่อนๆ
4. ชี้แจงให้ครูทราบว่าสรุปผลเป็นผู้ร่วมทำความผิดด้วยเพราะส่งสารผิดมาให้

8) กรณีใดไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

1. รถยนต์มากขึ้น
2. ภาพป้ายโฆษณา
3. จำนวนสวนสาธารณะมากขึ้น
4. มีโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น

9) ปัญหามลภาวะใดที่รุนแรงที่สุดในกรุงเทพมหานคร

1. ปัญหาเสียงเป็นพิษ
2. ปัญหาอากาศเป็นพิษ
3. ปัญหาแหล่งเสื่อมโทรม
4. ปัญหาการก่อสร้างอาคารสูง

10) สาเหตุทางประชากรที่สำคัญที่สุดที่ทำให้สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติเปลี่ยนแปลงคือเรื่องใด

1. การเพิ่มจำนวน
2. การอพยพย้ายถิ่น
3. คุณภาพของประชากร
4. โครงสร้างทางอายุและเพศ

11) มลภาวะ หมายถึงอะไร

1. สภาพสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง
2. สภาพอากาศที่ผันแปรเปลี่ยนแปลง
3. สภาพสิ่งแวดล้อมที่ถูกกระทบกระเทือน
4. สภาพเป็นพิษที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์และธรรมชาติ

12) การกระทำเช่นไรที่แสดงว่ามนุษย์เป็นต้นเหตุของการทำลายสิ่งแวดล้อม

1. ถางหญ้าแล้วเผา
2. ทิ้งขยะลงในคูคลอง
3. บ้วนน้ำลายลงบนพื้น
4. ใช้เฟอร์นิเจอร์ที่ทำจากไม้

13) สถานการณ์สิ่งแวดล้อมไทยเข้าลักษณะใดมากที่สุด

1. แengจัดจึงรู้คุณเกลือ
2. ช้ำช้ำได้พริ้วสองเล่มงาม
3. น้ำมาปลากินมด น้ำลตมดกินปลา
4. เห็นช้างขี้ ขี้ตามช้าง

14) จะแก้ไขน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างไร

1. ปล่อน้ำเสียลงทะเล
2. ห้ามจัดตั้งโรงงานริมแม่น้ำ
3. ให้โรงงานติดตั้งเครื่องบำบัดน้ำเสีย
4. สั่งเปิดโรงงานอุตสาหกรรม

15)

ถ้านักเรียนกำลังนั่งรับประทานอาหารที่ร้านแห่งหนึ่ง
มีชายคนหนึ่งกับลูกสาวหน้าตาและการแต่งตัวสกปรก
ได้สั่งอาหารมานั่งรับประทานที่โต๊ะเดียวกับนักเรียนนั่งอยู่

นักเรียนจะอย่างไร

1. มองไปทางอื่นอย่างไม่สนใจ
2. ขยับเพื่อให้ความสะดวก
3. รับประทานอาหารแล้วออกจากร้าน
4. ค่อยๆ ลุกขึ้นเปลี่ยนที่ไปนั่งโต๊ะอื่น

16)

นักเรียนและเพื่อนๆ ต้องการจะเล่นแบดมินตันกันจึงชวนกันไปเล่น
ที่สนามแบดมินตัน แต่เมื่อไปที่ปรากฏมีนักเรียนห้องอื่นกำลังเล่นอยู่

นักเรียนจะอย่างไร

1. ขอร้องให้เลิกเล่น
2. คอยจนกว่าจะเลิกเล่น
3. บังคับให้เลิกเล่นเพราะกลุ่มนักเรียนมีมากกว่า
4. ลงเล่นที่มุมสนามเดี่ยวนักเรียนกลุ่มที่เล่นอยู่ก่อนคงเกรงใจเลิกไปเอง

17)

สงัด ได้รับมอบหมายจากเพื่อนๆ ให้เป็นประธานจัดหาทุนในการแข่งขันกีฬาสี
ประจำปีของโรงเรียน แต่เขาชอบทำหน้าที่สรรหาตัวนักกีฬามากกว่า

ถ้านักเรียนเป็นสงัดจะอย่างไร

1. ขอแลกตำแหน่งกับฝ่ายสรรหาตัวนักกีฬาเพื่อทำงานที่ตนชอบ
2. พยายามทำหน้าที่ประธานฝ่ายจัดหาทุนตามที่เพื่อนมอบหมายให้ดีที่สุด
3. ให้เพื่อนทำหน้าที่ประธานฝ่ายจัดหาทุนแทนแล้วตนเองไปช่วยฝ่ายสรรหาตัวนักกีฬา
4. พยายามไปช่วยฝ่ายจัดหาตัวนักกีฬาให้มากที่สุดโดยที่ตัวเองยังรับตำแหน่งประธานฝ่ายหาทุนอยู่

18)

ในการทำงานร่วมกับผู้อื่นครั้งหนึ่ง นภาพรมีความคิดเห็นขัดแย้งกับสมาชิก
ส่วนหนึ่งในกลุ่ม เธอจึงขอมติจากกลุ่มเพื่ตัดสินใจ
ปรากฏว่านภาพรแพ้มติ เธอรู้สึกอับอายมากและคิดว่าความคิดของเธอ
ถูกต้องแน่นอน

ถ้านักเรียนเป็นนภาพรจะอย่างไร

1. ตั้งใจว่าทำงานครั้งต่อไปจะไม่ยอมทำงานร่วมกับกลุ่มนี้อีก
2. ร่วมทำงานตามมติของกลุ่มด้วยความเต็มใจต่อไปจนสำเร็จ
3. งดออกความคิดเห็นต่อกลุ่มเพื่อนเนื่องจากออกความคิดเห็นไปแล้ว
กลุ่มไม่รับฟัง
4. ถอนตัวออกจากการเป็นสมาชิกของกลุ่มเพราะอยู่ต่อไปก็ไม่มีประโยชน์

19)

ในการทำงานร่วมกันของนักเรียนกลุ่มหนึ่ง โสภามาร่วมทำงานทุกครั้ง
แต่มักวางตัวเฉยๆ ไม่สนใจการแสดงความคิดเห็นในการทำงาน
แม้ว่าในบางครั้งจะรู้สึกว่เพื่อนทำงานไม่ถูกต้อง

นักเรียนคิดว่าโสภ่าทำถูกต้องหรือไม่เพราะเหตุใด

1. ถูกต้อง เพราะจะได้ไม่เกิดการขัดแย้ง
2. ถูกต้อง เพราะจะได้ไม่อายเพื่อนถ้าแสดงความคิดเห็นที่เขยออกไป
3. ไม่ถูกต้อง เพราะตัวเองเป็นสมาชิก
4. ไม่ถูกต้อง เพราะควรชี้ให้เห็นถึงความไม่ถูกต้องเพื่อจะได้หาทางแก้ไข

20)

ถ้า นักเรียนได้รับมอบหมายให้เป็นประธานกรรมการจัดการแสดงผลงานทางวิทยาศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียน

นักเรียนจะใช้วิธีการทำงานอย่างไร

1. แบ่งงานให้ทุกคนรับผิดชอบแล้วให้ต่างฝ่ายดำเนินการเอง
2. มอบงานให้เพื่อนๆ ที่รู้ใจหรือเพื่อนสนิทกันไปทำเพื่อจะได้ไวใจได้
3. แบ่งงานให้ทุกคนทำตามความสามารถและคอยประสานงานให้การทำงาน
4. แบ่งงานให้เฉพาะนักเรียนที่เรียนเก่งไปทำงานเพื่อผลงานที่ออกมา

จะได้มีคุณภาพ

21)

ครูประจำชั้นให้นักเรียนทุกคนนำจดหมายไปให้ผู้ปกครองที่บ้าน
ชาติรีเห็นเพื่อนๆ แอบเปิดจดหมายอ่าน

ถ้านักเรียนเป็นชาติรีจะอย่างไร

1. ไม่เปิดอ่าน เพราะไม่ใช่จดหมายที่ส่งถึงตน
2. ไม่เปิดอ่าน เพราะกลัวครูจับได้แล้วจะถูกลงโทษ
3. ถามเพื่อนที่เปิดจดหมายอ่านว่าเป็นจดหมายเกี่ยวกับอะไร
4. แบบเปิดจดหมายอ่านก่อน เพราะอาจบางที่เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับตน

22)

ขณะที่สุนทรีรอรับการตรวจอยู่ที่โรงพยาบาลแห่งหนึ่ง
บังเอิญเพื่อนของคุณพ่อเป็นแพทย์ประจำอยู่ที่โรงพยาบาลแห่งหนึ่งมาพบเข้า
จึงเรียกให้เข้าไปตรวจก่อน

ถ้านักเรียนเป็นสุนทรีจะอย่างไร

1. ไม่เข้าไป เพราะกลัวเพื่อนของคุณพ่อจะถูกต่อว่า
2. ไม่เข้าไป เพราะไม่ต้องการใช้อภิสิทธิ์กับคนอื่น
3. เข้าไปตรวจ เพราะจะได้รับการรักษาเร็วขึ้นแล้วจะได้รับกลับ
4. เข้าไปตรวจ เพราะเกรงใจเพื่อนของคุณพ่อที่มีน้ำใจต่อตนเอง

23)

ในการพัฒนาทำความสะอาดโรงเรียนที่สุดาเรียนอยู่
นักเรียนช่วยงานมากมาย สุดาต้องการมีส่วนร่วมในการพัฒนาโรงเรียน
ของตนบ้างแต่เธอมีสุขภาพไม่แข็งแรง

ถ้านักเรียนเป็นสุดาจะอย่างไร

1. รับอาสาช่วยเหลืองานเบาๆ
2. ขอยืมดูเขาทำงานเพื่อเป็นกำลังใจ
3. พักผ่อนให้มากจะได้แข็งแรงเพื่อโอกาสครั้งต่อไป
4. อ่านหนังสือ ทำแบบฝึกหัดอยู่บ้านเพราะถึงไปช่วยก็ทำอะไรไม่ได้มาก

24)

ในขณะที่ครูกำลังสอนอยู่หน้าชั้นเรียน บังเอิญทวีพลนึกขึ้นได้ว่ามีเรื่องสำคัญ
ที่จะต้องบอกให้ทวีเดชทราบ แต่ทั้งสองนั่งอยู่ห่างกัน

ถ้านักเรียนเป็นทวีพลจะอย่างไร

1. ขออนุญาตครูขณะนั้นแล้วบอกให้ทราบ
2. ค่อยๆ กระซิบบอกต่อๆ กันไปหาทวีเดช
3. รอให้ครูสอนจบก่อนแล้วจึงไปบอกให้ทราบ
4. เขียนลงในกระดาษแล้วส่งต่อไปให้ทวีเดช

25)

ในการประชุมกลุ่มเพื่อระดมความคิดเห็น อุดมพรทราบว่ามีความคิดเห็นอย่างหนึ่ง
ซึ่งดีมากและยังไม่มีผู้ใดเสนอ แต่เจ้าของความคิดไม่ได้เข้าประชุมด้วย

ถ้านักเรียนเป็นอุดมพร

1. เสนอเฉพาะความคิดเห็นของตนเอง
2. เสนอความคิดเห็นนั้นในนามของตนเอง
3. ไม่แสดงความคิดเห็นเพราะถึงแสดงออกไปก็ไม่เท่าคนอื่น
4. เสนอความคิดเห็นที่ว่าดีนั้นและบอกด้วยว่าเป็นความคิดเห็นของใคร

26)

พิศณีมีความสามารถเป็นดรัมเมเยอร์มากเคยได้รับคัดเลือกเมื่อครั้ง
อยู่โรงเรียนประถมศึกษามาก่อน งานกีฬาสีปีนี้ทางโรงเรียนต้องการ
ความช่วยเหลือและความร่วมมือจากนักเรียนหลายด้าน
โดยต้องการผู้ที่มีความสามารถและประสบการณ์

ถ้านักเรียนเป็นพิศณีจะทำอย่างไร

1. รับทำงานต่อเมื่อได้รับมอบหมายให้ทำ
2. รับอาสาทำงานที่มีเพื่อนๆ ทำอยู่ก่อน
3. รับอาสาเป็นดรัมเมเยอร์และเข้ารับการฝึกซ้อมอย่างเต็มที่
4. เฉยๆ ไว้เพราะไม่อยากจะเสียการเรียน

27)

ถ้านักเรียนเป็นกรรมการคนหนึ่งในคณะกรรมการนักเรียน
ในกรณีที่แพ้มติของที่ประชุมในเรื่องที่นักเรียนไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

นักเรียนจะทำอย่างไร

1. วางตนเฉยและไม่สนใจเรื่องนี้อีก
2. ไปคัดค้านกับประธานเป็นการส่วนตัว
3. พยายามหาจังหวะอภิปรายคัดค้านในที่ประชุมอีกครั้ง
4. ให้ความร่วมมือและทำตามมตินั้นต่อไปด้วยความเต็มใจ

28)

ดวงพร พรเพ็ญ บ้านอยู่ติดกันและมีรั้วบ้านเป็นรั้วโปร่ง
บ้านของดวงพรเลี้ยงเปิดส่วนบ้านของพรเพ็ญเลี้ยงสุนัข
วันหนึ่งสุนัขของพรเพ็ญรอดรั้วมากัดเปิดของดวงพรตาย

ถ้านักเรียนเป็นดวงพรจะทำอย่างไร

1. กั้นรั้วใหม่ไม่ให้สุนัขเข้ามาได้
2. ไปต่อพรเพ็ญและให้ชดใช้ค่าเสียหาย
3. ใส่ดีสุนัขเพื่อให้เช็ดหลานจะได้ไม่เข้ามาอีก
4. ทำเฉยๆ คิดว่าพรเพ็ญไม่มีเจตนาให้สุนัขมากัดเปิด

29)

หมวดวิชาวิทยาศาสตร์พานักเรียนไปทัศนศึกษา ในขณะที่รถแล่นไปนั้น
นักเรียนรับประทานอาหารหรือผลไม้แล้ว

นักเรียนจัดการกับเศษอาหารหรือเปลือกผลไม้อย่างไร

1. ทิ้งไปนอกรถ
2. เก็บใส่ถุงแล้ววางไว้บนพื้นรถ
3. แอบไว้ตามหลังพนักเก้าอี้
4. เก็บใส่ถุงไว้แล้วนำไปทิ้งถึงขยะเมื่อรถจอด

30)

เมื่อนักเรียนเข้าไปหาอ่านหนังสือเรื่องที่สนใจในห้องสมุด
และพบว่าหนังสือเกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าวหลายเล่ม

นักเรียนจะอย่างไร

1. อ่านในเรื่องเบาๆ สมอง
2. อ่านเฉพาะเรื่องที่สนใจมากที่สุด
3. อ่านทุกประเด็นที่อยากรู้อย่างละเอียด
4. อ่านเฉพาะเรื่องที่ตรงกับบทเรียนมากที่สุด

31)

ประสารเป็นหัวหน้าของการทำงานกลุ่มซึ่งมีเพื่อนร่วมงาน 5 คน
แต่การทำงานมักไม่ค่อยราบรื่นเพราะมีเพื่อน 2 คนชอบหลบหนื่องานอยู่เสมอ

ถ้านักเรียนเป็นประสารจะอย่างไร

1. รับทำงานแทนคนที่ไม่มา
2. ขอร้องให้เพื่อนทั้งสองเข้าร่วมทำงานของกลุ่ม
3. บอกเพื่อนทั้งสองว่าควรทำตัวอย่างไรจึงจะถูกต้อง
4. สอบถามสาเหตุและเหตุผลจากเพื่อนทั้งสองเพื่อหาทางแก้ไข

32)

ครูให้นักเรียนช่วยกันทำป้ายชื่อต้นไม้บริเวณโรงเรียน
 วรรณมีความสามารถเขียนตัวหนังสือได้สวยงามกว่าใครๆ เพื่อนๆ
 จึงอยากให้เขาเป็นหัวหน้าในการทำงานครั้งนี้
 ซึ่งถ้าวรรณรับเป็นแล้วก็ต้องทำงานหนักกว่าคนอื่น

ถ้านักเรียนเป็นวรรณจะทำอย่างไร

1. รับเป็นหัวหน้า เพราะเป็นการทำงานเพื่อส่วนรวม
2. รับเป็นหัวหน้า เพราะอาจได้รับคำชมเชยจากคนทั่วไป
3. รับเป็นหัวหน้า เพราะตนจะได้รับ ความสนใจจากเพื่อนๆ มากขึ้น
4. ไม่รับเป็นหัวหน้า เพราะถ้าทำงานหนักมากเกินไป
 อาจทำให้ผลการเรียนตกต่ำ

33)

ถ้าในวันหนึ่งนักเรียนเดินสวนกับเพื่อนปรากฏว่าเพื่อนไม่ทักทายนักเรียน
 เหมือนเช่นเคยกลับหันไปทางอื่น

นักเรียนจะตัดสินใจการกระทำของเพื่อนคนนี้อย่างไร

1. ไม่โกรธคิดเสียว่ายังมีเพื่อนอีกหลายคน
2. โกรธทันที เมื่อพบกันอีกจะไม่ทักทายเขาบ้างเช่นกัน
3. โกรธทันที แต่ถ้าพบกันใหม่จะทดลองทักทายเขาดูก่อน
4. ยังตัดสินใจไม่ได้ ต้องสังเกตวันอื่นๆ และหาเหตุผลประกอบ

34)

ในการเสนอรายงานหน้าชั้นของกลุ่ม เสรีได้รับเลือกให้เป็นตัวแทนของกลุ่ม
 ออกไปรายงาน แต่สมศักดิ์ซึ่งเป็นหัวหน้ากลุ่มเห็นว่า
 เสรีไม่น่าสามารถรายงานหน้าชั้นได้

ถ้านักเรียนเป็นสมศักดิ์จะทำอย่างไร

1. คอยให้กำลังใจขณะเสรีออกไปรายงาน
2. ขอให้เพื่อนๆ และเสรีพิจารณาหาตัวผู้รายงานอีกครั้ง
3. คัดค้านมติของกลุ่มพร้อมทั้งชี้แจงว่าเสรีไม่สามารถทำได้
4. ช่วยเหลือเสรีวางแผนและเตรียมรายละเอียดในเรื่องที่จะรายงาน

35)

ครูมอบหมายให้ปิยวดีทำการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของลูกตุ้มเหล็ก
โดยวิธีแทนที่น้ำ ผลที่ได้จากการทดลองครั้งแรกเมื่อนำมาคำนวณแล้ว
ได้ค่าใกล้เคียงกับในตำรา ปิยวดี จึงสรุปและเขียนรายงานการทดลองทันที

ถ้านักเรียนเป็นปิยวดีจะอย่างไร

1. ถามครูก่อนเขียนรายงานส่ง
2. สอบถามเพื่อนก่อนตัดสินใจทำอะไรต่อไป
3. ทำการทดลองครั้งนี้ เพราะการทดลองครั้งแรกอาจมีข้อบกพร่อง
หรือผิดพลาดได้
4. ทำอย่างปิยวดีซึ่งเหมาะสมดีแล้ว เพราะผลการทดลองได้ใกล้เคียงกับ
ในตำราเรียนไม่ควรจะทำให้เสียเวลาอีก

36)

ปกติเมื่อนักเรียนได้รับความรู้ใหม่ๆ ที่ดีและมีประโยชน์จากแหล่งต่างๆ

นักเรียนจะอย่างไร

1. เล่าให้เพื่อนที่รักกันมากๆ ฟัง
2. เก็บความรู้นั้นไว้เพียงคนเดียว
3. ถ้ามีเพื่อนมาถามก็จะอธิบายหรือเล่าให้ฟัง
4. นำความรู้นั้นออกเผยแพร่ให้ผู้สนใจทุกครั้งที่มีโอกาส

37)

ในการประชุมเพื่อหาวิธีการทำงานร่วมกัน ไพฑูรย์ได้เสนอวิธีการหนึ่ง
ที่คิดว่าดีพร้อมทั้งให้เหตุผลต่อที่ประชุม แต่ที่ประชุมไม่เห็นด้วย
และลงมติให้ทำงานด้วยวิธีอื่น

ถ้านักเรียนเป็นไพฑูรย์จะอย่างไร

1. ร่วมทำงานทุกอย่างกับกลุ่มจนเสร็จ
2. ร่วมทำงานกับกลุ่มเฉพาะในส่วนที่ตนเห็นด้วย
3. ร่วมทำงานกับกลุ่มแต่ไม่ยอมแสดงความคิดเห็นอีก
4. ไม่ทำงานร่วมกับกลุ่มโดยขอไปอยู่กับกลุ่มที่ต้องการใช้วิธีของตน

38)

ถ้านักเรียนเป็นเกษตรกรที่สนใจนำวิชาการแผนใหม่มาปรับปรุงงาน
ในอาชีพของตนเสมอ วันหนึ่งได้พบข่าวในหนังสือพิมพ์ว่า
“การฉายรังสีที่เมล็ดก่อนปลูกจะทำให้พืชเจริญงอกงามเร็วกว่าปกติ”

นักเรียนอยากนำวิธีการนี้มาใช้ นักเรียนจะอย่างไร

1. สอบถามข่าวจากสำนักพิมพ์
2. ปรึกษาผู้มีความรู้ในเรื่องนี้
3. สอบถามเพื่อนๆ ว่าพบข่าวนี้อหรือไม่
4. หาอ่านจากหนังสือพิมพ์ฉบับอื่นๆ อีกเพื่อความแน่ใจ

39)

จังหวัดปราจีนบุรีประสบปัญหาความแห้งแล้งอย่างหนัก
ทำให้ราษฎรรวมทั้งชาวเขมรอพยพที่อาศัยอยู่ในจังหวัดนี้เลย

ถ้านักเรียนเป็นคณะผู้ให้ความช่วยเหลือแต่ของที่ไปช่วยเหลือมีจำนวนจำกัด
นักเรียนจะอย่างไร

1. ให้ความช่วยเหลือคนไทยก่อน แต่ก็ยังสนใจชาวเขมรออยู่
2. ให้ความช่วยเหลือเฉพาะคนไทย เพราะเป็นคนชาติเดียวกัน
3. ให้ความช่วยเหลือคนไทยก่อน ส่วนที่เหลือพิจารณาจัดให้ชาวเขมร
4. ให้ความช่วยเหลือเท่าเทียมกัน โดยถือว่าทั้งคนไทยและคนเขมรก็เป็นมนุษย์เหมือนกัน

40)

เพชรไทยเป็นลูกสาวคนเดียวของพ่อแม่ พ่อแม่ต้องการให้เรียนพยาบาล
แต่เพชรไทยไม่ชอบเพราะเป็นคนใจอ่อนง่าย ชอบเป็นครูมากกว่าเพราะรักเด็ก
พ่อแม่จึงขู่ถ้าไม่เรียนพยาบาลจะไม่ส่งเสียให้เล่าเรียนต่อไป

ถ้านักเรียนเป็นเพชรไทยจะอย่างไร

1. เรียนพยาบาลเพื่อตามใจพ่อแม่
2. ตัดสินใจเรียนครูและหาเงินเรียนเอง
3. ไม่เรียนอะไรทั้งนั้นเพื่อเป็นการประท้วง
4. ชี้แจงเหตุผลว่าตนเองไม่เหมาะที่จะเป็นพยาบาล

แบบวัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย
ด้านคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้เป็นแบบวัดชนิดเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก มีข้อคำถามทั้งหมด 50 ข้อ
2. นักเรียนมีเวลาทำข้อสอบ 50 นาที
3. แบบวัดฉบับนี้มี 2 ตอน

ตอนที่ 1 มีข้อคำถามทั้งหมด 30 ข้อ

เริ่มตั้งแต่ข้อที่ 1 ถึงข้อที่ 30 เป็นแบบวัดที่ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด หรือเหมาะสมที่สุดเพียงคำตอบเดียว เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบได้แล้ว ให้ขีด X ลงในช่อง ○ ซึ่งอยู่ใต้หมายเลขข้อคำถามที่ต้องการลงในกระดาษคำตอบ

ตอนที่ 2 มีข้อคำถามทั้งหมด 20 ข้อ

เริ่มตั้งแต่วันที่ 31 ถึงข้อที่ 50 ในแต่ละข้อจะเป็นสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ให้นักเรียนอ่านและทำความเข้าใจกับสถานการณ์หรือเหตุการณ์นั้นๆ แล้ว พิจารณาตัวเลือกหรือคำตอบที่กำหนดไว้ 4 ตัวเลือก โดยเลือกเพียงคำตอบเดียวที่ตรงกับ ความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบให้ขีดเส้น X ลงใน ช่อง ○ ซึ่งอยู่ใต้หมายเลขข้อคำตอบ ที่นักเรียนต้องการ ลงในกระดาษคำตอบ

4. ให้นักเรียนตอบแบบวัดทั้ง 2 ตอน ลงในกระดาษคำตอบแผ่นเดียวกัน ตั้งแต่ข้อ 1 ถึงข้อ 50 ตามลำดับ

ตอนที่ 1

มีข้อคำถามทั้งหมด 30 ข้อ เริ่มตั้งแต่ข้อ 1 ถึงข้อ 30 เป็นแบบวัดที่ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดเพียงคำตอบเดียว เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบได้แล้ว ให้ขีด X ลงในช่อง ☐ ซึ่งอยู่ใต้หมายเลขข้อคำตอบที่ต้องการลงในกระดาษคำตอบ

ตัวอย่างคำตอบ

0) ส่วนประกอบส่วนใดของฟัน ซึ่งถูกทำลายหมด จะทำให้ฟันผุ

1. เนื้อฟัน
2. รากฟัน
3. เคลือบฟัน
4. โพรงประสาทฟัน

วิธีตอบ

ถ้านักเรียนคำตอบที่ถูกที่สุด หรือเหมาะสมที่สุด สมมติว่าเป็นตัวเลือกที่ 3 ให้นักเรียนขีด X ลงในช่อง ☐ ซึ่งอยู่ภายใต้หมายเลขข้อคำตอบที่ต้องการในกระดาษคำตอบ ดังนี้

กระดาษคำตอบ

	1	2	3	4
0)	☐	☐	☐	☐

1) วิจัยค้นคว้ารับประทานอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ให้มากเป็นพิเศษ จะมีผลดีต่อร่างกายอย่างไร

1. สร้างเซลล์สมอง
2. สร้างเสริมเส้นใยของกล้ามเนื้อ
3. สร้างเสริมพลังงานให้แก่ร่างกาย
4. สร้างความเจริญเติบโตให้แก่ร่างกาย

2) วนัสชอบว่ายน้ำในเวลาเช้าขณะที่มีแสงแดดอ่อนๆ เป็นประจำ จะทำให้เขาไม่เป็นโรคอะไร

1. โรคต่างขา
2. โรคกระดูกอ่อน
3. โรคแพ้แสงแดด
4. โรคกลากเกลื้อน

3) การนำหลักการจัดสิ่งแวดล้อมที่ถูกสุขลักษณะมาจัดภายในบ้านจะช่วยให้ผู้อยู่อาศัยมีสุขภาพแข็งแรงได้อย่างไร

1. ช่วยทำให้สุขสบายใจ
2. ทำให้จิตใจหนักแน่นไม่หวั่นไหว
3. ทำให้สมองปลอดโปร่ง มีสติปัญญาแตกฉาน
4. ช่วยให้ระบบต่างๆ ของร่างกายทำงานเป็นปกติ

4) การศึกษาเกี่ยวกับหลักและวิธีการป้องกันการเสพสิ่งเสพติดให้โทษ เกิดประโยชน์ในด้านใดมากที่สุด

1. มีความรู้เกี่ยวกับอันตรายของสิ่งเสพติด
2. กล้าที่จะปรึกษาผู้อื่น ถ้าติดสิ่งเสพติดให้โทษอยู่ก่อน
3. รู้จักป้องกันตนเองและผู้อื่นในบ้านจากสิ่งเสพติดให้โทษ
4. ไม่หลงเชื่อคำหลอกลวงให้ทดลองเสพสิ่งเสพติดให้โทษ

5) ข้อใดเป็นผลกระทบต่อนโยธินโดยตรงเมื่อเขาได้รับเชื้อเอดส์จากการเที่ยวสำส่อน

1. ภรรยาติดเชื้อเอดส์จากโยธิน
2. สภาพจิตใจที่ผิดปกติของโยธิน
3. ลูกของโยธินได้รับเชื้อเอดส์จากพ่อ
4. ทำให้สัมพันธภาพระหว่างญาติพี่น้องต้องเสียไป

6) อาหารจำพวก ดับ หัวใจ เนื้อ และถั่ว มีประโยชน์ต่อหญิงวัยรุ่นในข้อใดมากที่สุด

1. ผิวพรรณสดชื่น
2. เจริญเติบโตเร็ว
3. ไม่เป็นโรคโลหิตจาง
4. เส้นผมดกดำเป็นเงางาม

7) คนที่ทำงานในโรงงานแบตเตอรี่ โดยไม่ใช้เครื่องป้องกันที่ถูกต้องเป็นเวลานาน มีโอกาสเจ็บป่วยด้วยโรคใดมากที่สุด

1. วัณโรคปอด
2. เยื่อบุตาอักเสบ
3. กล้ามเนื้อเล็กลีบ
4. แผลอักเสบเรื้อรัง

8) ข้อใดเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายจากการใช้ยาสมุนไพร รักษาโรค

1. ใช้ตามผู้ที่เคยใช้ได้ผลมาแล้ว
2. ศึกษาให้รู้ถึงสรรพคุณและวิธีใช้
3. ทดลองใช้ในจำนวนเล็กน้อยเพื่อดูผลการใช้
4. เลือกใช้เฉพาะที่รักษาการเจ็บป่วยภายนอกเท่านั้น

9) การปฏิบัติในข้อใดเป็นการระวังรักษาสุขภาพของช่องปากได้เหมาะสมที่สุด

1. เลือกใช้ยาสีฟันที่มีคุณภาพ
2. เลือกใช้แปรงสีฟันที่มีขนอ่อนนุ่ม
3. ทำความสะอาดฟันหลังรับประทานอาหารทุกมื้อ
4. หลังการรับประทานอาหารควรเคี้ยวฟันไม่ให้เศษอาหารติด

10) ข้อใดเป็นการวางแผนในการรักษาสุขภาพของมดลูกที่ถูกต้องที่สุด

1. วิ่งทุกวัน ดื่มน้ำมากๆ
2. ว่ายน้ำทุกวัน ไม่รับประทานขนมหวาน
3. ออกกำลังกายทุกวัน รับประทานอาหารทุกมื้อ
4. นอนหลับพักผ่อนให้มาก หลีกเลี่ยงอาหารที่มีไขมัน

11) ข้อใดทำให้คนเรามีความสุขและสุขภาพจิตดี

1. ช่วยเหลือผู้อื่นอยู่เสมอ
2. ยอมรับตนเองและผู้อื่น
3. ดูแลเอาใจใส่คนรอบข้าง
4. พยายามฝึกตนเองให้มีความเชื่อมั่น

12) การกระทำในข้อใดที่ได้ผลน้อยที่สุดในการถนอมสายตา

1. ไม่ดูโทรทัศน์ใกล้เกินไป
2. บริหารกล้ามเนื้อตาสม่ำเสมอ
3. รับประทานอาหารจำพวกวิตามินเอ
4. ไม่อ่านหนังสือในที่ที่มีแสงสว่างไม่เพียงพอ

13) เมื่อเกิดอาการระแวง ควรปฏิบัติเช่นใดเป็นอันดับแรก

1. งดอาหาร
2. ดื่มกาแฟดำ
3. พักผ่อนมากๆ
4. ดื่มน้ำให้มากๆ

14) ถ้ากรดกระเด็นเข้าตาข้างซ้ายมีวิธีปฐมพยาบาลที่เหมาะสมอย่างไร

1. ตะแคงขวาล้างตาซ้ายด้วยน้ำก๊อก
2. ตะแคงซ้ายล้างตาซ้ายด้วยน้ำก๊อก
3. ลืมตาทั้งสองข้างในน้ำสะอาดนานๆ
4. ใช้น้ำสบู่อ่อนๆ ล้างตาข้างที่โดนกรด

15) ข้อใดจะเกิดผลกระทบโดยตรงจากการที่รัฐบาลณรงค์ให้ใช้น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว

1. ลดปริมาณอากาศเสีย
2. เพิ่มปริมาณโอโซนในอากาศ
3. ยืดอายุการใช้งานของรถยนต์
4. เครื่องยนต์สามารถขับเคลื่อนได้เร็วขึ้น

16) ผู้ที่ติดบุหรี่เมื่อไม่ได้สูบบุหรี่ มักแสดงอาการอย่างไร ที่สังเกตได้ชัดเจน

1. ปวดมวนท้อง
2. หายใจติดขัด
3. อารมณ์หงุดหงิด
4. สุขภาพทรุดโทรม

17) การที่ช่างตัดผมและขอให้ลูกค้า นักเรียนคิดว่าเป็นสิ่งที่ควรกระทำหรือไม่ เพราะเหตุใด

1. ควร เพราะเป็นหน้าที่ที่ร้านต้องให้บริการ
2. ควร เพราะรูดสะอาดทำให้ลูกค้าประทับใจ
3. ไม่ควร เพราะชี้หูช่วยปรับความดันภายในหู
4. ไม่ควร เพราะชี้หูช่วยป้องกันสิ่งแปลกปลอมเข้าถึงเยื่อแก้วหู

18) การไม่รับประทานอาหารสุกๆ ดิบๆ จะช่วยในเรื่องใดได้ดีมากที่สุด

1. ไม่เป็นโรคพยาธิ
2. ระบบขับถ่ายทำงานเป็นปกติ
3. ระบบย่อยอาหารทำงานไม่หนักเกินไป
4. ได้รับสารอาหารมากกว่าการรับประทานอาหารแบบสุกๆ ดิบๆ

19) การรณรงค์เพื่อการไม่สูบบุหรี่มีจุดมุ่งหมายที่สำคัญที่สุดอย่างไร

1. ช่วยประหยัดรายจ่าย
2. ลดมลภาวะจากควันบุหรี่
3. เพื่อสิทธิของคนที่ไม่สูบบุหรี่
4. ให้มองเห็นอันตรายจากการสูบบุหรี่

20) เพราะเหตุใดรัฐบาลจึงออกกฎหมายบังคับให้รื้อถอนสิ่งปลูกสร้างที่ไม่จำเป็นออกจากอุทยานแห่งชาติทุกแห่ง

1. เพื่อรักษาต้นน้ำลำธาร
2. เพื่อไม่ให้เกิดมลภาวะมลพิษ
3. เพื่อให้สัตว์ป่ามีที่อยู่อาศัย
4. เพื่อคืนสภาพป่าให้แก่ธรรมชาติ

21) ข้อใดเป็นผลที่เกิดจากการทำลายโพลีเมอร์โดยการเผา

1. ชั้นบรรยากาศถูกทำลาย
2. ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น
3. ความกดอากาศเปลี่ยนแปลง
4. โอโซนในอากาศลดปริมาณลง

22) วันใดที่ไม่รับประทานอาหารเมื่อเช้าจะมีผลเสียอย่างไร

1. อารมณ์หงุดหงิด
2. ขาดสารอาหาร
3. อ่อนเพลีย เชื่องซึม
4. กระเพาะอาหารอักเสบ

23) ข้อใดช่วยส่งเสริมให้สามารถปรับตัวเข้ากับเพื่อนได้อย่างเหมาะสมที่สุด

1. เลือกคบเฉพาะเพื่อนที่ดี
2. ช่วยเหลือเพื่อนในทุกเรื่อง
3. ยอมรับเฉพาะเรื่องที่ถูกต้องเหมาะสม
4. ช่วยเหลือและแนะนำเพื่อนอย่างจริงจัง

24) ข้อใดสำคัญที่สุดในการปฏิบัติตนเพื่อให้หายจากการเป็นไข้หวัดได้เร็วขึ้น

1. พักผ่อนให้มากๆ
2. ออกกำลังกายมากๆ
3. รับประทานผักและผลไม้มากๆ
4. ดื่มน้ำและรับประทานอาหารที่สุกแล้ว

25) สมบัติรักษาสุขภาพในช่องปากได้ดีมาก นอกจากการแปรงฟันแล้ว นักเรียนคิดว่าสมบัติมีวิธีการเสริมสร้างสุขภาพในช่องปากที่ถาวรได้อย่างไร

1. ไปพบทันตแพทย์เพื่อขูดหินปูนทุกๆ 6 เดือน
2. ไปพบทันตแพทย์เพื่อเคลือบฟันด้วยฟลูออไรด์
3. รับประทานอาหารที่มีแคลเซียมและฟอสฟอรัส
4. ใช้เส้นใยขัดฟันทุกครั้งหลังจากรับประทานอาหาร

26) นักเรียนจะแนะนำให้เพื่อนที่มีกลิ่นตัวแรง ที่เกิดจากการหมักหมมของเหงื่อไคล หลังการเล่นกีฬาปฏิบัติตนอย่างไร เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

1. อาบน้ำที่ละลายสารส้มไว้จำนวนมากๆ
2. หลีกเลี่ยงรับประทานอาหารที่มีกลิ่นแรง
3. ใส่เสื้อผ้าเนื้อบางๆ เพื่อให้เหงื่อระเหยง่าย
4. เช็ดตัวให้แห้งสนิทหลังอาบน้ำ แล้วใส่เสื้อผ้าที่สะอาด

27) การป้องกันไม่ให้เกิดโรคหัวใจเนื่องจากความผิดปกติของหลอดเลือด มีวิธีการอย่างไร

1. ควบคุมมิให้มีน้ำหนักตัวผิดปกติ
2. รักษาสุขภาพจิตให้ดี ไม่คิดวิตกกังวล
3. บำรุงร่างกายและจิตใจให้แข็งแรงอยู่เสมอ
4. เลือกรับประทานอาหารที่มีธาตุเหล็กมากๆ

28) ถ้าคนที่อยู่ในหมู่บ้านแถบชนบทเกิดเป็นโรคอุจจาระร่วงอย่างรุนแรง นักเรียนควรจะแนะนำให้เขาให้เลือกใช้บริการของรัฐบาลข้อใด จึงจะสะดวกที่สุด

1. สถานีอนามัย
2. สถานีสาธารณสุข
3. ศูนย์บริการสาธารณสุข
4. ศูนย์การแพทย์และอนามัย

29) อันดับแรกของการปฏิบัติที่เหมาะสมที่สุดเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรค คือข้อใด

1. แยกผู้ป่วยออกจากคนปกติ
2. ฉีดวัคซีนสร้างภูมิคุ้มกันโรค
3. แจ้งเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องให้รู้ในทันที
4. ทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ของพาหะนำโรค

30) ขั้นตอนของการปฐมพยาบาลผู้บาดเจ็บข้อเท้าแพลงควรปฏิบัติตามข้อใด

1. ใช้น้ำร้อนประคบ
2. ใช้น้ำแข็งประคบ
3. นวดด้วยยานวดเบาๆ
4. ใช้ผ้าม้วนพันรอบข้อที่บาดเจ็บให้แน่นพอควร

ตอนที่2

มีข้อคำถามทั้งหมด 20 ข้อ เริ่มตั้งแต่ข้อ 31 ถึงข้อ 50 ในแต่ละข้อจะเป็นสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ให้นักเรียนอ่านและทำความเข้าใจกับสถานการณ์หรือเหตุการณ์นั้นๆ แล้วพิจารณาตัวเลือก หรือคำตอบที่กำหนดไว้ 4 ตัวเลือก โดยเลือกเพียงคำตอบเดียวที่ตรงกับความคิดเห็น หรือความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด แล้วขีด X ลงในช่อง O ซึ่งอยู่ได้หมายเลขข้อคำตอบที่นักเรียนต้องการ ลงในกระดาษคำตอบ

ตัวอย่างคำถาม

ตอบ : ตุ่ม....เย็นนี้ไปเล่นแบดมินตัน กันมั๊ย
ตุ้ม :

ถ้านักเรียนเป็นตุ้มจะตอบว่าอย่างไร

- 1. ที่ไหนล่ะ
- 2. จะไปกันกี่คนละ
- 3. วันนี้นัดเพื่อนไปดูหนังแล้ว
- 4. ไปสิ..จะได้ออกกำลังกาย

วิธีตอบ

ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ตรงกับความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด สมมติว่าเป็นตัวเลือกที่ 2 ให้นักเรียนขีด X ในช่อง O ซึ่งอยู่ได้หมายเลขข้อคำตอบที่ต้องการ ลงในกระดาษคำตอบ ดังนี้

กระดาษคำตอบ

	1	2	3	4
o)	☐	☐	☐	☐

31)

มาลี : เมื่อเช้าเราอ่านหนังสือพิมพ์เขาว่าจะมีการริเริ่มตั้ง “โครงการรณรงค์ลดการใช้ถุงพลาสติกแบบหูหิ้วและกล่องโฟม” เธอรู้สึกยังไงกับโครงการนี้.
วันทนา”

วันทนา :

นักเรียนรู้สึกคล้ายตามวันทนาในข้อใด

1. เป็นความคิดที่น่าสนใจมาก
2. ถ้าพวกเราร่วมมือกันน่าจะดีผลดี
3. เห็นเศษของพวกนี้ตกเกลื่อนถนนแล้วกลุ่มใจจ้อง
4. ต่อไปนี้พวกเราต้องพยายามหลีกเลี่ยงไม่ใช้ของพวกนี้อีก

32).

สุทธิพงษ์ : สำเนียง...นายเห็นป้ายประกาศเชิญชวนให้ไปช่วยสร้างสวนสุขภาพ
ประจำโรงเรียนของชุมนุมนันทนาการ วันเสาร์ที่จะถึงนี้มั๊ย

สำเนียง :

ถ้านักเรียนเป็นสำเนียง จะตอบอย่างไร

1. ใครเป็นคนต้นคิดนะ เป็นความคิดที่วิเศษจริงๆ
2. คนคงมาช่วยมากแล้วนะ ขาดเราเสียคน เขาคงทำกันได้
3. ได้ยินชุมนุมนี้เขาพูดถึงมานานแล้ว ออกมาเป็นรูปเป็นร่างเสียที
4. ถึงจะทำอะไรไม่ค่อยเป็น แต่เราก็คงไป ไปเป็นกำลังใจก็ยังดี

33)

สมชาย : ครูพละที่มาใหม่ให้เราช่วยสาริตการพันผ้าเมื่อเกิดอุบัติเหตุ
แขนหักแก่น้องชั้น.2

สมศักดิ์ :

นักเรียนเป็นสมศักดิ์จะตอบว่าอย่างไร

1. เริ่มเมื่อไหร่ละ
2. ไปช่วยด้วยคนได้มั๊ย
3. ดีทำให้เธอเก่งขึ้นด้วย
4. ทุกคนน่าจะมีความรู้ในเรื่องนี้

34)

สุนันท์ : สุนิมล.....จะไปเข้าร่วมชมรมบริหารร่างกายเพื่อสุขภาพของหมู่บ้านเรามั๊ย
 สุนีย์ :

นักเรียนชอบคำตอบของสุนีย์ข้อใด

1. ชมรมเขาตั้งอยู่ที่ไหนล่ะ
2. พรุ่งนี้เราไปหาเธอเนะ จะชวนเพื่อนๆ ไปร่วมด้วย
3. ดีเหมือนกันจะได้ออกกำลังกายบ้าง แล้วต้องเสียค่าใช้จ่ายบ้างมั๊ย
4. ไปซิ....เราก็ก้ออกกำลังกายอยู่แล้วแต่ไม่แน่ใจว่าเหมาะสมหรือเปล่า

35)

มานัส : มานิตย์...นายว่าอย่าไม่เป็นแต่ต้องนั่งเรือไปกลับทุกวันไม่กลัวบ้างหรือ
 มานิตย์ :

นักเรียนเห็นด้วยกับคำตอบของมานิตในข้อใด

1. เรือลำใหญ่ลงล่นยาก
2. ถ้าล่นไปก็ถือว่าเป็นกรรม
3. คิดแล้วก็เสี่ยงมากเหมือนกันนะ
4. เราต้องไปหัดว่ายน้ำในเร็วๆ นี้แหละ

36)

มาลิน : โรงเรียนเราจะเปิดชุมนุมปฐมพยาบาลแล้วนะมาลี
 มาลี :

นักเรียนเรียนเป็นมาลีจะตอบว่าอย่างไร

1. ชุมนุมนี้น่าจะมีคนสมัครมาก
2. แล้วเธอจะไปสมัครมั๊ยละ
3. ถ้าเปิด เราจะไปสมัครด้วยคน
4. ใครเป็นคนริเริ่มความคิดเรื่องนี้ละ

37)

สุนันท์ : รุจี...พรุ่งนี้รุ่นพี่พวกเราเขาจะมาจัดนิทรรศการเรื่อง “การปรับตัวทางเพศ
เมื่อเข้าสู่วัยรุ่น”

รุจี :

นักเรียนเห็นด้วยกับคำพูดของรุจีในข้อใด

1. จัดก็วันละ
2. คงน่าสนใจดีนะ
3. ต้องไปดูให้ได้เสียละ
4. ถ้าไม่ได้ไปดูต้องถือว่าพลาดโอกาสที่ดี

38)

เอ๋อมพร : เอ๋อมเดือน...เธอควรไปหาหมออย่างสม่ำเสมอ คนเป็นโรคมะเร็งระยะ
เริ่มแรก ถ้าปล่อยปละละเลยกับสุขภาพจะทำให้โรคลุกลามเร็วขึ้น

เอ๋อมเดือน : ช่างมันเถอะเอ๋อมพร ถึงยังงี้โรคนี้อีกก็ไม่มีทางหายอยู่แล้ว

นักเรียนคิดอย่างไรกับสถานการณ์นี้

1. เอ๋อมพรเป็นเพื่อนที่ดี ที่คอยให้กำลังใจ
2. คนเป็นโรคมะเร็งรักษาไม่หายจริงๆ หรือ
3. คนเราไม่ควรทอดทิ้งหมดกำลังใจ ถ้ายังมีหนทางอยู่
4. โรคมะเร็งระยะเริ่มแรก ถ้าไปหาหมออย่างสม่ำเสมอ ก็หายได้เหมือนกัน

39)

มานพ : พวกนายคุยกะไรกันดูเป็นการเป็นงานจัง

มานัส : ปรีक्षाว่าจะไปชวนชาวบ้านให้ปลูกผักปลอดสารพิษ
สนใจจะเข้าร่วมมั๊ย...มานพ

นักเรียนเห็นด้วยกับคำพูดของมานพในข้อใด

1. ต้องทำให้ชาวบ้านเขาเชื่อเราให้ได้นะ
2. พวกเราต้องพยายามให้เขาทำกันตลอดไปนะ
3. ต่อไปนี้พวกเราคงได้กินผักกันอย่างสบายใจเสียที
4. เข้าทำดี...ต่อไปต้องขยายผลให้หมู่บ้านอื่นๆ ทำด้วย

40)

ชาติรี : พี่เราจะแต่งงานกับเทพิงงานวัดปีนี้เชียวนะ
 วีระพงษ์ : ญาติพี่น้องหลายคนของเทพิงนี่ เป็นโรคสภาพจิตผิดปกตินะ
 ชาติรี :

นักเรียนคิดว่าชาติรีควรตอบอย่างไร

1. แต่ก็ยังถือว่าพี่เราโชคดี
2. ต้องรีบไปบอกพี่ให้ระวังเรื่องการมีบุตร
3. สามีกรรยาเข้าใจกันเรื่องญาติพี่น้องคงไม่เกี่ยวกัน
4. เราคิดว่าคงไม่กระทบกระเทือนถึงลูกที่จะเกิดมาหรอก

41)

วิภาวี : โรงเรียนของเรามีโครงการสนับสนุนการต่อต้านโรคติดต่อ
 โดยการขอรับบริจาคเงินเพื่อส่งไปสมทบทุน เธอเห็นเป็นยังไง
 วิจิตรา :

นักเรียนเป็นวิจิตราจะตอบอย่างไร

1. เราจะช่วยบริจาคด้วย
2. โครงการนี้มีมานานหรือยัง
3. ใครเป็นคนเริ่มโครงการนี้นะ ดีจังเลย
4. เราต้องบอกต่อๆ กันไป ให้มาร่วมบริจาคกันเยอะๆ

42)

วิรัชณี : ไปซื้อของที่ตลาดกันมั๊ย....สุทธินีย์
 สุทธินีย์ : ไม่ไปหรอก....รู้สึกไม่ค่อยสบายท้องผูกมา 2-3 วันแล้ว..
 ผ่ากซื้อยาถ่ายหน่อยนะ

นักเรียนเห็นด้วยกับคำพูดของวิรัชณีตามข้อใด

1. กินยาถ่ายบ่อยๆ ไม่ดีหรอก
2. เธอต้องเปลี่ยนนิสัยในการกินเสียใหม่แล้ว
3. เธอต้องกินอาหารพวกผัก ผลไม้ให้มากๆ นะ
4. อะไร...ปล่อยให้ท้องผูกอยู่ได้ยังไงตั้งหลายวัน

43)

หนอนไหม : ไหม.....ไปเที่ยวศาลาประชาคมกันเขามีกิจกรรมหิ้วตะกร้า
ถุงผ้าสวย ช่วยจ่ายตลาดเพื่อช่วยลดการให้ถุงพลาสติก
ไบหม่อน :

นักเรียนมีความเห็นคล้อยตามคำพูดของไบหม่อน

1. ได้ข่าวว่ามีคนสนใจไปซื้อสินค้ากันมาก
2. กิจกรรมนี้น่าจะนำไปจัดให้ครบทุกจังหวัด
3. เราอยากให้งิจกรรมแบบนี้จัดที่บ้านเรามานานแล้ว
4. เรื่องนี้น่าสนใจมาก ช่วยแก้ปัญหาเรื่องมลภาวะได้ดีทีเดียว

44)

วิเชียร : วิชอบดูข่าว ทวี เรื่องบรรจุก๊าซลัมที่ปากอ่าวไทยหรือเปล่า
วิชอบ : ไม่ได้ดูหรอก.....ทำไมเธอ
วิเชียร : รู้สึท พกผู้ ใหญ่ ไ้ ้น ี่ ของเรา ก็มดามห่ งโยว ติ าท
ของประชาชนดี

นักเรียนชอบคำพูดของวิชอบในข้อใด

1. เขามีความรับผิดชอบใช้ได้ทีเดียว
2. ถ้าพวกผู้ใหญ่ทุกหน่วยงานเป็นอย่างนี้ก็จะดี
3. เป็นธรรมดา เขาก็ต้องทำตามหน้าที่ของเขาแหละ
4. ผู้ใหญ่ระดับนี้แล้ว ถึงอย่างไรก็ต้องแสดงความคิดเห็นบ้าง

45)

สุกิจ : วันเสาร์นี้มีการแจกเกียรติบัตรแก่บุคคลที่ช่วยรณรงค์เรื่องยาเสพติด
ให้โทษแก่ชุมชนจนได้ผลนายจะไปร่วมงานกับเขามั้ย
สุรศักดิ์ : งานนี้ไม่ได้อยู่แล้ว

นักเรียนรู้สึกอย่างไรกับสถานการณ์ข้างบน

1. คนที่ได้รับเกียรติบัตรคงจะภูมิใจมากนะ
2. การแจกเกียรติบัตรเป็นสิ่งที่ควรกระทำ
3. น่าจะทำมานานแล้ว คนทำความดีจะได้มีกำลังใจ
4. ดีแล้วที่ทำเป็นตัวอย่าง คนทำความดีจะได้มีกำลังใจมากขึ้น

46)

แนนน้อย : นี่แดงต้อย...เธอรู้มั้ยยายหนู นินทาเธออีกแล้ว
แดงต้อย : เขาคงไม่เข้าใจเรานะ

นักเรียนมีความรู้สึกอย่างไรกับคำตอบของแดงต้อย

1. เขาตอบจากใจจริงหรือเปล่านะ
2. ถ้าทุกคนคิดแบบนี้คงไม่มีคนเป็นโรคจิต
3. เป็นคนน่านับถือที่ไม่ใส่ใจกับเรื่องไร้สาระ
4. ถ้าเป็นเราจะทำใจอย่างนี้ได้หรือเปล่านั้นไม่รู้

47)

หน้อย : หน้าของสมชายสุมบุหรี่มาตั้งเกือบสิบปีแล้วนะจิตต์...แต่พอเขาตั้งใจ
เลิกเขาก็ได้ทันที นำเอาเป็นตัวอย่างนะ
จิตต์ :

ถ้านักเรียนเป็นจิตต์จะพูดว่าอย่างไร

1. เขาเลิกสุมบุหรี่ได้จริงๆ หรือ
2. เขาคงมีเหตุจำเป็นอะไรสักอย่างที่ทำให้ ต้องเลิกสุมบุหรี่
3. เขาทำสิ่งที่ถูกต้องแล้ว ไม่อย่างนั้นลูกๆ จะเอาเป็นตัวอย่าง
4. เราต้องไปแสดงความยินดีกับเขา ชวนไปออกกำลังกายบ้าง
จะได้มีสุขภาพดีขึ้น

48)

หวาน : พรรถพวก...ถือของกินเยอะแยะจะไปไหนกันเธอ
แหวน : จะเอาไปให้พวกที่เขามาช่วยล้างท่อระบายน้ำไงล่ะ เราล้างเองไม่ได้
ก็ช่วยเขาในเรื่องนี้แหละ
หวาน :

นักเรียนเห็นด้วยกับคำพูดของหวานเรื่องใด

1. พวกนายมีความคิดที่น่าชื่นชมจริงๆ
2. จริงด้วย พวกเขาจะได้มีกำลังใจทำงาน
3. ดีเหมือนกัน เดี่ยวผมจะเอาไปให้เขาบ้าง
4. ถูกแล้ว เมื่อเราทำไม่ได้ก็ต้องช่วยในเรื่องอื่น

49)

นิธิ : ดูซุชาติ ถูกเพื่อนๆ ล้อเลียนเรื่องเขาเป่ทุกวันแต่เขาไม่โกรธเพื่อนเลย
 นิจวดี :

คำตอบข้อใดของนิจวดีตรงกับความรู้สึกของนักเรียน

1. ถ้าเป็นฉันมีเรื่องแน่
2. เขาเป็นคนใจเย็นมากนะ
3. เขาเป็นแบบอย่างของความใจเย็น
4. ฉันต้องฝึกทำให้ได้อย่างเขาแล้วละ

50)

หมอฟัน : หนูพรรณที่น่ารักจัง มาให้หมอตรวจฟันทุกๆ 6 เดือน ไม่เคยขาดเลย
 ประภัสสร : ถึงแม้ตอนนี้หนูไม่ปัญหา แต่หนูคิดว่าการตรวจสุขภาพฟันก็เป็นสิ่ง
 สำคัญค่ะ

นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อสถานการณ์ข้างบนนี้

1. ไม่น่าเสียเวลาไปหาหมอเลย ฟันก็ยังไม่ปวดสักหน่อย
2. ต่อไปนี้ต้องไปตรวจฟันบ้างแล้ว ถึงแม้ว่าจะยังไม่ปวดก็ตาม
3. คนที่เป็นโรคฟันอาจเป็นเพราะไม่ไปตรวจฟันอย่างสม่ำเสมอก็ได้
4. ไม่เคยคิดมาก่อนเลยว่า การไปหาหมอตรวจสุขภาพฟันอย่างสม่ำเสมอ
 เป็นสิ่งจำเป็น

แบบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย
แบบวัดทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบวัดทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์นี้ช่วยในการสังเกตโดยตรงเป็นรายบุคคลเพื่อประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ในขณะนักเรียนทำการทดลอง
2. แบบวัดทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ ชุดนี้มี 20 ข้อความดังนี้
การตักสาร การปาดชั้นตักสาร การทำความสะอาดชั้นตักสาร การไล่อากาศในหลอดฉีดยา
การอ่านปริมาตรสารในหลอดฉีดยา การทำความสะอาดหลอดฉีดยา การบีบจุดยางหลอดหยด
การถือหลอดหยด การใช้หลอดหยดของเหลว การทำความสะอาดหลอดหยด การจับหลอด
ทดลอง การเขย่าหลอดทดลอง การล้างหลอดทดลอง การเก็บหลอดทดลอง การใช้กระจก
นาฬิกาอย่างถูกวิธี การจัดบริเวณเพื่อเตรียมทำการทดลอง การจัดเตรียมอุปกรณ์ก่อนทำการ
ทดลอง การเก็บอุปกรณ์เข้าที่ การทำความสะอาดโต๊ะหลังจากทดลองเสร็จสิ้นแล้ว
3. การบันทึกผู้สังเกตเป็นแบบให้คะแนนในแต่ละข้อของแต่ละพฤติกรรมที่นักเรียน
แสดงการหยิบจับอุปกรณ์ ในการบันทึกนั้นนักเรียนแสดงพฤติกรรมถูกผู้สังเกตจะกา
เครื่องหมาย / และถ้าแสดงพฤติกรรมผิดจะกาเครื่องหมาย X
4. การคิดคะแนนให้แต่ละข้อถ้ามีเครื่องหมาย / จะได้ 1 คะแนน แต่ถ้ามีเครื่องหมาย
X จะได้ 0 คะแนน

คำชี้แจงเกี่ยวกับทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์

ทักษะ 1 การใช้เทอร์โมมิเตอร์ หมายถึง การชั่งและการอ่านเทอร์โมมิเตอร์อย่างถูกวิธี คือกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ต้องสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการวัด ไม่สัมผัสกับด้านข้างและก้นภาชนะ ขณะอ่านสายตาต้องอยู่ในระดับเดียวกันกับของเหลวในเทอร์โมมิเตอร์ และเมื่อใช้เสร็จแล้วเก็บเข้าที่

ทักษะ 2 การใช้ตาชั่ง หมายถึง ความสามารถที่จะใช้ตาชั่งอย่างถูกวิธีคือ ปรับศูนย์ก่อนใช้ ขณะชั่งน้ำหนักค่อย ๆ เลื่อนตุ้มน้ำหนักจนตาชั่งสมดุล และอ่านค่าน้ำหนักได้ถูกต้อง

ทักษะ 3 การใช้ตาชั่งสปริง ในการใช้ตาชั่งสปริงน้ำหนักต้องใช้เวลาชั่งอยู่ในแนวตั้ง อ่านหน่วยน้ำหนักเป็นกรัมหรือนิวตัน ขณะอ่านตาต้องอยู่ในระดับเดียวกับปุ่มโลหะบอกค่าน้ำหนัก ถ้าต้องใช้ตาชั่งสปริงในแนวอื่น เพื่อเปรียบเทียบแรงดึงดูดต้องรักษาทิศทางให้อยู่ในแนวเดียวกัน

ทักษะ 4 การใช้ตะเกียง หมายถึง ความสามารถในการใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์อย่างถูกวิธี คือ ก่อนใช้ต้องตรวจสอบสภาพก่อนทุกครั้ง ไม่จุดตะเกียงก่อนที่จะเตรียมสารให้พร้อม ปรับไฟให้สูงพอเหมาะ เตรียมกระป๋องทรายสำหรับตั้งก้านไม้ขีดไฟที่จุดแล้ว เมื่อเลิกใช้ต้องดับตะเกียงทันทีโดยใช้ฝาครอบไม้ใช้ปากเป่า

ทักษะ 5 การใช้ช้อนตักสาร หมายถึง การตวงสารให้ปริมาณถูกต้อง หรือตักสารแต่ละครั้งต้องปาดช้อนเพียงครั้งเดียว ไม่กดสารในช้อนก่อนปาด เมื่อตักแล้วทำความสะอาดช้อนและทำให้แห้งก่อนตักสารชนิดอื่น ไม่ตักสารในขณะที่ยังร้อน

ทักษะ 6 การใช้ไม้หนีบ หมายถึง ความสามารถที่จะใช้ไม้หนีบได้ถูกวิธี คือ หนีบที่ระยะประมาณ $1/3$ จากปากหลอดทดลอง เมื่อหนีบบีกเกอร์หรือถ้วยกระเบื้องต้องหนีบให้ลึก ขณะถือไม่ออกแรงกดไม้หนีบ ถ้าใช้กับขาตั้งเพื่อหนีบเทอร์โมมิเตอร์ต้องใช้เศษผ้ากระดาษชำระหุ้มเทอร์โมมิเตอร์ให้แน่นเสียก่อน

ทักษะ 7 การใช้หลอดฉีดยา หมายถึง การใช้หลอดฉีดยาอย่างถูกวิธี คือ จุ่มปลายหลอดทดลองในของเหลว กดก้านสูบให้ชิดกับกระบอกสูบเพื่อไล่ฟองอากาศ ดึงก้านสูบขึ้นเพื่อดูดของเหลวขึ้นมาก่อนปริมาตรโดยใช้ตาอยู่ในระดับพอดีกับขีดบอกปริมาตร ถ้ามีฟองอากาศต้องกดก้านหลอดลงไปใหม่ ใช้เสร็จแล้วล้างให้สะอาด ทำให้แห้ง เมื่อใช้ดูดของเหลวชนิดอื่นต้องล้างให้สะอาดก่อนทุกครั้ง

ทักษะ 8 การใช้หลอดทดลอง หมายถึง ความสามารถที่จะใช้หลอดหยดได้ถูกวิธี คือ ดูดของเหลวให้มีปริมาณใกล้เคียงกับที่ต้องการใช้ ค่อย ๆ บีบจุกยางเพื่อใช้ของเหลวหยดที่ละเอียดอย่างสม่ำเสมอ ล้างหลอดหยดให้สะอาดทันที สะบัดให้แห้ง ถ้าจะให้ดูดสารชนิดต้องล้างให้สะอาดก่อนทุกครั้ง

ทักษะ 9 การใช้กรดและเบส หมายถึงการใช้กรด-เบสได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย คือรินกรดหรือเบสใส่ในภาชนะที่สะอาดและแห้ง ขณะรินหันภาชนะที่ใส่กรด-เบส ด้านที่มีป้ายฉลากขึ้นข้างบน ไม่รินน้ำลงในกรด ถ้ากรดหกรดร่างกายต้องรีบล้างด้วยน้ำมากๆ ทันที ถ้ากรดหกรดพื้น ให้โปรยด้วยคัลเซียมคาร์บอเนต ถ้าเบสหกรดให้ล้างด้วยกรดอะซิติกเจือจาง แล้วล้างด้วยน้ำมากๆ อีกครั้งหนึ่ง

ทักษะ 10 การใช้กระดาษทดสอบกรด-เบส หมายถึง ความสามารถที่จะรู้จักใช้กระดาษอินดิเคเตอร์ชนิดต่าง ๆ คือ มือที่หยิบต้องสะอาดปราศจากกรดและเบส หยิบทีละแผ่นอังที่ปากหลอดโดยไม่ให้สัมผัสกับหลอด ถ้าจะทดสอบของเหลวให้วางกระดาษอินดิเคเตอร์บนถ้วยกระเบื้อง ใช้แท่งแก้วจุ่มของเหลวมาแตะ

ทักษะ 11 การใช้แว่นขยาย เมื่อต้องใช้แว่นขยายตรวจดูรายละเอียดของวัตถุให้ถือแว่นขยายให้ชิดกับตาข้างหนึ่ง ระวังการขูดขีด ใช้แล้วเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

ทักษะ 12 การใช้กล้องจุลทรรศน์อย่างง่าย หมายถึง ความสามารถในการใช้กล้องจุลทรรศน์ได้อย่างถูกวิธี คือ วางแผ่นสไลด์บนแท่นให้วัตถุที่ต้องการอยู่ตรงกับช่องบนแท่นกดทับให้แน่นด้วยที่หนีบทั้งสองข้างปรับกระจกเงาให้แสงสะท้อนมาที่วัตถุบนสไลด์ หมุนปุ่มตามเข็มนาฬิกาเพื่อปรับเลนส์ตาลงไปจนต่ำสุดเกือบถึงกระจกสไลด์ มองวัตถุผ่านเลนส์พร้อมทั้งค่อยๆ หมุนปุ่มทวนเข็มนาฬิกาเพื่อปรับระยะเลนส์ที่ละน้อยจนมองเห็นวัตถุชัดเจน ถ้ายังไม่เห็นภาพให้เลื่อนตำแหน่งสไลด์ปรับระยะใหม่อีกจนเห็นชัด

ทักษะ 13 การใช้กล้องโทรทรรศน์อย่างง่าย หมายถึง ความสามารถในการใช้กล้องโทรทรรศน์ได้อย่างถูกต้องวิธี คือ เลื่อนเลนส์ทั้ง 2 อัน ออกจากกัน จับรางกล้องตรงระยะกึ่งกลางของราง ยกขึ้นให้เลนส์อยู่ในระดับตา เมื่อมองวัตถุที่อยู่ไกลให้มองผ่านเลนส์ที่มีความยาวโฟกัสสั้น แล้วเลื่อนเลนส์ที่มีความยาวโฟกัสยาวไปมาจนเห็นภาพชัด ระหว่างการขูดขีดเลนส์ในการทำความสะอาดให้ใช้ผ้าสำลีเช็ดเลนส์

ทักษะ 14 การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า หมายถึง ความสามารถที่ตรวจความต่างศักย์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับความต่างศักย์ของวงจรไฟฟ้าก่อนที่จะต่อเข้าในวงจร เมื่อความต่างศักย์ของอุปกรณ์มีค่ามากกว่าไม่ต้องต่อ

ทักษะ 15 ทักษะการใช้หลอดไฟฟ้าพร้อมขั้ว หมายถึง ความสามารถที่จะใช้ปากหนีบจระเข้ หนีบปลายขั้วทั้งสองที่ยื่นออกมา ไม่หนีบเข้าไปจนชิดกับขั้วไฟฟ้า

ทักษะ 16 การใช้แบตเตอรี่ หมายถึง ความสามารถเรียงเซลล์ลงในกล่องเป็นแบบอนุกรม ตรวจสอบขั้วไฟฟ้า แผ่นตัวนำและสปริง และสามารถเสียบแผ่นตัวนำ เพื่อตัดตอนตามจำนวนเซลล์ให้มีความต่างศักย์ตามที่ต้องการ

ทักษะ 17 การสังเกต หมายถึง ความสามารถที่จะตรวจรายละเอียดของสิ่งที่ต้องการสังเกต โดยใช้ประสาทสัมผัสครบทุกอย่างได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว แล้วบันทึกทันที

ทักษะ 18 การวัดความยาว-สูง หมายถึง ความสามารถที่จะใช้อุปกรณ์วัดความยาวความสูง ได้ถูกวิธี อ่านมาตราโดยตาดั้งฉากกับชี้บอกความยาวหรือความสูงนั้น

ทักษะ 19 การใช้และเก็บรักษาแม่เหล็กที่ใช้ทำไดนาโม หมายถึง การเก็บรักษาแม่เหล็กไม่ให้เสื่อมคุณภาพด้วยการให้ขั้วต่างชนิดกันประกบกันไว้

ทักษะ 20 การตัมสาร หมายถึง ความสามารถในการตัมสารในหลอดทดลองหรือในบีกเกอร์อย่างถูกวิธี คือ ก่อนตัมเข้ดกันภาชนะให้แห้ง ถ้าตัมสารในหลอดที่อยู่กับที่ต้องใส่เศษหินหรือกระเบื้องก่อนตัม ถ้าจับด้วยไม้หนีบต้องส่ายหลอดไปมาช้าๆ หันปากหลอดไปทางด้านที่ไม่มีคนอยู่ เมื่อตัมในบีกเกอร์ใช้แท่งแก้วคนอย่างสม่ำเสมอ

ภาคผนวก ง

ค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ

ตาราง 42 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ
วัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้
วิชาชีพวิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง)

ข้อที่	P _H	P _L	p	r	ข้อที่	P _H	P _L	p	r
1	0.74	0.30	0.52	0.44	21	0.70	0.30	0.50	0.40
2	0.70	0.26	0.48	0.44	22	0.63	0.26	0.44	0.38
3	0.67	0.30	0.48	0.37	23	0.74	0.19	0.46	0.55
4	0.67	0.41	0.54	0.27	24	0.78	0.33	0.56	0.46
5	0.78	0.41	0.60	0.39	25	0.67	0.30	0.48	0.37
6	0.56	0.30	0.43	0.27	26	0.81	0.52	0.67	0.32
7	0.70	0.44	0.57	0.27	27	0.59	0.22	0.40	0.39
8	0.74	0.33	0.54	0.41	28	0.56	0.26	0.41	0.31
9	0.78	0.19	0.48	0.58	29	0.85	0.48	0.68	0.41
10	0.70	0.22	0.46	0.48	30	0.70	0.19	0.44	0.51
11	0.67	0.48	0.58	0.20	31	0.63	0.26	0.44	0.38
12	0.59	0.37	0.48	0.22	32	0.59	0.22	0.40	0.39
13	0.59	0.30	0.44	0.30	33	0.78	0.33	0.56	0.46
14	0.78	0.56	0.67	0.25	34	0.81	0.41	0.62	0.42
15	0.74	0.22	0.48	0.52	35	0.78	0.37	0.58	0.42
16	0.56	0.19	0.37	0.40	36	0.74	0.30	0.52	0.44
17	0.59	0.19	0.38	0.42	37	0.63	0.30	0.46	0.34
18	0.70	0.26	0.48	0.44	38	0.63	0.26	0.44	0.38
19	0.74	0.19	0.46	0.55	39	0.67	0.19	0.42	0.50
20	0.74	0.41	0.58	0.34	40	0.78	0.44	0.62	0.36

ตาราง 43 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ
วัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ)

ข้อที่	P_H	P_L	p	r	ข้อที่	P_H	P_L	p	r
1	0.45	0.17	0.31	0.28	16	0.76	0.21	0.48	0.55
2	0.72	0.59	0.66	0.14	17	0.90	0.21	0.55	0.69
3	0.86	0.76	0.81	0.10	18	0.90	0.31	0.60	0.59
4	0.14	0.10	0.12	0.03	19	0.93	0.17	0.55	0.76
5	0.90	0.45	0.67	0.45	20	0.83	0.59	0.71	0.24
6	0.28	0.24	0.26	0.03	21	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.90	0.76	0.83	0.14	22	0.10	0.03	0.07	0.07
8	0.69	0.41	0.55	0.28	23	0.72	0.38	0.55	0.34
9	0.97	0.72	0.84	0.24	24	0.72	0.55	0.64	0.17
10	0.93	0.90	0.91	0.03	25	0.97	0.79	0.88	0.17
11	0.72	0.34	0.53	0.38	26	0.28	0.17	0.22	0.10
12	0.76	0.59	0.67	0.17	27	0.48	0.21	0.34	0.28
13	0.55	0.41	0.48	0.14	28	0.90	0.79	0.84	0.10
14	0.72	0.41	0.57	0.31	29	0.83	0.52	0.67	0.31
15	0.79	0.41	0.60	0.38	30	0.62	0.45	0.53	0.17

ตาราง 44 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ
วัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์)

ข้อที่	P_H	P_L	p	r	ข้อที่	P_H	P_L	p	r
1	0.81	0.22	0.52	0.58	16	0.85	0.18	0.52	0.65
2	0.96	0.19	0.62	0.78	17	0.96	0.22	0.64	0.76
3	0.96	0.15	0.59	0.80	18	0.48	0.22	0.35	0.29
4	0.85	0.25	0.56	0.60	19	0.81	0.18	0.49	0.62
5	0.85	0.22	0.54	0.62	20	0.85	0.33	0.60	0.53
6	0.81	0.19	0.50	0.61	21	0.67	0.25	0.45	0.48
7	0.77	0.30	0.54	0.47	22	0.59	0.26	0.42	0.34
8	0.81	0.22	0.52	0.58	23	0.59	0.29	0.44	0.32
9	0.77	0.26	0.52	0.51	24	0.56	0.37	0.48	0.49
10	0.81	0.22	0.52	0.58	25	0.82	0.33	0.58	0.49
11	0.85	0.22	0.54	0.62	26	0.56	0.29	0.42	0.28
12	0.85	0.41	0.64	0.47	27	0.85	0.22	0.54	0.62
13	0.63	0.11	0.35	0.56	28	0.89	0.11	0.48	0.73
14	0.74	0.07	0.38	0.70	29	0.86	0.22	0.55	0.63
15	0.63	0.14	0.37	0.52	30	0.29	0.14	0.53	0.74

ตาราง 45 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ
วัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย (คุณลักษณะทั่วไป)

ข้อที่	P _H	P _L	p	r	ข้อที่	P _H	P _L	p	r
1	0.56	0.25	0.40	0.32	21	0.48	0.15	0.30	0.38
2	0.96	0.33	0.69	0.40	22	0.74	0.15	0.43	0.58
3	0.93	0.19	0.59	0.73	23	0.44	0.11	0.26	0.41
4	0.67	0.11	0.37	0.59	24	0.63	0.11	0.35	0.56
5	0.89	0.30	0.62	0.61	25	0.52	0.26	0.39	0.28
6	0.93	0.26	0.63	0.69	26	0.88	0.07	0.46	0.26
7	0.63	0.22	0.42	0.42	27	0.74	0.26	0.50	0.48
8	0.74	0.22	0.48	0.52	28	0.70	0.07	0.35	0.66
9	0.74	0.29	0.52	0.45	29	0.48	0.19	0.33	0.34
10	0.89	0.19	0.55	0.69	30	0.93	0.22	0.60	0.71
11	0.70	0.22	0.46	0.48	31	0.59	0.11	0.33	0.53
12	0.96	0.11	0.57	0.82	32	0.88	0.33	0.62	0.57
13	0.89	0.11	0.50	0.75	33	0.48	0.15	0.30	0.38
14	0.59	0.26	0.42	0.34	34	0.96	0.26	0.66	0.74
15	0.96	0.19	0.62	0.78	35	0.56	0.22	0.38	0.36
16	0.96	0.19	0.62	0.78	36	0.81	0.22	0.52	0.58
17	0.85	0.11	0.47	0.65	37	0.67	0.25	0.45	0.43
18	0.50	0.22	0.40	0.39	38	0.63	0.07	0.32	0.62
19	0.55	0.11	0.31	0.51	39	0.55	0.19	0.36	0.39
20	0.81	0.15	0.47	0.65	40	0.89	0.11	0.48	0.73

ตาราง 46 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ
วัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย (คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ)

ข้อที่	P_H	P_L	p	r	ข้อที่	P_H	P_L	p	r
1	0.82	0.66	0.74	0.21	31	0.98	0.66	0.82	0.47
2	0.94	0.72	0.83	0.33	32	0.76	0.32	0.54	0.55
3	0.90	0.64	0.77	0.35	33	0.98	0.36	0.61	0.63
4	0.96	0.66	0.81	0.43	34	0.86	0.36	0.61	0.63
5	1.00	0.76	0.88	0.38	35	0.54	0.16	0.35	0.49
6	0.36	0.24	0.30	0.16	36	0.92	0.42	0.67	0.65
7	0.94	0.46	0.70	0.63	37	0.52	0.30	0.41	0.28
8	0.90	0.52	0.71	0.50	38	0.90	0.28	0.25	0.46
9	1.00	0.78	0.89	0.37	39	0.70	0.26	0.48	0.55
10	0.88	0.54	0.71	0.45	40	0.42	0.08	0.25	0.46
11	0.92	0.70	0.81	0.32	41	0.56	0.18	0.37	0.48
12	0.54	0.36	0.45	0.22	42	0.42	0.30	0.36	0.15
13	0.56	0.30	0.43	0.33	43	0.56	0.30	0.43	0.33
14	0.76	0.34	0.55	0.52	44	0.70	0.18	0.44	0.65
15	0.94	0.84	0.89	0.17	45	0.90	0.52	0.71	0.50
16	0.32	0.10	0.21	0.31	46	0.98	0.78	0.88	0.32
17	0.68	0.36	0.52	0.40	47	0.84	0.42	0.63	0.53
18	0.48	0.40	0.44	0.10	48	0.20	0.46	0.33	0.34
19	0.84	0.42	0.63	0.53	49	0.98	0.28	0.63	0.89
20	0.92	0.62	0.77	0.41	50	1.00	0.76	0.88	0.38
21	0.38	0.14	0.26	0.32	51	0.86	0.32	0.59	0.68
22	0.86	0.66	0.76	0.28	52	0.70	0.42	0.56	0.35
23	0.82	0.50	0.66	0.41	53	0.70	0.54	0.62	0.20
24	0.88	0.64	0.76	0.33	54	0.80	0.32	0.56	0.60
25	0.66	0.52	0.59	0.18	55	0.56	0.22	0.39	0.43
26	0.96	0.80	0.88	0.25	56	0.80	0.24	0.52	0.70
27	0.56	0.46	0.51	0.12	57	0.84	0.78	0.81	0.09
28	0.94	0.86	0.90	0.14	58	0.88	0.42	0.65	0.59
29	0.84	0.70	0.77	0.19	59	0.54	0.46	0.50	0.10
30	0.96	0.86	0.91	0.18	60	0.78	0.36	0.57	0.53

ตาราง 47 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดผล
การเรียนรู้ด้านจิตพิสัย (คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม)

ข้อที่	P _H	P _L	p	r	ข้อที่	P _H	P _L	p	r
1	1.00	0.76	0.90	0.57	21	0.60	0.38	0.49	0.22
2	1.00	0.59	0.84	0.68	22	0.90	0.38	0.66	0.57
3	0.90	0.70	0.81	0.30	23	0.52	0.33	0.42	0.20
4	0.85	0.70	0.78	0.21	24	0.70	0.33	0.52	0.27
5	0.85	0.60	0.73	0.31	25	0.85	0.66	0.76	0.25
6	0.95	0.60	0.80	0.51	26	0.59	0.33	0.46	0.27
7	0.80	0.38	0.60	0.44	27	0.42	0.14	0.27	0.34
8	0.66	0.14	0.38	0.54	28	0.47	0.14	0.27	0.34
9	0.70	0.14	0.41	0.57	29	0.70	0.33	0.52	0.37
10	0.59	0.27	0.43	0.33	30	0.80	0.52	0.67	0.31
11	0.52	0.12	0.30	0.46	31	0.70	0.33	0.52	0.37
12	0.66	0.48	0.57	0.19	32	0.60	0.14	0.35	0.49
13	0.60	0.30	0.45	0.31	33	0.76	0.52	0.64	0.26
14	0.85	0.30	0.59	0.56	34	0.60	0.14	0.35	0.49
15	0.60	0.14	0.35	0.49	35	0.60	0.14	0.35	0.49
16	0.52	0.14	0.46	0.43	36	0.60	0.14	0.35	0.49
17	0.80	0.14	0.46	0.43	37	0.76	0.38	0.57	0.39
18	0.59	0.33	0.46	0.28	38	0.52	0.14	0.32	0.43
19	0.66	0.33	0.49	0.33	39	0.76	0.33	0.55	0.44
20	0.80	0.36	0.56	0.45	40	0.85	0.60	0.73	0.31

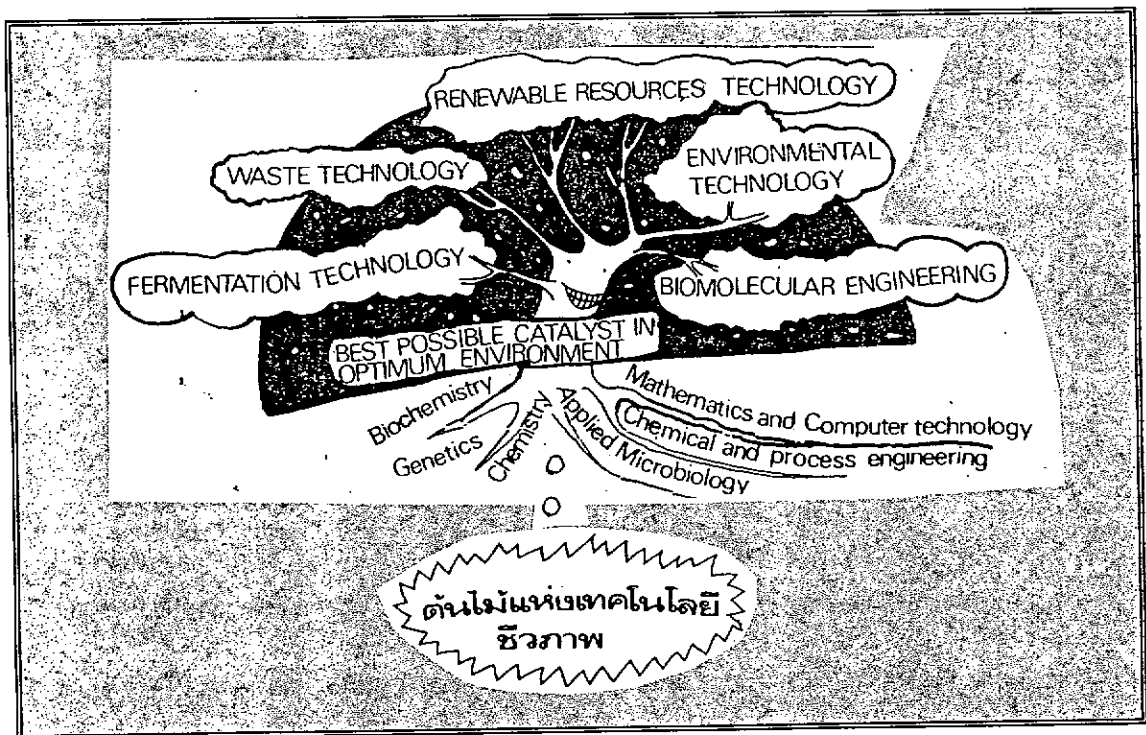
ตาราง 48 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดผล
การเรียนรู้ด้านจิตพิสัย (คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ)

ข้อที่	P _H	P _L	p	r	ข้อที่	P _H	P _L	p	r
1	0.70	0.37	0.54	0.34	26	0.56	0.15	0.34	0.45
2	0.78	0.30	0.54	0.48	27	0.78	0.52	0.65	0.29
3	0.74	0.26	0.50	0.48	28	0.78	0.22	0.50	0.55
4	0.70	0.48	0.59	0.23	29	0.81	0.30	0.56	0.51
5	0.74	0.51	0.63	0.25	30	0.67	0.26	0.46	0.41
6	0.78	0.44	0.62	0.36	31	0.63	0.19	0.40	0.46
7	0.59	0.22	0.40	0.39	32	0.78	0.37	0.58	0.42
8	0.74	0.41	0.58	0.34	33	0.67	0.22	0.44	0.46
9	0.78	0.44	0.62	0.36	34	0.78	0.41	0.60	0.39
10	0.56	0.15	0.34	0.45	35	0.70	0.30	0.50	0.40
11	0.59	0.15	0.36	0.47	36	0.70	0.44	0.57	0.27
12	0.63	0.26	0.44	0.38	37	0.67	0.26	0.46	0.41
13	0.81	0.37	0.60	0.46	38	0.67	0.30	0.48	0.37
14	0.63	0.22	0.42	0.42	39	0.74	0.33	0.54	0.41
15	0.70	0.30	0.50	0.50	40	0.74	0.44	0.59	0.31
16	0.78	0.41	0.60	0.60	41	0.78	0.37	0.58	0.42
17	0.48	0.26	0.37	0.37	42	0.63	0.22	0.42	0.42
18	0.67	0.11	0.37	0.37	43	0.74	0.37	0.52	0.30
19	0.56	0.15	0.34	0.34	44	0.67	0.37	0.52	0.30
20	0.70	0.41	0.56	0.30	45	0.70	0.41	0.56	0.30
21	0.59	0.19	0.38	0.42	46	0.81	0.44	0.63	0.46
22	0.70	0.26	0.48	0.44	47	0.62	0.26	0.44	0.37
23	0.70	0.37	0.54	0.34	48	0.78	0.48	0.64	0.32
24	0.78	0.37	0.58	0.42	49	0.63	0.30	0.46	0.34
25	0.48	0.11	0.28	0.44	50	0.74	0.37	0.56	0.38

ภาคผนวก จ

หลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

หลักสูตรวิชาชีววิทยา
เรื่อง
พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
(ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง)



★ **คณะกรรมการที่ปรึกษา**

รศ.ดร. ณีฐพงษ์ เจริญพิทย์

รศ.ดร. สมสรร วงษ์อยู่น้อย

รศ.ดร. เสนาะ บุญมี

★ **พัฒนาโดย**

นางเปรมจิตร บุญสาย

นิสิตปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

คำนำ

หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งฉบับนี้ พัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน วิชาชีววิทยา (ว 046) เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งเป็นวิชาเลือกชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หลักสูตรนี้เป็นหลักสูตรท้องถิ่น ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งในสภาพการณ์ของท้องถิ่นจังหวัดปราจีนบุรี เช่น เปลือกผลไม้ น้ำผลไม้ที่เหลือทิ้ง หรือน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋อง มาใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ เป็นเชื้อเพลิง หรือนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เป็นการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยการค้นพบจากการได้ทดลองด้วยตนเอง ช่วยรักษาภาวะแวดล้อมของจังหวัดปราจีนบุรี และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้มีคุณภาพชีวิตที่ดี นอกจากนี้ยังเป็นการจุดประกายให้ครูผู้สอนวิชาชีววิทยา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพในท้องถิ่นอื่น นำไปเป็นแบบอย่างหรือแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น อันเป็นจุดมุ่งหมายสำคัญของหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลายอีกด้วย

ในหลักสูตรนี้ ประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ คือ สภาพปัญหาและความจำเป็นในการพัฒนาหลักสูตร หลักการของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร หน่วยการเรียนรู้รวม 5 หน่วย ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ประกอบด้วยรายละเอียดต่างๆ คือ จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ การเรียนการสอน สื่อประกอบการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนการสอนทั้ง 3 ด้าน คือด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัยและด้านทักษะพิสัย สามารถนำหลักสูตรไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ทันที นอกจากนี้สำหรับในท้องถิ่นอื่นยังสามารถปรับส่วนต่างๆ ของหลักสูตรให้เหมาะสมกับผู้เรียนได้อีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ในหลักสูตรนี้ได้นำเสนอกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักร (Learning Cycle) ที่เน้นการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการทดลอง ซึ่งเป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้วิธีหนึ่ง ที่ผู้พัฒนาหลักสูตรเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายสอดคล้องกับความเป็นอยู่ในชีวิตประจำวันและท้องถิ่น เป็นส่วนหนึ่งในการรักษาภาวะแวดล้อม ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถในการด้านพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ สามารถนำสารเหลือทิ้งในท้องถิ่นมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดประโยชน์ต่อตนเอง ครอบครัวและท้องถิ่น มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์และมีคุณลักษณะด้านต่างๆ เช่น คุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนที่เน้นการปฏิบัติการทดลองยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย เช่น ทักษะปฏิบัติการทดลอง เป็นต้น

ตัวอย่างกิจกรรมปฏิบัติการทดลองที่นำเสนอในบทปฏิบัติการ เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพในหลักสูตรนี้ เป็นเพียงแนวคิดหรือแนวทางในการจัดกิจกรรมวิทยาศาสตร์แบบปฏิบัติการทดลองที่เกี่ยวข้องกับท้องถิ่นของจังหวัดปราจีนบุรีและชีวิตประจำวันในบางส่วนเท่านั้น นักเรียนและผู้สนใจสามารถเลือกปฏิบัติตามความสนใจและตามความพร้อมของโรงเรียน หรือสามารถดัดแปลงให้เหมาะสมกับสภาพการณ์ในแต่ละท้องถิ่นได้ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการเรียนการสอนโดยใช้หลักสูตรนี้ ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันให้เหมาะสมกับท้องถิ่นของตน และเป็นแนวทางในการวิจัยทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพในอนาคตต่อไป

ขอขอบพระคุณบุคคลต่อไปนี้ ที่กรุณาให้แนวคิดและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาหลักสูตร คือ รองศาสตราจารย์ ดร. ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ รองศาสตราจารย์ ดร. สมสรร วงษ์อยู่น้อย รองศาสตราจารย์ ดร. เสนาะ บุญมีและ ดร. ชูศักดิ์ ชัมภลิต ขอขอบคุณผู้ที่กรุณาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบและประเมินหลักสูตร คือ อาจารย์ นันทิยา บุญเคลือบ อาจารย์สาลี ดังคจิวงกูร ดร. ปรีชาญ เดชศรี ดร. อุ่นเรือน ศิริวานิชกุล อาจารย์คะเนศ วัฒนกุล อาจารย์รุจี คล้ายพิมพ์ อาจารย์สุนันท์ ศรีโสภณและอาจารย์ชาติรี เกิดธรรม และขอขอบคุณอาจารย์อัจฉรา กุลวัฒน์ที่ช่วยพิมพ์จนหลักสูตรนี้เสร็จสมบูรณ์

เปรมจิตร บุญสาย

ตุลาคม 2539

สารบัญ

เรื่อง

หน้า

คำแนะนำการใช้หลักสูตร.....	573
สภาพปัญหาและความจำเป็น.....	574
หลักการของหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	576
วิเคราะห์หลักการของหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	577
หลักการของหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	
เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง	
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง.....	578
วิเคราะห์หลักการของหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	
เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง	
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง.....	579
จุดมุ่งหมายของหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	580
วิเคราะห์จุดมุ่งหมายของหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	581
จุดมุ่งหมายของหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	
เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง	
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง.....	582
วิเคราะห์จุดมุ่งหมายของหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	
เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง	
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง.....	583
จุดประสงค์ของหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	
เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง	
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง.....	585
คำอธิบายรายวิชาของหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	
เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง	
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง.....	586
เนื้อหาของหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	
เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง	
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง.....	587
ข้อมูลเกี่ยวกับจังหวัดปราจีนบุรี.....	589

คำแนะนำการใช้หลักสูตร

การใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง มีข้อควรทราบดังนี้

1. หลักสูตรนี้เป็นหลักสูตรท้องถิ่นระดับห้องเรียนที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนเอกสารหลักสูตรและบทปฏิบัติการ ในการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ว 046 เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ เป็นการปรับคำอธิบายรายวิชาจากหลักสูตรเดิม ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) โดยเน้นการนำสารเหลือทิ้งในท้องถิ่นมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์หรือใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน และใช้สภาพการณ์ของท้องถิ่นจังหวัดปราจีนบุรีเป็นแนวทางในการสร้างบทปฏิบัติการ สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพได้
2. ระยะเวลาในการเรียนการสอนโดยใช้หลักสูตรนี้ คือ 1 ภาคเรียน รวม 18 สัปดาห์ 3 คาบ คาบละ 50 นาที
3. ผู้เรียนตามหลักสูตรนี้ คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยเฉพาะนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
4. ผู้สอนโดยใช้หลักสูตรนี้ควรเป็นครู/อาจารย์ที่จบการศึกษาสาขาวิชาชีววิทยาทั่วไป สาขาชีวเคมี จุลชีววิทยา หรือวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ถ้าจบสาขาวิชาอื่นที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์ ควรได้รับการประชุมปฏิบัติการเกี่ยวกับการใช้หลักสูตรนี้ โดยเฉพาะการเตรียมบทปฏิบัติการ เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
5. หลักสูตรนี้ควรใช้ควบคู่กับคู่มือการใช้หลักสูตรและแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัย ซึ่งสร้างขึ้นอย่างสอดคล้องสัมพันธ์กัน
6. ควรดำเนินการสอนเรียงตามลำดับจากหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 (เทคโนโลยีการหมัก) ไปจนถึงหน่วยการเรียนการสอนสุดท้าย (วิศวกรรมเอนไซม์)
7. ในส่วนที่เป็นเนื้อหาของหลักสูตรและบทปฏิบัติการ สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมในแต่ละสภาพท้องถิ่นได้

สภาพปัญหาและความจำเป็น

หลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) เป็นหลักสูตรที่เปิดกว้างในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพความเปลี่ยนแปลง ในด้าน เศรษฐกิจ สังคม การเมือง เทคโนโลยีและสภาพแวดล้อมของแต่ละท้องถิ่น ดังนั้นหลักสูตร จึงมุ่งหวังให้ชุมชนหรือท้องถิ่นมีส่วนในการจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาการศึกษาให้เกิด ประโยชน์ต่อชุมชน เช่น ให้อาชีพที่ตรงกับสภาพท้องถิ่นให้คุ้มค่า มีอาชีพ มีเอกลักษณ์ประจำท้องถิ่น มีความรู้สึกรักและผูกพัน มีเจตคติที่ดีต่อชุมชนและท้องถิ่นของตน และมีคุณภาพชีวิตที่ดี

สำหรับหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ (ว 046) ซึ่งเป็นวิชาเลือกชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายตามหลักสูตรเดิมของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) นั้น มีแต่คำอธิบายรายวิชา แต่ยังขาดเอกสารหลักสูตร เช่น แบบเรียน บทปฏิบัติการ ฯ ทำให้ครูผู้สอนมีปัญหาในการสอนวิชานี้ และนักเรียนส่วนใหญ่ที่เรียนวิชานี้ขาดการฝึกฝนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขาด การสร้างเสริมคุณลักษณะที่ดี และทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชานี้ จึงควรมีการพัฒนา หลักสูตรวิชานี้ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้การเรียนการสอนวิชานี้มีคุณภาพมากขึ้น กอปรกับ จังหวัดปราจีนบุรีนั้น ประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพทำสวนผลไม้ ทำนา ทำไร่ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะเลี้ยงในนาข้าว ทรัพยากรที่มีอยู่ตามสภาพท้องถิ่น ได้แก่ พืช ผัก ผลไม้ และสัตว์น้ำ จืด สารเหลือทิ้ง ได้แก่ เปลือกผลไม้ เศษผัก น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสารเหล่านี้นี้ มีส่วนให้เกิดมลพิษในท้องถิ่นได้ ดังนั้นเพื่อให้ประชาชนในท้องถิ่นของปราจีนบุรีมีคุณภาพชีวิต ที่ดี มีเจตคติที่ดีต่อชุมชน จึงควรนำสารเหลือทิ้งเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ เป็นการใช้ทรัพยากร อย่างคุ้มค่า อีกทั้งยังสามารถนำสารเหลือทิ้งเหล่านั้นมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ที่เกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันและเป็นอาชีพเสริมได้อีกด้วย นอกจากนี้การจัดการเรียน การสอนเพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสปฏิบัติจริงด้วยตนเอง จะช่วยส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ที่ มีความหมายสำหรับผู้เรียน ได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดเจตคติที่ดี ต่อวิชาที่เรียนและยังช่วยในการพัฒนาคุณลักษณะต่างๆ ที่จะเกิดกับผู้เรียนได้หลายด้าน เช่น คุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะ เพื่อพัฒนาสุขภาพ เนื่องจากผู้เรียนมีโอกาสได้ทำงานร่วมกัน ได้ช่วยเหลือเกื้อกูลซึ่งกันและกัน เป็นส่วนหนึ่งในการรักษาสภาพแวดล้อมของท้องถิ่น เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี เป็นต้น

ดังนั้นหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง จึงควรได้รับการพัฒนาขึ้น เพื่อจะเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้การเรียนการสอนในวิชาชีววิทยามีประสิทธิภาพสูงขึ้น ดังเหตุผลข้างต้น

หลักการของหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524
(ฉบับปรับปรุง 2533)

หลักการของหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีดังนี้

1. เป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มพูนความรู้และทักษะเฉพาะด้านที่สามารถนำไปประกอบอาชีพให้สอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจและสังคม
2. เป็นการศึกษาที่สอดคล้องต่อการพัฒนาอาชีพในท้องถิ่นหรือการศึกษาต่อ
3. เป็นการศึกษาที่ส่งเสริมการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสม นำไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต ท้องถิ่นและประเทศชาติ

**การวิเคราะห์หลักการของหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524
(ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2533)**

ตาราง 1 แสดงการวิเคราะห์หลักการของหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533)

หลักการของหลักสูตร	แนวทางการจัดการเรียนการสอน ให้สนองหลักการของหลักสูตร
1. เป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มพูนความรู้และทักษะเฉพาะด้าน ที่สามารถนำไปประกอบอาชีพให้สอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจและสังคม 2. เป็นการศึกษาที่สนองต่อการพัฒนาอาชีพในท้องถิ่น หรือการศึกษาต่อ 3. เป็นการศึกษาที่ส่งเสริมการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต ท้องถิ่น และประเทศชาติ	1. จัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยตนเอง เพื่อค้นคว้าหาความรู้ และค้นพบความรู้ได้ด้วยตนเอง จากสื่อการเรียนการสอนแบบต่างๆ 3. นักเรียนศึกษาโดยใช้สื่อการเรียนการสอนที่หลากหลาย แล้วนำความรู้ที่ได้จากการค้นคว้า มาร่วมอภิปรายในกลุ่มและสรุปเสนอหน้าชั้นเรียน 4. พานักเรียนศึกษานอกสถานที่ โรงงาน อุตสาหกรรมและแหล่งประกอบอาชีพอิสระในท้องถิ่นที่นักเรียนอาศัยอยู่ 5. นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย 6. จัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบต่างๆ ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยการค้นพบด้วยตนเอง 7. เน้นให้นักเรียนนำปัญหาในท้องถิ่น มาจัดทำโครงการวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา

**หลักการของหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง**

หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง มีหลักการดังนี้

1. เป็นการศึกษาที่เพิ่มพูนความรู้และทักษะเฉพาะด้านพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่สามารถนำไปประกอบอาชีพให้สอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจและสังคม
2. เป็นการศึกษาที่สนองต่อการพัฒนาอาชีพในท้องถิ่นของจังหวัดปราจีนบุรี เกี่ยวกับเรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ และเพื่อการศึกษาต่อในระดับสูง
3. เป็นการศึกษาที่ส่งเสริมการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสม ในเรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพนำไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต ท้องถิ่นและประเทศชาติ

ตาราง 2 แสดงการวิเคราะห์หลักการของหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จาก
สารเหลือทิ้ง

หลักการของหลักสูตร	แนวทางการจัดการเรียนการสอน ให้สนองหลักการของหลักสูตร
1. เป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มพูนความรู้และทักษะเฉพาะด้าน ที่สามารถนำไปประกอบอาชีพให้สอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจและสังคม 2. เป็นการศึกษาที่สนองต่อการพัฒนาอาชีพในท้องถิ่น หรือการศึกษาต่อ 3. เป็นการศึกษาที่ส่งเสริมการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต ท้องถิ่น และประเทศชาติ	1. จัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง เพื่อค้นคว้าหาความรู้ และค้นพบความรู้ได้ด้วยตนเอง จากบัตรเนื้อหา และสื่อการเรียนการสอนที่เป็นของจริง 3. นักเรียนศึกษาโดยใช้บทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ นำความรู้ที่ได้ร่วมอภิปรายในกลุ่มและสรุปเสนอหน้าชั้นเรียน 4. พานักเรียนศึกษาดูงานโรงงานอุตสาหกรรมในท้องถิ่นและแหล่งประกอบอาชีพอิสระในท้องถิ่น 5. นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลอง เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีการพัฒนาคุณลักษณะต่างๆ และเกิดทักษะปฏิบัติการทดลอง 6. จัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบวัฏจักร โดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยการค้นพบด้วยตนเอง 7. เน้นให้นักเรียนนำปัญหาในท้องถิ่น มาจัดทำโครงการวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา

จุดมุ่งหมายของหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524
(ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2533)

การศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการศึกษาที่มุ่งให้ผู้เรียนพัฒนาคุณภาพชีวิตและให้สามารถทำประโยชน์ให้กับสังคมตามบทบาทและหน้าที่ของตนในฐานะพลเมืองดี ตามระบอบการปกครองแบบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข โดยให้ผู้เรียนได้พัฒนาเชาวน์ปัญญา มีความรู้และทักษะเฉพาะด้านตามศักยภาพ เห็นช่องทางในการประกอบอาชีพ ร่วมพัฒนาสังคมด้วยแนวทางและวิธีการใหม่ และบำเพ็ญตนให้เป็นประโยชน์ต่อสังคม ในการจัดการศึกษาตามหลักสูตรนี้ จะต้องมุ่งปลูกฝังให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีความรู้และทักษะในวิชาสามัญเฉพาะด้าน
2. มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาการและเทคโนโลยีต่างๆ
3. สามารถเป็นผู้นำและเป็นผู้ให้บริการชุมชนเกี่ยวกับสุขภาพอนามัยทั้งส่วนบุคคลและส่วนรวม
4. สามารถวางแผนแก้ปัญหาในชุมชนของตน
5. มีความภูมิใจในความเป็นไทย เสียสละเพื่อส่วนรวม ให้ความช่วยเหลือผู้อื่นอย่างเท่าเทียมกัน
6. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และสามารถนำแนวทางหรือวิธีการใหม่ๆ ไปใช้ในการพัฒนาชุมชนของตน
7. มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ และเห็นช่องทางในการประกอบอาชีพ
8. มีนิสัยรักการทำงาน เต็มใจในการทำงานร่วมกับผู้อื่น และมีทักษะในการจัดการ
9. เข้าใจสภาพการเปลี่ยนแปลงของสังคมในประเทศและในโลก มุ่งมั่นในการพัฒนาประเทศ ตามบทบาทและหน้าที่ของตน ตลอดจนอนุรักษ์และเสริมสร้างทรัพยากร ศาสนา ศิลปะวัฒนธรรมของประเทศ

การวิเคราะห์จุดมุ่งหมายของหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524
(ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2533)

ตาราง 3 แสดงการวิเคราะห์จุดมุ่งหมายของหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533)

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้บรรลุ จุดมุ่งหมายของหลักสูตร
1. มีความรู้และทักษะในวิชาสามัญ เฉพาะด้าน 2. มีความรู้เกี่ยวกับวิทยาการและเทคโนโลยีต่างๆ 3. สามารถเป็นผู้นำและผู้ให้บริการชุมชน เกี่ยวกับสุขภาพอนามัย ทั้งส่วนบุคคล และส่วนรวม 4. สามารถวางแผนและแก้ปัญหาในชุมชน ของตน 5. มีความภูมิใจในความเป็นไทย เสียสละ เพื่อส่วนรวม ให้ความช่วยเหลือผู้อื่น อย่างเท่าเทียมกัน 6. มีความคิดสร้างสรรค์และสามารถนำ แนวทางหรือวิธีการใหม่ๆ ไปใช้ในการ พัฒนาชุมชนของตน 7. มีเจตคติต่ออาชีพและเห็นช่องทาง ในการประกอบอาชีพ 8. มีนิสัยรักการทำงาน เต็มใจในการ ทำงานร่วมกับผู้อื่นและมีทักษะ ในการจัดการ 9. เข้าใจสภาพและการเปลี่ยนแปลงของ สังคมในประเทศและในโลก มุ่งมั่นใน การพัฒนาประเทศ ตามบทบาทและ หน้าที่ของตน	1. จัดทำสื่อการเรียนการสอนอย่างหลากหลาย แผ่นใส ชุดการสอน บทเรียนสำเร็จรูป บทปฏิบัติการ แผนภาพ ของจริง ฯลฯ 2. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียน การสอน 3. ให้นักเรียนทำกิจกรรมการเรียนการสอนที่ได้ ปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อค้นคว้าหาความรู้ และ ค้นพบความรู้ได้ด้วยตนเอง จากสื่อการสอน แบบต่างๆ และสื่อการเรียนการสอนที่เป็น ของจริง 4. นักเรียนศึกษาโดยใช้สื่อการสอนประเภทต่างๆ นำความรู้ที่ได้รวมอภิปรายในกลุ่มและสรุป เสนอหน้าชั้นเรียน 5. พานักเรียนศึกษาดูงานโรงงานอุตสาหกรรมใน ท้องถิ่นและแหล่งประกอบอาชีพอิสระใน ท้องถิ่น 6. นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ เกิดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและ ทักษะพิสัย 7. จัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียน เป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน ให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยการค้นพบด้วย ตนเอง

**จุดมุ่งหมายของหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง**

หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

1. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ ในเรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง
2. เพื่อให้นักเรียนสามารถเลือกใช้สารเหลือทิ้งมาผลิตผลิตภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งยังเป็นการช่วยรักษาสภาวะแวดล้อมได้อีกวิธีหนึ่ง
3. เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์และคุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพของนักเรียนให้สูงขึ้น
4. เพื่อให้เกิดทักษะในการปฏิบัติการทดลอง เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง
5. เพื่อให้นักเรียนสามารถนำหลักการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากสารเหลือทิ้งอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต พัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในท้องถิ่นของตน
6. เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อ ในด้านเทคโนโลยีชีวภาพในระดับสูง
7. เพื่อให้นักเรียนตระหนักในความสำคัญของสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ในการรักษาสภาวะแวดล้อมและแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษอันเกิดจากสารเหลือทิ้ง

ตาราง 4 แสดงการวิเคราะห์จุดมุ่งหมายของหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จาก สารเหลือทิ้ง

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้บรรลุ จุดมุ่งหมายของหลักสูตร (เฉพาะหลักสูตร เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ)
1. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ ในเรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง 2. เพื่อให้นักเรียนสามารถเลือกใช้สารเหลือทิ้งมาผลิตผลิตภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งยังเป็นการช่วยรักษา สภาวะแวดล้อมได้อีกวิธีหนึ่ง 3. เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์และ คุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนา อาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพของนักเรียนให้สูงขึ้น 4. เพื่อให้เกิดทักษะในการปฏิบัติการทดลอง เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง 5. เพื่อให้นักเรียนสามารถนำหลักการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากสารเหลือทิ้งอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนนำไปใช้ประโยชน์ ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต พัฒนา เศรษฐกิจและสังคมในท้องถิ่นของตน 6. เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อ ในด้าน เทคโนโลยีชีวภาพในระดับสูง	1. จัดทำบทปฏิบัติการ บัตรเนื้อหา แบบฝึกหัด แผ่นใส วัสดุอุปกรณ์อื่นๆ ในท้องถิ่น โดย เฉพาะสารเหลือทิ้ง 2. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนแบบวัฏจักร 3. ให้นักเรียนทำกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง ด้วยตนเอง เพื่อค้นคว้าหาความรู้ และ ค้นพบความรู้ได้ด้วยตนเอง จากบัตร เนื้อหา และสื่อการเรียนการสอนที่เป็น ของจริง โดยเฉพาะสารเหลือทิ้งในท้องถิ่น 4. เรียนศึกษาโดยใช้บทปฏิบัติการพื้นฐาน ทางเทคโนโลยีชีวภาพ นำความรู้ที่ได้ ร่วมอภิปรายในกลุ่มและสรุปเสนอ หน้าชั้นเรียน 5.พานักเรียนศึกษาดูงานโรงงานอุตสาหกรรมใน ท้องถิ่นและแหล่งประกอบอาชีพอิสระใน ท้องถิ่น 6. นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลอง เกิดทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เกิดเจตคติ ทางวิทยาศาสตร์ มีการพัฒนาคุณลักษณะ ต่างๆ และเกิดทักษะปฏิบัติการทดลอง 7. จัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบวัฏจักร โดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการ เรียนการสอน ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ด้วยการค้นพบด้วยตนเอง

ตาราง 4 (ต่อ)

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้บรรลุ จุดมุ่งหมายของหลักสูตร (เฉพาะหลักสูตร เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ)
7. เพื่อให้นักเรียนตระหนักในความสำคัญ ของสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ใน การรักษาภาวะแวดล้อมและแก้ปัญหา สิ่งแวดล้อมเป็นพิษอันเกิดจาก สารเหลือทิ้ง	7. นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อร่วมกันแก้ปัญหา ในการเรียนการสอน 8. จัดโครงการวิทยาศาสตร์สัญจร ให้นักเรียน นำความรู้ทางด้านพื้นฐานทางเทคโนโลยี ชีวภาพเผยแพร่สู่ชุมชน 9. ให้นักเรียนศึกษาหาความรู้จากห้องสมุดหรือ สถานที่ราชการ เพื่อนำมาประกอบในการ เรียนการสอนในห้องเรียน 10. ให้นักเรียนนำหลักการทางเทคโนโลยีชีวภาพ ไปใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ในท้องถิ่นของตน

**จุดประสงค์ของหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง**

จุดประสงค์ทั่วไป

1. ให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการของเทคโนโลยีชีวภาพสาขาต่างๆ
2. ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำหลักการทางวิทยาศาสตร์ ด้าน ทางเทคโนโลยีชีวภาพ ไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจและสังคมในท้องถิ่นของตน
3. พัฒนาผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยของนักเรียนให้สูงขึ้น
4. ตระหนักถึงความสำคัญของเทคโนโลยีชีวภาพที่มีส่วนช่วยในการแก้ปัญหาให้กับท้องถิ่นในด้านต่างๆ ได้
5. มีความรู้พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาระดับสูงต่อไป

จุดประสงค์เฉพาะ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง
2. สามารถนำหลักการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพด้านต่างๆ มาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากสารเหลือทิ้งอย่างมีประสิทธิภาพ
3. สามารถเลือกใช้สารเหลือทิ้งมาผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม
4. ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ได้พัฒนาคุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ และมีทักษะปฏิบัติการทดลอง
5. ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับวิธีทดลอง และเทคนิคเกี่ยวกับการทดลอง ตลอดจนมีทักษะในการทำกิจกรรมเกี่ยวกับพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
6. สามารถนำเทคนิควิธีการทดลองในกิจกรรมพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับศึกษาค้นคว้าหาความรู้ และทดลองเกี่ยวกับเรื่องที่ตนสนใจ ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์

คำอธิบายรายวิชา เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ

ศึกษาและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีชีวภาพ ความหมาย ลักษณะที่สำคัญของเทคโนโลยีชีวภาพ สาขาของเทคโนโลยีชีวภาพ บทบาทของเทคโนโลยีชีวภาพกับความต้องการของมนุษย์และพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการผลิตทางอุตสาหกรรม

ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่ใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ในเทคโนโลยีชีวภาพด้านต่าง ๆ เช่น เทคโนโลยีการหมัก เทคโนโลยีของเสีย เทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบกลับมาใช้ใหม่ เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและวิศวกรรมเอนไซม์

เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ พัฒนาคุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ และเกิดทักษะปฏิบัติการทดลอง ตลอดจนสามารถนำความรู้และหลักการที่เกี่ยวกับพื้นฐานทางเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

เนื้อหาของหลักสูตร

หลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง เป็นการศึกษาวิชาชีพทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการทดลองในเรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่นำสารเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะสารเหลือทิ้งที่เป็นสาเหตุให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้สภาพแวดล้อมของท้องถิ่นในจังหวัดปราจีนบุรี เป็นแหล่งข้อมูลในการสร้างบทปฏิบัติการทดลอง รายละเอียดของเนื้อหาของหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง มีดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง เทคโนโลยีการหมัก

- บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การเตรียมอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์บางชนิด
- บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การตรวจสอบราและยีสต์ในอาหาร
- บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง วิธีนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร
- บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การหมักไวน์จากน้ำผลไม้ชนิดต่างๆ
- บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การผลิตน้ำส้มสายชูจากเปลือกผลไม้
- บทปฏิบัติการที่ 6 เรื่อง การผลิตนมเปรี้ยวรับประทานเอง
- บทปฏิบัติการที่ 7 เรื่อง การตรวจหาจุลินทรีย์ในนํ้านม

หน่วยที่ 2 เรื่อง เทคโนโลยีของเสีย

- บทปฏิบัติการที่ 8 เรื่อง การผลิตแอลกอฮอล์จากเศษอาหาร
- บทปฏิบัติการที่ 9 เรื่อง การเพาะเลี้ยงสาหร่ายและไรแดงโดยใช้น้ำเสีย
- บทปฏิบัติการที่ 10 เรื่อง การขยายพันธุ์ผักและไม้ผลโดยใช้สารเหลือทิ้ง

หน่วยที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีการสร้างแหล่งวัตถุดิบใหม่

- บทปฏิบัติการที่ 11 เรื่อง การผลิตปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายเซลล์เดียว
- บทปฏิบัติการที่ 12 เรื่อง การผลิตก๊าซชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร
- บทปฏิบัติการที่ 13 เรื่อง การผลิตวันสวอร์คจากสารเหลือทิ้ง
- บทปฏิบัติการที่ 14 เรื่อง การเพาะเห็ดฟางด้วยเปลือกถั่วและเปลือกหน่อไม้

หน่วยที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

บทปฏิบัติการที่ 15 เรื่อง ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของพืชน้ำ
และจุลินทรีย์

บทปฏิบัติการที่ 16 เรื่อง การผลิตเส้นใยจากวัชพืชโดยใช้จุลินทรีย์

บทปฏิบัติการที่ 17 เรื่อง การดูดซับคราบน้ำมันโดยใช้เส้นใยจากพืช
และจุลินทรีย์

บทปฏิบัติการที่ 18 เรื่อง การกำจัดโลหะหนักจากน้ำเสียโดยใช้จุลสาหร่าย

หน่วยที่ 5 เรื่อง วิศวกรรมเอนไซม์

บทปฏิบัติการที่ 19 เรื่อง การศึกษาการยับยั้งเอนไซม์โปรติเอสจากน้ำผลไม้

บทปฏิบัติการที่ 20 เรื่อง การศึกษาลักษณะของถั่วงอก

เนื่องจากหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ผู้พัฒนาได้กำหนดเนื้อหาการเรียนการสอน โดยใช้สภาพการณ์ของท้องถิ่นจังหวัดปราจีนบุรี เป็นแนวทางในการกำหนดบทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ จึงขอเสนอข้อมูลเกี่ยวกับจังหวัดปราจีนบุรี ดังนี้

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับจังหวัดปราจีนบุรี

ในอดีตนั้น จังหวัดปราจีนบุรี เคยเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่และอาณาเขตกว้างขวาง ติดต่อกับชายแดน มีโบราณสถานที่เก่าแก่ มีธรรมชาติที่สวยงาม มีผลไม้รสชาติดีหลายชนิด ประชากรส่วนใหญ่ มีอาชีพทางเกษตรกรรม แต่จังหวัดปราจีนบุรีในวันนี้ มีเขตพื้นที่การปกครองลดลง กลายเป็นเมืองเกษตรกรรมควบคู่กับอุตสาหกรรม และพาณิชยกรรม เป็นศูนย์กลางการคมนาคมเชื่อมโยงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ไปสู่พื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออก จึงทำให้เกิดระบบโครงข่ายสาธารณูปโภคพื้นฐานในด้านคมนาคม ซึ่งเชื่อมโยงระหว่างกรุงเทพมหานคร ภาคกลาง สู่ประเทศกัมพูชาประชาธิปไตย ทำให้สามารถใช้เป็นฐานรองรับการถ่ายเทวัตถุดิบ ทางการผลิตและการส่งออก

1 ประวัติความเป็นมา

ปราจีน แปลว่า ทิศตะวันออก สมัยกรุงศรีอยุธยาเรียกว่าเมืองปราจีน เนื่องจากเป็นเมืองทางทิศตะวันออกของกรุงศรีอยุธยานั่นเอง อีกด้านหนึ่งเรียกว่าเมืองปราจีน แปลว่า ทิศตะวันออก หมายถึงเป็นทิศตะวันตกของเขมร ในสมัยขอมเรืองอำนาจ

เมืองปราจีนสันนิษฐานว่าสร้างในสมัยพระรามาธิบดีที่ 1 พระเจ้าอู่ทอง ประมาณ พ.ศ. 1893 มีชื่อตามศิลาจารึกว่า “เมืองศรีวิดสุประ” หรือเมืองศรีมโหสถ ปัจจุบันคือ ตำบลโคกปี่ อำเภอสรีมโหสถ ทางโบราณคดีเรียกบริเวณนี้ว่า “กลุ่มโบราณในเขตดงศรีมหาโพธิ์” เป็นเมืองชั้นในทางด้านตะวันออกของกรุงศรีอยุธยา เป็นเมืองหน้าด่านด้านชายแดน

ในปี พ.ศ. 2536 ได้แยกอำเภอสระแก้ว วัฒนานคร อรัญประเทศ ดาพระยา คลองหาด และวังน้ำเย็น ของจังหวัดปราจีนบุรี ไปตั้งเป็นจังหวัดสระแก้ว คงเหลืออยู่ 7 อำเภอ ในปัจจุบันคือ อำเภอเมืองปราจีนบุรี อำเภอกบินทร์บุรี อำเภอนาดี อำเภอบ้านสร้าง อำเภอสรีมหาโพธิ์ อำเภอสรีมโหสถและอำเภอประจันตคาม

2 การประกอบอาชีพ

ประชากรส่วนใหญ่ของจังหวัดปราจีนบุรี ประกอบอาชีพเกษตรกรรม มีพื้นที่ทำการเกษตร 1,396,651 ไร่ ประกอบอาชีพด้านเกษตรกรรม 47,651 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนครัวเรือนทั้งหมด นอกนั้นประกอบอาชีพด้านพาณิชยกรรมรับจ้าง

และด้านอุตสาหกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ในลักษณะประกอบกิจการ เป็นโรงงานอุตสาหกรรม และลักษณะการประกอบการประเภทหัตถกรรม เช่น ผลิตภัณฑ์จักสานไม้ไผ่ เสื่อกก ไม้กวาด ทดผ้า ปลุกหมอนไหม หมวดโบราณส่วนใหญ่ราษฎรจะผลิตสินค้าหัตถกรรมเป็นอาชีพเสริม หรือทำขึ้นไว้ใช้ในครัวเรือนในช่วงว่างงาน จากการประกอบอาชีพหลักด้านการเกษตร การผลิตหัตถกรรมประเภทได้นั้น ขึ้นอยู่กับวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่น และพื้นฐานการประกอบอาชีพเดิมของครอบครัวเป็นหลัก

2.1 การเกษตรกรรม

1) การเกษตร จังหวัดปราจีนบุรีมีพื้นที่ถือครองการเกษตรทั้งสิ้น 1,149,450 ไร่ ประกอบอาชีพด้านเพาะปลูกเกษตรกรรม 1,396,350 ไร่ ประกอบอาชีพด้านพาณิชยกรรม รับจ้างและอุตสาหกรรม

2) ที่ดินทำการเกษตรแบ่งตามสภาพดินที่มีปัญหาได้ดังนี้

2.1) ดินเปรี้ยวจัดมาก	49,325 ไร่ คิดเป็น 1.61 %
2.2) ดินเปรี้ยวปานกลาง	196,551 ไร่ คิดเป็น 6.44 %
2.3) ดินเปรี้ยวน้อย	192,815 ไร่ คิดเป็น 6.32 %
2.4) ดินดินปนลูกรัง	642,118 ไร่ คิดเป็น 21.03 %
2.5) ดินภูเขา	838,519 ไร่ คิดเป็น 27.46 %

รวม 1,519,228 ไร่ คิดเป็น 62.86 %

3) ภาวะการผลิตสินค้าเกษตรและแนวโน้ม

พืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดปราจีนบุรีมีหลายชนิดได้แก่ ข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง ฝรั่ง มะม่วง ส้มโอ กระเทียม ทุเรียน ขนุน และอื่น ๆ

3.1) แนวโน้มการผลิต

เนื่องจากการกลไกการเป็นระบบการเกษตรที่ต้องใช้พื้นที่การผลิตมาก และต้องใช้แรงงานมาก เมื่อเปรียบเทียบกับภาคเกษตรชนิดอื่น ๆ ในขณะที่จังหวัดปราจีนบุรี ได้มีการพัฒนาพื้นที่ไปสู่ภาคอุตสาหกรรม จึงได้มีการพัฒนาพื้นที่ไปใช้ในอุตสาหกรรม ไปเป็นจำนวนมาก แรงงานต่าง ๆ ก็ไหลเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ภาคการผลิตด้านกลไกการผลิตและแรงงาน ประกอบกับบางปีเกษตรกรมีปัญหาด้านการผลิตได้แก่ ภัยธรรมชาติและราคา จึงได้มีการเปลี่ยนแปลงจากสภาพการกลไกการไปสู่สาขาการผลิตอื่น ๆ มากขึ้น ได้แก่ ไร่นาสวนผสม การประมงและการปศุสัตว์ เป็นต้น

3.2) การกลไกการ

จังหวัดปราจีนบุรี เป็นจังหวัดหนึ่งได้ชื่อว่าเป็นแหล่งผลิตพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ พืชเศรษฐกิจที่สำคัญซึ่งทำรายได้ให้จังหวัด ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด เลี้ยงสัตว์มันสำปะหลัง ฝ้าย ถั่วเหลือง อ้อย หน่อไม้ ฝรั่ง ปอ และผลไม้

3.3) สภาพการประกอบอาชีพของเกษตรกร ส่วนใหญ่พึ่งพาธรรมชาติเป็นหลัก ส่วนชนิดของพืชที่ปลูกขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศ และประสบการณ์ของเกษตรกรทำให้ผลผลิตทางการเกษตรของจังหวัด ทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพ มีธรรมชาติเป็นตัวกำหนดและความรู้ของเกษตรกรตลอดมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

3.4) การปศุสัตว์

มีการเลี้ยงสุกร และสัตว์ปีก โคเนื้อ เป็นรายได้เสริมจากอาชีพทางการเกษตรเลี้ยงกันมากที่อำเภอภินทรบุรี อำเภอประจันตคาม อำเภอศรีมหาโพธิ มีจำนวนปศุสัตว์ และมีการทดลองเลี้ยงนกกระเจือกเทศและนกฮูกที่สถานีบำรุงพันธุ์สัตว์ปราจีนบุรี อำเภอภินทรบุรี

3.5) การประมง

เป็นที่ราบลุ่ม มีแม่น้ำปราจีนบุรีไหลผ่าน ยาว 180 กม. ประชาชนส่วนหนึ่งจึงประกอบอาชีพประมง จำนวน 2,273 ครัวเรือน ในพื้นที่อำเภอบ้านสร้าง อำเภอเมืองปราจีนบุรีมีการเลี้ยงปลาประเภทต่างๆ เช่น ปลาช่อน ปลาดุก ปลานิล กุ้งก้ามกราม กุ้งกุลาดำ ปริมาณสัตว์น้ำจับได้ในปี 2539 จำนวน 5,689 ตัน

3.6) ตลาดไม้ผลเด่น

จังหวัดปราจีนบุรี เป็นแหล่งศูนย์รวมไม้ผลที่มีชื่อเสียง โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลไม้ที่ทำให้จังหวัดมีรายได้สูงและเศรษฐกิจดีขึ้น อาทิเช่น ทุเรียน เงาะ ขนุน กระท้อน ส้มโอ มังคุด มะปราง และพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว และหน่อไม้ไผ่ดอง ซึ่งปี 2539 สามารถมีผลผลิตรวม 1,228 กก./ไร่ มีมูลค่า 1,136.63 ล้านบาท สำหรับข้าวนาปี ผลผลิต 399 กก./ไร่ มีมูลค่า 123.86 ล้านบาท

3.6) มีเขตอุตสาหกรรมรองรับการลงทุนเป็นจำนวนมาก

จังหวัดปราจีนบุรี มีโรงงานจัดตั้ง 523 แห่ง ได้รับการส่งเสริมจาก BOI สามร้อยกว่าโรงงาน เงินทุนประมาณ 2 หมื่นล้านบาท มีเขตอุตสาหกรรม 11 แห่ง อาทิเช่น บริษัท แอ็ดวานซ์อะโกร จำกัด (มหาชน) ตำบลท่าตูม อำเภอศรีมหาโพธิ ผลิตภัณฑ์กระดาษพิมพ์เขียนชนิดเคลือบผิว บริษัท อาซาฮีโคมาค (ประเทศไทย) จำกัด ตำบลท่าตูม อำเภอศรีมหาโพธิ ผลิตแผ่นดิสก์ เขตสวนอุตสาหกรรมสหพัฒนาอินเตอร์ โฮลดิ้ง อำเภอภินทรบุรี บริษัท ชันโย ยูนิเวอร์ แชล อีเล็กทริก จำกัด (มหาชน) อำเภอภินทรบุรี ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า ฯลฯ

3 นโยบายของจังหวัดปราจีนบุรี

ร่วมมือกันทำเมืองปราจีนให้น่าอยู่ด้วยนโยบาย ส.ม.อ.

ส. = รักษาความสวยงามตามธรรมชาติ โดยการอนุรักษ์

ม. = ตลาดผลไม้เด่น โดยการเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงคุณภาพ

อ. = เลือกเฟ้นอุตสาหกรรมที่สะอาด โดยควบคุมทั้งคุณภาพและสภาพแวดล้อม

นโยบายของจังหวัดปราจีนบุรี

1) ด้านอุตสาหกรรม

1.1) พัฒนาให้เป็นเขตอุตสาหกรรม และอุตสาหกรรมต่อเนื่องจาก จังหวัดใกล้เคียง ได้แก่ กรุงเทพมหานคร ชลบุรี ระยอง สมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา เลือกเฟ้น อุตสาหกรรมที่สะอาด โดยควบคุมทั้งคุณภาพและสภาพแวดล้อม

1.2) เพิ่มประสิทธิภาพอุตสาหกรรมขนาดย่อม ขนาดกลาง ในการ ผลิตและคุณภาพ ตลอดจนมาตรฐานของผลผลิต ISO

2) ด้านเกษตรกรรม

2.1) เพิ่มผลผลิตและปรับปรุงคุณภาพไม้ผล และพัฒนาสาขา เกษตรกรรมให้สอดคล้องกับอุตสาหกรรมแปรรูปการเกษตร โดยพัฒนาเป็นแหล่งแปรรูปผล ผลิตจากการเกษตรเป็นแหล่งการผลิตและจำหน่ายปัจจัยการเกษตรเช่น เครื่องจักรกลการเกษตร ปุ๋ย เคมีภัณฑ์พันธุ์ไม้ผลไม้ยืนต้น

2.2) ส่งเสริมเกษตรกรจัดทำโครงการไร่นาสวนผสมในรูปแบบทฤษฎีแนว ใหม่ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ให้ครอบคลุมทุกอำเภอ

2.3) ปรับโครงสร้างสินค้าด้านการเกษตรที่ได้ผลกระทบเช่น มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง โดยการลดพื้นที่ปลูก ปลูกไม้โตเร็วหรือไม้ผลทดแทน

2.4) พัฒนาบุคลากรภาคการเกษตร ตลอดจนเสริมความแข็งแกร่งให้กับ สถาบันเกษตรกร ปรับปรุงด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี ข่าวดารข้อมูลแก่เยาวชน และจัดตั้ง สหกรณ์ในระดับย่อย

3) ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

3.1) เร่งรัดและปรับปรุงโครงการปลูกป่า การจัดแนวเขตอนุรักษ์ อุทยานแห่งชาติห้วยสลับ และอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ กำหนดแผนการใช้ที่ดิน

3.2) ปรับปรุงทรัพยากรท่องเที่ยวที่มีอยู่แล้วให้เข้ามาตรฐาน เน้น ทางประวัติศาสตร์ทางโบราณสถานและทางธรรมชาติ การเที่ยวอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่และ อุทยานแห่งชาติห้วยสลับ และท่องเที่ยวหน้าดง การล่องแก่งหินเพิง พร้อมทั้งส่งเสริมการตลาด การท่องเที่ยวเป็นกลุ่มเชื่อมโยงกับจังหวัดใกล้เคียงและประเทศเพื่อนบ้าน สนับสนุนจัดทำ สินค้าของที่ระลึกจำหน่ายให้นักท่องเที่ยว และจัดตั้งศูนย์จำหน่ายสินค้าหัตถกรรมและของที่ ระลึก

3.3) เร่งป้องกันและแก้ไขปัญหามลภาวะทางน้ำ อากาศ เสียง สารพิษจากของเสีย โดยยึดหลักผู้ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นผู้จ่ายให้องค์กรประชาชนท้องถิ่นมีส่วนอนุรักษ์ป้องกันและแก้ไขปัญหา

4) ด้านคุณภาพชีวิต

มุ่งแก้ไขปัญหาคความยากจนของประชาชน พัฒนาอาชีพ ส่งเสริมและจัดหา ตลาดให้เกษตรกร จัดตลาดนัดและการรวมกลุ่มผลผลิตให้กับทุกอำเภอ พร้อมทั้งเผยแพร่ ข่าวสาร

4 ปัญหาและความต้องการที่สำคัญของจังหวัด

ปัญหาของจังหวัดปราจีนบุรี จากสภาพข้อมูลทั่วไปของจังหวัดปราจีนบุรี ส่วนที่ 1 เมื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อให้มองเห็นสภาพปัญหาความต้องการ อุปสรรค ศักยภาพ และแนวโน้มของการพัฒนาจังหวัดในอีก 5 ปีข้างหน้า สามารถจำแนกปัญหาเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ เพื่อให้มองเห็นภาพรวมในด้านต่าง ๆ โดยเรียงลำดับตามความรุนแรงของปัญหาดังนี้

1) ปัญหาด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาสังแวดล้อม

จากสภาพแหล่งโรงงานอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะ 3-4 ปี ที่ผ่านมา ในท้องที่อำเภอกบินทร์บุรี อำเภอศรีมหาโพธิ อำเภอเมืองปราจีนบุรี อำเภอบ้านสร้าง อำเภอประจันตคาม และอำเภอนาดี จำนวน 523 โรงงาน เป็นโรงงานที่ได้รับการส่งเสริมจาก BOI จำนวนสามร้อยกว่าโรงงาน ก่อให้เกิดภาวะน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม สภาพชุมชนที่เกิดบริเวณรอบโรงงานทั้งทางด้านสภาพความเป็นอยู่ และภาวะที่อยู่กันอย่างแออัด

2) แม่น้ำบางปะกงเริ่มประสบภาวะน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

สิ่งปฏิกูลและน้ำเสียจากชุมชนในเขตเทศบาล สุขาภิบาล และชุมชนหนาแน่น ประการสำคัญ น้ำทะเลหนุนขึ้นมาถึงอำเภอบ้านสร้าง เกิดภาวะน้ำเค็ม มีผลต่อการใช้น้ำในด้านการเกษตร น้ำอุปโภคบริโภคในช่วงเดือนเมษายน-มิถุนายน

3) ปัญหาทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่า

จากสภาพพื้นที่ป่าไม้ของจังหวัดอีกประมาณร้อยละ 44.64% ของพื้นที่ป่าที่เหลือหรือประมาณ 753,039.69 ไร่ เป็นป่าเสื่อมสภาพและมีแนวโน้มที่มีการบุกรุกเข้าครอบครองพื้นที่ป่าบริเวณอำเภอนาดี จำเป็นต้องเร่งแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยให้ชุมชนเป็นผู้ดูแลรักษาป่าไม้และสัตว์ป่า การที่จะให้เจ้าหน้าที่บ้านเมืองแต่ฝ่ายเดียวเป็นผู้ดูแลรักษา จะไม่สามารถรักษาป่าไม้และสัตว์ป่าไว้ได้

4) ผลผลิตที่ได้ต่อหน่วยพื้นที่ค่อนข้างต่ำ อันเนื่องมาจากปัญหาที่ดิน

ทำกินแหล่งน้ำ ภัยธรรมชาติ และการจัดการ

5) ผลผลิตการเกษตรส่วนใหญ่เสียหายได้ง่าย เก็บรักษาไว้ไม่ได้นาน และมักจะออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมากพร้อมๆ กันในช่วงเวลาเดียวกัน ทำให้มีปริมาณเกิดความต้องการของตลาด

6) ปัญหาหนี้สินและเงินทุนประกอบการ

ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ตกอยู่ในสภาวะหนี้สินล้นพ้นตัว ซึ่งเกิดจากความล้มเหลวทางการเกษตร เช่น ภัยธรรมชาติ ปัญหาทางครอบครัวและประเพณี หรือค่านิยมรวมไปถึงการเจริญทางด้านวัตถุและสิ่งอำนวยความสะดวกอื่น

7) ปัญหาทางด้านปัจจัยการผลิต ได้แก่

7.1) การขาดแคลนปัจจัยการผลิตในฤดูกาลผลิต เช่น พันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ ปุ๋ย สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ตลอดจนเครื่องมือหรืออุปกรณ์การเกษตร

7.2) ปัจจัยการผลิตราคาสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูกาลผลิต ในขณะที่ราคาผลผลิตคงที่หรือลดลง

7.3) ปัจจัยการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ พันธุ์ดีหายากในท้องถิ่น และไม่มีแหล่งผลิตในจังหวัดเพื่อสนองรองรับความต้องการของเกษตรกร

7.4) ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ทั้งภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม

8) ปัญหาด้านเศรษฐกิจ

8.1) การกระจายรายได้และการกระจายความเจริญไม่ทั่วถึงทำให้ประชาชนในชนบทไม่ได้รับผลการพัฒนาเท่าที่ควร โดยพิจารณาได้จากช่องว่างระหว่างรายได้ของคนในภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรมและพาณิชยกรรม ซึ่งยิ่งพัฒนายิ่งห่างกันมากขึ้น อุตสาหกรรมส่วนใหญ่กระจุกตัวในส่วนกลาง การปรับโครงสร้างการผลิตการเกษตรยังไม่กว้างขวางพอที่จะยกระดับรายได้เกษตรกร

8.2) การแก้ไขปัญหาด้านเศรษฐกิจของกลุ่มอาชีพในชนบท ยังทำได้จำกัดไม่ครบวงจร เนื่องจากขาดการประสานความร่วมมือระหว่างส่วนราชการที่มีความชำนาญเฉพาะด้าน รวมทั้งภาคธุรกิจเอกชน

8.3) องค์การชุมชนอาชีพ/ธุรกิจชุมชน ยังขาดทักษะหรือประสบการณ์ในการบริหารจัดการเชิงธุรกิจที่จะขยายเครือข่าย หรือเชื่อมโยงธุรกิจของชุมชนกับธุรกิจเอกชนที่สามารถพึ่งตนเองได้อย่างยั่งยืน

จากสภาพของจังหวัดปราจีนดังกล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าปัญหาของจังหวัดปราจีนส่วนใหญ่ ได้แก่ ปัญหาทางเศรษฐกิจของประชาชน ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่กำลังจะเป็นพิษในอนาคตอันใกล้ เนื่องจากมีโรงงานอุตสาหกรรมมากขึ้น ทำให้มีสารเหลือทิ้งในปริมาณมาก จึงสมควรที่จะนำสารเหลือทิ้งดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ให้มากที่สุดเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี

การแบ่งช่วงเวลาในการเรียนการสอนวิชา ว 046

การแบ่งช่วงเวลาในการสอนวิชา ว 046 เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ โดยใช้หลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ดังแสดงในตาราง

ตาราง แสดงการแบ่งช่วงเวลาในการเรียนการสอน

ลำดับ ที่	คาบที่	รวม จำนวน คาบ	เนื้อหา	การประเมินผล
1	1	1	-แนะนำหลักสูตรและเอกสารหลักสูตร สื่อการเรียนการสอน บทปฏิบัติการ	
	2 - 3	2	-บทนำ เรื่อง ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ เทคโนโลยีชีวภาพ	-ทดสอบก่อนเรียน -ทดสอบหลังเรียน
2	4	1	-กฎข้อบังคับเกี่ยวกับการปฏิบัติการ ในห้องทดลองวิทยาศาสตร์ -การใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ -การเตรียมพร้อมเพื่อปฏิบัติการทดลอง -การเขียนรายงานการทดลอง	
	5 - 6	2	-หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เทคโนโลยีการหมัก (บทนำ)	-ทดสอบก่อนเรียน -ทดสอบหลังเรียน
3 - 7	7-27	15	-บทปฏิบัติการที่ 1 - 7 -เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ -ตรวจสอบราและยีสต์ในอาหาร -นับจำนวนจุลินทรีย์ -หมักไวน์จากน้ำผลไม้ -ผลิตน้ำส้มสายชูจากเปลือกผลไม้ -ผลิตนมเปรี้ยวอย่างง่าย - ตรวจจุลินทรีย์ในน้ำนม	-ทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนทุก ครั้งที่มีการเรียน การสอน

ตาราง แสดงการแบ่งช่วงเวลาในการเรียนการสอน (ต่อ)

สัปดาห์ ที่	คาบที่	รวม จำนวน คาบ	เนื้อหา	การประเมินผล
8 - 11	28 - 39	12	หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เทคโนโลยีของเสีย บทปฏิบัติการที่ 8 - 10 -ผลิตแอลกอฮอล์จากเศษอาหาร -เพาะเลี้ยงสาหร่ายโดยใช้น้ำทิ้ง -ขยายพันธุ์ผักและไม้ผลโดยใช้น้ำทิ้ง	
11-13	40- 51	12	-หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เทคโนโลยีการนำแหล่งวัตถุดิบชนิดใหม่ มาใช้ บทปฏิบัติการที่ 11 - 14 -ผลิตปุ๋ยชีวภาพ -ผลิตก๊าซชีวภาพ -ผลิตวันสวอร์ค -เพาะเห็ดฟาง	-ทดสอบก่อนเรียน -ทดสอบหลังเรียน -ทดสอบกลางภาค เรียน
14-16	52- 59	9	-หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม -บำบัดน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ -ผลิตเส้นใยโดยจุลินทรีย์ -ดูดซับคราบน้ำมันโดยจุลินทรีย์ -กำจัดโลหะหนักโดยจุลสาหร่าย	-ทดสอบก่อนเรียน -ทดสอบหลังเรียน -รายงานความ ก้าวหน้าของ ผลการทดลอง
17-18	60- 65	6	-หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 วิศวกรรมเอนไซม์ -ศึกษาการยับยั้งเอนไซม์ -ศึกษาลักษณะของถังหมัก -สรุปเนื้อหาเรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยี ที่เรียนไปแล้วทั้งหมด	-ทดสอบก่อนเรียน -ทดสอบหลังเรียน -สรุปผล การทดลอง

บทนำ เรื่อง ความรู้พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ

เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology)

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่าเทคโนโลยีด้านต่างๆ เป็นปัจจัยชี้ขาดอย่างหนึ่งของความรุ่งเรืองทางเศรษฐกิจของประเทศ ดังนั้นเราจึงควรช่วยกันส่งเสริมความรู้ กระจายความคิดเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีมาช่วยแก้ปัญหาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศให้เจริญรุดหน้าเท่าเทียมกับอารยประเทศอื่นๆ และเทคโนโลยีชีวภาพก็เป็นเทคโนโลยีสาขาหนึ่ง ที่ควรได้รับการสนับสนุนหรือส่งเสริม

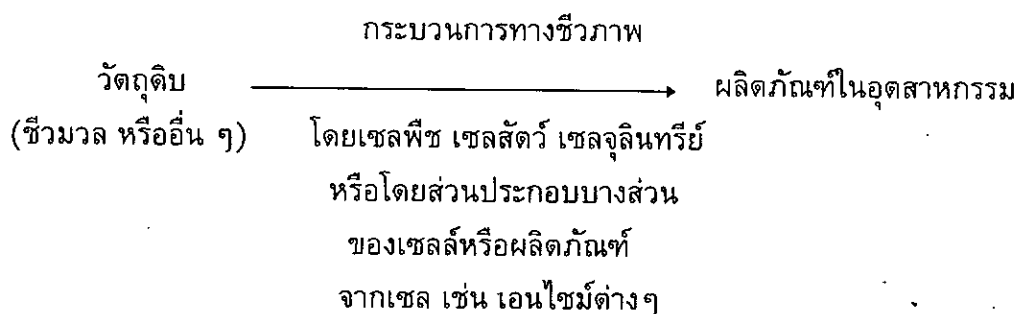
“เทคโนโลยีชีวภาพ” (Biotechnology) เป็นคำใหม่ที่ได้ยินกันมาประมาณ 10 ปีนี้เอง ทั้งๆ ที่มนุษย์ได้นำเทคโนโลยีชีวภาพมาใช้ในชีวิตประจำวันมาเกือบ 10,000 ปีแล้ว เช่น การทำเหล้าองุ่น เบียร์ ขนมปัง เนยแข็ง ตลอดจนอาหารหมักดองต่างๆ ที่คนไทยนิยม ได้แก่ เต้าเจี้ยว น้ำปลา ซีอิ้ว ปลาร้า เป็นต้น ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 1 อังกฤษ สหรัฐอเมริกาและแคนาดาใช้เทคโนโลยีชีวภาพผลิตอาซีโตนใช้ในสงคราม และในสงครามโลกครั้งที่ 2 ญี่ปุ่นผลิตแอลกอฮอล์ใช้ในการรบน้ำมัน ปัจจุบันคำว่า “ไบโอเทคโนโลยี” เป็นคำที่ใช้กันแพร่หลายทั่วโลก โดยเฉพาะในวงการธุรกิจและอุตสาหกรรมของประเทศต่างๆ ที่เจริญทางด้านเทคโนโลยี เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เยอรมัน ฝรั่งเศส อังกฤษ และประเทศอื่นๆ ในยุโรปอีกหลายประเทศ

ความหมายของเทคโนโลยีชีวภาพ

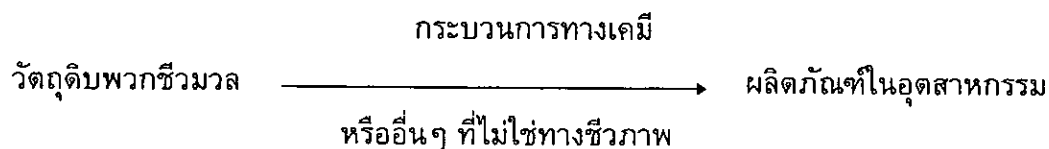
เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) หมายถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใดๆ ซึ่งใช้ระบบชีววิทยา ใช้สิ่งมีชีวิตหรือส่วนที่แยกออกจากสิ่งมีชีวิต เพื่อทำให้หรือเปลี่ยนแปลงผลผลิตหรือกระบวนการสำหรับการใช้ทางวิทยาศาสตร์ (กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2531 : 131) เป็นวิธีการที่มนุษย์นำเอาเซลล์ของพืช สัตว์และจุลินทรีย์มาใช้ในการบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อมวลมนุษยชน นอกจากนี้ยังเป็นเทคโนโลยีที่นำเอาระบบทางชีววิทยามาใช้ประโยชน์ โดยการใช้ความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตเพื่อประโยชน์ของมนุษย์ โดยครอบคลุมตั้งแต่เทคโนโลยีที่ใช้ในการเกษตรกรรม จนถึงการผลิตยารักษาโรค ตั้งแต่

เทคโนโลยีค่อนข้างง่าย เช่น การทำน้ำปลาจนถึงเทคโนโลยีที่ยาก เช่น การออกแบบและสร้างโปรตีนใหม่ๆ ที่มีคุณสมบัติพิเศษตามต้องการที่ไม่อาจหาได้จากธรรมชาติ เป็นต้น (วราวุฒิ ครุสง. 2529 : 12 ; ศิริ ฮามสุโพธิ์. 2537 : 12)

จะเห็นได้ว่า คำว่า “ไบโอเทคโนโลยี” มีความหมายกว้าง อาจมีความหมายและขอบเขตต่างกันไปบ้าง ขึ้นอยู่กับผู้ให้คำจำกัดความและสภาพท้องถิ่น แต่โดยทั่วไปแล้วจะหมายถึงเทคโนโลยีที่ใช้กระบวนการทางชีวภาพ (Biological processes) ไปสร้างผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม และมีผลเชิงพาณิชย์ (Commercial products) ซึ่งอาจจะเขียนย่อๆ ได้ดังนี้



เทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปวัตถุดิบที่ได้จากชีวมวล เช่น จากพืช หรือสัตว์ ให้เป็นผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม โดยกระบวนการอื่นที่ไม่ใช่กระบวนการทางชีวภาพ เช่น กระบวนการทางเคมี ก็จัดไว้เป็นเทคโนโลยีชีวภาพด้วย



ตามที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่า ประสิทธิภาพการแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมนั้น ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของกระบวนการที่ใช้ในการแปรรูป ในปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคทางวิศวกรรมพันธุศาสตร์มาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ของเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปเพื่อให้มีประสิทธิภาพ ในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเพิ่มขึ้น เทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้เทคนิคทางวิศวกรรมพันธุศาสตร์มาช่วยนี้ บางคนเรียกว่า “เทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่” (Modern biotechnology)

“เทคโนโลยีชีวภาพ” เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงในการผลิต สิ่งที่เป็นสำหรับมนุษย์หลายอย่าง จากวัตถุดิบที่ไม่มีทางจะหมดไปจากโลกตราบใดที่โลกยังมีแสงแดด น้ำ และอากาศ (วัตถุดิบเหล่านี้จัดเป็นพวก Renewable source) ดังนั้นเทคโนโลยีชีวภาพจึงมีบทบาทสำคัญในทางการแพทย์ การเกษตร อุตสาหกรรม และการกำจัดของเสีย

พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ หมายถึง การนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพในเรื่องเกี่ยวกับการใช้จุลินทรีย์เพื่อผลิตวัตถุดิบให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ในเรื่องกระบวนการหมักวัตถุดิบให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆ การนำสารเหลือทิ้งมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ให้เกิดประโยชน์ เช่น การผลิตน้ำส้มสายชู การผลิตวุ้นนํ้ามะพร้าว การผลิตก๊าซโซฮอลล์ การผลิตปุ๋ยชีวภาพ การผลิตก๊าซชีวภาพ ฯลฯ

ตัวอย่างของเทคโนโลยีชีวภาพ

ด้านการแพทย์ ได้แก่ การผลิตยาปฏิชีวนะโดยกระบวนการหมัก การผลิตวัคซีน โดยการใช้ดีเอ็นเอสายผสม (Recombinant DNA) การผลิต Monoclonal antibodies สำหรับตรวจและรักษาโรค

ด้านการเกษตร ได้แก่ การผลิตพืชที่มีลักษณะทนแล้ง ผลผลิตสูง ฯลฯ โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue culture) การผลิตจุลินทรีย์ซึ่งช่วยตรึงไนโตรเจนในพืช การผลิตปุ๋ยสัตว์ พันธุ์ดีโดยการถ่ายฝากตัวอ่อน (Embryo transfer) และการปฏิสนธิในหลอดแก้ว (In vitro fertilization)

ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การผลิตแอลกอฮอล์จากแป้งและน้ำตาล โดยกระบวนการหมัก การสกัดน้ำมันดิบจากน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ (Polysaccharide) ที่ชื่อ Xanthan จากจุลินทรีย์ เพื่อเพิ่มความหนืดของน้ำซึ่งใช้เป็นตัวไล่ การขจัดน้ำเสีย ซึ่งมีสารอินทรีย์หรือจุลินทรีย์เจือปนสูง

ด้านอุตสาหกรรม ได้แก่ การผลิตกรดอะมิโน เช่น ไลซีน และผงชูรสโดยกระบวนการหมัก การผลิตน้ำเชื่อมที่มีฟรุกโทสสูง (High-fructose syrup) โดยใช้เอนไซม์ Glucose isomerase) การสกัดแร่โลหะโดยใช้จุลินทรีย์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ได้

สำหรับประเทศไทยนั้น เทคโนโลยีชีวภาพเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาประเทศมาก เพราะสภาพแวดล้อมของประเทศเอื้ออำนวยให้มีผลผลิตจากการเกษตรมาก อุตสาหกรรมแปรรูปวัตถุดิบจากการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูงขึ้น จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก เพราะจะทำให้ไทยสามารถส่งผลิตภัณฑ์ราคาสูงออกขายแทนผลผลิตทางการเกษตรที่มีราคาต่ำ อุตสาหกรรมดังกล่าวส่วนมากเป็นอุตสาหกรรม

ที่ใช้เทคโนโลยีชีวภาพ ปัจจุบันอุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีชีวภาพในประเทศไทยยังมีน้อยมาก และส่วนมากเป็นอุตสาหกรรมที่ซื้อเทคโนโลยีมาจากต่างประเทศ และมีปัญหาเนื่องจากสภาพแวดล้อมและวัตถุดิบของประเทศผู้สร้างเทคโนโลยีต่างกับประเทศไทย รวมทั้งปัญหาการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้วย ดังนั้นประเทศไทยจึงมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างและพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นเอง พร้อมกับการสร้างคนที่มีความรู้ความสามารถทางเทคโนโลยีชีวภาพด้วย

ในแง่วิชาการแล้ว เทคโนโลยีชีวภาพมีลักษณะเป็นสหสาขาวิชาคือ เป็นวิชาการที่เกิดจากการประสานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์หลายสาขาวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ สาขาชีวเคมี จุลชีววิทยา เคมี พฤกษศาสตร์ ชีววิทยา และวิศวกรรมกระบวนการ เป็นต้น ในงานบางอย่างอาจจะต้องใช้ความรู้สาขาอื่นมาประกอบด้วย เช่น สาขาแพทยศาสตร์ เภสัชศาสตร์ สัตวแพทยศาสตร์

ลักษณะของเทคโนโลยีชีวภาพ

ลักษณะที่สำคัญของเทคโนโลยีชีวภาพ มี 2 ประการ คือ

- 1) ความเป็นสหวิชา กล่าวคือมีหลายแขนงวิชาประกอบกันอยู่ในเทคโนโลยีชีวภาพนับตั้งแต่วิชาด้านพื้นฐาน เช่น ชีวเคมีและจุลชีววิทยา ไปจนถึงวิศวกรรมศาสตร์ ด้านการผลิตในโรงงานและเกษตรศาสตร์
- 2) ลักษณะที่มุ่งสู่การประยุกต์ โดยมีเป้าหมายทางการค้า หรือผลประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคมเป็นสำคัญ

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการผลิตผลิตภัณฑ์ทางเทคโนโลยีชีวภาพ

ในการผลิตผลิตภัณฑ์ทางเทคโนโลยีชีวภาพ มีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง 2 ประการคือ (Croome and others. 1986 : 367)

- 1) ต้องมีตัวเร่งทางชีวภาพ (Biological catalyst) ซึ่งมีสมบัติเฉพาะต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ในการผลิตตัวเร่งทางชีวภาพนั้นใช้จุลินทรีย์ซึ่งคัดเลือกขึ้นมา โดยอาจใช้วิธีการผ่าเหล่า (Mutation) ด้วยการฉายแสงเอกซเรย์ไปที่จุลินทรีย์ทำให้มันมีความผิดปกติ ซึ่งถ้าเราควบคุมได้ก็จะทำให้จุลินทรีย์มีความสามารถผลิตตัวเร่งชีวภาพที่ต้องการได้

2) ต้องมีถังปฏิกริยา (Reactor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ส่วนที่เกิดกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพจะต้องควบคุมภาวะการผลิตได้ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง การเติมอากาศให้จุลินทรีย์ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมต่อการทำงานของตัวเร่งทางชีวภาพที่ใช้

สาขาของเทคโนโลยีชีวภาพ

เทคโนโลยีชีวภาพแบ่งได้เป็น 5 สาขา (Higgins, Best and Jones. 1985) คือ

1) เทคโนโลยีการหมัก (Fermentation technology) เป็นเทคโนโลยีในการใช้จุลินทรีย์ไปเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ (Substrate) ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ โดยเราสามารถควบคุมกระบวนการได้ มีขอบเขตที่กว้างนับตั้งแต่การผลิตเบียร์ เหล้า ยาปฏิชีวนะ จนถึงการพัฒนากระบวนการผลิตเชื้อจุลินทรีย์และการออกแบบสร้างถังปฏิกริยาที่เหมาะสม

2) เทคโนโลยีเกี่ยวกับของเสีย (Waste technology) เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการจัดการของเสียต่าง ๆ เช่น การทำลายของเสีย หรือการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์อีกด้วย อย่างเช่น การนำน้ำทิ้งจากโรงงานแปงมาใช้เลี้ยงสาหร่าย

3) เทคโนโลยีการสร้างแหล่งวัตถุดิบใหม่ (Renewable resource technology) เป็นเทคโนโลยีที่มุ่งพัฒนาแหล่งวัตถุดิบใหม่ ๆ เพื่อใช้ทดแทนหรือใช้เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ตัวอย่างเช่น การนำมูลสัตว์มาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ

4) เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม (Environmental technology) เป็นเทคโนโลยีที่มุ่งแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น การควบคุมและการแยกของเสียที่เป็นพิษ

5) วิศวกรรมเอนไซม์ (Enzyme engineering) เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเอนไซม์ให้มีประสิทธิภาพสูงช่วยให้การผลิต เช่น การตรึงเอนไซม์ในการผลิตแอลกอฮอล์จากแป้งหรือน้ำตาล

บทบาทของเทคโนโลยีชีวภาพกับความต้องการของมนุษย์

เทคโนโลยีชีวภาพที่เจริญก้าวหน้าถึงศตวรรษที่ 20 นี้ มีประวัติย้อนหลังไปไกลถึงสงครามโลกครั้งที่ 2 เมื่อมีการผลิตเพนนิซิลลินเพื่อรักษาบาดแผล จึงเป็นจุดเริ่มต้นทำให้เกิดอุตสาหกรรมยาปฏิชีวนะขึ้นในปัจจุบัน และในภาวะของโลกปัจจุบันเมื่อน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาแพงและร่อยหรอลงไปทุกวันๆ จึงมีการนำจุลินทรีย์มาใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์จากน้ำตาลและแป้ง เพื่อทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงที่กำลังจะหมดไป ซึ่งต่อมาเทคโนโลยีชีวภาพได้ขยายตัวไปในแนวทางๆ

ทั่วโลก และเกี่ยวข้องกับความต้องการของมนุษย์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) เทคโนโลยีชีวภาพกับอาหาร ขณะที่โลกมีแนวโน้มที่จะเผชิญปัญหาการขาดแคลนอาหารนักวิทยาศาสตร์ได้แก้ไขปัญหานี้โดยการปรับปรุงพืชพันธุ์ใหม่ที่สามารถให้ผลผลิตสูง ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่แห้งแล้ง มีการใช้จุลินทรีย์หรือโปรตีนเซลล์เดียว (Single cell protein หรือ SCP) เช่น ยีสต์มาผสมอาหาร ทำให้มีโปรตีนสูง มีการผลิตโปรตีนจากรา (Mycoprotein) ให้มีโปรตีนสูงเทียบเท่ากับเนื้อสัตว์ ใช้ความรู้ทางพันธุวิศวกรรมทำให้แบคทีเรียสามารถผลิตฮอร์โมนที่ควบคุมการเจริญเติบโตให้สัตว์เพิ่มปริมาณเนื้อและนมให้มากขึ้น ฯลฯ

2) เทคโนโลยีชีวภาพกับสิ่งแวดล้อม การกำจัดขยะมูลฝอย ของเสียจากโรงงาน ไม่ว่าจะเป็นสารเคมีหรือค่านพิษ ล้วนแต่เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมโดยสิ้นเชิง จุลินทรีย์มีส่วนช่วยในการกำจัดของเสียเหล่านี้ได้และในบางครั้งยังสามารถสร้างสารอื่น ที่เป็นประโยชน์ต่อของเสียเหล่านั้น

3) เทคโนโลยีชีวภาพกับพลังงาน ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีชีวภาพทำให้เราผลิตพลังงานในรูปของแอลกอฮอล์เชื้อเพลิง (Fuel alcohol) และก๊าซมีเทนได้ในปริมาณที่สูงในอนาคต คาดว่าเราจะสามารถใช้ความรู้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้เช่นกัน รถยนต์อาจใช้แอลกอฮอล์ที่ผลิตจากอ้อยแทนน้ำมัน หรืออาจใช้แอลกอฮอล์ผสมกับน้ำมันที่เรียกว่า “ก๊าซโซฮอล” หรือใช้ผลิตภัณฑ์พิเศษที่เรียกว่า “เบนโซฮอล” ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างน้ำมันเบนซินและเอทานอลไร้ น้ำมันเชื้อเพลิงธรรมดาที่เคยใช้ได้

4) เทคโนโลยีชีวภาพกับการแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพได้ยู่รอบตัวเรามาเป็นเวลานานในรูปของยาปฏิชีวนะ เช่น เพนนิซิลลินและวัคซีนนানাชนิด ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีชีวภาพ ทำให้มนุษย์สามารถผลิตฮอร์โมนที่ควบคุมการเจริญเติบโต ซึ่งโดยปกติผลิตจากฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองของมนุษย์ และสามารถนำฮอร์โมนชนิดนี้มาใช้กับคนไข้ได้สำเร็จ ในการผลิตนั้นแบคทีเรียพันธุ์วิศวกรรมปริมาณ 500 ลิตร สามารถผลิตฮอร์โมนได้มากเท่ากับฮอร์โมนที่ผลิตจากต่อมฮอร์โมนของมนุษย์ 35,000 ต่อมา (วัลลภา อรุณไพโรจน์ 2536) นอกจากนี้ยังสามารถผลิตสารที่เรียกว่า “โมโนโคลนอล แอนติบอดี” (Monoclonal antibodies) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีคุณสมบัติในการจำสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในกระแสเลือด และในเนื้อเยื่อได้สำเร็จ โปรตีนชนิดนี้ช่วยแพทย์ในการตรวจหาและรักษาโรค เช่น การตรวจการตั้งครรภ์ได้สิ่งที่น่าภาคภูมิใจของวงการเทคโนโลยีชีวภาพคือ แบคทีเรีย พันธุ์วิศวกรรมสามารถผลิตสาร “อินเตอร์เฟอรอน” (Interferon) ซึ่งมีผลต่อการรักษาโรคมะเร็งและโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสบางชนิด และสารนี้มีราคาแพงถึง 10 ล้านปอนด์ต่อกรัม นอกจากนี้ยังสามารถสร้างสารที่เรียกว่า “เอริโทรโพอิติน” (Erythropoietin) ซึ่งปกติสร้างขึ้นโดยไต สารนี้จะกระตุ้นการผลิตเม็ดเลือดแดงของเซลล์กระดูกใช้ในการรักษาโรคโลหิตจางได้สำเร็จ ในอนาคตอันใกล้ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีชีวภาพจะช่วย

ให้ทางการแพทย์วินิจฉัยโรคได้เร็วขึ้น

5) เทคโนโลยีชีวภาพกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เทคโนโลยีชีวภาพมีบทบาทใกล้ชิดและเป็นกลไกที่สำคัญต่อการสนับสนุนงานด้านการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพอย่างยั่งยืน ตัวอย่างเช่น ในโครงการปลูกป่าทดแทน การนำเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อผลิตกล้าไม้พันธุ์ดี ทำให้สามารถผลิตกล้าไม้ที่มีคุณภาพและปริมาณมากในระยะเวลาอันสั้น หรือใช้เทคนิคการผลิตเมล็ดเทียมในไม้สักและไม้โตเร็วเพื่อลดการสูญเสียกล้าไม้อันเนื่องจากปัญหาการขนย้ายไปยังแหล่งปลูก การใช้เทคนิคทาง พันธุกรรมพัฒนาจุลินทรีย์ที่มีความสามารถตรึงไนโตรเจนให้กับไม้ยืนต้นและพันธุ์ไม้หลายชนิดในป่า การอนุรักษ์ทรัพยากรทางพันธุกรรมที่มีอยู่น้อยหรือกำลังจะสูญพันธุ์ทั้งพืช สัตว์หรือจุลินทรีย์ โดยการเก็บรักษาด้วยเทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เทคนิคการแช่แข็งในไนโตรเจนเหลว ตลอดจนเทคนิคการเก็บรักษาในระดับเซลล์

นอกจากบทบาทในการสนับสนุนด้านอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพแล้วเทคโนโลยีชีวภาพยังมีบทบาทในการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรชีวภาพอย่างยั่งยืนได้แก่ การใช้ประโยชน์จากสารสกัดจากพืช สารสกัดจากสัตว์ สารสกัดจากจุลินทรีย์และตัวจุลินทรีย์เองทั้งในด้านการแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรม เป็นต้น

6) เทคโนโลยีชีวภาพกับการกำจัดโรคพืช เทคโนโลยีชีวภาพมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงวิธีการป้องกันกำจัดโรคพืชให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีชีวภาพที่เกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงเซลล์และเนื้อเยื่อ การผลิตไมโนโคไลนอล แอนติบอดีและการใช้ประโยชน์จากสารพันธุกรรมของจุลินทรีย์และพืช ซึ่งสามารถนำวิธีการดังกล่าวนี้มาช่วยในการป้องกันกำจัดโรคโดยการผลิตพืชปราศจากเชื้อโรคโดยเฉพาะเชื้อไวรัสการผลิตพืชพันธุ์ต้านทานโรค การผลิตชีวอินทรีย์ที่ใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืชโดยชีววิธี การผลิตจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารที่เป็นพิษต่อธรรมชาติหรือการผลิตจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์อื่นๆ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการช่วยพิสูจน์เชื้อที่เป็นสาเหตุโรคและการวินิจฉัยโรค

จากที่ได้กล่าวมาแล้วโดยย่อถึงบทบาทของเทคโนโลยีชีวภาพกับความต้องการของมนุษย์คงจะเป็นจุดเริ่มต้นของความเข้าใจทางเทคโนโลยีชีวภาพได้ ยังมีอีกมากมายที่นักวิทยาศาสตร์ และเยาวชนรุ่นใหม่จะต้องดำเนินการค้นคว้าต่อไป

สำหรับรายละเอียดของสาขาต่างๆของเทคโนโลยี มีดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1

เรื่อง

เทคโนโลยีการหมัก

เทคโนโลยีการหมัก (Fermentation technology) เป็นเทคโนโลยีในการใช้จุลินทรีย์ไปเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการโดยเราควบคุมกระบวนการได้ มีขอบเขตที่กว้างขวาง นับตั้งแต่การผลิตเบียร์ เหล้า ยาปฏิชีวนะจนถึงการพัฒนากระบวนการผลิตเชื้อจุลินทรีย์และการออกแบบสร้างถึงปฏิกิริยาที่เหมาะสม

กระบวนการหมัก (Fermentation)

กระบวนการหมัก เป็นกระบวนการที่สำคัญของเทคโนโลยีชีวภาพ การหมักเป็นคำที่มีรากศัพท์มาจาก ภาษาละติน ว่า "fervere " แปลว่า "เดือด" ในตอนแรกใช้อธิบายลักษณะที่เกิดจากการกระทำของยีสต์ในน้ำสกัดจากผลไม้หรือเมล็ดข้าวมอลท์เนื่องจากยีสต์ย่อยสลายน้ำตาลภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจนทำให้เกิดฟองคาร์บอนไดออกไซด์ผุดขึ้นมาเหมือนน้ำเดือด

ความหมาย

การหมัก (ทางชีวเคมี) หมายถึง การสร้างพลังงาน จากกระบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์โดยมีสารอินทรีย์เป็นทั้งตัวให้ และตัวรับอิเล็กตรอน

การหมัก (ทางจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม) หมายถึง กระบวนการผลิตผลผลิตใดๆ ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์จำนวนมาก (Mass culture) ซึ่งจะครอบคลุมทั้งกระบวนการแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

วิวัฒนาการของการหมัก

การพัฒนาของอุตสาหกรรมหมัก มีพื้นฐานการเรียนรู้และปรับปรุงมาจากอาหารหมักในสมัยโบราณ ซึ่งการหมักในสมัยนั้นเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เนื่องจากจุลินทรีย์ในอากาศหรือจุลินทรีย์ที่ติดมากับวัตถุดิบที่ใช้ในการทำอาหารหมักนั้น ต่อมาเมื่อมนุษย์มีความรู้เกี่ยวกับจุลินทรีย์และบทบาทของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักมากขึ้นจึงทำให้มีการนำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ในการหมักเพื่อผลิตสารในระดับอุตสาหกรรมโดยมีวิวัฒนาการซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 5 ระยะ ดังนี้คือ

ระยะที่ 1 (ก่อนปี ค.ศ. 1900)

- มีผลผลิตจำกัดอยู่เพียงเครื่องต้มแอลกอฮอล์และน้ำส้มสายชู
- เครื่องต้มแอลกอฮอล์ที่มีการผลิตกันมาตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณ ได้แก่ เบียร์ ดันศตวรรษที่ 18 มีการผลิตเบียร์ในระดับอุตสาหกรรม โดยมีการใช้ระบบควบคุมการผลิตและใช้เทอร์โมมิเตอร์
- ศตวรรษที่ 19 หลุยส์ ปาสเตอร์ (Pasteur) เป็นบุคคลที่ได้รับการยกย่องว่าเป็นผู้แสดงให้เห็นบทบาทที่แท้จริงของยีสต์ในการหมักแอลกอฮอล์
- ในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 แฮนเซน (Hansen) ได้พัฒนาวิธีการแยกเชื้อยีสต์ออกมาเป็นเซลล์เดี่ยวๆ และนำเซลล์เดี่ยวของยีสต์นี้มาเพิ่มจำนวนได้เป็นเชื้อบริสุทธิ์ และพัฒนาเทคนิคต่างๆ ในการผลิตเชื้อเริ่มต้น (Starter culture) เพื่อใช้ในการหมักอีกด้วย
- การผลิตน้ำส้มสายชู แต่เดิมผลิตได้จากการใส่ไวน์ไว้ในขวดดินเผา เมื่อตั้งทิ้งไว้นานๆ จะมีจุลินทรีย์จากธรรมชาติเจริญขึ้นมา ทำให้ไวน์เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำส้มสายชู
- ต่อมา มีการค้นพบว่า อากาศมีความสำคัญต่อกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูจึงได้มีการพัฒนาสร้างถังหมักที่เรียกว่า "เจเนอเรเตอร์" (Generator)
- ในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 ถึงต้นศตวรรษที่ 20 ได้มีการพัฒนาการผลิตโดยมีการพัฒนาการผลิตอาหารโดยทำการนึ่งอาหารเลี้ยงเชื้อก่อน แล้วจึงเติมน้ำส้มสายชูที่มีคุณภาพดีลงไป 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้เกิดสภาวะที่เป็นกรด ซึ่งจะช่วยป้องกันการปนเปื้อนที่อาจเกิดจากจุลินทรีย์ชนิดอื่น และในขณะเดียวกันก็ใช้เป็นแหล่งของเชื้อเริ่มต้นที่ดีในการผลิตน้ำส้มสายชูได้อีกด้วย

ระยะที่ 2 เป็นระยะระหว่างปี ค.ศ. 1900 - 1940

- มีการใช้ผลผลิตใหม่ ที่สำคัญ คือ ยีสต์ ที่ใช้ทำขนมอบกลีเซอรอลกรดอะซิติก กรดแลคติก อะซิโตนและบิวทานอล
- อุตสาหกรรมการหมักที่มีการพัฒนาไปก้าวหน้ามากที่สุดในระยะนี้ ได้แก่ การผลิตยีสต์ที่ใช้ทำขนมอบและตัวทำละลายอินทรีย์
- มีการพัฒนาการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์ที่จำกัดความเข้มข้นของสารอาหารเริ่มต้น (โดยเฉพาะแหล่งคาร์บอน) เพื่อให้ยีสต์เจริญในอัตราเร็วพอสมควรที่จะไม่ทำให้เกิดปัญหาออกซิเจนไม่เพียงพอ หลังจากนั้นถ้าต้องการให้ยีสต์เพิ่มจำนวนมากขึ้นอีกก็สามารถทำได้โดยการเติมอาหารเพิ่มเข้าไปทีละน้อย
- ปรับปรุงการเพาะเลี้ยงยีสต์ โดยการให้อากาศผ่านท่อที่ปลายมีรูขนาดเล็กเพื่อให้อากาศเข้าไปในถังหมักในลักษณะที่เป็นฟองเล็กๆ ทำให้จุลินทรีย์สามารถดูดซึมอากาศไปใช้ได้ดีขึ้นและสามารถฆ่าเชื้อในท่อให้อากาศได้ด้วยไอน้ำ

- ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 1 ไวส์แมน (Weizmann) ได้พัฒนาการผลิตอะซิโตนและ บิวทานอล โดยใช้เทคนิคปราศจากเชื้อในกระบวนการหมักแบบที่ไม่ต้องการอากาศ และพัฒนาดังหมักที่สามารถป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้ดี และสามารถทำให้ปราศจากเชื้อได้โดยใช้ไอน้ำภายใต้ความดัน ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการ

- พัฒนาการใช้เทคนิคปราศจากเชื้อในกระบวนการหมักแบบที่ต้องการอากาศในเวลาต่อมา

ระยะที่ 3 เริ่มต้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1940

- การพัฒนาอุตสาหกรรมการหมักในระยะนี้ เป็นผลมาจากสงครามทำให้ต้องใช้เพนนิซิลลินปริมาณมาก

- มีการพัฒนาการผลิตเพนนิซิลลิน ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวภายใต้สภาวะปราศจากเชื้อ เป็นการหมักโดยใช้ออกซิเจน

- มีการปรับปรุงดังหมักให้มีระบบให้อากาศที่ปราศจากเชื้อและมีระบบการกวนผสมอาหารเหลวที่มีความหนืดสูงให้เหมาะกับกระบวนการหมักเพนนิซิลลิน

- ปรับปรุงพันธุ์จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตเพนนิซิลลิน และพัฒนาการสกัดเพนนิลินจากของเหลวปริมาณมาก ๆ ได้เป็นผลสำเร็จ การพัฒนาเทคโนโลยีการหมักในระยะนี้ นับว่าเป็นระยะที่สำคัญที่สุด และเป็นผลให้มีการพัฒนาการผลิตสารปฏิชีวนะอื่นๆ วิตามิน จิบเบอเรลลิน กรดอะมิโน เอนไซม์ และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสเตอรอยด์ในเวลาต่อมา

ระยะที่ 4 เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1960

- การพัฒนาอุตสาหกรรมการหมักในระยะนี้เกิดขึ้นจากความพยายามที่จะผลิตเซลล์จุลินทรีย์เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์

- มีการสร้างดังหมักให้มีขนาดใหญ่กว่าเดิม เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ใช้ผลิตเป็นอาหาร

- สัตว์นั้นมีความทนทานต่ำทำให้ต้องผลิตในปริมาณมากกว่าผลผลิตอื่นๆ จึงจะคุ้มค่าการลงทุน

- มีการนำสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเลียมที่มีราคาถูกมาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับจุลินทรีย์ในอุตสาหกรรมการหมัก

- มีการพัฒนาดังหมักแบบใหม่ซึ่งใช้ระบบความดันหมุนเวียนขึ้นแทนการใช้ระบบใบพัด

- พัฒนาระบบการหมักแบบต่อเนื่องในการผลิตจุลินทรีย์ขึ้น

- พัฒนาการออกแบบก่อสร้างดังหมักที่ดี มีมาตรฐานสูงขึ้น ทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อที่ส่งเข้าสู่ดังหมักปราศจากเชื้อได้อย่างต่อเนื่อง

- พัฒนาใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการควบคุมกระบวนการหมักและการทำให้ปราศจากเชื้อ

เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้จากมนุษย์

ระยะที่ 5 เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1979

- การพัฒนาอุตสาหกรรมการหมักในระยะนี้ เกิดจากความก้าวหน้าในด้านพันธุวิศวกรรม (Genetic engineering) ทำให้สามารถตัดต่อยีน (Gene) ระหว่างจุลินทรีย์ต่างชนิดกันและตัดต่อยีนของสิ่งมีชีวิตชั้นสูงเข้าไปในเซลล์จุลินทรีย์ทำให้สามารถจุลินทรีย์ผลิตสารบางชนิดที่จุลินทรีย์ไม่สามารถผลิตได้ เช่น อินซูลิน (Insulin) และอินเตอร์เฟอรอน (Interferon) ปรับปรุงจุลินทรีย์เพื่อเพิ่มผลผลิตตามปกติของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดผลผลิตใหม่ๆ จากจุลินทรีย์ได้มาก

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าเทคโนโลยีชีวภาพ คือ การให้ความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตเพื่อประโยชน์ของมนุษย์ โดยครอบคลุมตั้งแต่เทคโนโลยีที่ใช้ในการเกษตรกรรม จนถึงการผลิตยารักษาโรค ตั้งแต่เทคโนโลยีค่อนข้างง่าย เช่น การทำน้ำปลา จนถึงเทคโนโลยีที่ยาก เช่น การออกแบบและสร้างโปรตีนใหม่ๆ ที่มีคุณสมบัติพิเศษตามต้องการที่ไม่อาจหาได้จากธรรมชาติ เป็นต้น

นอกจากนี้ เทคโนโลยีชีวภาพยังเป็นการนำระบบทางชีววิทยามาใช้ประโยชน์ จะเห็นได้ว่าการนำเทคโนโลยีชีวภาพมาใช้กันตั้งแต่ครั้งอดีต เช่น การ ผลิตเบียร์ ไวน์ ขนมอบยเกิร์ต เนยแข็ง ม้าสามขา น้ำปลา ซีอิ๊ว รวมถึงการค้นพบยาปฏิชีวนะ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่กล่าวมานี้อาศัยประโยชน์จากจุลินทรีย์ที่มีมาในธรรมชาติ หรือที่คัดเลือกเป็นสายพันธุ์ที่บริสุทธิ์แล้วสำหรับใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่จำเพาะ ซึ่งเชื้อเหล่านี้ต้องมีการปรับปรุงพันธุ์ให้ดีขึ้น และการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวเหล่านั้น ต้องใช้อาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งมีหลายชนิดด้วยกันและแต่ละชนิดจะมีความจำเพาะเจาะจงกับจุลินทรีย์แต่ละประเภท

เทคนิคบางประการทางจุลชีววิทยา

เนื่องจากจุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นและมีกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป การที่เราจะนำจุลินทรีย์มาศึกษาหรือใช้งานอย่างใดอย่างหนึ่ง จำเป็นต้องเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวน การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์จึงต้องเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวน ซึ่งต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสมต่อชนิดของจุลินทรีย์แต่ละชนิด ได้แก่ แหล่งอาหารและสภาพแวดล้อมต่างๆ

แหล่งอาหารที่สำคัญของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ ได้แก่ คาร์บอน เช่น น้ำตาล แป้งหรือเซลลูโลส และแหล่งคาร์บอนอื่นๆ และแหล่งอาหารอีกส่วนหนึ่ง คือ ไนโตรเจน ได้แก่ เกลือแอมโมเนียม เกลือไนเตรด ยูเรีย สารโปรตีน และแหล่งไนโตรเจนอื่นๆ นอกจากนี้ยังต้องการแร่ธาตุอื่นๆ ในปริมาณเล็กน้อย ได้แก่ ฟอสฟอรัส เหล็ก กำมะถัน และโพแทสเซียม รวมถึงวิตามินบางชนิดด้วย

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมก็มีความสำคัญต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมของจุลินทรีย์ ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-เบส ปริมาณออกซิเจน ความชื้นและความเข้มของแสง เป็นต้น

สิ่งสำคัญในการศึกษาจุลินทรีย์ ก็คือ การทำปฏิบัติการด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ (Aseptic techniques) ควรปฏิบัติด้วยความระมัดระวัง ทั้งก่อนและหลังจากเสร็จสิ้นปฏิบัติการ การศึกษาจุลินทรีย์ในบทปฏิบัติการต่อไปนี้จะเน้นปฏิบัติการพื้นฐานทางจุลชีววิทยา ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ได้แก่ การเตรียมอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อ การ cấyเชื้อ การเลี้ยงเชื้อ และจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษา คือ ยีสต์ เชื้อรา และแบคทีเรียบางชนิดที่เกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ

บทปฏิบัติการที่ 1

การเตรียมอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์บางชนิด

บทนำ

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตอีกจำพวกหนึ่งที่มีความสำคัญทางด้านอาหาร มีทั้งที่มีประโยชน์และที่เป็นโทษ จุลินทรีย์จำพวกราและยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่รู้จักกันดี และการที่เราจะนำจุลินทรีย์มาศึกษาหรือใช้งานอย่างใดอย่างหนึ่งนั้น จำเป็นต้องเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวน การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสมต่อชนิดของจุลินทรีย์แต่ละชนิด ได้แก่ แหล่งอาหารและสภาพแวดล้อมต่างๆ

แหล่งอาหารที่สำคัญของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ ได้แก่ แหล่งคาร์บอน เช่น อาหารประเภทน้ำตาล แป้ง เซลลูโลสหรือแหล่งคาร์บอนอื่นๆ และแหล่งอาหารอีกส่วนหนึ่ง คือ ไนโตรเจน ได้แก่ เกลีสแอมโมเนียม เกลีสไนเตรด สารยูเรีย โปรตีน และแหล่งไนโตรเจนอื่นๆ ส่วนสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ pH ปริมาณออกซิเจน ความชื้นและความเข้มข้นของแสง

จุลินทรีย์จำพวกราและยีสต์จะเกี่ยวข้องกับอาหารหมักมากกว่าอาหารประเภทอื่น เช่น เบียร์ ไวน์ น้ำหวาน น้ำผลไม้ นอกจากนี้ราและยีสต์ยังมีความสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตขนมปัง เอ็นไซม์และวิตามินด้วย

ราและยีสต์สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เรียกว่า “Nutrient agar” แต่ถ้าเทียบกับแบคทีเรียแล้วราและยีสต์จะเจริญได้ช้ากว่ามาก หากไม่ต้องการให้แบคทีเรียเจริญขึ้นมารบกวน ควรทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อเป็นกรดหรือเติมสารปฏิชีวนะที่สามารถทำลายแบคทีเรียลงในอาหารด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และมีความเข้าใจในเรื่องการเตรียมอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด
2. เพื่อให้นักเรียนเตรียมอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดได้

วัสดุและอุปกรณ์

1. หลอดทดลอง
2. บีกเกอร์ กรวยแก้ว กระบอกตวง
3. ตะเกียงแอลกอฮอล์ ขาตั้งพร้อมที่กั้นลม
4. น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วสำหรับเจือจางตัวอย่างอาหาร
5. จานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
6. ปิเปต ขนาด 1,5,10 มิลลิลิตรที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
7. ตัวอย่างอาหาร
8. กรดทาร์ทริกเข้มข้น 10%4
9. สไลด์และกระจกปิด
11. ตะเกียงแอลกอฮอล์
12. หม้อนึ่งความดันไอน้ำ
13. ยีสต์ผง
14. วันผง
15. มันฝรั่ง
16. น้ำตาลเดกโตรส
17. โซเดียมไฮดรอกไซด์
18. กรดไฮโดรคลอริกเจือจาง
19. แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์
20. ยาฆ่าเชื้อ

วิธีทดลอง

การเตรียมอาหารเหลว

1. ชั่งมันฝรั่งที่หั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาดเล็ก ประมาณ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 20 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่น 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปต้มให้เดือด ประมาณ 10 - 15 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง เอาแต่น้ำใส่ไว้
2. ชั่งน้ำตาลเดกโตรส 20 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่น 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้ละลาย

3. ผสมสารละลายในข้อ 1 และ 2 ให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วปรับค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลาย ให้มีค่า 5 - 6 ด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ กรดไฮโดรคลอริกเจือจาง

4. แบ่งสารละลายจากข้อ 3 มา 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้เป็นอาหารเหลว บรรจุสารละลายลงในหลอดทดลองขนาดกลาง หลีดละประมาณ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 2 หลอด/คน ปิดด้วยจุกสำลีที่ปั่นเป็นก้อนแน่นพอสมควร หุ้มด้วยกระดาษอีกชั้นหนึ่ง เตรียมนำไปนั่งฆ่าเชื้อต่อไป

การเตรียมอาหารวัน

มีส่วนผสมและวิธีเตรียมเช่นเดียวกับการเตรียมอาหารเหลว แต่เติมน้ำลงไป 6 กรัม ในส่วนผสมของอาหารที่แบ่งไว้ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต้มไฟอ่อนๆ คอยคนจนวันละลาย แล้วเทใส่หลอดทดลอง ดังนี้

หลอดทดลองขนาดกลาง หลีดละ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 2 หลอด

หลอดทดลองขนาดเล็ก หลีดละ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 4 หลอด

การทำอาหารให้ปราศจากเชื้อ

1. นำอาหารเหลวหรืออาหารวันที่บรรจุหลอดทดลองไว้ มาหนึ่งในหม้อน้ำอัดไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 - 20 นาที

2. นำจานเพาะเลี้ยงที่ห่อด้วยกระดาษอย่างมิดชิด บรรจุลงในหม้อน้ำ พร้อมกับอาหาร หลังจากนั่งฆ่าเชื้ออาหารแล้ว นำหลอดที่บรรจุอาหารวันเฉพาะหลอดขนาดเล็ก มาวางเอียงทำมุมประมาณ 60 องศา เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวหน้าอาหาร จำนวน 2 หลอด ส่วนอีก 2 หลอด วางในลักษณะตั้งตรง

บันทึกผลการทดลอง

ลักษณะของอาหารเลี้ยงเชื้อที่สังเกตเห็น

ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ	สี	กลิ่น	ลักษณะที่สังเกตเห็น
Nutrient agar (NA)			
Potato dextrose agar (PDA)			

สรุปผลการทดลอง

การวัดการเจริญของจุลินทรีย์

โดยปกติการเลี้ยงเซลล์จุลินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื่อนั้น เพื่อต้องการศึกษาการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในสภาพแวดล้อมที่มีอาหารและปัจจัยอื่นๆตามที่ผู้ศึกษากำหนดไว้ หลังจากนั้นจะวัดปริมาณการเพิ่มของเซลล์จุลินทรีย์ด้วยวิธีการและด้วยเครื่องมือที่แตกต่างกันไป ในเอกสารนี้จะแนะนำวิธีการที่นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจะปฏิบัติได้ดังนี้

1. การวัดปริมาณเซลล์ยีสต์โดยนับจำนวนเซลล์โดยตรง

1.1 ใช้หัวเข็มเย็บเชือกและเซลล์ยีสต์ในหลอดอาหารเหลวที่เขย่าให้เซลล์ยีสต์กระจายทั่วหลอดมาเกลี่ยลงบนกระจกสไลด์ให้แผ่บางในพื้นที่ประมาณ 1 cm^2 หยดสีเมทิลีนบลูลงไป 1 หยด ปิดกระจกปิดสไลด์

1.2 นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ แล้วเพิ่มกำลังขยายขึ้นเรื่อยๆจนเห็นเซลล์ชัดเจน นับจำนวนโดยประมาณของเซลล์ยีสต์ในหนึ่งพื้นที่วงกลมของกล้องจุลทรรศน์
จำนวนเซลล์ที่ได้ = เซลล์/พื้นที่วงกลม (cell / microscopic field)

1.3 นับซ้ำอย่างน้อยตัวอย่างละ 2 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

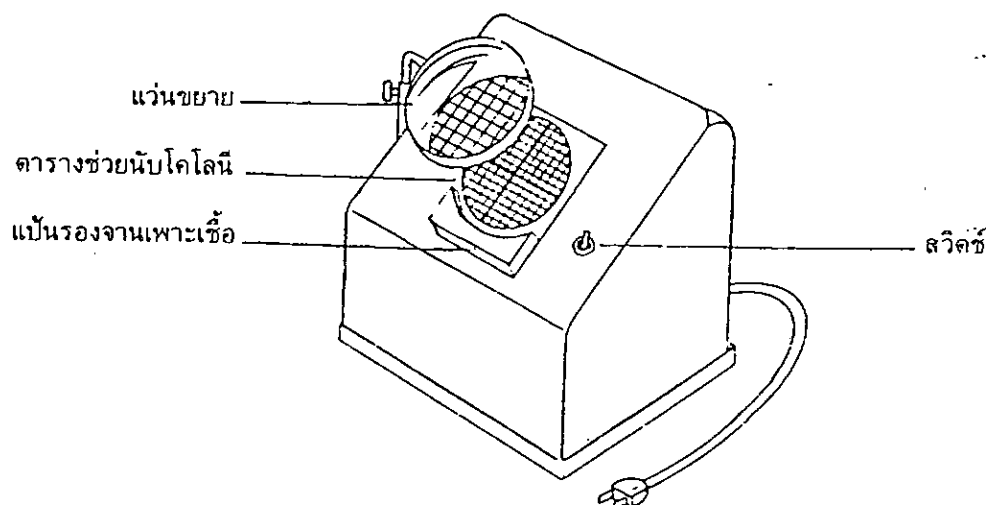
2. วิธีการนับโคโลนีจุลินทรีย์

จำนวนโคโลนีที่เหมาะสมต่อการนับคือ 30-300 โคโลนีเท่านั้น หากมีโคโลนีมากหรือน้อยกว่านี้ จะเป็นค่าที่ผิดพลาดมาก การที่กำหนดให้นับตั้งแต่ 30 โคโลนีขึ้นไปก็เพื่อให้ค่าที่นับได้เป็นตัวแทนของโคโลนีซึ่งเจริญมาจากเซลล์จุลินทรีย์ที่อยู่ในตัวอย่างซึ่งได้ใส่เข้าไปในอาหารเลี้ยงเชื้อจริงๆเพราะถ้าน้อยกว่า 30 โคโลนี อาจเป็นจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาในขณะที่ทำการทดลองก็ได้ ส่วนการนับโคโลนีไม่เกิน 300 โคโลนี ก็เนื่องมาจากพื้นที่ในจานเพาะเชื้อมีจำกัด ทำให้โคโลนีจำนวน 300 โคโลนี เป็นจำนวนสูงสุดที่สามารถสังเกตได้ ฉะนั้นในการนับจำนวนโคโลนีจึงควรนับจากตัวอย่างเชื้อที่มีการเจือจางมาแล้ว

วิธีนับทำโดยคว่ำจานเพาะเชื้อนับ ไม่เปิดฝาจาน หากไม่มีเครื่องนับโคโลนีสามารถนับด้วยตาเปล่าได้ ควรแบ่งพื้นที่ในจานอาหารเป็น 4 ส่วน แล้วนับคร่าวๆว่าในหนึ่งส่วนมีจำนวนไม่เกิน 50 จึงจะนับจำนวนทั้งหมดต่อไป ควรใช้ดินสอหรือปากกาเขียนแก้วและเป็นจุดที่จานเพาะเชื้อตรงบริเวณโคโลนีเพื่อแสดงว่าได้นับโคโลนีนั่นไปแล้ว

ในกรณีที่มีจำนวนโคโลนีมากและคาดว่าจะเกิน 300 โคโลนีหรือนับทั้งจานได้ลำบากมาก อาจนับจากช่องเล็กขนาด 1 cm^3 โดยนับกระจายทั่วทั้งจานประมาณ $5-10 \text{ cm}^2$ แล้วเฉลี่ยเป็นค่าจำนวนโคโลนี / 1 cm^2 แล้วคูณด้วยพื้นที่ผิวของจานเพาะเชื้อจะได้ค่าโดยประมาณ ซึ่งใกล้เคียงความจริงมากที่สุด ในกรณีที่มีเครื่องนับโคโลนีจุลินทรีย์ก็ทำได้ในตนเองเดียวกัน

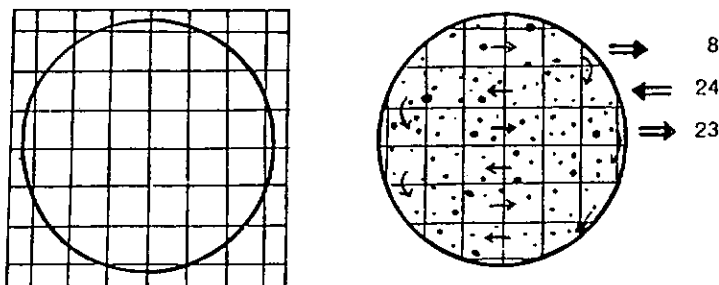
การใช้เครื่องนับโคโลนีจุลินทรีย์



ภาพเครื่องนับโคโลนีจุลินทรีย์

- 1) เปิดสวิตช์ไฟ
- 2) ปรับระดับแวนขยายให้เหมาะสม วางจานเพาะเชื้อบนแท่นซึ่งมีตารางกำกับไว้ ทดลองใช้จานเพาะเชื้อเปล่าๆ วางและปรับดูก่อน แล้วจึงวางจานที่ต้องการนับโคโลนี
- 3) เพื่อให้สามารถนับได้โดยสะดวก ควรนับในแนวระดับ เริ่มจากบนซ้ายไปขวาแล้วลงมาทีละช่อง

4) อาจมีบางโคโลนีที่อยู่ในลักษณะคาบเส้นแบ่ง ให้นับเฉพาะโคโลนีที่อยู่ในแถว 1 ด้านบนเส้นแบ่งก่อน แล้วเมื่อนับในแถว 2 จึงนับในส่วนใต้เส้นแบ่งระหว่างแถว 1 กับแถว 2 ทำดังนี้ต่อไปจนครบทั่วทั้งจาน ดังภาพ

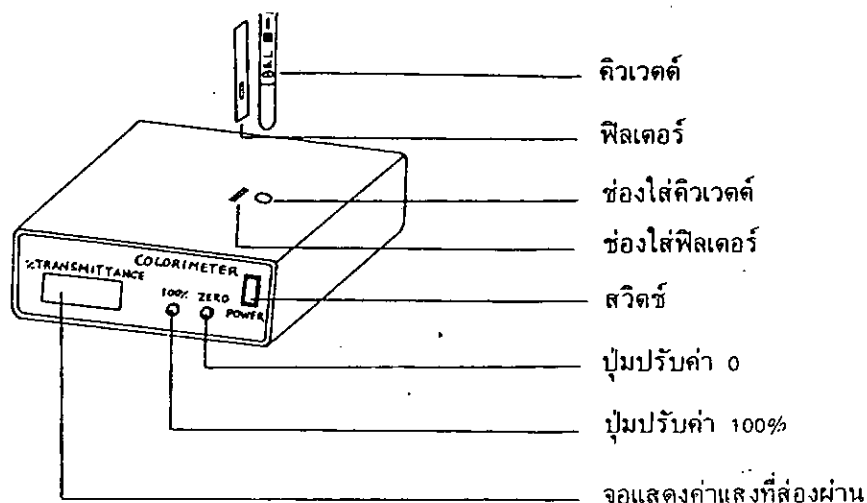


ภาพการนับโคโลนีในจานเพาะเชื้อ

ควรใช้ดินสอหรือปากกาเขียนแก้วจุดตรงโคโลนีที่นับไปแล้ว จะช่วยในการนับได้มาก บางโคโลนีมีขนาดเล็กเท่าปลายเข็มหมุด และฝังในเนื้อวุ้น ซึ่งจะต้องนับด้วย โคโลนีที่ใหญ่และลามแผ่กว้างนับเป็นหนึ่งโคโลนี โคโลนีที่เจริญมาแตะกันแต่มีลักษณะว่าเจริญมาจากต่างโคโลนีนับเป็นสองโคโลนี

3. การวัดปริมาณยีสต์ด้วยเครื่องมือวัดการดูดกลืนแสง

- 1) อ่านวิธีใช้เครื่องมือจากคู่มือการใช้ประจำเครื่องให้เข้าใจ
- 2) เมื่อเครื่องทำงานและให้ค่าคงที่แล้ว ใส่ฟิลเตอร์ที่ให้แสงในช่วง 660 นาโนเมตร (สีแดง)
- 3) ใส่สารอาหารเหลวที่ไม่มีเซลล์ยีสต์ลงในคิวเวตต์ ปรับค่าแสงที่ส่องผ่าน (Transmittance) ที่ 100% T และที่ 0% T



ภาพเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Colorimeter) ตามแบบ สสวท.

4) นำอาหารเหลวที่มีตัวอย่างยีสต์หรือจุลินทรีย์อื่นที่ต้องการศึกษาการเจริญหรือการเพิ่มปริมาณในช่วงเวลาที่ต้องการมาวัดค่าแสงที่ส่องผ่าน วัดซ้ำอย่างน้อยตัวอย่างละ 2 ครั้ง บันทึกค่าร้อยละของแสงที่ส่องผ่าน

ค่าร้อยละของแสงที่ส่องผ่านจะบอกให้ทราบถึงปริมาณของจุลินทรีย์ ถ้าค่าร้อยละของแสงที่ส่องผ่านสูงแสดงว่ามีปริมาณจุลินทรีย์น้อย ค่าที่เหมาะสมของแสงที่ส่องผ่านที่เชื่อถือได้และผิดพลาดน้อย ควรอยู่ระหว่าง 50-60% T แต่ถ้าค่าร้อยละของแสงที่ส่องผ่านต่ำ แสดงว่ามีปริมาณจุลินทรีย์หนาแน่นมาก เช่น วัดค่าแสงที่ส่องผ่านได้ในช่วง 0-20% T ในกรณีนี้จำเป็นต้องเจือจางสารละลายอาหารที่มีจุลินทรีย์และสารละลายอาหารที่ไม่มีจุลินทรีย์ให้เจือจางในระดับเดียวกันแล้วจึงนำไปวัดค่าแสงที่ส่องผ่าน หลังจากนั้นนำค่าที่อ่านได้ไปคำนวณย้อนกลับสู่ระดับความเข้มข้นเดิม ก็จะได้ค่า % T หรือร้อยละของแสงที่ส่องผ่านและคำนวณค่าร้อยละของแสงที่ส่องผ่านสารละลายออกมาเป็นค่าการดูดกลืนแสง ตามสูตร $A = 2 - \log \%T$ เพื่อแปลผลเป็นปริมาณจุลินทรีย์ที่มีค่าใกล้เคียงความเป็นจริง

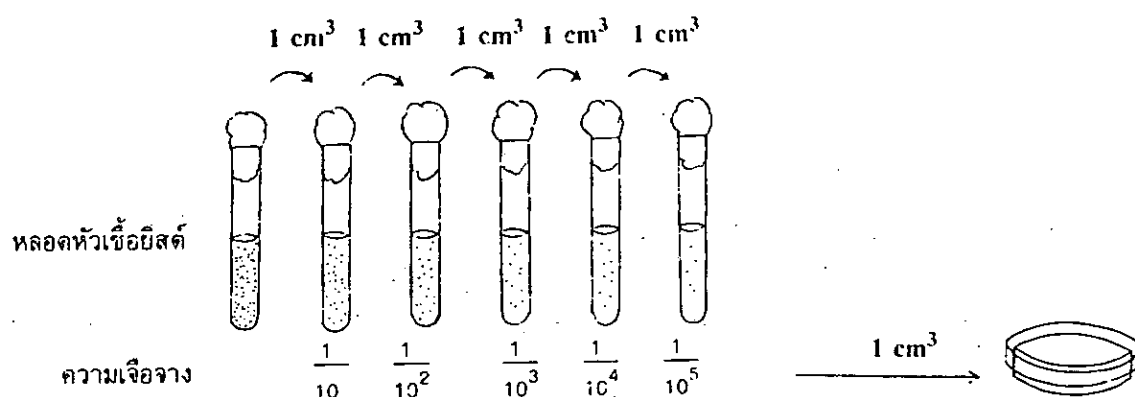
การเจือจางเชื้อจุลินทรีย์

ในการเจือจางตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์เพื่อจุดประสงค์ใดก็ตาม ใช้หลักการเดียวกับการเจือจางสารละลายทั่วไป แต่การปฏิบัติเกี่ยวกับจุลินทรีย์จะต้องทำด้วยเทคนิคปลอดเชื้อทุกขั้นตอน การเจือจางเชื้อจุลินทรีย์อาจทำได้โดยใช้ปิเปต หรือใช้ห่วงเย็บเชื้อ ในที่นี้จะแนะนำวิธีเจือจางเชื้อยีสต์โดยใช้ปิเปต

ตัวอย่างเช่น ต้องการเจือจางยีสต์ที่เลี้ยงไว้ในอาหารเป็นเวลา 72 ชั่วโมงแล้วให้มีความเจือจาง 100,000 เท่า มีวิธีปฏิบัติดังนี้

1) ใช้ปิเปตขนาด 1 cm^3 (หรือปิเปตขนาดอื่นที่ใกล้เคียงกัน) ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ดูดยีสต์ในสารละลายอาหารที่เลี้ยงยีสต์จากหลอดทดลอง 1 cm^3 ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 9 cm^3 เขย่าให้เชื้อยีสต์กระจายทั่วกัน

2) ปฏิบัติด้วยวิธีการเดียวกับข้อ 1 ถ่ายเชื้อยีสต์จากหลอดทดลองในข้อ 1 โดยใช้ปริมาตร 1 cm^3 ต่อไปที่หลอดจนครบ 4 หลอดอย่างต่อเนื่อง สารละลายยีสต์ในหลอดที่ 5 จะมีความเจือจาง 100,000 เท่าหรือเป็น $1/100,000$ เท่า ของยีสต์ก่อนเจือจาง 1 cm^3



ภาพการเจือจางยีสต์ลง 100,000 เท่า

หลังจากทำเจือจางเชื้อยีสต์หรือจุลินทรีย์อื่นใดก็ตามเรียบร้อยแล้ว ในการนำไปปฏิบัติการอย่างอื่นต่อไป เช่น วัดการเพิ่มปริมาณด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง หลังจากได้ค่าของการดูดกลืนแสงแล้วจะต้องนำมาคำนวณกลับไปยังความเข้มข้นเดิมเมื่อเริ่มต้นเสมอจึงจะเป็นค่าของปริมาณเชื้อที่ถูกต้อง

บทปฏิบัติการที่ 2

การตรวจสอบราและยีสต์ในอาหาร

บทนำ

เนื่องจากราและยีสต์ราเป็นสาเหตุการเสียของอาหารอยู่เสมอ การตรวจนับจำนวนของยีสต์และราในอาหารจึงเป็นสิ่งจำเป็น การนับจำนวนของราอาจให้ผลไม่แน่นอนเพราะรามีโครงสร้างเป็นเส้นใย การแตกหักของเส้นใยและการที่ชิ้นส่วนที่แตกหักทุกชิ้นส่วนต่างก็สามารถเจริญเป็นโคโลนีได้ทำให้จำนวนโคโลนีของเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้ออาจมีมากหรือน้อยจึงแล้วแต่โอกาส

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และความเข้าใจในเรื่องการวัดการเจริญของจุลินทรีย์
2. เพื่อให้นักเรียนปฏิบัติการแยกและนับจำนวนจุลินทรีย์บางชนิดในอาหาร

วัสดุอุปกรณ์

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) ที่เตรียมและผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
2. น้ำกลั่นที่เตรียมและผ่านการฆ่าเชื้อแล้วสำหรับเจือจางตัวอย่างอาหาร
3. จานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
4. ปิเปต ขนาด 1,5,10 มิลลิลิตรที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
5. ตัวอย่างอาหาร
6. แล็กโตฟีนอล
7. สไลด์และกระจกปิด
8. ตะเกียงแอลกอฮอล์
9. บีกเกอร์
10. แท่งแก้ว
11. ชุดย้อมสีแกรมประกอบด้วยสี Crystal violet, Safranin, Iodine ของแกรม, แอลกอฮอล์
12. เต้าไฟฟ้า

13. กล้องจุลทรรศน์

14. กรดทาร์ทริกเข้มข้น 10%

วิธีทดลอง

การศึกษาจุลินทรีย์ในอาหารเสีย

1. ศึกษาลักษณะการเสียของอาหารว่ามีลักษณะอย่างไร บันทึกไว้
2. ศึกษาจุลินทรีย์ในอาหารเสียโดยการเขี่ยเชื้อจากส่วนที่เสียมาใส่ในหยดน้ำที่หยดไว้บนสไลด์ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ที่เรียกว่า Wet mount แล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ สังเกตว่าเป็นจุลินทรีย์ชนิดใด ถ้าเป็นแบคทีเรีย ให้เขี่ยเชื้อจากอาหารเสียส่วนเดิมมา Streak บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar ให้ได้เชื้อบริสุทธิ์ ถ้าเป็นเชื้อราหรือยีสต์ให้เลี้ยงเชื้อใน Potato dextrose agar เช่นกัน บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2-3 วัน
3. นำเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้มาย้อมสีแกรม แล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ บันทึกลักษณะที่เห็น
4. นำเชื้อราหรือยีสต์ที่แยกได้มาใส่หยดเล็กโดฟีนอลบนสไลด์ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์แล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ บันทึกลักษณะที่เห็น

ผลการทดลอง

1. วาดรูปจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่เห็นโดยตรงจากอาหารเสียและจากที่แยกเชื้อไว้
2. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างชนิดจุลินทรีย์กับชนิดของอาหารที่เสีย

แสดงลักษณะของจุลินทรีย์ที่พบในอาหารเสีย

ชนิดของอาหารเสีย	ลักษณะของจุลินทรีย์ที่พบ

2. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์กับชนิดของอาหารได้ดังนี้

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

บทปฏิบัติการที่ 3

วิธีนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร

บทนำ

วิธีการนับจุลินทรีย์บนอาหารแข็งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการตรวจแบคทีเรียในนม ผลิตภัณฑ์นม อาหารชนิดต่าง ๆ น้ำดื่ม ดินและตัวอย่างอื่นๆ เทคนิคนี้เหมาะสำหรับการตรวจแบคทีเรียชนิด Aerobe และ Facultative anaerobe mesophile

วิธี Plate count จะแสดงจำนวนของแบคทีเรียต่อปริมาตรของตัวอย่างที่นำมาตรวจ วิธี Standard Plate Count (SPC) เป็นวิธีการพื้นฐานที่นำมาใช้กัน หากทำให้เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เช่น การเปลี่ยนชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มเชื้อและระยะเวลาในการบ่ม ก็จะได้วิธี Plate count

วิธี SPC ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

- 1) การเก็บตัวอย่าง
- 2) การเจือจางตัวอย่าง
- 3) การเทอาหารเลี้ยงเชื้อที่กำหนดลงจานเพาะเชื้อ
- 4) การบ่มในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม
- 5) การคัดเลือกและการนับโคโลนีแบคทีเรียในจานเพาะเชื้อ
- 6) การคำนวณ การนับ และการรายงานผล

วิธีทดลอง

1. เจือจางตัวอย่างอาหาร 10 กรัมในน้ำกลั่นหรือฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 99 มิลลิลิตร ทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำ 1 มิลลิลิตรไปเจือจางต่อในน้ำกลั่นหรือฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 9 มิลลิลิตร ทำต่อไปจนได้ความเจือจาง 10^{-5}

2. ตูดอาหารแต่ละความเจือจาง 1 มิลลิลิตรใส่ในจานเพาะเชื้อทุกความเจือจาง ทำ 2 ซ้ำ

3. เติมกรดทาร์ทริก 1.1 มิลลิลิตร ใน PDA 100 มิลลิลิตรที่หลอมเหลวและปล่อยให้เย็นลงจนถึง 45 องศาเซลเซียสแล้ว เพื่อให้อาหารเป็นกรดที่แบคทีเรียไม่สามารถเจริญได้

4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อใส่ในจานเพาะเชื้อทุกจานทันที เอียงจานไปมาให้อาหารเลี้ยงเชื้อกับตัวอย่างอาหารเข้ากันดีเป็นเนื้อเดียวกัน ปล่อยให้อาหารแข็ง

5. นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 2-5 วัน

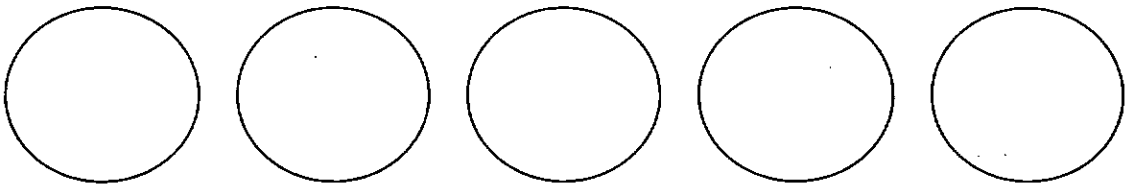
- 6. นับจำนวนโคโลนีของราและยีสต์ที่เกิดขึ้นแล้วคำนวณเป็นจำนวนในอาหาร 1 กรัม
- 7. เขี่ยเชื้อราและยีสต์ใส่ในหยดเล็กโดฟีนอลบนสไลด์ แล้วปิดกระจกปิดสไลด์มาศึกษา
ลักษณะรูปร่างโดยการใช้อีกกล้องจุลทรรศน์

ผลการทดลอง

1. รายงานจำนวนของยีสต์และราในตัวอย่างอาหาร 1 กรัม

ชนิดอาหาร	ความเจือจาง	จำนวนยีสต์ โคโลนี/จาน	จำนวนรา โคโลนี/จาน	CFU/กรัม
	10^{-2}			
	10^{-3}			
	10^{-4}			
	10^{-5}			

2. แสดงลักษณะของยีสต์และราที่พบ



สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

อาหารหมักพื้นเมือง

อาหารหมักพื้นเมือง เป็นอาหารหมักที่พบในเฉพาะท้องถิ่น โดยมากเป็นการหมักแบบง่าย ๆ เป็นกรรมวิธีแบบพื้นเมืองในท้องถิ่นนั้นๆ และมักจะทำเก็บไว้รับประทานในครัวเรือน หรืออาจจะทำเป็นการค้าในระดับอุตสาหกรรมภายในครัวเรือนก็มี

การหมัก เป็นการแปรรูปวัตถุดิบหรืออาหารสดไปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักที่มีรสชาติที่แปลกออกไปตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งมักจะมีการกลั่นและรสชาติเฉพาะตัว การทำอาหารหมักในแต่ละท้องถิ่น มีวิธีการทำที่แตกต่างออกไป และผลิตภัณฑ์อาหารหมักในแต่ละท้องถิ่นก็แตกต่างกันด้วย ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุดิบหรืออาหารที่จะทำอาหารหมักในแต่ละท้องถิ่นนั้นว่ามีชนิดใด

อาหารหมักโดยปกติทั่วไปมักจะเติมเกลือ และอาจเติมวัตถุดิบบางอย่างลงไปในการหมักด้วย เช่น ข้าวคั่ว ข้าวสุก ยางมะละกอ สับปะรด ข้าวแดง เป็นต้น ในระหว่างการหมัก จะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารจำพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมันและสารอินทรีย์ ชนิดอื่นๆ โดยการกระทำของจุลินทรีย์ และ/หรือจากการกระทำของเอนไซม์จากอาหารที่ใช้ในการหมัก ผลจากการหมักจะเกิดกรดแลคติก ทำให้อาหารหมักมีสภาพเป็นกรด มีรสเปรี้ยว สามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานาน

ประเภทของอาหารหมัก

อาหารหมักของประเทศไทย (แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก) แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้คือ (สุภาพ อัจฉริยศรีพงศ์. 2536)

1. อาหารหมักประเภทผักและผลไม้ ได้แก่ ผลไม้ดอง ผักดอง เกี่ยมฉ่าย กุ้งฉ่าย ซีแซ่ฉ่าย ตังฉ่าย หัวไชโป๊ ใบเมี่ยง ฯ เป็นต้น
2. อาหารหมักประเภทข้าวและเมล็ดพืช ได้แก่ ขนมจีน ขนมตาล ขนมถั่วพู ข้าวหมาก น้ำขาว กระแช่ น้ำส้มสายชู ซีอิ๊ว ถั่วเน่า เต้าหู้ยี้ เต้าเจี้ยว
3. อาหารหมักประเภทเนื้อสัตว์ ได้แก่ แหนม เนื้อเค็ม หมูสาม ไข่กรอกเปรี้ยว ฯ
4. อาหารหมักประเภทสัตว์น้ำ ได้แก่ หอยดอง กะปิ กุ้งแจ กุ้งส้ม บูดู น้ำเคย น้ำปลา ปลาแจ่ว ปลาร้า ปลาส้ม ปลาแป้งแดง ปลาแป้งข้าวหมาก ปลาร้า ปลาทุเค็ม ส้มผัก ไตปลา

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารหมัก

ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากผักและผลไม้

ชื่ออาหารหมัก	ชนิดจุลินทรีย์	จุลินทรีย์หลักที่เกี่ยวข้อง
น้ำตาลเมา	ยีสต์	<u>Hansenula sp.</u> , <u>Saccharomyces sp.</u>
ขนมตาล	แบคทีเรีย ยีสต์	<u>Lactobacillus sp.</u> <u>Saccharomyces sp.</u>
ใบเมี่ยง(เมี่ยงดอง)	แบคทีเรีย	<u>Lactobacillus sp.</u>
ผักดอง	แบคทีเรีย	Lactic acid bacteria, <u>Lactobacillus</u> <u>Pediococcus sp.</u> , <u>Leuconostoc sp.</u>
ผลไม้ดอง	แบคทีเรีย	เช่นเดียวกับผักดอง
ทุเรียนเปรี้ยว	แบคทีเรีย ยีสต์	<u>Lac. plantarum</u> , <u>Lactobacillus sp.</u> <u>Candida sp.</u>

ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากข้าวและเมล็ดพืช

ชื่ออาหารหมัก	ชนิดจุลินทรีย์	จุลินทรีย์หลักที่เกี่ยวข้อง
ซีอิ๊ว	รา แบคทีเรีย ยีสต์	<u>Aspergillus sojae</u> , <u>Asp. oryzae</u> <u>Pedio. halophilus</u> , <u>Lactobacillus sp.</u> <u>Sacch. rouxii</u> , <u>Saccharomyces sp.</u> <u>Candida sp.</u>
เต้าเจี้ยว	รา แบคทีเรีย ยีสต์	<u>Aspergillus oryzae</u> <u>Pedio. halophilus</u> , <u>Lact. debruekii</u> <u>Strep. faecalis</u> <u>Sacc. rouxii</u> , <u>Saccharomyces sp.</u> <u>Hansenula sp.</u>
เต้าหู้ยี้	รา	<u>Actinomucor elegans</u> <u>Monascus purpureus</u>
ถั่วเน่า (ถั่วแฉะ)	แบคทีเรีย	<u>Bacillus subtilis</u>
ข้าวหมาก	จากลูกแป้งข้าวหมาก รา ยีสต์	<u>Rhizopus sp.</u> , <u>Mucor sp.</u> <u>Chlamydomucor sp.</u> <u>Endomycopsis sp.</u> <u>Saccharomyces sp.</u>
ขนมถั่วยฟู	จากลูกแป้งข้าวหมาก รา ยีสต์	<u>Rhizopus sp.</u> , <u>Mucor sp.</u> <u>Chlamydomucor sp.</u> <u>Endomycopsis sp.</u> , <u>Hansenula sp.</u> <u>Saccharomyces sp.</u>

ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากข้าวและเมล็ดพืช (ต่อ)

ชื่ออาหารหมัก	ชนิดจุลินทรีย์	จุลินทรีย์หลักที่เกี่ยวข้อง
น้ำขาว , อุ กระแซ้ , สาโท	จากลูกแป้งเหล้า รา ยีสต์	<u>Rhizopus sp.</u> , <u>Mucor sp.</u> <u>Chlamydomucor sp.</u> <u>Sacc. cerevisiae</u> , <u>Hansenula sp.</u>
ขนมจีน	แบคทีเรีย	<u>Lactic acid bacteria</u> <u>Bacillus sp.</u>
ข้าวแดง (อังก๊ง)	รา	<u>Monascus purpureus</u>

ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากเนื้อสัตว์

ชื่ออาหารหมัก	ชนิดจุลินทรีย์	จุลินทรีย์หลักที่เกี่ยวข้อง
แหนม (หมูสับ)	แบคทีเรีย	<u>Lact. brevis</u> , <u>Lact. plantarum</u> <u>Lactobacillus sp.</u> <u>Pediococcus sp.</u> <u>Pedio. pentosaceus</u>
ไส้กรอกเปรี้ยว (ไส้กรอกอีสาน)	แบคทีเรีย ยีสต์	<u>Sterp. faecalis</u> , <u>Lact. plantarum</u> <u>Debaryomyces sp.</u>
หนาม หนามหมู หนามเนื้อ หนามวัว เนื้อส้ม	แบคทีเรีย	<u>Lact. plantarum</u> , <u>Pedio.pentosaceus</u> <u>Lactobacillus sp.</u> , <u>Bacillus sp.</u> <u>Micrococcus sp.</u>

ประเภทของอาหารหมักพื้นเมือง

อาหารหมักพื้นเมืองสามารถแบ่งตามลักษณะของการหมักออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. อาหารหมักพื้นเมืองที่อาศัยเอนไซม์จากเนื้อสัตว์และเครื่องในสัตว์เป็นตัวการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการหมัก ได้แก่ กะปิ น้ำปลา ไตปลา
2. อาหารหมักพื้นเมืองที่อาศัยเอนไซม์จากเนื้อสัตว์และจากจุลินทรีย์ร่วมกันโดยเติมเกลือและวัตถุดิบบางชนิด เช่น ข้าวต้ม ข้าวคั่ว น้ำผึ้ง น้ำตาล โคจิ ข้าวแดง เป็นต้น ลงไปด้วย ได้แก่ ปลาาร้า ปลาแป้งแดง ปลาเจ้า ปลาจ่อม
3. อาหารหมักไม่ใช่พื้นเมือง เป็นอาหารหมักที่เติมสารเคมีลงไปหรืออาศัยกรรมวิธีอื่นๆ นอกเหนือจากกรรมวิธีแบบพื้นเมือง

ระบบการหมัก

ระบบการหมักโดยทั่วไป อาจเป็น 2 ระบบใหญ่ คือ

1. ระบบการหมักในสภาพอาหารเหลว (Submerged fermentation system)
หมายถึง ระบบการหมักที่วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักละลายอยู่ในอาหารเหลว ดังนั้นส่วนประกอบหลักของอาหารเลี้ยงเชื้อจึงเป็นน้ำที่มีสารอาหารต่างๆ และวัตถุดิบ (ที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงาน) ละลายอยู่ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และทำการหมักเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการต่อไป ได้แก่ การผลิตเอนไซม์ การผลิตแอลกอฮอล์ การผลิตจุลินทรีย์โปรตีน การผลิตสารปฏิชีวนะ การผลิตน้ำส้มสายชู การกำจัดน้ำเสีย เป็นต้น
2. ระบบการหมักในสภาพอาหารแห้ง (Solid-state fermentation system)
หมายถึงระบบการหมักที่อาศัยการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนอาหารแห้ง ในสภาพซึ่งไม่มีน้ำอิสระอยู่ในระบบ น้ำที่อยู่ในระบบจะอยู่ในสภาพความชื้นที่ถูกดูดซับอยู่กับวัตถุดิบเท่านั้น เป็นระบบการหมักที่เหมาะสมต่อการหมักโดยเชื้อราเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ การผลิตเต้าเจี้ยว การผลิตซีอิ๊ว การผลิตโคจิ การผลิตเอนไซม์ การผลิตกรดอินทรีย์ การผลิตอาหารหมักและปุ๋ยหมัก

ตัวอย่างระบบการหมักในสภาพอาหารเหลว มีดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 4

การหมักไวน์จากน้ำผลไม้ชนิดต่าง ๆ

บทนำ

การหมักไวน์เป็นการแปรรูปอาหารวิธีหนึ่งในหลายๆวิธีจากอาหารธรรมชาติ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ กิจกรรมของจุลินทรีย์ต่อการหมักไวน์ ก็คือเราจะปล่อยเอ็นไซม์มาย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาล และยีสต์จะใช้น้ำตาลแล้วให้ผลผลิตเป็นแอลกอฮอล์ออกมา ดังนั้นการปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีกิจกรรมที่เราต้องการจึงเป็นสิ่งจำเป็น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในหลักการของระบบการหมักในสภาพอาหารเหลว
2. นักเรียนสามารถหมักไวน์จากน้ำผลไม้ชนิดต่างๆได้

วัสดุและอุปกรณ์

1. น้ำผลไม้ชนิดที่มีความเป็นกรด (น้ำสับปะรด น้ำส้ม น้ำมะขาม น้ำกระเจี๊ยบ)
2. เครื่องปั่นผลไม้
3. ผ้าขาวบาง
4. น้ำตาลทราย
5. เครื่องวัดน้ำตาล (Saccharometer)
6. *Saccharomyces cerevisiae*
7. ขวดรูปชมพู่ที่ปราศจากเชื้อ
8. เตาก๊าซหรือเตาไฟฟ้า
9. แอมโมเนียมซัลเฟต
10. หม้อต้ม

วิธีทดลอง

1. นำผลไม้แต่ละชนิด เฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อมาสับให้ละเอียด แล้วคั้นน้ำผลไม้ ออก
2. เติมน้ำสะอาดลงไปในน้ำผลไม้แต่ละชนิด (น้ำ 5 ลิตร ต่อเนื้อผลไม้ 250 กรัม) แต่ถ้าย่อยต้องการให้เข้มข้นขึ้นอาจลดปริมาณน้ำลงได้กรองเอากากผลไม้ ออก
3. ต้มน้ำผลไม้ที่กรองแล้ว และเติมน้ำตาลทรายลงไปในน้ำผลไม้แต่ละชนิดอย่างละ 500 กรัม
4. นำน้ำผลไม้แต่ละชนิดที่ได้เทใส่ขวดที่ฆ่าเชื้อโรคแล้ว ชนิดละ 1 ขวด (ประมาณ 2/3 ของขวด) ปิดจุกด้วยสำลี ตັงทิ้งไว้ให้เย็น
5. ใส่เชื้อยีสต์แห้งลงไปในน้ำผลไม้แต่ละขวด ขวดละประมาณ 5 กรัม (หรือลูกแบ่งข้าวหมาก 1/2 - 1 ลูก ประมาณ 1-2 ครั้ง) ทิ้งไว้ 5-7 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลง
6. เปรียบเทียบคุณสมบัติของไวน์ที่ได้จากการหมักน้ำผลไม้แต่ละชนิด

ผลการทดลอง

ชนิดของไวน์	ปริมาณของแอลกอฮอล์	กลิ่นรส

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

กระบวนการหมักไวน์

ไวน์ (Wine) จัดเป็นเครื่องดื่มประเภทน้ำผลไม้ ที่มีปริมาณของแอลกอฮอล์เจือปนอยู่เล็กน้อย จึงถือได้ว่าเป็นเครื่องดื่มที่เหมาะสมต่อประชาชนทั่วไปทั้งสุขภาพบุรุษและสุขภาพสตรี โดยเฉพาะประเทศทางยุโรป เช่น ฝรั่งเศส ได้ทำไวน์องุ่นเป็นอุตสาหกรรม และนำออกจำหน่ายทั่วโลก ส่วนน้ำชาที่รู้จักกันทั่วไปใช้วิธีการหมักคล้ายการทำไวน์ แต่เป็นการทำมาจากแป้งข้าวเหนียว และใช้เชื้อยีสต์ทำงานร่วมกัน ถ้านำไวน์ที่ทำมาจากน้ำผลไม้มากลั่นก็จะได้ บรั่นดีหรือวิสกี้

ประโยชน์ของไวน์

1. ไวน์ เป็นเครื่องดื่มประเภทน้ำผลไม้ที่มีแอลกอฮอล์เจือปนอยู่จึงเหมาะที่จะใช้เป็นเครื่องดื่มในงานเลี้ยงสังสรรค์ ถ้าทำเองแล้วจะช่วยประหยัดได้อย่างมาก
2. ไวน์ เป็นเครื่องดื่มที่มีรสอร่อย ถ้าดื่มก่อนรับประทานอาหารจะช่วยเจริญอาหารได้เป็นอย่างดี
3. ไวน์ มีคุณค่าทางอาหารมาก เพราะได้จากน้ำผลไม้มาหมัก จึงทำให้ไวน์มีโปรตีน วิตามินเกลือแร่ โดยเฉพาะวิตามิน บี 1 และบี 2 ซึ่งช่วยบำรุงระบบประสาท และทำให้ร่างกายแข็งแรง
4. ไวน์ สามารถใช้รักษาโรคบางอย่างได้ โดยเฉพาะการขับถ่ายปัสสาวะ ทำให้หัวใจสูบฉีดโลหิตได้ดี
5. ไวน์ สามารถนำมาดัดแปลงให้เป็นน้ำส้มสายชูได้เป็นอย่างดี

โทษของไวน์

ไวน์ แม้ว่าจะมีประโยชน์ต่อร่างกายก็ตาม แต่ถ้าดื่มมากเกินไปก็ให้โทษเช่นกัน

1. ถ้าดื่มไวน์ซึ่งมีแอลกอฮอล์มากเกินไป พวกแอลกอฮอล์จะเข้าทำลายเซลล์ของตับ และถ้าดื่มติดต่อกันมาก ๆ เป็นเวลานาน ๆ อาจเป็นโรคตับแข็งได้
2. ถ้าดื่มไวน์มาก ปริมาณของแอลกอฮอล์จะทำให้ขาดสติสัมปชัญญะ อาจแสดงพฤติกรรมที่ไม่ดีโดยไม่รู้ตัวก็ได้
3. การดื่มไวน์มาก ๆ จะทำให้สิ้นเปลืองเงินทอง

การดื่มเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ไม่ให้เมา

ในสภาพสังคมปัจจุบันถือว่า เครื่องดื่มแอลกอฮอล์เป็นเครื่องดื่มที่นิยมในงานพบปะสังสรรค์กันเป็นประจำทั้งในสังคมกรุงเทพฯ และชนบท และถ้าดื่มแล้วมีอาการมีเมามาذاสติก็จะเสียงาน แต่มีข้อเสนอแนะวิธีการดื่มแอลกอฮอล์ไม่ให้เมาได้ดังนี้

1. ถ้าปริมาณของแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มมีไม่มากนักอาจจะใช้วิธีการจิบกระเพาะโดยการกินนมสด ซึ่งมีไขมันมากไปจิบกระเพาะก่อน เพื่อให้แอลกอฮอล์จะซึมผ่านผนังกระเพาะออกไปได้น้อย
2. ถ้าปริมาณแอลกอฮอล์สูงมาก ถ้าต้องการดื่มไม่ให้เมา ควรใช้น้ำมันมะนาวที่มีขายตามร้านขายยาทั่วไปและเป็นยาระบาย ปรากฏว่าได้ผลดี โดยกินน้ำมันมะนาวประมาณ 1 ช้อนโต๊ะ และดื่มน้ำร้อนก่อนดื่มไวน์ประมาณ 15-30 นาที

ประเภทของไวน์

ไวน์ที่ดื่มกันในท้องตลาดมีมากมายหลายชนิด อาจเรียกชื่อตามประเภทของผลไม้ที่ผู้ผลิตหรือปริมาณแอลกอฮอล์เป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งไวน์ออกเป็น 4 ประเภท คือ

1. **ไวน์หวาน (Sweet wine)** เป็นไวน์ที่มีปริมาณของน้ำตาลเหลืออยู่มากจึงมีรสหวานส่วนมากเป็นไวน์ที่เริ่มหมักใหม่ ๆ มีปริมาณของแอลกอฮอล์น้อยไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเครื่องดื่มที่เหมาะสมสำหรับทุกเพศทุกวัย เพราะมีปริมาณของแอลกอฮอล์ไม่มาก
2. **ดรายไวน์ (Dry wine)** เป็นไวน์ที่มีน้ำตาลอยู่น้อย และมีปริมาณของแอลกอฮอล์สูงมักเป็นไวน์ที่ได้จากการหมักผลไม้ไว้นาน ๆ พวกนี้มีปริมาณของแอลกอฮอล์ตั้งแต่ 10-17 เปอร์เซ็นต์ ถ้าดื่มมากเกินไป จะทำให้มีอาการมีเมามาเหมือนดื่มสุรา
3. **เดสเสิร์ทไวน์ (Dessert wine)** เป็นไวน์ชนิดที่มีแอลกอฮอล์อยู่สูงมาก แทบไม่มีน้ำตาลเหลืออยู่เลย พวกนี้มีแอลกอฮอล์ประมาณ 17-20 เปอร์เซ็นต์ ไวน์ชนิดนี้ได้จากการบวณการหมักที่มีการควบคุมน้ำตาล เกลือแร่ อุณหภูมิ และเชื้อยีสต์
4. **สปาร์กกิ้งไวน์ (Sparkling wine)** เป็นไวน์ที่มีปริมาณของแอลกอฮอล์ตั้งแต่ไวน์เท่ากับไวน์หวานถึงไวน์ที่มีแอลกอฮอล์สูงสุด แต่การบรรจุขวดหรือภาชนะมักมีการบรรจุแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เข้าไปด้วย เวลาเปิดขวดจึงมีฟองพุ่งออกมาคล้ายเบียร์ เช่น ไวน์แชมเปญ

นอกจากนี้ถ้าจะจำแนกชนิดของไวน์โดยอาศัยสิ่งเจือปน เช่น พวกสมุนไพรมัน สามารถแบ่งไวน์ได้เป็น 2 ชนิด คือ ไวน์ที่มีสิ่งเจือปนพวกสมุนไพรมัน ได้แก่ เวอร์มูท ส่วนอีกชนิดหนึ่งไม่มีสิ่งเจือปนและอาจมีรสขำเนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

การเลือกผลไม้ในการทำไวน์

โดยทั่วไปผลไม้ทุกชนิดสามารถดัดแปลงนำมาทำไวน์ได้ ขึ้นอยู่กับผู้ดื่มไวน์ชอบผลไม้ชนิดใด แต่จากการทดลองนำผลไม้มาทำไวน์นั้น สามารถแบ่งผลไม้ได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. ผลไม้ที่ทำไวน์ได้ผลดีและเป็นที่ยอมรับของประชาชนทั่วไป เช่น องุ่น กระจับปี่ ลูกหว้า มะดัน สับปะรด ฯลฯ
2. ผลไม้ที่พอจะนำมาทำไวน์ได้ เช่น มะเฟือง มะขามเปียก มะขามป้อม ลำไย ส่วนผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว ฝาดและขม เมื่อนำมาทำไวน์คนส่วนมากไม่นิยม
3. ผลไม้ที่นำมาทำไวน์ไม่ได้ผลดี ได้แก่ พวกผลไม้ที่มีแบ่งมาก ๆ เช่น กล้วย ทุเรียน ไวน์ที่ได้จะไม่หอมและมีกลิ่นฉุน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำไวน์

อุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับการทำไวน์ประกอบด้วย

1. ภาชนะที่ใช้หมักไวน์ ควรใช้โอง ไห ขวดเป็นภาชนะสำหรับหมัก แต่ถ้าใช้ถังพลาสติก อาจมีกลิ่นฉุนเล็กน้อย ห้ามใช้ถังโลหะหรือลูมิเนียมบรรจุไวน์เป็นอันขาด เพราะอาจทำให้ถังผุ และมีโลหะออกมาปะปน ทำให้ไวน์เสียได้
2. เชื้อยีสต์สำหรับหมักไวน์ เชื้อชนิดนี้มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า ***Saccharomyces cerevisiae*** เป็นเชื้อยีสต์ที่ผ่านขั้นตอนการคัดเลือกมาจากธรรมชาติและถือว่าเป็นเชื้อยีสต์ที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรม เชื้อยีสต์เหล่านี้อาจใช้เชื้อยีสต์แห้ง (Dry yeast) หรือลูกแบ่งที่ใช้ทำเบิ้งข้าวหมากก็ได้ ซึ่งมีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป แต่ถ้าใช้เชื้อยีสต์บริสุทธิ์ที่เลี้ยงบนอาหารวันไต้ยังเป็นการดี เชื้อยีสต์ดังกล่าวทนต่อสภาพความเป็นกรดได้ดี และยิ่งทนต่อสภาพที่มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงๆได้
3. ผลไม้ ควรเลือกผลไม้ที่สุกเต็มที่หรือกำลังสุกพอดี พวกนี้มีรสหวานหรือหวานอมเปรี้ยว มีกลิ่นหอม ห้ามใช้ผลไม้ที่กำลังเน่า เพราะมีเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆอยู่มาก

4. การเตรียมหัวเชื้อ (Starter) ส่วนมากจะใช้ในการทำไวน์เป็นจำนวนมากเท่านั้น เป็นวิธีการขยายเชื้อยีสต์ให้มีปริมาณมากขึ้น เพื่อนำไปใส่ถังหมักไวน์ ซึ่งจะใช้เวลาน้อยในการเปลี่ยนน้ำผลไม้มาเป็นไวน์ การเตรียมหัวเชื้อควรเตรียมประมาณ 1 - 5 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำผลไม้ แต่ถ้าต้องการทำไวน์เพียง 3 - 4 ขวด ไม่จำเป็นต้องเตรียมหัวเชื้อก็ได้

5. อัตราส่วนการผสมน้ำและน้ำผลไม้

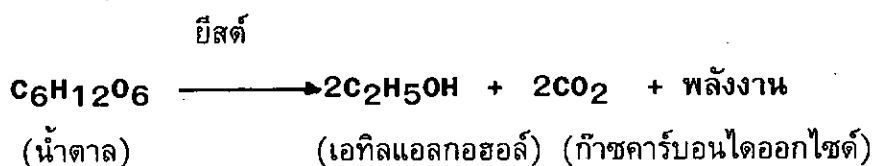
ผลไม้ที่นิยมทำไวน์มีหลายชนิด จึงควรเลือกผลไม้ที่มีกลิ่นหอมและมีรสน่าดื่ม เพื่อนำมาทำไวน์ เมื่อเลือกผลไม้ได้แล้ว การที่จะทำไวน์ให้มรสชาदन่าดื่ม จำเป็นต้องผสมน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม เช่น

กระเจียบแห้ง	100 กรัม (1 ชีด)	ผสมน้ำ	4 - 5 ลิตร
กระเจียบสด	1,000 กรัม (1 กิโลกรัม)	ผสมน้ำ	4 - 5 ลิตร
มะยม	1,000 กรัม (1 กิโลกรัม)	ผสมน้ำ	6 - 7 ลิตร
มะดัน	1,000 กรัม (1 กิโลกรัม)	ผสมน้ำ	7 - 8 ลิตร
สับปะรด	1 ลูก	ผสมน้ำ	2 - 3 ลิตร
สตอเบอรี่	100 กรัม (1 ชีด)	ผสมน้ำ	2 - 3 ลิตร
พุทรา	100 กรัม (1 ชีด)	ผสมน้ำ	1 - 2 ลิตร
มะเฟือง	100 กรัม (1 ชีด)	ผสมน้ำ	3 - 4 ลิตร
ชิง	100 กรัม (1 ชีด)	ผสมน้ำ	5 - 6 ลิตร

(ปัญญา โพธิ์จิตต์รัตน์. 2527)

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการหมักไวน์

หลังจากใส่เชื้อยีสต์ลงไปในน้ำผลไม้ที่มีน้ำตาล เชื้อยีสต์ก็จะเริ่มแบ่งตัวโดยการแตกหน่อ โดยจะแบ่งเพิ่มปริมาณแบบอนุกรมเรขาคณิตจาก 1 ----> 2 ----> 4 ----> 8 ----> , ไปเรื่อยๆ จึงทำให้ปริมาณเชื้อยีสต์ขยายตัวอย่างรวดเร็ว ดังนั้นหลังจากเชื้อยีสต์ใส่น้ำผลไม้ได้ 12 - 18 ชั่วโมง จะพบว่ามีฟองอากาศปุดขึ้นมามากมาย ฟองอากาศที่ปุดขึ้นมา คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากปฏิกิริยา



ปฏิกริยาดังกล่าวเป็นปฏิกริยาที่ไม่ต้องใช้อากาศ ส่วนน้ำตาลที่ทำจากข้าวเหนียว ควรใช้แบ่งทำโดยเฉพาะ ภายในแบ่งที่ทำเครื่องต้มแอลกอฮอล์จะต้องมีทั้งเชื้อราและเชื้อยีสต์ เชื้อราที่ใช้เป็นเชื้อราพวก *Aspergillus ryzopus* ซึ่งสามารถเปลี่ยนแป้งที่มีโมเลกุลซับซ้อนกว่าให้เป็นน้ำตาลเสียก่อน จากนั้นเชื้อยีสต์จะเป็นตัวเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์

จากการศึกษาพบว่า ถ้ามีเชื้อรามากกว่าเชื้อยีสต์ เชื้อราจะสร้างน้ำตาลมากกว่า ปริมาณที่เชื้อยีสต์เปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ จึงมีผลทำให้ข้าวหรือแป้งมีรสหวาน ซึ่งเรียกว่า แป้งข้าวหมากแต่ถ้าเชื้อราและเชื้อยีสต์ปริมาณเท่ากันและทำงานสมดุลกันก็จะได้น้ำตาลเมา

การเพิ่มความหวาน

จากปฏิกริยาการเกิดไวน์ ส่วนมากจะเพิ่มน้ำเข้าไปด้วย พร้อมกับเติมน้ำตาล น้ำตาลที่ทำ ให้ไวน์มีรสดีควรใช้น้ำตาลปีกหรืออาจจะใช้น้ำตาลทรายก็ได้ โดยเติมลงไปประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก หรือน้ำ 1 ลิตร (1,000 มิลลิลิตร) ต่อน้ำตาล 2 - 2.5 ชีด (200 - 250 กรัม)

ข้อควรระวังในการหมักไวน์

1. ขวดหรือภาชนะที่ใช้ในการหมักไวน์จะต้องสะอาด ผ่านการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น
2. อย่าให้น้ำผลไม้เลอะปากขวดหรือภาชนะ เพราะเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ อาจเจริญเข้าไปได้
3. อย่าใส่น้ำผลไม้เต็มขวดหรือเต็มภาชนะที่บรรจุ ควรใส่ประมาณ $1/2 - 2/3$ ของขวดหรือภาชนะ ถ้าใส่เต็ม น้ำผลไม้อาจหกเลอะเทอะ หลังจากเกิดปฏิกริยาเคมี
4. หัวเชื้อ (Starter) ที่ใช้ ควรมียอายุ 1 - 2 วัน โดยสังเกตฟองอากาศที่เกิดขึ้น (ควรมีฟองอากาศเป็นจำนวนมาก) ก่อนเติมหัวเชื้อควรเขย่าขวดเสียก่อน ซึ่งจะช่วยให้เชื้อยีสต์ลอยตัวขึ้นมา
5. หลังจากเทหัวเชื้อเรียบร้อยแล้ว ให้ปิดปากขวดหรือภาชนะด้วยผ้าที่สะอาด ไม่ควรให้ถูกแสงแดด ไม่ควรเปิดปากขวดหรือภาชนะบ่อย เพราะอากาศจะทำให้ไวน์เสียได้ ควรหมักไวประมาณ 7 - 8 วัน จึงเปิดออกดื่มได้ ถ้าจะให้อร่อยควรแช่ตู้เย็น หรือใช้น้ำแข็งใส่ถุงพลาสติก ปิดปากถุงแล้วแช่ลงไป จะทำให้ไวน์เย็นน่ารับประทานและไม่จืด

บทปฏิบัติการที่ 5

การผลิตน้ำส้มสายชูจากเปลือกผลไม้

บทนำ

น้ำส้มสายชู (Acetic acid) นิยมใช้ในการปรุงแต่งรสของอาหาร และยังเป็นวัตถุพิษในการทำ ซอส น้ำสลัด เพื่อใช้ในการถนอมอาหาร

น้ำส้มสายชูเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกิจกรรมของจุลินทรีย์ การผลิตน้ำส้มสายชู แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การเปลี่ยนสภาพน้ำตาลหรือแป้งให้เป็นแอลกอฮอล์ ขั้นตอนนี้เป็นกิจกรรมของจุลินทรีย์หลายชนิด ถ้าใช้วัตถุดิบเป็นแป้งจะต้องอาศัยราและยีสต์ ถ้าเป็นน้ำผลไม้ที่มีน้ำตาลอยู่ ก็อาศัยเฉพาะยีสต์เท่านั้นในการเปลี่ยนให้เป็นแอลกอฮอล์ ขั้นตอนต่อไป คือการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นน้ำส้มสายชู ขั้นตอนนี้ต้องอาศัยแบคทีเรียชนิดที่เรียกว่า *Acetobacter*

น้ำส้มสายชู มี 2 ประเภท คือ น้ำส้มสายชูหมัก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำธัญพืชหรือน้ำตาลมาหมักกับส่าแล้วหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชู ตามกรรมวิธีธรรมชาติ และน้ำส้มสายชูกลั่น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำสุราขาวเจือจางหรือแอลกอฮอล์เจือจางมาหมักกับเชื้อน้ำส้มตามกรรมวิธีตามธรรมชาติ หรือได้จากการกลั่นน้ำส้มสายชูหมัก มีความปลอดภัยเมื่อนำมาบริโภค

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจระบบการหมักในสภาพอาหารเหลว
2. เพื่อให้นักเรียนทราบหลักการการผลิตน้ำส้มสายชูและสามารถผลิตน้ำส้มสายชูเพื่อใช้บริโภคในชีวิตประจำวันได้

วัสดุและอุปกรณ์

1. แบคทีเรีย *Acetobacter aceti*
2. ไวน์จากบทปฏิบัติการที่ 4
3. เบนโทไนท์ (Bentonite)
4. สารละลายมาตรฐาน 0.5 M NaOH
5. ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein) เข้มข้น 1% (ละลายในเอทานอลเข้มข้น 50%)

6. บิวเรตต์
7. น้ำกลั่น
8. ชุดย้อมสีแกรม
9. เตาไฟฟ้าหรืออ่างน้ำร้อน

วิธีทดลอง

1. ให้ความร้อนกับไวน์ซึ่งควรมีปริมาณแอลกอฮอล์ 8-10% ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที บรรจุในขวดปากกว้าง
2. เติมเชื้อ *Acetobacter aceti* ที่เลี้ยงไว้ในอาหารเหลวลงไปไวน์ที่ทิ้งไว้ให้เย็นแล้ว 10-20% ปิดด้วยผ้าขาวบางที่สะอาด
3. บ่มไวน์ที่อุณหภูมิห้องนาน 1-2 เดือน ก็จะได้น้ำส้มสายชู
4. ทำให้น้ำส้มสายชูใส โดยการเติมสารเบนโทไนท์ 2-5 กรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 ลิตร ก่อนผสมให้อุ่นน้ำส้มสายชูเสียก่อน เบนโทไนท์จึงจะละลายได้ดี ทิ้งไว้ 12-24 ชั่วโมง จะเกิดการตกตะกอน ดูดน้ำส้มสายชูที่ใสมาบรรจุขวด แล้วฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

ผลการทดลอง

ชนิดของไวน์	กลิ่น	ปริมาณของ Acetic acid (%)

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

น้ำส้มสายชู

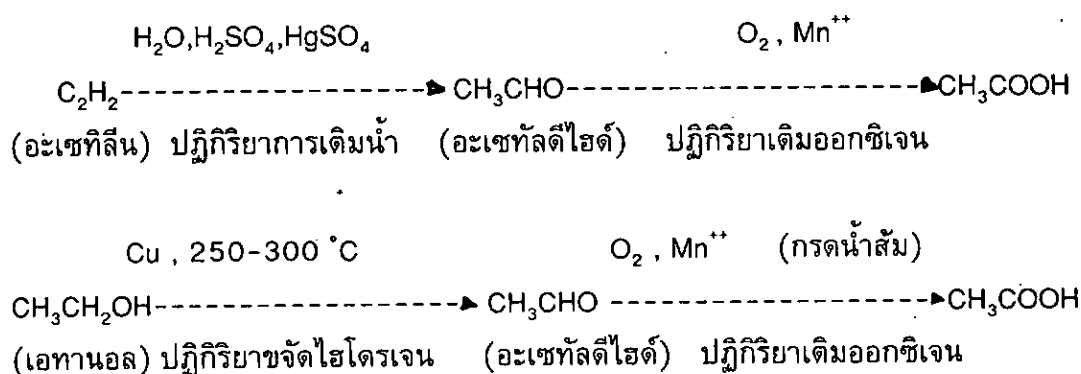
น้ำส้มสายชู (Vinegar) คือเครื่องปรุงรสอาหารชนิดหนึ่ง ที่ทำให้อาหารมีรสเปรี้ยว ซึ่งความเปรี้ยวของน้ำส้มสายชูเกิดจากการดอะซิติก (Acetic acid) หรือกรดน้ำส้มเป็นส่วนใหญ่ แม้ว่าน้ำส้มสายชูจะเป็นที่รู้จักและใช้กันมานานเป็นพันๆปีแล้วก็ตาม แต่กระบวนการให้เกิดกรดน้ำส้มได้ถูกค้นพบเมื่อประมาณ 100 กว่าปีมานี้เอง

น้ำส้มสายชู เป็นคำที่มาจากภาษาฝรั่งเศสว่า "Vinaigre" แปลว่า ไวน์ที่มีรสเปรี้ยว ดังนั้น น้ำส้มสายชูจึงมีความหมายว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำให้เกิดกรดน้ำส้ม ของวัตถุดิบจำพวกน้ำตาลหรือแป้ง ที่ผ่านกระบวนการหมักแอลกอฮอล์มาแล้ว ในปี พ.ศ. 2380 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ คูซิง (Kutzing) ได้รายงานว่า ในการทำน้ำส้มสายชูนั้นเป็นการเปลี่ยนเอทานอลไปเป็นกรดน้ำส้มโดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์

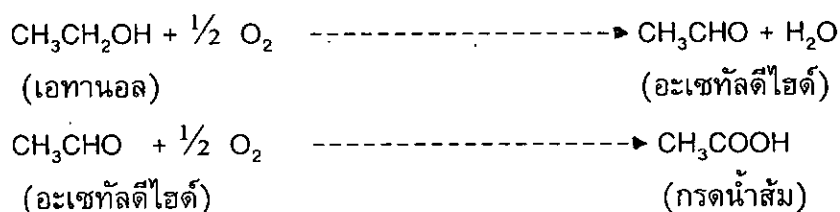
กระบวนการในการผลิตน้ำส้มสายชู

กระบวนการในการผลิตน้ำส้มสายชู มีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ

1. วิธีทางเคมี จะอาศัยปฏิกิริยาเคมีในการเปลี่ยนสารอะเซทีลีน (Acetylene) หรือเอทานอล (Ethanol) ให้เป็นอะเซทัลดีไฮด์ (Acetaldehyde) โดยปฏิกิริยาการเติมน้ำ (Hydration) ในอะเซทีลีน (Acetylene) หรือปฏิกิริยาการขจัดไฮโดรเจน (Dehydrogenation) จากเอทานอล ซึ่งจะได้กรดน้ำส้ม (Acetic acid) โดยปฏิกิริยา (Oxidation) ในอะเซทัลดีไฮด์ ดังสมการ



2. วิธีการทางชีววิทยา โดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะแบคทีเรียในกลุ่ม อะซิโตแบคเตอร์ (*Acetobacter* sp.) ซึ่งมีอยู่หลายสายพันธุ์ ในการเปลี่ยนเอทานอลให้เป็นกรดน้ำส้ม โดยอาศัยออกซิเจนในอากาศ ดังสมการ



ประเภทของน้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชูหมัก (Fermented vinegar) หมายถึง น้ำส้มสายชูที่ได้จากการนำธัญพืช น้ำผลไม้ น้ำตาลหรือกากน้ำตาลหมักกับสำเหล้า แล้วนำมาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชู (*Acetobacter* sp.)

น้ำส้มสายชูกลั่น แบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามกรรมวิธีการผลิต คือ

1. น้ำส้มสายชูที่ได้จากการกลั่นน้ำส้มสายชูหมัก
2. น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักเอทานอลเจือจางกับเชื้อน้ำส้มสายชู แล้วนำมากลั่นหรือกรอง

คุณสมบัติของน้ำส้มสายชู

คุณสมบัติของน้ำส้มสายชู ไม่ว่าจะเป็นน้ำส้มสายชูกลั่น หรือน้ำส้มสายชูหมักนั้น ตามประกาศของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ว่าด้วย มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม “น้ำส้มสายชู” ระบุว่า น้ำส้มสายชูควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. มีสีตามธรรมชาติตามวัตถุดิบที่ใช้ ซึ่งผ่านกรรมวิธีการผลิต
2. มีกลิ่นของกรดอะซิติก และอาจมีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้อยู่ด้วย
3. ใส ไม่มีหนองน้ำส้ม สิ่งสกปรกหรือสิ่งเจือปนใดๆ ในกรณีน้ำส้มสายชูหมัก หรือใส ไม่มีสิ่งสกปรก หรือสิ่งเจือปนอื่นใด กรณีน้ำส้มสายชูกลั่น
4. ไม่มีตะกอน ในกรณีน้ำส้มสายชูกลั่น หรือไม่มีตะกอน นอกจากตะกอนที่เกิดโดยธรรมชาติของน้ำส้มสายชูหมัก ในกรณีน้ำส้มสายชูหมัก

ประโยชน์จากน้ำส้มสายชู

1. ช่วยระบบการย่อยอาหารให้ดีขึ้น เพราะน้ำส้มสายชูเป็นกรด เมื่อรับประทานแล้วจะช่วยทำให้กระเพาะและลำไส้เป็นกรดอ่อนๆ การย่อยอาหารมีประสิทธิภาพดีขึ้น
2. ช่วยระบบการขับถ่ายของร่างกายให้เป็นไปอย่างปกติ ทำให้ผู้บริโภคมิมีผื่นพรรณ ผองใส หน้าไม่เป็นสิ่วฝ้า
3. น้ำส้มสายชู เป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กกว่าน้ำตาล ทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมได้ ผู้บริโภคมักไม่ค่อยหิว จึงเหมาะสำหรับผู้ต้องการลดน้ำหนักหรือผู้ที่ต้องการอดอาหาร และช่วยลดไขมันในเส้นเลือด ผู้ที่กินน้ำส้มสายชูเป็นประจำจะไม่เป็นโรคไขข้ออักเสบ
4. น้ำส้มสายชูเป็นตัวทำละลายที่ดีมาก สามารถละลายสารอินทรีย์และอนินทรีย์ต่างๆ เช่น ใช้ในการเตรียมเซลล์โลสอะซิดดัด ใช้ละลายตะกั่วจะได้ตะกั่วอะซีเตต

**** น้ำส้มสายชูเทียม** คือ น้ำส้มสายชูที่นำหัวน้ำเชื้อกรดอะซิดิกที่ได้มาจากการสังเคราะห์ตามกรรมวิธีทางเคมีมาละลายน้ำให้มีเนื้อของกรดอะซิดิกไม่ต่ำกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตรและห้ามเกินกว่า 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร น้ำส้มสายชูชนิดนี้มีคุณภาพต่ำที่สุด ไม่มีรสและกลิ่นใดๆ เป็นของเหลวสีขาวใส และอาจไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ร้านค้าทั่วไปนิยมใช้มากเพราะราคาถูกกว่าน้ำส้มสายชูหมัก 3 - 4 เท่าตัว

นมและผลิตภัณฑ์นม

นมจัดว่าเป็นอาหารที่สำคัญมากสำหรับมนุษย์ เป็นอาหารใช้บริโภคตั้งแต่ทารกแรกเกิดจนกระทั่งเติบโตเป็นผู้ใหญ่ นมที่ใช้บริโภคมีทั้งที่อยู่ในรูปนํ้านมและผลิตภัณฑ์อื่นๆของนมที่มีการดัดแปลงไปด้วยเทคนิคต่างๆกัน นมที่ใช้ส่วนใหญ่มาจากสัตว์ เช่น วัว ควาย แกะ และแพะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความนิยมของท้องถิ่นด้วย นมมีส่วนประกอบต่างๆซึ่งมีสารอาหารที่ร่างกายต้องการเกือบครบถ้วน ได้แก่

- นํ้า
- ไขมัน
- โปรตีน ซึ่งส่วนใหญ่คือ เคซีน อัลบูมิน และกลอบูลิน
- คาร์โบไฮเดรต ซึ่งส่วนใหญ่คือแล็กโทส
- เกลือแร่ ที่สำคัญคือ แคลเซียมและฟอสฟอรัส
- วิตามิน
- เอนไซม์ชนิดต่างๆ เช่น ไลเปส ฟอสฟาเตสและรีดักเตส

แต่ทั้งนี้การบริโภคคนก็มีขีดจำกัด คือ สามารถใช้เป็นอาหารหลักของทารกได้ถึงวัยหนึ่งเท่านั้น เมื่อโตกว่าระยะนั้นแล้ว การบริโภคแต่นมเพียงอย่างเดียวจะไม่เป็นการเพียงพอ ใช้ได้แต่เพียงเป็นอาหารเสริมเท่านั้น

ปัจจุบันปริมาณความต้องการบริโภคอาหารนมสูงขึ้นเรื่อยๆ จึงได้มีการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในกรรมวิธีการผลิตและรักษาคุณภาพ เพื่อช่วยให้เก็บรักษานมนั้นไว้บริโภคได้นานขึ้น เป็นผลให้มีผลิตภัณฑ์นมชนิดต่างๆออกมาจำหน่ายมากขึ้น ในการซื้อบริโภคผู้ซื้อมักจะระบุกับผู้ขายเพียงว่าเป็น นมสด นมข้น หรือนมผงที่มีเครื่องหมายการค้าต่างๆกัน โดยไม่ค่อยจะได้ให้ความสนใจกับชื่อที่ใช้เรียกผลิตภัณฑ์นม ข้อความบนฉลากหรือภาชนะบรรจุของผลิตภัณฑ์นมชนิดต่างๆ เหล่านั้น ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วผู้ซื้อควรจะสนใจและทำความเข้าใจกับชื่อที่ใช้เรียกผลิตภัณฑ์นม นั้นๆ และข้อความอื่นๆบนภาชนะบรรจุ เช่น คำว่า นมสดยูเอชที นมคั้นรูปธรรมดาสเตอริไรซ์ นมข้นแปลงไขมันไม่หวาน วันหมดอายุ ปริมาตรหรือหน้าหนักบรรจุ เป็นต้น เพราะจะเป็นสิ่งบอกถึงคุณลักษณะและกรรมวิธีการผลิตของผลิตภัณฑ์นั้นๆอันจะนำมาซึ่งประโยชน์ในการเลือกซื้อ การบริโภค ความปลอดภัย และความประหยัดด้วย

ข้อควรรู้เกี่ยวกับนมและผลิตภัณฑ์นม ได้แก่

1. กระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยความร้อน ซึ่งแบ่งได้เป็น

1.1 การพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization) เป็นการฆ่าเชื้อเพียงบางส่วน จุดประสงค์ใหญ่ เป็นการทำลายเชื้อที่ทำให้เกิดโรคให้หมดไป ซึ่งจะทำให้จำนวนแบคทีเรียที่ไม่ทำให้เกิดโรคลดลงด้วย ทำให้เก็บนมไว้ได้นานขึ้น กรรมวิธีที่นิยมใช้กันคือ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 63°C เป็นเวลา 30 นาที หรืออุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 15 นาที

นมที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอร์ไรซ์ต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน 10°C และระยะเวลาที่จำหน่ายต้องไม่เกิน 3 วันจากวันที่บรรจุภาชนะ โดยที่จะต้องระบุวันที่บรรจุไว้ที่ภาชนะนั้นด้วย

1.2 การสเตอริไรซ์ (Sterilization) เป็นการทำลายเชื้อแบคทีเรียทุกชนิด รวมทั้งสปอร์ให้หมดเพื่อให้สามารถเก็บนมนั้นไว้ได้นานๆ โดยไม่ต้องเก็บไว้ในที่เย็น โดยปกตินมที่ผ่านกระบวนการนี้จะมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่ต่ำกว่า 6 เดือนที่อุณหภูมิห้อง การสเตอริไรซ์ทำได้ 2 วิธีคือ

ก. การทำลายเชื้อในนมที่บรรจุอยู่ในภาชนะด้วยอุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 20-30 นาที

ข. การทำลายเชื้อในนมที่ไม่ได้บรรจุอยู่ในภาชนะด้วยอุณหภูมิ $135-150^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2-5 วินาที เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันหรือที่เรียกว่า ยูเอชที (UHT) ซึ่งย่อมาจาก Ultra High Temperature ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ส่วนใหญ่ที่พบในท้องตลาดขณะนี้มักบรรจุอยู่ในกล่องกระดาษและพิมพ์ที่กล่องว่า นมยูเอชที

2. ประเภทของผลิตภัณฑ์นม

2.1 นมสด (Raw หรือ Fresh milk) เป็นนมที่รีดมาจากสัตว์ให้นม ซึ่งส่วนใหญ่คือแม่โค จะต้องผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งในข้อ 1 ก่อนจำหน่ายแก่ผู้บริโภค

2.2 นมผง (Dried milk) ได้แก่ นมสดที่ทำให้น้ำระเหยออกด้วยกรรมวิธีต่างๆ จนเป็นผง

2.3 นมข้น (Evaporated หรือ Condensed milk) เป็นนมสดที่ระเหยเอาน้ำบางส่วนออกเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นของของแข็งในน้ำนมสูงขึ้น อาจพบได้ทั้งชนิดหวานและไม่หวาน ชนิดหวานจะไม่ได้ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน น้ำตาลที่เติมลงไปร้อยละ 40-45 จะทำหน้าที่เป็นวัตถุกันเสียให้กับนมข้นหวาน และสำหรับชนิดไม่หวานในกรรมวิธี การผลิตจะต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนก่อนนำออกจำหน่าย

2.4 นมพร่องมันเนย (Partly skimmed milk) เป็นนมที่ผ่านกรรมวิธีแยกไขมันหรือมันเนย (Milk fat) บางส่วนออกจนมีมันเนยไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดของผลิตภัณฑ์นมแต่ละชนิด เช่น

นมสดพร่องมันเนย จะมีมันเนยอยู่ในปริมาณร้อยละ 0.1-3.2 ของน้ำหนัก

นมผงพร่องมันเนย จะมีมันเนยอยู่ในปริมาณร้อยละ 1.5-2.6 ของน้ำหนัก

2.5 นมขาดมันเนย (Skimmed milk) เป็นนมที่ผ่านกรรมวิธีแยกเอามันเนยออกแล้วจนเกือบหมดโดยจะมีปริมาณแตกต่างกันตามเกณฑ์ที่กำหนดของผลิตภัณฑ์นมแต่ละชนิด เช่น

นมสดขาดมันเนย จะมีมันเนยไม่ถึงร้อยละ 0.1 ของน้ำหนัก

นมผงขาดมันเนย จะมีมันเนยไม่ถึงร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก

2.6 นมแปลงไขมัน (Skimmed milk with non milk fat) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์จากนมซึ่งใช้ไขมันอื่นผสมแทนมันเนย โดยอาจผสมเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดและอาจเติมวัตถุอื่นที่มีคุณค่าทางอาหารลงไปอีกด้วย นมประเภทนี้มี 4 ชนิด

นมแปลงไขมันธรรมชาติ

นมผงแปลงไขมัน

นมข้นแปลงไขมันไม่หวาน

นมข้นแปลงไขมันหวาน

2.7 นมคีนรูป (Recombined หรือ Reconstituted milk) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอาส่วนประกอบตามธรรมชาติของนมสดที่แยกออกจากกันแล้วมาผสมกันขึ้นใหม่ให้มีลักษณะเช่นเดียวกัน นมประเภทนี้มีหลายชนิด เช่น

นมคีนรูปธรรมชาติ

นมข้นคีนรูปไม่หวาน

นมข้นหวานคีนรูป

นมข้นหวานขาดมันเนยคีนรูป

น้ำนมนอกจากจะเป็นอาหารที่ดีสำหรับมนุษย์แล้วยังเป็นอาหารที่ดีของแบคทีเรียด้วย เชื้อโรคหลายชนิดสามารถผ่านจากคนหรือสัตว์ไปสู่นม และไปสู่ผู้บริโภคได้ ดังนั้นเพื่อประโยชน์และความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค จึงได้มีการประเมินคุณภาพของน้ำนมที่จะรับเข้าสู่โรงงานและของผลิตภัณฑ์ที่ออกมา การประเมินคุณภาพของน้ำนมดิบและผลิตภัณฑ์ทำได้โดยการทดสอบสมบัติต่างๆแล้วนำไปเทียบค่ามาตรฐานที่ได้มีผู้กำหนดไว้แล้ว

บทปฏิบัติการที่ 6

การผลิตนมเปรี้ยวรับประทานเอง

บทนำ

นมเปรี้ยว (Yoghurt) จัดเป็นอาหารประเภทผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดหนึ่ง ทำได้โดยปล่อยให้ส่วนผสมนมเปรี้ยวที่อุณหภูมิ 40 - 45 องศาเซลเซียส นมเปรี้ยวเตรียมได้จากนมอูถุมไขมัน หรือนมพร่องไขมัน นมเข้มข้น นมผงคั้นรูปจากนมผงขาดไขมันหรือนมพร่องไขมัน นมครบส่วน หางนม นำนมพาสเจอร์ไรส์ น้ำตาล ผลไม้ สารแต่งกลิ่น สารอีมัลซิฟายส์ (Emulsifiers) และ สารสเทบิไลส์ (Stabilisers) ทั้งนี้โดยผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง แล้วจึงหมักด้วย จุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อผสม ซึ่งอยู่ในกลุ่มที่เรียกว่า แลคติกแอซิคแบคทีเรีย มี 2 ชนิด ได้แก่ Streptococcus thermophilus และ Lactobacillus bulgaricus จากนั้นทำให้เย็นเพื่อบรรจุหรือจำหน่าย

จุดประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อให้นักเรียนสามารถบอกหลักการในการผลิตนมเปรี้ยวได้
2. อธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการผลิตนมเปรี้ยวได้
3. นำหลักการในการผลิตนมเปรี้ยวไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

อุปกรณ์และสารที่ใช้ในการทดลอง

1. นมสดพาสเจอร์ไรส์ โฮโมจีไนซ์ หรือนมสเตอริไลซ์
2. น้ำตาลทราย
3. นมผง
4. นมเปรี้ยวที่มีขายตามท้องตลาด
5. ผลไม้ชนิดต่างๆ เช่น น้ำเงาะ น้ำมังคุด น้ำทุเรียน ฯ
6. อะลูมิเนียมฟอยล์
7. ตะเกียงแอลกอฮอล์
8. ไม้พายสำหรับคน

9. ภาชนะสำหรับต้ม
10. ถ้วยพลาสติกสำหรับใส่นมเปรี้ยว

วิธีทดลอง

1. นำนมสดพาสเจอร์ไรซ์ โฮโมจิไนซ์หรืออาจใช้นมสเตอริไลซ์ ใส่ลงในภาชนะสำหรับต้ม
- 3 ใบ ใบละประมาณ 500 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำตาลทรายลงในภาชนะที่ใส่นมทั้ง 3 ภาชนะ ในประมาณ 20, 40 และ 60 กรัมตามลำดับ
3. เติมนมผงลงในภาชนะที่ใส่นมและน้ำตาล ในปริมาณ 10, 20 และ 30 กรัมตามลำดับ
4. ให้ความร้อนและคนไปเรื่อยๆ จนกระทั่งน้ำตาลทรายและนมผงละลายหมด และคนต่อไปจนกระทั่งเดือด จึงยกลงจากไฟ ปิดปากภาชนะด้วยอลูมิเนียมฟรอยด์
5. นำไปทำให้เย็นจนพอจับภาชนะได้ โดยการแช่น้ำหรือผ่านน้ำ
6. เติมนมเปรี้ยว (โยเกิร์ตจากถ้วยที่มีขายตามท้องตลาด) ลงในภาชนะที่ใส่ของผสม ในปริมาณ 2, 4 และ 6 มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยแบ่งเติมนมเปรี้ยวไปที่ละน้อย และคนให้เข้ากันทุกครั้ง ที่ใส่เชื้อ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการจับตัวเป็นก้อน
7. เติมน้ำผลไม้ที่ต้มแล้วลงในภาชนะทั้ง 3 ในปริมาณ 10 มิลลิลิตร
8. เทของผสมลงในถ้วยสำหรับใส่นมเปรี้ยวที่นิ่งมาเชื้อโรคแล้ว ปิดฝา นำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลาประมาณ 16 ชั่วโมง จึงเปิดฝาด้วยทั้ง 3 ชิมรสของโยเกิร์ตเปรี้ยวเทียบกัน

ผลการทดลอง

ชนิดของนมที่ใช้ทำนมเปรี้ยว	ลักษณะนมเปรี้ยวที่สังเกตเห็น

สรุปผลการทดลอง

นมเปรี้ยว

นมเปรี้ยว หรือ โยเกิร์ต (Yoghurt) จัดเป็นอาหารประเภทผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดที่เก่าแก่ที่สุด และต่างกับผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดอื่นๆ เพราะเก็บในรูปแบบที่เป็นลิมเป็นระบบการหมักในสภาพของเหลวชนิดหนึ่ง ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ได้มาจากการเปลี่ยนสภาพโปรตีนในน้ำนม มีความเป็นกรดค่อนข้างสูง เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อเรียกต่างๆกันไปแล้วแต่ท้องถิ่นอีกหลายชื่อ เป็นที่นิยมบริโภคกันมากในประเทศต่างๆ มีรสชาติไม่เหมือนผลิตภัณฑ์ใดๆ จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ขายดี เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารและพลาสมา

การเตรียมนมเปรี้ยว

นมเปรี้ยวสามารถเตรียมได้จากนมอูถุมไขมันหรือพร่องไขมัน นมเข้มข้น นมกินรูปจากนมผงขาดไขมันหรือพร่องไขมัน นมครบส่วน หางน้ำนม น้ำนมพาสเจอร์ไลส์ น้ำนมโฮโมจิไนซ์หรือส่วนผสมของนมดังกล่าวผสมเข้าด้วยกัน แล้วแต่ชนิดของนมเปรี้ยว ทั้งนี้โดยผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยความร้อนสูง แล้วจึงหมักด้วยจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อผสม ซึ่งอยู่ในกลุ่มที่เรียกว่า แลคติกแอซิดแบคทีเรีย มี 2 ชนิดได้แก่ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* จากนั้นทำให้เย็นแล้วบรรจุเพื่อรอการจำหน่าย

แต่เดิมนมเปรี้ยวมักเสื่อมเสียได้ง่ายเมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จึงได้มีการเติมเกลือและแป้งสาลีหรือให้ความร้อนต่อไปอีกเพื่อมีอายุการเก็บยาวนานขึ้น ต่อมาระบบความเย็นเข้ามามีบทบาทการผลิตและระหว่างการรอจำหน่าย จึงทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ยาวนานขึ้น องค์ประกอบของนมเปรี้ยวเปลี่ยนไปแล้วแต่ผู้ผลิต ปกตินมที่ใช้ควรมีส่วนของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน 11 - 14 เปอร์เซ็นต์ และมีไขมันตั้งแต่ 1 - 5 เปอร์เซ็นต์ การเติมส่วนประกอบอื่นๆ ก็อาจทำได้แล้วแต่ชนิดของนมเปรี้ยว

ชนิดของนมเปรี้ยว

การแบ่งชนิดของนมเปรี้ยวอาศัยหลักการต่อไปนี้

1. มาตรฐานกฎหมาย มาตรฐานกฎหมายของนมเปรี้ยว ขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เช่น เปอร์เซ็นต์ไขมัน ปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันหรือปริมาณของแข็งทั้งหมด ตามมาตรฐานของ FAO/WHO กำหนดให้แบ่งชนิดของนมเปรี้ยวตามปริมาณไขมันดังนี้ 1) Full สูงกว่า 3.0 เปอร์เซ็นต์ 2) Medium ประมาณ 3.0-0.5 เปอร์เซ็นต์ และ Low ต่ำกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์

Full	สูงกว่า	3.0	เปอร์เซ็นต์
Medium	ประมาณ	3.0 - 0.5	เปอร์เซ็นต์
Low	ต่ำกว่า	0.5	เปอร์เซ็นต์

2. กรรมวิธีการผลิต การผลิตนมเปรี้ยวในอุตสาหกรรม มี 2 ลักษณะ ซึ่งขึ้นกับระบบการผลิตและโครงสร้างทางกายภาพของมวลที่ตกตะกอน คือ

2.1 Set yoghurt เป็นผลิตภัณฑ์ที่การหมักเกิดขึ้นในภาชนะบรรจุ ลักษณะของมวลที่ตกตะกอนเป็นมวลเนื้อเดียวกันที่ต่อเนื่องและมีลักษณะเป็นของแข็งกึ่งเหลว

2.2 Stirred yoghurt ลักษณะของมวลตะกอนที่ได้จะแตกหรือแยกจากกันก่อนที่จะนำไปให้ความเย็นหรือบรรจุ ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ ได้แก่ นมเปรี้ยว (Fluid yoghurt) ซึ่งมีปริมาณของแข็งเพียง 11 เปอร์เซ็นต์ หรือน้อยกว่า เป็นต้น

3. กลิ่นรส การเติมกลิ่นรสเข้าไปในนมเปรี้ยว ทำให้เกิดลักษณะผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันดังนี้ คือ รสเป็นธรรมชาติ (Natural) ,ไม่เติมอะไรเลย (Plain), เติมผลไม้ (Fruit) , เติมกลิ่นรส (Flavor) เป็นต้น

4. กระบวนการหลังการหมัก ภายหลังการหมักเสร็จสิ้นลงแล้ว นมเปรี้ยวที่ได้อาจนำไปผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น การให้ความร้อน การทำให้เข้มข้น การแช่แข็ง การทำแห้ง หรือวิธีอื่นๆ จึงแบ่งตามกระบวนการหลังหมักเป็น พาสเจอร์ไลส์ ยูเอชที เพื่อยืดอายุการเก็บ หรือเป็นนมเปรี้ยวชนิดแข็ง (Frozen) แบ่งเป็นพวกที่ใส่น้ำตาลมาก (Stabilizer) แบ่งเป็นชนิดสุขภาพ (Dietetic) มีแคลอรีต่ำ แลคโตสต่ำ เพิ่มวิตามิน/โปรตีน แบ่งตามคุณค่าอาหารเหล่านี้ เป็นต้น

ความสำคัญของการให้ความร้อนในการผลิตนมเปรี้ยว

การให้ความร้อนเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในการผลิตนมเปรี้ยว นอกจากช่วยเพิ่มความเข้มข้นของนมแล้ว ยังมีผลต่อของผสมที่ใช้เตรียมนมเปรี้ยว ดังต่อไปนี้

1. กำจัดอากาศที่มีอยู่ในนม เพื่อให้สภาวะแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อแลคติกมากขึ้น เพราะจุลินทรีย์ชนิดนี้ต้องการอากาศในปริมาณน้อย

2. มีความเหมาะสมต่อการเจริญของหัวเชื้อแลคติก ที่มีกิจกรรมหมักที่อุณหภูมิสูงประมาณ 40 - 45 องศาเซลเซียส

3. ทำให้โปรตีนในนมถูกทำลายให้สลายย่อยๆ ที่มีโมเลกุลเล็กลง ซึ่งอาจเป็ สารที่ ั้ง กิจกรรมของหัวเชื้อแลคติก

4. เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของนม โดยทำให้โปรตีนของน้ำหางนมที่มีอยู่ในนม เช่น อัลบูมินและโกลบูลินที่เสียสภาพธรรมชาติแล้วตกตะกอน และทำให้โมเลกุลของเคซีนซึ่งเป็นโปรตีนในนมจับกันเป็นร่างแหขึ้นมา ร่างแหนี้จะจับกับโปรตีนในหางนม ทำให้นมเปรี้ยวที่ได้มีความหนืดมากกว่าเดิม

5. ทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค หรือจุลินทรีย์อื่นๆที่ไม่ต้องการการให้ความร้อนแก่นมสามารถเร่งหรือยับยั้งกิจกรรมของหัวเชื้อแลคติกได้ ทั้งนี้ ขึ้นกับช่วงเวลาและอุณหภูมิ ดังนี้

1) นมที่ผ่านการให้ความร้อนในช่วงระหว่างอุณหภูมิ 62 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที จะช่วยเร่งการเจริญของหัวเชื้อแลคติก

2) นมที่ผ่านการให้ความร้อนในช่วงระหว่างอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที และ 82 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 - 120 นาที และที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 - 45 นาที ด้วย จะส่งผลยับยั้งการเจริญของหัวเชื้อแลคติก

3) นมที่ผ่านการให้ความร้อนถึง 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 - 180 นาที หรือภายใต้ความดันที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 - 30 นาที จะช่วยเร่งการเจริญของหัวเชื้อแลคติก

4) นมที่ผ่านการให้ความร้อนภายใต้ความดันที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานกว่า 30 นาที จะส่งผลยับยั้งการเจริญของหัวเชื้อแลคติก ตามปกติอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่นมเปรี้ยว อาจเป็นได้ตั้งแต่อุณหภูมิพาสเจอร์ไลส์ (72 องศาเซลเซียส 15 วินาที) จนถึงอุณหภูมิ UHT (133 องศาเซลเซียส 1 วินาที) โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมนม นิยมใช้ความร้อนที่ 85 องศาเซลเซียส 30 วินาที สำหรับกระบวนการไม่ต่อเนื่อง หรือ 90 - 95 องศาเซลเซียส เวลา 5 - 10 วินาที สำหรับกระบวนการต่อเนื่อง (วราวุฒิ ครุสง. 2532)

กระบวนการหมักนมเปรี้ยว

นมที่ผ่านการให้ความร้อนจะต้องทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม แล้วจึงส่งไปยังถังหมัก เพื่อทำการหมักด้วยหัวเชื้อที่เตรียมขึ้นต่อไป หัวเชื้อนมเปรี้ยวจะประกอบด้วยหัวเชื้อสายพันธุ์ผสมของ *Lactobacillus bulgaricus* และเชื้อ *Streptococcus thermophilus* ในอัตราส่วนที่เท่ากัน โดยทั่วไปหัวเชื้อจะใช้ประมาณ 0.5 - 2.0 เปอร์เซ็นต์ หลังการถ่ายเชื้อแล้วจะทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 - 44 องศาเซลเซียส เวลา 4 - 6 ชั่วโมง หรือที่ 32 องศาเซลเซียส เวลา 12 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตาม สภาพที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของหัวเชื้อสายพันธุ์ผสมจะหมักที่อุณหภูมิ 40 - 45 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนการหมักจะเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะคือ เกิดในภาชนะบรรจุที่จะจำหน่ายปลีก และเกิดในถังหมัก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของการเกิดทั้ง 2 ลักษณะเหมือนกัน และจะแตกต่างกันเพียงคุณสมบัติของการไหลของมวลที่ตกตะกอนเท่านั้น

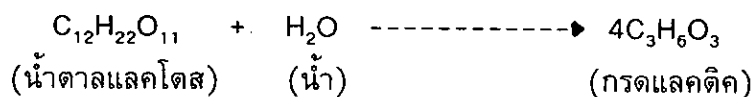
การเกิดเจลของนมเปรี้ยว

การเกิดเจลของนมเปรี้ยวเป็นผลจากปฏิกิริยาทางชีวภาพและกายภาพในนมดังมีขั้นตอนตามลำดับ ดังนี้

1. หัวเชื้อนมเปรี้ยวใช้น้ำตาลแลคโตสในนมเป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโตและทำการหมักให้กรดแลคติกและสารประกอบอื่นๆออกมา
2. กรดแลคติกที่สร้างขึ้นนี้ จะสลายสภาพความคงตัวของอนุภาคเคซีนและทำให้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนในน้ำทางนมสูญเสียสภาพธรรมชาติไปด้วย
3. เกิดการรวมตัวของอนุภาคเคซีนและ/หรือกลุ่มของอนุภาคย่อยๆเข้าด้วยกัน และเกิดการตกตะกอนบางส่วนออกมา ในขณะที่ความเป็นกรด-ด่างพอเหมาะ คือ 4.6 - 4.7
4. เกิดปฏิกิริยาระหว่าง แอลฟา-แลคตาบูมิน/บีตา-แลคโตโกลบูลิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่ในหางน้ำนมกับเคซีน ทำให้เกิดอนุภาคเคซีนที่มีความคงตัวมากขึ้น ดังนั้น ร่างของเจลที่ประกอบด้วยโครงสร้างที่แน่นอนนี้ สามารถจับกับองค์ประกอบอื่นๆที่มีอยู่ในส่วนผสมที่ใช้เตรียมนมเปรี้ยว รวมทั้งน้ำให้อยู่ในโครงสร้างดังกล่าวด้วย (วราวุฒิ ครุสง. 2532 ; ลาวัณย์ ไกรเดช. 2538)

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของการหมักนมเปรี้ยว

1. เชื้อแลคติกจะได้รับพลังงานจากการหมักคาร์โบไฮเดรต ซึ่งได้แก่ น้ำตาลแลคโตสที่มีอยู่ในนม ซึ่งการย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสจะเกิดขึ้นภายในเซลล์ของหัวเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* โดยการนำน้ำตาลแลคโตสผ่านผนังเซลล์ของหัวเชื้อทั้งสอง ซึ่งในกรณีนี้สันนิษฐานว่าจะอาศัยเอนไซม์กาแลคโตไซด์ เปอร์มิเอส (Galactoside permease) จากนั้น เอนไซม์บีตา-ดี-กาแลคโตไซด์ (Beta - D - galactosidase : B - gal) จะย่อยน้ำตาลแลคโตสภายในเซลล์ ให้เป็นน้ำตาล ดี-กลูโคส (D - glucose) และ บีตา - ดี - กาแลคโตส (Beta- D - galactose) น้ำตาลดี-กลูโคสที่ได้จะเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติกภายในเซลล์ของหัวเชื้อทั้งสอง นอกจากนี้ เอนไซม์อีกชนิดหนึ่งก็คือ บีตา - ดี - ฟอสโฟกาแลคโตไซด์ (Beta - D - phosphogalactosidase : B- Pgal) ก็ย่อยน้ำตาลแลคโตสให้เป็นน้ำตาล ดี-กลูโคสด้วยเช่นเดียวกัน
2. การสร้างกรดแลคติก หัวเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* จะย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสให้เป็นกรดแลคติก ดังสมการ



กรดแลคติกที่ได้มีความสำคัญต่อนมเปรี้ยว คือ

1. ย่อยสลายอนุภาคเคซีนและตกตะกอดเคซีน ที่ pH 4.6 - 4.7 รวมทั้งทำให้เกิดเจลของนมเปรี้ยว

2. กรดแลคติกจะให้รสชาติที่เฉพาะ คือ รสเปรี้ยวและแหลมในผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยว ทำให้ได้กลิ่นรสที่หอม

** เชื้อแลคติกจะมีเอนไซม์ แลคเตท ดีไฮโดรจีเนส (Lactate dehydrogenase : LDH) สำหรับสร้างกรดแลคติกจากกรดไพรูวิกที่ได้ในระหว่างการหมักนม

3. การเกิดสารให้กลิ่นรส หัวเชื้อจะสร้างสารประกอบที่ให้กลิ่นรสต่างๆ เช่น สารประกอบคาร์บอนิล พวก อะเซตัลดีไฮด์ อะซิโตน อะซิโตนและไดอะซิทิล ฯ และประมาณ อะเซตัลดีไฮด์ที่มีในนมเปรี้ยวจะขึ้นอยู่กับชนิดของนมที่ใช้ การให้ความร้อนและชนิดของนมที่ได้จากสัตว์ต่างๆกัน

** ปกตินมเปรี้ยวจะมีอายุการเก็บประมาณ 10 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณกรดในนมเปรี้ยวจะเพิ่มขึ้นทำให้กลิ่นรสเปลี่ยนไป

ผลิตภัณฑ์นมหมักที่นิยมบริโภคในประเทศไทย ได้แก่ โยเกิร์ต (Yoghurt) และ ยาคูลท์ (Yakult) ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลว ผลิตโดยการผสมเชื้อ *Lactobacillus shirota* ในน้ำนมพรมันเนย ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์มาแล้ว เชื้อชนิดนี้จะผลิตกรดแลคติก และสารเพิ่มกลิ่นรสออกมา เมื่อปล่อยให้เกิดการหมักที่อุณหภูมิ 10 - 15 องศาเซลเซียส นานจนได้ปริมาณกรดตามต้องการ

การเสียของผลิตภัณฑ์นมหมัก อาจเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาในขณะหมัก และเมื่อเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปแล้ว การใช้เชื้อเริ่มต้นที่ไม่ว่องไวเต็มในนมที่ใช้ผลิตนมเปรี้ยว จะทำให้แบคทีเรียบางชนิดเจริญได้ดีกว่า จะทำให้นมเปรี้ยวมีคุณภาพไม่ดี จึงควรมีการศึกษาวิธีตรวจหาจุลินทรีย์ในน้ำนม ดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 7

การตรวจหาจุลินทรีย์ในนํ้านม

บทนำ

จุลินทรีย์เจริญได้ดีในนํ้านมเพราะนํ้านมมีสารอาหารที่สมบูรณ์ มีความชื้น และความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ทุกชนิด แต่แบคทีเรียจะเจริญได้เร็วกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น การเสียของนํ้านมจึงมักมีสาเหตุจากแบคทีเรียมากกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น จุลินทรีย์ที่ตรวจพบในนํ้านมอาจปนเปื้อนมาได้หลายทาง เช่น จากสิ่งแวดล้อมภายในคอก จากภาชนะที่ใส่นํ้านม จากผู้รีดนม จากเครื่องรีดนมและจากการขนส่งนํ้านม เป็นต้น การมีจุลินทรีย์อยู่ในนํ้านมจะมีผลต่อกลิ่น รส อายุ การเก็บ การถนอม ความเหมาะสมต่อการนำไปผลิตผลิตภัณฑ์นมหรืออาหารอื่นๆ และความปลอดภัยในการบริโภค นํ้านมที่คุณภาพดีนั้นควรมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนมาน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพราะฉะนั้นการตรวจหาปริมาณของจุลินทรีย์ในนํ้านมจึงเป็นก้าวสำคัญที่สุดในประเมินคุณภาพของนํ้านม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถตรวจหาปริมาณของแบคทีเรียในนํ้านมได้
2. เพื่อให้เรียนรู้ถึงชนิดของจุลินทรีย์ต่างๆ ในนํ้านม

วัสดุและอุปกรณ์

1. นํ้านมตัวอย่าง (นํ้านมดิบ นํ้านมพาสเจอร์ไรซ์)
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ (Tryptone glucose yeast extract agar)
3. เมธิลีนบลู (Methylene blue)
4. เรซาซูลิน (Rezaurin)
5. ไซลอล (Xylo)l
6. ปิเปตต์ที่ฆ่าเชื้อแล้ว
7. จานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว
8. น้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วสำหรับเจือจางนํ้านม
9. สไลด์ที่สะอาด

วิธีทดลอง

1. การหาปริมาณของแบคทีเรียในน้ำนมโดยวิธีการนับเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่ (Viable count)

- 1.1 นำน้ำนมตัวอย่างมาทำการเจือจางในน้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อให้มีความเจือจางเท่ากับ 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} ตามลำดับ
- 1.2 นำน้ำนมแต่ละความเจือจางในข้อ 1 ตูตใส่จานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร แล้วเทอาหารเลี้ยงเชื้อหลอมเหลว และทิ้งให้มีอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสแล้วเทลงในจานเพาะเชื้อประมาณ 15 มิลลิลิตร ขยับจานไปมาเพื่อให้ตัวอย่างน้ำนมผสมกับอาหารทั่วกันดี ปหล่อยให้อาหารแข็ง ทำซ้ำ 2 ชุด
- 1.3 บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนีทั้งหมดแล้วคำนวณออกมาเป็นจำนวนต่อ 1 มิลลิลิตรของน้ำนม

2. การหาปริมาณของจุลินทรีย์ในน้ำนมโดยวิธีการนับโดยตรง (Direct count)

- 2.1 ตรวจดูหลอดเชื้อให้เส้นหลอดกลมสม่ำเสมอและมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4-5 มิลลิเมตร
- 2.2 เขย่าตัวอย่างน้ำนม แล้วใช้หลอดเขี่ยเชื้อตักน้ำนมมา 1 หลวงหรือ 1 หลูปนำไปแผ่กระจายบนสไลด์ให้สม่ำเสมอในเนื้อที่ 1 ตารางเซนติเมตร ทิ้งไว้ให้แห้ง
- 2.3 ย้อมสีโดยการหยด XyloI ให้ท่วมบริเวณที่แผ่น้ำนมไว้ทิ้งไว้ 1 นาที แล้วเท XyloI ทิ้งไป ปหล่อยสไลด์ให้แห้ง หยดแอลกอฮอล์ให้ท่วมที่บริเวณเดิมทิ้งไว้ 1 นาที แล้วเททิ้ง ปหล่อยให้สไลด์แห้ง หยด Methylene blue ลงที่บริเวณเดิม ทิ้งไว้ 3 นาที ล้างน้ำ ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วนำไปศึกษาจุลินทรีย์ด้วยกล้องจุลทรรศน์
- 2.4 นับจำนวนเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ปรากฏในฟิลด์ (Field) แต่ละฟิลด์จำนวน 30 ฟิลด์ แล้วหาค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์ต่อ 1 ฟิลด์
- 2.5 นำค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์ต่อ 1 ฟิลด์มาคูณด้วยค่า 500,000 ผลที่ได้จะเป็นปริมาณจุลินทรีย์ต่อน้ำนม 1 มิลลิลิตรโดยประมาณ (ค่า 500,000 ที่นำมาคูณเป็นผลที่ได้จากการคำนวณว่า พื้นที่ 1 ฟิลด์ ในกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ Oil immersion objective lens จะเท่ากับ $1/5000$ ตารางเซนติเมตร และน้ำนม 1 หลวงจะมีปริมาตรประมาณ 0.01 มิลลิลิตร)

3. การตรวจคุณภาพของน้ำนมโดยวิธี Reduction test

3.1 จุดสี Resazurin 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่มีน้ำนมอยู่ 10 มิลลิลิตรแล้ว
แช่หลอดในอ่างน้ำที่มีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.2 อ่านผลโดยดูการเปลี่ยนสีของ Resazurin ว่าเปลี่ยนเป็นสีอะไรแล้วรายงาน
คุณภาพของน้ำนมเป็นเกรดดังต่อไปนี้

- สีม่วง คุณภาพเป็นเกรด 1 สีลาเวลเดอร์ คุณภาพเป็นเกรด 2
- สีชมพู คุณภาพเป็นเกรด 3 ไม่มีสี คุณภาพเป็นเกรด 4

ผลการทดลอง

1.แสดงผลในตารางให้สมบูรณ์

ตัวอย่างน้ำนม	ปริมาณของแบคทีเรีย/มิลลิลิตรของ น้ำนม (โดยการนับเซลล์ที่มีชีวิต)	ปริมาณจุลินทรีย์/มิลลิลิตรของ น้ำนม(โดยการนับโดยตรง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2

เรื่อง

เทคโนโลยีของเสีย

เทคโนโลยีเกี่ยวกับของเสีย (Waste technology) เป็นเทคโนโลยีเกี่ยวกับการจัดการของเสียต่างๆ เช่น การทำลายของเสียหรือการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ ได้แก่ การนำเศษผลไม้หรือเศษพืชมาหมักเป็นปุ๋ยชีวภาพ การนำมูลสัตว์หรือสารเหลือทิ้งมาผลิตก๊าซชีวภาพ การนำน้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ มาปลูกพืชหรือเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ หรือเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น

ของเสีย (Waste) หมายถึง เศษของเหลือใช้ที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ และจะต้องถูกทิ้งออกไปสู่ระบบของการจัดการที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม ของเสียเหล่านี้ ได้แก่ มูลฝอย สิ่งปฏิกูลและของเสียที่เป็นอันตราย

มูลฝอย หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษมูลสัตว์และซากสัตว์รวมตลอดวัสดุอื่นใดซึ่งเก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น

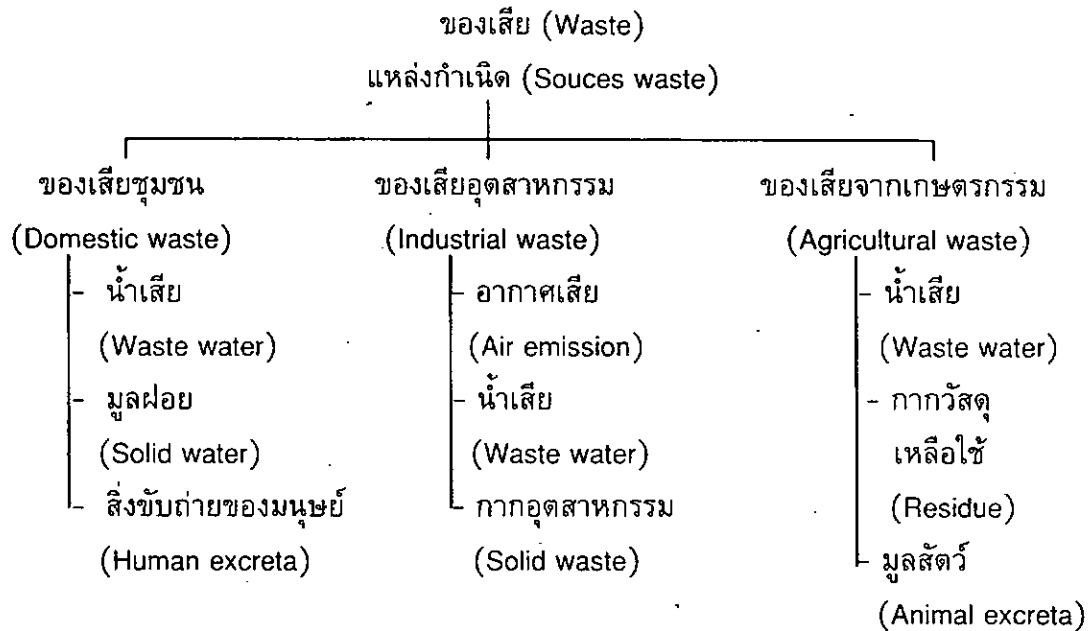
สิ่งปฏิกูล หมายถึง อุจจาระและปัสสาวะ รวมตลอดถึงวัสดุอื่นใดซึ่งเป็นสิ่งสกปรกโสโครกและที่กลิ่นเหม็น

ของเสียที่เป็นอันตราย หมายถึง ของเสียหรือสิ่งเจือปนด้วยของเสียที่มีปริมาณความเข้มข้นหรือคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมีหรืออื่นๆ ที่อาจเป็นสาเหตุให้เกิดการตาย หรือการเจ็บป่วยทั้งที่รักษาได้และรักษาไม่ได้ ตลอดจนทำให้เกิดหรือมีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เมื่อไม่ได้มีการจัดการที่เหมาะสมในการจัดการบำบัด เก็บกักหรือกำจัดกากของเสียแยกตามความเป็นพิษได้เป็น (กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2538 : 254)

1) **มูลฝอยทั่วไป (General waste)** ได้แก่ มูลฝอยแห้ง (Refuse) เช่น กระดาษ พลาสติก ขวด เป็นต้น และมูลฝอยเปียก (Gerbage) เช่น เศษผัก ผลไม้ เป็นต้น

2) **ของเสียที่เป็นอันตราย (Hazardous waste)** ได้แก่ ของเสียที่เป็นพิษ เช่น กากสารเคมี สารฆ่าแมลง เป็นต้น ของเสียที่ติดไฟง่าย เช่น กากน้ำมัน สารเคมีไวไฟที่มีจุดวาบไฟ น้อยกว่า 60 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ของเสียที่มีฤทธิ์กัดกร่อน ของเสียที่ทำปฏิกิริยาง่าย (กากสารเคมี) ของเสียที่มีกัมมันตภาพรังสี ของเสียที่มีเชื้อโรคติดอยู่ อาทิเช่น ผ้าพันแผล เข็มฉีดยา ฯลฯ

ประเภทและแหล่งที่มาของของเสีย



วิธีการกำจัดของเสีย

วิธีการกำจัดของเสียที่นิยมใช้ทั่วไปมีดังนี้ (กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2538)

1. การถมที่ (Dumping) เป็นการกำจัดขยะโดยการนำขยะไปถมที่พื้นดินหรือทิ้งสู่ทะเลปล่อยให้ขยะสลายตัวไปเองตามธรรมชาติ
2. การฝังกลบ (Sanitary landfill) ต้องมีการขุดหลุมลงไป ใส่ขยะจนเต็มแล้วใช้ดินกลบ เป็นวิธีที่ถูกสุขลักษณะมากกว่าวิธีถมที่
3. การเลี้ยงสัตว์ (Hog feeding) เป็นการนำขยะเปียก (Garbage) ไปเลี้ยงสุกร
4. การนำไปเผาในเตา (Incineration) เป็นการนำขยะไปเผาในอุณหภูมิสูงถึง 1,800 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับเมืองที่มีพื้นที่จำกัด ไม่อาจจะทำการกำจัดด้วยวิธีอื่น
5. การสกัด (Reduction) ป็นการกำจัดขยะโดยการสกัดไขมัน (Grease) ออกจากขยะเปียก โดยใช้ความร้อน ความดันและตัวทำละลายเข้าช่วย
6. การบด (Grinding) เป็นการกำจัดขยะโดยการบดขยะให้ละเอียดแล้วปล่อยรวมไปกับน้ำโสโครก เป็นการกำจัดโดยทางบ้านเรือนหรือแหล่งที่มีขยะเกิดขึ้น ใช้กำจัดได้เฉพาะขยะเปียกเท่านั้น

7. การหมัก (Composting) เป็นวิธีที่อาศัยธรรมชาติเข้าช่วยในการทำให้ขยะสลายตัว โดยการย่อยสลายของพวกแบคทีเรีย ขยะจะถูกเปลี่ยนสภาพจากสารอินทรีย์เป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำปุ๋ยหรือหมักเพื่อทำก๊าซชีวภาพ

การจัดของเสียที่เป็นพวกมูลฝอยทั่วไปนั้น มักจะใช้วิธีดังกล่าวข้างต้นขึ้นกับความเหมาะสมในเรื่องงบประมาณและสถานที่ สำหรับกากของเสียที่เป็นของเสียที่เป็นอันตรายจะมีวิธีการที่ยุ่งยากมากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและความเป็นพิษของของเสียที่เป็นอันตรายนั้น

วิธีการกำจัดโลหะที่มีการกำหนดค่ามาตรฐานในการนำทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม

การจัดกากตะกอนของแคดเมียม ควรทำให้อยู่ในรูปแคดเมียมไฮดรอกไซด์ และทำให้แห้งจากนั้นนำไปฝังโดยวิธีฝังกลบ เนื่องจากแคดเมียมไฮดรอกไซด์ไม่ละลายน้ำแต่ควรทำให้คงตัวก่อน

การจัดกากตะกอนของตะกั่ว ตะกั่วโลหะ (Metallic lead) ตะกั่วออกไซด์ (Lead oxide) ไม่ละลายน้ำจึงอาจกำจัดด้วยวิธีฝังกลบได้ ส่วนสารประกอบของตะกั่วบางชนิดที่ละลายน้ำได้บ้าง ไม่ควรใช้วิธีฝังกลบ สำหรับกากบางชนิดที่มีตะกั่วอยู่อาจใช้วิธีการนำกลับมาใช้ใหม่

การจัดกากตะกอนของปรอท ทำได้โดยละลายกากตะกอนด้วยกรด เพื่อเปลี่ยนปรอทที่อยู่ในกากตะกอนให้เป็นเกลือที่ละลายได้นำสารละลายที่ได้ผ่านการแลกเปลี่ยนประจุปรอทจะถูกดูดซับไว้ ซึ่งสามารถนำไปกำจัดด้วยกรดเกลือได้

ของเสียอุตสาหกรรม

ของเสียอุตสาหกรรมเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งปัญหาสุขภาพอนามัยของประชาชน ของเสียอุตสาหกรรม ได้แก่ มูลฝอย เศษวัตถุดิบ เศษผลิตภัณฑ์ สารเคมี น้ำเสียและอากาศเสีย เป็นต้น ของเสียเหล่านี้มีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ได้เกือบทั้งหมดแต่ในทางปฏิบัติแล้วมีของเสียไม่กี่ชนิดที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ ทั้งนี้ เนื่องจากของเสียมีการปนเปื้อนมากเกินไป ของเสียมีปริมาณน้อยเกินไปไม่คุ้มค่าในการนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ทำการคัดแยกของเสียจากกระบวนการผลิตไม่ให้ปนเปื้อนกันนำของเสียที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันหรือชนิดเดียวกันมารวมกันแล้วนำมาใช้ประโยชน์หรือนำไปบำบัดตามวิธีการต่างๆ ได้

การส่งเสริมและสนับสนุนการลดปริมาณของเสีย และการนำของเสียมาใช้ประโยชน์

รัฐบาลได้มีนโยบายและมาตรการในการส่งเสริมและสนับสนุนการลดปริมาณของเสีย และการนำของเสียมาใช้ประโยชน์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 เช่น มีมาตรการเกี่ยวกับการจัดการมูลฝอย การปรับปรุงกฎหมายเกี่ยวกับการรักษาความสะอาด ส่งเสริมการวิจัยและเทคโนโลยีเกี่ยวกับการจัดการของเสีย หาวิธีลดปริมาณมูลฝอย ได้แก่ การควบคุมมาตรฐานของกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณมูลฝอย หาทางนำวัสดุเหลือใช้หรือผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุกลับมาใช้ใหม่ เป็นวัสดุในการผลิต เป็นต้น

ข้อควรระวังในการนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ประโยชน์

ในขณะที่ทรัพยากรธรรมชาติในโลกได้ลดลง มนุษย์กลับมีความต้องการทรัพยากรเพิ่มขึ้นดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาหาแนวทางที่จะนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะมีกระบวนการทางธรรมชาติที่ช่วยเปลี่ยนสภาพของวัสดุเหลือใช้ประเภทอินทรีย์สารที่อยู่เป็นจำนวนมาก เพื่อช่วยรักษาสีสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในสภาพคงตัวแต่ผลประโยชน์ที่ได้รับนั้นมีน้อยวัสดุเหลือใช้ที่มีอยู่เป็นจำนวนมากจึงเกินความสามารถของกระบวนการตามธรรมชาติที่จะจัดการให้มีการเปลี่ยนสภาพได้ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษขึ้น ดังนั้น มนุษย์จึงนำกระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการทางชีววิทยา เคมีและฟิสิกส์มาใช้ทดแทนการเปลี่ยนแปลงสภาพของเสียโดยวิธีธรรมชาติโดยตรง ซึ่งเกิดประโยชน์ให้เห็นได้อย่างเด่นชัด

การกำจัดวัสดุเหลือใช้ที่ไม่ได้ผลอาจแก้ไขได้โดยใช้กรรมวิธีที่จะเป็นการส่งเสริมผลผลิตของพืช ช่วยประหยัดพลังงาน ปรับปรุงคุณภาพของสิ่งแวดล้อมและทำให้สามารถพึ่งพาตนเองได้มากขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้เกษตรกรและคนในหมู่บ้านมีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นด้วย

อย่างไรก็ตามมีข้อควรระวังเกี่ยวกับความเหมาะสมของโครงการ ในแต่ละกรณีควรจะมีการประเมินผล โดยพิจารณาจากผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมเมื่อจะเลือกโครงการการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ควรจะต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้ (สุปราณี ผลชีวิน. 2532 : 63)

1. สุขภาพ ในการนำวัสดุเหลือใช้ประเภทอินทรีย์สารหรือผลิตภัณฑ์จากสิ่งเหล่านี้มาเป็นอาหารมนุษย์และสัตว์หรือใช้ทำปุ๋ย ควรจะต้องตรวจสอบพิษและสารพิษรวมทั้งเชื้อโรคก่อน ทั้งนี้เพื่อเป็นการควบคุมและป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นแก่มนุษย์ สัตว์และพืช สารเคมีอันตรายและจุลินทรีย์เป็นสิ่งที่พบได้ทั่วไปในวัสดุเหลือใช้ประเภทอินทรีย์สาร

2. ปริมาณและคุณภาพของวัสดุเหลือใช้ ทั้งปริมาณของวัสดุเหลือใช้ที่อยู่ในที่นั้นๆ และส่วนประกอบของวัสดุจะเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจที่จะใช้หรือไม่ใช้ เช่น เศษพืชเน่าเปื่อยง่ายและมีเฉพาะในบางฤดูกาล อาจนำมาทำปุ๋ยหมักหรือเก็บไว้ได้ในบางรูปแบบหรือดัดแปลงให้อยู่ในรูปของเชื้อราที่มีโปรตีนซึ่งสามารถจะเก็บรักษาไว้ได้ สำหรับของเสียจากโรงฆ่าสัตว์หรือมูลสัตว์ถ้ามีตลอดทั้งปีก็สามารถนำมาใช้เลี้ยงสาหร่ายหรือเลี้ยงปลาหรือนำมาใช้ในขบวนการหมักได้

3. การวิเคราะห์ผลผลิต ในการผลิตผลิตภัณฑ์ขึ้นมาจากวัสดุเหลือใช้ ควรเลือกดำเนินงานที่สอดคล้องกับภาวะตลาดหรือการใช้ประโยชน์ที่ได้คาดการณ์ไว้

4. ทรัพยากรด้านเทคโนโลยีและสถาบัน จำเป็นต้องศึกษาถึงกำลังคน ท้องถิ่นที่จะดำเนินงานตามโครงการ ทั้งนี้จำเป็นต้องให้การสนับสนุนทั้งในด้านการฝึกอบรมหรือการสนับสนุนสถาบันอย่างต่อเนื่องหรือทั้งสองอย่าง

5. การเปลี่ยนแปลงทางสังคม จำเป็นต้องพิจารณาถึงอุปสรรคทางวัฒนธรรมที่มีต่อกระบวนการนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ประโยชน์ เช่น ความมีอคติต่ออาหารที่ผลิตขึ้นจากวัสดุเหลือใช้ เป็นต้น

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า ของเสียต่างๆ ทั้งจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม เป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งปัญหาสุขภาพอนามัยของประชาชน จึงควรนำของเสียเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น แอลกอฮอล์ ก๊าซชีวภาพ เป็นต้น

แอลกอฮอล์ (Alcohols or Alkanols)

แอลกอฮอล์ คือ สารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน และมีอนุมูลไฮดรอกซิล (OH) อยู่ในโมเลกุล สูตรของมันจึงคล้ายกับน้ำและต่าง

น้ำ $\text{H} - \text{OH}$

โซเดียมไฮดรอกไซด์ $\text{Na} - \text{OH}$

เมทิลแอลกอฮอล์ $\text{CH}_3 - \text{OH}$

เอทิลแอลกอฮอล์ $\text{C}_2\text{H}_5 - \text{OH}$

โดยทั่วไปแอลกอฮอล์มีสมบัติดังนี้

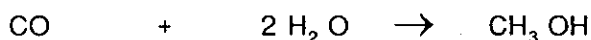
1. ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส
2. เป็นของเหลวไวไฟ
3. ทำปฏิกิริยากับกรดเกิดสารประกอบพวกเอสเทอร์ (Esters) กับน้ำ

แอลกอฮอล์ + กรด $\longrightarrow$ เอสเทอร์ + น้ำ

ปฏิกิริยานี้คล้ายกับขบวนการสะเทินซึ่งเกิดจากกรดและเบสหรือต่าง

แอลกอฮอล์เป็นแหล่งพลังงานที่ได้จากสิ่งมีชีวิตรูปหนึ่ง แอลกอฮอล์ที่นิยมใช้ให้พลังงานมี 2 ชนิด คือ

1. เมทิลแอลกอฮอล์ หรือเมทานอล (Methyl Alcohol หรือ Methanol) ได้มาจากการกลั่นหรือเผาไหม้ บางครั้งเรียกว่า แอลกอฮอล์เนื้อไม้ (Wood alcohol) แต่เมทิลแอลกอฮอล์ในปัจจุบันส่วนใหญ่สังเคราะห์จากก๊าซธรรมชาติ นอกจากนี้ยังเตรียมได้ในห้องปฏิบัติการโดยใช้ปฏิกิริยาเคมีระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน ดังปฏิกิริยา



คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน เมทานอล

เมทิลแอลกอฮอล์เป็นของเหลวไม่มีสี ติดไฟง่าย ผสมกับน้ำได้ดี เป็นพิษต่อประสาทโดยตรง กินไม่ได้ อาจทำให้ตาบอดได้ เตรียมได้จากการกลั่นสลายตัวของไม้

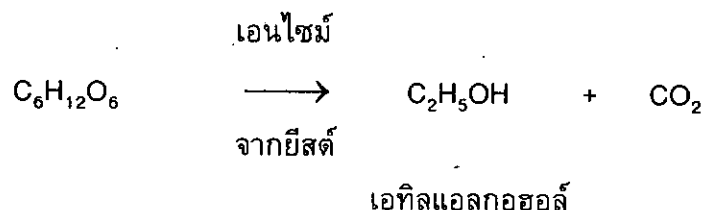
เมทิลแอลกอฮอล์ใช้เป็นตัวทำละลายของสารอินทรีย์หลายอย่าง และใช้ในการสังเคราะห์สารอินทรีย์ เช่น ใช้ผลิตวิตามินบี 12 โดยใส่บัคเตริลลงไป นอกจากนี้อาจใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันเบนซินรถยนต์ได้

2. เอทิลแอลกอฮอล์ หรือเอทานอล (Ethyl alcohol หรือ Ethanol) เป็นแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักพืช ทำให้เกิดกระบวนการไฮโดรไลซิสของเซลลูโลส

เซลลูโลส $\longrightarrow$ กลูโคส (โดยปฏิกิริยาชีวเคมี)

กลูโคส $\longrightarrow$ เอทิลแอลกอฮอล์

พืชที่ใช้หมักเป็นพืชที่ได้จากผลิตผลทางการเกษตร แป้งหรือน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ เช่น อ้อย กากน้ำตาล มันสำปะหลัง ข้าวโพด และข้าวฟ่าง เป็นต้น โดยอาศัยการทำงานของ จุลินทรีย์จำพวกยีสต์ ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ ในระยะ 24-48 ชั่วโมง แอลกอฮอล์จะมีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์



ปฏิกิริยาหมัก (Fermentation) อาศัยเอนไซม์ในแป้งข้าวหมากหรือในส่าเหล้า (Yeast) เปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล และจากน้ำตาลกลายเป็นเอทิลแอลกอฮอล์กับก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ แอลกอฮอล์ที่ได้นี้มีประมาณร้อยละ 15 ถ้าต้องการความเข้มข้นสูงกว่านี้ต้องกลั่น แอลกอฮอล์ที่ได้ออกเสียก่อน ในการทำเหล้ามักใส่เปลือกไม้หรือเก็บในถังไม้ใหญ่ ๆ เพื่อให้มี กลิ่นหอม

แอลกอฮอล์ที่บริสุทธิ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เรียกว่า Absolute alcohol

เอทิลแอลกอฮอล์ใช้เป็นตัวทำละลาย เช่น ละลายแลกเกอร์ หรือละลายยา (ทำพวก ทิงเจอร์ต่าง ๆ) หรือละลายน้ำมันหอมระเหย (Volatile oils) ในการทำน้ำหอม นอกจากนี้ใช้ ล้างกระจก ล้างรอยเปื้อนต่าง ๆ

เอทิลแอลกอฮอล์ที่เข้มข้นร้อยละ 70 ใช้ฆ่าเชื้อโรค ทำความสะอาดแผลได้ ถ้าความ เข้มข้นผิดไปจากนี้ไม่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค

เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol หรือ Ethanol) คือ เหล้าที่เราใช้รับประทานหรือใช้ เป็นยา เป็นของเหลวไม่มีสี ติดไฟง่าย ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย นอกจากรับประทานเข้าไปมาก ๆ

การใช้แอลกอฮอล์เป็นพลังงานทดแทนในรูปเชื้อเพลิงสามารถใช้ได้โดยผสมกับน้ำมัน เบนซินร้อยละ 20 เพื่อใช้กับรถยนต์ ซึ่งจะช่วยลดสารพิษของตะกั่วลงด้วยและยังใช้กับ เครื่องยนต์อื่น ๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งขณะนี้สถาบันการวิจัย ทั่วโลกกำลังศึกษาค้นคว้าและทดลองเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

3. โปรพิลแอลกอฮอล์ (Propyl alcohol, $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$) เป็นของเหลวไม่มีสี ใช้ทำความสะอาด หน้าต่างและกระจก

4. กลีเซอริน (Glycerine หรือ Glycerol) มีสูตร $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ เป็นของเหลวข้น คล้าย น้ำเชื่อม มีรสหวาน ดูดความชื้นได้ง่าย

กลีเซอรินเป็นสารพลอยได้ หรือ By-product ที่เกิดจากการทำสบู่ กลีเซอรินใช้ สำหรับถนอมผลไม้ ใส่ในลูกอมต่าง ๆ ให้ดูดความชื้นหรือไม่ให้เหนียว และใช้ผสมในยาและ เครื่องสำอาง อาจใช้ล้างคาน้ำชา กาแฟ หรือโกโก้ได้

5. **ซอร์บิทอลและแมนนิทอล (Sorbitol and Mannitol)** เป็นแอลกอฮอล์โมเลกุลใหญ่ แต่เป็นผงสีขาว มีรสหวานคล้ายน้ำตาล ใช้แทนน้ำตาลสำหรับคนลดความอ้วนหรือคนเป็นโรคเบาหวานซอร์บิทอลทำจากกลูโคส ส่วนแมนนิทอลทำจากพืชในมหาสมุทร สารทั้ง 2 ชนิดนี้มีในผักและผลไม้ตามธรรมชาติ มีฤทธิ์ระบายอ่อนๆ การดูดซึมช้ากว่าน้ำตาล แต่เมื่อดูดซึมเข้าไปในเลือดจะกลายเป็นน้ำตาลชั้นเดียว

6. **เมนทอล (Menthol)** พบในพืช เช่น ดอกไม้หอม ผิวของผลไม้ ใช้แต่งกลิ่นหรือทำน้ำหอม

การผลิตแอลกอฮอล์จากอ้อย

มีขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้เริ่มต้นจากการนำอ้อยมาบีบให้เป็นน้ำอ้อยในน้ำอ้อยจะมีน้ำตาลอยู่ราวร้อยละ 10-15 น้ำอ้อยที่ได้จะต้องผ่านเครื่องกรอง เพื่อแยกสิ่งสกปรกออกก่อน จากนั้นน้ำอ้อยจะถูกส่งเข้าสู่ถังเตรียม ซึ่งจะมีการเติมธาตุอาหารของเชื้อยีสต์ เช่น ซูเปอร์ฟอสเฟต แมงกานีสซัลเฟต แอมโมเนียมซัลเฟต หรือ แอมโมเนียมไนเตรดลงไป กวนผสมให้เข้ากัน จากนั้นก็นำเข้าสู่ถังหมัก ถึงขั้นตอนนี้จะมีความร้อนเกิดขึ้นจึงต้องระบายความร้อน โดยใช้น้ำเย็นชะโลมถังหมักด้านนอก เพื่อรักษาอุณหภูมิให้ได้ 30 องศาเซลเซียส เมื่อหมักครบ 48 ชั่วโมง จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น และน้ำอ้อยก็จะกลายเป็นเหล้าไวน์ ซึ่งมีเอทิลแอลกอฮอล์อยู่ประมาณร้อยละ 8 เหล้าไวน์นี้จะผ่านต่อไปยังถังเหวี่ยง เพื่อแยกตะกอนยีสต์ออกก่อนที่จะนำไปทำการกลั่น การกลั่นแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก จะได้แอลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 50 การกลั่นในขั้นตอนที่ 2 จะได้แอลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 95 และในขั้นตอนที่ 3 จะได้แอลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 99.5 จากการผลิตแอลกอฮอล์ด้วยวิธีนี้ จากอ้อย 1 ตัน จะผลิตแอลกอฮอล์ได้ประมาณ 70 ลิตร

ส่วนกากน้ำตาล ซึ่งเป็นผลตอบแทนได้จากการนำอ้อยมาผลิตเป็นน้ำตาลนั้น ในปี 2531 โรงงานน้ำตาลทั้งหมดผลิตกากน้ำตาลได้ทั้งสิ้น 1,372,020 ตัน ได้ส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ 269,963 ตัน กากน้ำตาลเป็นของเหลวที่หล่อเลี้ยงผลิตภัณฑ์น้ำตาลมีลักษณะขุ่นเหนียว สีน้ำตาลปนดำ ประกอบด้วยน้ำตาลซูโครสร้อยละ 30-40 น้ำตาลอินเวอร์ร้อยละ 10-25 หรือคิดเป็นน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 50-60 การนำกากน้ำตาลมาผลิตแอลกอฮอล์นั้น จะต้องทำให้ความเข้มข้นของน้ำตาลเหลือประมาณร้อยละ 13-20 ก่อน จึงจะนำเข้าสู่ถังหมักดำเนินการตามขั้นตอนเช่นเดียวกับการผลิตแอลกอฮอล์จากอ้อยจากกากน้ำตาล 1 ตัน ผลิตแอลกอฮอล์ได้ประมาณ 300 ลิตร

การผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลัง

มีขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้ก่อนอื่นล้างมันสำปะหลังให้สะอาดแยกเปลือกออกบดให้ละเอียดแล้วทำให้สุกด้วยวิธีอบไอน้ำ หรือึ่งที่อุณหภูมิประมาณ 143 องศาเซลเซียส ความดัน 4 บรรยากาศ นานประมาณ 2 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำไปใส่ในถังหมักเติมเอนไซม์ประมาณ

ร้อยละ 8 ลงไปด้วย เพื่อที่จะเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล น้ำตาลจะเกิดเร็วที่สุดที่อุณหภูมิประมาณ 61 องศาเซลเซียส เมื่อแป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาลสมบูรณ์แล้ว ต้องทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิประมาณ 31 องศาเซลเซียส แล้วเติมยีสต์ลงไปในถังพร้อมกับอาหารของเชื้อหมัก ตามวิธีการเกี่ยวกับการผลิตแอลกอฮอล์จากอ้อย โดยวิธีนี้ มันสำปะหลัง 1 ตัน จะผลิตแอลกอฮอล์ได้ประมาณ 160 ลิตร

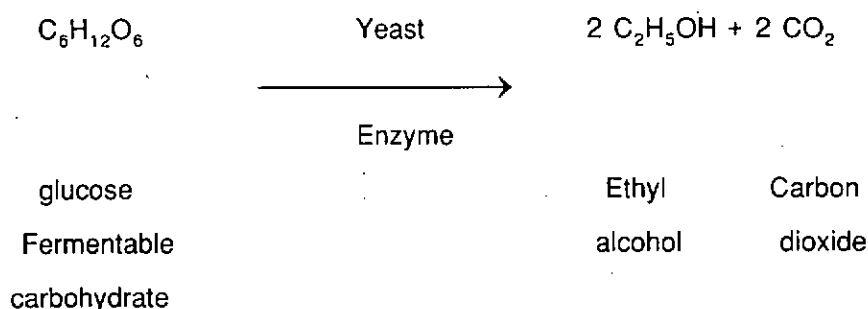
แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นวัตถุดิบเหล่านี้ สามารถจะนำไปผสมกับน้ำมันเบนซิน เรียกว่าก๊าซโซฮอล ใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ได้ ขณะนี้ประเทศบราซิล และสหรัฐอเมริกา ได้ใช้ก๊าซโซฮอลในรถยนต์กันอย่างแพร่หลายแล้ว

1.1 การหมักแอลกอฮอล์ (Alcohol fermentations) นอกเสียจากน้ำแล้ว แอลกอฮอล์ก็นับว่าเป็นตัวทำละลายและวัตถุดิบที่ใช้กันบ่อยที่สุด ในห้องทดลองและในอุตสาหกรรมทางเคมี เราอาจกล่าวถึงขบวนการผลิตเอทิลแอลกอฮอล์โดยสรุปดังนี้

1) สับสเตรท (Substrate) เอทิลแอลกอฮอล์สามารถที่จะผลิตขึ้นมาจากพวกคาร์โบไฮเดรตใดก็ได้ที่ยีสต์สามารถทำให้เกิดกระบวนการหมักได้ได้ เมื่อพวกแป้งอย่างเช่น ข้าวโพด สารคาร์โบไฮเดรตซับซ้อนอื่นๆ ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ ขั้นแรกก็จำเป็นจะต้องไฮโดรไลส์ให้เป็นน้ำตาลแบบง่ายๆ ที่เกิดกระบวนการหมักได้เสียก่อน การไฮโดรไลส์อาจใช้เอนไซม์จากข้าวมอลท์ที่กำลังงอก (Barley malt) หรือเอนไซม์จากรา หรือเติมกรดแล้วต้มวัตถุดิบที่ใช้กันโดยทั่วไปทั่วโลกมี พวกข้าวโพด กากน้ำตาล (Molasses) หัวผักกาดหวาน (Sugarbeets) มันฝรั่ง และองุ่น เป็นต้น

2) ตัวเชื้อที่ใช้ (Organism) ที่ใช้สำหรับการหมักโดยธรรมชาติใช้สายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้แล้วจากเชื้อ แซคคาโรไมยซิส ซีรีวีซีอี (*Saccharomyces cerevisiae*) เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ว่าเชื้อที่ใช้ต้องเป็นพวกที่เติบโตอย่างแข็งแรง และทนแอลกอฮอล์ได้สูงเหมือนกับที่มีความสามารถในการผลิตแอลกอฮอล์ได้จำนวนมาก การพยายามคัดเลือกและพัฒนาพันธุ์ยีสต์ที่ต้องการก็มุ่งมาทางพวกมีคุณสมบัติดีเลิศในทางนี้โดยเฉพาะ

3) ปฏิกริยา ความเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่ยีสต์ทำให้เกิดโดยสมบูรณ์แล้ว เป็นดังนี้



ขบวนการหมักโดยยีสต์ที่ได้ผลสุดท้ายเป็นเอทิลแอลกอฮอล์นั้นเป็นวิธีผลิตเมรัยในแบบอุตสาหกรรม เช่น เบียร์ เหล้าผลไม้ วิสกี้ เหล้ารัม (rum) และเหล้ายีน (gin) เป็นต้น

พลังงาน

ปัจจุบันโลกของเรามีทรัพยากรพลังงานน้อยลงมาก เนื่องมาจากว่ามนุษย์ใช้ทรัพยากรพลังงานอย่างสิ้นเปลือง ทำให้มนุษย์พยายามหาทางประหยัดการใช้พลังงาน โดยการพยายามพัฒนาพลังงานรูปอื่นมาทดแทน พลังงานทดแทนที่เป็นที่ต้องการมากที่สุด คือ พลังงานในรูปพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) และหาได้ในประเทศตน ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม พลังงานหมุนเวียนที่เป็นความหวังอีกอย่างหนึ่งคือ พลังงานจากชีวมวล

ความหมายของพลังงานชีวมวล

พลังงานเป็นทรัพยากรที่สำคัญที่ใช้ในการดำรงชีวิต เช่น น้ำมัน ถ่านหิน นิวเคลียร์ ความร้อนใต้พิภพ (Geothermal) ก๊าซธรรมชาติ และพลังงานลม เป็นต้น พลังงานเหล่านี้มีกำเนิดหรือเปลี่ยนรูปมาจากพลังงานเทอร์โมนิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์ ทั้งสิ้นและพลังงานที่สำคัญชนิดหนึ่งที่ได้จากสิ่งมีชีวิต คือ พลังงานชีวมวล

พลังงานชีวมวล หมายถึง พลังงานที่ได้จากมูลสัตว์หรืออินทรีย์สารต่างๆ ซึ่งมีกำเนิดมาจากพืชหรือสัตว์ รวมทั้งผลผลิตที่ได้จากการนำเปื่อยของพืชหรือสัตว์ ซึ่งจะก่อให้เกิดก๊าซต่างๆ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงให้พลังงานได้ พลังงานชีวมวลที่สำคัญมี

1. พลังงานจากไม้
2. แอลกอฮอล์
3. ก๊าซชีวภาพ

พลังงานชีวมวล เป็นพลังงานที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิตทั้งที่มาจากพืชและสัตว์และเป็นพลังงานหมุนเวียนซึ่งใช้ไปแล้วสามารถสร้างขึ้นมาทดแทนได้ เพราะชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงที่อาจจะกล่าวได้ว่าชีวมวลเป็นการสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ตามธรรมชาติ

ชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญต่อมนุษย์มานานแล้ว มนุษย์ได้ใช้เป็นแหล่งอาหาร ได้แก่ พืชจำพวก ข้าว ผัก ใช้เป็นยารักษาโรค ได้แก่ พืชสมุนไพร ใช้ปลูกสร้างที่อยู่อาศัย เช่น ไม้ เป็นต้น พลังงานชีวมวลมีศักยภาพที่จะเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ดีที่สุดอย่างหนึ่งในแง่ของความสะอาดในการนำมาใช้ เทคโนโลยีของการนำมาใช้และราคาก็ถูกถ้าจะเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงแล้ว ชีวมวลมีข้อได้เปรียบมากกว่า ทั้งนี้ เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงมีความเข้มต่ำและให้พลังงานไม่สม่ำเสมอ และถึงแม้พลังงานแสงอาทิตย์จะเป็นของได้เปล่า แต่เครื่องมือที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ก็มีราคาแพงมาก ทำให้ต้นทุนการผลิตพลังงานสูง

การใช้พลังงานของประเทศไทยมีข้อมูลดังนี้ เมื่อเทียบเท่าน้ำมันดิบ รวมทั้งสิ้น 22,927 พันตัน ในจำนวนนี้เป็นการใช้พลังงานในรูปของพลังงานสมัยใหม่ 16,023 พันตัน

หรือร้อยละ 69.9 และใช้ในรูปแบบของพลังงานหมุนเวียน 6,904 พันตัน หรือร้อยละ 30.1 นับว่าเป็นตัวเลขการใช้พลังงานที่ค่อนข้างสูง สำหรับประเทศที่กำลังพัฒนายังมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นกว่านี้อีกในปีต่อ ๆ ไป ในขณะที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ในปีหนึ่ง ๆ จะมีวัสดุเหลือทิ้งจากผลผลิตทางการเกษตรโดยเปล่าประโยชน์เป็นจำนวนมากมหาศาล เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย ชังข้าวโพด ชังปอ เปลือกสับปะรด ชี้เลื่อย แกลบ ไม่ต่ำกว่าปีละ 53 ล้านตัน ในจำนวนนี้ถ้าหักส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงสัตว์ไม่น้อยกว่าปีละ 24.6 ล้านตัน แล้วยังมีส่วนซึ่งเหลือทิ้งอีกอย่างน้อย 28.4 ล้านตัน ต่อปี คิดเป็นค่าความร้อนที่สูญเสียไปอย่างต่ำปีละ 87.7 10^{12} กิโลแคลอรี ของเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้มีคุณค่าควรที่จะพัฒนานำมาใช้ให้เป็นพลังงานได้ ถ้าได้รับการพัฒนาขึ้นมาอย่างถูกต้องตามหลักวิชา ย่อมเปลี่ยนวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ให้เป็นพลังงานรูปต่าง ๆ เช่น พลังงานกล พลังงานไฟฟ้า หรือนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับพาหนะต่าง ๆ ได้

การเปลี่ยนแปลงชีวมวลให้เป็นพลังงานมีอยู่ 2 กระบวนการใหญ่ ๆ ได้แก่ กระบวนการทางชีววิทยาและกระบวนการทางความร้อน มีรายละเอียดดังนี้ คือ

กระบวนการทางชีววิทยา (Biological process)

เป็นปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ (ชีวมวล) โดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ เนื่องจากจุลินทรีย์จะมีเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายเอนไซม์จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้สารอินทรีย์แตกตัวได้ที่อุณหภูมิและความดันปกติ กระบวนการนี้ยังแบ่งออกไปได้อีก 2 กระบวนการย่อยคือ การผลิตแอลกอฮอล์และการย่อยสลายชีวมวลไปเป็นก๊าซชีวภาพ

การผลิตแอลกอฮอล์ (Yeast fermentation) ผลผลิตทางการเกษตรที่นำมาผลิตแอลกอฮอล์ได้มีอยู่ 2 พวกคือ จำพวกแป้ง ได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าว ข้าวโพด และพวกน้ำตาล เช่น อ้อย ข้าวฟ่างหวาน เป็นต้น

บทปฏิบัติการที่ 8

การหมักแอลกอฮอล์จากเศษอาหาร

คำนำ

การหมักแอลกอฮอล์เป็นการแปรรูปอาหารวิธีหนึ่งในหลายๆ วิธีจากอาหารธรรมชาติ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดที่มีชื่อเรียกแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารธรรมชาติ วิธีการและชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการแปรรูป ได้แก่

เบียร์ ผลิตจากข้าวมอลต์ หมักด้วยยีสต์

ไวน์ ผลิตจากน้ำผลไม้ หมักด้วยยีสต์

สุรา อาจผลิตจากข้าวเหนียว ข้าวไรย์หรือน้ำผลไม้ หมักด้วยราและยีสต์ หรือยีสต์เพียงอย่างเดียว แล้วแต่ชนิดของสุรา แล้วกลั่นแอลกอฮอล์ที่ได้

กิจกรรมของจุลินทรีย์ต่อการหมักแอลกอฮอล์ก็คือราจะปล่อยเอนไซม์มาย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาล และยีสต์จะใช้น้ำตาลแล้วให้ผลผลิตเป็นแอลกอฮอล์ออกมา ดังนั้นการปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีกิจกรรมที่เราต้องการจึงเป็นสิ่งจำเป็นนอกจากนี้ ปัจจุบันยังมีการคัดพันธุ์ราและยีสต์ที่มีประสิทธิภาพดีในการผลิตอาหารประเภทนี้ ตลอดจนการปรับปรุงเทคโนโลยีในการผลิตให้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนบอกวิธีการหมักแอลกอฮอล์ได้
2. เพื่อให้นักเรียนสามารถนำหลักการของการหมักแอลกอฮอล์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

วัสดุและอุปกรณ์

1. เศษอาหารจากแหล่งต่างๆ
2. เครื่องปั่นผลไม้
3. ผ้าขาวบาง
4. น้ำตาลทราย
5. เครื่องวัดน้ำตาล (Saccharometer)
6. Saccharomyces cerevisiae

7. ขวดรูปชมพู่ที่ปราศจากเชื้อ
8. เตาก๊าซหรือเตาไฟฟ้า
9. แอมโมเนียมซัลเฟต
10. หม้อต้ม

วิธีทดลอง

1. ปั่นเศษอาหารแล้วกรองเอากากออกให้เหลือแต่สารละลาย
2. ปรับสารละลายให้มีความหวาน 25% (ทำโดยการวัดหาความหวานของสารละลายก่อนว่าเข้มข้นเท่าไร แล้วคำนวณหาว่าจะต้องเติมน้ำตาลอีกเท่าไร)
3. ปรับ pH ของสารละลายให้อยู่ในระหว่าง 3.8-4.5
4. ต้มให้มียูทงูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ใส่ขวดรูปชมพู่ที่ปราศจากเชื้อ ขนาด 100 มิลลิลิตร จำนวน 50 มิลลิลิตร เมื่อเย็นลง นำ *S. cerevisiae* มาเพาะเลี้ยงในสารละลายนี้ บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง เพื่อใช้เป็นเชื้อเริ่มต้น (Starter)
5. นำเชื้อเริ่มต้นใส่ลงในสารละลายที่ต้องการหมักจากข้อ 4 เขย่าให้เชื้อกระจายทั่ว ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน
6. เมื่อครบกำหนดแล้ว นำไปวัดปริมาณของแอลกอฮอล์

ผลการทดลอง

ชนิดของเศษอาหารที่ใช้ในการหมัก	ปริมาณของแอลกอฮอล์	กลั่นรส

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

จุลสาหร่าย (Microalgae)

สาหร่ายมีความสำคัญต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะ สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีคลอโรฟิลล์ภายในเซลล์ จึงสามารถดูดพลังงานแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ มาใช้ในการสร้างอาหารได้เอง โดยกระบวนการสังเคราะห์แสง สาหร่ายจึงมีบทบาทสำคัญในฐานะที่เป็นผู้ผลิต ปฐมภูมิ เป็นหน่วยสนองความต้องการพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ในฐานะ เป็นผู้บริโภคในห่วงโซ่อาหารและสายใยอาหาร ผลพลอยได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายจะช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำและอากาศ และช่วยลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศให้น้อยลง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตอื่น ทั้งทางตรงและทางอ้อม

สาหร่าย (Microalgae) เป็นพืชชั้นต่ำที่ไม่มีระบบท่อลำเลียง ท่ออาหาร มีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นชัดเจนด้วยตาเปล่า ต้องตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูง การดำรงชีพเป็นแบบพึ่งตนเอง โดยการผลิตสารอาหารและพลังงานผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง บริเวณที่พบจุลสาหร่ายคือแหล่งน้ำที่มีสีเขียว พื้นดินที่ชื้นแฉะ บนผิวใบไม้ ต้นไม้ ร่องน้ำหรือพื้นผนังที่มีความชื้นสูง จุลสาหร่ายชอบอยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อน (Colony)

จุลสาหร่ายจัดเป็นทรัพยากรชีวภาพ (Bioresource) ที่มีความสำคัญยิ่งทางเศรษฐกิจ เนื่องจากสามารถนำมาเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณเป็นจำนวนมากได้ตามความต้องการและมีศักยภาพในการนำมาเป็นวัตถุดิบของโรงงาน คุณค่าในเชิงพาณิชย์สูง อันได้แก่ กรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว วิตามิน กลีโคแลร รงควัตถุหรือสีธรรมชาติ และสารปฏิชีวนะ เป็นต้น

สาหร่าย แบ่งออกเป็นกลุ่มๆ ได้ 7 กลุ่ม คือ

1. คลอโรไฟตา (Division Chlorophyta) สาหร่ายในกลุ่มนี้มีชื่อเรียกทั่วไปว่า “สาหร่ายสีเขียว” เป็นสาหร่ายที่กลุ่มใหญ่ที่สุด พบทั้งในน้ำจืด น้ำเค็ม และน้ำกร่อย บางชนิดลอยตามผิวน้ำ บางชนิดเกาะกับพืชอื่นหรือก้อนหิน บางชนิดอาศัยอยู่ในเซลล์สิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น ในโปรโตซัว ไฮดรา หรือฟองน้ำ ในแหล่งน้ำธรรมชาติ บางครั้งจะพบว่า น้ำมีสีเขียวเข้ม เกิดขึ้น สีเขียวดังกล่าวคือ สาหร่ายในกลุ่มนี้เป็นส่วนใหญ่

2. ยูกลีโนไฟตา (Division Euglenophyta) สาหร่ายในกลุ่มนี้มีอยู่ 2 พวก คือพวกที่สังเคราะห์อาหารเองได้ และพวกที่สังเคราะห์อาหารเองไม่ได้ ส่วนใหญ่จะมีรูปร่างเป็นเซลล์เดี่ยว มีลักษณะคล้ายโปรโตซัว

3. แคโรไฟตา (Division Charophyta) สาหร่ายในกลุ่มนี้พบมากในบ่อน้ำจืด ในทะเลสาบ หรือแหล่งน้ำที่มีหินปูนละลายอยู่ สาหร่ายในกลุ่มนี้จะมีลักษณะคล้ายพืชชั้นสูงมาก เช่น มีส่วนที่ทำหน้าที่คล้ายลำต้น ใบและราก

4. ไฟโอไฟตา (Division Phaeophyta) สาหร่ายในกลุ่มนี้มีชื่อเรียกทั่วไปว่า “สาหร่ายสีน้ำตาล” เนื่องจากในเซลล์ของสาหร่ายกลุ่มนี้ มีรงควัตถุพวกฟูโคแซนทิน (Fucoxanthin) ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลมากกว่ารงควัตถุอื่น สาหร่ายในกลุ่มนี้มีประโยชน์ทางเศรษฐกิจมาก คือ บางชนิดใช้เป็นอาหารโดยตรง ซึ่งนิยมรับประทานกันในยุโรป บางชนิดนำมาสกัดสารประกอบพวกแอลจิน (Algin) เพื่อใช้ทำสี ทำยา และขนมหวานบางชนิด

5. ดิวิชันคริสตซ์ไฟตา (Division Chrysophyta) สาหร่ายในกลุ่มนี้มีรงควัตถุฟูโคแซนทินเหมือนสาหร่ายสีน้ำตาล แต่มีในปริมาณน้อยกว่า แบ่งออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ คือ สาหร่ายสีเขียวแกมเหลือง สีน้ำตาลแกมเหลืองและไดอะตอม กลุ่มที่มีประโยชน์ทางเศรษฐกิจมากคือไดอะตอม เนื่องจากการตายทับถมกันของพวกไดอะตอมเป็นเวลานานจนกลายเป็นไดอะตอมเอเชียส เอิร์ท (Diatomaceous earth) ซึ่งมีประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมต่างๆ มากมายเช่น ยาขัดเครื่องเงิน เครื่องทองเหลือง ใช้ในการฟอกสี และเป็นฉนวน

6. ดิวิชันไพโรไฟตา (Division Pyrrophyta) สาหร่ายในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะเป็นเซลล์เดียว พบทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม ในทะเลบางครั้งจะเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีแดง ส่วนใหญ่จะเกิดจากสาหร่ายในกลุ่มนี้เจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากผิดปกติ (Water boom) ซึ่งชาวทะเลเรียกว่าซีปลาว่าพ

7. ดิวิชันโรโดไฟตา (Division Rhodophyta) สาหร่ายในกลุ่มนี้มีชื่อเรียกทั่วไปว่า สาหร่ายสีแดง มีประโยชน์ต่อมนุษย์เช่นเดียวกับสาหร่ายสีน้ำตาล เนื่องจากสารเมือกที่สกัดออกจากผนังเซลล์เรียกว่าคาร์ราจีแนน (Carrageenan) นำมาผลิตเป็นวุ้นได้ นอกจากนี้สาหร่ายสีแดงยังนำมาประกอบเป็นอาหารโดยตรงที่ทุกคนรู้จักกันดีในชื่อ “จีไฉ่”

อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำจุลสาหร่ายมาใช้ประโยชน์ในการผลิต ได้แก่

1. อุตสาหกรรมอาหารสำหรับคน โดยการนำจุลสาหร่ายในสกุล *Spirulina*, *Chlorella*, *Dunaliella* และ *Monodus* มาผลิตในรูปอาหารเสริมสุขภาพ

2. อาหารสัตว์ *Spirulina*, *Oscillatoria*, *Scenedesmus*, *Tetraselmis* และ *Chaetoderos*

3. ผลิตภัณฑ์ชีวภาพเป็นการนำจุลสาหร่ายที่มีคุณสมบัติพิเศษในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ และมีความสามารถสร้างและปลดปล่อยสารกระตุ้นการเจริญเติบโตให้แก่พืช จุลสาหร่ายในกลุ่มนี้เป็นสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวในสกุล *Anabaena*, *Calothrix*, *Cylindrospermum*, *Nostoc*

4. ผลิตภัณฑ์เคมีภัณฑ์และสารปฏิชีวนะ ซึ่งได้จากจุลสาหร่ายในสกุล *Spirulina*, *Chlorella*, *Dunaliella* สามารถนำมาใช้แก้ไขปรับปรุง และรักษาสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำ โดยเฉพาะน้ำเสียจากโรงงานเพราะจุลสาหร่ายเป็นผู้ผลิตออกซิเจนจากกระบวนการสังเคราะห์แสง จุลสาหร่ายยังมีความสัมพันธ์พิเศษในการลดมลพิษทางน้ำ อันเกิดจากสารโลหะหนักจากโรงงาน อาทิ ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม และสารหนู

บทปฏิบัติการที่ 9

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายและไรแดงโดยใช้น้ำเสีย

บทนำ

สาหร่าย (Algae) เป็นพืชชั้นต่ำที่ไม่มีระบบท่อลำเลียงอาหาร มีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นชัดเจนด้วยตาเปล่า ต้องตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูง การดำรงชีพเป็นแบบพึ่งตนเอง โดยการผลิตสารอาหารและพลังงานผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง บริเวณที่พบสาหร่าย คือ แหล่งน้ำที่มีสีเขียว พื้นดินที่ชื้นแฉะ บนผิวใบไม้ ดินไม้ ร่องน้ำหรือพื้นผนังที่มีความชื้นสูง สาหร่ายชอบอยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อน (Colony)

สาหร่ายจัดเป็นทรัพยากรชีวภาพ (Bioresource) ที่มีความสำคัญยิ่งทางเศรษฐกิจ เนื่องจากสามารถนำมาเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณเป็นจำนวนมากได้ตามความต้องการและมีศักยภาพในการนำมาเป็นวัตถุดิบของโรงงาน คุณค่าในเชิงพาณิชย์สูง อันได้แก่ กรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว วิตามิน เกลือแร่ รังควัตถุหรือสีธรรมชาติ และสารปฏิชีวนะ เป็นต้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนบอกวิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายและไรแดงโดยใช้น้ำเสียได้
2. เปรียบเทียบปริมาณและการเจริญเติบโตของสาหร่ายและไรแดงที่เพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำเสียต่างชนิดกันได้
3. เลือกชนิดของน้ำเสียที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายและไรแดงได้
4. นำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาการเพาะเลี้ยงสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่จะใช้เป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

อุปกรณ์และสารเคมี

1. บีกเกอร์
2. ขวดรูปชมพู่
3. หลอดทดลอง
4. ที่วางหลอดทดลอง

5. หลอดฉีดยา
6. หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์
7. เครื่องปั๊มอากาศ
8. เครื่องชั่งไฟฟ้า
9. กล้องจุลทรรศน์
10. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
11. หลอดหยด
12. กระดาษยูนีเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์
13. ตู้อบ
14. สหรัยเกลียวทอง
15. น้ำตัวอย่างที่ใช้เพาะเลี้ยง
 - น้ำเสียจากโรงงานผลิตหน่อไม้กระป๋อง
 - น้ำเสียจากโรงงานผลิตผลไม้มะม่วง
 - น้ำเสียจากโรงงานทำปลาร้า

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองด้วยน้ำเสียชนิดต่าง ๆ

วิธีทดลอง

1. นำน้ำเสียจากโรงงานผลิตหน่อไม้กระป๋อง โรงงานผลิตผลไม้มะม่วงและโรงงานทำปลาร้าปริมาณอย่างละ 1,000 มิลลิลิตร มากรองด้วยผ้าขาวบาง
2. นำน้ำประปาผสมกับน้ำเสียจากโรงงานทั้งสามในอัตราส่วน 1:1
3. แบ่งน้ำตัวอย่างจากข้อ 2 ใส่ในบีกเกอร์ตัวอย่างละ 2 ใบ ในปริมาณ ใบละ 1,000 มิลลิลิตร รวมได้น้ำเสียตัวอย่างทั้งหมด 6 บีกเกอร์
4. นำน้ำใส่แต่ละบีกเกอร์แบ่งใส่ขวดรูปชมพู่บีกเกอร์ละ 2 ใบ ใบละ 500 มิลลิลิตร จะได้น้ำเสียตัวอย่างทั้งหมด 12 ขวด ติดสลากบอกชนิดของน้ำเสียแต่ละขวด
5. หาน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายเกลียวทอง โดยหยดน้ำที่มีสาหร่ายเกลียวทองลงไปในกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 1 นำเซลล์ของสาหร่ายเกลียวทองที่กรองได้ ไปอบแห้งในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักเซลล์แห้ง
6. นำขวดรูปชมพู่ทั้ง 12 ขวด มาใส่สาหร่ายเกลียวทอง โดยใช้หลอดหยดน้ำที่มีสาหร่ายเกลียวทองจำนวนขวดละ 1 หยด
7. ปิดฝาขวดรูปชมพู่ทุกขวดด้วยสำลี ใช้สายยางต่อกับเครื่องปั๊มอากาศลงไปทั้ง 12 ขวด เพื่อไม่ให้เกิดการตกตะกอน สารอาหารในน้ำเสียจะได้หมุนเวียนได้ทั่วถึง

8. ควบคุมแสงโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ 40 วัตต์ จำนวน 2 หลอด ระยะห่าง 25 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิห้อง ทิ้งไว้ 10 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลง

9. เมื่อครบ 10 วัน หาน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายเกลียวทองอีกครั้งหนึ่งเพื่อวัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทอง โดยเปรียบเทียบค่าน้ำหนักแห้งของสาหร่ายกับค่าน้ำหนักแห้งเริ่มต้นที่ได้ในข้อ 5

10. เปรียบเทียบค่าน้ำหนักแห้งของสาหร่ายเกลียวทองที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในน้ำเสียชนิดต่างๆ

ตอนที่ 2 การเพาะเลี้ยงไรแดงด้วยน้ำเสียชนิดต่าง ๆ

วิธีทดลอง

1. เตรียมตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานทั้งสามเหมือนการทดลองตอนที่ 1 โดยปฏิบัติตามข้อ 1-4

2. ใส่ไรแดงลงในขวดทั้ง 12 ขวด ขวดละ 10 ตัว

3. นับจำนวนไรแดงที่เปลี่ยนไปทุกวัน โดยใช้หลอดนิตยาดูดน้ำจากบริเวณต่างๆ ในขวด ขวดละ 10 ครั้ง ครั้งละ 1 มิลลิลิตร แล้วนับจำนวนแต่ละครั้งนำไปหาค่าเฉลี่ยต่อ 1 มิลลิลิตร แล้วคำนวณหาจำนวนทั้งหมดโดยประมาณ

4. เปรียบเทียบจำนวนไรแดงที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในน้ำเสียชนิดต่างๆ

ผลการทดลอง

ชนิดของน้ำ	ผลที่สังเกตได้											
	น้ำจากโรงงานผลิตหน่อไม้กระป๋อง				โรงงานผลิตผลไม้กระป๋อง				โรงงานทำปาล์ม			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
วันที่ 1												
2												

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

บทปฏิบัติการที่ 10

การขยายพันธุ์ผักและไม้ผลโดยใช้สารเหลือทิ้ง

คำนำ

ในขณะที่ทรัพยากรธรรมชาติในโลกได้ลดลง มนุษย์กลับมีความต้องการทรัพยากรเพิ่มขึ้นดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาหาแนวทางที่จะนำสารเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์อย่างใดก็ตาม ถึงแม้ว่าจะมีกระบวนการทางธรรมชาติที่ช่วยเปลี่ยนสภาพของสารเหลือทิ้งประเภทอินทรีย์สารที่อยู่เป็นจำนวนมาก เพื่อช่วยรักษาสังแวดล้อมที่อยู่ในสภาพคงตัวแต่ผลประโยชน์ที่ได้รับนั้นมีน้อยสารเหลือทิ้งที่มีอยู่เป็นจำนวนมากจึงเกินความสามารถของกระบวนการตามธรรมชาติที่จะจัดการให้มีการเปลี่ยนสภาพได้ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษขึ้น ดังนั้น มนุษย์จึงนำกระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการทางชีววิทยา เคมีและฟิสิกส์มาใช้ทดแทนการเปลี่ยนแปลงสภาพของเสียโดยวิธีธรรมชาติโดยตรง ซึ่งเกิดประโยชน์ให้เห็นได้อย่างเด่นชัด

การกำจัดสารเหลือทิ้งที่ไม่ได้ผลอาจแก้ไขได้โดยใช้กรรมวิธีที่จะเป็นการส่งเสริมผลผลิตของพืช ช่วยประหยัดพลังงาน ปรับปรุงคุณภาพของสิ่งแวดล้อมและทำให้สามารถพึ่งพาตนเองได้มากขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้เกษตรกรและคนในหมู่บ้านมีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นด้วย

วัตถุประสงค์

1. บอกวิธีการขยายพันธุ์ผักและไม้ผลโดยใช้สารเหลือทิ้งบางชนิดได้
2. บอกปัจจัยที่มีผลในการขยายพันธุ์พืชได้
3. เขียนแผนภาพแสดงขั้นตอนการขยายพันธุ์พืชโดยใช้สารเหลือทิ้งได้
4. เปรียบเทียบชนิดของสารเหลือทิ้งที่มีผลในการขยายพันธุ์พืชได้
5. เลือกใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมของสารเหลือทิ้งแต่ละชนิดในการขยายพันธุ์พืชได้
6. นำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้

อุปกรณ์และสารเคมี

1. กระป๋องนมขนาดใหญ่หรือถุงดำ
2. บีกเกอร์
3. ผ้าขาวบาง
4. กะบะทราย
5. ตูมีด
6. บัวรดน้ำ
7. ทราย
8. ใบไม้แห้ง
9. ขี้เถ้าแกลบ
10. ขุยมะพร้าว
11. มูลสุกร
12. น้ำมะพร้าวสด
13. ต้นกุยฉ่ายขาว
14. เมล็ดผลไม้ เช่น เงาะ ทุเรียน ลิ้นจี่ ฯ

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 การเจริญเติบโตของผักและไม้ผลในดินที่มีส่วนผสมของสารเหลือทิ้งต่างกัน

วิธีทดลอง

1. นำดิน ใบไม้แห้ง ขี้เถ้าแกลบ ขุยมะพร้าว มูลสุกรและทรายมาผสมกันในอัตราส่วน

ดังนี้

	ดิน	ใบไม้แห้ง	ขี้เถ้าแกลบ	ขุยมะพร้าว	ทราย
1.1	1	1	1	1	1
1.2	-	1	1	1	1
1.3	1	-	1	1	1
1.4	1	1	-	1	1
1.5	1	1	1	-	1
1.6	1	1	1	1	-

2. นำดินผสมในข้อ 1 ใส่ลงในกระป๋องขนาดใหญ่หรือถุงดำที่มีขนาดเท่ากันที่เตรียมไว้ ใส่ดินผสมประมาณ 2/3 ของกระป๋อง โดยใส่สัปดาห์ละ 2 กระป๋อง รวม 12 กระป๋อง เขียนสลากปิดแต่ละกระป๋อง บอกส่วนผสมให้ชัดเจน

3. นำต้นกุยฉ่ายขาวมาปลูกในดินผสม 6 กระป๋องแรก กระป๋องละ 4 ต้น ส่วนดินผสมที่เหลืออีก 6 กระป๋อง นำเมล็ดผลไม้มะลิ้นเดียวกันมาเพาะเมล็ด

4. รดน้ำทุกกระป๋อง กระป๋องละเท่า ๆ กัน ในเวลาเดียวกัน

5. สังเกตการเจริญเติบโตของกุยฉ่ายขาวและการงอกของเมล็ดผลไม้มะลิ้นที่ผลการทดลองทุกวันเป็นเวลา 15 วัน

6. นำดินที่มีอัตราส่วนของสารเหลือทิ้งที่เหมาะสมในการปลูกต้นกุยฉ่ายขาวและเพาะเมล็ดผลไม้มะลิ้น มาเตรียมใส่กระบะ ปลูกต้นกุยฉ่ายขาวและเพาะเมล็ดผลไม้มะลิ้นไว้เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ตอนที่ 2 การศึกษาความเข้มข้นของน้ำมะพร้าวที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักและไม้ผล

วิธีทดลอง

1. นำดินผสมที่มีอัตราส่วนของสารเหลือทิ้งที่เหมาะสมสำหรับปลูกกุยฉ่ายขาวและเพาะเมล็ดผลไม้มะลิ้นที่ได้จากผลการทดลองตอนที่ 1 มาเตรียมใส่กระป๋องขนาดใหญ่ จำนวน 12 กระป๋อง สำหรับ 6 กระป๋องแรกปลูกต้นกุยฉ่ายขาว อีก 6 กระป๋อง ปลูกผลไม้มะลิ้นที่ได้จากการเพาะเมล็ดในการทดลองตอนที่ 1 โดยกุยฉ่ายขาวเลือกกล้าต้นที่มีขนาดเท่ากันมาปลูก

2. นำกระป๋องที่ปลูกต้นกุยฉ่ายขาวและไม้ผลมาทำการทดลองดังนี้

กระป๋องที่ปลูกต้นกุยฉ่ายขาว

ชุดที่ 1 กระป๋องที่ 1 และ 2 รดด้วยน้ำมะพร้าวสด 75 เปอร์เซ็นต์ กระป๋องละ 30 มิลลิลิตร

ชุดที่ 2 กระป๋องที่ 3 และ 4 รดด้วยน้ำมะพร้าวสด 25 เปอร์เซ็นต์ กระป๋องละ 30 มิลลิลิตร

ชุดที่ 3 กระป๋องที่ 5 และ 6 รดด้วยน้ำประปา 100 เปอร์เซ็นต์ กระป๋องละ 30 มิลลิลิตร

กระป๋องที่ปลูกไม้ผล

ชุดที่ 1 กระป๋องที่ 7 และ 8 รดด้วยน้ำมะพร้าวสด 75 เปอร์เซ็นต์ กระป๋องละ 30 มิลลิลิตร

ชุดที่ 2 กระป๋องที่ 9 และ 10 รดด้วยน้ำมะพร้าวสด 25 เปอร์เซ็นต์ กระป๋องละ 30 มิลลิลิตร

ชุดที่ 3 กระป๋องที่ 10 และ 11 รดด้วยน้ำประปา 100 เปอร์เซ็นต์ กระป๋องละ 30 มิลลิลิตร

ผลการทดลอง

กระป๋องที่	สารที่ใช้รด	ผลที่สังเกตเห็น

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีการสร้างแหล่งวัตถุดิบใหม่

ปัจจุบันประชากรโลกกำลังประสบปัญหาการขาดแคลนอาหาร โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาทั้งหลาย จึงจำเป็นจะต้องแสวงหาแหล่งวัตถุดิบชนิดใหม่ เพื่อใช้ทดแทนแหล่งวัตถุดิบเดิมที่กำลังจะหมดไป แหล่งวัตถุดิบดังกล่าว ได้แก่ จุลินทรีย์โปรตีน เป็นต้น

จุลินทรีย์โปรตีน

จุลินทรีย์โปรตีนหรือที่เรียกว่า Single cell protein เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์คาดว่า จะใช้แทนอาหารประเภทโปรตีนซึ่งกำลังขาดแคลนได้ ในปี ค.ศ.1964 องค์การสหประชาชาติ โดยความร่วมมือของหน่วยงาน FAO WHO และ UNICEF ได้แสดงถึงความต้องการแห่งความปลอดภัยและคุณค่าอาหารของโปรตีนที่เหมาะสมคือ 1)จะต้องมีปริมาณโปรตีนสูง 2) คุณค่าทางด้านโภชนศาสตร์ของโปรตีนจะต้องเพียงพอ 3)จะต้องปราศจากกลิ่นรสที่จะเพิ่มให้แก่อาหาร 4) จะต้องการทดลองกับสัตว์เลี้ยงและศึกษาด้านโภชนศาสตร์ก่อนที่จะนำไปใช้กับมนุษย์

จุลินทรีย์โปรตีนได้เริ่มผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ในประเทศเยอรมัน ตั้งแต่สมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 เพื่อใช้เป็นอาหารของมนุษย์เป็นปริมาณถึง 16,000 ตันต่อปี จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตคือ *Candida utilis* ซึ่งเป็นยีสต์เจริญได้เร็วและมีปริมาณโปรตีนสูง และอุดมด้วยวิตามินบีรวม นอกจากนี้ยังสามารถใช้วัตถุดิบหลายชนิดมาเลี้ยงยีสต์นี้ ในประเทศอังกฤษใช้ประโยชน์จากยีสต์ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการทำเบียร์เป็นอาหารสัตว์เป็นปริมาณถึง 30,000 ตันต่อปี ส่วนประเทศไทยเริ่มมีการทดลองใช้ยีสต์เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ เนื่องจากแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์พวกได้จากกากถั่วเหลืองและปลาป่น ซึ่งนับวันจะมีราคาสูงและหาได้ยากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้น จุลินทรีย์โปรตีนจึงเป็นโปรตีนอีกแหล่งหนึ่งที่สมควรจะนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เพราะมีปริมาณโปรตีนสูงสามารถเลี้ยงได้ในระยะเวลาอันสั้นจากวัตถุดิบราคาถูกและประหยัดเนื้อที่ในการผลิต

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตจุลินทรีย์โปรตีน

ในสภาพการณ์ในปัจจุบัน วัตถุดิบที่เหมาะสมนำมาใช้ในการผลิตจุลินทรีย์โปรตีน ควรเป็นวัตถุดิบที่หาซื้อง่ายและราคาถูกรวมถึงความสะดวกในการขนส่งไปยังโรงงานผลิต สามารถถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ (Microbiologically degradable) ได้ และประการสุดท้าย วัตถุดิบควรมีความคงตัว และสามารถเก็บไว้ได้นาน

อย่างไรก็ตาม แหล่งวัตถุดิบที่สามารถใช้ในการผลิตจุลินทรีย์โปรตีนพอที่จะแบ่งออกได้ดังนี้

1. จากผลิตผลทางการเกษตร เช่น แป้ง น้ำตาล เซลล์ลูโลส วัตถุดิบพวกนี้เหมาะสมสำหรับการผลิตจุลินทรีย์โปรตีนในประเทศไทยอย่างมาก เพราะประเทศไทย เป็นประเทศเกษตรกรรม ตัวอย่างหนึ่งที่น่าสนใจคือ การผลิตจุลินทรีย์โปรตีนจากมันสำปะหลัง ได้มีการนำเอามันสำปะหลังที่มีการปะปนของจุลินทรีย์บางชนิดไปเลี้ยงสัตว์น้ำเจริญเติบโตเร็ว และสัตว์นั้นชอบกินผลิตภัณฑ์นี้มาก ดังนั้น ในปัจจุบันจึงมีการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้มาก โดยส่วนใหญ่จะศึกษาเกี่ยวกับชนิดของจุลินทรีย์ที่สามารถให้ปริมาณโปรตีนสูง และเมื่อนำไปทดลองเลี้ยงสัตว์แล้วให้คุณค่าทางโภชนาการสูงเพียงพอ

2) จากของเสีย เช่น ชานอ้อย มูลสัตว์และขยะ เป็นต้น ของเสียพวกนี้ส่วนใหญ่จะประกอบด้วย เซลล์ลูโลส ลิกโนเซลล์ลูโลส ดังนั้นการนำไปใช้จึงต้องผ่านขบวนการในการแปรรูปเสียก่อน

3) จากธรรมชาติ เช่น แก๊ส บีโตรเลียม และสาหร่าย

4) น้ำทิ้งจากแหล่งอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตสุรา น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมัน นอกจากนี้ยังมีน้ำหางนม (Whey) น้ำกรดที่ใช้ย่อยเยื่อกระดาษ (Sulfite waste liquor) อีกด้วย

อย่างไรก็ตาม ในแหล่งวัตถุดิบแต่ละชนิด ก็มีความจำเพาะต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้แหล่งวัตถุดิบนั้น

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตจุลินทรีย์โปรตีน

จุลินทรีย์ที่ใช้ผลิตเป็นจุลินทรีย์โปรตีนมีทั้งสาหร่าย ไส้เดือน แบคทีเรีย รา และยีสต์ ได้มีการศึกษาและทดลองใช้จุลินทรีย์มากชนิด เพื่อคัดเลือกมาผลิตเป็นจุลินทรีย์โปรตีน สำหรับลักษณะจุลินทรีย์ที่เหมาะสมควรมีคุณสมบัติดังนี้

1) เจริญได้เร็วในอาหารที่มีราคาถูก ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ในแหล่งนั้น ๆ
2) เจริญได้ในอาหารที่มีส่วนประกอบแบบง่าย ๆ มีความต้องการวิตามิน น้อยหรือไม่ต้องการเลย

3) คงลักษณะทางพันธุกรรมได้ดีไม่กลายพันธุ์ง่าย เมื่อเลี้ยงติดต่อกันเป็นเวลานาน
4) การแยกและเก็บเกี่ยวเซลล์ง่าย
5) มีความต้านทานต่อการปะปนของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ
6) ทราบคุณสมบัติทางพันธุกรรม และทางสรีรวิทยาและสามารถปรับปรุงทางด้านพันธุกรรมได้

7) สามารถใช้แหล่งพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8) หลังจากผ่านขบวนการแล้วมีวัสดุเหลือทิ้งน้อยหรือไม่เลย

- 9) ไม่เป็นพิษ และทำให้เกิดอาการภูมิแพ้
- 10) ให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตสูง
- 11) เก็บรักษาง่าย เช่น โดยการทำให้แห้ง

สาหร่าย จัดเป็น Autotrophic microorganism มีปริมาณโปรตีนสูง สามารถเพาะเลี้ยงได้ตลอดฤดูกาล มีวิตามินซี และวิตามินบีรวมสูง สามารถใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ได้ สะสมคาร์โบไฮเดรต และไขมันได้ดี สามารถใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอนได้ ต้องการน้ำปริมาณน้อย สามารถเพาะเลี้ยงในที่แห้งแล้ง และบริเวณที่ไม่ใช้ในการเพาะปลูก

ไลเคน มีรายงานว่าไลเคน (*Centraria isolandi*) สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนหรือเป็นอาหารของมนุษย์ได้

แบคทีเรีย แบคทีเรียสามารถใช้เป็นอาหารมนุษย์เพราะมีปริมาณโปรตีนสูงและมีอัตราการเจริญสูงกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น แต่มีข้อเสียที่ขนาดเซลล์เล็กประมาณ 5-10 ไมครอนทำให้เก็บเกี่ยวผลิตภัณฑ์ได้ยาก

เชื้อรา มีราหลายชนิดที่ใช้เป็นอาหารมานานโดยเฉพาะเห็ด ได้ใช้เป็นอาหารมนุษย์อย่างแพร่หลาย เช่น *Agaricus campestris*, *Cortinellus berkelyanes*, *Volvaria volvacea* ส่วนในเยอรมันในสมัยสงครามโลกครั้งที่สองเลี้ยงราพวก *Geotrichum candidum* เนื่องจากมีวิตามินและโปรตีนสูง นอกจากนี้ราพวก *Geotrichum lactis* สามารถเลี้ยงได้โดยใช้กากถั่วเหลืองจากนม และของเสียที่มีซัลเฟอร์ อย่างไรก็ตามราที่ใช้เป็นอาหารโปรตีนในปัจจุบันพบว่ามี เมทโรไอนีน กรดกลูตามิก โรโบฟลาวิน และ วิตามินบี 12 อยู่ด้วย ส่วนอื่นๆ ใช้เป็นแหล่งโปรตีนได้แก่ *Fusarium* sp. และ *Rhizopus* sp.

ยีสต์ ยีสต์นับว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดในบรรดาจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีน และใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่สมัยสงครามโลกครั้งที่สอง เนื่องจากการขาดแคลนโปรตีนยีสต์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ *Candida utilis* นอกจากนี้ยังมี *Rhodotorula gracilis*, *Saccharomyces cerevisiae*, *S. carlsbergensis*, *C. tropicalis*, *Trichosporon pullulans* ปริมาณโปรตีนที่ได้จากยีสต์ประมาณ 44-54% ของน้ำหนักแห้ง

คุณค่าทางอาหารของยีสต์ เนื่องจากภายในเซลล์ยีสต์มีส่วนประกอบของสารและเกลือแร่หลายชนิดเป็นปริมาณมาก ซึ่งเหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารเสริมในอาหารสัตว์โดยเฉพาะโปรตีนซึ่งเฉลี่ยแล้วในเซลล์ยีสต์ ประกอบด้วยโปรตีนทั้งหมดประมาณ 45-50% ของน้ำหนักแห้ง เป็นโปรตีนแท้ๆ ประมาณ 40% ของน้ำหนักแห้งในส่วนของโปรตีนทั้งหมด ประกอบด้วยกรดอะมิโนประมาณ 30% และเป็นกรดนิวคลีอิกประมาณ 2% และแอมโมเนีย 8% คุณค่าทางอาหารสัตว์ไม่ได้ขึ้นกับปริมาณสารทั้งหมดที่มีอยู่ในเซลล์แต่เพียงประการเดียว แต่ขึ้นกับคุณภาพของการย่อย (Digestibility) ค่า Biological Value ค่า Net Protein Utilization (NPU) และ Protein Efficiency Ratio (PER) ด้วย นอกจากนี้ยังขึ้นกับชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน

หลายชนิดซึ่งส่วนใหญ่เป็นการดอมิโนที่จำเป็นสำหรับร่างกาย และการดอมิโนแต่ละชนิดก็แตกต่างกันไป

นอกจากจะให้คุณค่าทางด้านโปรตีนแล้ว ภายในเซลล์ของยีสต์ยังประกอบด้วยแหล่งของวิตามิน บี รวมหลายชนิดที่เหมาะสมสำหรับเป็นอาหารเสริมในอาหารคนและสัตว์

การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter Decomposition)

อินทรีย์วัตถุที่ผสมคลุกเคล้าลงไปในดิน และเกิดการสลายตัวในดินนั้นมาจากหลายทางด้วยกัน เช่น จากการร่วงหล่นของใบ กิ่ง และส่วนต่างๆ ของพืช จากส่วนที่อยู่ในดินของพืช เช่น ราก แขนงหัว ฯลฯ จากสัตว์และสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ จากเซลล์ของจุลินทรีย์ดิน ฯลฯ อินทรีย์วัตถุต่างๆ เหล่านี้ประกอบด้วยอินทรีย์สารที่มีธรรมชาติทางเคมี (Chemical nature) ที่ต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิด อายุสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่อินทรีย์วัตถุนั้นๆ ขึ้นอยู่ แม้แต่ในอินทรีย์วัตถุชนิดเดียวกัน เป็นต้นว่า ในพืชก็ยังไม่ปรากฏว่ามีอินทรีย์สารที่แตกต่างกันไป ยกตัวอย่างเช่น อินทรีย์สารในพืชนั้นประกอบด้วย Cellulose ประมาณ 15 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ Hemicellulose 10 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ lignin 5 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ อินทรีย์สารที่ละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน และพวก aliphatic acid รวมกัน 5 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้มีพวกที่ละลายได้ใน ether และแอลกอฮอล์ เช่น Fat, Oil, Wax, Resin และ Pigment มีโปรตีนซึ่งมีธาตุที่สำคัญ คือ ไนโตรเจน และกำมะถัน และส่วนประกอบอื่นๆ ที่เป็นเถ้า (หาโดยวิธี Ashing) หรือพวกธาตุ (Mineral) ต่างๆ ประมาณ 1 ถึง 13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพืชมีอายุมากขึ้น ส่วนประกอบที่ละลายน้ำได้ โปรตีน และพวกธาตุต่างๆ จะลดลง แต่ Cellulose, Hemicellulose และ Lignin จะเพิ่มขึ้น

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ ได้แก่พวก "Heterotrophic" คือ พวกที่ต้องได้รับแหล่งของพลังงานและคาร์บอนจากอินทรีย์วัตถุหรืออินทรีย์สาร จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้มีอยู่ในดินเป็นจำนวนมากชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดมีเอนไซม์ (Enzyme) แตกต่างกันไป บางชนิดมีเอนไซม์หลายชนิดที่สามารถย่อยอินทรีย์สารได้จำนวนมากชนิดด้วยกัน จุลินทรีย์บางชนิดมีเอนไซม์จำกัดอยู่เพียงบางชนิด ดังนั้น เมื่อมีอินทรีย์วัตถุผสมคลุกเคล้าลงไปในดินในระยะเวลาหนึ่ง จะมีจุลินทรีย์กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งหรือหลายกลุ่มเข้าทำการย่อยสลายและเจริญอยู่ ต่อมาอีกระยะหนึ่งจะมีจุลินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่งซึ่งอาจเหมือนหรือไม่เหมือนกับกลุ่มแรกๆ ก็ได้เจริญอยู่ ปกติจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินโดยทั่วไปนั้น อาจแบ่งได้ 3 กลุ่มใหญ่ๆ ด้วยกันคือ

- 1) จุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้หรือได้รับพลังงานและคาร์บอนจากอินทรีย์วัตถุที่ใส่ลงไปโดยตรง
- 2) จุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้อินทรีย์สารที่เกิดขึ้นระหว่างการสลายตัว (Intermediate product) ของอินทรีย์วัตถุที่ใส่ลงไป และ
- 3) จุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้หรือได้รับพลังงานและคาร์บอนจาก Protoplasm ของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ 1 และ 2

อินทรีย์สารที่ถูกย่อยจนมีอนุขนาดเล็กและผ่านผนังเซลล์เข้าไปนั้น ทำหน้าที่สองประการด้วยกัน ประการแรกทำหน้าที่เป็นแหล่งให้พลังงาน และประการที่สองทำหน้าที่เป็นแหล่งคาร์บอน ตามนัยของหน้าที่ประการที่สองนี้ คาร์บอนจากอินทรีย์วัตถุจะถูกเปลี่ยนให้เป็น “Protoplasmic carbon” ของเซลล์ของจุลินทรีย์ (เซลล์ของจุลินทรีย์ประกอบด้วยคาร์บอนประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์) กระบวนการเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า “Assimilation หรือ Carbon Assimilation

ในสภาพที่ดินมีการถ่ายเทอากาศดี ประมาณ 20 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนจากอินทรีย์วัตถุจะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนของเซลล์ของจุลินทรีย์ ส่วนที่เหลือจะเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และสารประกอบอื่นๆ การเปลี่ยนคาร์บอนจากอินทรีย์วัตถุเป็นคาร์บอนของเซลล์ดังกล่าวนี้ จุลินทรีย์พวกกรานับได้ว่าเป็นพวกที่มีประสิทธิภาพที่สุด คือสามารถเปลี่ยนได้มากถึง 30 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่จุลินทรีย์พวก Aerobic bacteria เปลี่ยนได้เพียง 4 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ และพวก Anaerobic bacteria เปลี่ยนได้ประมาณ 2 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

การเปลี่ยนคาร์บอนจากอินทรีย์วัตถุเป็นคาร์บอนของเซลล์มีปัจจัยที่ควบคุมหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ธรรมชาติของอินทรีย์วัตถุ การถ่ายเทอากาศของดิน ดังกล่าวแล้ว นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องอีกหลายปัจจัย เช่น ปริมาณของธาตุต่างๆ เป็นต้นว่า ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน ฯลฯ รวมทั้งสภาพแวดล้อมอื่นๆ ภายในดินด้วย

การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุและการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์

ในการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์นั้น จุลินทรีย์ใช้คาร์บอนส่วนหนึ่งรวมไว้เป็นส่วนของเซลล์โดยกระบวนการที่เรียกว่า “Assimilation” คาร์บอนอีกส่วนหนึ่งจะถูกเพิ่มออกซิเจนเปลี่ยนเป็นสารประกอบคาร์บอนที่มี Oxidation state สูงกว่า (หรือเท่ากับในบางกรณี) และถ้าการเพิ่มออกซิเจนเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ คาร์บอนในอินทรีย์วัตถุจะเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเติมออกซิเจนแก่อินทรีย์วัตถุหรืออินทรีย์สารนี้ กระตุ้นโดยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ และจุลินทรีย์ได้พลังงานสำหรับการเจริญเติบโตและขยายจำนวนเซลล์จากกระบวนการนี้ จุลินทรีย์ที่ได้รับประโยชน์จากกระบวนการนี้คือพวก Heterotroph

การวัดปริมาณหรืออัตราการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ กระทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น

1) วัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ถูกปลดปล่อยออกมาโดยตรงหรือวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไป

2) วัดปริมาณของอินทรีย์วัตถุที่ลดลงโดยวิธีทางเคมีหรือการชั่งน้ำหนัก (Weight loss)

3) วัดปริมาณการสูญเสียอินทรีย์สารบางชนิด เช่น Cellulose หรือ Lignin

ในขณะที่อินทรีย์วัตถุในอินสลายตัวนั้น มักมีสารพวก Intermediate product เกิดขึ้นเสมอในดินที่มีการถ่ายเทอากาศดี สารที่เกิดขึ้น ได้แก่ พวกรด และแอลกอฮอล์ แต่จะไม่สะสมอยู่นานจะถูกใช้ต่อไปโดยจุลินทรีย์พวกแบคทีเรีย แอคติโนไมซีทและรา ตรงกันข้ามกับดินที่มีการถ่ายเทอากาศไม่ดี สารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นมักสะสมอยู่ได้เป็นเวลานานๆ กรดที่มักพบเสมอว่าสะสมอยู่ในดินหลังการสลายตัวของอินทรีย์สาร ได้แก่ Acetic acid, Formic acid และ Simple organic acid อื่นๆ แต่สองชนิดแรกมักมีอยู่ในปริมาณที่มากกว่า มีผู้เคยพบว่า Acetic acid นั้น มีมากถึง 0.73 ถึง 10.8 meq/100 กรัมของดิน

การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุที่ใส่ลงไปในดิน

การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุหรือสารประกอบอินทรีย์คาร์บอน ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากสารอินทรีย์เป็นสารอนินทรีย์ (Mineralization) นั้น ถูกควบคุมโดยปัจจัยต่างๆ มากมายด้วยกันนับตั้งแต่องค์ประกอบทางเคมีของอินทรีย์วัตถุเองจนถึงสภาพแวดล้อมต่างๆ ภายในดินแทบทุกด้าน เช่น อุณหภูมิ การถ่ายเทอากาศ ความชื้น pH ธาตุต่างๆ และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio) ของอินทรีย์วัตถุที่ใส่ลงไปในดิน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีก เช่น อายุของพืช หรืออินทรีย์วัตถุที่ใส่ และปัจจัยอื่นๆ ที่มีส่วนควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์พวก Heterotroph โดยทั่วไป

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง มีส่วนควบคุมความเร็วของการสลายตัว การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ หมายถึง การเปลี่ยนชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่จะเข้าย่อยสลายอินทรีย์วัตถุด้วย โดยทั่วไปการสลายตัวจะเกิดขึ้นช้ามากเมื่ออุณหภูมิต่ำ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการสลายตัวจะเร็วขึ้นและมีคาร์บอนไดออกไซด์ปลดปล่อยออกมาอย่างมาก อย่างไรก็ตาม การสลายตัวจะเกิดขึ้นได้ในอัตราสูงสุดเมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 30-40 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ในดินนั้น บางชนิดอาจเจริญและมีกิจกรรมและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงดังกล่าวนี้ การสลายตัวจะมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก อัตราการสลายตัวจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดตอนเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 5-30 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิเกิน 40 องศาเซลเซียส อัตราการสลายตัวจะช้าลง ยกเว้นในดินบางชนิดที่มีจุลินทรีย์พวก Thermophilic อยู่มาก ๆ

บทปฏิบัติการที่ 11

การผลิตปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายเซลล์เดียว

คำนำ

ปุ๋ยชีวภาพ หมายถึง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่มีเชื้อจุลินทรีย์เป็นตัวออกฤทธิ์ในการก่อให้เกิดปฏิกิริยาเพื่อการทำให้พืชได้รับธาตุอาหารที่ต้องการ เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สังเคราะห์แสงได้และเจริญในดินที่มีน้ำจืดหรือน้ำเค็มขังได้ บางชนิดมีคุณสมบัติในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้อยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนียมและปลดปล่อยให้กับพืช

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนสามารถขยายพันธุ์สาหร่ายเซลล์เดียวให้มีปริมาณเพียงพอต่อการใช้ได้
2. เพื่อให้นักเรียนบอกปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเซลล์เดียวได้
3. เพื่อให้นักเรียนทดลองผลิตหัวเชื้อปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายเซลล์เดียวได้
4. เพื่อให้นักเรียนบอกหลักการผลิตปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายเซลล์เดียวได้
5. เพื่อให้นักเรียนสรุปปัจจัยหลักที่มีผลต่อกระบวนการในการผลิตปุ๋ยชีวภาพได้
7. เพื่อให้นักเรียนนำหลักการการผลิตปุ๋ยชีวภาพไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดฟ้นอากาศ
2. หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์
3. อ่างเคลือบ
4. กระดาษกรอง
5. กล้องจุลทรรศน์
6. อาหารสำหรับเลี้ยงสาหร่าย
7. ตูบมเชื้อ
8. จานเพาะเชื้อ
9. ขวดปากกว้าง

9. ขวดปากกว้าง
10. คอกไม้สำหรับกองปุ๋ย
11. พันธุ์สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว
12. ดินร่วน
13. มูลสัตว์ เช่น มูลไก่ มูลวัว มูลสุกร ฯ
14. หินฟอสเฟต

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวเพื่อขยายพันธุ์

วิธีทดลอง

1. เก็บตัวอย่างสาหร่ายจากดินมาใส่ในขวดตัวอย่าง เดิมอาหารเลี้ยงเชื้อสาหร่ายลงไปขวด นำไปตั้งไว้ในตู้บ่มเชื้อ ให้แสงโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประมาณ 2 สัปดาห์ สังเกตการเจริญเติบโตของสาหร่าย
2. แยกเชื้อสาหร่ายให้บริสุทธิ์ โดยนำสาหร่ายที่เจริญเติบโตในขวดตัวอย่างมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ คัดเลือกเฉพาะสาหร่ายชนิดที่ตรงในโตรเจนได้
3. เชื้อเชื้อสาหร่ายที่ตรงในโตรเจนลงบนอาหารร่วน ในจานเพาะเชื้อในสภาพปลอดเชื้อ ให้แสงโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ เพื่อให้สาหร่ายเจริญเติบโตทำเช่นเดียวกันนี้ 3 ครั้ง จนกระทั่งได้สาหร่ายพันธุ์บริสุทธิ์
4. ขยายปริมาณการผลิตสาหร่าย โดยใช้ขวดพ่นอากาศ ภายใต้แสงไฟ
5. ขยายปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น โดยเลี้ยงในอ่างซีเมนต์ เป็นเวลา 7-10 วัน
6. เก็บเกี่ยวมวลสาหร่ายที่ได้จากการเพาะเลี้ยง โดยการกรอง แล้วนำไปใช้ในการผลิตปุ๋ยชีวภาพต่อไป

ตอนที่ 2 การผลิตปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว

วิธีทดลอง

1. กั้นคอกสำหรับกองปุ๋ย หรืออาจใช้ขวดน้ำดื่มพลาสติกขนาดใหญ่มาตัดให้เป็นวงสูงประมาณ 1/2 เมตร จำนวน 7 คอก
2. ผสมหินฟอสเฟตและปุ๋ยหมัก ในอัตราส่วนหินฟอสเฟต : ปุ๋ยหมักเท่ากับ 1:1 ใช้เป็นวัสดุรองรับในการหมักปุ๋ยชีวภาพ
3. นำมวลสาหร่ายที่กรองได้จากการทดลองตอนที่ 1 มาผสมคลุกเคล้ากับวัสดุรองรับที่เตรียมไว้ในข้อ 2 โดยใช้อัตราส่วนของปริมาณสาหร่ายคิดเป็นน้ำหนักแห้ง 30 กรัม ต่อวัสดุรองรับ 1 กิโลกรัม

- 4. นำส่วนผสมที่เตรียมไว้ทั้งหมดมากรองเป็นชั้นๆ ในคอกที่เตรียมไว้ ใช้ดินร่วนโรยทับ ใช้ดินร่วนโรยทับระหว่างชั้นของกองปุ๋ย พร้อมทั้งเติมมูลสัตว์ต่างๆ ลงไประหว่างชั้น รดน้ำให้ชุ่ม
- 5. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2-4 จำนวนทั้งหมด 4 คอก เหลืออีก 3 คอก ไม่ต้องใส่อะไรไว้ ใช้กลับกองปุ๋ย
- 6. สังเกตกองปุ๋ยหมักทั้ง 4 คอก เป็นเวลา 2 เดือน โดยคอกที่ 1 ไม่มีการเกลี่ยกลับ กองปุ๋ย คอกที่ 2, 3 และ 4 เกลี่ยกลับกองปุ๋ยทุก ๆ 10, 20 และ 30 วัน ตามลำดับ
- 7. บันทึกผลการทดลองทุก 10 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสารในกองปุ๋ย เปรียบเทียบผลการทดลองที่เกิดขึ้น

ผลการทดลอง

สัปดาห์ที่	ผลการเปลี่ยนแปลง

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

การผลิตปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายในประเทศไทย

ในปัจจุบันสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ได้เริ่มผลิตปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว ที่มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศเพื่อทดลองใช้ในนาข้าวโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การคัดเลือก และปรับปรุงสายพันธุ์สาหร่ายที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยชีวภาพ โดย

1.1 เก็บตัวอย่างสาหร่ายจากดินนาทั่วประเทศนำมาใส่ในขวดตัวอย่างแล้วเติมอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้คัดเลือกเฉพาะสาหร่ายที่ตรึงไนโตรเจนได้ (Selective media) นำไปตั้งบ่มไว้ในตู้บ่มเชื้อให้แสงโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประมาณ 2-4 สัปดาห์ จะพบว่าสาหร่ายเจริญเติบโตเป็นกลุ่มเซลล์เห็นได้อย่างชัดเจน

1.2 แยกเชื้อสาหร่ายให้บริสุทธิ์โดยนำสาหร่ายที่เจริญเติบโตในขวดตัวอย่างมาส่งด้วยกล้องจุลทรรศน์เพื่อให้แน่ใจว่าเป็นสาหร่ายชนิดที่ตรึงไนโตรเจนได้แล้วจึงเชื้อลงบนอาหารวุ้นในจานเพาะเชื้อ ให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อให้สาหร่ายเจริญเติบโตในขั้นนี้จะต้องทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ในสภาพปลอดเชื้อจนกระทั่งได้สาหร่ายพันธุ์ บริสุทธิ์ (Unialgal) โดยเก็บรักษาไว้ในคลังเก็บเชื้อสาหร่าย (Algal culture collection) ซึ่งขณะนี้มีสาหร่ายในคลังเก็บเชื้อทั้งสิ้น 11 สกุล 230 ชนิด (Species)

1.3 ทดสอบความสามารถในการเจริญเติบโตของสาหร่ายในสภาพการตรึงไนโตรเจนจากอากาศความทนทานต่อยาปราบศัตรูพืช และยาปราบวัชพืชรวมทั้งความทนทานต่อความเค็มในอาหารเหลว

2. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อขยายพันธุ์

2.1 ขยายปริมาณการผลิตสาหร่ายที่ผ่านการคัดเลือกแล้วใช้ขวดฟองอากาศขนาด 2-4 ลิตรภายใต้แสงไฟ การฟองอากาศจะช่วยกวนให้สาหร่ายไม่ตกตะกอนและเจริญเติบโตได้ดีเนื่องจากได้รับอาหารและแสงอย่างทั่วถึง

2.2 ขยายปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นในขวดหรือถังฟองอากาศขนาด 10-20 ลิตรในสภาพการเพาะเลี้ยงกลางแจ้ง

2.3 ผลิตมวลสาหร่ายปริมาณมาก (Biomass production) ในถึงกวนขนาด 500-1,000 ลิตร หรือในอ่างซีเมนต์ขนาด 5,000-10,000 ลิตร

2.4 เก็บเกี่ยวมวลสาหร่ายที่ได้จากการเพาะเลี้ยงซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 7-10 วันโดยการกรอง มวลสาหร่ายที่กรองได้นี้จะถูกนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพในขั้นตอนต่อไป

3. การผลิตปุ๋ยชีวภาพเพื่อนำไปใช้ประโยชน์

3.1 นำมวลสาหร่ายที่กรองได้มาผสมคลุกเคล้ากับวัสดุรองรับ (หินฟอสเฟต : ปุ๋ยหมักในอัตราส่วน 1:1) การผลิตปุ๋ยชีวภาพเพื่อใช้เป็นหัวเชื้อ สำหรับเกษตรกรจะนำไปใช้ผลิตปุ๋ยชีวภาพไว้ใช้เองจะใช้ปริมาณสาหร่ายคิดเป็นน้ำหนักแห้ง 30 กรัม ต่อวัสดุรองรับ 1 กิโลกรัม

ในการผลิตปุ๋ยชีวภาพ เพื่อนำไปใช้ในนาข้าวโดยตรงจะใช้ปริมาณสาหร่ายคิดเป็นน้ำหนักแห้ง 10 กรัม ต่อวัสดุรองรับ 1 กิโลกรัม

3.2 การตรวจสอบคุณภาพปุ๋ยชีวภาพ โดยการตรวจความสามารถในการมีชีวิตและเจริญเติบโตของสาหร่าย ทั้งในแง่ชนิด และปริมาณของสาหร่ายที่ใช้ในการผลิตปุ๋ย จากการตรวจสอบคุณภาพพบว่าแม้จะมีการเก็บปุ๋ยไว้เป็นเวลานานนับปี สาหร่ายก็ยังสามารถเจริญเติบโตได้

Division Cyanophyta

สัณฐานวิทยา

สาหร่าย Division นี้ มีชื่อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Blue-green algae ทั้งนี้เนื่องจากในเซลล์นอกจากจะมี Chlorophyll a, B-carotene, Flavicin, Wanthophyll 2 ชนิด คือ Myxoxanthin และ Myxoxanthophyll แล้วยังมี C-phycoerythrin และ C-phyocyanin ซึ่ง C-phyocyanin เป็นตัวสำคัญที่ทำให้เกิดสีน้ำเงิน ขนาดของเซลล์มีตั้งแต่ขนาดเล็กมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จนถึงขนาดใหญ่ เซลล์มักอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม มีเยื่อเมือก หรือวุ้นห่อหุ้ม นิวเคลียสของแต่ละเซลล์เป็นแบบ Prokaryotic cell กล่าวคือ ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส (Nuclear membrane) ทำให้สารพันธุกรรมกระจายทั่วเซลล์ Cell wall เป็นสารพวก เซลล์ลูโลสและ Pectin ไม่มีแฟลกเจลลา อาหารสะสมอยู่ในรูปของคาร์โบไฮเดรต ที่เรียกว่า Cyanophycean starch

ที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ

สาหร่ายพวกนี้มีสมาชิกประมาณ 1500 Species พบแพร่กระจายทั้งในน้ำจืด น้ำเค็ม และในดินที่ชื้นแฉะ บางชนิดเป็นแพลงตอนที่พบในแหล่งน้ำจืดและทะเลสาบทั่วไปได้แก่ Chroococcus, Coelosphaerium, Polycystis และ Anabaena

การสืบพันธุ์

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีเฉพาะการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศหลายวิธีดังนี้

1. Binary fission สาหร่ายที่อยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ จะมีการแบ่งเซลล์สร้างเซลล์ใหม่
2. Fragmentation โดย Thallus หรือสายที่หักหรือขาดเป็นท่อนๆ แล้วแต่ละท่อน

สามารถเจริญเป็นสาหร่ายใหม่ได้

3. Akinete เป็น Resting spore ที่สร้างขึ้นในสาหร่ายที่เป็นสาย ในหนึ่งสายอาจสร้าง akinete หนึ่งอันหรือมากกว่าก็ได้ ส่วนตำแหน่งที่อยู่มีต่าง ๆ กัน เช่น ถ้าสร้างที่ปลายสายพบในพวก Cylindrospermum และ Gloeotrichia สร้างตรงกลางสายได้แก่ Anabaena

Akinete เป็นโครงสร้างที่มีผนังหนา และมีอาหารสะสมอยู่ภายใน ทนต่อความร้อนและความแห้งแล้งได้ดีกว่าปกติ เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะเจริญเป็นเซลล์ใหม่ได้

4. heterocyst พบในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เป็นสายเกิดจากเซลล์ในสภาวะปกติ บางเซลล์จะขยายขนาดเพิ่มขึ้นจนมีลักษณะคล้ายวงแหวนเพื่อทำหน้าที่สืบพันธุ์ สาหร่ายบางชนิด เช่น *Rivularia* และ *Cylindrospermum* สร้าง Heterocyst ที่ปลายสายบางชนิด เช่น *Anabaena* และ *Nostoc* สร้างระหว่างสาย

การตรึงไนโตรเจน

เราทราบมานานแล้วว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนได้ จากการศึกษาลักษณะของสาหร่ายเหล่านี้พบว่า มีลักษณะบางอย่างแตกต่างไปจากสาหร่ายที่ไม่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ ก็คือมี Heterocyst เกิดขึ้นภายในสายด้วย แสดงให้เห็นว่า Heterocyst น่าจะเกี่ยวข้องกับขบวนการตรึงไนโตรเจนด้วย

ได้มีการศึกษาเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหลายชนิด เช่น *Lyngbya*, *Anabaena* และ *Tolypothrix* ฯลฯ ในอาหารที่ไม่มีธาตุไนโตรเจน หลังจากนั้นได้นำอาหารไปวิเคราะห์ พบว่ามีธาตุไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้น และมี Heterocyst ในสายของสาหร่ายเหล่านี้ด้วย

ต่อมา William ได้ทดลองเพื่อสนับสนุนว่า Heterocyst มีความสำคัญในการตรึงไนโตรเจน โดยเลี้ยง *Nostoc* ในอาหารที่ไม่มีธาตุไนโตรเจนทิ้งไว้ให้สาหร่ายนี้เจริญจึงนำเอาอาหารไปวิเคราะห์ พบธาตุไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก และที่สายของ *Nostoc* จะมี Heterocyst เป็นจำนวนมากด้วย แต่ถ้านำ *Nostoc* นี้ไปเลี้ยงในอาหารที่มีธาตุไนโตรเจน จะพบ Heterocyst บนสายของ *Nostoc* มีจำนวนลดลงอย่างมาก แสดงให้เห็นว่าในสภาวะที่ไม่มีไนโตรเจน สาหร่ายนี้จะสร้าง Heterocyst ขึ้นมาช่วยในขบวนการตรึงไนโตรเจน

สำหรับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ที่ตรึงไนโตรเจนได้นั้น มีดังนี้

Anabaena, *Anabaenopsis*, *Calothrix*, *Lyngbya*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Tolypothrix*, *Schizothrix*, *Plectonema*

ตัวอย่างสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้แก่ *Anabaena*, *Nostoc*, *Spirulina* ฯลฯ

Anabaena

สัณฐานวิทยา

เซลล์รูปร่างค่อนข้างกลม หรือคล้ายถึงเบียร์มี Chromatophore กระจายทั่วเซลล์ เซลล์เรียงกันเป็นสายแถวเดียวคล้ายลูกปัด สายไม่แตกแขนง ในแต่ละสายจะมี Akinete รูปร่างทรงกระบอกยาว สีเข้ม และ Heterocyst ค่อนข้างกลม สีใส สายอยู่เดี่ยวๆ หรือรวมกันภายในวุ้น บางๆ ละลายน้ำได้ง่าย ลอยน้ำเป็นอิสระ เซลล์สีน้ำเงินปนเทา

การสืบพันธุ์

การสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศ โดยการสร้าง Akinete และ Heterocyst

เซลล์รูปร่างกลม หรือค่อนข้างกลม มีลักษณะคล้าย *Anabaena* แต่ต่างกันที่สายจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม จำนวนมาก โดยมีวัณหนากๆ ห่อหุ้ม แต่ละสาย *Heterocyst* ซึ่งมีขนาดและรูปร่างใหญ่กว่าเซลล์ธรรมดาอยู่หลายอัน มักอยู่ ปะปนกับพืชน้ำ หรือสาหร่ายอื่นๆ เซลล์ สี น้ำเงินแกมเทา

การสืบพันธุ์

การสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศ โดยสร้าง *Heterocyst* และ *Akinete*

ผลทางเศรษฐกิจ

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหลายชนิด มีประโยชน์ต่อการกสิกรรมเป็นอย่างมาก เพราะสามารถตรึงไนโตรเจน แล้วเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น *Nostoc* sp., *Anabaena* sp. และ *Cylindrospermum* sp. มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนได้สูง โดยเฉพาะ *Cylindrospermum* สามารถตรึงไนโตรเจนได้ 80.25 ปอนด์ ต่อเอเคอร์ ในระยะเวลา 70 วัน ต่อมาได้มีการนำสาหร่าย *Oscillatoria vubescens*, *Lyngbya limmetica*, *Anabaena* sp. และ *Tolypothrix* sp. มาเลี้ยงในนาข้าวทำให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าปกติ ปัจจุบันนี้กสิกรชาวอินเดีย ได้นำ *Aulosira fertilissima* มาช่วยเพิ่มผลผลิตในนาข้าว โดยเพิ่มไนโตรเจนให้กับข้าวได้ถึง 47.6 ปอนด์ต่อเอเคอร์ ในระยะตลอดฤดูกาลเพาะปลูก และได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 114.8 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าสาหร่ายบางชนิด เช่น *Nostic muscorum*, *Nostic paludosum*, *Anabaena variabilis*, *Anabaena cylindrica* และ *Calothrix brevissima* สามารถตรึงไนโตรเจนได้เช่นกัน

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินกับปัญหาน้ำเน่า

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดมีประโยชน์ใช้ในการทำนaylorการเน่าเสียของแหล่งน้ำ เช่น *Oscillatoria chlorina* และ *Spirulina jeneri* ทั้งนี้เพราะเจริญได้ในแหล่งน้ำที่มีออกซิเจนน้อย นอกจากนี้การที่พบว่าการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแหล่งน้ำเป็นสาเหตุของการตายของสัตว์เนื่องจากตึมน้ำนี้เข้าไป สาหร่ายนี้บางชนิดจะสร้างสารพิษทั้ง Exotoxin และ Endotoxin ปลดปล่อยออกมาซึ่งสารพิษนี้จะทำลายระบบการหายใจของสัตว์ทำให้ถึงแก่ความตาย

ชีวมวล (Biomass)

ชีวมวล หมายถึง สิ่งที่ได้จากสิ่งมีชีวิตหรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต หรือสารอินทรีย์ต่างๆ พลังงานจากชีวมวลจึงเป็นพลังงานที่ได้จากพืชและสัตว์ โดยขบวนการเปลี่ยนแปลงความร้อนทางเคมี หรือขบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยอาศัยจุลินทรีย์

ชีวมวลที่นำมาใช้เป็นพลังงาน ได้แก่ ชีวมวลที่มาจากพืช ชีวมวลที่มาจากสัตว์

ชีวมวลที่นำมาใช้เป็นพลังงาน

ชีวมวลที่มาจากพืช

ชีวมวลที่มนุษย์นำมาใช้เป็นพลังงานส่วนที่มาจากพืชได้แก่ ไม้ชนิดต่างๆ ทั้งไม้เนื้ออ่อน และไม้เนื้อแข็ง หรือสาหร่ายทะเลที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูง เช่น เคลป์เป็นต้น วัชพืชบก และน้ำ เช่น หญ้าผักตบชวา เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพืช เช่น น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันสน น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ เป็นต้น และวัสดุที่เหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น เศษไม้เลื่อยแกลบ ยอดข้าว ฟางข้าว เปลือกและซังข้าวโพดเปลือกผลไม้ ชานอ้อย และกาก รวมทั้งของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ชีวมวลที่มาจากสัตว์

ชีวมวลที่มนุษย์นำมาใช้เป็นพลังงานส่วนที่มาจากสัตว์ ได้แก่ มูลสัตว์ต่างๆ เช่น มูลควาย มูลหมู มูลเป็ด มูลไก่ เป็นต้น

การใช้พลังงานชีวมวลในรูปของก๊าซชีวภาพ

เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ (Biogas technology)

ก๊าซชีวภาพ คือก๊าซที่ส่วนประกอบใหญ่เป็นก๊าซมีเทน ประมาณ 50 - 70 เปอร์เซ็นต์ ก๊าซชีวภาพเกิดจากการนำสิ่งปฏิกูล เช่น มูลสัตว์ต่างๆ มาใส่ถังหมัก หรือการนำขยะหรืออินทรีย์สารมาฝังกลบในบ่อหมักเพื่อกำจัดขยะ แบคทีเรียที่มีอยู่ในธรรมชาติจะใช้สิ่งปฏิกูลหรือขยะเหล่านั้นเป็นอาหารและย่อยสิ่งเหล่านี้ ผลที่ได้ออกมาส่วนใหญ่มักจะเป็นก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซอื่นๆ

ก๊าซชีวภาพจากขยะ (Landfill gas) เกิดจากการฝังกลบขยะจากบ้านเรือน มูลสัตว์ และโรงงานอุตสาหกรรม

สำหรับการย่อยสลายชีวมวลไปเป็นก๊าซชีวภาพ (Anaerobic digestion) คือ กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยมีแบคทีเรียเป็นตัวย่อยสลายสารอินทรีย์ เกิดขึ้นในที่ที่ไม่มีอากาศ หรือมี

อากาศอยู่น้อย โดยการหมักขยะชีวมวลจนได้ก๊าซชีวภาพซึ่งประกอบไปด้วยมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ สามารถนำไปใช้ในการหุงต้มได้เป็นอย่างดี

กระบวนการทางความร้อน (Thermal process) ซึ่งแยกออกเป็น 3 กระบวนการย่อยดังต่อไปนี้

1. การเผาไหม้โดยตรง (Direct combustion) ชีวมวลจะถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ โดยการรวมตัวกับออกซิเจน ในกรณีนี้ จึงสามารถใช้ชีวมวลในการผลิตไฟฟ้าในโรงจักรพลังไอน้ำ แทนการใช้น้ำมันและถ่านหินได้ แต่ชีวมวล ที่ใช้ควรเป็นประเภทไม้โตเร็ว

2. กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) เป็นการเปลี่ยนรูปชีวมวลโดยใช้ความร้อน กระบวนการนี้สามารถใช้เปลี่ยนฟืนให้เป็นถ่าน ก๊าซ และน้ำมันได้

3. กระบวนการก๊าซซิฟิเคชัน (Gasification) เป็นกระบวนการที่เชื้อเพลิงแข็งถูกเผาจนเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของก๊าซ ถ้าเป็นกระบวนการเผาไหม้ที่ใช้อากาศ ก๊าซที่ได้จะมีค่าความร้อนต่ำ เพราะในอากาศมีไนโตรเจนสูง สำหรับกระบวนการที่ใช้ออกซิเจน ก๊าซที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน และมีค่าความร้อนสูง

จะเห็นว่าชีวมวลนั้น สามารถที่จะนำมาทำให้เกิดพลังงานใช้ได้หลายรูปแบบ โดยที่ประเทศไทยมีการปลูกอ้อย และมันสำปะหลังกันอย่างกว้างขวาง มีพื้นที่ปลูกอ้อยไม่น้อยกว่า 3,664,000 ไร่ และพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังไม่น้อยกว่า 9,879,000 ไร่ การปลูกอ้อยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับป้อนโรงงานน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ จึงน่าจะทำการส่งเสริมให้มีการผลิตแอลกอฮอล์จากพืชทั้ง 2 ชนิดนี้ให้มากขึ้น นอกจากจะเป็นการแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงานแล้ว ยังจะช่วยแก้ปัญหาผลผลิตเกินความต้องการของตลาดได้อีกด้วย

แบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพ

แบคทีเรียที่เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพ เป็นแบคทีเรียที่เรียกว่ามีเทนแบคทีเรีย (Methane bacteria) ไม่สามารถที่จะย่อยสลายพวกมูลสัตว์ วัชพืชหรือสารเหลือทิ้งต่างๆ ซึ่งเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่และมีโครงสร้างซับซ้อนได้โดยตรง ดังนั้น จุลินทรีย์เหล่านี้ จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียพวกอื่นเสียก่อนเพื่อให้ได้สารที่มีเทนแบคทีเรียสามารถจะนำไปใช้เพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพ

กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพประกอบด้วยขั้นตอนของการย่อยสลาย 3 ขั้นตอนดังนี้

1. สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น ไขมัน เซลลูโลสและโปรตีน จะถูกย่อยสลายให้มีโมเลกุลเล็กลงได้กรีเซอร์อล กลูโคสและกรดอะมิโน โดยแบคทีเรียย่อยสลายไขมัน (Fat-decomposing organism) แบคทีเรียย่อยสลายเซลลูโลส (Cellulose-decomposing organism) และแบคทีเรียย่อยสลายโปรตีน (Protein-decomposing organism)

2. แบคทีเรียผลิตกรด (Acid bacteria) จะย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กที่ละลายน้ำให้เป็นกรดอินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่จะได้กรดน้ำส้ม (Acetic acid)

3. แบคทีเรียผลิตก๊าซมีเทน (Methane bacteria) จะย่อยสลายกรดอินทรีย์ให้เป็นก๊าซมีเทน

ปฏิกิริยาของการเกิดก๊าซมีเทนในขั้นตอนนี้มี 2 วิธี

1. เป็นการเปลี่ยนกรดน้ำส้มให้เป็นก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซมีเทนในบ่อหมักจะเกิดปฏิกิริยานี้

2. เป็นการลดก๊าซออกซิเจนในก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเปลี่ยนให้เป็นก๊าซมีเทนโดยใช้ก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียอื่น จะได้ก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปฏิกิริยานี้เรียกว่าปฏิกิริยารีดักชัน

ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซที่สำคัญ 5 ชนิดมีอัตราส่วนต่างกัันดังนี้

มีเทน มีอัตราส่วนของก๊าซ	54-70	เปอร์เซ็นต์
คาร์บอนไดออกไซด์ มีอัตราส่วนของก๊าซ	27-45	เปอร์เซ็นต์
ไฮโดรเจน มีอัตราส่วนของก๊าซ	1	เปอร์เซ็นต์
ไนโตรเจน มีอัตราส่วนของก๊าซ	0.6-3	เปอร์เซ็นต์
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ มีอัตราส่วนของก๊าซ	เล็กน้อย	
คาร์บอนมอนอกไซด์ มีอัตราส่วนของก๊าซ	1	เปอร์เซ็นต์

จะเห็นว่าก๊าซที่มีจำนวนมากคือก๊าซมีเทน จากการศึกษาพบว่าก๊าซมีเทน 1 ลบ.ฟุต จะให้พลังงานความร้อน 50-700 BTU เมื่อเทียบพลังงานความร้อนกับถ่านไม้อย่างดี ก๊าซชีวภาพ 1 ลบ.เมตรจะให้ความร้อนเท่ากับถ่าน 0.74 กิโลกรัม

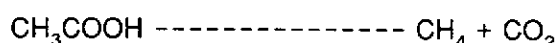
ก๊าซชีวภาพส่วนใหญ่จะทำในครอบครัวเพราะไม่สะดวกในการขนส่ง เนื่องจากต้องเพิ่มพลังงานในการอัดสูงมากและต้องใช้ค่าขนส่งสูง

ก๊าซมีเทน (Methane , CH₄)

มีเทนเป็นก๊าซที่มีอยู่ตามธรรมชาติจึงเรียกว่าก๊าซธรรมชาติ (Natural gas) มักเกิดในเหมืองถ่านหินและเกิดจากการเน่าเปื่อยของพืชในบ่อและหนองน้ำ นอกจากนั้นยังมีผสมอยู่ในก๊าซถ่านหินที่ได้จากการกลั่นทำลายของถ่านหินราว 25-40 %

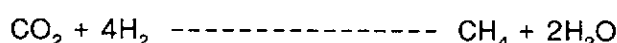
มีเทนเป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส เบากว่าอากาศ ละลายน้ำได้เล็กน้อย เมื่อทำเป็นของเหลวจะมีจุดเดือด -161.5°C และจุดเยือกแข็ง -182.5°C มีเทนบริสุทธิ์จุดไฟติดให้เปลวไฟสีฟ้าอ่อนมากจนเกือบมองไม่เห็นเปลว และเกิดคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำขึ้น

มีเทนไม่ช่วยให้ไฟติด แต่เมื่อผสมกับอากาศจะระเบิดง่าย เป็นสารที่อยู่ตัวมาก สมการของการเกิดก๊าซมีเทนที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพ มีดังนี้



(ประมาณ 70% ของ CH_4 เกิดจากการสลายตัวของกรดอะซิติก)

นอกจากนี้ก๊าซมีเทนยังได้จากปฏิกิริยาเคมีระหว่าง H_2 และ CO_2 ด้วย ดังสมการ



ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

1. อุณหภูมิ มีผลต่อแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตก๊าซมีเทนอย่างมาก ตามปกติถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 35°C การสร้างก๊าซจะลดลงอย่างมาก และที่อุณหภูมิ 10°C กระบวนการสร้างก๊าซมีเทนจะหยุดชะงัก

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก (Retention time) เป็นระยะเวลาที่หาได้จากปริมาตรของถังย่อยอาหารหารด้วยปริมาณของวัตถุดิบที่ใส่เข้าไปทุกวัน ถ้าระยะเวลาที่ใช้ในการหมักสั้นจะได้ก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพ

3. อากาศ เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตก๊าซมีเทนเป็นพวกที่หายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องแยกเอาอากาศออกไป

4. ชนิดของแบคทีเรีย ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบ เช่น มูลสัตว์ รวมทั้งอุณหภูมิของกระบวนการ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย (มากกว่า 2°C) เชื้อแบคทีเรียที่เจริญได้ดีจะเปลี่ยนไปด้วย

5. อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก คือ $25-30 : 1$

6. pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างก๊าซมีเทนจะอยู่ในช่วง 7-8 แต่อาจเปลี่ยนอยู่ในช่วง ± 0.5

7. กรดระเหย มีความสำคัญมากกว่า pH ทั้งนี้เพราะเป็นตัวทำให้เกิดสภาพที่แท้จริงในถังย่อย ในทางปฏิบัติการวัดกรดระเหยทำได้ยากมาก

8. ปริมาณของแข็ง ของแข็งในวัตถุดิบที่เหมาะสม ควรมีอยู่ 7-9% (โดยน้ำหนักแห้ง)

9. สารพิษซึ่งติดมากับของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมในปริมาณมาก อาจจะทำลายหรือฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทนได้ แต่ในทางปฏิบัติมักไม่คำนึงถึงปัญหานี้ เพราะสารพิษเหล่านี้มีในปริมาณต่ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบวนการหมักก๊าซมีเทนน้อยมาก

บทปฏิบัติการที่ 12

การผลิตก๊าซชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้ง ทางการเกษตรและมูลสัตว์

บทนำ

ก๊าซชีวภาพ หมายถึง ก๊าซซึ่งเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่ไม่มีก๊าซออกซิเจน ทำให้เกิดผลผลิตในรูปของก๊าซผสม ประกอบด้วยก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นส่วนใหญ่ ก๊าซอื่นๆเล็กน้อย เช่น ไฮโดรเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ออกซิเจนและไนโตรเจน คุณสมบัติส่วนใหญ่ของก๊าซชีวภาพขึ้นอยู่กับปริมาณก๊าซมีเทน ดังนั้น ก๊าซชีวภาพจึงจุดไฟติดในบรรยากาศที่อุณหภูมิและความดันปกติ เมื่อเทียบกับถ่าน ก๊าซชีวภาพ 1 ลบ.เมตร จะให้ความร้อนเทียบเท่ากับไม้ชนิด 0.74 กิโลกรัม

แบคทีเรียที่เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพเป็นแบคทีเรียที่เรียกว่า มีเทนแบคทีเรีย ซึ่งไม่สามารถย่อยสลายพวกมูลสัตว์ วัชพืชหรือสารเหลือทิ้งต่างๆที่มีโมเลกุลได้โดยตรง ดังนั้น สารอินทรีย์เหล่านั้นจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียพวกอื่นเสียก่อน เพื่อให้ได้สารที่มีเทนแบคทีเรียสามารถนำไปใช้เพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนทดลองผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกผลไม้ เปลือกหน่อไม้ได้และมูลสัตว์ได้
2. เพื่อให้นักเรียนสรุปหลักการเกิดก๊าซชีวภาพจากการหมักวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้
3. เพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรบางชนิดได้
4. เพื่อให้นักเรียนเลือกภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพได้
5. เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในชีวิตประจำวันได้

อุปกรณ์และสารเคมี

1. กระบอกตวง
2. ถังพลาสติก
3. หลอดนำก๊าซ
4. สายยาง
5. จุกยาง 2 รู
6. ขวดปากกว้าง
7. เครื่องชั่ง
8. เทอร์โมมิเตอร์
9. ขาดังพร้อมที่จับหลอดทดลอง
10. โกร่งบดสาร
11. มีด
12. โคมไฟพร้อมหลอดไฟ 100 วัตต์
13. ชุดควบคุมอุณหภูมิ
14. มุลสัตว์ต่างๆ เช่น มุลสุกร มุลไก่ มุลวัว
15. วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น เปลือกเงาะ เปลือกทุเรียน เปลือกหน่อไม้และเปลือกผลไม้ชนิดอื่นๆ ที่จะหาได้

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรโดยการผสมมูลสัตว์ต่างชนิดกัน

วิธีทดลอง

1. นำเปลือกผลไม้ชนิดต่าง ๆ และเปลือกหน่อไม้มาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ
2. ผสมเปลือกผลไม้และเปลือกหน่อไม้ที่หั่นแล้วกับมูลสุกรและน้ำในอัตราส่วน 160 กรัม : 10 กรัม : 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ
3. คลุกเคล้าส่วนผสมดังกล่าวในข้อ 2 ให้เข้ากันดี แล้วบรรจุส่วนผสมลงในขวดปากกว้างที่เตรียมไว้
4. หมักส่วนผสมทิ้งไว้เป็นเวลา 2 วัน เก็บก๊าซที่เกิดขึ้นโดยวิธีแทนที่น้ำในกระบอกตวงอ่านปริมาตรของก๊าซที่เกิดขึ้นในกระบอกตวง บันทึกผลการทดลอง
5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-4 แต่เปลี่ยนเป็นการใช้มูลไก่และมูลวัวแทนมูลสุกรตามลำดับ
6. เปรียบเทียบปริมาตรของก๊าซที่เกิดขึ้นเมื่อใช้มูลสัตว์ต่างชนิดกัน

ตอนที่ 2 การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุ
เหลือทิ้งจากการเกษตรที่อุณหภูมิต่างกัน

วิธีทดลอง

- 1. นำเปลือกผลไม้ชนิดต่าง ๆ และเปลือกหน่อไม้มาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ
- 2. ผสมเปลือกผลไม้และเปลือกหน่อไม้ที่หั่นแล้วกับมูลสุกรและน้ำในอัตราส่วน 160 กรัม : 10 กรัม : 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับและใช้น้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
- 3. คลุกเค้าส่วนผสมในข้อ 2 ให้เข้ากันดี แล้วบรรจุส่วนผสมลงในขวดปากกว้างที่เตรียมไว้
- 4. หมักส่วนผสมทิ้งไว้เป็นเวลา 2 วัน เก็บก๊าซโดยวิธีแทนที่น้ำในกระบอกตวง อ่านปริมาตรของก๊าซที่เกิดขึ้นในกระบอกตวง บันทึกผลการทดลอง
- 5. ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับข้อ 1-4 แต่เปลี่ยนเป็นใช้น้ำที่อุณหภูมิ 37 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ
- 6. ควบคุมอุณหภูมิในแต่ละขวดให้สม่ำเสมอตลอดเวลาในการเก็บก๊าซโดยใช้หลอดไฟขนาด 100 วัตต์ และชุดควบคุมอุณหภูมิ
- 7. ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับข้อ 1-6 แต่เปลี่ยนเป็นการใช้มูลไก่และมูลวัวแทนมูลสุกรตามลำดับ

ผลการทดลอง

ชนิดของมูลสัตว์ที่ใช้	ปริมาตรของก๊าซที่เกิด	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็น

สรุปผลการทดลอง

[illegible]

บทปฏิบัติการที่ 13

การผลิตวันสวรงค์จากสารเหลือทิ้ง

บทนำ

วันสวรงค์ (Nata de coco) มีชื่อเรียกหลายชื่อด้วยกัน เช่น วันน้ำมะพร้าว วันน้ำส้ม ลูกพร้าว หรือเห็ดรสเชียว เป็นผลผลิตจากการหมักน้ำมะพร้าว ด้วยเชื้อจุลินทรีย์ที่ชื่อ *Acetobacter xylinum* ในสภาวะการหมักที่เหมาะสม เชื้อชนิดนี้จะสร้างแผ่นฟิล์มสีขาวนวลบนผิวหน้าของน้ำมะพร้าว มีลักษณะเป็นเยื่อเหนียว เมื่อแผ่นฟิล์มมีความหนาพอจะสามารถนำมาผลิตเป็นอาหารได้มากมายหลายชนิด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนสามารถผลิตวันสวรงค์ในน้ำมะพร้าวและน้ำที่คั้นได้จากแกนสับปะรดได้
2. เพื่อให้นักเรียนสามารถบอกปัจจัยบางประการที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มผลผลิตวันสวรงค์ได้
3. เพื่อให้นักเรียนสามารถเปรียบเทียบผลผลิตวันสวรงค์ในน้ำมะพร้าวและน้ำที่คั้นได้จากแกนสับปะรดได้
4. เพื่อให้นักเรียนสามารถนำหลักการผลิตวันสวรงค์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

อุปกรณ์และสารเคมี

1. หัวเชื้อ *Acetobacter xylinum*
2. น้ำมะพร้าวแก่
3. แกนสับปะรด
4. กรดอะซีติก
5. น้ำตาลทราย
6. บีกเกอร์
7. ขวดรูปชมพู่
8. ผ้าขาวบาง

9. ตะเกียงแอลกอฮอล์
10. หม้อหนึ่ง
11. หลอดทดลอง หลอดหยด

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบผลผลิตวันสวรรคในน้ำมะพร้าวและน้ำที่คั้นได้จากแกน
สับปะรด

1. นำขวดโหลไปฆ่าเชื้อในน้ำเดือด 15 นาที
2. นำน้ำกลั่น น้ำมะพร้าวแก่ และน้ำที่คั้นได้จากแกนสับปะรด มากรองด้วยผ้าขาวบางให้สะอาด ต้มให้เดือดประมาณ 5 นาที
3. นำน้ำกลั่น น้ำมะพร้าวแก่ และน้ำที่คั้นได้จากแกนสับปะรด จากข้อ 2 ใส่ขวดโหลที่ฆ่าเชื้อแล้ว ขวดละประมาณ 500 มิลลิลิตร ชนิดละ 3 ขวด
4. ใส่น้ำตาลทราย 50 กรัม และกรดอะซิติก 5 มิลลิลิตรลงในขวดโหลที่เตรียมไว้ทุกขวด ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันทิ้งไว้ให้เป็น
5. เติมหิวเชื้อลงไปขวดละ 50 มิลลิลิตร
6. ปิดปากขวดด้วยผ้าขาวบาง 3-4 ชั้น รัดปากขวดให้แน่น
7. ตั้งขวดโหลทิ้งไว้โดยไม่มีการเคลื่อนย้าย 9-10 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงทุกวัน
8. นำวันสวรรคที่เกิดขึ้นมาล้างให้สะอาด ชั่งน้ำหนัก บันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำมะพร้าวแก่และน้ำที่คั้นได้จากแกน
สับปะรดที่มีผลต่อผลผลิตวันสวรรค

1. นำขวดโหลไปฆ่าเชื้อโดยแช่ในน้ำเดือด 15 นาที
2. นำน้ำมะพร้าวแก่ และน้ำที่คั้นได้จากแกนสับปะรด มากรองด้วยผ้าขาวบางให้สะอาด ต้มให้เดือดประมาณ 5 นาที
3. ใส่น้ำมะพร้าวแก่ และน้ำที่คั้นได้จากแกนสับปะรด 100 มิลลิลิตร ลงในขวดโหลที่ฆ่าเชื้อแล้วอย่างละ 1 ขวด
4. ใส่น้ำมะพร้าวแก่และน้ำที่คั้นได้จากแกนสับปะรด 50 มิลลิลิตร ลงในขวดโหลอย่างละขวด และเติมน้ำสะอาดลงไปขวดละ 50 มิลลิลิตร
5. ใส่น้ำมะพร้าวแก่และน้ำที่คั้นได้จากแกนสับปะรด 25 มิลลิลิตร ลงในขวดโหลอย่างละขวด และเติมน้ำสะอาดลงไปขวดละ 75 มิลลิลิตร
6. ใส่น้ำตาลทราย 10 กรัม และกรดอะซิติก 1 มิลลิลิตร ลงในขวดโหลทุกขวดที่เตรียมไว้ ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้เย็น

- 7. เติมห้วเชื้อ 10 มิลลิตร ลงในขวดโหลทุกขวด
- 8. ปิดปากขวดโหลด้วยผ้าขาวบาง 3-4 ชั้น รัดปากขวดให้แน่น
- 9. ตั้งขวดโหลทิ้งไว้โดยไม่มีการเคลื่อนย้าย 9-10 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงทุกวัน
- 10. นำวันสวรรคตที่เกิดขึ้นมาล้างให้สะอาด ชั่งน้ำหนัก บันทึกผลการทดลอง.

ผลการทดลอง

วัน เดือน ปี	น้ำมะพร้าว		น้ำจากแกนสับปะรด		น้ำผลไม้ชนิดอื่น	
	หนา (cm)	ลักษณะทั่วไป	หนา (cm)	ลักษณะทั่วไป	หนา (cm)	ลักษณะทั่วไป

สรุปผลการทดลอง

วันสววรรค์

วันสววรรค์ (Nata de coco) มีชื่อเรียกหลายชื่อด้วยกัน เช่น วันน้ำมะพร้าว วันน้ำส้ม
ลูกพร้าว หรือเห็ดรัสเซีย เป็นผลผลิตจากการหมักน้ำมะพร้าวด้วยเชื้อจุลินทรีย์ที่ชื่อ
Acetobacter xyliunum ในสภาวะการหมักบ่มที่เหมาะสม เชื้อชนิดนี้จะสร้างแผ่นฟิล์มสีขาว
นวลบนผิวหน้าของน้ำมะพร้าวมีลักษณะเป็นเยื่อเหนียว เมื่อแผ่นฟิล์มมีความหนาพอจะ
สามารถนำมาผลิตเป็นอาหารได้มากมายหลายชนิด

ประวัติการค้นพบ

วันสววรรค์หรือน้ำมะพร้าวค้นพบโดยชาวฟิลิปปินส์ได้สังเกตว่าเมื่อต้มน้ำผลไม้หรือน้ำมะพร้าวทิ้งไว้จะเป็นแผ่นที่เป็นเยื่อเหนียว มีลักษณะพิเศษเรียกว่า Cartilaginous-
substance และเรียกวันนี้ว่า Nata de coco ต่อมาชาวฟิลิปปินส์ได้นำเชื้อ Acetobacter xylinum
มาหมักน้ำผลไม้จนได้วันสววรรค์ เป็นที่นิยมรับประทานกันทั่วไปและยังผลิตกันอย่างแพร่หลาย
ตลอดจนส่งออกขายยังต่างประเทศด้วย

ในปี ค.ศ.1886 A.J.Brown ได้ศึกษาเกี่ยวกับวันสววรรค์พบว่า วันชนิดนี้มีส่วนประกอบในลักษณะเดียวกับฝ้าย (Cotton) คือ สามารถละลายได้ใน Ammonical copperhydroxide และให้น้ำตาลรีดิวส์เมื่อถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรดกำมะถัน เขาจึงเรียกชื่อนี้ว่า Bacteria xylinum ซึ่ง Xylinum เป็นภาษาละตินซึ่งมีความหมายเดียวกับ Cotton

ในราวปี ค.ศ.1900 ได้มีการยืนยันว่าวันชนิดนี้มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ เซลลูโลส และเมื่อเลี้ยงเชื้อนี้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีน้ำตาลจะให้กรดน้ำส้ม นอกจากนั้นเซลล์ยังมีลักษณะเป็นรูปแท่ง ต้องการอากาศในการเจริญ ซึ่งเป็นลักษณะเช่นเดียวกับแบคทีเรียพวก Acetobacter จึงถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับ Acetobacter ในเวลาต่อมา

ส่วนประกอบของวันสววรรค์

วันสววรรค์ เป็นอาหารที่มีคุณค่าประโยชน์ต่อร่างกาย ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของวันสววรรค์ มีดังนี้ (กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2530 : 110)

น้ำ	94.40	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียม	34.50	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
ไขมัน	0.02	เปอร์เซ็นต์
เหล็ก	0.20	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
ไฟเบอร์	1.10	เปอร์เซ็นต์

ฟอสฟอรัส	22.00	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
โปรตีน	0.68	เปอร์เซ็นต์
วิตามิน บี 1	0.01	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
ถั่ว	0.77	เปอร์เซ็นต์
วิตามิน บี 2	0.02	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	3.00	เปอร์เซ็นต์
ไนอาซีน	0.22	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

จะเห็นได้ว่าวันสววรรค์มีปริมาณเส้นใยอาหารอยู่มาก เส้นใยอาหารจากวันสววรรค์มีลักษณะพิเศษ เป็นเส้นใยละเอียดอ่อนที่เรียกว่า Microfibrill cellulose มีความละเอียดอ่อนและนุ่มกว่าใยอาหารชนิดที่พบในผักและผลไม้ นอกจากนี้วันสววรรค์ยังอุดมด้วยแร่ธาตุหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและมีไขมันต่ำ ดังนั้นวันสววรรค์จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผู้ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบย่อยและขับถ่าย

ส่วนประกอบของน้ำมะพร้าวที่ใช้ทำวันสววรรค์

น้ำมะพร้าวเป็นส่วนของใบเลี้ยงที่เป็นของเหลว (Liquid endosperm) ของมะพร้าว ประกอบด้วย

น้ำ	96.4	กรัม
พลังงาน	12.0	หน่วย
คาร์โบไฮเดรต	2.1	กรัม
โปรตีน	1.0	กรัม
แคลเซียม	21.0	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	25.0	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.4	มิลลิกรัม
วิตามิน บี 2	เล็กน้อย	

ประโยชน์ของน้ำมะพร้าว

น้ำมะพร้าวอ่อน เป็นเครื่องดื่ม จากการวิเคราะห์พบว่า น้ำมะพร้าวอ่อนสดมีฮอร์โมนกระตุ้นเซลล์ในร่างกายให้แข็งแรง มีสารพวกน้ำตาล วิตามินซี และมีวิตามินบี คอมเพล็กซ์ พวกนิโคตินิกแอซิด แพนโทเทนนิคแอซิด ไบโอติน ไรโบฟลาวินและโพลีคแอซิด

น้ำมะพร้าวแก่ (ห้าว) ใช้ทำน้ำมัน วุ้นสวรรค์ ทำปุ๋ยหมัก เป็นน้ำให้อาหารสัตว์ จากการวิเคราะห์พบว่าน้ำมะพร้าวแก่ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีน้ำตาลอยู่ 2.08 กรัม เถ้าถ่าน 0.62 กรัม สารอินทรีย์แข็ง 2.01 กรัม (รัศมี จิตตวานิช. 2532: 24 - 26)

คุณสมบัติของ Acetic acid bacteria

Acetic acid bacteria มีอยู่ 2 ชนิด คือ Acetobacter sp. (นิยมใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำส้มสายชู) และ Acetomonas sp.

Acetobacter sp. สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นกรดอะซิติก แล้วยังสามารถเปลี่ยนกรดอะซิติกให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำได้

Acetobacter xylinum

Acetobacter xylinum ผลิตจากเส้นใยที่ยาวมากของเซลลูโลส เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วสิ่งของที่เป็นสิ่งทอเส้นใยของโลกและกระดาษส่วนใหญ่ทำมาจากฝ้ายและเนื้อไม้ แม้ว่าแหล่งทรัพยากรเหล่านั้นจะยังคงอุดมสมบูรณ์พอสำหรับความจำเป็นของประชาชนทั่วไปในทางการค้าการผลิตเซลลูโลสโดย Acetobacter sp. อาจจะลดการทำลายไม้ลงได้

Acetobacter xylinum

Family Acetobacteraceae

Genus Acetobacter

Gluconobacter

Genus Acetobacter

คุณสมบัติทั่วไป

Genus Acetobacter ประกอบด้วยแบคทีเรียที่สามารถออกซิไดส์แอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกได้ ดังนั้นจึงมักเรียกว่า Acetic acid แบคทีเรียพวกนี้มีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมทำน้ำส้มสายชูและเป็นตัวกลางทำให้เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์เสียบางจำพวก เช่น Acetobacter xylinum เมื่อเจริญเติบโตจะทำให้เกิดเมือกมาก ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เครื่องผลิตน้ำส้มสายชูอุดตันจากการตรวจสอบเชื้อในห้องปฏิบัติการพบว่า มีรูปร่างเป็นท่อนขนาดแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์แต่เมื่อจับกันเป็นแผ่นที่ผิวหน้าของน้ำส้มสายชู พบว่ามีรูปร่างได้หลายแบบ สร้างเอนไซม์

Catalase

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของ *Acetic acid bacteria*

1. ปริมาณกรด (pH) แบคทีเรียชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตได้ดีใน pH ระดับต่ำสุด (Minimum) หรือในระดับ pH ของไวน์โดยทั่วไป
2. ปริมาณน้ำตาล แบคทีเรียชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีปริมาณน้ำตาลสูง
3. ปริมาณวิตามิน *Acetobacter* sp. สามารถสังเคราะห์วิตามินที่จำเป็นในการเจริญเติบโตได้เอง
4. ปริมาณออกซิเจน *Acetobacter* sp. สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีออกซิเจน (Aerobe)

ต้นกำเนิดของการเกิดแผ่นวุ้น

Acetobacter xylinum เป็นหนึ่งในจำนวนแบคทีเรียหลายชนิดที่สามารถสร้างแคปซูลและชั้นเมือกได้ ซึ่งแคปซูลและชั้นเมือกนี้ก็คือน้ำวุ้นใสที่ได้จากการเพาะเลี้ยง *Acetobacter xylinum*

แคปซูลและชั้นเมือก

สารที่มีลักษณะใสและเหนียวคล้ายเยลลี่หุ้มอยู่รอบผนังเซลล์ของ *Acetobacter xylinum* สารนี้ไม่มีส่วนจำเป็นในการดำรงชีวิตของเซลล์สามารถขจัดออกไปได้จากเซลล์ แล้วสร้างขึ้นใหม่โดยไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์ แบ่งสารที่ห่อหุ้มอยู่ภายนอกผนังเซลล์ออกได้เป็น 3 ชนิดตามโครงสร้าง ดังนี้

1. Microcapsule เป็นโครงสร้างที่หนาน้อยกว่า 0.2 ไมครอน ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ แสงสว่างที่ให้แสงธรรมดา
2. Macrocapsule เป็นโครงสร้างที่หนาประมาณ 0.2 ไมครอน หรือมากกว่ามีรูปร่างแน่นอน ติดสืได้ยาก
3. ชั้นเมือก เป็นโครงสร้างที่ลักษณะคล้ายแคปซูล แต่มีรูปร่างไม่แน่นอนและเกาะติดกับผนังเซลล์แบคทีเรียอย่างหลวมๆ จึงหลุดออกจากตัวเซลล์ได้โดยการเขย่าหรือปั่น ส่วนการแยกแคปซูลออกจากตัวเซลล์ต้องใช้กรดหรือด่างที่เจือจางช่วย

** การที่แคปซูลหรือชั้นเมือกมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับยีนและสภาวะแวดล้อม ซึ่งได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในบรรยากาศ ชนิดและปริมาณน้ำตาลที่เป็นแหล่งคาร์บอน

คุณสมบัติทั่วไปและหน้าที่

แคปซูลและชั้นเมือกของแบคทีเรียมีคุณสมบัติทั่วไปและหน้าที่โดยย่อ ดังต่อไปนี้

1. เก็บน้ำได้ดี

2. โพลีเมอร์ซึ่งเป็นองค์ประกอบของแคปซูลและชั้นเมือกมีหมู่คาร์บอกซิลิกซึ่งมีประจุลบจำนวนมาก จึงสามารถจับกับอะตอมที่มีประจุบวกได้ดี นักวิทยาศาสตร์จึงเชื่อว่าเกิดพันธะเคมีขึ้นระหว่างอะตอมซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์กับแคปซูลและชั้นเมือก ทำให้แคปซูลและชั้นเมือกหุ้มอยู่รอบผนังเซลล์

3. มีความหนืดสูง จึงมีบทบาทสำคัญในการผลิตอาหารและถนอมอาหารบางชนิด เช่น การผลิตน้ำส้มสายชู เมื่อ *Acetobacter xylinum* สร้างเมือกมากเกินไปก็จะทำให้การออกซิไดส์แอลกอฮอล์ไปเป็นการดอะซิติกเกิดขึ้นไม่ดี น้ำส้มสายชูจึงมีคุณภาพต่ำ

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการเจริญและการสร้างวันของเชื้อ

การผลิตวันสวรรค์ให้ได้ผลผลิตสูง มีคุณภาพดี คือ มีลักษณะเนื้อที่เนียนนุ่มและเหนียวพอเหมาะ ไม่เป็นเส้นใยและผลิตได้ภายในเวลาอันรวดเร็ว นั้น มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ปริมาณเชื้อตั้งต้น ปริมาณเชื้อที่ใช้จะต้องมีมากพอ นิยมใช้เชื้อที่มีอายุ 3 วัน และใช้ในปริมาณที่เหมาะสม คือ อยู่ในช่วง 10-20 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ได้ผลผลิตดีที่สุด เมื่อเชื้อเจริญและมีปริมาณมากพอถึงระดับหนึ่งจะสร้างวันขึ้นโดยที่เชื้อในระหว่างการเจริญจะสร้างเส้นใยเซลลูโลส เมื่อมีมากขึ้นจะสารและรวมตัวกันเห็นเป็นสายขุ่นขาวอยู่ในอาหารเหลว โดยจะค่อยๆลอยตัวขึ้นที่ผิวหน้าอาหารและเมื่ออยู่ที่ผิวหน้าอาหารเหลวแล้วจะสานตัวกันแน่นขึ้นจนเป็นแผ่นวัน ทั้งนี้สันนิษฐานว่า การสร้างแผ่นวันของเชื้อก็เพื่อให้เชื้อสามารถลอยตัวอยู่บนผิวหน้าอาหารเหลวและสามารถรับออกซิเจนได้มากที่สุด

2. อุณหภูมิ *Acetobacter xylinum* จะสร้างวันได้ดีที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญอยู่ระหว่าง 28-32 องศาเซลเซียส แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส การสร้างวันจะไม่เกิดขึ้น

3. ความเป็นกรดต่าง ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมที่สุดจะอยู่ระหว่าง 4.0-5.0 จะให้วันที่มีความหนาแน่นมากที่สุด แต่ถ้าความเป็นกรดต่างมากเกินไปจะไม่สร้างวัน

4. แหล่งคาร์บอน น้ำตาลเป็นแหล่งของคาร์บอนที่ให้การเจริญเติบโต น้ำตาลที่มีอยู่ในน้ำผลไม้เป็นแหล่งคาร์บอนที่ดีสำหรับการเจริญของเชื้อและการสร้างวัน แต่ไม่ควรใช้น้ำผลไม้ที่เจือจางมากเพราะปริมาณคาร์บอนอาจไม่เพียงพอ ควรมีไขมันน้อยและไม่มีสารปนเปื้อน

Acetobacter xylinum สามารถใช้คาร์บอนจากแหล่งต่างๆได้หลายแหล่ง เช่น กาแลกโตส ซูโครส แลกโตส มอลโตสและเด็กโตส ทั้งนี้ เชื่อสามารถสร้างวันจากแลกโตส และซูโครสได้หนาและแข็ง แต่เนื่องจากเด็กโตสมีราคาสูงกว่าซูโครสมาก ดังนั้นในการผลิตวัน จึงนิยมใช้ซูโครสเพราะหาง่ายและราคาไม่แพง

5. ออกซิเจน Acetobacter xylinum เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต ดังนั้น ในการหมักเพื่อให้จุลินทรีย์เจริญได้เร็วและสร้างวันได้ดีจะต้องหมักในภาชนะที่มีผิวหน้ากว้าง เพื่อให้มีการซึมผ่านของออกซิเจนลงในอาหารได้ดี เนื่องจากเชื้อต้องการออกซิเจนในการเจริญนี้เอง จุลินทรีย์จึงลอยตัวอยู่บนผิวหน้าของอาหารที่นิ่ง (Schramm and Bestrin. 1954 : 121) เมื่อเชื้อมีจำนวนและความหนาแน่นในระดับหนึ่งแล้วก็จะเริ่มสร้างวันขึ้น แผ่นวันที่สร้างขึ้นอาจจมลงได้ เมื่อมีการกระทบกระเทือน ซึ่งเมื่อวันแผ่นเดิมจมลง เชื้อก็จะสร้างวันขึ้นมาใหม่ที่ผิวหน้า วันที่ได้นี้จะไม่หนาตามความต้องการ ดังนั้น ในระหว่างการหมักจึงควรวางภาชนะนิ่งๆไม่ให้ถูกกระทบกระเทือน นอกจากนั้นควรใช้วัสดุปิดปากภาชนะเพื่อป้องกันการปนเปื้อนในระหว่างการหมัก วัสดุดังกล่าวควรเป็นวัสดุที่ระบายอากาศได้ดี เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์หรือผ้าขาวบาง

6. แหล่งไนโตรเจน การเติมสารประกอบไนโตรเจนในระหว่างการหมักจะช่วยให้การผลิตแผ่นวันได้หนาในเวลาอันสั้น สารประกอบไนโตรเจนที่สร้างวันได้ดีที่สุด คือ $\text{NH}_4\text{N}_2\text{PO}_4$ รองลงมาคือ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (Lapus and others. 1967 : 152) สำหรับไนเตรตในรูปของโซเดียม ไนเตรดและโปตัสเซียมไนเตรดเชื่อไม่สามารถนำมาสร้างวันได้

ในธรรมชาติ น้ำมะพร้าวมีสารประกอบไนโตรเจนอยู่ เชื้อที่เลี้ยงในน้ำมะพร้าวที่ไม่ได้เติมอะไรก็สามารถสร้างวันได้ ทั้งนี้ได้มีผู้ทดลองหาโปรตีนในน้ำมะพร้าวแก่ พบว่า มีโปรตีนอยู่ 0.4 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นในน้ำมะพร้าวยังมีสารช่วยกระตุ้นการเจริญของ เชื้อจุลินทรีย์ Acetobacter xylinum อีกด้วย และเมื่อเติม $\text{NH}_4\text{N}_2\text{PO}_4$ ความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อลิตร จะได้วันที่หนาที่สุด ถ้าใช้มากหรือน้อยกว่านี้จะทำให้ความหนาของวันน้อยลงได้

Acetobacter xylinum ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้มาจากธรรมชาติ จะต้องการสารที่ช่วยในการเจริญ โดยจำเป็นต้องเติมเพื่อช่วยในการเจริญเติบโต เช่น สารสกัดจากยีสต์ (Yeast extract) เพราะประกอบด้วยวิตามินหลายชนิด ได้แก่ กรดอะมิโนและสารอินทรีย์อีกหลายอย่าง ซึ่งเชื่อสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้

การผลิตวันสวรรค์ด้วยเชื้อ Acetobacter xylinum อาจใช้วัตถุดิบทางการเกษตรชนิดอื่นๆ เช่น น้ำสับปะรด น้ำอ้อย นำนมสด นมเนื้เหลือ (Whey) เป็นต้น เนื้อวันที่ได้จะมีลักษณะคล้ายกัน อาจมีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมาบ้าง ทั้งนี้ปัจจัยในการผลิตย่อมแตกต่างกันออกไปบ้าง เช่น ความเข้มข้นของวัตถุดิบ ปริมาณน้ำตาล สารประกอบไนโตรเจนและสายพันธุ์ของเชื้อที่ใช้

บทปฏิบัติการที่ 14

การเพาะเห็ดฟางด้วยเปลือกถั่วและ เปลือกหน่อไม้

บทนำ

ศักยภาพด้านการผลิตการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่งก็คือ เห็ด การผลิตเห็ดของประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ ประมาณร้อยละ 70 จากการที่เห็ดเป็นพืชอายุสั้น สามารถผลิตได้ในทุกภาคของประเทศไทย และสามารถเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เป็นอาหารได้ การที่เกษตรกรจะผลิตเห็ดที่มีคุณภาพสูงมีปริมาณสม่ำเสมอจะต้องมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคมและสภาพแวดล้อม

เห็ดฟางเป็นเชื้อราชั้นสูงชนิดหนึ่งมีลักษณะดอกโตปานกลาง สีทั้งสองของปลอกหุ้มรวมทั้งหมวดดอกมีสีขาวเทาจนกระทั่งสีดำขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสภาพแวดล้อมเส้นผ่านศูนย์กลางของหมวกดอก เห็ดเมื่อบานเต็มที่มียาวตั้งแต่ 4-12 ซม. ชื่อวิทยาศาสตร์ *Vevariella volvacea* ชื่อสามัญ Paddy mushroom หรือ Straw mushroom Class *Basidiomycetes* หลังจากดอกเห็ดพัฒนาขึ้นจากเส้นใยชั้นที่ 2 มารวมกัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนทดลองเพาะเห็ดฟางด้วยเปลือกถั่วและเปลือกหน่อไม้ได้
2. เพื่อให้นักเรียนบอกหลักการเพาะเห็ดฟางด้วยเปลือกถั่วและเปลือกหน่อไม้ได้
3. เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการเพาะเห็ดฟางด้วยเปลือกถั่วและเปลือกหน่อไม้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

อุปกรณ์และสารที่ใช้ในการทดลอง

1. ตะกร้าพลาสติก
2. ถังอบไอน้ำ
3. สายยาง
4. ดาซัง
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. บัวรดน้ำ

7. อ่างเคลือบ
8. ฟางข้าว
9. เปลือกถั่ว
10. เปลือกหน่อไม้
11. แป้งข้าวเหนียว
12. ปุ๋ยยูเรีย
13. รำข้าว
14. ปูนขาว
15. ยิบซัม
16. เชื้อเห็ดฟาง

วิธีทดลอง

1. เตรียมสถานที่เพาะเห็ดให้อยู่ในสภาพที่แห้ง ใช้ปูนขาวโรยให้ทั่ว
2. นำฟางที่เตรียมไว้มาปูเป็นชั้นๆ ให้สม่ำเสมอ โดยเรียงตามขวางและให้รากของฟางหันออก รดน้ำให้ชุ่ม
3. นำเปลือกถั่วและเปลือกหน่อไม้มาฉีกให้เป็นชิ้นเล็กๆ แช่น้ำทิ้งไว้ ประมาณ 1 คืน
4. นำเปลือกถั่วและเปลือกหน่อไม้ที่แช่น้ำแล้วมาผสมกับฟางเปียกในข้อ 2 โดยโรยที่ละน้อย ผสมให้ทั่ว หมักทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน
5. รดน้ำให้ชุ่ม แล้วปิดสถานที่เพาะเห็ดไม่ให้มีที่ระบายอากาศ เสียบเทอร์โมมิเตอร์ไว้ในสถานที่เพาะเห็ด วัดอุณหภูมิ บันทึกผลการทดลอง
6. นำสายยางต่อกับถังอบไอน้ำ ใส่ไว้ในสถานที่เพาะเห็ด การอบไอน้ำเห็ด โดยการเติมน้ำในถังอบเห็ดให้เต็ม จุดไฟต้มน้ำให้เดือด ใส่ไฟตลอดเวลา เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของโรงเห็ดให้อยู่ประมาณ 60-70 องศาเซลเซียสจะใช้เวลา 5-6 ชั่วโมง
7. นำเชื้อเห็ดฟางผสมแป้งข้าวเหนียวให้เข้ากัน แล้วนำไปโรยให้ห่างจากรากฟางประมาณ 1/2 ฝ่ามือ โรยให้ทั่วสม่ำเสมอ รดน้ำให้ชุ่มปิดสถานที่เพาะเลี้ยงให้สนิท ทิ้งไว้ 4 วัน
8. เปิดให้อากาศเข้าและรดน้ำเห็ด เพื่อตัดใยเห็ด แล้วปิดประตูสถานที่เพาะเลี้ยงเห็ดเหมือนเดิม ทิ้งไว้ 2 วัน
9. เปิดช่องให้แสงสว่างเข้าไปในสถานที่เพาะเห็ด ทิ้งไว้ 1 วัน จึงปิดไม่ให้แสงผ่านสังเกตการเจริญเติบโตของเห็ดทุกวันเป็นเวลา 5 วัน จึงเก็บเห็ด
10. เปรียบเทียบลักษณะการเจริญเติบโตของเห็ดฟางที่ได้จากการเพาะ

ผลการทดลอง

วันที่ทดลอง	ลักษณะที่สังเกตเห็น

สรุปผลการทดลอง

ศักยภาพด้านการผลิตการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์

ความรู้เรื่องเห็ด

เห็ดจัดอยู่ในกลุ่มของพืชผัก เป็นพืชอายุสั้น คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดนั้นจัดว่าดีกว่าพืชอื่นๆ โดยทั่วไปเห็ดมีคุณค่าทางอาหารด้านโปรตีน ประมาณ 5% ยกเว้นในเห็ดหูหนูแห้งจะมีถึง 13%

การเพาะเห็ดของประเทศไทย พ.ศ.2480 โดยอาจารย์ก่าน ชลวิจารณ์ ข้าราชการสังกัดกองพืชพรรณ กรมกสิกรรม เป็นผู้ริเริ่มบุกเบิกการเพาะเห็ดฟาง เห็ดฟางกองสูงปัจจุบันมีการเพาะเห็ดฟางโดยใช้วัสดุอื่นทดแทนฟางข้าวได้ เช่น เปลือกถั่วเขียว เปลือกมันสำปะหลัง

ได้รับการค้นคว้าพัฒนาในเวลาต่อมาคือ เห็ดนางรม เห็ดหูหนู เห็ดนางฟ้า เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดหอม และเห็ดแชมปิญอง จนกระทั่งได้มีการนำเทคโนโลยีการเพาะเห็ดโดยใช้ถุงพลาสติกท่อน้ำเข้ามาเผยแพร่ในประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ.2515 วัสดุเพาะที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ ขี้เลื่อยไม้ยางพารา

การผลิตเห็ดของประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ ประมาณร้อยละ 70

จากการที่เห็ดเป็นพืชอายุสั้น สามารถผลิตได้ในทุกภาคของประเทศไทย และสามารถเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เป็นอาหารได้ การที่เกษตรกรจะผลิตเห็ดที่มีคุณภาพสูงมีปริมาณสม่ำเสมอได้จะต้องมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคมและสภาพแวดล้อม

เห็ดฟางเป็นเชื้อราชั้นสูงชนิดหนึ่งมีลักษณะดอกโตปานกลาง สีทั้งสองของปลอกหุ้มรวมทั้งหมวดดอกมีสีขาวเทาจนกระทั่งถึงสีดำขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสภาพแวดล้อมเส้นผ่านศูนย์กลางของหมวกดอก เห็ดเมื่อบานเต็มที่มียาวตั้งแต่ 4-12 ซม. ชื่อวิทยาศาสตร์ *Vevariella volvacea* ชื่อสามัญ Paddy mushroom หรือ Straw mushroom Class *Basidiomycetes* หลังจากดอกเห็ดพัฒนาขึ้นจากเส้นใยชั้นที่ 2 มารวมกันเราสามารถแบ่งลักษณะรูปร่างสัณฐานวิทยาแตกต่างกันไป ได้เป็น 6 ขั้นตอน

1. จุดเริ่มแรกของการเกิดดอก (Pinhead stage) ระยะนี้จะเกิดหลังจากโรยเชื้อเห็ดแล้ว ในวันที่ 4-6 เส้นใยเห็ดจะมารวมตัวกันเป็นจุดขาวๆ เล็กๆ ในสภาพอุณหภูมิ 18-32 เซนเซียส โดยปกติ

2. ระยะดอกเห็ดลูกกระดุมเล็กๆ (Tiny batton stage) คือ ระยะสืบต่อมาจากระยะแรกประมาณ 15-30 ชั่วโมง เป็นระยะที่ดอกเห็ดเจริญเติบโตขึ้นจากระยะแรก 15-30 ชั่วโมงอย่างรวดเร็วและมีรูปของดอกเห็ดเป็นลักษณะกลมยกตัวขึ้นจากวัสดุเพาะทำการผ่าข้างในดูจะไม่เห็นการแยกเป็นหมวกเห็ดเห็นได้ชัดเจน

3. ระยะรูปกระดุม (Button stage) ระยะที่ดอกเห็ดมีการขยายตัวทางด้านความกว้างของดอกอย่างเต็มที่ ส่วนมากแล้วดอกเห็ดจะมีลักษณะกลม หรือวงรีรีเว มีฐานที่โตกว่าส่วนปลาย หากทำการผ่าดูภายในจะมีการแบ่งตัวเป็นก้าน เป็นดอกและกลีบอย่างชัดเจน แต่ส่วนของหมวกและก้านดอกยังเล็กอยู่

4. ระยะรูปไข่ (Egg stage) ดอกเห็ดเริ่มมีการเจริญเติบโตทางความยาวของก้านดอก และความกว้างของหมวกดอกด้านของปลอกหุ้มดอกจะยึดไปตามความยาวของก้านทำให้ปลอกหุ้มดอกบางลงและเรียวยาวขึ้นคล้ายรูปไข่ ระยะนี้ส่วนมากผู้เพาะปลูกมักจะทำการเก็บเกี่ยว เพราะเป็นระยะที่ให้น้ำหนักสูงสุด และเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคนิยมรับประทานมากที่สุดรวมทั้งเป็นขนาดที่โรงงานกระป๋องต้องการอีกด้วย

5. ระยะปรืดอก (Elongation stage) เป็นระยะต่อเนื่องจากระยะที่ 4 ระยะนี้เป็นการเจริญเติบโตของก้านและหมวกดอกเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ส่วนบนสุดของปลอกหุ้มดอกแตกออก

6. ระยะแก่เต็มที่ (Mature stage) คือ ระยะที่ส่วนของก้านดอกและหมวกมีการขยายตัวเจริญเต็มที่ ส่วนของครีบดอกเห็ดจะสร้างสปอร์และปล่อยให้ตกลงหรือปลิวไปตามกระแสลม สีของครีบดอกจะเข้มขึ้นไปเรื่อยๆ จนกลายเป็นสีน้ำตาลคล้ำจนก้านดอกจะเหี่ยว หมวกจะอ่อนนุ่ม แตกหักและหลุดง่าย มีระยะห่างจากระยะที่ 5 เพียง 2-4 ชั่วโมงเท่านั้น เป็นการแตกดอกไม่เป็นระเบียบ (Irregular) ส่วนสีของผิวหมวกดอกเมื่อสัมผัสกับบรรยากาศก็จะทำให้มีสีคล้ำขึ้น แต่ก้านดอกและกลีบภายในได้หมวกดอกจะเป็นสีขาว

วงจรชีวิตของเห็ดฟาง

1. ดอกเห็ดที่เจริญเต็มที่แล้ว
2. แบคทีเรีย ที่อยู่บนผิวเซลล์ของครีบ
3. สปอร์หลุดจาก แบคทีเรียและปลิวไปตามบรรยากาศ
4. การงอกของสปอร์ เมื่อสปอร์ตกอยู่ในที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม
5. เส้นใยที่งอกออกจากสปอร์ หรือ เส้นใยขั้นที่ 1 จะถูกแบ่งออกเป็นเซลล์ ๆ หรือเป็นกิ่งก้านแต่ละเซลล์จะมีนิวเคลียสอยู่ตั้งแต่ 2-30 อัน
6. เส้นใยขั้นที่ 1 สามารถเข้ากันหรือผสมกันได้จะมารวมตัวกันเป็นเส้นใยขั้นที่ 2 (Secondary mycelium)
7. เส้นใยขั้นที่ 2 มีการเจริญเติบโตทางด้านยาวและแตกกิ่งก้านสาขาออกใหม่ในส่วนที่เจริญใหม่นี้จะถูกแบ่งเซลล์เล็กๆ บางครั้งอาจเกิดติดต่อกันเป็นลูกโซ่ เรียกว่า (Swollen cell)
8. จาก Swollen cell บางอันจะมีผนังหนาเป็นวงกลมมีสีน้ำตาลเข้ม สามารถอยู่ข้ามปีได้ เรียกว่า คลามิโดสปอร์

9. เมื่อคลามีโคสปอร์กลับมาอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมอีกครั้งก็จะงอกออกมาเป็นเส้นใยชั้นที่ 2 ตามเดิม

10. จุดเริ่มต้นของดอกเห็ด โดยการรวมตัวของเส้นใยชั้นที่ 2 เจริญเติบโตเต็มที่แล้วเป็นจำนวนมาก

11. ดอกเห็ดตูมรูปไข่ ในระยะ Elagation

ความต้องการของเห็ดฟาง

เห็ดฟางมีลักษณะ ความต้องการทั้งอาหารและความที่มีสภาพแวดล้อมเฉพาะตัว อาจจะแตกต่างไปจากเห็ดชนิดอื่นๆ ตามลำดับดังนี้

1. ธาตุอาหาร (Nutrition) เห็ดฟางไม่สามารถสังเคราะห์อาหารเองได้ จึงจำเป็นต้องอาศัยอาหารสำเร็จรูปจากแหล่งต่างๆ เช่น ไม้ผุหรือกองปุ๋ยหมัก แต่แหล่งอาหารเหล่านั้นมักขาดธาตุอาหารที่สำคัญดังนี้เราจึงควรเพิ่มปริมาณของธาตุต่อไปนี้

1.1 ธาตุคาร์บอน

1.2 ไนโตรเจน (Nitrogen, N)

1.3 เกลือแร่

1.4 วิตามิน หรือฮอร์โมน

2. อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของสปอร์และการเจริญของเส้นใยประมาณ 24-38 องศาเซลเซียส

3. ความชื้น (Humidity) ต้องการความชื้นสูง ประมาณ 80-90%

4. แสง (Light) พอเหมาะ

5. ความเข้มข้นของการเป็นกรดเป็นด่าง (pH) แหล่งอาหารควรมีระดับความเป็นกรดต่ำอยู่ในระดับปานกลางคือระหว่าง 6.5-7.5

6. ผลของความหนาแน่นของสปอร์ต่อการงอก (Effect of spores density) ในระดับความหนาแน่นของสปอร์ 900 สปอร์ต่อพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตรจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงถึง 94%

7. สารพิษ (Toxins) มีผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยได้แก่ น้ำมัน ผงซักฟอก ยาปราบศัตรูพืช

8. การเปลี่ยนแปลงลักษณะต่างๆ ทางฟิสิกส์ที่ควรรู้ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง ได้แก่

8.1 ระยะการงอกของสปอร์ สปอร์ของเห็ดฟางมีอาหารสะสมอยู่แล้วเมื่ออยู่ในสภาพที่เหมาะสมก็สามารถงอกได้

8.2 ระยะการเจริญเติบโตของเส้นใยระยะแรก เป็นระยะที่เส้นใยได้งอกออกจากสปอร์แล้วหลังจากโรยเชื้อเห็ดฟางลงในวัสดุเพาะ เป็นระยะที่เห็ดฟางมีความต้องการอาหารสูงที่สุด

8.3 ระยะการสะสมอาหารของเส้นใย อาหารของเห็ดจะเริ่มขาดแคลนความชื้นในกองวัสดุลดลง ดังนั้นควรเพิ่มความชื้น และต้องการถ่ายเทอากาศหรืออากาศบริสุทธิ์มากกว่าระยะแรก

8.4 ระยะที่เส้นใยของเห็ดฟางรวมตัวกันเป็นดอก เป็นช่วงที่อ่อนแอที่สุดหากอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมการรวมตัวกันของเส้นใยจะสมบูรณ์

8.5 ระยะการพัฒนาของดอกเห็ด หลังจากเส้นใยเห็ดรวมตัวกันเป็นดอกเล็ก ๆ แล้วการที่จะพร้อมมาเป็นดอกเห็ดได้สมบูรณ์หรือไม่ ช้าหรือเร็วจะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ สายพันธุ์ของเห็ด อาหารและการสะสมอาหารของเส้นใย อากาศ ระยะนี้ต้องการอากาศสูงมาก อุณหภูมิและแสง

เห็ดเป็นพืชชั้นต่ำ ในตระกูล *Dirision Eumycota* สืบพันธุ์ โดยสร้างสปอร์มนุษย์รู้จักเห็ดในฐานะที่เป็นราชนิดแรกที่มีมนุษย์มองเห็น ชาวกรีกและชาวโรมัน เป็นชาติที่รู้จักบริโภคเห็ดเป็นก่อนชาติอื่นๆ เห็ดในภาษากรีก เรียกว่า *Mykes* และมีวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับเห็ดคือ *Mycology* เห็ดเป็นราขนาดใหญ่ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า การบริโภคเห็ด อดีตส่วนใหญ่เห็ดป่าเกิดตามธรรมชาติ ยังไม่มีการเพาะเห็ดบริโภค การบริโภคเห็ดบางอย่างทำให้เกิดการเสียชีวิตเนื่องจากพิษของเห็ดมีพิษ ชาวกรีกเพาะเห็ด โดยนำมูลสัตว์ใส่ในรูไม้มะเดื่อซึ่งขึ้นรอบ ๆ ท่อนไม้ เห็ดชอบเจริญในดินที่มีความชื้นสูง และจะมีชีวิตได้ 2 อาทิตย์ การบริโภคเห็ดของมนุษย์หลังจากรู้ว่าเห็ดบริโภคได้ ส่วนใหญ่เป็นเห็ดที่เก็บได้ในป่า ในฝรั่งเศส เยอรมัน สวิสเซอร์แลนด์ รัสเซีย มีผู้นำเห็ดป่ามาจำหน่ายครั้งละมาก ๆ กว่า 48 ชนิด

เห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*) เป็นเห็ดที่นิยมเพาะใน จีน ญี่ปุ่น ไทย มาเลเซีย เป็นเห็ดที่นิยมบริโภคกันมาก เห็ดชนิดนี้เป็นเห็ดมีลักษณะทรงร่มเกิดมีก้านกลม มีสีขาวปกคลุมแล้วค่อย ๆ เจริญเติบโตขึ้น แดงเป็นดอกเห็ด ก้านดอกค่อย ๆ ขึ้นมา เหลือเปลือกห่อหุ้มโคนอยู่ มีลักษณะคล้ายถ้วยรองรับฐานดอกเห็ด หมวกเมื่อโตเต็มที่ทางออกคล้ายร่ม เนื้อหนาพอสมควร โตเต็มที่วัดได้ 10-15 เซนติเมตร ผิวด้านบนเรียบอ่อนถึงแก่ ดอกเห็ดแรกบานครึ่งจะมีสีขาวเมื่อเริ่มแก่จะเป็นสีชมพูอมม่วงอ่อน และมีสีน้ำตาลเข้มตามลำดับ ก้านหมวกสีขาวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 2-3 เซนติเมตร ภายในละเอียด แน่นค่อนข้างเปราะเล็กน้อย ก้านดอกสูง 8-10 เซนติเมตร ผิวเรียบ สปอร์มีลักษณะเป็นรูปกลมรีคล้ายรูปไข่ เมื่อปรุงอาหารมีลักษณะเป็นเมือกเล็กน้อย โดยทั่วไปเป็นเห็ดที่พบในเขตร้อน งอกตามกองปุ๋ยหมัก กองไม้ผุ กองฟางจะงอกเมื่อมีความชื้นสูง อุณหภูมิสูง สปอร์จะงอกเป็นเส้นใยได้ดี อุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส การรวมตัวของเส้นใยจะมีการเผาผลาญพลังงานแต่ย่อยเซลลูโลสได้ ไม่ต้องการการดูแลรักษามากมาย ปลูกง่ายใช้เวลาสั้น และลงทุนต่ำ ให้เกลือแร่ วิตามิน ยังมีโปรตีนสูง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

เรื่อง

เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

สิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันสิ่งที่ทำให้เกิดภาวะพิษ (Pollution) ส่วนใหญ่เนื่องมาจากของเหลือทิ้ง (Waste) จากโรงงานอุตสาหกรรมและบ้านเรือน เราจะแก้ปัญหาอย่างฉลาดได้อย่างไรเพื่อลดมลพิษรอบๆตัวเรา ของเหลือทิ้งประเภทสารอินทรีย์ (Organic waste) ต่างๆที่ถูกทิ้งลงในแหล่งน้ำจะมีจุลินทรีย์กลุ่ม aerobes ในธรรมชาติช่วยกันกำจัดโดยใช้ก๊าซออกซิเจนเป็นตัวช่วยในกระบวนการสลาย ซึ่งหากสารอินทรีย์เหล่านั้นมีปริมาณมากเกินไป หลังจากก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen) ถูกใช้หมดไป สารที่ยังคงเหลืออยู่จะถูกเปลี่ยนแปลงต่อไปอีกโดยจุลินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่งที่เรียกว่า Anaerobes สภาวะที่ไร้ก๊าซออกซิเจนจะมีผลทำให้เกิดสารต่างๆออกมามากมาย เช่น H_2S , CO_2 และ CH_4 เป็นต้น ในที่สุดจะมีผลทำให้แหล่งน้ำที่แต่ก่อนเคยใสสะอาดกลับมีสี มีกลิ่นเน่าเสียเกิดขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาต่อผู้ที่อยู่อาศัยอยู่ในเขตชุมชนรอบข้าง ทางหนึ่งที่จะแก้ปัญหาคาการเน่าเสียของแหล่งน้ำได้เป็นอย่างดีก็คือ การนำเอาจุลินทรีย์เข้ามาบำบัดพาทในการกำจัด นอกจากจะเป็นการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษได้แล้ว จุลินทรีย์ยังสามารถใช้ของเหลือทิ้งเหล่านั้นเป็นวัตถุดิบในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์และมีค่าทางอุตสาหกรรมได้ด้วย

การใช้จุลินทรีย์แก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม

ของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีมากมายหลายชนิด ดังตัวอย่าง เช่น น้ำมันมะพร้าวจากโรงงานผลิตน้ำมันมะพร้าว น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแผ่น น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตปลาป่น น้ำทิ้งหรือกากสาจากโรงงานผลิตสุรา น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋อง หรือจากโรงงานผลไม้ตระกูลส้ม และรวมถึงอนุพันธ์ปิโตรเลียม (Petroleum derivatives) เป็นต้น การปล่อยน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆเหล่านั้นลงสู่แหล่งน้ำ ย่อมทำให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียได้อย่างรวดเร็วมาก ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำทิ้งดังกล่าวมีสารอาหารและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติมาก เราสามารถนำน้ำทิ้ง ซึ่งมีอาหารมากมายเหล่านั้นมาเป็นวัตถุดิบให้จุลินทรีย์ใช้ เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์และมีราคาสูงได้ในขณะเดียวกันก็สามารถลดปัญหาสภาวะแวดล้อมเป็นพิษได้

ตัวอย่างการใช้จุลินทรีย์ในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ได้แก่

การใช้จุลินทรีย์โปรตีน (Single cell protein or SCP) เป็นอาหารโปรตีนที่ผลิตได้จากกระบวนการหมัก โดยจุลินทรีย์ อาจเป็นแบคทีเรีย รา ยีสต์ หรือสาหร่ายบางชนิด

จากการทดลองเลี้ยงเชื้อยีสต์บางชนิด โดยใช้น้ำทิ้ง (กากส่า) จากโรงงานผลิตสุราซึ่งมีน้ำตาลทั้งหมด 1 - 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน 0.25 - 0.29 เปอร์เซ็นต์ และยังมีเกลือแร่ค่อนข้างสูงมาก พร้อมกับเติมสารอาหารบางอย่างลงไปเป็นปริมาณเล็กน้อย พบว่าหลังจากเลี้ยงเชื้อยีสต์ให้ได้ปริมาณเซลล์จำนวนหนึ่ง เพื่อผลิตเป็นจุลินทรีย์โปรตีนแล้ว ยังสามารถลดค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) ของน้ำทิ้งได้เป็นอย่างดี เช่นเดียวกับ แชนนอนและสเตเฟนสัน (Shannon and Stevenson) รายงานว่า การเลี้ยงยีสต์ *Calvatia gigantica* และ *Candida stealolytica* ในน้ำทิ้งโรงงานสุรา สามารถลดค่า BOD ลงได้ 20 - 45 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเซียง (Chuang) และไล (Lai) พบว่า การเลี้ยง *Pichia tainania* และ *Candida utilis* สามารถลดค่า BOD ลงได้ 25 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำอาหารจากขั้นแรกไปเลี้ยงพวกแบคทีเรียที่สังเคราะห์แสงได้

นอกจากนั้นปัญหาเกี่ยวกับสีน้ำตาลเข้มของน้ำทิ้งดังกล่าว สามารถใช้เชื้อเห็ด *Coriolus* sp. ช่วยเปลี่ยนสีจากสีน้ำตาลเข้มไปเป็นสีเหลืองอ่อนได้ในระยะเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังมีการนำน้ำกากส่าจากโรงงานอุตสาหกรรม แอลกอฮอล์กลับมาใช้ประโยชน์ โดยการนำมาใช้ทดแทนน้ำจากแม่น้ำในการเจือจางกากน้ำตาล ซึ่งพบว่า สามารถลดปริมาณน้ำทิ้งได้ถึง 30 - 50 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลผลิตแอลกอฮอล์เพิ่มสูงขึ้นประมาณ 6.0 - 13.9 เปอร์เซ็นต์ นำไปใช้ได้ทันที สำหรับการผลิตแอลกอฮอล์เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและใช้ในอุตสาหกรรม เป็นการประหยัดพลังงาน ได้จุลินทรีย์โปรตีนจากยีสต์ที่ใช้เป็นผลพลอยได้และนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ และเป็นแนวทางในการนำน้ำกากส่าทิ้งไปใช้ในการหมักผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น จุลินทรีย์โปรตีนและปุ๋ยหมัก เป็นต้น

นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำทิ้งจากการทำยางแผ่นที่เรียกว่าซีรัม (Serum) ซึ่งได้จากการแยกส่วนของเนื้อมาก่อนการนึ่งยางสดโดยวิธีต่างๆ ซีรัมมีองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอินทรีย์ อนุโมลธาตุ และสารประกอบอื่นๆอีกมากมาย เมื่อนำน้ำทิ้งดังกล่าวมาผลิตจุลินทรีย์โปรตีนโดยใช้ยีสต์พบว่า ให้น้ำหนักเซลล์สูง นำไปเป็นอาหารเสริมโปรตีนได้อย่างดี และยังพบว่าช่วยลดมลพิษที่เกิดขึ้นได้ด้วย เนื่องจากค่า BOD ลดลงสูงสุดถึง 72.69%

น้ำมะพร้าวเป็นส่วนหนึ่งที่โรงงานอุตสาหกรรมปล่อยทิ้งลงสู่แม่น้ำลำคลองและก่อให้เกิดน้ำเน่าเสีย เนื่องจากน้ำมะพร้าวมีปริมาณค่อนข้างมาก ทั้งยังมีน้ำตาลและสารอาหารที่เหมาะสมหลายชนิดสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ เราสามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยนำน้ำมะพร้าวมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อรา เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยีสต์

อาหารสัตว์ ใช้เก็บเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกและกรดน้ำส้มได้ นอกจากนี้ ยังนำมาทำวุ้น
น้ำมะพร้าว ซึ่งจะได้ผลผลิตเป็นน้ำส้มสายชูอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งด้วย

จากตัวอย่างที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เป็นการนำเอาของเหลือทิ้งจากโรงงาน
อุตสาหกรรมมาใช้ให้เป็นประโยชน์โดยอาศัยจุลินทรีย์ ในขณะเดียวกันยังช่วยแก้ปัญหาหรือลด
ปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้จุลินทรีย์ตัวเล็กๆยังเข้าไปมีบทบาทในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อีก

บทปฏิบัติการที่ 15

ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของพืชน้ำ

บทนำ

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ขาดออกซิเจนเนื่องจากในน้ำมีปริมาณสารอินทรีย์มาก ทำให้จุลินทรีย์ในน้ำใช้ออกซิเจนในน้ำหมดไป ดังนั้น การบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่ จึงมุ่งไปสู่การกำจัดสารอินทรีย์ออกจากน้ำเสียนั้น ซึ่งวิธีการจะไม่ยุ่งยากนัก ทั้งนี้เนื่องจาก ความสกปรกในน้ำเสียมีไม่มาก การบำบัดใช้วิธีทางชีววิทยา โดยอาศัยประโยชน์จากจุลินทรีย์ ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เจือปนในน้ำเสีย นอกจากนี้ยังพบว่า พืชน้ำบางชนิดใช้บำบัดน้ำเสียได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเลือกชนิดของพืชน้ำที่ใช้บำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุดได้
2. เพื่อให้นักเรียนบอกคุณสมบัติบางประการของพืชน้ำที่ใช้บำบัดน้ำเสียได้
3. เพื่อให้นักเรียนบอกหลักการของการใช้พืชน้ำบำบัดน้ำเสียได้
4. เพื่อให้นักเรียนเขียนแผนภาพแสดงขั้นตอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยใช้

พืชน้ำได้

5. เพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของพืชน้ำชนิดต่างๆ

ได้

6. เพื่อให้นักเรียนนำหลักการบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชน้ำไปประยุกต์ใช้รักษาสภาพแวดล้อมของน้ำในชีวิตประจำวันได้

อุปกรณ์และสารเคมี

1. บีกเกอร์
2. ขวดรูปชมพู่
3. กระบอกตวง
4. หลอดฉีดยา
5. ขวดรูปกรวย
6. ตะเกียงแอลกอฮอล์
7. เครื่องชั่ง

8. บิวเรตพร้อมที่ตั้ง
9. ปิเปต
10. ถังตักน้ำ
11. แห้งแก้ว
12. หลอดหยด
13. เทอร์โมมิเตอร์
14. ตูปลานขนาดเล็ก
15. น้ำกลั่น
16. ไม้ขีดไฟ
17. ตะแกรงกรองตะกอน
18. ขวดมีฝาปิด
19. กระดาษ pH
20. พืชชนิดต่าง ๆ ได้แก่ จอก แหน พวงพวงน้ำ ผักกระเจต สาหร่ายไฟ

ผักดัดเบา

21. น้ำแข็ง
22. น้ำตัวอย่างจากแหล่งต่าง ๆ
23. สารละลาย H_2SO_4 con.
24. สารละลาย MnSO_4 2.2 mol/dm^3
25. สารละลาย KI ใน NaOH 12.5 mol/dm^3
26. สารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.005 mol/dm_3

วิธีทดลอง

1. เก็บน้ำตัวอย่างน้ำเสียจากแหล่งน้ำที่ต้องการตรวจสอบใส่ขวดให้เต็มขวด อย่าให้อากาศเหลืออยู่ในขวด แล้วปิดฝาย่ำมิดกับอากาศ
2. นำน้ำเสียตัวอย่างที่เก็บได้มาตรวจสอบทันที โดยการเติมสารละลาย MnSO_4 , สารละลาย KI ใน สารละลาย NaOH ที่ทราบความเข้มข้นแล้วและเติมสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้นตามลำดับ (สารละลายแต่ละชนิดต้องเติมโดยไม่ให้สัมผัสกับอากาศ คือ ใช้หลอดฉีดยาดูดสารละลายแล้วนำไปฉีดใส่ขวดน้ำตัวอย่าง โดยให้ปลายหลอดฉีดยาอยู่ใต้ผิวน้ำ)
3. แบ่งสารละลายในข้อ 2 มาจำนวนหนึ่ง นำไปติเตรตด้วยสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ จนกระทั่งได้สารละลายสีเหลืองอ่อน ๆ อ่านปริมาตรของสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้
4. เติมน้ำแข็งลงในสารละลายสีเหลืองอ่อน จนได้สีน้ำเงิน แล้วติเตรต

5. นำค่าปริมาตรของสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไตเตรตไปคำนวณหาปริมาณออกซิเจน โดยอาศัยสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยา ดังนี้



จากสมการ 4 ถ้าทราบปริมาตรของ S_2O_3 หรือ $(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ ที่ใช้ทำให้ทราบปริมาณ I_2 ที่เกิดขึ้นในสมการที่ 3 และเมื่อทราบปริมาณ I_2 ก็สามารถหาปริมาณ O_2 ที่อยู่ในน้ำตัวอย่างได้

6. นำน้ำเสียตัวอย่างที่ทราบปริมาณออกซิเจนในน้ำแล้วจากการคำนวณในข้อ 5 มาใส่ในตู้ปลาขนาดเล็ก จำนวน 6 ตู้ โดยใส่น้ำเสียประมาณ $2/3$ ของตู้

7. ใส่พืชน้ำ ได้แก่ จอก แหน แพงพวยน้ำ ผักกระเฉด สาหร่ายไฟและผักตบเต่าลงในตู้เลี้ยงปลาที่เตรียมไว้ในข้อ 6 ตู้ละ 1 ชนิด ตั้งทิ้งไว้ 7 วัน สังเกตและบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของน้ำในตู้เลี้ยงปลา

8. เมื่อครบ 7 วัน นำน้ำในตู้เลี้ยงปลามาตรวจสอบหาปริมาณออกซิเจนในน้ำ โดยทำการทดลองตั้งแต่ข้อ 2-5

9. เปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนก่อนและหลังใส่พืชน้ำลงในน้ำเสีย

ผลการทดลอง

ชนิดของน้ำเสียตัวอย่าง	ชนิดของพืชที่ใช้	ปริมาณออกซิเจนที่ตรวจพบ

สรุปผลการทดลอง

การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชน

การบำบัดส่วนใหญ่จะมุ่งไปสู่การกำจัดสารอินทรีย์ออกจากน้ำเสียนั้น ซึ่งวิธีการจะไม่ยุ่งยากนัก ทั้งนี้เนื่องจากความสกปรกในน้ำเสียมีไม่มาก การบำบัดใช้วิธีทางชีววิทยา โดยอาศัยประโยชน์จากจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เจือปนใน น้ำเสีย แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ๆดังนี้

1. แยกตะกอนขนาดใหญ่ๆออก ตะกอนเหล่านี้อาจจะเป็นตะกอนดินทราย เศษอาหาร กระดาษ ใบตอง และถุงพลาสติก สิ่งเหล่านี้จะถูกแยกออกโดยตะแกรง และรางตกตะกอน เพื่อป้องกันไม่ให้ไปอุดตันที่ระบายต่างๆของระบบบำบัด
2. กำจัดสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของสารละลายหรืออนุภาคที่แขวนลอยอยู่ด้วยกระบวนการทางชีววิทยา โดยอาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านี้ แต่จะมีตะกอนของจุลินทรีย์เกิดขึ้นซึ่งจะต้องกำจัดออกไป
3. ขั้นตอนทำให้น้ำเสียมีความสะอาดมากขึ้นอีกจนสามารถใช้อุปโภคและบริโภคได้ ซึ่งอาจจะต้องใช้วิธีการทางเคมีและทางกายภาพในการตกตะกอนหรือดูดซับสารบางอย่างที่ไม่ได้ถูกกำจัดออกไปในขั้นตอนที่ 2 เช่น พวกละอองฟอสเฟต สารประกอบโลหะแอมโมเนีย ตลอดจนสารอินทรีย์ที่ยังหลงเหลืออยู่

การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมีอยู่หลายประเภท สิ่งสกปรกที่ปะปนอยู่ในน้ำเสียเหล่านั้นก็แตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของโรงงาน การบำบัดจึงยุ่งยาก ซับซ้อน และเสียค่าใช้จ่ายสูง ทั้งนี้เพราะขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของสิ่งที่เจือปนในน้ำเสีย เช่น สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์

ในกรณีของสารอินทรีย์ จะมีขั้นตอนการบำบัดดังต่อไปนี้

1. ลดอุณหภูมิของน้ำเสีย ถ้าน้ำเสียนั้นมีอุณหภูมิสูง
2. ปรับความเป็นกรดเป็นด่างให้เหมาะสม น้ำเสียบางแหล่งอาจจะมีค่าความเป็นกรดหรือด่างสูงมาก จำเป็นต้องปรับระดับให้พอเหมาะก่อนที่จะนำเข้าสู่ระบบกำจัดต่อไป
3. ระบบการกำจัดแบบไร้อากาศ เป็นการกำจัดโดยอาศัยจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตในสถานที่ไร้อากาศ
4. ระบบการกำจัดแบบให้อากาศ
5. กำจัดสีโดยวิธีการเคมี

บทปฏิบัติการที่ 16

การผลิตเส้นใยจากวัชพืชโดยใช้จุลินทรีย์

บทนำ

ในปัจจุบันสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา อันเป็นผลเนื่องมาจากเทคโนโลยี อุตสาหกรรมสมัยใหม่ การเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างรวดเร็วรวมทั้งการเสื่อมถอยของวัฒนธรรมมนุษย์ในสังคมมีผลทำให้สภาพแวดล้อมที่อยู่รอบตัวเราเสื่อมโทรมลงโดยเฉพาะการตัดไม้ทำลายป่า ทำให้พื้นที่ป่าไม้ของประเทศต้องลดน้อยลงไป

จากการที่ป่าไม้ลดปริมาณลง จนไม่เพียงพอต่อการสร้างที่อยู่อาศัย ดังเช่นในอดีตจึงมีความพยายามที่จะหาวัสดุชนิดอื่นมาแทนไม้ในการสร้างที่อยู่อาศัย แต่คุณสมบัติหลายอย่างแตกต่างกับไม้มาก และเนื่องจากวัชพืชหลายชนิด โดยเฉพาะผักตบชวาและต้นบอนน้ำ เป็นพืชที่มีเส้นใยคล้ายคลึงกับไม้มาก สามารถใช้จุลินทรีย์ช่วยทำให้เกิดกระบวนการที่ทำให้เส้นใยจากวัชพืชเหล่านั้นย่อยสลาย แล้วนำมาทำวัสดุของใช้ประเภทต่างๆได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนทดลองใช้จุลินทรีย์ให้ย่อยสลายเส้นใยชนิดต่างๆได้
2. เพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบคุณภาพของเส้นใยที่ได้จากการย่อยสลายของจุลินทรีย์และเส้นใยที่ได้ย่อยสลายจากสารเคมีว่าแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
3. เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้วัชพืชซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่มีประโยชน์ทำให้เกิดประโยชน์และรักษาสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้น

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. แกนลำต้นมันสำปะหลัง
2. ผักตบชวา
3. กระดาษหนังสือพิมพ์
4. น้ำสะอาด
5. บีกเกอร์
6. นาฬิกาจับเวลา

7. กรรไกร
8. ตะแกรงลวด
9. แห้งแก้วคน
10. เครื่องบดอาหารไฟฟ้า
11. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลม
12. เครื่องชั่ง
13. เตารอบไฟฟ้า
14. เทอร์โมมิเตอร์
15. โซเดียมไฮดรอกไซด์
16. โซเดียมไฮโปคลอไรด์
17. โซเดียมไบคาร์บอเนต
18. ยีสต์
19. แป้งมัน

วิธีทดลอง

การเตรียมเส้นใยแกนลำต้นมันสำปะหลัง

1. ตัดกิ่งมันสำปะหลังให้มีความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ใช้ไม้ไผ่ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใกล้เคียงกับขนาดของแกนต้นมันสำปะหลัง กระทุ้งให้แกนทะลุออกอีกด้านหนึ่งก็ได้แกนของลำต้นมันสำปะหลังตามต้องการ
2. ใช้เครื่องบดอาหาร บดแกนของลำต้นมันสำปะหลังให้มีขนาดละเอียดมากน้อยตามที่ต้องการ
3. นำแกนต้นมันสำปะหลังที่บดแล้วไปตากแห้ง (หากวันที่มีแสงแดดจัด ตากเพียง 1 วัน แกนลำต้นมันสำปะหลังก็จะแห้งสนิท เก็บไว้ได้นานโดยไม่มีเชื้อรา)

การเตรียมเส้นใยผักตบชวา

1. ตัดลำต้นของผักตบชวา ให้ยาวประมาณ 2 เซนติเมตร นำไปผสมกับน้ำแล้วปั่นด้วยเครื่องบดไฟฟ้า จนละเอียดกรองเอาเฉพาะเส้นใย
2. นำเส้นใยที่ได้จากการปั่นไปต้ม แล้วนำไปหมักโดยใช้จุลินทรีย์เป็นสารช่วยย่อยนาน 2 สัปดาห์ แล้วฟอกสีด้วยการละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ 8%
3. นำเส้นใยที่ได้จากข้อ 2 มาล้างให้สะอาด บีบน้ำออกจนหมด

การเตรียมเยื่อกระดาษ

1. ฉีกกระดาษหนังสือพิมพ์ให้มีขนาดเล็กๆตามที่ต้องการ แช่น้ำสะอาดทิ้งไว้ 1 คืน
2. ขยี้กระดาษหนังสือพิมพ์ที่แช่น้ำไว้แล้ว เพื่อให้หมึกพิมพ์หลุดออกไปบ้าง
3. นำกระดาษหนังสือพิมพ์ที่ได้จากข้อ 2 ผสมกับน้ำสะอาดพอสมควร บั่นในเครื่องบดอาหารให้ละเอียด กรองเอาเฉพาะเยื่อกระดาษ บีบน้ำออกจนหมด
4. นำเส้นใยที่ได้จากข้อ 3 ไปฟอกสีด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ล้างน้ำสะอาด กรองเอาแต่เฉพาะเนื้อเยื่อ

การหาอัตราส่วนเส้นใยกับตัวประสานที่เหมาะสม

1. ใช้เส้นใยผักตบชวาที่เตรียมไว้แล้วจำนวน 5 กรัม ใส่ลงในน้ำจำนวน 60 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันเป็นเวลานาน 3 นาที
2. ใส่แกนต้นมันสำปะหลังจำนวน 0.5 กรัมลงในส่วนผสมในข้อ 1 ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันเป็นเวลา 2 นาที เทใส่พิมพ์แล้วนำอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาฟาเรนไฮด์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
3. ทำการทดลองซ้ำในข้อ 1-2 โดยเปลี่ยนจากเส้นใยผักตบชวาเป็นกระดาษ
4. ทำการทดลองซ้ำในข้อ 1-3 โดยการเพิ่มแกนต้นมันสำปะหลังให้เป็น 1 กรัม และ 1.5 กรัมตามลำดับ
5. ใช้แป้งมัน 1 ช้อนเบอร์ 2 ผสมกับน้ำ 60 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน ตั้งไฟจนน้ำแป้งสุก
6. ใส่ยีสต์ 1 ช้อนเบอร์ 2 ลงไปในน้ำแป้งสุก ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
7. ใส่เส้นใยผักตบชวา 5 กรัม แกนต้นมันสำปะหลัง 1 กรัม ลงไปในน้ำแป้งสุกผสมยีสต์ คนให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เพื่อให้ยีสต์ทำปฏิกิริยา เทใส่พิมพ์ แล้วนำไปอบที่เตาอบ อุณหภูมิ 100 องศาฟาเรนไฮด์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
8. ทำการทดลองซ้ำในข้อ 5 - 7 โดยเปลี่ยนเส้นใยเป็นเยื่อกระดาษที่เตรียมไว้แล้ว
9. ทำการทดลองซ้ำในข้อ 5 - 8 โดยเพิ่มจำนวนยีสต์เป็น 2 และ 3 ช้อนเบอร์ 2 ตามลำดับ
10. นำวัสดุที่ได้จากเส้นใยผักตบชวา และเยื่อกระดาษมาหาจุดศูนย์ถ่วง แล้วใช้ด้ายผูกบริเวณนั้นให้เป็นห่วง ใช้ตาชั่งสปริงตึงเส้นด้ายนั้น แล้วบันทึกผล
11. ใส่น้ำในบีกเกอร์ - โบ แล้วนำวัสดุที่ผลิตได้ทั้ง 3 ชนิด ไปลอยในบีกเกอร์ที่ใส่น้ำเตรียมไว้

ผลการทดลอง

แสดงอัตราส่วนระหว่างเส้นใยกับแกนต้นมันสำปะหลัง และเปรียบเทียบน้ำหนักของวัสดุที่ผลิตได้ โดยให้ปริมาณเส้นใยคงที่ คือ 5 กรัม

ปริมาณแกนต้นมันสำปะหลัง	0.5กรัม		1.0 กรัม		1.5 กรัม	
ชนิดเส้นใย	น้ำหนัก ก่อนอบ (g)	น้ำหนัก หลังอบ (g)	น้ำหนัก ก่อนอบ (g)	น้ำหนัก หลังอบ (g)	น้ำหนัก ก่อนอบ (g)	น้ำหนัก หลังอบ (g)
ผักตบชวา						
กระดาศ						

แสดงผลการทดลองที่ใช้แป้งมันและยีสต์ เข้าทำปฏิกิริยากับส่วนผสมเส้นใยและแกนต้นมันสำปะหลัง เพื่อให้เกิดรูพรุน มีฟองอากาศ และเปรียบเทียบน้ำหนักภายหลังจากอบให้แห้งแล้ว

ปริมาณยีสต์	1 ช้อนเบอร์ 2		2 ช้อนเบอร์ 2		3 ช้อนเบอร์ 2	
ชนิดเส้นใย	น้ำหนัก ก่อนอบ (g)	น้ำหนัก หลังอบ (g)	น้ำหนัก ก่อนอบ (g)	น้ำหนัก หลังอบ (g)	น้ำหนัก ก่อนอบ (g)	น้ำหนัก หลังอบ (g)
ผักตบชวา						
กระดาศ						

แสดงคุณภาพการต้านแรงดึงของวัสดุที่ใช้ฝักตบขวาและเยื่อกระดาษเป็นตัวประสาน
เปรียบเทียบกับโฟม

ชนิดของเส้นใย	ความสามารถในการต้านแรงดึง (นิวตัน)
ฝักตบขวา	
เยื่อกระดาษ	
โฟม	

แสดงคุณสมบัติในการลอยน้ำของวัสดุที่ผลิตได้ โดยสังเกตลักษณะการลอย
และระยะเวลาในการย่อยสลายในน้ำ

ชนิดของเส้นใย	ระยะเวลาในการลอยน้ำและย่อยสลายในน้ำ
ฝักตบขวา	
เยื่อกระดาษ	

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

ความรู้เกี่ยวกับเส้นใย

“เส้นใย” (Fiber) มีลักษณะเป็นเซลล์เล็กเรียวยาว หรือท่ายแหลม ผืนหนา เมื่อเจริญเต็มที่แล้วผนังเซลล์จะมีสารลิกนิน (lignin) ฉาบอยู่ทำให้แข็งแรง เส้นใยมักจะเกิดเป็นมัดหรือเป็นวงในได้เปลือกไม้ หรือเป็นมัดหรือเป็นแถบแทรกอยู่ในเนื้อเยื่อของมัดท่ออาหาร ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เกิดเป็นวงล้อมรอบมัดท่อน้ำท่ออาหาร แต่ในพืชใบเลี้ยงคู่เกิดเป็นกลุ่มอยู่ในเนื้อเยื่อมัดท่อน้ำท่ออาหาร ในพืชตระกูลหญ้าหลายชนิด เส้นใยเกิดเป็นวงติดต่อกับผิว ส่วนในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิดเส้นใยมาก อาจเกิดเป็นกาบ เช่น กาบไผ่, กาบกล้วย ฯลฯ ห่อหุ้มมัดท่อน้ำท่ออาหาร

เส้นใยในทางการค้า (Commereial fibers)

เส้นใยทางการค้าแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. เส้นใยอ่อน (Soft fibers) เป็นเส้นใยที่ได้จากพืชใบเลี้ยงคู่ พืชที่ให้เส้นใยประเภทนี้ได้แก่ พืชตระกูลฝ้าย, ป่าน, ปอกระเจา, ป่านรามิ, ลำโรงและตระกูลอื่นๆ เป็น
2. เส้นใยแข็ง (Hard fibers) ได้แก่ เส้นใยที่ได้จากใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ส่วนใยเป็นเส้นใยทั้งมัด หรือท่อลำเลียงทั้งมัด ซึ่งมีเส้นใยข้อหุ้มอยู่ พืชที่ให้เส้นใยประเภทนี้ได้แก่ กาบใบของป่านมนิลา, ศรนารายณ์, สับประด, ไม้ไผ่ รวมทั้ง เซลล์ที่ผิวห่อหุ้มเมล็ดของฝ้ายและอื่นๆ ด้วย

ความรู้เรื่องการผลิตเยื่อ

การผลิตเยื่อโดยทั่วๆ ไป มี 2 ขั้นตอน คือ

1. การเตรียมหรือเลือกวัตถุดิบ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแบ่งได้เป็น 2 พวก คือ
 - 1.1 พวกที่เป็นเนื้อไม้ ซึ่งได้จากส่วนเนื้อของลำต้นพืชยืนต้น ได้แก่ ไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้สัก ไม้ยาง ไม้เนื้อแข็งจะมีเส้นใยค่อนข้างสั้น แข็ง มีสีเข้ม เส้นใยที่ได้มีคุณภาพต่ำ ไม่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบ ส่วนไม้เนื้ออ่อน ได้แก่ สนสองใบ สนสามใบ ไม้พวกนี้มีเส้นใยยาว เส้นใยมีความอ่อน ตัวสูง เส้นใยที่ได้จึงเป็นเส้นใยที่มีคุณภาพดี
 - 1.2 พวกที่ไม่ใช่เนื้อไม้ เป็นส่วนที่ได้จากพืชล้มลุกและเปลือกไม้ของพืชบางชนิด ได้แก่ พืชตระกูลหญ้า เช่น ไม้ไผ่ หญ้าจวบ เปลือกไม้ เช่น ต้นสา ต้นข่อย ผล เส้นมะพร้าว ปาล์ม ใบ เช่น ใบอ้อย ใบปาล์ม เป็นต้น

2. การผลิตเยื่อ

2.1 เป็นขั้นตอนการนำวัตถุดิบจากส่วนต่างๆ ของพืชมาย่อยด้วยกระบวนการต่างๆ เพื่อให้วัตถุดิบมีขนาดเล็กด้วยวิธีการต่างๆ เช่น

-การย่อยด้วยวิธีกล โดยการบดวัตถุดิบให้แตกออกจากกันจนเป็นเยื่อหรือเส้นใย

-การย่อยโดยอบด้วยไอน้ำ โดยการย่อยเยื่อโดยการอบด้วยไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 120-140 °C แล้วนำไปบดต่อจนได้เยื่อหรือเส้นใย

-การย่อยโดยวิธีทางเคมี โดยการย่อยเยื่อโดยการต้มด้วยสารเคมีจนอ่อนนุ่ม แล้วจึงนำไปบดให้เป็นเยื่อหรือเส้นใย

- การย่อยโดยการต้มด้วยสารเคมีแล้วนำไปบด โดยการต้มวัตถุดิบด้วยสารเคมีจนอ่อนนุ่ม แล้วจึงนำไปบดที่อุณหภูมิประมาณ 120-140 °C จนเป็นเยื่อหรือเส้นใย

-การย่อยโดยต้มด้วยสารเคมีแล้วจึงบด เป็นวิธีการย่อยเยื่อโดยการต้มด้วยสารเคมี แล้วจึงบดให้เส้นใยแยกจากกัน

-การย่อยโดยสารเคมีและความร้อน เป็นการย่อยเยื่อโดยการต้มด้วยสารเคมีและความร้อนเพื่อย่อยให้เยื่อกระดาษแยกตัวออกจากลิกนินและสารที่ไม่ต้องการ

2.2 การล้างร้อนเยื่อ เพื่อให้เส้นใยมีความสะอาดและแยกเส้นใยที่ไม่สมบูรณ์ออกจากกันด้วยตะแกรงอ่อน

2.3 การฟอกเยื่อ เส้นใยที่ผ่านการล้างร้อนเยื่อจะมีสีน้ำตาลหรือสีเหลือง เนื่องจากบางส่วนของเส้นใยยังมีลิกนินติดอยู่ จึงต้องฟอกเยื่อเหล่านั้นเพื่อกำจัดลิกนิน

และทำให้เส้นใยมีความขาวเพิ่มขึ้น ขบวนการฟอกเยื่อที่นิยมใช้ได้แก่ขบวนการ CEHED

C = Chlorination

ฟอกด้วยคลอรีน

E = Alkali extraction

ล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

H = Hypo chlorite

ฟอกด้วยไฮโปคลอไรต์

D = Chlorine dioxide

ฟอกด้วยคลอรีนไดออกไซด์

ขั้นแรกของการฟอกเยื่อจะฟอกด้วยคลอรีน โดยการผ่านก๊าซคลอรีนลงไปในน้ำเยื่อ แล้วนำไปล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อกำจัดคลอรีนที่ตกค้าง และเป็นการกำจัดลิกนินที่ตกค้างออก ต่อจากนั้นก็นำไปฟอกด้วยสารละลายไฮโปคลอไรต์ สารละลายไฮโปคลอไรต์จะฟอกเส้นใยให้มีสีขาว แต่การฟอกด้วยสารละลายไฮโปคลอไรต์ต้องทำในช่วงเวลาสั้นๆ เพราะถ้าฟอกนานจะทำให้เส้นใยถูกทำลายจนเปื่อยยุ่ย เส้นใยที่ได้มีความขาวไม่พอ จึงต้องฟอกต่อด้วยก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซนี้จะมีคุณสมบัติที่ดีกว่าสารละลายไฮโปคลอไรต์ เพราะไม่ทำให้คุณภาพด้านความเหนียวลดลง

เมื่อเสร็จสิ้นทั้งสองขบวนการดังกล่าวแล้ว จึงนำเยื่อที่ได้ไปทำให้เป็นแผ่น, แห้ง, ก้อนต่อไป

ความรู้เกี่ยวกับผักตบชวา

ชื่อ ผักตบชวา; ผักตบป่อง; สะวะ(ภาคกลาง); ผักบ่ง(นครราชสีมา); ผักป่อง(สุพรรณบุรี); จุยโหว่โล้ว; ตัวจู้ยี้(จีน); Java-weed, Water-hyacinth.

ความรู้เกี่ยวกับวัชพืช

ผักตบชวา ผักตบป่อง; สะวะ(ภาคกลาง); ผักบ่ง(นครราชสีมา); ผักป่อง(สุพรรณบุรี); จุยโหว่โล้ว; ตัวจู้ยี้(จีน); Java-weed, Water-hyacinth.

ชื่อวิทยาศาสตร์ ผักตบไทย = *Monochoria hastata* Solms-Laub.

ผักตบป่อง = *Eichhornia crassipes* Solms-Laub.

ผักตบชวา = *Eichhornia azurea* Kunth.

ลักษณะ

ผักตบชวาเป็นพืชที่ลอยบนผิวน้ำหรือบนดินขึ้นและ ลำต้นสั้น ใบออกรอบต้น ใบลักษณะกลมหรือรูปไข่ ปลายในมน อาจมีขนาดใหญ่หรือเล็กและก้านใบอาจสั้นหรือยาวแตกต่างกันได้มากตามความอุดมสมบูรณ์ของน้ำและอาหารส่วนกลางก้านใบลงไปถึงโคนใบจะพองออกภายในมีเนื้อฟ้ามๆ คล้ายฟองน้ำ เป็นสิ่งพยุงให้ต้นลอยน้ำได้ ส่วนโคนใบมีหูใบ ออกดอกตลอดปีเป็นช่อยาว ช่อหนึ่งปกติมี 6-12 ดอก ดอกย่อยมีกลีบดอกสีม่วงติดกันเป็นรูปทรงกรวย ดอกบานเต็มที่เริ่มโรยกันช่อดอกจะโค้งงอลง ทำให้ดอกที่โรยจมลงใต้น้ำ ผลมีเมล็ดมาก

แหล่งที่พบ

ตามลำคลองทั่วไป หนอง บึง และที่ขึ้นแฉะมีน้ำขัง ไม่ชอบที่อากาศเย็นจัดหรือน้ำเค็ม เจริญงอกงามตามแหล่งน้ำในเขตร้อนชื้นทั่วไปได้ดีมาก จนเป็นปัญหาแก่แหล่งน้ำต่างๆ

การแพร่พันธุ์ แพร่พันธุ์โดยเมล็ดหรือแตกต้นอ่อนใหม่แล้วแยกหลุดออกจากต้นเดิมไป เมล็ดมีความทนทานต่อความแห้งแล้งมาก หน้าแล้วเมล็ดอยู่ในดิน เมื่อน้ำและความชุ่มชื้นก็จะงอกเจริญเป็นต้นใหม่อีก

สรรพคุณ : ทั้งต้นแก่พืชที่เกิดจากภายในร่างกายและขับลมใช้ภายนอกบดกับน้ำส้มอ้อเสบ

สารที่พบ ต้นสดมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม คลอรีน ทั้งต้นมีโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม เหล็ก ทองแดง แมงกานีส คลอไรด์ และซัลเฟต ใบสดมีคาโรทีนอยด์

ประโยชน์ที่ใช้

-ใช้เป็นปุ๋ยที่ให้โพแทสเซียมได้ดีทั้งลำต้นและใบส่วนรากมีน้อยการทำเป็นปุ๋ย โดยใช้ทั้งต้นเผาเป็นถ่านแล้วผสมกับดินหรือทำเป็นปุ๋ยหมักก่อนแล้วไปผสมกับดินร่วนหรือดินเหนียว

-ใช้เป็นอาหารหมูและปลา วัว ควายและม้า ทางภาคกลางและใต้ของจีนไทยและมาเลเซีย

-ใช้ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงหรือย่อยหมักเป็นแอลกอฮอล์ ผักตบชวาแห้ง 1 ตัน สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้ 13 แกลลอน แต่เนื่องจากมีน้ำหนักรากมาก จึงมีปัญหาในการขนส่งและทำให้ต้นทุนการผลิตสูง

-ผักตบชวาแห้งใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยมีอัตราหมักกับไม้ปอกกระเจา และเถาที่ได้นำมาทำปุ๋ย ในประเทศอินเดียและแคว้นเบงกอล

มันสำปะหลัง (Cassava)

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจของไทย มีปลูกทุกภาค ใช้เป็นอาหาร และในอุตสาหกรรมแป้ง น้ำตาล กระดาษ พลาสติก ทอผ้า ผงชูรส มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกาใต้

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มันสำปะหลังมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihotescelenta crantz* หรือ *Manihotilissima* phol อยู่ในตระกูล Euphorbiaceae เป็นพุ่มเตี้ยอายุหลายปี

ราก มันสำปะหลังมีรากน้อยและอยู่ไม่ลึกจากผิวดินมีราก 2 ชนิด คือ รากจริงและรากสะสมอาหาร ปริมาณแป้งประมาณ 15-41% มีกรดไฮโดรไซยานิก (HCN) หรือกรดพริสซิก (Prussicacid) มีพิษ และมีอยู่มากในส่วนของเปลือกมากกว่าเนื้อของหัว การให้น้ำ การตัดจะทำให้กรดระเหยได้

ลำต้น มีลักษณะเป็นข้อๆ ซึ่งเป็นรอยที่ก้านใบร่วงหลุดไป สีของลำต้นส่วนยอดจะเป็นสีเขียว ส่วนทางด้านล่างอาจมีสีน้ำตาลหรือสีม่วงแดงซึ่งอยู่กับพันธุ์

ใบ เป็นใบเดี่ยว ใบแยกเส้นแฉกคล้ายใบปาล์ม ก้านใบอาจมีสีเขียวหรือสีแดงบางพันธุ์ ใบจะมีสีเขียว หรือขาว หรือใบด่าง ที่ใช้เป็นไม้ประดับ

ดอก มันสำปะหลังมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในช่อดอกเดียวกัน ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในช่อดอกตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ดอกตัวผู้จะอยู่ทางส่วนปลายของช่อดอกเดียวกันมีขนาดเล็กกว่าดอกตัวเมีย มีกลีบดอก 5 กลีบ มีสีเหลืองหรือมีลายแดงผลและเมล็ดแต่ละผลจะมี 3 เมล็ด เมล็ดจะมีสีเทาหรือลายจุดดำ

พันธุ์ มันสำปะหลังมีพันธุ์ที่ใช้หัวเป็นอาหารหรือชนิดหวาน เช่น มันห่านาที่ หรือพันธุ์ยอดแดง พันธุ์ที่ใช้หัวในการอุตสาหกรรมหรือพันธุ์ยอดเบอร์ต่างๆและพันธุ์ที่ใช้เป็นไม้ประดับหรือมันด่าง

เนื่องจากในเปลือกมันสำปะหลัง เมื่อถูกน้ำ และการหมักจะคายก๊าซซึ่งจาก กรดไฮโดรไซยานิก (HCN) หรือ กรดพริสซิก (Prussicacid) ผลจากการหมักกากมันสำปะหลังในขณะหมักจุลินทรีย์ จะทำให้เกิดการเน่าเปื่อยเกิดความร้อนจำนวนมาก อนินทรีย์มากกว่า 10 ล้านตัวต่อซากอินทรีย์สาร 10^4 กรัม

บทปฏิบัติการที่ 17

การดูดซับคราบน้ำมันโดยใช้เส้นใยจากพืชและจุลินทรีย์

บทนำ

สภาพสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันนั้นเป็นสิ่งที่เราทุกคนมีส่วนร่วมในการแก้ไขและเราควรแก้ไขสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวเราคือน้ำและของเสียที่มาจากครัวเรือน ซึ่งเราสามารถที่จะนำพืชต่างๆที่อยู่รอบตัวมาศึกษาถึงแนวโน้มที่เป็นไปได้ในการนำเส้นใยที่ได้จากพืชเหล่านั้นมาใช้ดูดซับสารที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมได้ นอกจากนี้ยังพบว่าจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายคราบน้ำมันได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนศึกษาแนวโน้มของการนำเส้นใยจากพืชและจุลินทรีย์มาใช้ในการดูดซับคราบน้ำมันและของเสียจากครัวเรือน
2. เพื่อให้นักเรียนศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยและความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันของพืชบางชนิดและจุลินทรีย์ได้
3. เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

อุปกรณ์และสารเคมี

1. หลอดทดลอง
2. บีกเกอร์
3. ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์
4. สาร $MgCl_2$
5. ที่ตั้งหลอดทดลอง
6. ส่วนของพืชที่ใช้ (ใบและลำต้นผักตบชวา ต้นกก และขุยมะพร้าว)
7. เครื่องปั่นไฟฟ้า
8. น้ำเสียที่ได้จากครัวเรือน
9. หลอดฉีดยา

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 การเตรียมเส้นใยที่จากพืช

1. นำส่วนต่างๆของพืชแต่ละชนิดที่จะใช้มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆประมาณ 3 มิลลิเมตร ให้ได้ 200 กรัม
2. นำส่วนต่างๆของพืชที่หั่นแล้ว 200 กรัมผสมน้ำ 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นในเครื่องปั่นไฟฟ้าให้ละเอียด
3. นำเส้นใยของพืชที่ได้จากการปั่นไปเกลี่ยลงบนตะแกรงตาถี่แล้วนำไปตากแดด 1 วัน

ตอนที่ 2 การนำเส้นใยพืชที่ได้ไปดูดซับน้ำเสียที่ได้จากครัวเรือน

1. ให้เอาน้ำเสียจากครัวเรือนมา 200 มิลลิลิตร
2. นำน้ำที่ได้มาทดสอบ ดูประมาณคราบน้ำมัน pH และเติมสาร $MgCl_2$ แล้วทิ้งไว้ 1 วัน
 - ทดสอบ ค่า pH โดยการเติมยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์
 - สังเกตปริมาณน้ำมันครั้งแรกด้วยตาเปล่า
3. นำเส้นใยที่ได้จากตอนที่ 1 จำนวน 8 ชนิด ชนิดละ 50 กรัม มาใส่ในบีกเกอร์จุลละ 1 ชนิด
4. เติมน้ำเสียจากครัวเรือนปริมาณ 20 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์แต่ละใบแล้วทิ้งไว้ 30 นาที
5. นำน้ำในบีกเกอร์ที่ทิ้งไว้ 30 นาทีมาเทใส่ในหลอดทดลอง 2 หลอดปริมาณเท่ากัน ได้ 16 หลอด
6. นำสาร 1 หลอดมาดูผลการทดลอง คือ พิจารณา pH เม็ดน้ำมัน
 - ทดสอบ ค่า pH
 - ปริมาณน้ำมันที่ละลายในน้ำ
7. นำสารจากข้อ 6 มาเติมปุ๋ยเคมีลงไป หลอดละ 1 ช้อนเบอร์หนึ่ง
8. นำสารที่เหลืออีกหลอดเติมสาร $MgCl_2$ 10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืน แล้วนำมาดูผลการทดลอง
 - สังเกตการตกตะกอน
 - ลักษณะชั้นตะกอน
 - วัดปริมาณน้ำมันโดยการดูดใส่หลอดฉีดยา

ผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการทดสอบน้ำเสียที่ได้จากครัวเรือนก่อนใส่เส้นใยพืช

	ปริมาณน้ำมัน(ตาเปล่า)	ค่า pH
น้ำเสียที่ได้จากครัวเรือน		

ผลการทดลองที่บันทึกหลังการทดลอง

ส่วนของพืช	ปริมาณน้ำมัน(ตาเปล่า)	ค่า pH
1. ใบและลำต้นผักตบชวา		
2. ต้นกก		
3. ขุยมะพร้าว		

ผลการทดลองที่ได้จากการสังเกตน้ำเสียเมื่อทิ้งไว้ข้ามวัน

	การตกตะกอน (ตาเปล่า)	ลักษณะของตะกอน (ตาเปล่า)	ชั้นคราบไขมัน (ลบ.ชม.)
น้ำเสียที่ได้จากครัวเรือน			

ผลการทดลองที่ได้จากการสังเกตสารที่ทิ้งไว้ข้ามคืน

มลภาวะน้ำมัน

น้ำมันเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของโลก การขนส่งน้ำมันดิบและน้ำมันที่กลั่นแล้วทางทะเลเป็นวิธีที่ช่วยให้บรรลุความต้องการน้ำมัน เพื่อใช้เป็นพลังงานของประเทศต่างๆได้ แต่ในระหว่างการขนถ่ายน้ำมันมักจะมีน้ำมันจำนวนหนึ่งหกลงทะเล ซึ่งอาจเป็นการบังเอิญหรือโดยปกติปกติของการทำงานของเรือบรรทุกน้ำมัน ปริมาณน้ำมันที่หกลงทะเลแต่ละปีจากเรือบรรทุกน้ำมันหรือจากแหล่งอื่นๆ เช่น แหล่งน้ำมันไหลซึมและของทิ้งจากอุตสาหกรรมต่างๆมีประมาณ 2 ล้านตันต่อปี ซึ่งยังไม่รวมถึงไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ติดไฟ ผลิตภัณฑ์สันดาปที่ตกลงมาจากอากาศและไฮโดรคาร์บอนที่สังเคราะห์หัตถ์โดยสิ่งมีชีวิตในทะเล

สาเหตุของมลภาวะน้ำมันในทะเล คือ

1. เกิดจากอุบัติเหตุ เช่น การรั่วหรือแตกของท่อขนส่งน้ำมันดิบใต้ทะเล การขนถ่ายน้ำมันจากเรือบรรทุกน้ำมัน เกิดการรั่วหรือแตกของท่อสายยางที่ใช้ในการสูบน้ำมัน การรั่วหรืออับปางของเรือบรรทุกน้ำมัน เกิดรอยรั่วจากน้ำมันที่พื้นทะเล หรือมหาสมุทรโดยธรรมชาติเนื่องจากการขุดเจาะน้ำมัน
2. เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเทน้ำมันเครื่อง น้ำมันล้างเครื่องจักร เครื่องยนต์ลงสู่ทะเล การทิ้งของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ
3. เกิดจากแหล่งธรรมชาติโดยสิ่งมีชีวิตในทะเล เช่น แบคทีเรีย แพลงก์ตอน และสาหร่ายสร้างไฮโดรคาร์บอนชนิดต่างๆขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการสลายน้ำมันด้วยจุลินทรีย์

การย่อยสลายน้ำมันโดยธรรมชาติจะมีจุลินทรีย์เป็นตัวการสำคัญที่มาเกี่ยวข้อง ซึ่งได้กล่าวไปแล้วว่ามีจุลินทรีย์ชนิดใดบ้างที่สามารถย่อยสลายน้ำมันได้ แต่การย่อยสลายน้ำมันด้วยจุลินทรีย์จะต้องมีอีกหลายปัจจัยเพื่อให้การย่อยสลายน้ำมันมีประสิทธิภาพ ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่

อุณหภูมิ มีผลต่อทุกกระบวนการทางชีวเคมีในการสลายไฮโดรคาร์บอน ทั้งทางตรงและทางอ้อม การสลายไฮโดรคาร์บอนจะเกิดขึ้นทั้งช่วงอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการย่อยสลายน้ำมัน คือ

1. แบคทีเรียพวก Facultative psychrophile เจริญที่อุณหภูมิ -1 , 4 และ 25 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของการเลี้ยงเชื้อจาก 4 เป็น 8 องศาเซลเซียส และจาก 8 เป็น 25 องศาเซลเซียส การใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายน้ำมัน จดเพิ่มมากขึ้นเป็นสองเท่า

2. ในการย่อยสลายน้ำมันที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส การเจริญของแบคทีเรียถึงระดับ Stationary phase จะใช้เวลานาน ทำให้เวลาที่ใช้ในการสลายไฮโดรคาร์บอนจะนานกว่าที่อุณหภูมิสูงด้วย

3. ที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส แบคทีเรียบางชนิดจะมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายน้ำมัน และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 10 องศาเซลเซียส ราและยีสต์บางตัวจะมีประสิทธิภาพ

4. แบคทีเรียพวกชอบอุณหภูมิต่ำ สามารถสลายน้ำมันในน้ำและน้ำแข็ง ที่อุณหภูมิระหว่าง -1.5 ถึงใกล้ 0 องศาเซลเซียส และจะไวต่อการเพิ่มของอุณหภูมิ

ออกซิเจน การสลายสารประกอบไฮโดรคาร์บอนพวกอัลเคน (Alkane) และสารประกอบอะโรมาติกอย่างสมบูรณ์นั้น จะต้องขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจน ซึ่งในการออกซิไดส์ไฮโดรคาร์บอน 1 มิลลิกรัม อย่างสมบูรณ์ จะต้องใช้ออกซิเจน 3 - 4 มิลลิกรัม และพบว่าน้ำมันที่ผิวน้ำทะเลเท่านั้นที่จะมีการย่อยสลายเกิดขึ้น เพราะมีออกซิเจนละลายอยู่ 6 - 12 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความดัน ในสภาพความดันที่สูงและอุณหภูมิที่ต่ำ จะลดกิจกรรมของจุลินทรีย์ลง ทำให้การย่อยสลายน้ำมันในทะเลลึกเป็นไปอย่างช้ามาก

ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเล็กน้อย จะมีผลต่อการจำกัดการเจริญของจุลินทรีย์และต่อการสลายน้ำมัน เมื่อเติมฟอสเฟตและไนเตรตลงไป จุลินทรีย์จะสลายส่วนอัลเคนของน้ำมันเพิ่มจาก 30 เปอร์เซ็นต์ เป็น 70 เปอร์เซ็นต์

แหล่งคาร์บอนอื่นๆ สารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีผลต่อการย่อยสลายน้ำมัน โดยไปกระตุ้นกิจกรรมของจุลินทรีย์ต่อการสลายไฮโดรคาร์บอน ในขณะที่แหล่งคาร์บอนอื่นๆ เช่น กลูโคสหรือกรดไขมัน มีผลต่ออัตราการย่อยสลายของน้ำมันลดลง

ผลกระทบของน้ำมันที่รั่วไหลต่อสิ่งแวดล้อม

1. ผลกระทบทางกายภาพ เมื่อน้ำมันรั่วไหลปนกับน้ำ น้ำมันจะลอยอยู่เหนือน้ำ ก่อให้เกิดผลกระทบดังนี้

1.1 คราบสกปรก น้ำมันจะก่อความสกปรกทุกบริเวณที่แผ่ไปถึง ตลอดจนทำให้ขาดความสวยงาม

1.2 การดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำอาจตายได้ เพราะพิษน้ำไม่สามารถสังเคราะห์แสง และปริมาณออกซิเจนในน้ำก็ลดลง

2. ผลกระทบทางชีวภาพ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนในน้ำมัน เมื่อละลายน้ำจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ คือ ทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชพืชน้ำสาหร่ายลดลง

ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปลาฉลามหรือกิ้ง ถ้าได้รับสารไฮโดรคาร์บอนมากเกินไป และเป็นเวลานานจะเป็นอันตรายถึงตายได้ นอกจากนี้สารไฮโดรคาร์บอน ยังมีผลทำให้หน้าเสื่อมคุณภาพ จนอาจไม่เหมาะต่อการอุปโภคบริโภคของมนุษย์ รวมทั้งการวางไข่ของสัตว์น้ำ

3. ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและสังคม เป็นผลกระทบต่อเนื่องมาจากผลกระทบทางกายภาพและชีวภาพ ได้แก่ ผลกระทบต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ ความเดือดร้อนและรำคาญจากคราบน้ำมัน

ข้อค้นพบเกี่ยวกับแบคทีเรียที่ย่อยคราบน้ำมัน

การที่นักวิจัยของบริษัทน้ำมันเอ็กซอน หว่านปุ๋ยเคมีลงบนชายหาดสีดำสนิทจากคราบน้ำมัน มีวัตถุประสงค์เพื่อกระตุ้นแบคทีเรียกำจัดคราบน้ำมันที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ ให้เจริญเติบโตเร็วขึ้น แบคทีเรียกำจัดคราบน้ำมันจะย่อยสลายคราบน้ำมันให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ผลปรากฏว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกำจัดคราบน้ำมันได้เป็นอย่างดี เทคนิคนี้อาจนำไปใช้กับคราบน้ำมันบนชายหาดแหล่งอื่นๆได้ นักชีววิทยาบางคนคิดว่า แบคทีเรียกำจัดคราบน้ำมัน ทำหน้าที่ลดขนาดคราบน้ำมันให้เป็นเกล็ด ซึ่งจะถูกระลอกทะเลไป และนักชีววิทยากลุ่มหนึ่งกล่าวว่า ปุ๋ยเคมีจะไปกระตุ้นให้มีการระบาดของสาหร่ายขนาดใหญ่ จนยากที่จะควบคุมได้

บทปฏิบัติการที่ 18

การกำจัดโลหะหนักจากน้ำเสียโดยใช้จุลสาหร่าย

บทนำ

การใช้สาหร่ายในการกำจัดน้ำเสียร่วมกับแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียจะทำการย่อยสารอินทรีย์ต่างๆที่มีอยู่ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เป็นต้น อาจเกิดในสภาพ Aerobic หรือ Anaerobic ให้เป็นสารประกอบอินทรีย์ เช่น แอมโมเนียมไนเตรด คาร์บอนไดออกไซด์ และเกลือแร่ต่างๆ หรือเป็นสารประกอบอินทรีย์พื้นฐาน เช่น กรดอะมิโน น้ำตาลต่างๆ และกรดอินทรีย์ จากนั้นสาหร่ายจะใช้สารประกอบเหล่านี้ทั้งในกระบวนการ Photoautotrophic, Chemoautotrophic และ Heterotrophic สาหร่ายที่ได้มาจากระบบกำจัดน้ำเสียนี้อาจนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ ปุ๋ยพืชสด หรืออาจนำไปใช้ในการทำก๊าซชีวภาพได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนบอกหลักการการกำจัดโลหะหนักจากสารละลายโดยใช้จุลินทรีย์ได้
2. เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดรูปชมพู่พร้อมจุกสำลี
2. โคมไฟ
3. เครื่องสูบลม
4. หลอดทดลองขนาดกลางพร้อมจุกปิด
5. เยื่อแผ่นเมมเบรน (Whatman) ขนาด 0.45 ไมโครเมตร
6. เครื่องวัดค่า pH
7. เครื่องวัดการกระจายแสง
8. เครื่องกรองสาหร่าย
9. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง
10. น้ำกลั่น
11. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
12. โปแทสเซียมไนเตรด

13. โฟแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต
14. ไดโฟแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต
15. แมงกานีสคลอไรด์
16. แคลเซียมคลอไรด์
17. กรดบอริก
18. สังกะสีซัลเฟต
19. เพอร์สซัลเฟต
20. โคบอลท์ไนเตรด
21. คอปเปอร์ซัลเฟต
22. แอมโมเนียมโมลิบเดต
23. เอธิลีน ไดอะมีน เตตรา อะซิเตท

วิธีทดลอง

1. เตรียมสารอาหารสำหรับเลี้ยงเซลล์สาหร่ายคลอเรลล่าตามสูตรของ Sorokin and Krauss
2. หาปริมาณโลหะหนักเริ่มต้นก่อนเลี้ยงเซลล์สาหร่ายคลอเรลล่าโดยใช้เครื่องดูดกลืนแสง
3. เดิมเชื้อตั้งต้น ซึ่งเตรียมได้จากการเลี้ยงเซลล์สาหร่ายคลอเรลล่าในสารอาหารเป็นเวลา 30 ชั่วโมง ซึ่งเซลล์ดังกล่าวจะอยู่ในช่วง Log phase ลงในน้ำที่ต้มด้วยประมาณ 300 มิลลิลิตร ในขวดรูปกรวย
4. ทำการเลี้ยงเซลล์สาหร่ายคลอเรลล่าจำนวน 1 ขวดภายใต้สภาวะการให้อากาศและแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์กำลัง 10 วัตต์
5. ทำการเก็บเซลล์สาหร่ายคลอเรลล่าครั้งละ 15 มิลลิลิตรทุกวันเป็นเวลา 5 วัน
6. นำตัวอย่างที่เก็บมากรองผ่านแผ่นกรองเมมเบรน (Whatman) โดยใช้เครื่องกรองสาหร่าย
7. เก็บส่วนที่เป็นสารละลายสีที่กรองได้ นำไปวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณโลหะหนักในสารละลายโดยใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง
8. นำเซลล์สาหร่ายคลอเรลล่าที่ได้บนแผ่นกรองเมมเบรน (Whatman) ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปดูความชื้นด้วยเครื่อง ดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักแห้งต่อไป

น้ำเสีย

น้ำเสีย หมายถึง น้ำซึ่งผ่านการใช้งานแล้ว จะโดยชุมชนหรืออุตสาหกรรมหรือสถาบันหรือการใช้งานประเภทอื่นๆก็ตาม และจะมีมลสารปะปนอยู่ซึ่งเมื่อระบายลงสู่ลำน้ำแล้วจะก่อให้เกิดการปนเปื้อน (Contamination) ของแหล่งรับน้ำนั้นใช้งานได้ไม่ดีดังเดิม น้ำเสียจะต้องประกอบด้วยมลสารประเภทใดประเภทหนึ่งหรือหลายประเภท ดังต่อไปนี้

1. สารอินทรีย์ ซึ่งจะวัดในรูปของ BOD หรือ COD
 2. สารอนินทรีย์ เช่น สารประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียม สารประกอบคลอไรด์
 3. โลหะหนักและสารพิษอื่นๆ เช่น ปปรอท แคลเซียม ยาฆ่าแมลง
 4. น้ำมันและไขมัน รวมทั้งสารลอยน้ำประเภทอื่นๆ
 5. ความร้อน ในกรณีที่อุณหภูมิสูงจะมีผลทำให้ระดับออกซิเจนสูงสุดที่มีอยู่ในน้ำลดลง
 6. ปริมาณของแข็ง ได้แก่ สิ่งสกปรกต่างๆที่อยู่ในรูปของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ
 7. สีและความขุ่น ทำให้แหล่งน้ำมีสีไม่น่าดูและสกปรก
 8. กรดและด่าง จะมีอิทธิพลทำให้ pH ของน้ำเปลี่ยนไป
 9. สารก่อให้เกิดฟอง มีอยู่สารซักล้างทั่วไป
 10. จุลชีพ มีอยู่มากในน้ำทั้งจากแหล่งชุมชน ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียและเชื้อโรคต่างๆ
 11. สารประกอบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เป็นปุ๋ยของพืชน้ำ เป็นต้น
- สิ่งสำคัญและเป็นปัญหามากที่สุดในการควบคุมคุณภาพน้ำมี 2 ประการ คือ
1. การลดลงของปริมาณสารละลายออกซิเจนในน้ำ เนื่องจากการที่มีสารอินทรีย์ละลายอยู่ในน้ำ
 2. การสะสมของสารพิษในวงจรอาหารในระบบนิเวศน์สารพิษสาเหตุของมลภาวะทางน้ำ
- มลภาวะทางน้ำเกิดขึ้นจากสาเหตุใหญ่ๆดังต่อไปนี้
1. น้ำทิ้งจากครัวเรือน (Domestic wastewaters)
 2. น้ำทิ้งจากโรงงาน (Industrial wastewaters)
 3. น้ำทิ้งจากการเกษตรและกสิกรรม
 4. จากแหล่งอื่นๆ เช่น ในกรณีเกิดอุบัติเหตุเรือล่มหรือชนกัน ทำให้เกิดน้ำมันไหลทะลักลงสู่ทะเล แม่น้ำ เป็นต้น

มลสารดังกล่าวเป็นสารแปลกปลอมปะปนลงไปในน้ำ อันทำให้น้ำนั้นอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสมที่จะถูกถ่ายเทลงในลำน้ำ เพราะจะทำให้ลำน้ำนั้นเสื่อมสภาพลงจนใช้ประโยชน์ไม่ได้หรือไม่ดีเท่าที่ควร การลดปริมาณมลสารของน้ำเสียทำได้ 2 วิธี คือ

1. ลดปริมาตรของน้ำเสียลงโดย

- แยกน้ำส่วนที่ไม่เป็นเสียออกทิ้งโดยตรง ไม่ต้องส่งเข้าระบบขจัด เช่น น้ำหล่อเย็น น้ำฝนที่ระบายตามหลังคา

- ประหยัดการใช้น้ำที่ไม่จำเป็น

- เปลี่ยนระบบการทำงาน

- นำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ในขบวนการผลิตหรือกิจกรรมอื่น

2. ลดจำนวนมลสารลงโดยตรงดังนี้

- เปลี่ยนแปลงระบบการทำงานในโรงงาน เช่น เปลี่ยนการใช้น้ำยาซิงค์ฟอสเฟตในการเคลือบผิวเหล็กกันสนิมไปเป็นไอออนฟอสเฟตซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน จะทำให้ไม่มีโลหะสังกะสีลงไปกับน้ำทิ้ง การบำบัดจะกระทำได้ง่ายขึ้น

- การแยกน้ำเสียต่างชนิดกันออกจากกัน

- แยกน้ำเสียส่วนที่เป็นพิษออกจากกัน

- การนำสิ่งของทิ้งจากโรงงานกลับมาใช้อีก

มาตรฐานของแม่น้ำลำคลองและคุณภาพของน้ำ

กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน ได้กำหนดมาตรฐานของแม่น้ำ ลำคลองออกเป็น 5 ประเภท พร้อมทั้งได้กำหนดคุณภาพของน้ำประเภทต่างๆ เพื่อประโยชน์ใช้สอยไว้ด้วยกันดังนี้

1. แหล่งน้ำที่น้ำมีสภาพธรรมชาติ ปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถใช้ประโยชน์เพื่อ การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน เพื่อการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน และเพื่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำ คุณภาพของแหล่งน้ำประเภทนี้ ต้องมีสภาพตามธรรมชาติและสามารถใช้ประโยชน์ได้ตามที่กำหนด

2. แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถใช้น้ำเพื่อ การอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน เพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ เพื่อการประมง และเพื่อการว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทนี้ ต้องมีมาตรฐาน ดังนี้

1) ต้องไม่มีวัตถุหรือสิ่งของที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งทำให้สี กลิ่นและรสของน้ำเปลี่ยนไปจากธรรมชาติ

2) อุณหภูมิของน้ำต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติ ถิ น3 องศาเซลเซียส

3) ความเป็นกรด-เบสของน้ำ (pH) ต้องมีค่าระหว่าง 5.0 - 9.0

4) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen ; DO) ต้องไม่น้อยกว่า

6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

5) ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical oxygen demand ; BOD) ในน้ำ ต้องมีค่าไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

6) แบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม (Coliform bacteria) ในน้ำ ต้องมีค่ารวมไม่เกิน 5,000 mpn (Most probable number ; mpn) ต่อ 100 มิลลิลิตร

7) แบคทีเรียฟีคอลโคลิฟอร์ม (Faecal coliform bacteria) ในน้ำ ต้องมีค่าไม่เกิน 1,000 mpn ต่อ 100 มิลลิลิตร

8) ไนเตรต (NO_3) ในน้ำในหน่วยไนโตรเจน ต้องมีค่าไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

9) แอมโมเนีย (NH_3) ในน้ำในหน่วยไนโตรเจน ต้องมีค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

10) ฟีนอล (Phenol) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

11) ทองแดง (Copper ; Cu) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

12) แมงกานีส (Manganese ; Mn) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

13) สังกะสี (Zinc ; Zn) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

14) แคดเมียม (Cadmium ; Cd) ในน้ำที่มีความกระด้างในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ต้องมีค่าแคดเมียมไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร และในน้ำที่มีความกระด้างในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนตเกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ต้องมีค่าแคดเมียมไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

15) นิกเกิล (Nickel ; Ni) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

16) โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Chromium Hexavalent ; Cr Hexavalent) ในน้ำ ต้องมีค่าไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

17) ตะกั่ว (Lead ; Pb) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

18)ปรอท (Mercury ; Hg) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร

19) สารหนู (Arsenic, As) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร

20) ไซยาไนด์ (Cyanide) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

21) กัมมันตรังสี (Radio activity) ในน้ำต้องมีค่าความแรงรังสีรวมแอลฟาไม่เกิน 0.1 เบ็กเคอเรลต่อลิตรและค่าความแรงรังสีรวมบีตาไม่เกิน 1.0 เบ็กเคอเรลต่อลิตร

22) สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticides) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

23) ดีดีที (DDT) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 1.0 ไมโครกรัมต่อลิตร

24) บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha BHC) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 0.02 ไมโครกรัมต่อลิตร

25) ดีลตริน (Dieldrin) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร

26) แอลดริน (Aldrin) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร

27) เฮปทาคลอร์ (Heptachlor) และเฮปทาคลอร์อีพอกไซด์ (Heptachlor epoxide) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 0.2 ไมโครกรัมต่อลิตร

28) เอนดริน (Endrin) ในน้ำต้องไม่สามารถตรวจสอบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด

การกำหนดแหล่งน้ำแหล่งใดแหล่งหนึ่งให้อยู่ในประเภทใดนั้น จะกำหนดตามคุณสมบัติที่สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ดังนั้น หากแม่น้ำลำคลองใดถูกทำให้เสียประโยชน์ใช้สอยหรือเสียมาตรฐานไปก็ถือว่าแม่น้ำลำคลองนั้นเกิดมลภาวะขึ้น

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5

เรื่อง

วิศวกรรมเอนไซม์

เอนไซม์เป็นโปรตีนที่ได้จากสิ่งมีชีวิต มีหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยาต่างๆในสิ่งมีชีวิตให้เป็นไปตามต้องการแล้วแต่ชนิดของเอนไซม์นั้นๆ โดยตัวของมันเองไม่มีการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้เอนไซม์แต่ละชนิดยังมีความจำเพาะในการเร่งปฏิกิริยาซึ่งจะเกิดขึ้นในสภาวะที่ไม่รุนแรง เอนไซม์มีความสำคัญอย่างมากในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่าการนำเอนไซม์มาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมหนังสือพิมพ์ เกษตรกรรมและทางการแพทย์

แหล่งกำเนิดเอนไซม์ เอนไซม์เป็นสารเร่งปฏิกิริยาเคมีที่ผลิตโดยสิ่งมีชีวิตทั่วไป เพื่อใช้ในการทำปฏิกิริยาเคมีสำหรับดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิตทุกอย่างไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์หรือจุลินทรีย์ จะมีเอนไซม์อยู่มากมายหลายชนิด และเอนไซม์เหล่านี้สามารถนำมาใช้โดยการสกัดออกจากเซลล์ของวัตถุดิบที่มีเอนไซม์ชนิดนั้นๆ หรือบางครั้งอาจนำมาใช้ได้เลยโดยไม่ต้องสกัด เช่น การใช้ยีสต์ในการผลิตแอลกอฮอล์และน้ำส้มสายชู และการผลิตน้ำชีอิ้วโดยเชื้อรา

การผลิตเอนไซม์จากจุลินทรีย์จะเพิ่มความสำคัญมากขึ้นทุกที เนื่องจากพืชและสัตว์มีการเจริญเติบโตช้ามาก ระยะเวลาของการขยายพันธุ์ช้า ปริมาณวัตถุดิบมีจำกัด แต่ในทางตรงกันข้ามเนื่องจากจุลินทรีย์เจริญเติบโตง่าย รวดเร็ว ถ้าใช้จุลินทรีย์เป็นวัตถุดิบในปริมาณที่มากเพียงพอ ผู้ผลิตสามารถเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ให้ทันตามปริมาณเอนไซม์ที่ต้องการผลิต และสามารถผลิตได้ปริมาณมากในเวลาอันรวดเร็ว

วิศวกรรมเอนไซม์

การใช้เอนไซม์ในการผลิตเนยแข็ง ขนมปัง และเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์เริ่มใช้มาเป็นเวลาหลายศตวรรษแล้ว เมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้มีการปรับปรุงการใช้เอนไซม์กันอย่างกว้างขวางและนำเอนไซม์มาใช้ในระดับอุตสาหกรรมอาหารและยารักษาโรค ต่อมาได้เริ่มมีเทคโนโลยีแขนงใหม่เกิดขึ้น คือ วิศวกรรมเอนไซม์ (Enzyme engineering) โดยเป็นการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีของเอนไซม์ที่ไม่ละลายน้ำ

ปัจจุบันการนำเอนไซม์ที่ไม่ละลายน้ำมาใช้ในระดับอุตสาหกรรม จะใช้เป็นปฏิกิริยาย่อยสลาย (Hydrolysis) และปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงเฉพาะตำแหน่งของสารในสูตรโครงสร้าง (Isomerization) ส่วนปฏิกิริยาเอนไซม์ที่ซับซ้อนยังไม่มีนำมาใช้ในระดับอุตสาหกรรม แต่ก็ได้มีการค้นคว้าและศึกษาอยู่ในระดับห้องทดลอง

การผลิตเอนไซม์ในระดับอุตสาหกรรมที่สำคัญ มีดังนี้

1. เอนไซม์จากสัตว์ ได้แก่ เรนเนท ทริปซิน และเปปซิน
2. เอนไซม์จากพืช ได้แก่ มอลท์อะไมเลส พาเพน
3. เอนไซม์จากจุลินทรีย์ ได้แก่ โคจิ โปรติเอส อะไมโลกลูโคซิเดส กลูโคอิลไฮเมอเรส อะไมเลสจากเชื้อรา เปกติเนส และโปรติเอสจากเชื้อรา

ปัจจัยที่สำคัญสำหรับการใช้จุลินทรีย์ผลิตเอนไซม์ ก็คือสามารถเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมของจุลินทรีย์ให้ผลิตเอนไซม์ได้ปริมาณมากขึ้น ซึ่งต้องอาศัยหลักวิชาการทางด้านวิศวกรรมพันธุศาสตร์ (Genetic engineering) โดยการผสมพันธุ์ใหม่ เช่น การผ่าเหล่า และการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ที่สำคัญที่สุดคือการผลิตเอนไซม์จากจุลินทรีย์จะต้องเป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย ๆ เช่น การแยก (Isolation) และการทำให้บริสุทธิ์ (Purification) ตลอดจนการใช้ต้นทุนที่ต่ำในการผลิตระดับอุตสาหกรรม ด้วยเหตุนี้จึงต้องอาศัยเทคนิคต่าง ๆ ที่สำคัญ 3 ประการด้วยกันคือ

1. การคัดเลือกสายพันธุ์และการผ่าเหล่าเชื้อจุลินทรีย์
2. การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อให้ผลผลิตสูงขึ้น
3. กระบวนการปรับปรุงการออกแบบและการปฏิบัติในชั้นอุตสาหกรรม เช่น การส่งผ่านออกซิเจนในถังปฏิกรณ์ การผลิตแบบต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่อง เป็นต้น

ความก้าวหน้าในด้านการผลิตเอนไซม์จากจุลินทรีย์

บริษัท Novo-Nordisk ของเดนมาร์ก ซึ่งเป็นบริษัทผลิตเอนไซม์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมใหญ่ที่สุดของโลก สามารถผลิตเอนไซม์ตัวใหม่ ชื่อ Lipalase โดยวิธีพันธุวิศวกรรม สามารถทำลายไขมันได้เป็นผลสำเร็จ เอนไซม์ Lipases สามารถกระตุ้นให้เกิดการสลายตัวของไขมันเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอลได้ เอนไซม์ Lipases มีอยู่หลายชนิด แต่มีเพียงชนิดเดียวที่สามารถย่อยสลายไขมันที่อยู่ในอาหารมนุษย์ได้

นอกจากนี้ทางบริษัทยังได้ศึกษารูปร่าง Rhizomecormeihi ซึ่งผลิตเอนไซม์ Lipasyme ที่มีคุณสมบัติทำลายไขมันได้เช่นเดียวกัน

บทปฏิบัติการที่ 19

การศึกษาการยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอสจากน้ำผลไม้

คำนำ

เอนไซม์ส่วนใหญ่เป็นโปรตีน ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต่างๆ การศึกษาเกี่ยวกับความเร็วของปฏิกิริยาที่ใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่ง รวมกับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความเร็วของปฏิกิริยา ได้แก่ อุณหภูมิ pH ความเข้มข้นของเอนไซม์ ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและเวลา การศึกษาในเรื่องต่างๆ เหล่านี้ จะช่วยให้เข้าใจถึงกระบวนการปกติและผิดปกติของเมตาบอลิซึม ตลอดจนเข้าใจธรรมชาติของปฏิกิริยาที่ใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่งด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนบอกชนิดและคุณสมบัติของเอนไซม์จากน้ำสับปะรดได้
2. เพื่อให้นักเรียนบอกหลักการการย่อยสลายโปรตีนของเอนไซม์โปรตีเอสได้
3. เพื่อให้นักเรียนบอกปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนของเอนไซม์โปรตีเอสได้
4. เพื่อให้นักเรียนนำหลักการการยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอสจากน้ำผลไม้ไปประยุกต์ใน

ชีวิตประจำวันได้

อุปกรณ์และสารเคมี

1. บีกเกอร์
2. หลอดทดลอง
3. หลอดหยด
4. กระบอกตวง
5. หลอดฉีดยา
6. น้ำสับปะรดสด
7. สารละลายโซเดียมอะซีเตท
8. สารละลายกรดไโอโดอะซีติก
9. สารละลายเมอดิวริกคลอไรด์
10. สารละลาย EDPA

- 11. สารละลายเมอร์แคปโทเอทานอล
- 12. นมสด

วิธีทดลอง

1. นำน้ำสับปะรดมาเจือจางด้วยสารละลายโซเดียมอะซีเตทบัฟเฟอร์ที่มีความเข้มข้น 0.3 โมล ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.5 โดยใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำสับปะรดต่อสารละลายโซเดียมอะซีเตทบัฟเฟอร์เท่ากับ 1:4

2. เตรียมหลอดทดลอง 5 หลอด บรรจุสารละลาย ดังนี้

	หลอดที่				
สารละลาย(มล)	1	2	3	4	5
เอนไซม์	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
บัฟเฟอร์	0.6	0.4	0.4	-	-
กรดไอโอไดอะซีติก	-	0.2	-	0.2	-
สารละลายเมอร์คิวริกคลอไรด์	-	-	0.2	-	0.2
ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที					
สารละลาย EDTA	-	-	-	0.2	0.2
สารละลายเมอร์แคปโทเอทานอล	-	-	-	0.2	0.2
ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที					

3. เขย่าสารละลายแต่ละหลอด เติมนมสด 5 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอดเขย่าให้ผสมกัน ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงของนมในแต่ละหลอด

ผลการทดลอง

หลอดที่	ลักษณะที่สังเกตเห็น
1	
2	
3	
4	
5	

สรุปผลการทดลอง

การออกแบบและการใช้ถังปฏิกริยา

ในอุตสาหกรรมหมักโดยทั่วไป สิ่งที่เป็นต้องมียกคือ “ถังหมัก” (Fermentors) ซึ่งเป็นภาชนะสำหรับเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ วัสดุที่ใช้ทำ ขนาดและส่วนประกอบต่างๆ ที่จำเป็นของถังหมักอาจแตกต่างกันออกไป ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการใช้ถังหมักนั้น เช่น ใช้เลี้ยงจุลินทรีย์โดยทั่วไป สำหรับการศึกษาทดลองเก็บข้อมูล เพื่อผลิตจำนวนเซลล์ให้ได้ความเข้มข้นสูง หรือเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์บางชนิดในระดับอุตสาหกรรม

อย่างไรก็ตามถังหมักที่ใช้ จะต้องมียกษณะเหมาะสมที่สามารถทำให้ปลอดเชื้อ บันทึกและควบคุมสภาวะแวดล้อม ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆ ได้ เช่น อัตราการกวน ความเป็นกรด-เบส อุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารอาหาร อัตราการให้อากาศ การเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ และการถ่ายเทน้ำหมักจากถังหนึ่งไปสู่อีกถังหนึ่ง ภายใต้สภาพที่สามารถป้องกันการปนเปื้อนได้

การออกแบบถังปฏิกริยาสำหรับเอนไซม์ไม่ละลายน้ำที่ใช้ในห้องทดลองและอุตสาหกรรม แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ถังปฏิกริยาแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch reactors)
2. ถังปฏิกริยาแบบต่อเนื่อง (Continuous-flow reactors) ถังปฏิกริยาแบบนี้ มี 2 ชนิด คือ

2.1 ถังปฏิกริยาแบบต่อเนื่องที่มีตัวป้อน

2.2 ถังปฏิกริยาแบบอัดแน่น

การเลือกชนิดถังปฏิกริยา

การพิจารณาถึงการใช้ถังปฏิกริยา ควรพิจารณา ดังนี้คือ

1. การใช้ถังปฏิกริยาแบบต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่อง จากการพิจารณาการออกแบบถังพบว่า การใช้ถังปฏิกริยาแบบต่อเนื่องจะเหมาะกว่า แต่อย่างไรก็ตาม ต้องพิจารณาถึงการลงทุนและค่าแรงด้วย

2. รูปร่างและคุณสมบัติของเอนไซม์ เช่น ถ้าเป็นเอนไซม์ไม่ละลายน้ำ ในถังปฏิกริยาแบบต่อเนื่องที่มีตัวป้อนจะเกิดการสูญเสียความสามารถของเอนไซม์อันเนื่องมาจากการสลายตัวของตัวพองเอง

3. คุณสมบัติของตัวทำปฏิกริยา จะเป็นตัวกำหนดการเลือกชนิดถังปฏิกริยา กล่าวคือ ถ้าสารที่ถูกย่อยได้ผลผลิตมีลักษณะเป็นอนุภาคหรือสารแขวนลอยนิยมใช้ถังปฏิกริยาแบบต่อเนื่องที่มีตัวป้อน แต่ที่สำคัญจะต้องไม่เกิดลักษณะการรวมตัวกันเป็นก้อน ถ้ามีลักษณะเช่นนี้ต้องใช้ถังปฏิกริยาแบบอัดแน่น

สรุปว่าไม่มีกฎเกณฑ์แน่นอนสำหรับการเลือกใช้ถังปฏิกริยาในกระบวนการใด กระบวนการหนึ่งโดยเฉพาะ เพราะปัจจัยต่างๆจะมีผลต่อการเลือกใช้ถังปฏิกริยาซึ่งมีทั้งข้อดี และข้อเสีย ทั้งนี้จะต้องพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนก่อนตัดสินใจใช้

อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้ถังปฏิกริยาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. รูปร่างของเอนไซม์ไม่ละลายน้ำ : อนุภาคต่างๆ, เส้นใย, เยื่อใย
2. ธรรมชาติของสารที่ถูกละลาย : ละลายได้, อนุภาค, แว่นลอย
3. ความต้องการของปฏิกริยาระหว่างการปฏิบัติ : การควบคุม pH
4. การเคลื่อนไหวของปฏิกริยา
5. ความสามารถของตัวนำที่จะบรรจุได้
6. อัตราส่วนระหว่างพื้นผิวที่ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งต่อปริมาตรของถังปฏิกริยา
7. คุณสมบัติการส่งผ่านของมวล : การแผ่กระจายได้น้อยและมาก
8. สะดวกต่อการทดแทนตัวเร่งปฏิกริยาและการนำกลับมาใช้ใหม่
9. สะดวกต่อการออกแบบ
10. ราคาถังปฏิกริยา

บทปฏิบัติการที่ 20

ศึกษาลักษณะของถังหมัก

บทนำ

ถังหมัก (Fermentors) เป็นภาชนะสำหรับเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญยิ่งในอุตสาหกรรมหมัก วัสดุที่ใช้ทำ ขนาดและส่วนประกอบต่างๆของถังหมักอาจแตกต่างกันไปขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการใช้ถังหมักนั้น เช่น ใช้เลี้ยงจุลินทรีย์โดยทั่วไป ใช้ศึกษาทดลองเก็บข้อมูล ใช้เพื่อผลิตจำนวนเซลล์ให้ได้ความเข้มข้นสูง หรือใช้เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์บางชนิดในระดับอุตสาหกรรม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนสามารถบอกส่วนประกอบที่จำเป็นของถังหมักชนิดต่างๆได้
2. เพื่อให้นักเรียนสามารถออกแบบถังหมักอย่างง่ายที่นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

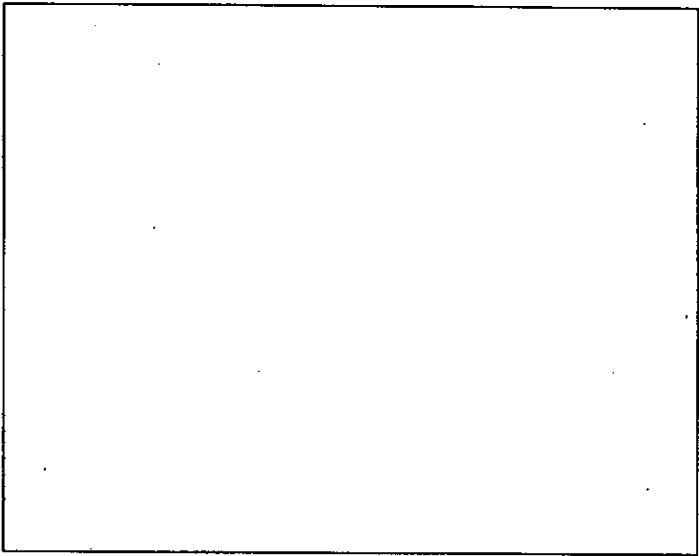
อุปกรณ์และสารเคมี

1. ถังหมักที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ
2. รูปแสดงลักษณะของถังหมักโดยทั่วไป
3. รูปแสดงลักษณะของถังหมักในระดับอุตสาหกรรม

วิธีทดลอง

1. ให้นักเรียนศึกษาส่วนประกอบต่างๆของถังหมักในห้องปฏิบัติการและวาดรูปแสดงส่วนประกอบต่างๆอย่างละเอียด
2. ให้นักเรียนศึกษาส่วนประกอบต่างๆของถังหมักในระดับอุตสาหกรรมและเปรียบเทียบส่วนประกอบดังกล่าวกับถังหมักในห้องปฏิบัติการ
3. ให้นักเรียนออกแบบและวาดรูปถังหมักอย่างง่ายที่นักเรียนคิดว่าสามารถนำไปใช้ในในชีวิตประจำวันได้โดยยึดหลักความปลอดภัย ความถูกต้อง และประหยัด

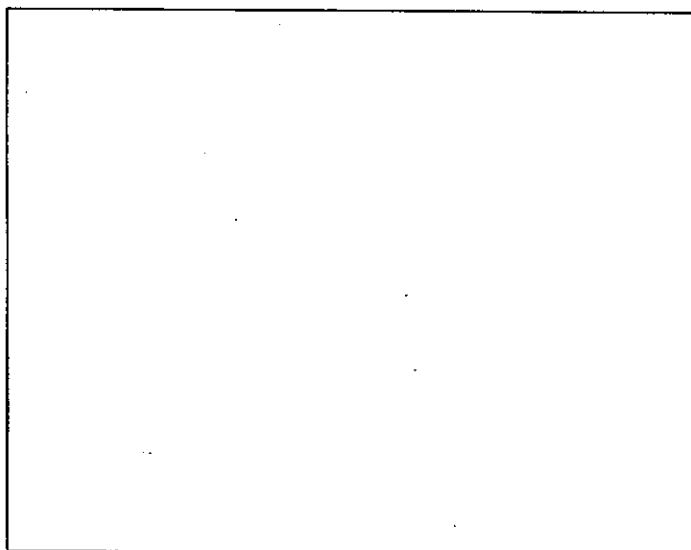
ผลการทดลอง



ภาพแสดงส่วนประกอบของถังหมักในห้องปฏิบัติการ

ตารางแสดงการเปรียบเทียบส่วนประกอบของถังหมักในห้องปฏิบัติการและถังหมักในระดับอุตสาหกรรม

ถังหมักในห้องปฏิบัติการ	ถังหมักในระดับอุตสาหกรรม



ภาพแสดงส่วนประกอบของถังหมักอย่างง่าย ๆ

สรุปผลการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- เกรกอรี ไชกัส. “การนำจุลินทรีย์มาใช้ในขบวนการผลิตพลาสติกและอาหาร,” ข่าวสารเทคโนโลยีชีวภาพ. 2 : 5 ; ธันวาคม 2532 - กุมภาพันธ์ 2533.
- เชิดชัย เชี่ยวธีระกุล. “น้ำส้มสายชูผลพลอยได้จากไวน์,” อาหาร. 8(3) : 11-12 ; กรกฎาคม - กันยายน 2529.
- ดวงพร คันธโชติ. จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม : ผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2530.
- นพรัตน์ บำรุงรักษ์. พืชหลักปักชำได้. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ปิรามิด, 2536.
- นภา ราชะนาค. “ไรแดงสัตว์น้ำตัวเล็กแต่ความหมายมาก,” ข่าวกรมประมง. 11(4) : 8 ; กุมภาพันธ์ 2530.
- นวรรตน์ สุขถาวรเจริญพร, สมศักดิ์ พันธุ์วัฒนา และอมเรศ ภูมิรัตน์. “การพัฒนาสูตร *Bacillus thuringiensis* เพื่อควบคุมลูกน้ำยุงลาย,” ใน กำหนดการและบทคัดย่อการประชุมวิชาการครั้งที่ 1 ของชมรมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทยเรื่องความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีชีวภาพในปัจจุบันและอนาคต. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., 2532.
- นัยทัศน์ ภู่อรรถนัย และไพบุลย์ ธรรมรัตน์วาลิก. รายงานการวิจัยการใช้มะพร้าวและผลพลอยได้ทางอุตสาหกรรมเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพของภาคใต้. สงขลา : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2527.
- ประดิษฐ์ ครุวัฒนา และคณะ. “การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกและแกนสับปะรด,” อาหาร. 17(3) : 16 ; กรกฎาคม - กันยายน 2530.
- ปิยสิทธิ์ ศาสตรพันธ์. การเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina platensis*) จากอุตสาหกรรมผลิตแป้งทำขนมจีน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม, 2536.
- เปรมจิตต์ แทนสถิตย์. “การศึกษาการนำผลพลอยได้จากการผลิตก๊าซชีวภาพมาใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียว,” วิทยาศาสตร์. 3(6) : 325-330 ; พฤษภาคม 2525.
- พงศ์เทพ อันตะริกานนท์ และคณะ. “ปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว,” ใน แผ่นภาพของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. ม.ป.ป.
- พะเยาว์ รอดโพธิ์ทอง กาญจนา เทียมเศวต และมาลี เย็นยิ่ง. “การทำน้ำส้มสายชูหมัก,” เทคโนโลยีสำหรับชาวชนบท. 13(4) : 15 ; 2530.
- พูนสุข ประเสริฐสรรพ และประกฤติ สุขสวัสดิ์. “การผลิต Single Cell Protein จากน้ำทิ้งในโรงงานสุรา,” สงขลานครินทร์. 4 : 138-143 ; 2525.

วรารุณ ครูสง. เทคโนโลยีชีวภาพ. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2529.

วิทยาศาสตร์บริการ, กรม. “วิธีการร่อนน้ำส้มสายชูโดยใช้เบนโตไนด์”, ใน รายงานกิจกรรมกรมวิทยาศาสตร์บริการฉบับที่ 19. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2522.

_____. “ผลิตภัณฑ์มะพร้าว,” ใน เอกสารเผยแพร่ของกระทรวงวิทยาศาสตร์และการพลังงาน. 2526.

_____. “วุ้นน้ำมะพร้าว,” ใน รายงานกิจกรรมกรมวิทยาศาสตร์บริการฉบับที่ 51. กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2536.

ศศิเกษม ทองยงค์ และพรณี เดชกำแหง. เคมีอาหารเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2530.

ศุภนิตย์ หิรัญประดิษฐ์. น้ำส้มสายชู. กรุงเทพฯ : กองวิจัยโรคพืช กรมวิชาการเกษตร, 2534.

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. “ปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว,” ส่งเสริมการเกษตร. 19(31) : 15-19 ; พฤศจิกายน 2532.

ส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรม. “การผลิตวุ้นน้ำมะพร้าวและการแปรรูป,” ใน เอกสารประกอบการสัมมนาการแปรรูปอาหารและคลินิกปรึกษาแนะนำ. ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรม, 2530.

สมคิด ธรรมรัตน์. วุ้นน้ำมะพร้าว. กรุงเทพฯ : กลุ่มงานวิเคราะห์วิจัยวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรม กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร, 2529.

_____. “การผลิตวุ้นน้ำมะพร้าวและการแปรรูป,” อาหาร. 18(4) : 250-262 ; 2531.

สมศักดิ์ ดุลยประพันธ์. “การเพาะเลี้ยงไรแดงอาชีฟใหม่ที่นำลง,” เกษตรอุตสาหกรรม. 11(1) : 30 ; กุมภาพันธ์ 2530.

สมศักดิ์ วังใน. จุลินทรีย์ดินและกิจกรรมในดิน. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช, 2528.

สมศิริ แสงโชติ. บทปฏิบัติการโรคพืชเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., 2529.

สาคร ตรีนันทวัน. ไมโครเทคนิคเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2535.

สายชล ชิวปริชา และนภา โล่ห์ทอง. “การใช้วุ้นน้ำมะพร้าวเป็นอาหารเลี้ยงและเก็บเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกและกรดน้ำส้ม,” ใน รายงานการประชุมทางวิชาการเกษตรศาสตร์และชีววิทยา ครั้งที่ 13 สาขาพืช. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2517.

สำรวย เสรีกิจ. “การเพิ่มผลผลิตไรแดงในบ่อซีเมนต์,” ใน เอกสารวิชาการฉบับที่ 72. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง, 2531.

สุดสนอง ผาติณาวิน. “เทคนิคการใช้สัหรรมชาดย้อมเนื้อเยื่อพืชและสัตว์,” ใน เทคนิคบางประการในการปฏิบัติการชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2529.

- สุนีย์ สุวภีพันธ์. “การเพาะเลี้ยงคอลเลอเรลล่าทะเลที่ให้ผลผลิตสม่ำเสมอ,” ใน รายงานวิชาการที่
สจ.19/17 สถาบันวิจัยประมงทะเล, 2521.
- สุปราณี ผลชีวิน. อาหาร เชื้อเพลิงและปุ๋ยจากวัสดุเหลือใช้ประเภทอินทรีย์สาร. กรุงเทพฯ :
 สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, 2532.
- สุภาพ อัจฉริยะศรีพงศ์. “การทำปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว,” ใน วิทยาศาสตร์
สำหรับเยาวชน, 2536.
- สุมาลี เหลืองสกุล. จุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ภาควิชาชีววิทยาคณะ
 วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2535.
- _____. จุลชีววิทยาทางอาหาร ฉบับปรับปรุงใหม่. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชัยเจริญ, 2539.
- สุมิตรา ภู่วโรดม. ปุ๋ยชีวภาพเพื่อการเกษตร. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยี
 การเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2532.
- สุนารี, มหาวิทยาลัย. ที่ระลึกเนื่องในโอกาสงานแสดงเกษตรและอุตสาหกรรมโลกในส่วนของ
อาหารเพื่อมวลมนุษย 4 พฤศจิกายน - 16 ธันวาคม 2538. นครราชสีมา :
 มหาวิทยาลัยสุนารี, 2538.
- สุวิมล จิระอำไพรัตน์. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (Spirulina platensis) ในน้ำทิ้งจาก
โรงงานผลิตขนมจีน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัย
 ศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม, 2536.
- เสนาะ บุญมี. การวิเคราะห์สายพันธุ์สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของ
ดินในพื้นที่อำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก, ศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา.
 3(3) : 54-73 ; สิงหาคม 2533.
- อิทธิสุนทร นันทกิจ. การใช้วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิดเพื่อการปรับปรุงดิน
ปลูกพืชในกระถางและใช้เป็นปุ๋ย. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย
 เกษตรศาสตร์, 2522.
- โอวาท จุฑานนท์. มะพร้าว. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย
 เกษตรศาสตร์, 2519.

DiLiello, L.R. Methods in Food and Dairy Microbiology. Westport : AVI Publishing Company, Inc., 1982.

Johnson, T.R. and C.L. Case. Laboratory Experiments in Microbiology. 2nd ed. New York : The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc., 1989.

Knerdsen, J.W. Biological Technique. New York : Harper and Row Publisher, 1966.

Korch, W.J. Plant in the Laboratory. New York : The Macmillan Company, 1973.

Merck, E. Microbiology Manual. Darmstadt, 1992.

Morholt, E and P.F. Brandwein. A Sourcebook for the Biological Science. London : Harcourt Brace Jovarnovich, 1986.

ภาคผนวก

กฎข้อบังคับเกี่ยวกับการทำงาน ในห้องปฏิบัติการทดลอง

กฎข้อบังคับเกี่ยวกับการทำงานในห้องปฏิบัติการที่จะกล่าวถึงเป็นข้อ ๆ ต่อไปนี้ นักเรียนจำเป็นต้องพิจารณาด้วยความรอบคอบ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาความยุ่งยากต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้

1. ต้องรักษาความสะอาดเครื่องมือ อุปกรณ์ วัสดุหรือทุกสิ่งทุกอย่างให้สะอาดอยู่เสมอ ความสะอาดนับเป็นสิ่งแรกที่นักเรียนจะต้องทำให้ได้
2. ในขณะที่ทดลอง ถ้าเกิดข้อสงสัยให้หยุดก่อน ให้สำรวจตัวเองก่อนที่จะดำเนินการขั้นตอนต่อไป ไม่ควรเร่งรีบในการทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง
3. รักษาโต๊ะทำงานหรือโต๊ะปฏิบัติการให้เป็นระเบียบ เพราะมีเนื้อที่จำกัด
4. การทำความสะอาดเครื่องแก้ว ควรทำในขณะที่เครื่องแก้วยังเปียกชื้นอยู่หรือก่อนทำความสะอาด ควรปล่อยให้น้ำไหลผ่านภาชนะนั้นเป็นระยะเวลาหนึ่งก่อน
5. ระวังไม่ให้สารพิษตกค้างตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย หรือตามเสื้อผ้าถ้าจะให้ดีในขณะที่ปฏิบัติการควรสวมเสื้อกันเปื้อนทับชุดนักเรียนด้วย
6. ไม่ควรเทของแข็งลงในอ่างน้ำ เมื่อเทกรดหรือสีย้อมลงในอ่างน้ำต้องรีบปล่อยน้ำลงล่างให้สะอาดทันที
7. การซังน้ำหนักรวณของสารเคมีที่เป็นของแข็ง ต้องระมัดระวังอย่าให้มีสิ่งแปลกปลอมปนเข้าไปด้วย ต้องป้องกันจานหรือส่วนที่รองรับสารของเครื่องชั่งไม่ให้สัมผัสกับสารโดยตรง ควรใช้กระดาษหรือภาชนะอื่นรองรับสารที่ชั่ง
8. ต้องแยกใช้หลอดดูดสำหรับน้ำยาแต่ละชนิด ทำเครื่องหมายไว้ด้วย
9. สารละลายที่ไม่บอกตัวทำละลาย หมายความว่าตัวทำละลายคือน้ำ
10. สารละลายทุกชนิดเมื่อเตรียมแล้วต้องปิดสลากบอกให้ชัดเจน บอกความเข้มข้นตัวทำละลาย ตัวถูกละลาย เช่นชาฟรานิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ในเอธิลแอลกอฮอล์ 50 เปอร์เซ็นต์
11. ถือขวดโดยให้การรินน้ำยาออกจากขวดให้เอียงปากขวดทางด้านอุ้งมือ
12. ต้องรินกรดใส่ในที่ละน้อย ๆ อย่างระมัดระวัง อย่าเทน้ำลงไปโดยตรงเป็นอันขาด
13. เปิดใช้สารเคมีที่ละขวดให้หมดก่อนจึงเปิดขวดใหม่

เครื่องมือและการเก็บรักษา

อุปกรณ์จำเป็นที่ต้องใช้ในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพ มีดังนี้

1. หลอดเลี้ยงเชื้อ
2. จานเลี้ยงเชื้อ
3. ขวดหยดหรือขวดยาหยอดตา
4. ขวดแก้วขนาด 500 cm³
5. กระบอกแก้ว (Beaker) ขนาด 250 cm³, 500 cm³ และ 2,000 cm³
6. กระบอกตวงขนาด 500-1,000 cm³
7. คนโทแก้วขนาด 250-500 cm³
8. กรวยแก้วเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm
9. กระจกสไลด์และกระจกปิด
10. ตะเกียงแอลกอฮอล์
11. เข็มเขี่ยเชื้อ
12. ปากคีบขนาดเล็ก
13. ไขมีดโกนสองคม
14. ที่ตั้งหลอดเลี้ยงเชื้อ
15. เครื่องซั่ง
16. กระดาษป้ายติดสไลด์
17. ปากกาเขียนแก้ว
18. ผ้าขาวบาง
19. แท่งแก้วขนาด 30 cm
20. กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ (Dissecting microscope)
21. กล้องจุลทรรศน์
22. ไมโครมิเตอร์ (Micrometer)
23. หม้อนึ่งอัดความดัน (Autoclave)

การใช้และเก็บรักษาเครื่องมือ

1. เครื่องแก้วต้องรักษาให้สะอาดอยู่เสมอ ทุกครั้งที่ใช้แล้วจะต้องล้างให้สะอาดทันทีอย่าทิ้งไว้ให้แห้ง
2. เครื่องใช้ที่เป็นโลหะอย่าให้ถูกกรด ใช้แล้วต้องทำความสะอาดตามลักษณะของเครื่องมือนั้น
3. กล้องจุลทรรศน์ต้องใช้แผ่นกระจกวางบนแท่นวางสไลด์เสียก่อนแล้วจึงวางสไลด์บนแผ่นกระจก ระวังอย่าให้หัวอ็อฟเจกทีฟจุ่มลงไปในน้ำยابนสไลด์เพราะน้ำยابนสไลด์อาจมีกรด เบสหรือน้ำยาที่กัดสีอยู่ด้วย
4. เครื่องมือที่ส่วนประกอบเป็นเครื่องกลไกซับซ้อนหรือเครื่องมือที่ใช้ไฟฟ้าก่อนใช้ต้องศึกษาวิธีใช้ให้เข้าใจเสียก่อน ถ้าใช้ไม่เป็นอาจเกิดชำรุดเสียหายหรืออาจเกิดอันตรายได้
5. เครื่องมือที่ใช้ไฟฟ้าจะบอกไว้เสมอว่าใช้ไฟกี่โวลต์ ก่อนใช้ควรตรวจสอบเสียก่อนว่า ใช้กับไฟ 110 โวลต์หรือ 220 โวลต์ ระบบไฟฟ้าบ้านเราใช้ไฟ 220 โวลต์ ถ้าเครื่องมือนั้นใช้ไฟ 110 โวลต์ ก็ต้องใช้หม้อแปลงไฟฟ้าลดความต่างศักย์ของไฟลงให้เป็น 100 โวลต์เสียก่อน แล้วจึงต่อไฟฟ้าเข้าเครื่องมือที่จะใช้ (เครื่องมือ → หม้อแปลงไฟฟ้า → ระบบไฟฟ้าของอาคาร) เมื่อเลิกใช้ทำความสะอาดเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย
6. วิธีใช้หม้อหนึ่งอัดความดัน (Autoclave)

หลักการของเครื่องมือนี้ก็คือ การนึ่งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส (250 องศาฟาเรนไฮท์) โดยเพิ่มความดันของอากาศภายในหม้อหนึ่งให้สูงขึ้นจากความดันของบรรยากาศปกติ

1.1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) เป็นเวลา 15 ถึง 20 นาที การฆ่าพวกที่ทนความร้อนสูงได้หมดในระยะเวลาอันสั้นเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก

ลำดับขั้นตอนของการใช้หม้อหนึ่งอัดความดันที่มีในห้องปฏิบัติการทดลองมีดังนี้

1. เติมน้ำลงในหม้อหนึ่งให้ท่วมขีดให้ความร้อน
2. ตรวจสอบการทำงานของลิ้นนิรภัย (Safety valve) โดยยกขึ้นลงสองสามครั้งว่าติดหรือไม่
3. ใส่ของที่จะนึ่งลงในหม้อ
4. เปิดท่อปล่อยไอน้ำ
5. ปิดฝาหม้อหนึ่ง
6. ตั้งปุ่มปรับความดันที่ต้องการ
7. ตั้งเวลา (Sterilization time)

8. เปิดสวิตช์ไฟ

9. เมื่อน้ำเดือดจะไล่อากาศออกจนเหลือแต่ไอน้ำออกมาปิดท่อปล่อยไอน้ำ

10. เมื่อหนึ่งครบตามกำหนดเวลาแล้วปิดสวิตช์ อาจใช้เครื่องปิดอัตโนมัติ

11. ปล่อยให้ความดันลดลงเหลือศูนย์

12. เปิดท่อปล่อยไอน้ำ

13. เปิดฝาน้ำของออกได้

* อย่าเปลี่ยนลำดับขั้นตอนอาจทำให้มีอันตรายได้

7. การใช้รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet ray)

แสงอัลตราไวโอเลตที่ช่วงแสง 2600Å มีคุณสมบัติฆ่าเซลล์ที่มีชีวิต แต่เนื่องจากแสงนี้มีอำนาจทะลุทะลวงน้อย สามารถฆ่าสิ่งที่มีชีวิตเซลล์เดียวและฆ่าเชื้อที่ผิวเท่านั้น จึงนิยมใช้แสงนี้ฆ่าเชื้อในห้องอากาศและเครื่องมือขนาดเล็ก แสงนี้ยังเดินทางเป็นเส้นตรงและผ่านแก้วได้น้อย นอกจากนี้ยังเป็นอันตรายต่อสายตาและผิวหนัง เมื่อใช้วิธีนี้ควรคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ให้มาก การฆ่าเชื้อทำได้โดยเปิดแสงอัลตราไวโอเลตไว้ในห้องหรือตู้ย่ายเชื้อ 1 ชั่วโมงหรือกว่าโดยที่บั้งแสงมิให้ลอดออกมาข้างนอกได้

การเตรียมพร้อมเพื่อลงมือปฏิบัติการทดลอง

ในการปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ควรมีการเตรียมพร้อมเพื่อลงมือปฏิบัติการ ดังนี้

1. การทำความสะอาดเครื่องแก้ว

สิ่งสกปรกหลายชนิดที่เกาะติดอยู่ตามเครื่องแก้วสามารถทำความสะอาดได้ด้วยน้ำร้อนและสบู่หรือน้ำยาทำความสะอาดเครื่องแก้วโดยเฉพาะ ซึ่งนิยมใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องแก้วที่ใช้กันในห้องปฏิบัติการทดลอง เมื่อล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำยาทำความสะอาดเครื่องแก้วจึงล้างด้วยน้ำที่สะอาด

พวกอินทรีย์สารที่ไม่ละลายน้ำที่เหลือเกาะติดอยู่ตามเครื่องแก้ว รวมทั้งสีย้อมและเกลือโลหะต่างๆ ให้ล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำยาทำความสะอาดเครื่องแก้วที่มีส่วนผสมของโพแทสเซียมไดโครเมตและกรดกำมะถัน เวลาที่ใช้ในการแช่เครื่องแก้วแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้แล้วแต่สารที่เกาะติดอยู่และความสกปรกมากหรือน้อยของเครื่องแก้ว ดังนั้นเวลาที่ใช้อาจใช้เวลาตั้งแต่ 2-3 นาที ไปจนกระทั่งถึงหลายวันหลังจากแช่เครื่องแก้วด้วยน้ำยาทำความสะอาดแล้ว ให้ล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำที่สะอาดหลายๆ ครั้งจนแน่ใจว่าล้างกรดส่วนที่เหลือติดค้างอยู่ออกไปหมด

สูตรน้ำยาล้างแก้ว มีดังนี้

สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต	100 กรัม
กรดซัลฟิวริกเข้มข้น	500 มิลลิลิตร
น้ำ	1,000 มิลลิลิตร
หรือ สารละลายโซเดียมไดโครเมต	200 กรัม
น้ำ	800 มิลลิลิตร
กรดซัลฟิวริกเข้มข้น	1,200 มิลลิลิตร

ผสมน้ำยานี้ในภาชนะแก้วที่ทนความร้อน ในตอนแรกให้ละลายโพแทสเซียมไดโครเมตหรือโซเดียมไดโครเมตในน้ำ ถ้าต้องการให้ละลายเร็วยิ่งขึ้นตั้งบนเครื่องอุ่นสารให้พออุ่นๆ เมื่อสารละลายที่อุ่นเย็นตัวดีแล้วจึงเทกรดกำมะถันลงไปอย่างช้าๆ ใช้แท่งแก้วที่สะอาดคนให้เข้ากัน (ถ้าตกตะกอนเติมน้ำจนตะกอนหายไป) ในตอนนี้อาจใช้ความร้อนช่วยก็ได้ เมื่อสารละลายเย็นตัวดีแล้ว เก็บบรรจุไว้ในขวดที่มีฝาปิดมิดชิด น้ำยาที่เตรียมเสร็จแล้วนี้ใช้ได้หลายครั้ง (เมื่อใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก) ใช้จนกว่าน้ำยาเปลี่ยนสีเป็นสีเขียวเข้มจึงเททิ้งไป

2. การทำความสะอาดกระจกปิดสไลด์และสไลด์

กระจกปิดสไลด์และสไลด์ใหม่ กระจกปิดสไลด์และสไลด์ที่ซื้อมาใหม่ส่วนใหญ่ได้ผ่านการทำความสะอาดมาแล้ว มีกล่องบรรจุกันสิ่งสกปรก แต่เมื่อเปิดใช้แล้วอาจมีสิ่งสกปรกมา

เกาะตั้งนั้นก่อนใช้ควรแช่ไว้ในเอทิลแอลกอฮอล์ 90 เปอร์เซ็นต์หรือ 95 เปอร์เซ็นต์ชั่วระยะเวลาหนึ่งก่อน เวลาจะใช้จึงนำขึ้นมาทำความสะอาดที่ละแผ่น เช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าที่สะอาด ผ้าที่เหมาะสมที่จะใช้ได้ดี ได้แก่ ผ้ามุ้งหรือผ้าขาวบางที่ทอด้วยฝ้าย เพราะผ้าเหล่านี้ดูดซับน้ำได้ดีไม่ทำให้เกิดขนเกาะติดกับสไลด์และกระจกปิดสไลด์

การเช็ดทำความสะอาด ให้ใช้หัวแม่มือและนิ้วชี้ของมือซ้ายจับขอบสไลด์หรือกระจกปิดสไลด์ ส่วนหัวแม่มือและนิ้วชี้ของมือขวาจับผ้าที่ใช้ทำความสะอาดเช็ดทำความสะอาดกระจกปิดสไลด์หรือสไลด์ทั้งสองด้านในเวลาเดียวกัน เวลาทำความสะอาดให้ใช้ปลายนิ้วกดผ้าทำความสะอาดลงไปเบาๆ กระจกปิดสไลด์และสไลด์ที่ยังไม่สะอาดดี ก่อนนำเข้าไปในกล่องเก็บสไลด์ควรทำความสะอาดตามวิธีที่กล่าวมาแล้วเสียก่อน

การทำความสะอาดสไลด์และกระจกปิดสไลด์ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ มีข้อดีอยู่ที่เราสามารถทดสอบความสะอาดที่ทำไปแล้วได้ วิธีการทดสอบง่ายๆ คือ หยดน้ำลงไปบนกระจกปิดสไลด์ แล้วค่อยๆ เอียงสไลด์และกระจกปิดสไลด์ไปมาทุกทิศทางถ้าหยดน้ำแพร่กระจายออกไปทุกทิศและไม่มีมันปรากฏให้เห็น แสดงว่าสไลด์และกระจกปิดสไลด์สะอาดดีอยู่แล้ว แต่ถ้าหยดน้ำที่หยดลงไปนั้น เมื่อเอียงสไลด์และกระจกปิดสไลด์แล้ว ปรากฏว่ายังมีหยดน้ำนั้นเกาะติดอยู่แสดงว่าสไลด์ยังไม่สะอาดพอมีไขมันเกาะจับอยู่ ถ้าเป็นเช่นนี้ให้ทำความสะอาดใหม่โดยนำสไลด์และกระจกปิดสไลด์ไปแช่ไว้เป็นเวลา 15 นาที ในของผสมระหว่างอีเทอร์กับแอลกอฮอล์ สมบูรณ์ในอัตราส่วนเท่ากัน การทำความสะอาดด้วยวิธีนี้ให้ผลดีกว่าการทำความสะอาดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์อย่างเดียว

กระจกปิดสไลด์และสไลด์เก่าที่เคยใช้มาแล้ว ถ้าเป็นสไลด์และกระจกปิดสไลด์เก่าที่ไม่ มีพวกเรซินเกาะติดอยู่ให้ทำความสะอาดด้วยผงสำหรับทำความสะอาดบอนเอมิ (Bon Ami) ผสมกับน้ำพอให้เปียกเสร็จแล้วล้างน้ำให้สะอาดจากนั้นจึงนำไปแช่ไว้ในเอทิลแอลกอฮอล์ 90 เปอร์เซ็นต์หรือ 95 เปอร์เซ็นต์เวลาจะใช้จึงนำขึ้นมาเช็ดให้แห้งถ้าทำความสะอาดตามวิธีดังกล่าวมานี้แล้วสไลด์และกระจกปิดสไลด์ยังไม่สะอาดอยู่อีก ให้นำสไลด์และกระจกปิดสไลด์ไปแช่ไว้ในน้ำยาสำหรับทำความสะอาดเครื่องแก้ว ตามสูตรที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น แช่สไลด์และกระจกปิดสไลด์ไว้เป็นเวลา 1-2 วัน ทำความสะอาดด้วยน้ำเสร็จแล้วจึงนำไปแช่ไว้ในน้ำที่เป็นอัลคาไลน์ที่มีแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ผสมอยู่ในน้ำนั้นเป็นปริมาณเพียงเล็กน้อย หลังจากนั้นจึงทำความสะอาดด้วยการล้างน้ำ แล้วนำไปแช่ไว้ในเอทิลแอลกอฮอล์ก่อนเช็ดให้แห้ง ถ้าเป็นพวกสไลด์เก่าที่มีเรซินผนึกกระจกปิดสไลด์ติดอยู่กับสไลด์ให้นำสไลด์ไปแช่ไว้ในโซลีนหรือโทลูอินเก่าที่ใช้แล้ว แช่ไว้จนกระทั่งกระจกปิดสไลด์แยกออกจากสไลด์เปลี่ยนโซลีนหรือโทลูอินหลายๆ ครั้ง จนเรซินออกไปเกือบหมดแล้ว จึงนำสไลด์และกระจกปิดสไลด์ ไปทำความสะอาดด้วยผงทำความสะอาดบอนเอมิหรือน้ำยาทำความสะอาดเครื่องแก้วตามวิธีที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น

การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง
โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

บทคัดย่อ
ของ
เปรมจิตร บุญสาย

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มีนาคม 2541

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาเบื้องต้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง

ในการดำเนินการวิจัยได้ปฏิบัติตามขั้นตอนของการพัฒนาหลักสูตร 6 ขั้นตอน คือ การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตร การสร้างเอกสารหลักสูตร การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้ การปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้ การเตรียมบุคลากรและทดลองใช้หลักสูตร และการปรับปรุงหลักสูตรหลังการทดลองใช้

การดำเนินการดังกล่าวสามารถสร้างบทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ได้ 5 สาขา 20 บทปฏิบัติการ แยกเป็นสาขาเทคโนโลยีการหมัก 7 บทปฏิบัติการ ได้แก่ การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ การตรวจสอบและยีสต์ในอาหาร วิธีนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร การหมักไวน์จากน้ำผลไม้ชนิดต่างๆ การผลิตน้ำส้มสายชูจากเปลือกผลไม้ การผลิตนมเปรี้ยวรับประทานเองและการตรวจหาจุลินทรีย์ในนํ้านม สาขาเทคโนโลยีของเสีย 3 บทปฏิบัติการ ได้แก่ การผลิตแอลกอฮอล์จากเศษอาหาร การเพาะเลี้ยงสาหร่ายและไรแดงโดยใช้น้ำเสีย และการขยายพันธุ์ผักและไม้ผลโดยใช้สารเหลือทิ้ง สาขาเทคโนโลยีการสร้างแหล่งวัตถุดิบใหม่ 4 บทปฏิบัติการ ได้แก่ การผลิตปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายเซลล์เดียว การผลิตก๊าซชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร การผลิตวันสวอร์คจากสารเหลือทิ้งและการเพาะเห็ดฟางด้วยเปลือกถั่วและเปลือกหน่อไม้ สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม 4 บทปฏิบัติการ ได้แก่ ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำเสียของพืชน้ำและจุลินทรีย์ การผลิตเส้นใยจากวัชพืชโดยใช้จุลินทรีย์ การดูดซับคราบน้ำมันโดยใช้เส้นใยจากพืชและจุลินทรีย์และการกำจัดโลหะหนักจากน้ำเสียโดยใช้จุลสาหร่าย และสาขาวิศวกรรมเอนไซม์ 2 บทปฏิบัติการ ได้แก่ การศึกษาการยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอสจากน้ำผลไม้และการศึกษาลักษณะของถังหมัก

ก่อนการปรับปรุงในขั้นสุดท้ายได้นำหลักสูตรที่พัฒนาไปจัดประชุมปฏิบัติการให้ครูผู้สอนและนำไปทดลองสอนเป็นเวลา 1 ภาคเรียน โดยใช้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 90 คน ของโรงเรียนปรางจินราชวราราม จังหวัดปรางจินบุรี เป็นกลุ่มตัวอย่าง ผลปรากฏว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้น มีผลการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความเข้าใจ การนำไปใช้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ) และด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ภายหลังการทดลองสอนสูงกว่าก่อนการทดลองสอน และนักเรียนกลุ่มทดลองมีผลการเรียนทุกด้านดังกล่าวสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรเดิมของ สสวท.

A DEVELOPMENT OF HIGH SCHOOL BIOLOGY CURRICULUM ON BASIC
BIOTECHNOLOGY UTILIZING WASTE - BASED LABORATORIES

AN ABSTRACT
BY
PREMCHIT BUNSAI

Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
March 1998

This study is a basic Research and Development (R&D) type attempting to develop a high school Biology curriculum on basic Biotechnology utilizing waste-based laboratories.

The research was accomplished by applying the six stages of curriculum development process ; Surveying of basic information, Developing of an initial draft, Pre-trial, Revision of the initial draft, Try-out of the draft, and Post-trial improvement.

Following the stated stages, twenty laboratories from five sub-areas of basic Biotechnology were developed ; seven from basic Fermentation Technology : Preparation of Fungi and Yeast Culture Media, Testing of Fungi and Yeast in Food, Counting Microorganism in Food, Vine Fermentation form Juice, Basic Venegar Production from fruits, Yoghurt Production and Testing Microorganism in Lactose ; three from basic Waste Technology : Alcohol Production from Waste-food, Waste-water Chlorella and Artemia Culture and Vegetables and Fruits Reproduction ; four from Renewable Resources Technology : Bio-fertilizer Production from Single-cell Algaes, Biogas Production from Agriculture Waste, Production of Russian Agar and Fungi Culture with soybeen and Coat of Bamboo ; four from basic Environmental Technology : Weeding and Microorganism Efficient for Improve Waste-Water, Weeding Fiber Production by Microorganism, Oil-film Absorption by Fibers and Microorganism and Metal Absorption in Waste-Water by Microalgae and two from Enzyme Engineering : Protease Inhibition form Juice and Bioreactors Studies.

Prior to final improvement, the developed curriculum was introduced for intensive comments in a science teacher's seminar and also experimented in classroom situation for one full semester utilizing ninety MS. VI students of the Prachinrasadorn-amroong as its sample. The teaching experimentation revealed that the students learned by the laboratories developed gained positive changes on all the tree measures : the cognitive outcomes (memory, comprehension, application and science process skills), the affective outcomes (scientific attitude, general characteristics, career development-based characteristics, social development-based characteristics, and health-based characteristics) and the psycho-motor outcome (experimentation skills). The same experimental group also attained higher scores on all the measures when compared with the control group exposed to the IPST's traditional curriculum.