

การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่องการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากพืชในท้องถิ่น

ปริญญานิพนธ์

ของ

กานต์วี ใจงาม

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา

กันยายน 2545

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

507-4
ก 4320
ร.3

การพัฒนาศักยภาพปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่องการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากพืชในท้องถิ่น

บทคัดย่อ
ของ
กานต์วี ใจงาม

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา
กันยายน 2545

๔ 152383

กานต์วี ใจงาม. (2545). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง การผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา).

กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม :

รองศาสตราจารย์ ดร.สุณีย์ เหมะประสิทธิ์, อาจารย์ ดร.สมปราวณา วงศ์บุญหนัก.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น และเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ในการพัฒนาศักยภาพของนักเรียนด้านความรู้ ทักษะปฏิบัติ และเจตคติ ในการวิจัยได้แบ่งการดำเนินการเป็น 4 ระยะ คือ ระยะที่ 1 สำรวจข้อมูลพื้นฐาน ระยะที่ 2 ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ ระยะที่ 3 สร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และระยะที่ 4 หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอุทอง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 45 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1) อาชีพหลักในท้องถิ่น คือ เกษตรกรรม ปัญหาสำคัญ คือ ราคาของผลผลิตตกต่ำ ท้องถิ่นต้องการให้มีการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร เพื่อจะได้เพิ่มราคาของผลผลิตพืชเศรษฐกิจให้สูงขึ้น

2) ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นไปตามทฤษฎีที่ได้ศึกษาค้นคว้าและสามารถนำไปพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ได้

3) สามารถพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ได้ 4 บท โดยได้ค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .80 ขึ้นไป

4) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีประสิทธิภาพ กล่าวคือ นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพในด้านความรู้ 79.16/82.79 มีประสิทธิภาพด้านทักษะปฏิบัติ 84.54/86.70 และนักเรียนร้อยละ 75 มีความพึงพอใจในการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

A DEVELOPMENT OF SCIENCE LABORATORY DIRECTIONS ON GASOHOL PRODUCTION
FROM LOCAL CROPS FOR MATHAYOM SUKSA V STUDENTS

AN ABSTRACT
BY
KANRAWEE JAI - NGAM

Presented in partail fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
September 2002

Kanrawee Jai-ngam. (2002). *A Development of Science Laboratory Directions on Gasohol Production from Local Crops for Matthayom Suksa V students*. Master thesis, M.Ed. (Science Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Dr.Sunee Haemaprasith, Dr.Sompratana Wongboonnuk.

This study was conducted to develop a set of school science laboratories on “Production of Gasohol from Local Plants” along with to study its educational effectiveness on development of students potentialities in knowledge, practical skills and attitude. It was accomplished through four consecutive stages ; 1) surveying related local information ; 2) performing experiments in science laboratory, 3) developing school science laboratories and 4) studying educational effectiveness by using forty – five M.S. V students of the U – Thong school in Suphan Buri province as sample.

The findings were as follows :

1) agriculture was the principal career and transformation of agricultural products to increase their price was major demand of the community.

2) Experiments performed in science laboratory were positive with their underlying theories and conducive to development of school science laboratories.

3) All the four developing school science laboratories had the IC indices higher than .80

4) The developing laboratories demonstrated desirable educational effectiveness; namely, having the knowledge effectiveness as 79.16/82.79 and the practical skills as 84.54/86.70 and the percentage of 75 students were positively affected.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์
จากพืชในท้องถิ่น

ของ

นางสาวกานต์วี ใจงาม

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา

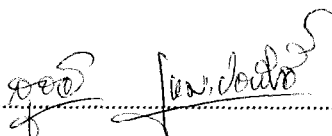
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



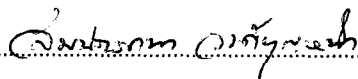
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพรณ์ หะวานนท์)

วันที่ 26 เดือน กันยายน พ.ศ. 2545

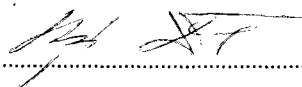
คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์



.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ หะมะประสิทธิ์)



.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก)



.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ สุภาภรณ์ ศรีโสภณา)



.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน)

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย

ของ

ศาสตราจารย์.ดร.สาโรช บัวศรี

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้เพราะได้รับความกรุณาเป็นอย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ อาจารย์ ดร.สมปรรตนา วงศ์บุญหนัก กรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการทำวิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน และอาจารย์สุภาภรณ์ ศิริโสภณา ที่ให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์และตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.จินดา แต้มบรรจง อาจารย์ ดร.เปรมจิตร บุญสาย อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข และอาจารย์จินดา เจริญวรรณ ที่ได้ให้คำแนะนำและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครูและขอบคุณนักเรียนโรงเรียนดอนคาวิทยา โรงเรียนอุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ให้ความร่วมมือในการทดลองใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในระหว่างทดลองสอน ขอขอบคุณวัชพลบริการศูนย์ตรวจสอบสภาพรถเอกชน อำเภอสองพี่น้อง ที่เอื้อเฟื้อช่วยตรวจค่าไฮโดรคาร์บอน และปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

ขอขอบพระคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ขาววิทยาศาสตร์ศึกษาที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำ ในการทำปริญญานิพนธ์

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อตี๋ ใจงาม และคุณแม่สำราญ อินทร์แฮม ขอขอบคุณ คุณพิมพ์พร คุณพงษ์ศักดิ์ คุณธนภฤต คุณวันเพ็ญ และเด็กหญิงสโรชา ใจงาม ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นที่กำลังใจตลอดมา และขอขอบพระคุณ คุณสัมฤทธิ์ ผิวนิ่ม ที่ดำเนินการจัดพิมพ์รูปเล่มปริญญานิพนธ์และคอยให้คำแนะนำเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ที่พึงมีของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณแก่บิดามารดา ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

กานต์รวี ใจงาม

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
ระยะที่ 1 สํารวจข้อมูลพื้นฐาน.....	5
ระยะที่ 2 การกำหนดขอบเขตการดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ.....	5
ระยะที่ 3 การสร้างบทปฏิบัติการ.....	5
ระยะที่ 4 หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
กระบวนการผลิตแอลกอฮอล์จากอ้อย.....	11
กระบวนการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย.....	11
กระบวนการกลั่นแอลกอฮอล์.....	15
คุณสมบัติของแอลกอฮอล์.....	17
ประโยชน์ของแอลกอฮอล์.....	19
แก๊สโซฮอล์.....	20
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแอลกอฮอล์ และแก๊สโซฮอล์.....	21
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	23
ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	23
จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	24
ความสำคัญของการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	25
ขั้นตอนของการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	25
ประโยชน์ของการสอนแบบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	26

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2 (ต่อ)	ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์.....	27
	เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	37
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์.....	40
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์.....	41
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	42
	สมมติฐานการวิจัย.....	43
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	44
	รูปแบบการวิจัย.....	44
	ระยะที่ 1 สืบหาข้อมูลพื้นฐาน.....	44
	ระยะที่ 2 กำหนดขอบเขตและดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ.....	45
	เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	45
	วิธีการทดลอง.....	45
	ระยะที่ 3 สร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จากผลการทดลอง.....	46
	สร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	46
	พัฒนามาตรปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	51
	ระยะที่ 4 หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	53
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	53
	ทดลองภาคสนาม.....	53
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	55
	สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	56

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	60
ระยะที่ 1 สํารวจข้อมูลพื้นฐาน.....	60
ระยะที่ 2 การกำหนดขอบเขตการดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ.....	61
ระยะที่ 3 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ.....	66
ระยะที่ 4 หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	67
5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	71
สังเขปความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีดำเนินการวิจัย.....	71
สรุปผลการวิจัย.....	72
อภิปรายผล.....	74
ข้อเสนอแนะ.....	81
บรรณานุกรม.....	83
ภาคผนวก.....	90
ภาคผนวก ก.....	91
ภาคผนวก ข.....	93
ภาคผนวก ค.....	99
ภาคผนวก ง.....	140
ภาคผนวก จ.....	199
ภาคผนวก ฉ.....	208
ภาคผนวก ช.....	213
ภาคผนวก ซ.....	220
ภาคผนวก ฌ.....	228
ภาคผนวก ญ.....	240
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	242

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงเนื้อที่ปลูกอ้อยในประเทศไทย พุทธศักราช 2537.....	11
2 แบบแผนการดำเนินการทดลองภาคสนาม.....	56
3 แสดงผลการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย.....	64
4 แสดงผลการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย.....	65
5 แสดงผลการทดสอบสมบัติของแอลกอฮอล์.....	64
6 แสดงผลการทดลองใช้แก๊สโซฮอล์สูตรต่าง ๆ น้ำมันเบนซิน และแก๊สโซฮอล์ของ วท.	65
7 แสดงคำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละบทปฏิบัติการ.....	67
8 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยตอบคำถามท้ายบทระหว่างเรียนและสอบภาคความรู้หลังเรียน....	67
9 แสดงคำร้อยละประเมินทักษะปฏิบัติระหว่างเรียนเป็นกลุ่มและรายบุคคล.....	68
10 แสดงคำร้อยละประเมินทักษะปฏิบัติระหว่างเรียน.....	69
11 เปรียบเทียบคำร้อยละเฉลี่ยของคะแนนทักษะปฏิบัติระหว่างเรียนกับหลังเรียน.....	69
12 แสดงผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	70
13 คำดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	214
14 คำดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบทดสอบภาคความรู้.....	214
15 คำดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของเกณฑ์สังเกตพฤติกรรมขณะทดลอง.....	215
16 คำดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของเกณฑ์การรายงานผลการทดลอง.....	215
17 คำดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของกิจกรรมสอบวัดทักษะปฏิบัติการทดลอง.....	215
18 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการ.....	216
19 แสดงคะแนนรวมของแบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการ.....	217
20 แสดงค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....	218
21 แสดงค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมินทักษะปฏิบัติระหว่างเรียน.....	218
22 แสดงค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมินกิจกรรมสอบวัดทักษะปฏิบัติ.....	219
23 คะแนนคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียน.....	221
24 คะแนนคำถามภาคความรู้.....	222
25 คะแนนทักษะปฏิบัติระหว่างเรียน (เป็นกลุ่ม).....	223
26 คะแนนทักษะปฏิบัติระหว่างเรียน (รายบุคคล).....	224
27 คะแนนรวมทักษะปฏิบัติระหว่างเรียน (เป็นกลุ่มและรายบุคคล).....	225
28 คะแนนทักษะปฏิบัติหลังเรียน.....	226
29 คะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	227

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	9
2 การกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย.....	17

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญที่มีส่วนทำให้เกิดการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะพลังงานที่ได้จากน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากการดำรงชีวิตของมนุษย์จำเป็นต้องใช้พลังงานในชีวิตประจำวันในด้านต่าง ๆ เช่น ในกิจการอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การคมนาคมขนส่ง รวมถึงในเรื่องของความสะดวกสบายในชีวิตประจำวัน และการพัฒนาคุณภาพชีวิตในด้านอื่น ๆ เป็นต้น

ในปัจจุบันพบว่า โลกต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสูงถึงวันละประมาณ 60 ล้านบาร์เรล และมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามอัตราการขยายตัวและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมต่าง ๆ ตลอดจนเศรษฐกิจในภาคเกษตรกรรม ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศเป็นหลัก โดยมีปริมาณนำเข้าสูงถึงร้อยละ 95 ของปริมาณการใช้น้ำมันภายในประเทศ ฉะนั้นเมื่อเกิดปัญหาการปรับตัวสูงขึ้นของราคาน้ำมันในตลาดโลก จึงส่งผลกระทบต่อไทยอย่างเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เป็นอุปสรรคสำคัญต่อการฟื้นตัวของเศรษฐกิจไทย เนื่องจากน้ำมันจัดเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในทุกภาคการผลิต (กนกพร สัยยะสิทธิพานิชย์, 2544 : 92) วิกฤตการณ์ราคาน้ำมันที่เกิดขึ้นนี้ได้เริ่มตั้งแต่ช่วงต้นปี พ.ศ. 2542 ซึ่งเป็นผลมาจากกลุ่มประเทศโอเปคได้ดำเนินการลดปริมาณการผลิตน้ำมันลง ในขณะที่ปริมาณความต้องการใช้น้ำมันในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลกกลับมีอัตราเพิ่มสูงขึ้น หากกลุ่มประเทศโอเปคยังคงไม่เพิ่มปริมาณการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการใช้ในตลาดโลก โอกาสที่ระดับราคาน้ำมันภายในประเทศจะลดต่ำลง ก็ค่อนข้างจะเป็นไปได้อย่างยาก สำหรับอัตราการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศไทยพบว่า มีแหล่งพลังงานในรูปน้ำมันดิบเพียง 13 แห่งทั่วประเทศ ถือว่ามีปริมาณการผลิตยังไม่มากเท่าที่ควร เมื่อเทียบกับความต้องการใช้ภายในประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานในรูปของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมต่างๆ สูงถึง 611,174 บาร์เรลต่อวัน ซึ่งเป็นน้ำมันเบนซิน 121,100 บาร์เรลต่อวัน โดยส่วนใหญ่มาจากความต้องการพลังงานเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ ในส่วนของการผลิตน้ำมันดิบนั้น ประเทศไทยเราขาดแคลนแหล่งทรัพยากรด้านพลังงานปิโตรเลียม จึงสามารถผลิตน้ำมันดิบได้เพียงวันละ 34,006 บาร์เรล และต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศถึง 698,895 บาร์เรลต่อวัน (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2544 : 3) คิดเป็นมูลค่ากว่า 168,000 ล้านบาท ซึ่งสูงกว่ารายได้จากการส่งออกสินค้าอื่น จึงทำให้ประเทศไทยต้องเสียดุลการค้าต่างประเทศเป็นจำนวนมาก และขาดเสถียรภาพทางด้านพลังงานเป็นอย่างมาก

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ทำให้เกิดการแสวงหาแหล่งพลังงานรูปแบบอื่น เพื่อนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิล โดยเฉพาะประเทศที่ไม่มีทรัพยากรน้ำมันบางประเทศได้คิดค้น ทดลองและพัฒนาเกี่ยวกับพลังงานทดแทนมานานแล้ว แต่เนื่องจากในอดีตน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาถูกและหาได้ง่าย ความกระตือรือร้นในเรื่องนี้จึงมิได้จริงจังเท่าใดนัก จนกระทั่งเมื่อน้ำมันมีราคาสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ความตื่นตัวในการพัฒนาพลังงานทดแทนจึงเด่นชัดขึ้น หลายต่อหลายประเทศต่างใช้ความพยายามพัฒนาและ

แสวงหาแหล่งกำเนิดพลังงานอื่นๆ ที่จะสามารถนำมาใช้แทนพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงที่นับวันจะแพงและหายากขึ้นทุกที หรืออย่างน้อยก็ให้สามารถประหยัดการใช้พลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้บ้าง พลังงานที่มนุษย์คิดค้นขึ้นมาใช้ในปัจจุบันมีอยู่หลายประเภท ได้แก่ พลังงานจากแสงอาทิตย์ กระแสไฟฟ้า กระแสลม พลังงานจากทรัพยากรธรรมชาติ เป็นต้น

พลังงานสำคัญอีกประเภทหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมาก และกำลังเร่งดำเนินการอยู่ในขณะนี้ก็คือ การนำเอาทรัพยากรธรรมชาติที่ได้จากพืชผลทางการเกษตรบางชนิดที่มีราคาถูกต่ำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ในการผลิตพลังงานในรูปของพลังงานเชื้อเพลิงแอลกอฮอล์หรือเอทานอล พืชผลทางการเกษตรที่มีราคาถูกต่ำในปัจจุบัน ได้แก่ อ้อยและมันสำปะหลัง ซึ่งนอกจากจะนำไปใช้ผลิตเป็นอาหารที่เป็นประโยชน์และเป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้งและน้ำตาลแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ในการผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงได้ เช่น ในประเทศบราซิลที่มีปริมาณผลผลิตเหล่านี้นั้นมาก ก็ได้มีการคิดค้นที่จะนำพืชผลเหล่านี้ไปใช้ในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงแอลกอฮอล์ขึ้น (ปิยวรรณ คงสาคร. 2544 : 12) และปรากฏว่าแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้สามารถใช้ผสมและใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี และที่สำคัญต้นทุนในการผลิตเอทานอลอยู่ที่ 9 บาทต่อลิตรเท่านั้น ในขณะที่น้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล ราคาปรับตัวเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับ 13 - 16 บาทต่อลิตร (ชลธาร วิศรุตวงศ์. 2543: 40) ทำให้เกิดความตื่นตัวและมีความหวังใหม่ในกลุ่มประเทศต่างๆ ที่กำลังประสบปัญหาขาดแคลนพลังงานทั้งหลาย หลายต่อหลายประเทศก็ได้ให้ความสนใจในการผลิตแอลกอฮอล์จากพืชผลทางการเกษตรเพื่อผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงผลิตเป็นแก๊สโซฮอล์เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในประเทศสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ฝรั่งเศส และแอฟริกาใต้ เป็นต้น (ศิริพร วิหคโต. 2544 : 22)

ประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่ง ที่ได้รับความสนใจในการผลิตแอลกอฮอล์จากพืชผลทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนพลังงานจากน้ำมันไม่น้อยหน้ากว่าประเทศอื่นๆ เหมือนกัน โดยมีโครงการศึกษาเรื่องแอลกอฮอล์เพื่อผลิตเป็นแก๊สโซฮอล์มาหลายปีแล้ว บางโครงการต้องล้มเลิกไปและบางโครงการก็ยังมีการศึกษาต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน ได้แก่ โครงการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงทำแก๊สโซฮอล์ เป็นหนึ่งในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ซึ่งได้ทำการศึกษามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 จนถึงปัจจุบัน (พัฒนา วิชกุล. 2544 : 13) และจากการศึกษาความเป็นไปได้ในเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยมีศักยภาพในการนำแอลกอฮอล์มาใช้เป็นเชื้อเพลิงในระดับสูง เนื่องจากประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตพืชผลทางการเกษตร ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม และเป็นประเทศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพมาก จึงมีพืชผลตลอดจนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมากมายที่สามารถนำมาผลิตแอลกอฮอล์ได้ เช่น อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง ฯลฯ (ศิริพร วิหคโต. 2544 : 23) โดยเฉพาะอ้อยและมันสำปะหลังนั้น เป็นพืชที่มีปริมาณการปลูกมากเกินความต้องการของตลาด กล่าวคือ ปัจจุบันมีพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังประมาณ 7.2 ล้านไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 16 - 18 ล้านตันต่อปี และมีพื้นที่ปลูกอ้อยเกือบ 6 ล้านไร่ ปริมาณผลผลิตที่ได้ประมาณ 50 - 55 ล้านตัน (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2544 : 5) นอกจากความพร้อมทางด้านวัตถุดิบแล้ว การดำเนินงานการวิจัยและพัฒนาเชื้อเพลิงแอลกอฮอล์ รวมทั้งการทดลองผลิตในโรงงานต้นแบบโดยโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ได้แสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยมีเทคโนโลยีเพียงพอที่จะรองรับการผลิตเอทานอล อีกทั้งยังมีโรงงานผลิตแอลกอฮอล์ กลุ่มบริษัทกลั่นน้ำมัน บริษัทผู้ผลิต

รถยนต์และอุตสาหกรรมการผลิตสุรา ที่จะสามารถสนับสนุนทางด้านเทคโนโลยีอีกด้วย และประการสำคัญคือ การนำเชื้อเพลิงเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนสำหรับรถยนต์นั้น จะสามารถช่วยสร้างเสถียรภาพทางด้านพลังงาน ช่วยแก้ปัญหาหาค่าพืชผลตกต่ำ และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับพืชผลทางการเกษตร รวมถึงช่วยลดปัญหามลพิษจากไอเสียรถยนต์ ลดมลพิษในอากาศและน้ำได้เป็นอย่างดี เพราะเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาด (Clean Energy) นั่นเอง

จะเห็นได้ว่า พลังงานเชื้อเพลิงจากพืชผลทางการเกษตรเป็นแหล่งพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิลที่สำคัญแหล่งหนึ่งที่ควรศึกษาและนำมาใช้อย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์เหมาะสำหรับการเพาะปลูก ทำให้ได้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพ จึงเหมาะสมอย่างยิ่งในการนำเชื้อเพลิงเอทานอลจากพืชผลการเกษตรมาใช้ และเผยแพร่ให้นักเรียนและประชาชนได้รับรู้ ให้ตระหนักถึงคุณค่าของทรัพยากรในท้องถิ่น ซึ่งสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ที่กล่าวโดยสรุปไว้ตอนหนึ่งว่า สถานศึกษาหรือโรงเรียนควรร่วมกับบุคคล องค์กรต่าง ๆ ในชุมชนในการเผยแพร่เสริมสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชน โดยการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้ประชาชนได้มีการแสวงหาความรู้ ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ และรู้จักเลือกสรรวิทยาการต่าง ๆ เพื่อพัฒนาชุมชน ให้สามารถแก้ปัญหาในสภาพต่าง ๆ ได้ตามต้องการ (วิชัย ดันศิริ, 2543 : 72 - 73) รวมถึงตระหนักถึงคุณค่าของทรัพยากรในท้องถิ่น และรักษาภูมิปัญญาของไทย นอกจากนี้ยังได้กำหนดแนวทางโดยมุ่งเน้นการพัฒนา คน เป็นสำคัญ เพื่อเป็นการเตรียมการรองรับกระแสการเปลี่ยนแปลงของโลกในด้านเทคโนโลยี สังคม เศรษฐกิจ และการเมืองที่กำลังผันผวนอยู่ในขณะนี้ ทั้งนี้ได้ให้ความสำคัญสูงสุดในกระบวนการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และรู้จักแสวงหาความรู้ได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต ดังนั้น ในการจัดการศึกษาโดยเฉพาะการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ ควรมีบทบาทในการที่จะสนับสนุน และส่งเสริมนักเรียนให้เกิดการรับรู้ในสิ่งใหม่ที่ทันสมัย พอที่จะเป็นพื้นฐานทำให้เกิดการขยายผลลงสู่ชุมชน และมีผลต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนในระดับท้องถิ่นจนถึงระดับประเทศได้ เพราะธรรมชาติของการเรียนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนมีทักษะและกระบวนการในการแสวงหาความรู้อย่างมีระบบนำไปสู่ขอบข่ายอันกว้างขวางของการเรียนรู้ให้กับประชาชนเป็นส่วนประกอบสำคัญในการพัฒนาคุณภาพชีวิต สังคม และประเทศชาติ

จะเห็นได้ว่าในการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จะต้องให้ความสำคัญทั้งในด้านการสร้างองค์ความรู้ที่จะเป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันเพื่อให้ชุมชนอยู่ได้ แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องคำนึงถึงการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนควบคู่ไปด้วย โดยมีการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ประโยชน์โดยไม่ให้เกิดความเสียหายต่อสภาพแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติ ประชาชนจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอ จึงจะสามารถใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสมกับท้องถิ่น

ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในทุกระดับ ควรบรรจุความรู้ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ ๆ และมีการปูพื้นฐานที่ดีให้กับเยาวชนให้เป็นคนรุ่นใหม่ที่มีความเข้มแข็งและมีความรู้สึกรักว่า

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นเรื่องง่าย เป็นเรื่องในชีวิตประจำวันที่ต้องเกี่ยวข้องอยู่ทุกวินาที (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2543 : 30 - 31) และในขณะเดียวกัน ก็ควรให้นักเรียนได้ฝึกคิดฝึกปฏิบัติ อยู่ตลอดเวลา เพราะนอกจากนักเรียนจะได้ความรู้แล้ว ยังเป็นการพัฒนานักเรียนให้เกิดทักษะพื้นฐานต่าง ๆ ที่จำเป็น อันได้แก่ ทักษะกระบวนการคิดขั้นสูง ทักษะปฏิบัติ และสามารถพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ให้กับนักเรียนได้

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง การผลิตแก๊สโซลล์จากพืช ในท้องถิ่น เพื่อเป็นแนวทางในการเสริมความรู้ในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน พัฒนาความรู้ในด้าน วิทยาศาสตร์ที่ทันสมัย เห็นคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่น และมีแนวคิดในการที่จะอนุรักษ์และประยุกต์ใช้ทรัพยากร ต่างๆ ในท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด ในขณะเดียวกัน ก็สามารถพัฒนานักเรียนให้ เกิดทักษะพื้นฐานที่จำเป็นในการดำรงชีวิตอย่างเพียงพอที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถแสวงหาความรู้ต่างๆ ได้ด้วย ตนเองอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาศักยภาพของนักเรียน ในด้านความรู้ ทักษะปฏิบัติ และเจตคติ

ความสำคัญของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผลของการวิจัยที่ได้ มีประโยชน์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนมีความรู้ความสามารถและเข้าใจกระบวนการผลิตแก๊สโซลล์จากอ้อย และนำความรู้ที่ได้ ไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่น ๆ ในท้องถิ่น
2. ได้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการเรียนการสอนเกี่ยวกับพลังงาน และเป็นบทปฏิบัติการที่สามารถประยุกต์หลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาใช้อย่างเหมาะสม
3. เป็นแนวทางสำหรับครูและผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะ ปฏิบัติการทดลอง ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการคิดขั้นสูง และเจตคติให้แก่ นักเรียน
4. การวิจัยครั้งนี้ นอกจากจะเป็นประโยชน์ในการเสริมความรู้ ปรับปรุง และพัฒนากระบวนการเรียน การสอนในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแล้ว ยังส่งเสริมให้นักเรียนผู้ซึ่งเป็นทรัพยากรมนุษย์อันมีค่า มีความรู้ความเข้าใจ รู้จักคิดวิเคราะห์ เห็นความสำคัญของทรัพยากรในท้องถิ่น มีแนวคิดที่จะแก้ปัญหาและพัฒนา ท้องถิ่นให้พึ่งพาตนเองได้

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) และระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ซึ่งดำเนินการวิจัย 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 สำรวจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความต้องการในการพัฒนาและแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ในพื้นที่การศึกษา 2 จังหวัดสุพรรณบุรี

ผู้วิจัยทำการสำรวจความคิดเห็นของบุคคลต่าง ๆ ในพื้นที่การศึกษา 2 จังหวัดสุพรรณบุรี ได้แก่ นักวิชาการเกษตร ศึกษานิเทศก์ คณะกรรมการบริหารส่วนตำบล ครูวิทยาศาสตร์และเกษตรกร ทำการสัมภาษณ์เจาะจง และสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการโดยใช้แบบสำรวจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ระยะที่ 2 กำหนดขอบเขต และดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ

จากผลการสำรวนำมากำหนดขอบเขต และดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้ดังนี้

1. เตรียมน้ำอ้อยให้มีความหวาน 18 เปอร์เซ็นต์ปริกซ์และ 25 เปอร์เซ็นต์ปริกซ์ อย่างละ 2 ขวด มาทำการหมักด้วยยีสต์ขนมปังและยีสต์สายพันธุ์แซคคาโรไมซีส เซเรวีเซีย (*Saccharomyces cerevisiae*) เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน วัดความหวานโดยใช้เครื่องวัดน้ำตาล (Refractometer) แล้ววัด pH โดยใช้ pH meter และ วัดเปอร์เซ็นต์ของแอลกอฮอล์ โดยใช้เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ (Alcohol Hydrometer)
2. นำแอลกอฮอล์ที่ได้มาทำการกลั่นลำดับส่วนในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. นำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนมาทำการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ทดสอบการติดไฟโดยใช้เปลวไฟจากธูปแตะไปที่แอลกอฮอล์ และทดสอบความร้อน โดยนำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำ ชั่งมวลที่ใช้ไปของแอลกอฮอล์ แล้วนำไปคำนวณหาความร้อน
4. หลังจากนั้นนำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนที่ทดสอบสมบัติเรียบร้อยแล้วมาผสมกับน้ำมันเบนซินในอัตราส่วน 10 : 90, 20 : 80 และ 30 : 70 เพื่อผลิตเป็นแก๊สโซฮอล์
5. หาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยนำไอเสียของเครื่องตัดหญ้าผ่านสายยางเข้าไปในน้ำปูนใส สังเกตการเปลี่ยนแปลง และตรวจวัดปริมาณไฮโดรคาร์บอน และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดไฮโดรคาร์บอน และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ของสถานตรวจสภาพรถเอกชนวัชพลบริการ
6. นำแก๊สโซฮอล์ที่ได้ไปทดลองใช้ในเครื่องยนต์ของเครื่องตัดหญ้า เพื่อดูสมรรถนะ ได้แก่ การติดของเครื่องยนต์ การเดินเครื่องของเครื่องยนต์ ในเครื่องตัดหญ้า โดยเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงจากน้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย

ระยะที่ 3 สร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ทำการสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตามลำดับดังนี้

1. สร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำผลการทดลองจากห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มาสร้างเป็นบทปฏิบัติการและคู่มือครูประกอบการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น ได้ 4 บทปฏิบัติการ ดังนี้ บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่องการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย, บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องการกลั่นแอลกอฮอล์, บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องการทดสอบสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์ และบทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์ใช้เอง

2. พัฒนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่านประเมิน เพื่อหาคำดัชนีความสอดคล้อง และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คน และ 15 คน

ระยะที่ 4 หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

หลังจากที่นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปทำการทดลองภาคสนาม โดยมีแบบแผนในการดำเนินการดังนี้

1. แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการทดลองสอน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนอุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 135 คน ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 45 คน ได้จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling) ที่สุ่มมาจากประชากรดังกล่าว

2. ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสอน

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ คะแนนด้านความรู้, คะแนนด้านทักษะปฏิบัติ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่นำมาสร้างเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีเนื้อหาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ ในขั้นตอนการหมัก การกลั่น ลำดับส่วน การทดสอบประสิทธิภาพของแอลกอฮอล์ที่ได้ในเครื่องยนต์ของเครื่องตัดหญ้า

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 ทำการทดลองสอนนักเรียนในชั่วโมงอิสระ และชั่วโมงโครงงานวิชาชีพ จำนวน 12 คาบ คาบละ 50 นาที ทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอลล์จากพืชในท้องถิ่น หมายถึง การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้มีคุณภาพ และมีประสิทธิภาพ โดยผ่านกระบวนการทดลองในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการตรวจสอบความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้ในห้องเรียนจากผู้เชี่ยวชาญ และทำการทดลองภาคสนามเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอลล์จากพืชในท้องถิ่น หมายถึง เอกสารที่กำหนดแนวทางในการทำการทดลองที่นำความรู้เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอลล์จากอ้อยมาสร้างเป็นกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วยเนื้อหา 4 เรื่อง คือ 1. การหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย 2. การกลั่นแอลกอฮอล์ 3. การทดสอบสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์ 4. การผลิตแก๊สโซฮอลล์ใช้เอง โดยแต่ละเรื่องของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แนวคิดหรือ หลักการ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม อุปกรณ์และสารเคมี วิธีการดำเนินการทดลอง แบบรายงานผลการทดลอง แบบทดสอบท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คู่มือครูประกอบการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอลล์จากพืชในท้องถิ่น หมายถึง เอกสารที่เป็นแนวทางสำหรับครูในการใช้ประกอบการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตแก๊สโซฮอลล์จากพืชในท้องถิ่น และเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนก่อนที่จะเรียนจากบทปฏิบัติการ โดยแต่ละเรื่องของคู่มือครูประกอบการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ ข้อเสนอแนะการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับครู ข้อเสนอแนะการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียน แนวคำตอบรายงานผลปฏิบัติการทดลอง คำถามและแนวคำตอบท้ายบทปฏิบัติการ

แอลกอฮอล์ หมายถึง เอทานอล หรือเอทิลแอลกอฮอล์ เป็นแอลกอฮอล์ที่แปรรูปมาจากพืช โดยผ่านกระบวนการหมักและกระบวนการกลั่นลำดับส่วน

แก๊สโซฮอลล์ หมายถึง น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำแอลกอฮอล์ที่ผ่านกระบวนการหมักจากอ้อย มาผสมกับน้ำมันเบนซิน 91 ในอัตราส่วน 10 : 90, 20 : 80 และ 30 : 70

การทดลองการทำงานของเครื่องยนต์ หมายถึง การตรวจสอบคุณภาพของแก๊สโซฮอลล์ที่ได้จากการทดลอง โดยนำไปใช้ในเครื่องยนต์ของเครื่องตัดหญ้า เพื่อดูสมรรถนะของการทำงาน ได้แก่ การติดของเครื่องยนต์ และการเดินเครื่องของเครื่องยนต์ภายในเวลา 10 นาที

พืชในท้องถิ่น หมายถึง พืชเศรษฐกิจที่ปลูกในพื้นที่อำเภออุทอง และอำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี ได้แก่ อ้อย ข้าว และข้าวโพด

ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพ ซึ่งสามารถพัฒนานักเรียนให้เกิดศักยภาพในด้านความรู้ ทักษะปฏิบัติ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในด้านความรู้ หมายถึง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพ ซึ่งสามารถพัฒนานักเรียนให้เกิดความรู้ความเข้าใจ สามารถประยุกต์หลักการ หรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของชีวิตได้ ซึ่งสามารถวัดได้โดยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการแต่ละบท และแบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การหาประสิทธิภาพ 80/80 โดย 80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการแต่ละบท โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80 บวกลบไม่เกิน 2.5 ส่วน 80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ทำการสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80 บวกลบไม่เกิน 2.5

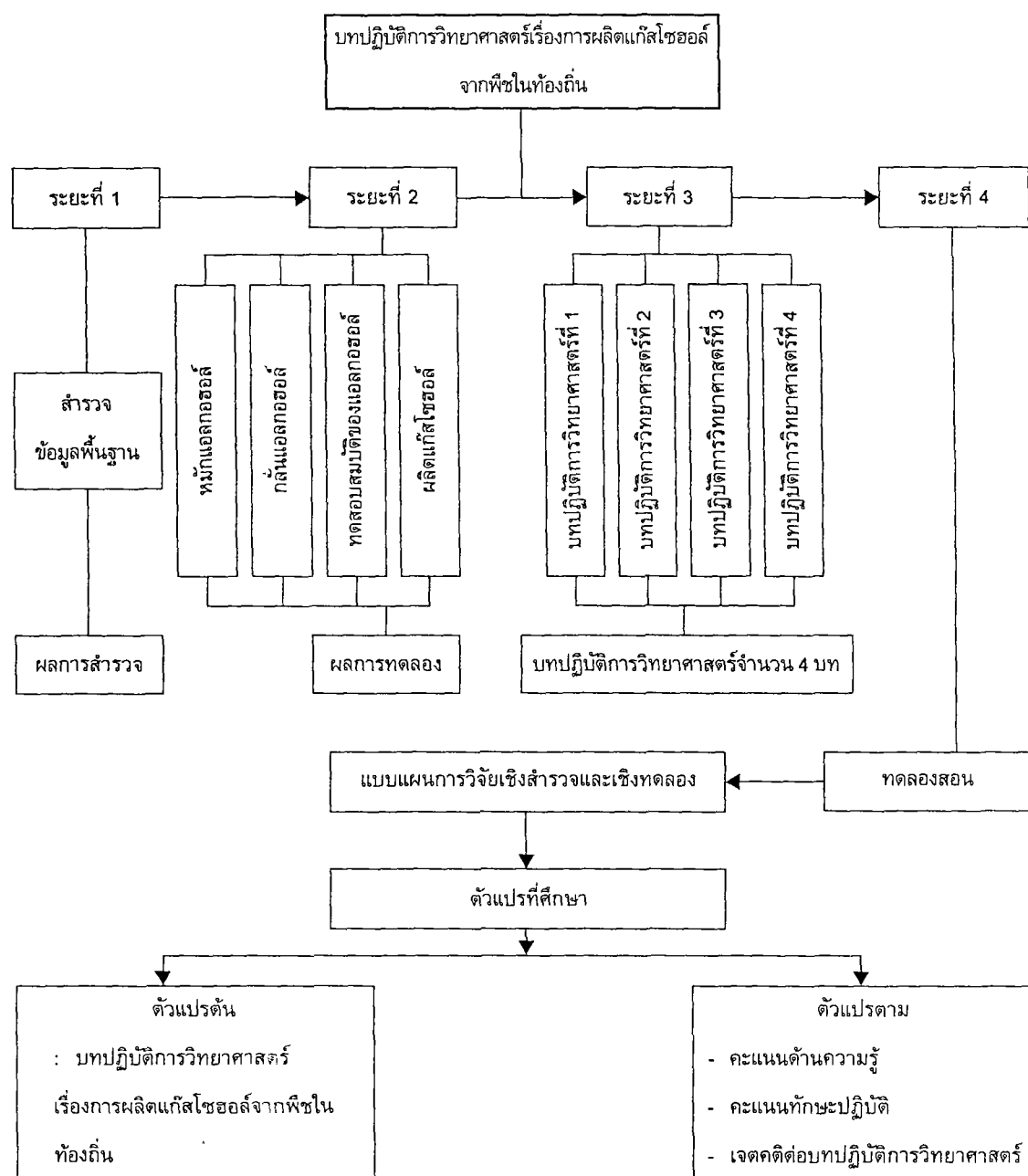
ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในด้านทักษะปฏิบัติ หมายถึง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพ ซึ่งสามารถพัฒนานักเรียนให้เกิดการพัฒนาศักยภาพในการแสดงพฤติกรรมในการปฏิบัติงาน หรือกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ด้วยความคล่องแคล่วและชำนาญ จากการวิเคราะห์บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 บท ก่อให้เกิดทักษะปฏิบัติในด้านต่าง ๆ ต่อไปนี้ การวางแผนการทดลอง เทคนิคการทดลองหรือทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ (21 ทักษะ) การดำเนินการทดลอง การแก้ปัญหา ความคล่องแคล่วในการทดลอง ความสะอาดและความเป็นระเบียบ การนำเสนอ และการจัดทำรายงานการทดลอง ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้แบบประเมินขณะเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และแบบสอบภาคปฏิบัติหลังจบการเรียนรู้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยประเมินตามเกณฑ์รูปรีด เพื่อนำผลที่ได้ไปหาประสิทธิภาพ 80/80 ซึ่ง 80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการปฏิบัติการทดลองขณะเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80 บวกลบไม่เกิน 2.5 ส่วน 80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการสอบภาคปฏิบัติหลังจบการเรียนรู้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80 บวกลบไม่เกิน 2.5

ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้านเจตคติ หมายถึง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพซึ่งสามารถกระตุ้นให้นักเรียนมีความรู้สึกที่มุ่งมั่น กระตือรือร้นในการที่จะปฏิบัติกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ โดยพฤติกรรมที่แสดงออกจะตอบสนอง และพร้อมที่จะเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ อย่างสร้างสรรค์ ประกอบด้วยพฤติกรรมที่แสดงออก 2 ลักษณะ ได้แก่ 1. พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิด 2. พฤติกรรมการแสดงออกในระดับการศึกษาเล่าเรียน และการนำไปใช้ ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้แบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นมาตราส่วนประเมินค่า 5 อันดับ หลังจากเรียนจบทุกบทปฏิบัติการ โดยนักเรียนมีระดับความพึงพอใจร้อยละ 75 ทำการหาประสิทธิภาพโดยทำการทดสอบสมมติฐานกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวแบบ Z-test

ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่มุ่งมั่น กระตือรือร้นที่จะปฏิบัติกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ และพร้อมที่จะเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งสามารถวัดจากแบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่นขึ้น เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้สามารถพัฒนาผู้เรียนให้เกิดศักยภาพในด้านความรู้ ทักษะปฏิบัติ และเจตคติ สามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. กระบวนการผลิตแอลกอฮอล์จากอ้อย
 - 1.1 กระบวนการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย
 - 1.1.1 อ้อย
 - 1.1.2 กระบวนการหมักแอลกอฮอล์
 - 1.2 กระบวนการกลั่นแอลกอฮอล์
 - 1.3 สมบัติของแอลกอฮอล์
 - 1.4 ประโยชน์ของแอลกอฮอล์
2. แก๊สโซฮอล์
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแอลกอฮอล์ และแก๊สโซฮอล์
4. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 4.1 ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 4.2 จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 4.3 ความสำคัญของการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 4.4 ขั้นตอนของการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 4.5 ประโยชน์ของการสอนแบบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
5. ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์
 - 5.1 ความหมายของทักษะภาคปฏิบัติ
 - 5.2 การจำแนกทักษะภาคปฏิบัติ
 - 5.3 การเรียนรู้ทักษะปฏิบัติ
 - 5.4 ทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่ควรพัฒนาให้เกิดขึ้นกับนักเรียน
 - 5.5 การประเมินผลทักษะปฏิบัติ
6. เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. กระบวนการผลิตแอลกอฮอล์จากอ้อย

1.1 กระบวนการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย

1.1.1 อ้อย

อ้อย (Sugar-Cane) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Saccharum officinarum* Linn. อยู่ในวงศ์ Gramineae มีชื่ออื่น ๆ ที่ใช้เรียกกัน ได้แก่ อ้อย อ้อยขม อ้อยดำ

อ้อยเป็นพืชตระกูลเดียวกับหญ้าเหมือนกับข้าวและข้าวโพด เป็นไม้ล้มลุกสูง 2 - 5 เมตร ลำต้นเป็นปล้องคล้ายอ้อ ลำต้นช่มไปด้วยน้ำหวาน มีสีม่วงแดง มีไขสีขาวปกคลุม ไม่แตกกิ่งก้าน ใบเดี่ยว เรียงสลับ กว้าง 2.5-5 เซนติเมตร ยาว 0.5 - 1 เมตร ดอกเป็นช่อออกที่ปลายยอด สีขาว ผลเป็นผลแห้งขนาดเล็ก (ปิยวรรณ กงศาคร. 2544 : 13) เป็นพืชที่มีอายุยาวประมาณ 1 ปี ปลูกครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้ง เนื่องจากอ้อยสามารถไว้ต่อได้ (สมาคมนักวิชาการอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งประเทศไทย. 2543 : 531) อ้อยเป็นพืชต้องการอากาศร้อนและชุ่มชื้นเพื่อการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว อ้อยต้องการอากาศหนาวและแห้งแล้งเพื่อการสะสมน้ำตาลในลำต้น อันจะเป็นผลให้ความหวานเพิ่มขึ้น ได้น้ำตาลต่อตันอ้อยมากขึ้น

อ้อยมีหลายพันธุ์แตกต่างกันที่ความสูง ความยาวของข้อ และสีของลำต้น อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ในปัจจุบันได้มีการนำอ้อยมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงาน นิยมปลูกกันมาก โดยเฉพาะภาคตะวันออก เฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันตก โดยในแต่ละภาคมีเนื้อที่ปลูกอ้อยดังตารางข้างล่างนี้

ตาราง 1 แสดงเนื้อที่ปลูกอ้อยในประเทศไทยปีพุทธศักราช 2537

ภาค	จังหวัด	พื้นที่ปลูกอ้อย (ไร่)	เปอร์เซ็นต์
เหนือ	ลำปาง ลำพูน เชียงใหม่ พะเยา เชียงราย อุดรดิตถ์ สุโขทัย แพร่ พิษณุโลก กำแพงเพชร ตาก พิจิตร นครสวรรค์ เพชรบูรณ์	1,702,924	26
ตะวันตก	กาญจนบุรี ราชบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี สิงห์บุรี ชัยนาท อ่างทอง ลพบุรี สระบุรี อุทัยธานี	2,471,139	39
ตะวันออก	ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว ระยอง จันทบุรี ตราด	604,646	9
ตะวันออก	อุดรธานี หนองบัวลำภู หนองคาย สกลนคร นครพนม ขอนแก่น	1,656,161	26
เฉียงเหนือ	เลย ชัยภูมิ มหาสารคาม กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด ยโสธร บุรีรัมย์ นครราชสีมา สุรินทร์ อุบลราชธานี มุกดาหาร ศรีสะเกษ		
	รวม	6,434,870	

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร. 2537

ฤดูปลูก

กรมวิชาการเกษตร (2001 : 2) ได้แบ่งช่วงการปลูกอ้อยตามเขตพื้นที่ที่ใช้ปลูกออกเป็น 2 เขต คือ เขตชลประทาน จะปลูกในช่วงเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม และเขตน้ำฝนสามารถปลูกได้ 2 ช่วงคือ ต้นฤดูฝน ตั้งแต่เดือนเมษายนถึงมิถุนายน นิยมปลูกในพื้นที่ทั่วไป และปลายฤดูฝนตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงธันวาคม นิยมปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคเหนือบางพื้นที่

ส่วนประกอบของอ้อย

จุฬามาศ บุญมาแย้ม (2539 : 4) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบของอ้อยดังนี้ ภายในต้นอ้อย 1 ต้น มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้ คือ ประกอบด้วยเส้นใย (Fiber) 13.5 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 14 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 70 เปอร์เซ็นต์ และส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ น้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์

ประโยชน์ของอ้อย

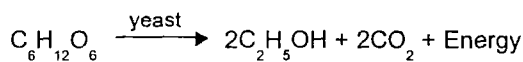
1. ใบอ้อยทำหน้าที่เสมือนเป็นโรงงานทำน้ำตาลตามธรรมชาติ เป็นตัวการดึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศและน้ำ นำมาผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงเปลี่ยนรูปพลังงานเป็นแป้งและน้ำตาลเก็บสะสมไว้ที่ลำต้น ลำต้นซึ่งทำหน้าที่เก็บน้ำตาลสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการบริโภคโดยตรง และใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อาหารสัตว์ น้ำตาล และการทำเชื้อเพลิง เป็นต้น
2. โปรีตินจากน้ำอ้อย นำไปทำเป็นอาหารสัตว์
3. กากอ้อยใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาหม้อน้ำ ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ใช้ทำถ่านก้อน และใช้กากอ้อยหมักก๊าซมีเทน นอกจากนี้ กากอ้อยยังใช้ผลิตเป็นเยื่อกระดาษ กระดาษแข็ง กระดาษอัด หรือไม้อัด และมีการนำสารเคมีจากการสกัดจากกากอ้อยทำเป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมทำน้ำมันหล่อลื่น ทำยางสน น้ำมันพืช และใช้ทำเป็นวัตถุติดทนไฟในอุตสาหกรรมทำผ้าแพรเทียม อุตสาหกรรมพลาสติก
4. ประโยชน์ของกากน้ำตาล ปัจจุบันกากน้ำตาลบางส่วนได้ถูกจำหน่ายไปยังต่างประเทศ และบางส่วนใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ภายในประเทศ ได้แก่ อุตสาหกรรมการผลิตแอลกอฮอล์ การผลิตโมโนโซเดียมกลูตาเมต การผลิตซอสถั่วเหลือง การผลิตอาหารสัตว์ และการผลิตกรดซิตริก
5. กากตะกอนหรือขี้ตะกอนนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมผลิตสารขัดเงา ผลิตหมึกสำหรับกระดาษคาร์บอน และผลิตลิปสติก เป็นต้น

1.1.2 กระบวนการหมักแอลกอฮอล์

ธีรภัทร ศรีนรคุตร (2544 : 57 - 64) และสมใจ ศิริโชค (2544 : 4 - 5) ได้กล่าวถึงกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ ดังนี้ กระบวนการหมักแอลกอฮอล์ หมายถึง กระบวนการผลิตผลผลิตใด ๆ ก็ตามที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์จำนวนมาก (Mass Culture) เนื่องจากยีสต์ย่อยสลายน้ำตาลภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน ทำให้เกิดฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ฟุ้งขึ้นมาเหมือนน้ำเดือด ซึ่งจะครอบคลุมทั้งกระบวนการแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน ในกระบวนการหมักแอลกอฮอล์จัดเป็นกระบวนการหมักสารพวกคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ แป้งและน้ำตาลให้เป็นเอทานอล ถ้าสาร

เริ่มต้นเป็นน้ำตาล ก็สามารถจะใช้ยีสต์ทำการหมักได้เลย ยีสต์ที่นิยมใช้กันเป็นยีสต์สายพันธุ์แซคคาโรไมซีส เซเรวิซีอี (*Saccharomyces cerevisiae*)

กระบวนการหมักเพื่อทำให้เกิดแอลกอฮอล์ จะเกิดในสภาวะที่ไม่มีอากาศ (Anaerobic Condition) ดังสมการต่อไปนี้ (สุมาลี เหลืองสกุล. 2535)



ถ้าสารเริ่มต้นเป็นพวกแป้ง เช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด ใช้เอนไซม์ มอลเทส (Maltase) ซึ่งได้จากพวกรามายีสต์เปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล นอกจากเชื้อราแล้วยังสามารถใช้กรดเกลือไปรวมกับแป้งแล้วต้ม ก็ได้น้ำตาลที่มีโมเลกุลเล็กกว่าที่ใช้ย้อยด้วยเอนไซม์ (ซึ่งสามารถใช้ทำให้เกิดแอลกอฮอล์ได้ดีกว่าน้ำตาลโมเลกุลใหญ่) แต่การใช้กรดจะต้องควบคุมปริมาณให้พอเหมาะ โดยปริมาณกรดที่เหลือจะต้องไม่ทำให้น้ำตาลเสียไป และจะต้องทำการปรับความเป็นกรดต่างให้เหมาะสม ในปฏิบัติการหมักที่จะดำเนินต่อไป ถ้าสารเริ่มต้นเป็นน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ เช่น น้ำตาลจากอ้อยสด กากน้ำตาล หรือผลไม้บางชนิด เอนไซม์ต่าง ๆ ที่ใช้ย่อยสลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ จนกลายเป็นเอทานอล ล้วนแล้วแต่ได้จากยีสต์ทั้งสิ้น

ธีรภัทร ศรีนรคุตร (2544 : 60 - 64) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของยีสต์ในกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ ได้แก่

1. ความเข้มข้นของสารเริ่มต้น

กรณีที่สารละลายมีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงกว่าร้อยละ 22 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรสารละลาย จะเกิดการรบกวนการเจริญเติบโตของยีสต์ การหมักจะเป็นไปอย่างเชื่องช้า และไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดการตกตะกอน กรดน้ำส้ม และสารอินทรีย์ต่าง ๆ ขึ้น โดยปกติกระบวนการหมักจะใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลไม่เกินร้อยละ 18 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรสารละลาย เพื่อให้การเจริญเติบโตของยีสต์เป็นไปโดยปกติ และใช้เอทานอลในปริมาณสูงเหมาะแก่การนำไปกลั่น คือประมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร ถ้าน้ำตาลเป็นแบบโมเลกุลเล็ก ๆ (Simple Molecule) เช่น กลูโคส ฟรุคโตสแล้ว อัตราเร็วของการหมักจะเกิดได้เร็วกว่าพวกที่มีโมเลกุลใหญ่ ๆ เช่น ซูโครส มอลโตส ทั้งนี้เพราะว่ายีสต์สามารถนำน้ำตาลโมเลกุลเล็กไปใช้ได้ทันที

2. ความเข้มข้นของผลผลิต (Concentration of Product)

ในกรณีที่ความเข้มข้นของเอทานอลสูงกว่าร้อยละ 15 โดยปริมาตรต่อปริมาตรปริมาณของเอทานอล ที่สูงนี้จะขัดขวางหรือหยุดยั้งการทำงานของยีสต์ (End Product Inhibition) การหมักจะหยุดชะงัก แม้จะยังคงมีน้ำตาลเหลืออยู่ในน้ำสำในปริมาณเท่าใดก็ตาม

3. คาร์บอนไดออกไซด์และความดัน

ในกระบวนการหมักถ้าไม่มีการระบายคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากระบบ ความดันในถังหมักจะสูงขึ้น ซึ่งถ้าสูงขึ้นจนถึง 7.5 บรรยากาศ จะทำให้อัตราเร็วของการหมักลดลง จนกระทั่งความดันสูงถึง 8.0 บรรยากาศ อัตราเร็วของการหมักจะช้ามากหรือเกือบจะไม่เกิดเลย

4. ออกซิเจน

ออกซิเจนจะถูกใช้ในการเจริญเติบโตและการแตกหน่อ (Budding) ในกระบวนการหายใจเพื่อทำให้เกิดพลังงานในการดำรงชีพ ซึ่งการเจริญเติบโตและการแบ่งตัวของยีสต์ในที่ที่มีออกซิเจน จะไม่ให้เอทานอลออกมา แต่จะมีเพียงคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเกิดขึ้น

5. กรดน้ำส้ม หรือกรดแอซีติก

กรดน้ำส้มมีผลทำให้การเจริญเติบโตของยีสต์ชะงัก ความเข้มข้นที่มีผลต่อการเจริญคือ ร้อยละ 0.1 - 0.5 ของกรดน้ำส้ม ถ้ามี Propionic Acid และ Butyric Acid เกิดขึ้นด้วยก็มีผลเช่นเดียวกันกับกรดน้ำส้ม กรดน้ำส้มเกิดจากแบคทีเรีย (Acetobacter) ซึ่งในบางครั้ง กรดน้ำส้มจะทำให้เซลล์ของยีสต์แตกได้

6. ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน

ความเป็นกรดจะกีดขวางการเจริญของพวกแบคทีเรียและราบางชนิด (ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดีระหว่าง pH 3 - 5) ซึ่งจะมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของยีสต์และอัตราเร็วของการหมักเพิ่มขึ้น

7. โลหะ

ในพวกธัญพืชต่าง ๆ (Cereal Grains) เช่น ข้าว จะมีพวกธาตุต่าง ๆ เช่น แคลเซียม ทองแดง เหล็ก แมกนีเซียม และแมงกานีส ซึ่งเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ และในกระบวนการหมัก เอทานอลจากกลูโคส ถ้าปริมาณของโลหะมากเกินไปจะกลายเป็น Inhibitor ทำให้การเจริญเติบโตของยีสต์ชะงัก พวกสารประกอบซัลเฟอร์จะทำให้เซลล์ของยีสต์แก่เร็ว ส่วนพวกเหล็ก อะลูมิเนียม ตะกั่ว สังกะสี ไม่ค่อยมีผลมากนักต่อปฏิกิริยาการหมัก แต่ถ้าพวก แคดเมียม ทองแดง ปรอท พาราดีม ออลเมียม และเงิน จะเป็นตัวหน่วงการเจริญของยีสต์อย่างแรง (Strong Retarding)

8. อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่ใช้ในการหมักจะอยู่ประมาณ 10 - 30 องศาเซลเซียส ซึ่งถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วงนี้ จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของยีสต์เพิ่มเป็นสองเท่า ถ้าอุณหภูมิสูงมาก ๆ จะทำให้เอนไซม์ในยีสต์เกิดการ Denature ความว่องไวของปฏิกิริยาลดลง และในระหว่างอุณหภูมิ 55 - 85 องศาเซลเซียสยีสต์อาจตายได้ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของยีสต์ที่นำมาใช้ในการหมัก เนื่องจากกระบวนการหมักเป็นกระบวนการคายความร้อน ดังนั้น ในระบบการหมักต้องมีระบบถ่ายเทความร้อน เพื่อควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักต่างกัน ปริมาณของผลพลอยได้ก็จะแตกต่างกันออกไป เช่น ที่อุณหภูมิต่ำจะเกิดพวก Volatile Ester, Acetaldehyde, Isoamyl มาก และ Active Amyl Alcohol ในปริมาณที่น้อย รวมทั้งสารอื่น ๆ ซึ่งมีปะปนเป็นปริมาณน้อยมาก สารเหล่านี้เกิดจากกระบวนการย่อยของเอนไซม์ที่ไม่สมบูรณ์หรือรุนแรงเกินไป

กระบวนการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย มีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้

นำวัตถุดิบที่มีน้ำตาล ได้แก่ อ้อย มาบีบหรือรีดเพื่อให้ได้ของเหลวที่มีน้ำตาลออกมา เมื่อได้น้ำตาลแล้วต้องเจือจางให้น้ำตาล 18 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ได้แอลกอฮอล์สูงสุด 9 - 10 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากถ้าหลัง

หมักแล้วได้แอลกอฮอล์สูงเกิน 12 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ยีสต์ตาย หลังจากนั้น เติมน้ำแล้วก็ต้ม ตั้งไว้ให้เย็น ความคุมอุณหภูมิไว้ที่ 70 - 90 องศาฟาเรนไฮต์ แล้วใส่ยีสต์ลงไปเพื่อให้เกิดการหมัก แล้วเติม Nitrogen source เพื่อช่วยในการเจริญเติบโตของยีสต์ (ปุ๋ยมีไนโตรเจนใช้ได้ทุกชนิด ยกเว้นยูเรีย ขณะนี้ใช้แอมโมเนียมซัลเฟต) ยีสต์จะใช้น้ำตาลเป็นอาหารแล้วผลิตเอทิลแอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ตามทฤษฎีจะได้เอทิลแอลกอฮอล์ 51.1 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 48.9 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก แต่ในทางปฏิบัติจะได้แอลกอฮอล์ประมาณ 48 เปอร์เซ็นต์ และมีสารอื่น ๆ ปะปนออกมาด้วย นอกจากนี้ ยังใช้น้ำตาล 1 เปอร์เซ็นต์ ในการสร้างเซลล์ยีสต์

สารประกอบอื่น ๆ ที่ปะปนมากับการเกิดแอลกอฮอล์ ได้แก่ กลีเซอรอล 2.5 - 3.0 เปอร์เซ็นต์, กรดแอซิดริก 0.05 - 0.56 เปอร์เซ็นต์, อะเซตาลดีไฮด์ 0.01 - 0.04 เปอร์เซ็นต์, 2,3-Butanediol 0.06 - 0.10 เปอร์เซ็นต์, กรดซัลลินิก 0.02 - 0.05 เปอร์เซ็นต์, แอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลสูง 0.01 - 0.04 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณของสารประกอบเหล่านี้จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของยีสต์ และการควบคุมสภาวะแวดล้อมของการหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุณหภูมิในขั้นตอนการหมักจะใช้เวลาประมาณ 7 วัน จะได้น้ำหนักแอลกอฮอล์ ประมาณ 9 - 10 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้น นำไปผ่านกระบวนการกลั่นเพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ (องอาจ ผ่องลักษณ์ และสมัย ใจอินทร์. 2543 : 18 - 22)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการหมักแอลกอฮอล์โดยนำน้ำอ้อยมาทำการเจือจางให้ได้ความหวานประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ ปรับ pH ของน้ำอ้อยให้อยู่ในระหว่าง 3.8 - 4.5 หลังจากนั้นนำไปต้มตั้งไว้ให้เย็นควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 21 - 32 องศาเซลเซียส แล้วใส่ยีสต์ลงไปให้เกิดการหมัก เติมน้ำแอมโมเนียมซัลเฟตเพื่อเป็นอาหารของยีสต์ หมักไว้ประมาณ 7 วัน ก็จะได้แอลกอฮอล์ออกมา หลังจากนั้น จึงนำไปผ่านกระบวนการกลั่นต่อไป

1.2 กระบวนการกลั่นแอลกอฮอล์

สุภาพ บุญยะรัตเวช (2540 : 36) ได้กล่าวถึงกระบวนการกลั่นไว้ว่า กระบวนการกลั่นคือ การใช้ความร้อนให้สารที่มีจุดเดือดต่ำกว่าระเหยกลายเป็นไอออกไปก่อน แล้วควบแน่น (ผ่านในคอนเดนเซอร์ที่มีความเย็น) กลายเป็นของเหลวออกจากส่วนผสม ในการกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์จะใช้วิธีการกลั่นลำดับส่วนเป็นส่วนใหญ่

กำเนิด สุภณวงษ์ (2534 : 242 - 243) ได้กล่าวถึงกระบวนการกลั่นดังนี้ กระบวนการกลั่นแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. ดิสทิลเลชัน (Distillation) หมายถึง การแยกส่วนที่ระเหยได้ของของเหลวในถังหมักออกจากของแข็งที่ไม่ละลาย เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลในของเหลวที่ได้จากการกลั่นเป็น 30 - 96 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

2. เรกติฟิเคชัน (Rectification) หมายถึง การแยกเอทานอลจากส่วนอื่น ๆ ที่ระเหยได้เอทานอลมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำและในสภาวะที่เป็นไอจะมีความเข้มข้นของเอทานอลมากกว่าในส่วนที่อยู่ในสภาวะที่เป็นของเหลว เช่น สารละลายที่มีเอทานอล 10 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) จะสมดุลกับสภาวะไอน้ำที่มีเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) นั่นคือ สารละลายที่ผ่านการกลั่นแล้วจะมีความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้นอย่างมาก

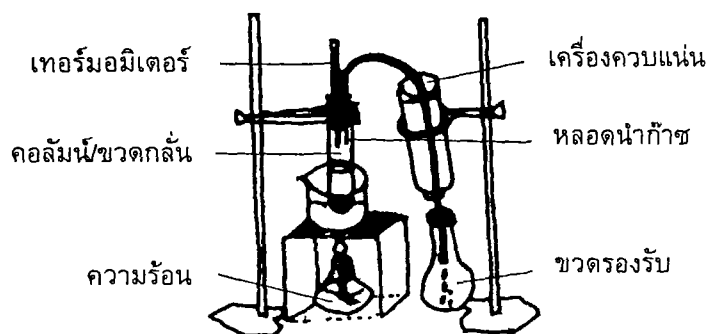
น้ำและเอทานอลจะเกิดอะโซโทรป (Azeotrope) หมายถึง ส่วนผสมของสารที่สามารถระเหยได้ ซึ่งที่ความเข้มข้นคือ เอทานอล 96 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) และมีจุดเดือด 78.2 องศาเซลเซียส นั่นคือ เมื่อทำการกลั่นจะได้เอทานอลที่มีความเข้มข้นมากที่สุดคือ 96 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

การกลั่นเป็นกระบวนการที่แยกแอลกอฮอล์จากน้ำหมัก ซึ่งปกติแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักสาจะ เป็นเอทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 9 - 10 เปอร์เซ็นต์ การกลั่นแยกแอลกอฮอล์จากสาทำได้โดยอาศัยความร้อนจากไอน้ำ เพื่อแยกเอาแอลกอฮอล์ซึ่งมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำให้ระเหยกลายเป็นไอ แล้วจึงนำไอแอลกอฮอล์ที่ได้ส่งเข้าเครื่องควบแน่นทำให้ไอเป็นของเหลว การกลั่นจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมเนื่องจากจุดเดือดของแอลกอฮอล์จะอยู่ที่ 78.4 องศาเซลเซียส ขณะที่จุดเดือดของน้ำเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถแยกเอทานอลออกมาได้ง่าย

หรรษา ปุณณะพยัคฆ์ (2539 : 65) กล่าวว่า การกลั่นอาจทำได้แบบพื้นบ้านง่าย ๆ โดยใช้เตาเผาต้มถึงน้ำหมักปิดฝาต่อท่อลงไปที่ส่วนควบแน่น (Condenser) แอลกอฮอล์ที่ได้จะมีน้ำปนมาก ทำให้ไม่เหมาะที่จะใช้จริง ๆ ในอุตสาหกรรม การกลั่นที่ใช้กันในอุตสาหกรรมจะอาศัยเครื่องกลั่นประกอบด้วยตัวถังสูงในแนวตั้ง 2 ตัว ถังที่ 1 เรียกสตริปเปอร์ คอลัมน์ (Stripper Column) ถังที่ 2 เป็นถังเสริมเรียกเรกติฟายอิง คอลัมน์ (Rectifying Column) น้ำหมักจะถูกส่งเข้ามายังถังหลัก ให้ความร้อนจากไอน้ำทำให้เอทานอลระเหยเป็นไอลอยขึ้นไปบนส่วนบน ขณะที่น้ำธรรมดาและสิ่งปะปนอื่น ๆ จะตกลงส่วนล่าง ไอระเหยที่มีเอทานอลประมาณ 50 - 70 เปอร์เซ็นต์ จากการกลั่นครั้งที่ 1 จะถูกส่งตามท่อไปยังถังที่ 2 ซึ่งจะมีความร้อนแยกเอทานอลให้ลอยขึ้นสูงไปส่วนบนของถังอีกครั้ง แล้วส่งออกไปตามท่อเข้าไปยังส่วนคอนเดนเซอร์

การให้ความร้อนแก่น้ำสาด้วยไอน้ำทำให้แอลกอฮอล์ในน้ำสาระเหยกลายเป็นไอ แต่ก็จะมีน้ำระเหยปนขึ้นมาพร้อมกับไอแอลกอฮอล์ด้วย ซึ่งความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในไอจะเข้มข้นกว่าในของเหลว การที่จะกลั่นให้ได้แอลกอฮอล์เปอร์เซ็นต์สูง ๆ นั้น ต้องทำให้แอลกอฮอล์ระเหยและควบแน่นหลาย ๆ ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งความเข้มข้นของแอลกอฮอล์จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ภายในหอกลั่น จึงทำเป็นหลายชั้น แต่ละชั้นเหมือนกับการทำให้ระเหยและควบแน่น 1 ครั้ง การกลั่นโดยใช้หอกลั่นจึงทำให้แอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูงได้ โดยกลั่นเพียงครั้งเดียว แต่ก็ไม่สามารถกลั่นให้ได้ความเข้มข้นถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เพราะเมื่อกลั่นจนแอลกอฮอล์ประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของไอแอลกอฮอล์ที่ระเหยออกมาจากของเหลว จะเท่ากับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในของเหลว จึงทำให้ไม่สามารถกลั่นแยกแอลกอฮอล์ให้ได้ความเข้มข้นถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ได้ ดังนั้น ถ้าต้องการกลั่นให้เอทานอล มีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นจะต้องมีการกลั่นเพิ่มเติม หรือใส่สารเคมีบางชนิด เช่น เบนซีน เติมระหว่าง การกลั่นจะช่วยให้น้ำแยกตัวออกจากเอทานอลได้สมบูรณ์ขึ้น

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการกลั่นแอลกอฮอล์โดยใช้หลักการของการกลั่นลำดับส่วนเช่นเดียวกับการกลั่นในระดับอุตสาหกรรมและห้องปฏิบัติการ แต่แตกต่างกันตรงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการกลั่น โดยผู้วิจัยได้ทำการดัดแปลงเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการให้ง่ายขึ้นและสะดวก แต่ยังคงหลักการของการกลั่นลำดับส่วน ซึ่งเครื่องมือกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้นปรากฏดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 การกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย

จากเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผู้วิจัยได้ออกแบบโดยใช้หลอดทดลองขนาดใหญ่เป็นคอลัมน์ซึ่งในขณะเดียวกันก็เป็นขวดกลั่นไปในตัว ผู้วิจัยนำหลอดทดลองดังกล่าวใส่น้ำหมักแล้วกลั่นน้ำหมักด้วยไอน้ำในบีกเกอร์ (Water Bath) ผู้วิจัยดำเนินการทดลองพบว่า เมื่อให้ความร้อนกับเครื่องกลั่น จนถึงอุณหภูมิประมาณ 76-78 องศาเซลเซียส น้ำหมักเริ่มเดือดแล้วระเหยกลายเป็นไอไปตามหลอดนำก๊าซ เมื่อปะทะกับความเย็นของเครื่องควบแน่น (ขวดพลาสติกใส่น้ำแข็งหรือน้ำเย็น) ก็จะกลั่นตัวเป็นของเหลว น้ำหมักจะเดือดจนกระทั่งอุณหภูมิคงที่ประมาณ 85-86 องศาเซลเซียส การกลั่นตัวเริ่มลดลง ในเวลาประมาณ 45 นาที ถ้าใช้หลอดทดลองขนาดใหญ่เป็นคอลัมน์ แล้วใส่น้ำหมักประมาณ 40 มิลลิลิตร จะสามารถกลั่นแอลกอฮอล์ได้ประมาณ 7-10 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ที่บริสุทธิ์สามารถติดไฟได้ดี ไม่มีสารตกค้างเหลืออยู่ และนำไปต้มน้ำได้

1.3 สมบัติของแอลกอฮอล์

คำว่าแอลกอฮอล์ (Alcohol) มาจากภาษาอาหรับว่า Kuhl หรือ Kohl หรือ Kohol ซึ่งความหมายดั้งเดิม หมายถึง แป้ง หรือผงที่ละเอียดที่สุด มนุษย์รู้จักแอลกอฮอล์มาตั้งแต่โบราณกาลในฐานะเป็นเครื่องดื่มที่ทำให้มึนเมา และเป็นยารักษาโรคที่เก่าแก่ที่สุดในโลก (กมลรัตน์ โตสกุล, 2524 : 1 - 2) แอลกอฮอล์เกิดจากการหมัก และกลั่นของวัตถุดิบมากมายหลายชนิด และเมื่อกลายเป็นแอลกอฮอล์ก็แบ่งออกเป็นหลายประเภท ตามแต่ลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาผลิต ซึ่งกลุ่มแอลกอฮอล์เชื้อเพลิงที่รู้จักกันทั่วไปมี 3 ชนิด ได้แก่ เมทิลแอลกอฮอล์ หรือเมทานอล (CH_3OH) เอทิลแอลกอฮอล์หรือเอทานอล ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) และไอโซโพรพานอล ($\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$) ในกลุ่มนี้ เอทานอลนับเป็นแอลกอฮอล์ที่สำคัญและมีสมบัติเหมาะสมในการเป็นเชื้อเพลิงมากกว่าตัวอื่น เนื่องจากมีความเป็นพิษน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับเมทานอลซึ่งมีความเป็นพิษสูงต่อคน

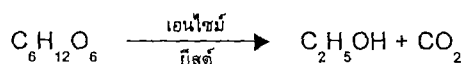
หรรษา ปุณณะพยัคฆ์ (2539 : 62 - 71) กล่าวถึงสมบัติของแอลกอฮอล์แต่ละประเภดังนี้ เมทิลแอลกอฮอล์ หรือเมทานอล เป็นแอลกอฮอล์ที่ได้จากน้ำมันก๊าด เศษไม้ การกลั่นของไม้ ก๊าซธรรมชาติ และทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์กับน้ำ ให้พลังงาน 65,600 BTU/gal และให้ค่าออกเทน 112 ไอโซโพรพานอล ถึงจะมีสมบัติเป็นเชื้อเพลิง แต่ปกติแล้วมักใช้ในลักษณะที่เป็นแอลกอฮอล์ที่ใช้เช็ดถู (Rubbing Alcohol) เช่น ใช้ทาถูตามผิวหนังเวลามีแผลขีดข่วน แผลงัดต่อย หรือถูกมีดบาดเล็กน้อย โดย ทิ้งไว้แล้วไอโซโพรพานอลผลิตมาจากโพรพิลีน (Propylene) ซึ่งได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี บางทีก็มีการใช้ไอโซโพรพานอลกับเครื่องยนต์ โดยใช้เป็นสารเติมไปในถังน้ำมัน ช่วยดูดความชื้นหรือน้ำที่อาจมีอยู่ในท่อจ่ายน้ำมัน ทำให้

มีการเพิ่มพลังของเครื่องยนต์ได้ ส่วนเอทิลแอลกอฮอล์ หรือเอทานอล เป็นแอลกอฮอล์ที่ได้จากกระบวนการหมักพืช ทุกส่วนของพืช สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้ทั้งสิ้น ได้แก่แอลกอฮอล์ ไวน์ สุรา บรันดี วอดก้า สาเก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหมัก จึงมีชื่อเรียกผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน

แอลกอฮอล์ทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ทั้งสิ้นแต่ในอนาคตแล้ว เมทานอลจะใช้น้อยลง เนื่องจากเกิดปัญหากับสภาพแวดล้อม ส่วนเอทานอลนั้นไม่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมแต่อย่างใด จึงนิยมนำมาทำเป็นพลังงานเชื้อเพลิง โดยผสมกับน้ำมันเบนซินเพื่อผลิตเป็นแก๊สโซฮอล์ ซึ่งเอทานอลมีสมบัติดังนี้

เอทานอล เป็นสารอินทรีย์ เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ระเหยง่าย จุดไฟติด ละลายในน้ำ และในสารอินทรีย์อื่น ๆ ได้ดี มีจุดเดือด 78.4 องศาเซลเซียส ค่าความร้อนสุทธิ 6,400 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ค่าความร้อนในการเผาไหม้ 84,000 BTU/gal ให้ค่าออกเทน 106 สามารถทำการตรวจสอบสมบัติของแอลกอฮอล์ได้โดยนำมาละลายในน้ำ เพราะเอทานอล สามารถละลายในน้ำได้ดี ทดสอบความไวไฟ เพราะติดไฟได้ง่าย และมีเขม่าเพียงเล็กน้อย และเมื่อทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียม จะแสดงสมบัติของกรด และเมื่อทำปฏิกิริยากับกรด จะแสดงสมบัติของเบส (สุภาพ บุญยรัตเวช. 2540 : 107 - 109)

ในกระบวนการผลิตเอทิลแอลกอฮอล์หรือเอทานอลนั้น ได้นำทุก ๆ ส่วนของพืชมาทำการผลิตซึ่งมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ในส่วนของการเปลี่ยนเส้นใยเป็นแป้งและน้ำตาล จะอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์จำพวกยีสต์ ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ในระยะ 24 - 48 ชั่วโมง แอลกอฮอล์จะมีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ดังสมการ



โดยสรุป มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดังนี้

พืช → ย่อยสลายเส้นใย → แป้ง → น้ำตาล → หมัก → กลั่น → เอทานอล

กลุ่มพืชที่นำมาใช้ในการผลิตเอทานอล แบ่งได้ดังนี้

1. กลุ่มพืชที่นำมาทำน้ำตาล ได้แก่ อ้อย บีทรูท
2. กลุ่มพืชที่นำมาทำแป้ง ได้แก่ พืชหัว เช่น มันเทศ มันสำปะหลัง มันฝรั่ง เป็นต้น
3. กลุ่มธัญพืช ได้แก่ พืชตระกูลหญ้าเป็นหลัก เช่น ข้าว ข้าวสาลี ข้าวบาเลย์ ข้าวฟ่าง เป็นต้น
4. กลุ่มพืชต่าง ๆ ได้แก่ พืชจำพวกที่ไม่เป็นประโยชน์และไม่ต้องการของเกษตรกร เช่น วัชพืชในสวน ไร่ นา หรือน้ำ เป็นต้น
5. กลุ่มพืชยืนต้น ได้แก่ ไม้ยืนต้นต่าง ๆ ส่วนมากจะนำส่วนที่ไม่ใช่ประโยชน์มาใช้ในการผลิต เช่น เศษไม้ ขี้เลื่อย เป็นต้น (องอาจ ผ่องแผ้ว. 2543 : 19)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการผลิตแอลกอฮอล์โดยใช้กลุ่มพืชที่นำมาทำน้ำตาล ได้แก่ อ้อย เป็นวัตถุดิบในการผลิต และทำการทดสอบสมบัติของแอลกอฮอล์ที่ได้ โดยทำการทดสอบในเรื่องของการติดไฟโดยเอา

เปลวไฟจากธูปตะแกลกอฮอร์เพื่อสังเกตความสามารถในการติดไฟ หลังจากนั้น ทดสอบสมบัติในเรื่องของการใช้ความร้อนในการต้มน้ำ และทำการสังเกตเขม่า กลิ่น ควันดูไปด้วย แล้วบันทึกผลต่าง ๆ ลงในแบบรายงานผลการทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.4 ประโยชน์ของแอลกอฮอร์

ชลธาร วิศรุตวงศ์ (2543 : 39 - 41) และองอาจ ผ่องลักษณ์ (2543 : 20 - 22) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแอลกอฮอร์ สรุปได้ดังนี้

1. แอลกอฮอร์ที่ใช้รับประทานโดยตรง จะใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมการผลิตสุราต่าง ๆ อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการรับประทาน
2. แอลกอฮอร์ที่ไม่ใช้รับประทานโดยตรง จะใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสี น้ำส้ม พลาสติกที่ย่อยสลายได้ สารผสมในน้ำมันเครื่องยนต์ เป็นต้น
3. แอลกอฮอร์ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงจะเป็นแอลกอฮอร์ 99.6% ซึ่งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ 3 รูปแบบ
 - 3.1 ใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงทดแทนน้ำมันเบนซินและดีเซล
 - 3.2 ใช้ผสมกับน้ำมันเบนซินได้แก๊สโซฮอล์ หรือผสมกับน้ำมันดีเซลได้ดีโซฮอล์
 - 3.3 ใช้เป็นสารเคมีเพิ่มออกเทนเกี่ยวกับเครื่องยนต์ ได้แก่ ETBE (Ethyl Tertiary Butyl Ether)

ซึ่งการนำแอลกอฮอร์มาใช้เป็นเชื้อเพลิง ก่อให้เกิดประโยชน์ต่าง ๆ ดังคือ เป็นการช่วยสร้างอุปสงค์สำหรับสินค้าเกษตรต่าง ๆ เพิ่มขึ้น เพราะการผลิตแอลกอฮอร์เป็นการผลิตที่ต้องใช้สินค้าเกษตร เช่น อ้อย ข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลัง เป็นต้น มาแปรรูปแล้วนำมาผสมกับน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง เพื่อช่วยแก้ปัญหาราคาสินค้าเกษตรที่ตกต่ำจากการผลิตล้นตลาด เพิ่มแหล่งเชื้อเพลิงและพลังงานภายในประเทศ ทำให้สามารถลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ปีหนึ่ง ๆ ประเทศไทยต้องนำเข้าน้ำมันปีละประมาณ 2 แสนล้านบาท ยิ่งในปัจจุบัน ราคาน้ำมันดิบและน้ำมันสำเร็จรูปในตลาดโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก ช่วยลดปัญหาน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาแพงได้ในระดับหนึ่ง และสามารถช่วยสร้างเสถียรภาพทางพลังงานของประเทศให้ดีขึ้นด้วย ช่วยลดมลพิษในอากาศและน้ำ หรือลดสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษ เพราะในปัจจุบันการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจะก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ฝุ่นละออง และควันดำ ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน จากปรากฏการณ์เรือนกระจกอันเป็นผลสืบเนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่การใช้แอลกอฮอร์จะช่วยลดมลพิษเหล่านี้ เพราะแอลกอฮอร์เป็นเชื้อเพลิงที่สะอาด เป็นพลังงานชีวภาพ (Bio-Energy) ซึ่งผลิตได้จากพืชต่าง ๆ พืชที่ ผลิตแอลกอฮอร์ 1 ตัน สามารถผลิตแอลกอฮอร์ได้ดังต่อไปนี้ (ธีรภัทร ศรีนครุต. 2544 : 57 - 59) ปากน้ำตาล 250 ลิตร อ้อย 70 ลิตร หัวผักกาดหวาน 120 ลิตร มันสำปะหลัง 155 ลิตร มันเทศ 125 ลิตร ข้าวฟ่าง 70 ลิตร ข้าวฟ่างหวาน 55 ลิตร ธัญพืช (ข้าว ข้าวโพด) 375 ลิตร น้ำมะพร้าว 83 ลิตร

2. แก๊สโซฮอล์

ศิริพร วิหคโต (2544 : 22 - 23) และแสง บุญญาสุวัฒน์ (2544 : 8 - 9) ได้กล่าวถึงแก๊สโซฮอล์สรุปได้ดังนี้ แก๊สโซฮอล์ เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำแอลกอฮอล์ 99.5 เปอร์เซ็นต์ มาผสมกับน้ำมันเบนซิน 91 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 9 หรือร้อยละ 10 ก็จะได้เป็นแก๊สโซฮอล์ ซึ่งมีค่าออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 ในปัจจุบันนี้ สามารถนำแก๊สโซฮอล์มาใช้กับรถยนต์ทั่วไปโดยไม่ต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ใหม่ ซึ่งมีประโยชน์ในการช่วยประหยัดปริมาณการใช้น้ำมันเบนซิน การผสมแอลกอฮอล์ลงในน้ำมันเบนซินในข้างต้นเป็นในลักษณะของสารเติมแต่งปรับปรุงค่าออกซิเจนเนต (Oxygenates) และออกเทนของน้ำมันเบนซิน ซึ่งสามารถใช้ทดแทนสารเติมแต่งชนิดอื่นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ Methyl-Tertiary-Butyl-Ether (MTBE)

ข้อดีของแก๊สโซฮอล์

การใช้แก๊สโซฮอล์แทนน้ำมันเบนซินนั้น นอกจากจะช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรโดยการลดปริมาณ การใช้น้ำมันดิบแล้ว ยังช่วยลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง ทำให้ช่วยลดมลภาวะที่เป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกด้วย จากการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาหมักกับยีสต์ ได้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์

ข้อควรคำนึงเกี่ยวกับการผลิตแก๊สโซฮอล์

นอกจากข้อมูลในด้านที่มีประโยชน์ของการใช้แอลกอฮอล์ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วนี้ ในทางตรงกันข้าม ก็มีข้อควรคำนึงถึงที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ แอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรนั้นยังมีน้ำผสมอยู่ จึงต้องนำมากลั่นจนได้เป็นแอลกอฮอล์บริสุทธิ์

ประเทศไทยกับการผลิตแก๊สโซฮอล์

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพมาก จึงมีพืชผลตลอดจนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกมากมายหลายชนิดที่สามารถนำมาผลิตแอลกอฮอล์ได้ เช่น อ้อย ข้าวโพด และมันสำปะหลัง เป็นต้น แต่ก็นับว่ายังมีปริมาณน้อย ซึ่งถ้าได้มีการศึกษาและวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพ และศักยภาพในการผลิตอย่างจริงจัง รวมทั้งการศึกษาถึงความเป็นไปได้ ตลอดจนปัญหาที่ อาจเกิดขึ้นอย่างรอบคอบ มิใช่ทำไปตามกระแสความนิยมเท่านั้น และควรได้รับการสนับสนุนและส่งเสริมอย่างจริงจังจากรัฐบาลในเรื่องของการใช้ประโยชน์ในการใช้แอลกอฮอล์เพื่อทดแทนน้ำมัน เพื่อให้คนไทยได้มีส่วนร่วมกันในการช่วยให้ประเทศสามารถรอดพ้นจากวิกฤตที่กำลังเผชิญอยู่ ทั้งนี้เพื่ออนาคตและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นของคนไทยทุกคน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการผลิตแก๊สโซฮอล์โดยนำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนด้วยเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายมาผสมกับน้ำมันเบนซิน 91 ในอัตราส่วน 10 : 90, 20 : 80 และ 30 : 70 หลังจากนั้น ทำการทดสอบสมบัติของแก๊สโซฮอล์ที่ได้ในเครื่องยนต์ของเครื่องตัดหญ้า เพื่อดูสมรรถนะของการทำงาน ได้แก่ การติดของเครื่องยนต์ การเดินเครื่องของเครื่องยนต์ภายในเวลา 10 นาที และทำการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยผ่านน้ำปูนใส ไฮโดรคาร์บอนและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากศูนย์ตรวจสภาพรถเอกชน (ตรอ.) ตามลำดับ

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแอลกอฮอล์ และแก๊สโซฮอล์

งานวิจัยในประเทศ

นงนุช ชวพันธ์ (2529 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการผลิตแอลกอฮอล์โดยใช้ *Zymomonas mobilis* พบว่า *Z. mobilis* CM 141 สามารถผลิตเอทานอลได้ดีเช่นเดียวกับ *Z. mobilis* IFO 13756 จึงนำมาทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเอทานอลปรากฏว่า การผลิตเอทานอลจากน้ำตาลซูโครสจะเกิดมากที่สุดเมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสเริ่มต้นเป็น 10% (W/V) โดยผลิตเอทานอลได้ 14.6% (V/V) อุณหภูมิที่ทำให้ผลิตเอทานอลได้เร็วที่สุดคือ 37 องศาเซลเซียส และ pH ที่ทำให้ผลิตเอทานอลได้มากที่สุดคือ pH 8 ผลิตได้ 15.6% (V/V) ส่วนการผลิตเอทานอลจากน้ำตาลกลูโคสจะเกิดมากที่สุดเมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้นเป็น 5% (W/V) โดยจะผลิตได้ 15% (V/V)

จุไรลักษณ์ อัฒนันท์ (2530 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการผลิตเอทานอลจากน้ำอ้อยโดยเชื้อ *Zymomonas mobilis* พบว่า สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเอทานอลจากน้ำอ้อยโดยเชื้อ *Zymomonas mobilis* IFO 13756 และ *Zymomonas mobilis* CM 141 คือ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส pH ตั้งต้น 7 และ 8 ประสิทธิภาพของการผลิตเอทานอลอยู่ระหว่าง 95 - 98% ของค่าทางทฤษฎีในการหมักที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส pH ตั้งต้น 7

ชูศรี สุขุมลไพบูลย์ (2530 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลโดยเชื้อ *Zymomonas mobilis* พบว่า จากการศึกษเปรียบเทียบสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเอทานอล ซึ่งหมักโดยเชื้อ *Zymomonas mobilis* IFO 13756 และ CM 141 โดยหมักใน black strap molasses และ high-test molasses ทั้งที่เติมและไม่เติมอาหารเสริมพบว่า การหมักใน black strap molasse จะเกิดเอทานอลได้สูงที่สุดเมื่อไม่เติมอาหารเสริม โดย *Zymomonas mobilis* IFO 13756 จะผลิตเอทานอลได้ 11.6% (V/V) ที่ pH 7 - 8 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสใช้เวลาหมัก 288 ชั่วโมง ส่วน *Zymomonas mobilis* CM 141 จะผลิตเอทานอลได้สูงสุด 11.5% (V/V) pH 8 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเช่นเดียวกัน ส่วนการหมักใน high-test molasses จะเกิดได้สูงที่สุดเมื่อมีการเติมอาหารเสริม โดยทั้ง *Zymomonas mobilis* IFO 13756 และ CM 141 จะผลิตเอทานอลได้สูงสุดเมื่อใช้น้ำตาลเริ่มต้น 5% (W/V) pH 8 หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ผลิตเอทานอลได้ 13.4% (V/V) แต่ *Zymomonas mobilis* IFO 13756 ใช้เวลาหมัก 156 ชั่วโมง ส่วน *Zymomonas mobilis* CM 141 ใช้เวลาหมัก 132 ชั่วโมง

ดาระณี ทับทิมหิน (2533 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการผลิตแอลกอฮอล์จากแป้งดิบพบว่า ในการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งดิบ 5 ชนิด คือ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวฟ่าง ความเข้มข้น 20% (W/V) โดยใช้โคจิเอนไซม์ของเชื้อ *A. kavachi* และ *Rhizopus sp.* พบว่า โคจิเอนไซม์ของเชื้อ *A. kavachi* ร่วมกับเชื้อยีสต์ สามารถหมักแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวฟ่าง ได้แอลกอฮอล์ 5.98, 6.38, 6.44, 5.18 และ 8.07% (W/V) ตามลำดับ ส่วนโคจิเอนไซม์ *Rhizopus sp.* ร่วมกับเชื้อยีสต์ สามารถหมักได้แอลกอฮอล์สูงสุด 2.44, 5.62, 4.62, 4.94 และ 7.20% (W/V) ตามลำดับ แต่เมื่อหมักในถังหมักขนาด 14 ลิตร โดยใช้ระบบการกวนที่ 150 รอบต่อนาที พบว่า

151372
1-2

การหมักโดยใช้โคจิเอนไซม์ของ *Rhizopus sp.* สามารถหมักแอลกอฮอล์ได้น้อยกว่าการหมักโดยใช้โคจิเอนไซม์ *A. kavachi*

ฉมาลีสา ยวอมรพิทักษ์ และอภิรักษ์ เพียรมงคล (2537 : 20 - 25) ได้ทำการผลิตแอลกอฮอล์จากมันแกว พบว่า ยีสต์ *Z.mobilis* ให้ผลผลิตเอทานอลสูงกว่า และมีอัตราการผลิตเร็วกว่ากิจกรรมของยีสต์ *S.cerevisiae* โดยมีผลิตภณัฑ์ยีสต์เป็น 0.318 และ 0.236 ตามลำดับ ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้จากมันแกว สูงสุด 37 กรัมต่อลิตร

พันธุ์ณรงค์ จันทรแสงศรี (2539 : 15 - 22) ได้ทำการผลิตแอลกอฮอล์จากกากน้ำตาล โดย *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5017 ตรึงรูป ผลการทดลองปรากฏว่า การตรึงรูปเซลล์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5017 ในเจลแคลเซียมอัลจินเตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร โดยใช้เซลล์อายุ 20 ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณเซลล์สูงสุด ภาวะที่เหมาะสมในการตรึงรูปเซลล์จุลินทรีย์คือ โซเดียมอัลจินเตเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก และแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ภายใต้ภาวะดังกล่าว ปริมาณเซลล์อิสระ หลุดออกมาสู่สารละลายภายนอกของ YM น้อยที่สุด เซลล์จุลินทรีย์ตรึงรูป มีแอกติวิตีสูงสุดที่ pH 5.5 และ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จึงใช้เป็นภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเซลล์ตรึงรูป ปริมาณซูโครสที่ใช้ ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณแอลกอฮอล์ที่เซลล์จุลินทรีย์ตรึงรูปผลิตได้ เมื่อเปรียบเทียบการผลิตแอลกอฮอล์จากกากน้ำตาลระหว่างเซลล์อิสระกับเซลล์ตรึงรูป เซลล์ตรึงรูปผลิตแอลกอฮอล์ได้ร้อยละ 6.98 โดยปริมาตร ซึ่งสูงกว่าเซลล์อิสระภายใต้ ช่วงเวลาการหมัก 7 วัน

สมนึก จุญจิจิตเสถียร (2544 : 5 - 8) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ผลการทดสอบน้ำมันแก๊สโซฮอล์กับรถจักรยานยนต์ด้านมลพิษและการประหยัดเชื้อเพลิง ผลการวิจัยพบว่า การใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์กับรถจักรยานยนต์สี่จังหวะ จะประหยัดเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นร้อยละ 6 ส่วนรถจักรยานยนต์สองจังหวะไม่แตกต่างกัน การทดสอบคาร์บอนมอนอกไซด์พบว่า ในรถจักรยานยนต์สองจังหวะที่ใช้แก๊สโซฮอล์และน้ำมันเบนซินมีค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ เท่ากับ 2.25 เปอร์เซ็นต์และ 2.65 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในรถจักรยานยนต์สี่จังหวะที่ใช้แก๊สโซฮอล์และน้ำมันเบนซินมีค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ เท่ากับ 3.58 เปอร์เซ็นต์และ 6.13 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนการทดสอบไฮโดรคาร์บอน ในรถจักรยานยนต์สองจังหวะที่ใช้แก๊สโซฮอล์และน้ำมันเบนซินมีค่าไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 846 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และ 9,714 ส่วนในล้านส่วน (ppm)ตามลำดับ และ ในรถจักรยานยนต์สี่จังหวะที่ใช้แก๊สโซฮอล์และน้ำมันเบนซินมีค่าไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 552 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และ 489 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ตามลำดับ

งานวิจัยต่างประเทศ

สเวนส์บาย (Svensby, 1981) ได้ศึกษาการผลิตแอลกอฮอล์จากมันเทศบด โดยบ่มด้วยเอนไซม์ผสมนาน 1 - 2 ชั่วโมง ที่ 40 - 45 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงหมักต่อยีสต์ที่ 32 องศาเซลเซียส พบว่าเกิดแอลกอฮอล์ดี

ฟูจิโอ (Fujio, 1984) ได้ศึกษาการผลิตแอลกอฮอล์จากแป้งมันสำปะหลังดิบ และมันสำปะหลังอัดเม็ด การหมักทำการหมักด้วยโคจิของ *Rhizopus* ที่อุณหภูมิ 35°C pH 4.5 - 5 มีแป้ง เริ่มต้น 30 กรัม โคจิ

Rhizopus 10 กรัม และน้ำประปา 100 มิลลิลิตร ได้แอลกอฮอล์ 12.1 กรัม จากการกลั่น น้ำหมักสุดท้าย คิดเป็นอัตราการเปลี่ยนเป็น 85.5 % แต่ถ้ามีแป้งเริ่มต้นเป็น 40 กรัม จะได้แอลกอฮอล์จากการกลั่นน้ำหมักเพียง 14.1 กรัม คิดเป็นอัตราการเปลี่ยนเป็น 74.5 %

เบจไพย์ (Bajpai. 1985) ศึกษาการผลิตแอลกอฮอล์จาก *Zymomonas mobilis* ที่ถูกตรึงในอัลจิเนต ด้วยน้ำตาลกลูโคสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันในขวดเขย่าพบว่า *Zymomonas mobilis* สามารถหมักน้ำตาลกลูโคสที่มีความเข้มข้นสูงถึง 27% ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยให้ความเข้มข้นของเอทานอลสูงถึง 12.6%

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแอลกอฮอล์ทั้งในประเทศและต่างประเทศพบว่า งานวิจัยที่ทำการผลิตแอลกอฮอล์จากพืชผลทางการเกษตรเพื่อผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงนั้นมีมากมาย แต่ยังไม่มียานวิจัยใดที่นำความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ที่ใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงเหล่านี้มาเผยแพร่ให้นักเรียนได้ศึกษาและเรียนรู้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำวิธีการผลิตแอลกอฮอล์ในการใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงนี้มาปรับรูปแบบให้เหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งนอกจากจะเป็นการเสริมความรู้ให้กับนักเรียนแล้วยังส่งผลต่อการพัฒนาทักษะพื้นฐานที่จำเป็นให้แก่นักเรียน เช่น ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดแก้ปัญหาและทักษะการคิดขั้นสูง เป็นต้น

4. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2525 ไม่ได้ให้ความหมายของคำว่า “บทปฏิบัติการ” ไว้โดยตรง แต่ได้ให้ความหมายของคำว่า “บท” และ “ปฏิบัติการ” ไว้ดังนี้

“บท” ตามความหมายในพจนานุกรมไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2525 (2538 : 459) หมายถึง ข้อความเรื่องหนึ่ง หรือตอนหนึ่ง ส่วนคำว่า “ปฏิบัติการ” ตามความหมายในพจนานุกรมไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2525 (2531 : 494) หมายถึง ข้อเท็จจริงตามทฤษฎี หรือฝึกงานเพื่อให้เกิดความชำนาญ เป็นต้น

จากการศึกษาเอกสารมีนักการศึกษาให้ความหมายที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการของวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

การสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการสอนที่ใช้ประสบการณ์ตรง โดยให้นักเรียนได้ลงมือกระทำการทดลองต่าง ๆ ด้วยตนเองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีเสรีภาพทางความคิด นักเรียนกระทำกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้การแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด โดยทำการทดลองปฏิบัติ ฝึกการใช้ทฤษฎีโดยผ่านการสังเกต ทดลอง ภายใต้สภาพที่ควบคุม (กาญจนา เกียรติประวัติ. 2524 : 140; สุวิมล เขียวแก้ว. 2527 : 83; บุญชม ศรีสะอาด. 2528 : 278; วีระชาติ สวนไพรินทร์. 2531 : 39)

ส่วนแอนเดอร์สัน (Anderson. 1979 : 59 - 60) ลุนตเตตา และคณะ (Lunetta, et.al. 1981: 22 - 25) และเปเรส (Perez. 1982 : 20 - 21) ได้กล่าวถึงบทบาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พอสรุปได้ว่า การปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นการปฏิบัติการทดลองที่เปิดโอกาสให้มีการเรียนรู้ถึงวิธีการคิดอย่างมีหลักเกณฑ์ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมพัฒนาการทางสติปัญญาและเข้าใจถึงเค้าโครง ทักษะในรูปแบบต่าง ๆ และประสบการณ์เกี่ยวกับกระบวนการสืบสวนหาความรู้ของวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

จากแนวคิดของนักการศึกษาไทย และนักการศึกษาต่างประเทศ ผู้วิจัยสามารถสรุปความหมายของบทบาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้ บทบาทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง รูปแบบการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์รูปแบบหนึ่ง ที่เน้นกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง โดยให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ มีจุดประสงค์เพื่อมุ่งให้นักเรียนได้มีอิสระทางความคิด มีความสามารถในการแก้ปัญหา ผักผ่อนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยมีครูคอยให้คำแนะนำปรึกษา

4.2 จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

แอนเดอร์สัน (Anderson. 1976 : 60 - 79) ฮอฟสไตน์ และลุนตเตตา (Hofstein and Lunetta. 1982 : 203) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในกิจกรรมของมนุษย์ มีความคิดแบบวิทยาศาสตร์ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน
2. เพื่อปลูกฝังทักษะการสืบสอบ พัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำไปใช้กับปัญหาอื่น ๆ ได้
3. เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้สึกซาบซึ้ง ปลูกฝังให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ มีความพึงพอใจ มีความอยากรู้อยากเห็นในทางวิทยาศาสตร์ และเลียนแบบบทบาทของนักวิทยาศาสตร์
4. เพื่อช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการทั้งทางด้านความรู้สึกซาบซึ้งซึ่งต่อความมีระเบียบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และทางด้านความเข้าใจในธรรมชาติของทฤษฎีและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
5. เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ และความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียน
6. เพื่อพัฒนาความสามารถทางปฏิบัติของผู้เรียน

4.3 ความสำคัญของการสอนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

บุญชม ศรีสะอาด (2528 : 278 - 279) และไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2536 : 95 - 96) ได้สรุปความสำคัญของการสอนแบบปฏิบัติการเป็น 2 ส่วนคือ

1. ความสำคัญในแง่ของการศึกษา การสอนแบบฝึกปฏิบัติทำให้เป็นการศึกษาที่สมบูรณ์ผสมผสานกันทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ เป็นการสอนที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริงหรือสื่อและลงมือทำด้วยตนเอง เป็นเทคนิควิธีที่เป็นรากฐานของการแก้ปัญหา ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ การสรุปที่ครอบคลุมไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

2. ความสำคัญในแง่ของผู้สอน การสอนแบบฝึกปฏิบัติช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้ดี บรรลุวัตถุประสงค์ ในด้านการนำไปใช้ ทำให้ผู้สอนมีโอกาสเห็นผลการสอนของตนทันทีว่าผู้เรียนปฏิบัติได้จริงหรือไม่ ผู้เรียนจึง มีโอกาสปรับปรุงได้ทันที และผู้สอนมีอิสระที่จะให้ความช่วยเหลือแก่ผู้เรียนที่ต้องการความช่วยเหลือ สามารถ จะให้ผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้

ส่วนแอนเดอร์สัน (Anderson. 1976 : 59 - 60) ลูเน็ตตา และคนอื่น ๆ (Lunetta and others. 1981 : 22 - 25) กล่าวว่า การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการเปิดโอกาสให้มีการเรียนรู้ถึงวิธีการคิดอย่างมีกฎเกณฑ์ มีส่วนให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมพัฒนาการทางสติปัญญา เกิดมโนทัศน์ ทางวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะช่วยให้เกิดความรู้สึกรับรู้ซึ่งตอบหาของ นักวิทยาศาสตร์ และช่วยให้เข้าใจขอบข่ายของวิชาวิทยาศาสตร์ดีขึ้น

ดังนั้น จึงเห็นได้ว่า การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์นั้น เป็นกิจกรรมของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ถ้าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไม่มีการปฏิบัติการแล้ว การเรียนการสอนนั้นก็จะเป็นการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ที่ไม่สมบูรณ์ เพราะการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนได้เพิ่มพูนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการทดลองปฏิบัติการ และพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย

4.4 ขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สุวิมล เขียวแก้ว (2527 : 85 - 86) ได้เสนอขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

ขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสำเร็จรูป มีรูปแบบดังนี้

1. ครูตั้งปัญหาให้
2. ครูเสนอแนะวิธีการรวบรวมข้อมูล หรือใช้วิธีการตามที่ระบุไว้ในแบบเรียน
3. นักเรียนลงมือปฏิบัติการ เพื่อรวบรวมข้อมูลตามวิธีที่ได้รับการเสนอแนะ
4. นักเรียนจัดทำตารางแสดงข้อมูล เขียนกราฟตามที่ระบุไว้ในบทปฏิบัติการ
5. นักเรียนตอบคำถามของครูโดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง
6. นักเรียนและครูช่วยกันรวบรวมคำตอบเพื่อสรุปเป็นความคิดรวบยอดหรือเนื้อหาของสิ่งที่ศึกษา

ขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบไม่กำหนดแนวทาง มีรูปแบบดังนี้

1. ครูตั้งปัญหาให้หรืออาจจะให้นักเรียนเลือกปัญหาที่อยากจะศึกษาซึ่งเป็นปัญหาที่นักเรียน ไม่อาจคาดหมายผลการศึกษาล่วงหน้า

2. นักเรียนช่วยกันนิยามปัญหาอย่างชัดเจน

3. นักเรียนเสนอวิธีการทดลองโดยอาจจะใช้เวลาระยะหนึ่งในการค้นคว้าเพื่อวางแผนการทดลอง ซึ่งอาจจะกำหนดวิธีการค้นคว้าที่เป็นไปได้ประมาณ 2 - 3 วิธี

4. นักเรียนทำการทดลองโดยสามารถปรับระยะเวลาได้

5. นักเรียนสังเกตและสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งผลการทดลองอาจจะมีคำตอบที่ถูกต้องได้มากกว่าหนึ่งคำตอบ

6. การทดลองอาจก่อให้เกิดปัญหาในการแสวงหาคำตอบนอกชั้นเรียนต่อไป

7. นักเรียนปรึกษาเกี่ยวกับผลการทดลองกับเพื่อน ๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดความภาคภูมิใจในผลงานของเขา

8. ครูอาจตั้งคำถามในตอนท้ายเพื่อให้นักเรียนสรุปหลักเกณฑ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้ และใช้หลักเกณฑ์เหล่านี้ทำนายผลการทดลองที่เกี่ยวข้อง

นอกจากนี้ รมมี (Romey, 1968 : 125) ได้แบ่งกิจกรรมการสอนแบบทดลองออกเป็น 3 ชั้น ดังนี้

1. ชั้นอภิปรายก่อนการทดลอง (Pre - Lab Discussion) ในชั้นนี้จะมีการตั้งปัญหาตามนักเรียนเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง ทำการสาธิตเพื่อสร้างความสนใจ และให้ความสัมพันธ์บางอย่าง

2. ชั้นทำการทดลอง (Lab - Activity) ในชั้นนี้เป็นการให้นักเรียนลงมือทำการทดลองตามแนวที่ได้อภิปรายไว้ในชั้นก่อน บทบาทของครูจะอยู่ในฐานะผู้อำนวยการวิจัยมากกว่าที่จะเป็นผู้ทำการทดลองเป็นกองหนุนดูแลช่วยเหลือและให้กำลังใจ อภิปรายร่วมกับนักเรียนว่าผู้มีบทบาทสำคัญนั้นคือนักเรียน

3. ชั้นอภิปรายหลังการทดลอง (Post - Lab Discussion) หลังจากนักเรียนได้ทำการทดลองแล้วให้นักเรียนเสนอผลการทดลองในช่วงนี้ สิ่งที่อยู่ในมือครูคือผลการทดลองที่ถูกต้องจากหนังสือ จากการทดลองมืออาชีพ จากการทดลองที่ใช้เครื่องมืออย่างดีหรือจากครู ข้อมูลและผลการทดลองชุดนี้มีไว้เพื่อเปรียบเทียบกับของนักเรียนว่า การทดลองของนักเรียนเป็นอย่างไร นอกจากนี้ ครูอาจจะให้ความรู้ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

4.5 ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สุภาพ วาดเขียน (2523 : 10) สุเทพ อุตสาหะ (2526 : 68) บุญชม ศรีสะอาด (2528 : 278 - 279) และภพ เลหาไฟบุลย์ (2534 : 141) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการทำปฏิบัติการ และการสอนแบบปฏิบัติการ หรือการสอนแบบทดลองไว้ดังนี้

1. นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ และค้นพบความรู้ด้วยตนเอง

2. ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้กฎเกณฑ์และข้อเท็จจริงที่อยู่รอบ ๆ ตัวได้อย่างลึกซึ้งและ รวดเร็ว โดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรง

3. เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เนื่องจากนักเรียนจะเป็นผู้ออกแบบการทดลอง ทำการทดลองโดยได้สืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์เหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปผล และวัดผลการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง

4. ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นานกว่าการเรียนรู้จากสัญลักษณ์

5. ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

6. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีทักษะมากขึ้น
7. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยการทดลอง สามารถจัดให้กับผู้เรียนได้เป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่มย่อยได้
8. ผู้สอนมีอิสระที่จะให้ความช่วยเหลือและการสอนแก่ผู้เรียนที่ต้องการความช่วยเหลือ
9. ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การสรุปครอบคลุม (Generalization) และการใช้การสรุปครอบคลุมในสถานการณ์ใหม่

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง มีประโยชน์คือ นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และสนใจใฝ่หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบไม่กำหนดแนวทางคือ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาสร้างเป็นบทปฏิบัติการให้นักเรียนศึกษา โดยครูเป็นผู้ตั้งปัญหาให้นักเรียนช่วยกันเสนอวิธีการ ทดลองทำการทดลอง โดยสามารถปรับระยะเวลาได้ สังเกตและสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง ครูตั้งคำถามในตอนท้ายเพื่อให้ นักเรียนสรุปหลักเกณฑ์จากข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้

5. ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

5.1 ความหมายของทักษะภาคปฏิบัติ

ความสามารถด้านทักษะปฏิบัติ นับว่ามีความสำคัญต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นทักษะพื้นฐานที่สามารถนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้ต่อไปได้เป็นอย่างดี จึงจำเป็นต้องพัฒนาความสามารถด้านทักษะปฏิบัติให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน เพราะจะเป็นส่วนสำคัญในการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ ได้มีการศึกษาให้ความหมายของทักษะภาคปฏิบัติไว้มากมาย ซึ่งสรุปได้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2523 : 1) สุวัฒน์ นิยมคำ (2531 : 299 - 300) ได้ให้ความหมายของทักษะภาคปฏิบัติไว้ว่า ทักษะภาคปฏิบัติ หมายถึง ความชำนาญในการใช้เครื่องมือทดลอง การหยิบจับอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง มีเทคนิคในการทดลอง ทำการทดลองด้วยความคล่องแคล่ว มีความละเอียดรอบคอบ ความสามารถด้านนี้ คือความสามารถทางกายนั่นเอง เช่น ทักษะในการเขียน ทักษะในการติดตั้งเครื่องมือ ทักษะในการใช้เครื่องมือ และทักษะในการทำการทดลอง และที่สำคัญต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่นด้วย

ส่วนบุญยืน จิราพงษ์ (2530 : 53) วิวัฒน์ รอดเกิด (2533 : 36) และวัฒนาพร ระจับทุกษ์ (2542 : 55) ได้กล่าวถึงความสามารถในทางปฏิบัติว่า เป็นสมรรถภาพที่มุ่งเน้นไปที่การกระทำ การปฏิบัติงาน หรือภารกิจหน้าที่ด้วยการใช้สติปัญญา ความรอบรู้ ความเฉลียวฉลาด ความสุขุมรอบคอบ ตามขีดความสามารถ

และศักยภาพแต่ละบุคคลที่มีอยู่ได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนาญ และสำเร็จลุล่วงได้ดีในช่วงเวลาอันสั้น โดยได้แสดงออกให้เห็นปรากฏชัดในรูปของการวางแผน การดำเนินการ การบังคับควบคุมให้เป็นไปตามที่ต้องการ การจัดการ การบริหารงาน ในรูปของผลงานและผลผลิต ซึ่งความสามารถของผู้เรียนทั้งหมดต้องอยู่ภายใต้สถานการณ์และเงื่อนไขที่สอดคล้องกับสภาพจริงมากที่สุด

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ทักษะภาคปฏิบัติ หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่แสดงออกได้ โดยตรงจากการทำงาน ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการวางแผน การดำเนินการ การตัดสินใจ หรือการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนาญ สำเร็จลุล่วงด้วยดีในระยะเวลาอันสั้น

5.2 การจำแนกทักษะภาคปฏิบัติ

เดอ เซคโค และครอฟฟอร์ด (De Cecco and Crawford. 1974 : 248 - 249) กล่าวว่า การปฏิบัติจริงเป็นทักษะนั้น จำแนกได้ 3 แบบ คือ

1. แบบการเคลื่อนไหวที่ต่อเนื่องกันไป เช่น การเคลื่อนไหวของแขน ขา คอ นิ้วมือ
2. แบบการเคลื่อนไหว ที่ต้องประสานสัมพันธ์กันระหว่างอวัยวะ เช่น การเคลื่อนไหวของตา แขน มือ เท้า ในการเล่นกีฬา
3. แบบการเคลื่อนไหวที่เป็นระบบ เช่น การขับรถ (มีรูปแบบแน่นอน) ผู้มีทักษะขั้นนี้ จะกระทำกับส่วนต่าง ๆ อย่างคล่องแคล่วอย่างอัตโนมัติ

ถ้าจะมองทักษะปฏิบัติในแง่ของการทำงานแบบประสานสัมพันธ์ระหว่างกล้ามเนื้อและอวัยวะส่วนอื่น ๆ แล้ว จะแบ่งทักษะการปฏิบัติออกเป็น 5 ระดับ (สวัณก์ นิยมคำ. 2531 : 219 - 320; อ้างอิงจาก Imgenlamp. 1969 : 208 - 201) ดังนี้

1. ทักษะระดับการเลียนแบบ เมื่อนักเรียนได้สังเกตการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งแล้ว นักเรียนก็กระทำเลียนแบบได้ แต่ยังขาดการประสานสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่าง ๆ ยังไม่ได้สมบูรณ์
2. ทักษะระดับการปฏิบัติตามแบบได้ เมื่อมีการฝึกฝนมาถึงระดับนี้ นักเรียนสามารถทำตามขั้นตอนต่าง ๆ ได้ตามแบบ มีการประสานสัมพันธ์ระหว่างอวัยวะต่าง ๆ สามารถกำหนดท่าในการกระทำได้อย่างคงที่
3. ทักษะระดับการกระทำได้อย่างถูกต้องและแน่นอน เมื่อพัฒนาถึงระดับนี้แล้ว นักเรียนจะกระทำได้อย่างถูกต้องและมีความประณีต ไม่ต้องอาศัยแบบหรือตัวอย่างอีกต่อไป กระทำได้อย่างมั่นใจ
4. ทักษะระดับการกระทำได้อย่างชำนาญ ในระดับนี้นักเรียนจะกระทำได้อย่างคล่องแคล่ว นิ่มนวล มีศิลปะในการเล่น
5. ทักษะระดับการกระทำได้อย่างธรรมชาติ เป็นทักษะระดับสูงสุดที่กระทำอย่างใดอย่างหนึ่งโดยอาศัยกล้ามเนื้อต่าง ๆ ประสานสัมพันธ์ได้อย่างอัตโนมัติจนเป็นธรรมชาติ

5.3 การเรียนรู้ทักษะปฏิบัติ

พิทท์ (สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์, 2531 : 18; อ้างอิงจาก Fitts. n.d.) กล่าวว่า การพัฒนาทักษะ การกระทำที่ชำนาญ จะเกิดขึ้นภายใต้ขั้นตอนของการพัฒนาทักษะ 3 ขั้นตอน คือ

1. **ขั้นความรู้** เป็นขั้นที่จะบอกถึงทักษะและความรู้ทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ครูผู้สอนจะเป็นผู้ให้ข้อมูลแก่นักเรียน เช่น จะต้องทำอะไร กระบวนการทำงานอย่างไร ต้องระมัดระวังอะไรบ้าง ระดับมาตรฐานที่ต้องการเป็นอย่างไร ฯลฯ

2. **ขั้นปฏิบัติการ** เป็นขั้นปฏิบัติ เพื่อให้ได้พฤติกรรมในรูปแบบที่ต้องการ ครูผู้สอนควรจัดให้ นักเรียนในด้านต่าง ๆ ดังนี้ เช่น การสาธิตทักษะที่จะฝึกเปิดโอกาสให้นักเรียนเลียนแบบทักษะ ฝึกหัดทักษะด้วยสถานการณ์จริง หรือสถานการณ์จำลองให้ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับผลของทักษะ ให้คำแนะนำช่วยเหลือ ตามความจำเป็น

3. **ขั้นชำนาญถึงขั้นอัตโนมัติ** เป็นขั้นที่ปฏิบัติทักษะได้รวดเร็วถูกต้อง ในขั้นนี้เราเรียกว่า ขั้นผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งต้องใช้การปฏิบัติมากในขั้นนี้ ครูผู้สอนควรจัดให้นักเรียนได้กระทำในด้านต่าง ๆ เช่น การฝึกทักษะจนถึงระดับเกินพอ เรียนรู้วิธีการเอาชนะความเครียด และการสอนแทรกสิ่งต่าง ๆ เพิ่มพูนความรวดเร็ว ความถูกต้อง บรรลุประสิทธิภาพในระดับมาตรฐานที่ต้องการ

จะเห็นได้ว่า ในการเรียนรู้ทักษะปฏิบัติ นั้น จะต้องอาศัยทั้งความรู้ทางทฤษฎี และการฝึกฝน เป็นหลัก ซึ่งก็คือการให้นักเรียนลงมือฝึกหัดด้วยตนเอง การฝึกหัดจะเกิดผลดี เมื่อนักเรียนได้เห็นวิธีการปฏิบัติในการฝึกทักษะแต่ละชนิดที่ถูกวิธี

5.4 ทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่ควรพัฒนาให้เกิดขึ้นกับนักเรียน

ซันด์ และ ไทรวีบริดจ์ (Sund and Trowbridge. 1976 : 93 - 95) ได้กล่าวถึงทักษะในการใช้เครื่องมือที่ควรพัฒนาให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียน ดังนี้

1. การรู้จักส่วนต่าง ๆ ของเครื่องมือ
2. การดูแลรักษาเครื่องมือให้อยู่ในสภาพที่ดี
3. การสาธิตแสดงส่วนต่าง ๆ ของเครื่องมือและการทำงาน
4. การนำเครื่องมือมาใช้ในการทดลองได้อย่างถูกต้อง
5. การซ่อมแซมเครื่องมือ
6. การสร้างเครื่องมืออย่างง่าย ๆ เพื่อการทดลองและการแสดง
7. การวัดโดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น เทอร์มอมิเตอร์ เครื่องจับปลา เป็นต้น

ส่วนสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2522 : 139 - 142) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2526 : 176 - 194) และวีระชาติ สวนไพรินทร์ (2531 : 95 - 101) ได้เน้นความสำคัญของการทดลองว่าเป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนพัฒนาทักษะภาคปฏิบัติ และได้กำหนดทักษะปฏิบัติไว้ทั้งสิ้น 35 ทักษะ ดังต่อไปนี้

ทักษะ 1 การใช้เทอร์มอมิเตอร์ หมายถึง การใช้และการอ่านเทอร์มอมิเตอร์อย่างถูกวิธี คือ กระเปาะเทอร์มอมิเตอร์ต้องสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการวัด ไม่สัมผัสกับด้านข้าง และกันภาชนะขณะอ่านสายตาดังต้องอยู่ในระดับเดียวกันกับของเหลวในเทอร์มอมิเตอร์ และเมื่อใช้เสร็จแล้วเก็บเข้าที่

ทักษะ 2 การใช้ตาชั่ง หมายถึง ความสามารถในการใช้ตาชั่งอย่างถูกวิธี คือ ปรับศูนย์ก่อนใช้และชั่งน้ำหนักค่อย ๆ เลื่อนลูกตุ้มน้ำหนักจนตาชั่งสมดุล และอ่านค่าน้ำหนักได้ถูกต้อง

ทักษะ 3 การใช้ตาชั่งสปริง ในการใช้ตาชั่งสปริงน้ำหนักต้องให้ให้ตาชั่งอยู่ในแนวตั้ง อ่านหน่วยน้ำหนักเป็นกรัมหรือนิวตัน ขณะอ่านตาชั่งต้องอยู่ในระดับเดียวกับปุ่มโลหะบอกค่าน้ำหนัก ถ้าต้องใช้ตาชั่งสปริงในแนวอื่น เพื่อเปรียบเทียบแรงดึงดูดรักษาทิศทางให้อยู่ในแนวเดียวกัน

ทักษะ 4 การใช้ตะเกียง หมายถึง ความสามารถในการใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์อย่างถูกวิธี คือ ก่อนการใช้ต้องตรวจสอบสภาพก่อนทุกครั้ง ไม่จุดตะเกียงก่อนที่จะเตรียมสารให้พร้อม ปรับให้สูงพอเหมาะ เตรียมกระป๋องทรายสำหรับทั้งก้านไม้ขีดไฟที่จุดแล้ว เมื่อเลิกใช้ต้องดับตะเกียงทันทีโดยใช้ฝาครอบไม้ขีดปากเป่า

ทักษะ 5 การใช้ช้อนตักสาร หมายถึง การตรวจสอบสารให้ปริมาณถูกต้อง คือ ตักสารแต่ละครั้งต้องปาดช้อนเพียงครั้งเดียว ไม่กดสารในช้อนก่อนปาด เมื่อตักแล้วทำความสะอาดช้อนและทำให้แห้งก่อนตักสารชนิดอื่น ไม่ตักสารขณะที่ยังร้อน

ทักษะ 6 การใช้ไม้หนีบ หมายถึง ความสามารถในการใช้ไม้หนีบได้ถูกวิธี คือ หนีบที่ระยะประมาณ 1/3 จากปากหลอดทดลอง เมื่อหนีบบีกเกอร์หรือถ้วยกระเบื้องต้องหนีบให้ลักษณะถือไม่ออกแรงกดไม้หนีบ ถ้าใช้กับขาตั้งเพื่อหนีบเทอร์มอมิเตอร์ต้องใช้เศษผ้า กระดาษชำระหุ้มเทอร์มอมิเตอร์ให้แน่นเสียก่อน

ทักษะ 7 การใช้หลอดฉีดยา หมายถึง การใช้หลอดฉีดยาอย่างถูกวิธี คือ จุ่มปลายหลอดทดลองในของเหลว กดก้านสูบให้ชิดกับกระบอกสูบเพื่อไล่ฟองอากาศ ดึงก้านสูบขึ้นเพื่อดูระดับของเหลวขึ้นมาอ่านปริมาตร โดยให้ตาอยู่ในระดับพอดีกับขีดบอกปริมาตร ถ้ามีฟองอากาศต้องกดก้านหลอดลงไปใหม่ ใช้เสร็จแล้วล้างให้สะอาด ทำให้แห้ง เมื่อใช้ดูระดับของเหลวชนิดอื่นต้องล้างให้สะอาดก่อนทุกครั้ง

ทักษะ 8 การใช้หลอดหยด หมายถึง ความสามารถในการใช้หลอดหยดได้ถูกวิธี คือ ดูดของเหลวให้มีปริมาณใกล้เคียงกับที่ต้องการใช้ ค่อย ๆ บีบจุกยางเพื่อใช้ของเหลวหยดที่ละหยดอย่างสม่ำเสมอ ล้างหลอดหยดให้สะอาดทันที สะบัดให้แห้ง ถ้าจะให้ดูดสารหลายชนิดต้องล้างให้สะอาดก่อนทุกครั้ง

ทักษะ 9 การใช้กระบอกตวง หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบอกตวงอย่างถูกวิธี โดยคำนึงถึงขนาดของกระบอกตวง และปริมาตรของของเหลวที่ต้องการวัด การอ่านปริมาตรสายตาดังต้องให้อยู่ ในระดับเดียวกับขีดปริมาตร และส่วนโค้งต่ำสุดของของเหลว เมื่อใช้เสร็จแล้วล้างให้สะอาดก่อนเก็บเข้าที่

ทักษะ 10 การใช้บีกเกอร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้บีกเกอร์วัดปริมาตรของของเหลว โดยคำนึงถึงขนาดของบีกเกอร์ และปริมาตรของของเหลวที่ต้องการวัด การอ่านปริมาตรสายตาดังต้องให้อยู่ในระดับเดียวกับขีดปริมาตร และส่วนโค้งต่ำสุดของของเหลว เมื่อใช้เสร็จแล้วล้างให้สะอาดก่อนเก็บเข้าที่

ทักษะ 11 การใช้กรดและเบส หมายถึง การใช้กรด - เบส ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย คือ รินกรดหรือเบสใส่ในภาชนะที่สะอาดและแห้ง ขณะรินหันภาชนะที่ใส่กรด - เบส ด้านที่มีป้ายฉลากขึ้นข้างบน ไม่รินน้ำลงในกรด ถ้ากรดหกควรร่างกายต้องรีบล้างด้วยน้ำมาก ๆ ทันที ถ้ากรดหกรดพื้นให้โปรยด้วยคัลเซียมคาร์บอเนต ถ้าเบสหกรดให้ล้างด้วยกรดอะซิติกเจือจาง แล้วล้างด้วยน้ำมาก ๆ อีกครั้งหนึ่ง

ทักษะ 12 การใช้กระดาษทดสอบกรด - เบส หมายถึง ความสามารถที่จะรู้จักใช้กระดาษอินดิเคเตอร์ชนิดต่าง ๆ คือ มีอ้อมที่หีบต้องสะอาดปราศจากกรดและเบส หีบที่ละแผ่นองที่ปากหลอดโดยไม่ให้สัมผัสกับหลอด ถ้าจะทดสอบของเหลวให้วางกระดาษอินดิเคเตอร์บนถ้วยกระเบื้อง ใช้แท่งแก้วจุ่มของเหลวมาแตะ

ทักษะ 13 การแยกสารและทำสารให้บริสุทธิ์มี 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 การกรองโดยใช้กระดาษกรอง หมายถึง ความสามารถในการใช้กระดาษกรองอย่างถูกวิธี โดยพับกระดาษกรองเป็นรูปกรวยให้เหลือกระดาษเป็น 1/4 ของวงกลม แล้วใส่ลงในกรวยกรอง ทำให้กระดาษกรองเปียก กดกระดาษกรองแนบกับกรวย ค่อย ๆ รินสารที่ต้องการกรองผ่านแท่งแก้วคน โดยปลายแท่งแก้วแตะกับกระดาษกรองที่หนา 3 ชั้น ก้านกรวยแตะภาชนะที่รองรับของเหลว และไม่ให้อันกรวยจุ่มในของเหลว

วิธีที่ 2 การกลั่น เป็นกระบวนการแยกสารละลาย หรือของผสมที่เป็นของเหลว โดยการทำให้สารนั้นกลายเป็นไอ แล้วกลั่นตัวกลับมาเป็นของเหลวอีกครั้ง ซึ่งการกลั่นมีหลายวิธี เช่น การกลั่นอย่างง่าย ทำได้โดยใช้ของเหลวลงในหลอดทดลองประมาณ 1/3 ของหลอด เพื่อมิให้ของเหลวล้นขึ้นไปในหลอดนำก๊าซ ถ้าเป็นขบวนการกลั่นหรือกั่นกลม ไม่ควรใส่สารเกินครึ่ง และปิดขวดกลั่นให้เรียบร้อย การกลั่นทุกครั้งต้องใส่ตะกั่วกระเบื้องเพื่อป้องกันมิให้ของเหลวในภาชนะเดือดรุนแรง นำภาชนะที่เหมาะสม เช่น บีกเกอร์ ขวดรูปกรวยมารองรับของเหลวที่ได้จากการกลั่น การให้ความร้อนแก่สารที่จะกลั่นควรค่อย ๆ ให้ความร้อน เพื่อป้องกันมิให้ของเหลวเดือดเร็วเกินไป

ทักษะ 14 การใช้แว่นขยาย เมื่อต้องใช้แว่นขยายตรวจดูรายละเอียดของวัตถุให้ถือแว่นขยายให้ชิดกับตาข้างหนึ่ง ระวังการขูดขีด ใช้แล้วเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

ทักษะ 15 การใช้กล้องจุลทรรศน์อย่างง่าย หมายถึง ความสามารถในการใช้กล้องจุลทรรศน์ได้อย่างถูกวิธี คือ วางแผ่นสไลด์บนแท่นให้วัตถุที่ต้องการอยู่ตรงกับช่องบนแท่นกดทับให้แน่นด้วยที่หนีบทั้งสองข้างปรับกระจกเงาให้แสงสะท้อนมาที่วัตถุบนสไลด์ หมุนปุ่มตามเข็มนาฬิกาเพื่อปรับเลนส์ตาลงไปจนต่ำสุดเกือบถึงกระจกสไลด์ มองผ่านเลนส์พร้อมทั้งค่อย ๆ หมุนปุ่มทวนเข็มนาฬิกา เพื่อปรับระยะเลนส์ที่ละน้อยจนมองเห็นวัตถุชัดเจนถ้ายังไม่เห็นภาพให้เลื่อนตำแหน่งสไลด์ปรับระยะใหม่อีกจนเห็นชัด

ทักษะ 16 การใช้กล้องโทรทรรศน์อย่างง่าย หมายถึง ความสามารถในการใช้กล้องโทรทรรศน์ได้อย่างถูกวิธี คือ เลื่อนเลนส์ทั้ง 2 อันออกจากกัน จับรางกล้องตรงระยะกึ่งกลางของราง ยกขึ้นให้เลนส์อยู่ในระดับตา เมื่อมองวัตถุที่อยู่ไกลให้มองผ่านเลนส์ที่มีความยาวโฟกัสสั้น แล้วเลื่อนเลนส์ที่มีความยาวโฟกัสยาวไปมาจนเห็นภาพชัด ระวังการขูดขีดเลนส์ ในการทำความสะอาดให้ใช้ผ้าสำลีเช็ดเลนส์

ทักษะ 17 การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า หมายถึง ความสามารถที่ตรวจความต่างศักย์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าให้

เหมาะสมกับความต่างศักย์ของวงจรไฟฟ้าก่อนที่จะต่อเข้าในวงจร เมื่อความต่างศักย์ของอุปกรณ์มีค่ามากกว่าไม่ต้องต่อ

ทักษะ 18 ทักษะการใช้หลอดไฟฟ้าพร้อมขั้ว หมายถึง ความสามารถที่จะใช้ปากหนีบจะเข้าหนีบปลายขั้วทั้งสองที่ยื่นออกมา ไม่หนีบเข้าไปจนชิดกับขั้วไฟฟ้า

ทักษะ 19 การใช้เบตเตอร์ หมายถึง ความสามารถเรียงเซลล์ลงในกล่องเป็นแบบอนุกรม ตรวจสอบขั้วไฟฟ้าแผ่นตัวนำและสปริง และสามารถเสียบแผ่นตัวนำเพื่อตัดตอนตามจำนวนเซลล์ให้มีความต่างศักย์ตามที่ต้องการ

ทักษะ 20 การสังเกต หมายถึง ความสามารถที่จะตรวจรายละเอียดของสิ่งที่ต้องการสังเกต โดยใช้ประสาทสัมผัสครบทุกอย่างได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว แล้วบันทึกทันที

ทักษะ 21 การวัดความยาว - สูง หมายถึง ความสามารถที่จะใช้อุปกรณ์วัดความยาว ความสูง ได้ถูกวิธี อ่านมาตราโดยติดตั้งฉากกับขีดบอกความยาว หรือความสูงนั้น

ทักษะ 22 การใช้และเก็บรักษาแม่เหล็กที่ใช้ทำไดนาโม หมายถึง การเก็บรักษาแม่เหล็กไม่ให้เสื่อมคุณภาพด้วยการให้ขั้วต่างชนิดกันประกบกันไว้

ทักษะ 23 การตัมสาร หมายถึง ความสามารถในการตัมสารในหลอดทดลองหรือในบีกเกอร์อย่างถูกวิธี คือ ก่อนตัมเช็ดก้นภาชนะให้แห้ง ถ้าตัมสารในหลอดทดลองที่อยู่กับที่ต้องใส่เศษหินหรือกระเบื้องก่อนตัม ถ้าจับด้วยไม้หนีบต้องส่ายหลอดไปมาช้า ๆ หันปากหลอดไปทางด้านที่ไม่มีคนอยู่ เมื่อตัมในบีกเกอร์ใช้แท่งแก้วคนอย่างสม่ำเสมอ

ทักษะ 24 การคนสาร หมายถึง การใช้แท่งแก้วคนสารให้เข้ากันโดยไม่ให้แท่งแก้วกระทบกันและด้านข้างของภาชนะใช้แล้วล้างให้สะอาด เช็ดให้แห้งแล้วเก็บเข้าที่ และไม่ใช้แท่งแก้วคนสารต่างชนิดกันโดยไม่ทำความสะอาดเสียก่อน

ทักษะ 25 การเขย่าหลอดทดลอง หมายถึง การเขย่าโดยใช้มือจับหลอดทดลองแล้วเขย่าให้ส่วนล่างของหลอดกระทบกับฝ่ามืออีกข้างหนึ่งเบา ๆ

ทักษะ 26 การรินสาร หมายถึง การรู้จักการรินของเหลวผ่านแท่งแก้วลงสู่ภาชนะโดยให้ปลายแท่งแก้วสัมผัสชิดกับภาชนะที่รองรับ

ทักษะ 27 การตมสาร หมายถึง ความสามารถที่จะสังเกตกลิ่นของสารอย่างถูกวิธี คือ ไม่สูดดมสารโดยตรง แต่ใช้มือถือภาชนะให้ปากภาชนะอยู่ในระดับต่ำกว่าและห่างจากจมูกเล็กน้อย แล้วใช้มืออีกข้างหนึ่งโบกกลิ่นไอของสารเข้าจมูกช้า ๆ

ทักษะ 28 การจับเวลา หมายถึง ความสามารถในการใช้นาฬิกาจับเวลาได้อย่างคล่องแคล่ว อ่านเวลาได้ถูกต้อง รวดเร็ว และให้สัญญาณระหว่างคนที่สังเกตปรากฏการณ์กับคนที่จับเวลา

ทักษะ 29 การทำเครื่องหมาย หมายถึง ความสามารถที่จะรู้จักทำเครื่องหมายบนหลอดทดลอง กล่องพลาสติก เมื่อใช้หลาย ๆ ชิ้นในเวลาเดียวกัน

ทักษะ 30 การต่อและการตรวจวงจรไฟฟ้า หมายถึง ความสามารถในการไล่ลำดับวงจร โดยเริ่มจากขั้วหนึ่งของแบตเตอรี่ไปยังอีกขั้วหนึ่งจนครบวงจร โดยไม่ต้องกลับและตรวจสอบดูขั้วไฟฟ้าทุกขั้วต้องเสียบกันอยู่แน่นสนิท

ทักษะ 31 การใช้ยาฆ่าเชื้อโรค หมายถึง ความสามารถที่จะใช้ยาฆ่าเชื้อโรคอย่างระมัดระวังไม่ให้ถูกผิวหนังหรือส่วนอื่น ๆ ของร่างกายโดยใช้ปากคีบจับสำลีสบยาฆ่าเชื้อโรคกดทับข้างขวดไม่ให้โยกเกินไป ปิดจุกขวดทันที ใช้สำลีเช็ดภาชนะที่ต้องการฆ่าเชื้อโรคเสร็จแล้วทิ้งสำลีในถังขยะ ไม่วางทิ้งไว้บนโต๊ะ ถ้ายาถูกส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายให้ล้างด้วยน้ำมาก ๆ ทันที

ทักษะ 32 การเสียบแท่งแก้วหรือเทอร์มอมิเตอร์เข้าไปในจุกยาง หมายถึง ความสามารถในการนำแท่งแก้วหรือเทอร์มอมิเตอร์เข้าไปในจุกยางได้โดยใช้น้ำมันหล่อลื่นที่จุกยาง แล้วใช้ผ้าจับจุกยางและปลายแท่งแก้วหรือเทอร์มอมิเตอร์ หมุนแท่งแก้วหรือเทอร์มอมิเตอร์เข้าไปในจุกยาง โดยค่อย ๆ หมุนแท่งแก้วหรือเทอร์มอมิเตอร์ไปทางซ้ายและขวาสลับกัน

ทักษะ 33 การให้ความร้อนแก่ของเหลว หมายถึง ความสามารถในการให้ความร้อนแก่ของเหลวโดยทำการอุ่นของเหลวที่ต้องการให้ความร้อนในภาชนะที่ใส่น้ำแล้วต้มให้เดือดด้วยไออ่อน ๆ หรือถ้าต้องการให้ความร้อนโดยตรง ไม่ควรใส่ของเหลวมากเกินไป มีการคนตลอดเวลาเพื่อป้องกันการเดือดกระเด็น สำหรับหลอดทดลองไม่ควรใส่ของเหลวเกินครึ่งหลอด และควรใช้เปลวไฟอ่อน ๆ โดยใช้ที่จับหลอดทดลองจับหลอดให้อยู่ในลักษณะเอียงประมาณ 45 องศา เขย่าเล็กน้อย และหันปากหลอดไปทางด้านที่ไม่มีคนหรือสิ่งของอื่น

ทักษะ 34 ทักษะการถ่ายเทสารเคมีที่เป็นของเหลว หมายถึง ความสามารถในการถ่ายเทสารเคมีอย่างถูกวิธี โดยเอียงขวดและหมุนให้ของเหลวเปียกรอบจุกขวด ค่อย ๆ หมุนจุกขวดไปรอบ ๆ จนแน่ใจว่าไม่ติดแน่นกับปากขวดแล้วเปิดฝาพร้อมที่จะเทสาร การเทสารที่เป็นของเหลวลงภาชนะให้ใช้แท่งแก้วแตะที่ปากขวดสาร แล้วเทของเหลวให้ไหลตามแท่งแก้วลงในภาชนะ เมื่อได้ปริมาตรที่ต้องการจึงค่อย ๆ เลื่อนปากขวดสารขึ้น

ทักษะ 35 การทำความสะอาดและเก็บรักษาเครื่องมือ หมายถึง ความสามารถที่จะทำความสะอาดอุปกรณ์ทุกชนิดเมื่อทำการทดลองเสร็จแล้วและเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

ประสพสันต์ อักษะมัต และประหยัด จันทรขมภู (2528 : 23 - 24) ได้เน้นถึงทักษะในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ควรเกิดขึ้นแก่นักเรียน ดังนี้

1. ให้นักเรียนมีทักษะในการหยิบ การใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง ชำนาญ และปลอดภัย
2. ให้นักเรียนมีทักษะในการทำความสะอาดและเก็บรักษา
3. ให้นักเรียนสามารถชั่ง ตวง วัด และการทำการทดลองต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

ยุพา ตันติเจริญ (2529 : คำแถลง) กล่าวว่า ในกิจกรรมการเรียนที่ให้ประสบการณ์แก่ผู้เรียน คือ งานภาคปฏิบัติ และการทดลองจะทำให้ผลดี นักเรียนจะต้องมีทักษะในการใช้เครื่องมือ

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า ทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ มีหลายทักษะที่ควรฝึกให้กับ

นักเรียน และในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์จากการทดลองในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น พบว่าบทปฏิบัติการของผู้วิจัยสามารถพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะในการใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ 21 ทักษะด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วยทักษะการใช้เทอร์มอมิเตอร์ ทักษะการใช้ตาชั่ง ทักษะการใช้ตะเกียง แอลกอฮอล์ ทักษะการใช้ช้อนตักสาร ทักษะการใช้ไม้หนีบ ทักษะการใช้หลอดหยด ทักษะการใช้กระบอกลอย ทักษะการใช้บีกเกอร์ ทักษะการใช้กรดและเบส ทักษะการใช้กระดาษทดสอบกรดและเบส ทักษะการแยกสาร และทำการให้ปริศนา ทักษะการต้มสาร ทักษะการรินสาร ทักษะการสังเกต ทักษะการต้มสาร ทักษะการจับเวลา ทักษะการทำเครื่องหมาย ทักษะการเสียบแท่งแก้วหรือเทอร์มอมิเตอร์เข้าไปในจุกยาง ทักษะการให้ความร้อนแก่ของเหลว ทักษะการถ่ายเทสารเคมีที่เป็นของเหลว ทักษะการทำความสะอาดและเก็บรักษาเครื่องมือ

5.5 การประเมินผลทักษะปฏิบัติ

การเรียนรู้ทักษะปฏิบัติมักแสดงออกมาในรูปแบบของการกระทำ ซึ่งบางครั้งไม่อาจใช้คำพูดเพื่ออธิบายสิ่งที่มีอยู่ในตัวนักเรียน ให้บุคคลอื่นฟังได้ชัดเจนเท่ากับการกระทำออกมาในรูปของการทำงานและผลงานที่ทำ ดังนั้น ในการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติ ได้มีนักการศึกษากล่าวไว้ดังนี้

บลูม (Bloom. 1956 : 6 - 8) เจฟฟรี (Jeffrey. 1967 : 3, 186 - 194) อีเกลน และเคมป้า (Eglen and Kimpa. 1974 : 7) ได้กำหนดพฤติกรรมต่าง ๆ ที่จะต้องประเมินในวิชาวิทยาศาสตร์ 5 พฤติกรรม ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจ
2. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
3. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้
4. ทศนคติและความสนใจ
5. ทักษะภาคปฏิบัติ

ซึ่งการประเมินในทักษะภาคปฏิบัติทำการประเมินย่อยได้ดังนี้

1. การระบุการใช้งานของเครื่องมือ (ความสามารถทางด้านคำศัพท์)
2. เทคนิคทางการทดลองการบันทึกผลการทดลอง และบอกข้อผิดพลาดของเทคนิคที่เกิดขึ้นได้ (ความสามารถทางด้านการสังเกต)
3. ขั้นตอนในการดำเนินการทดลองมีความแม่นยำในการตรวจสอบคุณสมบัติของสาร (ความสามารถทางด้านการสืบสวน)
4. บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง (ความสามารถทางด้านการรายงานผล)
5. มีทักษะในการใช้เครื่องมือ (ความสามารถทางด้านการใช้เครื่องมือ)
6. มีความเป็นระเบียบเรียบร้อยในการทำงาน (ความมีระเบียบในการปฏิบัติการทดลอง)

คณะกรรมการร่วมการสอบเข้ามหาวิทยาลัย (JMB. 1974 : 4) คณะกรรมการสอบของมหาวิทยาลัยลอนดอน (The University of London Examination Board. 1977 : 4) กานีล และฮอฟไตน์ (Ganiel and Hoftein. 1982 : 581 - 583) ลูเนตตา และคนอื่น ๆ (Lunetta and others. 1981 : 24 - 25) ได้เน้นถึงการปฏิบัติการ และได้แบ่งสัดส่วนของความสำคัญของงานปฏิบัติการทดลองไว้ 6 ประการ ดังนี้

1. ทักษะในการใช้เครื่องมือ การติดตั้งเครื่องมือและทักษะปฏิบัติการทดลอง
2. ประเมินผลด้วยการสังเกต โดยดูทักษะในการสังเกต การวัดและรายงานผล
3. เขียนรายงานการทดลอง ความถูกต้องในการรายงานผลการสังเกต การจัดลำดับและการดำเนินการ
4. สอบปฏิบัติการทดลอง โดยดูความสามารถในการออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง และการจัดกระทำข้อมูล
5. สรุปผล อภิปรายผล เจตคติและความสนใจทางวิทยาศาสตร์
6. ทดสอบข้อเขียน

กระทรวงศึกษาธิการ กรมวิชาการ (2535 : 49 - 52) ได้เสนอวิธีการประเมินผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ว่า ส่วนหนึ่งให้เก็บคะแนนจากด้านต่อไปนี้

1. การปฏิบัติการขณะเรียน หรือในขณะที่นักเรียนทำการทดลองว่า มีทักษะในการดำเนินการทดลองมากน้อยเพียงใด อาจจะได้มาจากการสอบถาม หรือการกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนทำการทดลอง นอกเหนือไปจากการทดลองในบทเรียน

2. พฤติกรรมการปฏิบัติของนักเรียน เช่น ความตั้งใจ การมาเรียนโดยสม่ำเสมอ การร่วมมือในกิจกรรม การเรียนในชั้นเรียนและในห้องปฏิบัติการ

การประเมินผลด้านการปฏิบัติ นั้น จะกระทำโดยใช้แบบทดสอบหรือข้อเขียนแต่เพียงอย่างเดียว เหมือนการประเมินผลด้านการรับรู้และความคิดไม่ได้ เพราะมีทักษะหลายอย่างที่ไม่สามารถทดสอบหรือวัดโดยวิธีเขียนตอบ เช่น ทักษะในการหยิบ และใช้เครื่องมือ ทักษะในการสังเกต จึงต้องประเมินผลโดยการสังเกตจากการกระทำจริง ๆ ด้วยการกำหนดเกณฑ์ต่าง ๆ ขึ้นเพื่อให้คะแนน

ทักษะที่สามารถใช้เกณฑ์ประเมินผลด้านการปฏิบัติ เป็นทักษะในการปฏิบัติ แบ่งได้ 2 พวก คือ

1. ทักษะภาคปฏิบัติ เป็นทักษะที่สามารถสังเกตได้ ในขณะที่นักเรียนกำลังปฏิบัติการทดลองโดยตรง ดังนี้

- 1.1 ทักษะในการปฏิบัติการ ได้แก่ การหยิบจับวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองและการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการทดลอง

- 1.2 ทักษะในการสังเกต ได้แก่ การสังเกต เพื่อค้นหารายละเอียด หรือเปรียบเทียบ และการสังเกตผลการทดลอง

- 1.3 ทักษะในการดำเนินการทดลอง ได้แก่ การปฏิบัติตามวิธีการที่กำหนดไว้ในแบบเรียนหรือคู่มือการทดลอง และการเตรียมการหรือการคิดค้นวิธีการใหม่

2. ทักษะในการสื่อความหมาย เป็นทักษะในการบันทึกผล และใช้ผลการทดลองที่รวบรวมสรุปไว้ในสมุดบันทึกหรือรายงานการทดลอง คือ

- 2.1 ทักษะในการบันทึกผล

2.2 ทักษะในการใช้ผลการทดลอง

ส่วนภาพ เลหาไฟบูลย์ (2542 : 343 - 347) วัฒนพร ะจับทุกซ์ (2542 : 55 - 58) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2543 : 295 -301) กล่าวว่า การประเมินภาคปฏิบัติสามารถประเมินได้ 3 ลักษณะ คือ

1. ประเมินกระบวนการ (Process)
2. ประเมินผลผลิต (Product)
3. ประเมินทั้งกระบวนการและผลผลิต (Process and Product)

โดยแต่ละลักษณะสามารถทำการวัดพฤติกรรมได้ 3 ประการ คือ

1. การสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการ ทำการสังเกตพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ดังนี้

- 1.1 ทักษะปฏิบัติการ
- 1.2 การสังเกตผลการทดลอง
- 1.3 การแก้ปัญหา

2. การตรวจจากรายงานผลการปฏิบัติการ

3. การสอบภาคปฏิบัติ

ซึ่งการประเมินอาจประเมินเป็นรายบุคคล เป็นกลุ่ม หรือประเมินตนเองและเพื่อนก็ได้

เครื่องมือในการวัดการประเมินมีดังนี้

1. มอบหมายงานให้ทำ
2. กำหนดชิ้นงานหรืออุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้นักเรียนวิเคราะห์ห้องค์ประกอบ และกระบวนการทำงาน
3. กำหนดตัวอย่างชิ้นงานให้ แล้วให้นักเรียนศึกษาชิ้นงานนั้น และสร้างชิ้นงานที่มีลักษณะการทำงานได้เหมือนหรือดีกว่าเดิม

4. สร้างสถานการณ์จำลองที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงของนักเรียน โดยกำหนดสถานการณ์ แล้วให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา

5. ทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน แต่จะลดการวัดด้านความรู้ความจำ โดยมุ่งเน้นประเมินด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการคิดขั้นสูง

เกณฑ์การประเมิน

เครื่องมือที่ใช้ประเมินภาคปฏิบัติของผู้เรียนเรียกว่า รูบริก (Rubric) หรือแนวทางในการให้คะแนน (Scoring Guideline or Scoring Rubrics) หมายถึง การสร้างเกณฑ์ขึ้นเพื่อพิจารณาลักษณะชิ้นงานหนึ่ง ๆ ได้แก่ เกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งจะต้องกำหนดมาตรฐานวัด และรายการคุณลักษณะที่บรรยายถึงความสามารถในการแสดงออกของผู้เรียนในแต่ละระดับ การกำหนดรายการประเมินดูจาก

1. จุดมุ่งหมาย (Purpose)
2. การจัดองค์ประกอบต่าง ๆ (Organization)
3. รายละเอียด (Details)
4. ท่วงทำนองของการเขียน (Voice Style)
5. หลักไวยากรณ์ ตัวสะกด (Mechanics)

คำอธิบายคุณภาพของรายการประเมินในแต่ละระดับคุณภาพอาจเขียนเป็นลำดับตั้งแต่ “ดีเลิศ” ไปจนถึง “ต้องปรับปรุง” หรืออาจใช้ตัวเลข เช่น ระดับ 4 3 2 1 0 เป็นต้น (ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช. 2544 : 72 - 73)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการประเมินภาคปฏิบัติทำการประเมินทั้งกระบวนการและผลผลิต โดยทำการสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการของนักเรียน การตรวจรายงานผลปฏิบัติการ และเมื่อเรียนจบทุกบทปฏิบัติการ มีการสอบภาคปฏิบัติ ซึ่งการประเมินผลทั้งหมดจะใช้เกณฑ์การประเมินแบบบูรณาการ

6. เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

6.1 ความหมายของเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เจตคติ (Attitude) ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2525 หมายถึง ทำที่ความรู้สึก แนวความคิดเห็นของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ได้มีนักการศึกษาและนักจิตวิทยาให้ความหมายไว้แตกต่างกัน ดังนี้

เชดคัทส์ โฆวาลินส์ (2525 : 134) คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอน วิทยาศาสตร์ (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525 : 53) และกมลรัตน์ หล้าสูงษ์ (2528) ให้นิยามว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึก ความพร้อมทางร่างกายและจิตใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ อันเป็นผลเนื่องมาจากการเรียนรู้ ประสบการณ์ และตัวกระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรมหรือแนวโน้มที่จะตอบสนองต่อสิ่งนั้น ๆ ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง อาจเป็นในทางสนับสนุน (เข้าหา) หรือคัดค้าน (หนีออกไป) ก็ได้ เช่น ชอบ ไม่ชอบ สนับสนุน หรือต่อต้าน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการอบรมให้รู้ระเบียบวิธีทางสังคม (Socialization) ซึ่งเจตคตินี้ จะแสดงออกหรือปรากฏให้เห็นได้ชัดในกรณีที่สิ่งเร้าเป็นสิ่งเร้าทางสังคม

ประภาเพ็ญ สุวรรณ (2526 : 1) ได้กล่าวถึงเจตคติว่า เป็นความคิดเห็น ความเชื่อ ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ เช่น บุคคล สิ่งของ การกระทำ สถานการณ์ และอื่น ๆ รวมทั้งทำที่ที่แสดงออกที่บ่งถึงสภาพจิตใจที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

สุรางค์ ไคว์ตระกูล (2536 : 246) ได้ให้ความหมายของเจตคติเป็นอักษณาสัย (Disposition) หรือความโน้มที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมสนองตอบต่อสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งเร้า ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งคน วัตถุ สิ่งของ หรือความคิด (Ideas) เจตคติอาจเป็นบวกหรือลบ ถ้าบุคคลมีเจตคติทางบวกต่อสิ่งใด ก็มักจะมีพฤติกรรมที่จะเผชิญกับสิ่งนั้น ถ้ามีเจตคติในทางลบก็จะหลีกเลี่ยง เจตคติเป็นสิ่งที่เรียนรู้และเป็นการแสดงออกของค่านิยม แสดงความเชื่อของบุคคล

ส่วนพวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2540 : 106) และณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 115) กล่าวว่า เจตคติหมายถึง

ถึง ความรู้สึกของบุคคลต่าง ๆ อันเป็นผลเนื่องมาจากการเรียนรู้ ประสบการณ์ โดยมีธรรมชาติเป็น “อารมณ์” และโน้มเอียงไปในเชิง “ศิลปะ”

ดังนั้น เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง สภาพความรู้สึกของบุคคลที่มุ่งมั่นมีความกระตือรือร้น ในการที่จะเกิดการเรียนรู้ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยประสบการณ์และความพร้อมที่จะแสดงพฤติกรรม ตอบสนองต่อสิ่งต่าง ๆ ในทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์และมีศิลปะ

6.2 การวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีลักษณะการวัดผลเช่นเดียวกับการวัดผลเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 118 - 127) ได้ให้แนวการวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อ...ไว้ดังนี้ การวัดผลเจตคติต่อ...เป็นการวัดพฤติกรรมที่แสดงออกตามความเป็นจริง (Typical Performance) มิใช่เป็นการวัดความสามารถสูงสุดที่มีอยู่ (Maximum Performance) อันเป็นจุดเน้นตามปกติของการวัดความรู้ความสามารถทั้งหลาย ลักษณะคำตอบของการวัดผลด้านเจตคติต่อ...จะเป็นแบบแผนของพฤติกรรม ซึ่งบ่งชี้ว่าบุคคลมีการแสดงออกไปในทิศทางอย่างไร (คือ สนับสนุน วางเฉย หรือคัดค้าน) หรือแสดงออกในระดับใด (มาก ปานกลาง น้อย ฯลฯ) ลักษณะโดยภาพรวมของเครื่องมือประเภทนี้จึงอยู่ในรูปของมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales)

ในการสร้างเครื่องมือวัดผลด้านเจตคติต่อ...จึงจำเป็นต้องกำหนดขอบเขตของส่วนที่เป็น “เป้าหมาย” ของ “เจตคติ ต่อ...” เสียก่อน หลังจากนั้นควรกำหนดโครงสร้างของพฤติกรรมด้านเจตคติอีกด้วย ซึ่งในส่วนของการสร้างของพฤติกรรมด้านเจตคตินี้กล่าวได้ว่า มีรายละเอียดแตกต่างกันไปสุดแต่ว่าจะใช้กรอบความคิดใดเป็นแหล่งอ้างอิง ในที่นี้จะนำกรอบความคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 29 - 30) ดังนี้

1. พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
2. ครึกครื้นและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์
3. เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. ควรตระหนักในคุณค่าและโทษจากการใช้เทคโนโลยี
5. ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
6. เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน
7. เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ
8. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม
9. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสีย

จากกรอบความคิดดังกล่าว สามารถจัดเรียงพฤติกรรมด้านจิตพิสัยได้ 2 ลักษณะคือ

1. พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิด ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรม 1 - 4
2. พฤติกรรมในระดับการแสดงออก ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยอีก 2 ส่วน คือ

2.1 การแสดงออกในระดับการศึกษาเล่าเรียน ประกอบด้วยพฤติกรรม 5 - 7

2.2 การแสดงออกในระดับการนำไปใช้ได้แก่ พฤติกรรม 8 และ 9 (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 119)

เครื่องมือวัดผลด้านเจตคติต่อ... ตามรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่า แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่เป็นแบบฉบับทั่วไป และ 2. กลุ่มที่เสนอเพิ่มเติมดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อ...ที่เป็นแบบฉบับทั่วไป

เครื่องมือวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อ...ที่เป็นแบบฉบับทั่วไปเป็นเครื่องมือตามรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่า เครื่องมือแบบนี้ที่นิยมใช้กันอยู่โดยทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี คือ 1. วิธีของเทอร์สโตน (Thurstone) 2. วิธีของลิเคิร์ต (Likert) และ 3. วิธีของออสกู๊ด (Osgood)

ในทางปฏิบัติ เมื่อผู้สร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนด้านจิตพิสัย ได้ทราบโครงสร้างหรือพฤติกรรมบ่งชี้ของเจตคติที่จะศึกษาด้วย ก็สามารถนำโครงสร้างหรือพฤติกรรมบ่งชี้ขึ้นไปประยุกต์ใช้ในการสร้างเครื่องมือตามวิธีใดวิธีหนึ่งนั้นได้ตามความเหมาะสม

2. เครื่องมือวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อ...ที่เสนอเพิ่มเติม

โครงสร้างของเครื่องมือประเภทนี้ อาจจัดให้อยู่ในรูปของการเสนอสิ่งเร้าหรือกิจกรรมที่เข้าร่วม แล้วให้ผู้เรียนประเมินตนเองโดยใช้รูปแบบของตาราง 2 มิติ ซึ่งประกอบด้วย พฤติกรรม เจตคติต่อ...มิติหนึ่งและระดับพฤติกรรมอีกมิติหนึ่ง ดังนี้

- กรณีการใช้สิ่งเร้า

สิ่งที่กำหนด : กำหนดสิ่งเร้า

รูปแบบการตอบ : ให้ผู้ตอบระบุระดับพฤติกรรมอันเป็นผลจากการได้รับการเร้าจากสื่อโดยแจ่มแจ้งตามพฤติกรรมเจตคติต่อ...

วิธีตอบ : ให้ตอบโดยการตอบลงในตาราง

- กรณีการเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ

สิ่งที่กำหนด : กิจกรรมที่เข้าร่วม

รูปแบบการตอบ : ให้ผู้ตอบระบุพฤติกรรมอันเป็นผลจากการได้รับการเร้าโดยแจ่มแจ้งตามพฤติกรรมเจตคติต่อ...

วิธีตอบ : ให้ตอบโดยกาคำตอบลงในตาราง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการสร้างแบบสอบถามวัดเจตคติต่อทปปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีของลิเคิร์ต ซึ่งเป็นการวัดที่นิยมมาก เพราะสร้างง่ายใช้สะดวก ผู้ตอบสามารถแสดงความคิดเห็นทั้งทางบวกและทางลบในลักษณะที่เทียบเป็นมาตราส่วนประมาณค่าได้

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

เปรมจิตร บุญสาย (2541: 375 - 379) ได้วิจัยและพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ผลการทดลองปรากฏว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีผลการเรียนด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัยภายหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง และนักเรียนกลุ่มทดลองมีผลการเรียนทุกด้านดังกล่าวสูงกว่านักเรียนที่ เรียนโดยหลักสูตรเดิมของ สสวท.

อรอุมา ละมุล (2541 : 117) ได้ศึกษาและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนัก ที่ใช้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยในส่วนของการพัฒนาบทปฏิบัติการ ปรากฏว่าสามารถพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนักได้ 7 บท โดยค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก และบทปฏิบัติการมีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80.21/80.11

รังสรรค์ เพ็งพัต (2544 : 143 - 148) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันราชภัฏ ผลการศึกษาพบว่า 1. ระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นนี้สามารถสูบน้ำได้ เฉลี่ย 6.34 ลิตรต่อนาที โดยสูบน้ำได้อัตราสูงสุด 12.67 ลิตรต่อนาที ที่เฮดสแตติกกรวม 2.20 เมตร เมื่อเคลื่อนแผงรับแสงตามดวงอาทิตย์ และสูบน้ำได้อัตราเฉลี่ย 5.36 ลิตรต่อนาที โดยสูบน้ำในอัตราสูงสุด 10.50 ลิตรต่อนาที ที่เฮดสแตติกกรวม 2.20 เมตร เมื่อไม่เคลื่อนแผงรับแสงตามดวงอาทิตย์ (โดยวางแผงรับแสงในแนวตะวันตก - ตะวันออก) 2. ผลการประเมินบทปฏิบัติการทั้ง 8 บท จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เฉลี่ยระหว่าง 0.85 - 0.95 ทุกบทปฏิบัติการ แสดงว่าบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ประกอบการสอนวิชาพลังงานกับสิ่งแวดล้อมได้

พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544 : 55) ได้ศึกษาการพัฒนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 81.19/80.33 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากงานวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นนวัตกรรมหนึ่งที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้ เพราะสามารถช่วยส่งเสริมนักเรียนทั้งในด้านความรู้และทักษะต่าง ๆ ได้อย่างดี โดยสามารถส่งเสริมความสามารถของนักเรียนในเรื่องวางแผนการทดลอง การดำเนินการทดลอง ทักษะปฏิบัติการทดลองในด้านต่าง ๆ และสามารถพัฒนาให้นักเรียนให้เกิดทักษะพื้นฐานที่จำเป็นในการดำรงชีวิตที่สำคัญ ได้แก่ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการคิดขั้นสูง เป็นต้น

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

วารี เอกสาร (2537 : 120 - 150) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จากแบบสอบภาคปฏิบัติกับแบบสอบข้อเขียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดกาญจนบุรี ผลการวิจัยพบว่า คะแนนทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จากแบบสอบภาคปฏิบัติกับแบบสอบข้อเขียนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .7965 และคะแนนทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จากแบบสอบภาคปฏิบัติกับแบบสอบข้อเขียนด้านเทคนิคการทดลอง การดำเนินการทดลอง ความคล่องแคล่วในการปฏิบัติการ และความเป็นระเบียบเรียบร้อยมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .6323 .4995 .1942 และ .3860 ตามลำดับ

จิรพรรณ ทะเขียว (2543 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์มีทักษะภาคปฏิบัติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู

งานวิจัยต่างประเทศ

บีสลีย์ (Beasley. 1979 : 5428 - A) ได้ศึกษาผลของการฝึกทักษะปฏิบัติการเคมี โดยใช้วิธีปฏิบัติจริง และวิธีการคิดต่อการปฏิบัติการทดลองเคมีของนักเรียนที่เรียนวิชาเคมีพื้นฐาน เพื่อศึกษาผลของการฝึกทักษะด้วยการปฏิบัติการทดลองอย่างเดียว ผลของการฝึกทักษะด้วยการคิดอย่างเดียว และผลของการฝึกทักษะด้วยการทดลองและการคิดร่วมกัน ผู้วิจัยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย เพื่อศึกษาผลของการฝึกทักษะทั้ง 3 แบบ เกณฑ์ในการประเมินมี 2 เกณฑ์ คือ ความถูกต้องแม่นยำ ความคงที่แน่นอน ผลการวิจัยพบว่า ทักษะปฏิบัติการทดลองของนักเรียนที่ได้รับการฝึกทักษะแบบต่าง ๆ ทั้ง 3 กลุ่มย่อยไม่แตกต่างกัน นักเรียนที่ได้รับการฝึกทักษะปฏิบัติการทดลองแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญ

บีสลีย์ และเฮิบกินเนน (Beasley and Heibkinen. 1983) ศึกษาเรื่องการใช้เทคนิค ฝึกการคิดพิจารณา ทบทวนด้วยตนเอง เพื่อฝึกทักษะการทดลองของนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมี ในการใช้เครื่องมือทดลอง ตาชั่ง ปิเปตต์ บิวเรตต์ และการใช้ขวดปริมาตร แบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มลงมือปฏิบัติ กลุ่มใช้ความคิดพิจารณาทบทวน เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น กลุ่มลงมือปฏิบัติและใช้ความคิดพิจารณาทบทวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น และกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่จบชั้นมัธยมศึกษายังขาดเทคนิคการใช้ขวดหาปริมาตรจากการเรียนวิชาเคมี การวางแผนการฝึกปฏิบัติจะปรับปรุงการปฏิบัติการทดลองได้ และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการใช้วิธีลงมือปฏิบัติ และการใช้ความคิดพิจารณาทบทวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

มาร์ทาร์ (Martar.1986) ได้ศึกษาความต้องการในวิชาชีพของครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา โดยใช้แบบสอบถามกับครูวิทยาศาสตร์ ปรากฏว่าครูมีความต้องการเป็นอย่างมากในเรื่องความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการปฏิบัติการทดลอง และอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่จัดให้มีขึ้น และมีความต้องการน้อยกว่าในเรื่องของการวางแผนการสอน การประเมินผล และการจัดการกับวิธีสอน และการปรับปรุงตนเอง การมีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลสูง ส่วนวิชาเอก และวิชาที่สอนมีอิทธิพลน้อย

จากงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ จะเห็นได้ว่าผู้เรียนสามารถฝึกฝน และพัฒนาทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้นได้ โดยผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ และมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างแท้จริง โดยเฉพาะการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อบทบาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

วิรงรอง โรจนกุล (2530 : 97 - 100) ได้ศึกษาเปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยใช้แผ่นภาพโปร่งใส ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามคู่มือครู ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการใช้แผ่นภาพโปร่งใสกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน

สุวิทย์ วงษาไฮ (2532 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยส่วนรวมและรายด้านของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เขตการศึกษา 10 ปีการศึกษา 2531 พบว่า นักเรียนที่มีประสบการณ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ 1 ปี มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยรวมและเกือบทุกด้านมากกว่านักเรียนที่มีประสบการณ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ 2 ปี ยกเว้นด้านความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์

พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544 : 55) ได้ศึกษาการพัฒนาบทบาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทบาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคนิคการแยกสาร อยู่ในระดับมากในทุกข้อคำถาม ยกเว้นในคำถามข้อที่ 2 ที่ว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทำให้เกิดความวิตกกังวลในการทดลอง นักเรียนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง

งานวิจัยต่างประเทศ

พาวเวอร์ (Power.1981 : 34 - 38) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา เมื่อสภาพแวดล้อมทางการเรียนเปลี่ยนแปลงไป กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับ 7 จำนวน 34 ห้องเรียนจากโรงเรียนประถมศึกษาในเมืองบรีสแบนส์ ประเทศออสเตรเลีย จำนวน 12 โรงเรียน ในปี ค.ศ. 1976 ซึ่งในปี ค.ศ. 1978 นักเรียนเหล่านี้จะขึ้นเรียนในระดับ 8 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่มาจากชั้นประถมศึกษาที่มีห้องเรียนกว้างขวาง และมีความเป็นอิสระ เมื่อมาอยู่ในระดับมัธยมศึกษาที่มีห้องเรียนกว้างขวาง และมีความเป็นอิสระ จะมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

พอกก์ (Pogge.1987 : 2529 - A) ได้ศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และการสอนวิทยาศาสตร์ของครู และนักเรียนในควินซี สหรัฐอเมริกา กลุ่มตัวอย่างเป็นครู 52 คน และนักเรียนระดับ 4 - 5 และ 6 จำนวน 1,200 คน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่มีเพศต่างกันมีเจตคติทางบวกต่อวิทยาศาสตร์ต่างกัน

ฟิลลิปส์ (Phillips. 1987 : 2984 - A) ได้ศึกษาผลการสอนโดยใช้ Science Unlimited Program กับ ตำรา ทัวไปที่มีต่อเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและครู กลุ่มทดลองเป็นนักเรียนระดับ 1 - 4 จำนวน 341 คน และครูจำนวน 24 คน เรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้ Science Unlimited Program กลุ่มควบคุมประกอบด้วยนักเรียน ระดับ 1 - 4 จำนวน 175 คน และครูจำนวน 18 คน เรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้ตำราทัวไป ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชายและนักเรียนหญิงตั้งแต่ระดับ 1 - 4 มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

จากงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศพบว่า การสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนให้เกิดแก่นักเรียน นั้น ครูผู้สอนสามารถทำได้ โดยจัดรูปแบบการเรียนการสอนให้น่าสนใจ สร้างบรรยากาศการเรียนการสอนที่อบอุ่น เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดฝึกปฏิบัติอยู่เสมอ และเป็นผู้ชี้แนะเมื่อนักเรียนเกิดปัญหาต่าง ๆ เป็นต้น

สมมติฐานในการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทำให้ผู้วิจัยเห็นว่า บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นจะสามารถใช้กับนักเรียนได้จะต้องมีคุณลักษณะ ดังนี้

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ ในด้านความรู้เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ ในด้านทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80
3. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ ในด้านเจตคติ โดยนักเรียนร้อยละ 75 มีความพึงพอใจในการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

รูปแบบการวิจัย

การพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่นเป็นงานวิจัย เชิงสำรวจ และเชิงทดลอง โดยนำผลการศึกษาค้นคว้าในห้องปฏิบัติการ เกี่ยวกับกระบวนการผลิต และทดสอบสมบัติของแอลกอฮอล์เพื่อผลิตเป็นแก๊สโซฮอล์สำหรับใช้ในเครื่องยนต์เบนซิน มาพัฒนาเป็นมาตรการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการทดลองสอนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนอุ้มทอง อำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี สรุปเป็นขั้นตอนการวิจัยได้ 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 สำรวจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความต้องการการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรในท้องถิ่นของพื้นที่การศึกษา 2 จังหวัดสุพรรณบุรี

ระยะที่ 2 กำหนดขอบเขตและดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ

ระยะที่ 3 สร้างและพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

ระยะที่ 4 หาประสิทธิภาพของมาตรการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

ระยะที่ 1 สำรวจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความต้องการการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรในท้องถิ่นของพื้นที่การศึกษา 2 จังหวัดสุพรรณบุรี มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประกอบอาชีพด้านเกษตรกรรมของคนในท้องถิ่นของจังหวัดสุพรรณบุรี

2. สร้างแบบสำรวจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความต้องการการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ในท้องถิ่นของพื้นที่การศึกษา 2 จังหวัดสุพรรณบุรี

3. สำรวจความคิดเห็นของบุคคลต่าง ๆ ในพื้นที่การศึกษา 2 จังหวัดสุพรรณบุรี โดยทำการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) อำเภอละ 1 ตำบล สุ่มได้ตำบลปอสุพรรณ และตำบลหนองไธสง โดยแต่ละตำบลได้ทำการสำรวจบุคคลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ นักวิชาการเกษตรจำนวน 1 คน ศึกษานิเทศก์จำนวน 1 คน คณะกรรมการบริหารส่วนตำบลจำนวน 3 คน ครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา (ขยายโอกาส) และระดับมัธยมศึกษาจำนวนอย่างละ 2 คน และเกษตรกรจำนวน 3 คน โดยใช้แบบสำรวจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. สรุปผลการสำรวจ

ระยะที่ 2 กำหนดขอบเขต และดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ

การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้อุปกรณ์ และสารเคมี ในห้องปฏิบัติการตามขั้นตอนการทดลองที่ได้ศึกษาค้นคว้า ดังนี้

1. เครื่องมืออุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เครื่องวัดน้ำตาล (Refractometer) เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ (Alcohol hydrometer) pH meter เครื่องวัดระดับไฮโดรคาร์บอน และคาร์บอนมอนอกไซด์ของสถานตรวจสภาพรถเอกชนวีพลบริการ เครื่องตัดหญ้า เครื่องชั่ง เตาแก๊ส เครื่องฆ่าเชื้อ

1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ขวดที่ปราศจากเชื้อ เทอร์มอมิเตอร์ อินดิเคเตอร์ ผ้าขาวบาง ตะเกียงแอลกอฮอล์ สายยางทนความร้อน หลอดแก้ว ขวดกลั่น ขาตั้ง ขวดรูปชมพู่ ถังน้ำ จานหลุม ทัพพี ไม้ขีดไฟ จุกยาง ปีกเกอร์ กระบอกตวง หลอดหยด ถังกล่องพลาสติกขนาด 1,000 มิลลิลิตร (สำหรับใส่น้ำปูนใส) เข็มเขี่ยเชื้อ แท่งแก้วคนสาร ขวดพลาสติก หลอดทดลองขนาดใหญ่

1.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ น้ำอ้อย ยีสต์ขนมปัง ยีสต์แซคคาโรไมซีส เซเรวิซีอี (*Saccharomyces cerevisiae*) แอมโมเนียมซัลเฟต น้ำเชื่อม น้ำ น้ำแข็ง น้ำมันเบนซิน เมทานอล เอทานอล โพรพานอล น้ำปูนใส แก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย

2. วิธีการทดลอง

2.1 หมักแอลกอฮอล์จากอ้อย

2.1.1 การเตรียมเชื้อเริ่มต้น เตรียมน้ำอ้อยจำนวน 4 ขวด ๆ ละ 50 มิลลิลิตร ซึ่งมีความหวานขวดละ 25 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ นำน้ำอ้อยมา 2 ขวด ทำการเจือจาง ให้มีความหวาน 18 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ แล้วนำน้ำอ้อยทั้งหมดจำนวน 4 ขวด ปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 3.8 - 4.5 หลังจากนั้นนำไปต้มประมาณ 10 - 15 นาที แล้วตั้งไว้ให้เย็น ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 21 - 32 องศาเซลเซียส แล้วใส่ยีสต์ขนมปังลงในน้ำอ้อยที่มีความหวาน 25 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และมีความหวาน 18 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ติดฉลากไว้เป็นขวดที่ 1 และขวดที่ 2 ตามลำดับ และใส่ยีสต์แซคคาโรไมซีส เซเรวิซีอี ลงในน้ำอ้อยที่มีความหวาน 25 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และมีความหวาน 18 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ติดฉลากไว้เป็นขวดที่ 3 และขวดที่ 4 ตามลำดับ แล้วเติมแอมโมเนียมซัลเฟตลงไปในน้ำอ้อยทั้ง 4 ขวด เพื่อเป็นอาหารของยีสต์ ตั้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง

2.1.2 การหมัก หลังจากเตรียมเชื้อเริ่มต้นแล้ว นำเชื้อเริ่มต้นทั้ง 4 ขวด ใส่ลงไปในน้ำอ้อยที่เตรียมไว้ 4 ขวดที่มีปริมาตรขวดละ 1,000 มิลลิลิตร โดยใส่ในขวดที่ 1, ขวดที่ 2, ขวดที่ 3 และขวดที่ 4 ตามลำดับ ในขณะที่ทำการหมัก ทำการวัดปริมาณน้ำตาล วัดเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ สังเกตกลิ่น สี ฟอง และวัด pH ในช่วง 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน

2.2 ทำการกลั่นแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักจากน้ำอ้อย

นำน้ำหมักที่เกิดแอลกอฮอล์ในช่วง 7 วัน มาทำการกลั่นลำดับส่วนด้วยเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่าง

ง่ายที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ในขณะที่ทำการกลั่นลำดับส่วนทำการสังเกตผลและบันทึกผลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรของแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้ หลังจากนั้นนำแอลกอฮอล์ที่ได้ไปทำการทดสอบสมบัติต่อไป

2.3 ทดสอบสมบัติของแอลกอฮอล์ ทำการทดสอบ 2 ขั้นตอน คือ

2.3.1 ทดสอบการติดไฟ โดยใช้เปลวไฟจากธูป/ไม้ขีดไฟแตะไปที่แอลกอฮอล์ที่กลั่นได้ แล้วบันทึกผลการติดไฟเปรียบเทียบกับเมทานอล เอทานอล และโปรพานอล

2.3.2 ทดสอบความร้อน เขม่า กลิ่น โดยใช้แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำในบีกเกอร์ แล้ววัดอุณหภูมิที่ได้พร้อมกับสังเกตเขม่าและกลิ่นจากการเผาไหม้ และคำนวณมวลน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไป แล้วนำไปคำนวณหาค่าความร้อนของแอลกอฮอล์ต่อไป

2.4 ผลิตแก๊สโซฮอล์ นำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนที่ทดสอบสมบัติเรียบร้อยแล้วมาผสมกับน้ำมันเบนซินในอัตราส่วน 10 : 90, 20 : 80 และ 30 : 70 เพื่อผลิตเป็นแก๊สโซฮอล์

2.5 ทดสอบประสิทธิภาพของแก๊สโซฮอล์ในเครื่องยนต์เบนซินอย่างง่าย ได้แก่ เครื่องตัดหญ้า นำแก๊สโซฮอล์ที่ผลิตได้ไปทดลองใช้ในเครื่องยนต์ของเครื่องตัดหญ้า โดยคุณสมบัติ ได้แก่ การติดของเครื่องยนต์ การเดินของเครื่องยนต์โดยเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงจากน้ำมันเบนซิน และแก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย หาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยนำไอเสียผ่านน้ำปูนใส และนำไปตรวจวัดค่าไฮโดรคาร์บอน และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่สถานตรวจสภาพรถเอกชน (ตรอ.) ของวิซพลบริการ ตำบลทุ่งคอก อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี ช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2545

ระยะที่ 3 สร้างและพัฒนานาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จากผลการทดลอง

จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ทำการสร้างและพัฒนานาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตามลำดับดังนี้

3.1 สร้างนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาและทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำผลการทดลองมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการสร้างนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยสร้างนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พร้อมคู่มือครูประกอบการใช้นาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือในการทดสอบประสิทธิภาพของนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1 นาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์พร้อมคู่มือครูประกอบการใช้

จากข้อมูลที่ได้ศึกษาจากเอกสารต่าง ๆ และผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำมาสร้างเป็นนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พร้อมคู่มือครูประกอบการใช้ โดยมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

1. ศึกษาจุดประสงค์และวิเคราะห์เนื้อหาของหลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์ จากหนังสือหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) รวมทั้งเอกสารที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิต

แอลกอฮอล์ การผลิตแก๊สโซฮอล์ สมบัติของแอลกอฮอล์ และการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์น้ำมันเบนซิน เพื่อใช้ประกอบเนื้อหา จุดประสงค์ การวัดและประเมินผลของการสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และคู่มือครูประกอบการใช้บทปฏิบัติการ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น

2. จากการศึกษาเอกสารต่าง ๆ และผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ ทำให้ได้องค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ดังนี้

- ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ใ้ความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- หลักการ
- จุดประสงค์
- อุปกรณ์และสารเคมี
- วิธีการทดลอง
- รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง
- คำถามท้ายบทปฏิบัติการ

3. จากการศึกษาในข้อ 2 ทำให้ได้องค์ประกอบของคู่มือครูประกอบการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ฉบับร่าง) จำนวน 4 บท ดังนี้

- ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- เวลาที่ใช้
- ข้อแนะนำการใช้บทปฏิบัติการสำหรับครู
- ข้อแนะนำการใช้บทปฏิบัติการสำหรับเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียน
- แนวคำตอบการรายงานผลปฏิบัติการทดลอง
- คำถามและแนวคำตอบท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

4. ทำการวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนการสอนจากเอกสารที่ค้นคว้า เพื่อนำมากำหนดจุดมุ่งหมาย และกิจกรรมของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และคู่มือครูประกอบการใช้ที่จะสร้างขึ้น

5. กำหนดจุดประสงค์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และคู่มือครูประกอบการใช้แต่ละบท

6. สร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4 บท และคู่มือครูประกอบการใช้ โดยมีเนื้อหาครอบคลุมเรื่องต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่องการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย
- บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องการกลั่นแอลกอฮอล์
- บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องการทดสอบสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์
- บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์ใช้เอง

7. นำบทปฏิบัติการทั้ง 4 บท ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ศึกษา เคมี และเทคโนโลยีการหมักจำนวน 7 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยผู้สอนวิทยาศาสตร์ที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปี จำนวน 3 ท่าน ผู้สอนวิชาเคมีที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปี จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญเฉพาะสาขาเทคโนโลยีการหมักจำนวน 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (IC) ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .50 ขึ้นไป และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข โดยกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือพฤติกรรมข้อนั้น ๆ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือพฤติกรรมข้อนั้น ๆ

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือพฤติกรรมข้อนั้น ๆ

ส่วนคู่มือครูประกอบการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท และอาจารย์สุภาพรณ ศิริโสภณา เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเท่านั้น

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญปรากฏว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วง .80 - .89 (ภาคผนวก ข) และผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะ ดังนี้ เนื้อหาของบทปฏิบัติการควรมีรูปภาพประกอบ คำศัพท์ภาษาอังกฤษควรเขียนภาษาไทยกำกับ การเขียนภาษาอังกฤษควรเขียนเป็นแนวเดียวกัน ตัวใหญ่ต้องตัวใหญ่เหมือนกัน และคำถามท้ายบทปฏิบัติการแต่ละบทต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

3.1.2 แบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล การสร้างข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และรองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์

2. นำผลการวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบท มาสร้างเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยแบบจำกัดคำตอบ (Restricted Response Type) จำนวน 7 ข้อ โดยแบ่งพฤติกรรมที่วัดออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

2.1 ด้านความเข้าใจ

2.2 ด้านการนำไปใช้

2.3 ด้านการวิเคราะห์

3. กำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนนดังนี้ ผู้วิจัยทำการประเมินโดยการให้คะแนนแบบจุด โดยการวิเคราะห์เป็นส่วน ๆ ตรวจให้คะแนนโดยการเปรียบเทียบคำตอบกับคำตอบเฉลย

- ถูกต้องตามคำตอบ เฉลย กำหนดคะแนน 5

- ผิด 1 จุด กำหนดคะแนน 3 - 4 (ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ประเมิน)

- ผิดมากกว่า 1 จุด กำหนดคะแนน 1 - 2 (ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ประเมิน)
- ผิดทั้งหมด กำหนดคะแนน 0

4. นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยผู้สอนวิทยาศาสตร์ที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปี จำนวน 3 ท่าน ผู้สอนวิชาเคมีที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปี จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญเฉพาะสาขาเทคโนโลยีการหมัก จำนวน 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข โดยกำหนดเกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ดังนี้

+1 หมายถึง ข้อสอบข้อนั้นมีคุณภาพตามเกณฑ์ของข้อสอบแบบอัตนัย

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนี้มีคุณภาพตามเกณฑ์ของข้อสอบแบบอัตนัย

-1 หมายถึง ข้อสอบข้อนั้นไม่มีคุณภาพตามเกณฑ์ของข้อสอบแบบอัตนัย

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่า แบบทดสอบภาคความรู้ทั้ง 7 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ในช่วง .86 - 1 (ภาคผนวก ข)

3.1.3 แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดของทักษะปฏิบัติ การประเมิน และเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินทักษะปฏิบัติ ในรูปแบบต่าง ๆ จากหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ รองศาสตราจารย์ ภพ เลหาไพบูลย์ รองศาสตราจารย์ พงษ์รัตน์ ทวีรัตน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัย ธรรมาริราช คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

2. ทำการวิเคราะห์ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการผลิต แก๊สโซลีนจากพืชในท้องถิ่นที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เพื่อใช้ในการกำหนดแนวทางในการสร้างเครื่องมือเพื่อประเมิน ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ จากการวิเคราะห์บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 บท ก่อให้เกิดทักษะปฏิบัติใน ด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ ด้านเทคนิคการทดลอง หรือทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ (21 ทักษะ) การดำเนินการ ทดลอง การแก้ปัญหา ความคล่องแคล่วในการทดลอง ความสะอาดและเป็นระเบียบ การนำเสนอ และการจัดทำ รายงานผลการทดลอง

3. สร้างแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยทำการสร้างแบบประเมินออกเป็น แบบประเมินย่อย ดังนี้

3.1 แบบประเมินผลขณะเรียนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ขณะปฏิบัติการทดลองเป็นกลุ่ม และ รายงานผลการปฏิบัติการทดลองเป็นรายบุคคล

3.2 แบบประเมินการสอบภาคปฏิบัติรายบุคคล หลังจากจบการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทุกบทปฏิบัติการประกอบด้วย กิจกรรมสอบวัดทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ แบบสังเกตและบันทึกผลทักษะการใช้อุปกรณ์ และแบบประเมินคำถามท้ายกิจกรรมสอบวัดทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

4. กำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังนี้ (ภาคผนวก จ)

- การสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการทดลองเป็นกลุ่ม กำหนดคะแนน 4, 3, 2, 1 และ 0
- การรายงานผลการปฏิบัติการทดลองรายบุคคล กำหนดคะแนน 2, 1 และ 0
- แบบสังเกตและบันทึกผลทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ กำหนดคะแนน 1 และ 0
- การตอบคำถามท้ายกิจกรรมสอบวัดทักษะปฏิบัติ กำหนดคะแนน 1 และ 0

ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยผู้ร่วมประเมิน 2 คน สรุปคะแนนโดยการนำคะแนนจากผู้ประเมิน 2 คน มาทำการหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าคะแนนที่นักเรียนแต่ละคนได้ เพื่อให้คะแนนที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

วิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

1. นำแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ระยะเวลา กิจกรรมการเรียนการสอนในชุดกิจกรรมสอบวัดทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนข้อบกพร่องอื่น ๆ โดยพิจารณาคำดัชนีความสอดคล้อง (IC) คัดเลือกข้อความที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .50 ขึ้นไป แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดค่าดัชนีความสอดคล้องดังนี้

+1 หมายถึง แบบประเมินทักษะปฏิบัติสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบประเมินทักษะปฏิบัติสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

-1 หมายถึง แบบประเมินทักษะปฏิบัติไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่า แบบประเมินทักษะปฏิบัติทั้งหมดมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วง .81 - 1 (ภาคผนวก ข)

3.1.4 แบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) จากหนังสือและเอกสารของรองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ และ รองศาสตราจารย์ ภพ เลหาไพบูลย์

2. กำหนดโครงสร้างของพฤติกรรมด้านเจตคติ โดยนำกรอบความคิดของ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ มาใช้อ้างอิงเพื่อประกอบการสร้างแบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยกรอบแนวคิดดังกล่าว ประกอบด้วยพฤติกรรม 2 ลักษณะ คือ

2.1 พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิด

2.2 การแสดงออกในระดับการศึกษาเล่าเรียนและการนำไปใช้

3. สร้างแบบสอบถามเจตคติต่อการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดในข้อ 2 เป็นมาตราส่วนประเมินค่า 5 อันดับ จำนวน 35 ข้อ โดยกำหนดให้แต่ละข้อควมมีการตอบสนอง 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

โดยกำหนดให้มีค่าน้ำหนักข้อความที่แสดงความรู้สึกทางบวกให้คะแนนดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง มีค่าน้ำหนักคะแนน 5

เห็นด้วย มีค่าน้ำหนักคะแนน 4

ไม่แน่ใจ มีค่าน้ำหนักคะแนน 3

ไม่เห็นด้วย มีค่าน้ำหนักคะแนน 2

ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง มีค่าน้ำหนักคะแนน 1

ข้อความที่แสดงความรู้สึกทางลบให้คะแนนดังนี้

ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง มีค่าน้ำหนักคะแนน 5

ไม่เห็นด้วย มีค่าน้ำหนักคะแนน 4

ไม่แน่ใจ มีค่าน้ำหนักคะแนน 3

เห็นด้วย มีค่าน้ำหนักคะแนน 2

เห็นด้วยอย่างยิ่ง มีค่าน้ำหนักคะแนน 1

4. นำแบบสอบถามเจตคติที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง และความเหมาะสมของแบบสอบถาม โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความเหมาะสมระหว่างข้อคำถามกับลักษณะเฉพาะของกลุ่มพฤติกรรม คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไป และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ไม่เกิน 1.00 ไว้ แล้วนำข้อเสนอนี้มาปรับปรุงแก้ไข โดยกำหนดมาตราส่วนประมาณค่าดังนี้

5 หมายถึง ข้อความนั้นเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง ข้อความนั้นเหมาะสมมาก

3 หมายถึง ข้อความนั้นเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง ข้อความนั้นเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง ข้อความนั้นเหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่าแบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้น มีค่าเฉลี่ยในแต่ละข้อคำถาม ตั้งแต่ 4.14 ขึ้นไป และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละข้อคำถามอยู่ในช่วง .38 - .98 ซึ่งปรากฏในภาคผนวก ข

3.2 พัฒนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น พร้อมคู่มือครูประกอบการใช้และเครื่องมือในการทดสอบประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการไปให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่านประเมิน เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง

และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว ผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คน และ 15 คน ปรากฏผลการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คู่มือครูประกอบการใช้ และเครื่องมือในการทดสอบประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการดังนี้

3.2.1 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์พร้อมคู่มือครูประกอบการใช้

ผู้วิจัยได้นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และคู่มือประกอบการใช้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คน และจำนวน 5 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ซึ่งมีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อน โดยผู้วิจัยดำเนินการจัดกลุ่มกลุ่มย่อย 5 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 เก่ง ปานกลาง อ่อน, กลุ่มที่ 2 ปานกลาง ปานกลาง อ่อน, กลุ่มที่ 3 เก่ง อ่อน อ่อน, กลุ่มที่ 4 ปานกลาง ปานกลาง ปานกลาง และกลุ่มที่ 5 ปานกลาง อ่อน อ่อน ซึ่งผลการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนทั้ง 5 กลุ่ม มีความสามารถในการเรียนรู้จากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ใกล้เคียงกัน

3.2.2 แบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบภาคความรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน และจำนวน 15 คน ซึ่งมีระดับความเก่ง ปานกลาง อ่อน จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบนักเรียนไปหาคุณภาพของแบบทดสอบแบบอัตนัย เพื่อหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของวิทนีและเซเมอร์ และหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ซึ่งปรากฏในหน้า 58 - 59

ผลการหาคุณภาพของแบบทดสอบปรากฏว่า แบบทดสอบภาคความรู้ทั้ง 7 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง .35 - .78 มีค่าอำนาจจำแนก อยู่ในช่วง .2 - .8 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เท่ากับ .56 (ภาคผนวก ข)

3.2.3 แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน และจำนวน 15 คน ที่มีระดับความเก่ง ปานกลาง อ่อน โดยมีผู้ประเมินร่วม จำนวน 2 คน เพื่อให้คะแนนที่ได้ มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากการสังเกตของผู้ประเมิน จำนวน 2 คน ไปหาค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน (ผู้สังเกต) จากค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของผู้ประเมิน และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ปรากฏในหน้า 59

ผลการหาความเชื่อมั่นของผู้ประเมินปรากฏว่า มีค่าความเชื่อมั่นในการสังเกตการปฏิบัติงานกลุ่มของนักเรียน เท่ากับ .81 และมีค่าความเชื่อมั่นในการประเมินกิจกรรมสวดวัดทักษะปฏิบัติ เท่ากับ .83 (ภาคผนวก ข)

3.2.4 แบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำแบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำนวน 35 ข้อ ที่ปรับปรุงแล้วไปสอบถามกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คนและจำนวน 15 คนที่มีระดับความเก่ง ปานกลาง อ่อน แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข

ระยะที่ 4 หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น พร้อมคู่มือครูประกอบการใช้ และเครื่องมือในการหาประสิทธิภาพ ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คน และ 15 คน เพื่อหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เมื่อหาคุณภาพเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยนำไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการในด้านความรู้ ทักษะปฏิบัติ และเจตคติ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนอุ้มทอง อำเภอร่องทอง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 135 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนอุ้มทอง อำเภอร่องทอง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 45 คน ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบจัดกลุ่ม (Cluster Sampling)

2. การดำเนินการทดลองภาคสนาม

ผู้วิจัยได้นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น พร้อมคู่มือครูประกอบการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือในการหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการในด้านความรู้ ทักษะปฏิบัติ และเจตคติ ไปทำการทดลองภาคสนามกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนอุ้มทอง อำเภอร่องทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 12 คาบ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที โดยมีแบบแผนการดำเนินการทดลองดังตาราง 2

ตาราง 2 แบบแผนการดำเนินการทดลองภาคสนาม

สัปดาห์ที่	บทปฏิบัติการที่	เรื่อง	จำนวนคาบ	เนื้อหาที่นำเสนอ	วัดและประเมินผล
1	1	การหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย	4	กระบวนการขั้นตอนในการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย	ตอบคำถามท้ายบท ปฏิบัติการ สังเกต พฤติกรรมขณะ ปฏิบัติการทดลอง ตรวจรายงานผล การปฏิบัติการ สอบภาคความรู้ และภาคปฏิบัติ หลังจบการเรียนรู้
2	2	การกลั่นแอลกอฮอล์	3	วิธีการกลั่นแอลกอฮอล์ด้วยวิธีการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย	
2-3	3	การทดสอบคุณสมบัติของแอลกอฮอล์	2	- ทดสอบการติดไฟ - ทดสอบความร้อน เหม่า	
3	4	ผลิตแก๊สโซฮอล์ใช้เอง	3	- คัดสูตรแก๊สโซฮอล์ใช้เอง - วิเคราะห์สูตรแก๊สโซฮอล์ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ - ทดสอบประสิทธิภาพแก๊สโซฮอล์ในเครื่องตัดหญ้า	

จากตาราง 2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองสอน 2 ชั้น คือ ชั้นการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น และชั้นหลังจบการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น

โดยแต่ละชั้นตอนมีวิธีการดังนี้

1. ชั้นการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น

ผู้วิจัยได้ทำการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ในขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการทดลองนั้น ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการทดลองของนักเรียนเป็นกลุ่ม โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการทดลอง และตรวจผลการทดลองรายบุคคลโดยใช้แบบประเมินผลการรายงานผลการปฏิบัติการ หลังจากจบการเรียนรู้แต่ละบทปฏิบัติการ เพื่อนำไปทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 ผู้วิจัยได้มอบหมายให้นักเรียนทำการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการแต่ละบท เพื่อนำผลการประเมินไปทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1

2. ชั้นหลังจบการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น

หลังจบการสอนทุกบทปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ทำการประเมินหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 และทำการประเมินโดยใช้แบบสอบ

วัดภาคปฏิบัติ และแบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นนำไปตรวจให้คะแนนทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 ข้อที่ 3 ตามลำดับ

หลังจากที่ผู้วิจัยทำการทดลองสอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้นำข้อบกพร่องต่าง ๆ ขณะทำการทดลองสอนมาปรับปรุงคู่มือครูประกอบการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ฉบับร่าง) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นอีกครั้งหนึ่ง เพื่อพัฒนาให้เป็นคู่มือครูประกอบการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ฉบับสมบูรณ์

หลังจากนั้น ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบประเมินผลทั้งหมด ได้แก่ คะแนนจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการแต่ละบท คะแนนจากการสอบภาคความรู้ คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการ คะแนนจากการสอบภาคปฏิบัติ และคะแนนจากแบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มาทำการวิเคราะห์ผลแล้วหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ 80/80

การกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินประสิทธิภาพ 80/80

ในกรณีที่ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นไม่ถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้เนื่องจากมีตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ เช่น สภาพห้องเรียน ความพร้อมของผู้เรียน บทบาทและความชำนาญในการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของครู เป็นต้น ผู้วิจัยได้กำหนดระดับความผิดพลาดของเกณฑ์ไว้บวกกลับไม่เกิน 2.5 นั่นคือ ถ้าบทปฏิบัติการมีประสิทธิภาพต่ำกว่า 80 คืออยู่ในช่วง 77.5 - 79% ถือว่าประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ที่มีประสิทธิภาพที่ยอมรับได้

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบภาคความรู้ แบบประเมินทักษะปฏิบัติ และแบบสอบถามเจตคติ โดยผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC)
2. หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการทำแบบสอบถามท้ายบทปฏิบัติการแต่ละบทกับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบภาคความรู้หลังจบบทเรียน โดยคิดเป็นร้อยละ และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ และหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
3. หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการปฏิบัติการทดลองขณะเรียนกับคะแนนที่ได้จากการทำกิจกรรมสอบวัดภาคปฏิบัติหลังจบบทเรียน โดยคิดเป็นร้อยละ และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ และหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
4. หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้านเจตคติจากสูตรทดสอบสมมติฐานกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวแบบ Z-test โดยคัดจำนวนนักเรียนที่มีระดับคะแนนความพึงพอใจตั้งแต่ 85 เปอร์เซนต์ขึ้นไป ซึ่งจากการใช้แบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่นนี้จะคัดนักเรียนที่มีระดับคะแนนความพึงพอใจ ตั้งแต่ 149 คะแนนขึ้นไป (คะแนนเต็ม 175 คะแนน)

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1.1 หาค่าความเที่ยงตรง (Validity) โดยทำการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของบทปฏิบัติการกับเนื้อหาของบทปฏิบัติการ แต่ละบทที่สร้างขึ้น และแบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง

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

เมื่อ IC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเนื้อหาทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

1.2 หาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

จากสูตร

$$\text{diff} = \frac{\sum H + \sum L - (n \text{ Score}_{\min})}{2n (\text{Score}_{\max} - \text{Score}_{\min})}$$

เมื่อ diff แทน ค่าความยากง่าย

$\sum H$ แทน ผลรวมของคะแนนในข้อหนึ่ง ๆ ของกลุ่มสูง

$\sum L$ แทน ผลรวมของคะแนนในข้อหนึ่ง ๆ ของกลุ่มต่ำ

$\text{Score}_{\max}$ แทน คะแนนสูงสุดที่มีผู้ทำได้ในข้อนั้น ๆ

$\text{Score}_{\min}$ แทน คะแนนต่ำสุดที่มีผู้ทำได้ในข้อนั้น ๆ

n แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ ซึ่งมีจำนวนเท่ากัน คือ 25% ของจำนวน

ผู้สอบทั้งหมด

1.3 หาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

จากสูตร

$$\text{disc} = \frac{\sum H + \sum L}{n (\text{Score}_{\max} - \text{Score}_{\min})}$$

เมื่อ disc แทน ค่าอำนาจจำแนก

$\sum H$ แทน ผลรวมของคะแนนในข้อหนึ่ง ๆ ของกลุ่มสูง

$\sum L$ แทน ผลรวมของคะแนนในข้อหนึ่ง ๆ ของกลุ่มต่ำ

$\text{Score}_{\max}$ แทน คะแนนสูงสุดที่มีผู้ทำได้ในข้อนั้น ๆ

Score_{min} แทน คะแนนต่ำสุดที่มีผู้ทำได้ในข้อนั้น ๆ

n แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ ซึ่งมีจำนวนเท่ากัน คือ 25% ของจำนวนผู้สอบทั้งหมด

1.4 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

จากสูตร

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S^2} \right]$$

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

n แทน จำนวนข้อ

S_i^2 แทน คะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ

S^2 แทน คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ

1.5 หาค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (กรณีคะแนน 1 และ 0)

จากสูตร

$$\text{สัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง} = \frac{\text{จำนวนช่วงที่บันทึกตรงกัน}}{\text{จำนวนช่วงที่บันทึกตรงกัน} + \text{จำนวนช่วงที่บันทึกต่างกัน}}$$

1.6 หาค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (กรณีคะแนน 5, 4, 3, 2, 1)

จากสูตร

$$r \text{ หรือ } r_{xy} = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2)(n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X กับตัวแปร Y

n แทน จำนวนคนหรือจำนวนคู่ของข้อมูล

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนดิบของตัวแปร X

$\sum Y$ แทน ผลรวมของคะแนนดิบของตัวแปร Y

$\sum XY$ แทน ผลรวมของผลคูณของคะแนนตัวแปร X กับคะแนนของตัวแปร Y เป็นคู่ ๆ

ในรูปคะแนนดิบ

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนดิบตัวแปร X

$\sum Y^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนดิบตัวแปร Y

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

2.1 การทดสอบหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์มาตรฐาน 80/80

จากสูตร $\frac{E_1}{E_2}$ โดย

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100 \quad \text{และ} \quad E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของการประเมินผลจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียนและการประเมินผลขณะเรียนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ

E_2 แทน ประสิทธิภาพของการประเมินผลของแบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินการสอบภาคปฏิบัติหลังจบการเรียนรู้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ

$\sum X$ แทน คะแนนรวมจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียนและคะแนนรวมขณะเรียนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

$\sum F$ แทน คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

A แทน คะแนนเต็มจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียน และการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ขณะเรียน

B แทน คะแนนเต็มจากการทำแบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

N แทน จำนวนนักเรียน

2.2 หาค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบขณะเรียนและหลังเรียน

จากสูตร $\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2.3 หาค่าความแปรปรวน

จากสูตร $S^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$

เมื่อ S^2 แทน ความแปรปรวน

X แทน คะแนนของนักเรียนแต่ละคน

n แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2.4 หาค่าร้อยละของคะแนนทดสอบขณะเรียนและหลังเรียน จากสูตร

$$\text{ค่าร้อยละ (\%)} = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ f แทน จำนวนคะแนน

N แทน จำนวนคะแนนทั้งหมด

2.5 การหาประสิทธิภาพของเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ใช้วิธีการทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวแบบ Z-test จากสูตร

$$Z = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}}$$

เมื่อ p_0 แทน ค่าสัดส่วนของประชากร

$\hat{p}$ แทน ค่าสัดส่วนของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น โดยนำไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 โรงเรียนอุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อศึกษาในเรื่องต่อไปนี้

1. พัฒนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
2. ศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในด้านความรู้ ทักษะปฏิบัติ และเจตคติ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 4 ระยะ คือ ระยะที่ 1 สืบหาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความต้องการการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรในท้องถิ่นของพื้นที่การศึกษา 2 จังหวัดสุพรรณบุรี ระยะที่ 2 กำหนดขอบเขตและดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ ระยะที่ 3 สร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และระยะที่ 4 หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 4 ระยะ เป็นดังนี้

ระยะที่ 1 สืบหาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความต้องการการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรในท้องถิ่นของพื้นที่การศึกษา 2 จังหวัดสุพรรณบุรี มีขั้นตอนดังนี้

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจความคิดเห็นของบุคคลต่าง ๆ ในพื้นที่การศึกษา 2 จังหวัดสุพรรณบุรี โดยทำการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) อำเภอละ 1 ตำบล ซึ่งสุ่มได้ตำบลบ่อสุพรรณ อำเภอสองพี่น้อง และตำบลหนองไธสง อำเภออุ้มทอง โดยทั้งสองตำบลได้ทำการสำรวจบุคคลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ นักวิชาการเกษตร จำนวน 2 คน ศึกษาในเทศก์ จำนวน 2 คน คณะกรรมการบริหารส่วนตำบล จำนวน 6 คน ครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา (ขยายโอกาส) จำนวน 4 คน ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 4 คน เกษตรกร จำนวน 6 คน รวมทั้งหมด จำนวน 24 คน ผลการสำรวจปรากฏผลดังนี้

1. ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของผู้ตอบแบบสำรวจ

สภาพของผู้ตอบแบบสำรวจ เป็นชาย 14 คน หญิง 10 คน จำแนกตามช่วงอายุได้ดังนี้ อายุ 31 - 40 ปี จำนวน 3 คน, อายุ 41 - 50 ปี จำนวน 19 คน, อายุมากกว่า 50 ปี จำนวน 2 คน

2. ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทางเศรษฐกิจของคนในท้องถิ่น

ท้องถิ่นของผู้ตอบแบบสำรวจประกอบอาชีพหลักในด้านเกษตรกรรม พืชเศรษฐกิจได้แก่ ข้าว และ อ้อย ปัญหาที่เกิดขึ้นกับพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ราคาของผลผลิตตกต่ำ พ่อค้าคนกลางกดราคาราผลผลิต เกษตรกรไม่มีความรู้เท่าที่ควร และผลผลิตต่อไร่ต่ำ ผู้ตอบแบบสำรวจได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหา ดังนี้ ให้มีการตั้งสหกรณ์การเกษตรและนำพืชผลทางการเกษตรมาแปรรูป เช่น อ้อย นำมาทำไวน์ น้ำตาลอ้อย เป็นต้น

3. ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางในการปรับปรุงและแปรรูปพืชเศรษฐกิจในท้องถิ่น

ผู้ตอบแบบสำรวจต้องการให้แปรรูปผลผลิตของพืชในท้องถิ่น เพราะราคาจะได้ดีขึ้น เกษตรกรจะได้มีงานทำนอกเหนือจากการทำนา ทำไร่ แต่เกษตรกรยังไม่มีความรู้ในการแปรรูปดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะเรื่องเทคโนโลยีการหมัก ผู้ตอบแบบสำรวจทั้ง 24 คน ต้องการให้นำผลผลิตพืชในท้องถิ่นมาแปรรูปในรูปของการทำไวน์ ปุ๋ยหมัก อาหารสัตว์ อาหารสำหรับบริโภค ขนม และแอลกอฮอล์

4. ข้อมูลความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการพัฒนาและแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร

ผู้ตอบแบบสำรวจได้แสดงความคิดเห็นเพื่อเสนอแนะการพัฒนาและแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรดังนี้ อ้อย ข้าว ข้าวฟ่าง และมันสำปะหลัง สามารถทำแอลกอฮอล์ได้ แต่เนื่องจากท้องถิ่นยังไม่มีผู้มีความรู้การแปรรูปดังกล่าวจึงไม่มีผู้ดำเนินการ และนอกจากนี้ ใบอ้อย ใบมันสำปะหลัง ใบและต้นข้าวโพด ใบและต้นข้าวฟ่างยังสามารถใช้แปรรูปเป็นอาหารสัตว์ได้

ระยะที่ 2 กำหนดขอบเขต และดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองจะนำเสนอตามลำดับต่อไปนี้

1. การศึกษาการหมักแอลกอฮอล์จากน้ำอ้อย
2. การศึกษาการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย
3. การทดสอบสมบัติของแอลกอฮอล์
4. การผลิตแก๊สโซฮอล์และนำไปทดลองใช้ในเครื่องตัดหญ้า

1. การศึกษาการหมักแอลกอฮอล์จากน้ำอ้อย

ในการศึกษากระบวนการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย ผู้วิจัยได้ทำการทดลองหมักแอลกอฮอล์โดยใช้ยีสต์ขนมปัง (ยีสต์ผง) และยีสต์แซคคาโรไมซีส เซเรวิเซีย (*Saccharomyces cerevisiae*) หมักน้ำอ้อยโดยใช้ความหวานของน้ำตาล 18 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และ 25 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ หมักไว้เป็นเวลา 7, 14, 21 และ 28 วัน ซึ่งแสดงผลการทดลองได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงผลการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย

ชนิดของยีสต์	ความหวาน (เปอร์เซ็นต์ บริกซ์)	สมบัติที่วัด	จำนวนวันที่หมัก				
			ก่อนหมัก	7	14	21	28
ยีสต์ขนมปัง	18	ปริมาณน้ำตาล %บริกซ์	18	9	5	4	4
		เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์	-	6	5	5	5
		กลิ่น	น้ำอ้อย	คล้ายเหล้า	คล้ายเหล้า	คล้ายเหล้า	คล้ายเหล้า
		สี	เหลือง - ขุ่น	เหลือง - ใส	เหลือง - ใส	เหลือง - ใส	เหลือง - ใส
		ฟอง	ไม่เกิด	เกิดฟอง	ไม่เกิด	ไม่เกิด	ไม่เกิด
	25	พีเอช	3.9	3.2	4.2	3.8	2.8
		ปริมาณน้ำตาล %บริกซ์	25	5	4	4	3
		เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์	-	*	*	5	5
		กลิ่น	น้ำอ้อย	คล้ายเหล้า	คล้ายเหล้า	คล้ายเหล้า	คล้ายเหล้า
		สี	เหลือง - ขุ่น	เหลือง - ใส	เหลือง - ใส	เหลือง - ใส	เหลือง - ใส
ยีสต์แซคคาโรไมซีส เซเรวิซีอี	18	ฟอง	ไม่เกิด	เกิดฟอง	ไม่เกิด	ไม่เกิด	ไม่เกิด
		พีเอช	3.9	4.4	4.6	4.2	4.9
	25	ปริมาณน้ำตาล %บริกซ์	25	12	9	6	4
		เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์	-	*	10	6	5
		กลิ่น	น้ำอ้อย	คล้ายเหล้า	คล้ายเหล้า	คล้ายเหล้า	คล้ายเหล้า
		สี	เหลือง - ขุ่น	เหลือง - ใส	เหลือง - ใส	เหลือง - ใส	เหลือง - ใส
		ฟอง	ไม่เกิด	เกิดฟอง	ไม่เกิด	ไม่เกิด	ไม่เกิด
		พีเอช	3.9	3.9	4.3	4.1	3.7

หมายเหตุ - หมายถึง ยังไม่สามารถทำการวัดได้

* หมายถึง ไม่สามารถอ่านค่าที่วัดได้

จากตาราง 3 ยีสต์ที่เหมาะสมกับการนำไปหมักแอลกอฮอล์ ได้แก่ ยีสต์แซคคาโรไมซีส เซเรวิซีอี ความหวานที่ 18 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ หมักเป็นเวลา 7 วัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำยีสต์ ระดับความหวาน และระยะเวลาในการหมักดังกล่าวไปกำหนดขอบเขตในการสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่องการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย

2. การศึกษาการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย

จากการนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คน และ 15 คน ผู้วิจัยได้นำข้อซักถามของนักเรียนในเรื่องความสั้นยาวของท่อนำก๊าซว่ามีผลต่อกระบวนการกลั่นในเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายหรือไม่ มาออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลองตามที่ออกแบบไว้ เพื่อตอบข้อซักถามของนักเรียนดังกล่าว ปรากฏผลดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงผลการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย

ความยาวของท่อนำก๊าซ (เซนติเมตร)	ปริมาตรแอลกอฮอล์ที่กลั่น ได้ 50 นาที (มิลลิลิตร)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ทดสอบการติดไฟ
ไม่ใช้ท่อนำก๊าซ	7	86	ติดไฟ ไม่มีสารเหลืออยู่
5	5	85	ติดไฟ ไม่มีสารเหลืออยู่
10	5	87	ติดไฟ ไม่มีสารเหลืออยู่
15	5	86	ติดไฟ ไม่มีสารเหลืออยู่
20	-	-	-
25	-	-	-
30	-	-	-

จากตาราง 4 ในระยะเวลา 50 นาที เครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย ที่ไม่ใช้ท่อนำก๊าซ และใช้ท่อนำก๊าซที่มีความยาว 5, 10 และ 15 เซนติเมตร สามารถกลั่นแอลกอฮอล์ออกมาได้ 7, 5, 5 และ 5 มิลลิลิตรตามลำดับ ส่วนเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย ที่ใช้ท่อนำก๊าซที่มีความยาว 20, 25 และ 30 เซนติเมตร ไม่สามารถกลั่นแอลกอฮอล์ออกมาได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำผลการทดลองดังกล่าวไปเป็นแนวทางในการสร้างบทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย และนำไปเป็นแนวทางในการตอบข้อซักถามของนักเรียนต่อไป

3. การทดสอบสมบัติของแอลกอฮอล์

ผู้วิจัยทดสอบสมบัติของแอลกอฮอล์ 2 ขั้นตอน คือ

3.1 ทดสอบการติดไฟ

ผู้วิจัยนำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายมาติดไฟ เปรียบเทียบกับเมทานอล เอทานอลและโพรพานอล ผลการทดลองปรากฏว่า แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย สามารถติดไฟได้ดีเช่นเดียวกับเมทานอล เอทานอล และโพรพานอล เกิดการเผาไหม้หมดและไม่มีสารตกค้างเหลืออยู่

3.2 ทดสอบความร้อน เหม่า และกลั่น

ผู้วิจัยนำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย ไปเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำ เปรียบเทียบกับเมทานอล เอทานอล และโพรพานอล โดยชั่งมวลของแอลกอฮอล์ทั้ง 4 ชนิด (ชั่งทั้งตะเกียง) ทั้งก่อนต้มและหลังต้ม และวัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แล้วนำไปคำนวณหาค่าความร้อน ปรากฏผลดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงผลการทดสอบสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์

ชนิดของ แอลกอฮอล์	ก่อนต้ม		หลังต้ม		มวลที่ใช้ ไป (กรัม)	อุณหภูมิ ที่เพิ่มขึ้น	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี ต่อกรัม)
	มวล (กรัม)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	มวล (กรัม)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
แอลกอฮอล์จาก กลั่นลำดับส่วน	195	31	189	79	6	48	1.20
เอทานอล	195	32	190	90	5	58	1.74
เมทานอล	196	32	191.2	92	4.8	60	1.87
โพรพานอล	194	30	191	62	3	32	1.60

จากตาราง 5 พบว่าแอลกอฮอล์จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย ใช้มวลสำหรับต้มน้ำไป 6 กรัม เอทานอล เมทานอล และโพรพานอล ใช้มวลสำหรับต้มน้ำ 5 กรัม, 4.8 กรัม และ 3 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำไปคำนวณหาค่าความร้อนพบว่า แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย เอทานอล เมทานอล และโพรพานอลให้ค่าความร้อนใกล้เคียงกัน คือ 1.20, 1.74, 1.87 และ 1.60 กิโลแคลอรีต่อกรัมตามลำดับ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำวิธีการทดลองและผลการทดลองดังกล่าวไปเป็นแนวทางในการสร้างบทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องการทดสอบสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์

4. การผลิตแก๊สโซฮอล์และนำไปทดลองใช้ในเครื่องตัดหญ้า

ผู้วิจัยนำแอลกอฮอล์จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายผสมกับน้ำมันเบนซินในอัตราส่วน 10 : 90, 20 : 80

และ 30 : 70 แล้วนำไปทดลองใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องตัดหญ้าเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซิน และแก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำการสังเกตการติดของเครื่องยนต์ ทดสอบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยผ่านน้ำปูนใส หาปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โดยใช้เครื่องวัดปริมาณไฮโดรคาร์บอน และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากศูนย์ตรวจสภาพรถเอกชนวิซพลบริการ ตำบลทุ่งคอก อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี ในช่วงเดือนพฤษภาคม ปรากฏผล ดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงผลการทดลองใช้แก๊สโซฮอล์สูตรต่าง ๆ น้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอล์ของ วท.

เครื่องตัดหญ้าที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงจาก	สมรรถนะของเครื่องยนต์ในเครื่องตัดหญ้า		ปริมาณ CO (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ HC (ส่วนในล้านส่วน)
	การติดของเครื่องยนต์	ผ่านน้ำปูนใส		
แก๊สโซฮอล์สูตร 10 : 90	สตาร์ทติดได้ดี	ขุ่นน้อย	3.2	700
แก๊สโซฮอล์สูตร 20 : 80	สตาร์ทติดยาก	ขุ่นน้อย	3.15	750
แก๊สโซฮอล์สูตร 30 : 70	สตาร์ทไม่ติด	-	-	-
น้ำมันเบนซิน	สตาร์ทติดได้ดี	ขุ่นมาก	4.0	9,500
แก๊สโซฮอล์ วท. (10 : 90)	สตาร์ทติดได้ดี	ขุ่นน้อย	2.95	650

จากตาราง 6 แก๊สโซฮอล์สูตร 10 : 90 สามารถสตาร์ทติดได้ดี เมื่อนำไอดีผ่านท่อไอเสียเข้าไปผ่านน้ำปูนใส น้ำปูนใสขุ่นน้อย แก๊สโซฮอล์สูตร 20 : 80 สตาร์ทติดได้ยาก เมื่อนำไอดีผ่านท่อไอเสียเข้าไปผ่านน้ำปูนใส น้ำปูนใสขุ่นน้อย แก๊สโซฮอล์สูตร 30 : 70 สตาร์ทไม่ติด จึงไม่สามารถนำไอดีผ่านน้ำปูนใสได้ ส่วนน้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย สามารถสตาร์ทติดได้ดี เมื่อนำไอดีผ่านน้ำปูนใส น้ำปูนใสขุ่นมากและขุ่นน้อยตามลำดับ

เมื่อนำไปหาค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณไฮโดรคาร์บอน แก๊สโซฮอล์สูตร 10 : 90 มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 3.2 เปอร์เซ็นต์ และ 700 ส่วนในล้านส่วน แก๊สโซฮอล์สูตร 20 : 80 มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 3.15 เปอร์เซ็นต์ และ 750 ส่วนในล้านส่วน แก๊สโซฮอล์สูตร 30 : 70 ไม่สามารถหาปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณไฮโดรคาร์บอนได้ เนื่องจากสตาร์ทไม่ติด น้ำมันเบนซินมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 4 เปอร์เซ็นต์ และ 9,500 ส่วนในล้านส่วน ส่วนแก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 2.95 เปอร์เซ็นต์ และ 650 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับสมนึก จุญจิตเสถียรและคณะ (2544 : 5 - 8) ที่ได้ทดสอบการใช้แก๊สโซฮอล์กับรถจักรยานยนต์สองจังหวะพบว่า รถจักรยานยนต์สองจังหวะที่ใช้แก๊สโซฮอล์และน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เท่ากับ 2.65 เปอร์เซ็นต์และ 2.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณ ไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 864 ส่วนในล้านส่วน และ 9,714 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ

ระยะที่ 3 สร้างและพัฒนามหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์

3.1 สร้างมหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์

จากการศศกรและทดลองในหองปฏิบัติกรวิทยาศศตร์ ผู้วจยนำผลกรทดลองมเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการสร้างมหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศศกรปีที่ 5 โดยสร้างมหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์ พร้อมคู่มือครุประกอบการใช้มหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์ และเครื่องมือในการทดสอบประสทธิภพของ มหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (ภคผนวก ง และภคผนวก จ)

1. มหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์ เรื่องกรผลิตแก๊สโซฮอล้จากพืชในหองถ่นและคู่มือครุประกอบการใช้มหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์ ประกอบด้วยมหปฏิบัติกร 4 มห ได้แก่ มหปฏิบัติกรที่ 1 เรื่องกรหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย มหปฏิบัติกรที่ 2 เรื่องกรกลั่นแอลกอฮอล์ มหปฏิบัติกรที่ 3 เรื่องกรทดสอบสมบัติพื้นฐนของแอลกอฮอล์ และมหปฏิบัติกรที่ 4 เรื่องกรผลิตแก๊สโซฮอล้ใช้เอง

2. แบบทดสอบภคความรู้ท้ายมหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์แบบอตนัย จนวน 7 ข้อ

3. แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศศตร์ 2 ชุดกิจกรรม

4. แบบสอบถามเจตคติต่อมหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์ จนวน 35 ข้อ

ผู้วจยนำมหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์ เรื่องกรผลิตแก๊สโซฮอล้จากพืชในหองถ่น และเครื่องมือในการทดสอบประสทธิภพ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่าน ตรวจสอบเพื่อหาคัดชนีควมสอดคล้อง (IC) ของมหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์ และเครื่องมือในการทดสอบประสทธิภพของมหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์ในด้นความรู้ ทักษะปฏิบัติ และเจตคติ ปรากฏผลดังในภคผนวก ช

3.2 พัฒนามหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์

ผู้วจยนำมหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์ พร้อมคู่มือครุประกอบการใช้มหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์ และเครื่องมือในการทดสอบประสทธิภพของมหปฏิบัติกร ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คน และ 15 คน ปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มย่อย 3 คน และ 15 คน มีควมสมรถในการเรียนรู้จากมหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์ เรื่องกรผลิตแก๊สโซฮอล้จากพืชในหองถ่นใกล้เคียงกัน จากข้อสังเกตของนักเรียนทำให้ผู้วจยลดจนวนมหปฏิบัติกรวิทยาศศตร์เหลือ 4 มห จากเดิม 5 มห โดยผู้วจยนำมหปฏิบัติกรที่ 4 และมหปฏิบัติกรที่ 5 มารวมกัน (ภคผนวก ค และภคผนวก ง) เมื่อนำคะแนนจากแบบทดสอบภคความรู้ไปหาคณภพของแบบทดสอบปรากฏว่า แบบทดสอบภคความรู้ทั้ง 7 ข้อ มีควมยากง่าย อยู่ในช่วง .35 - .78 มีควมอำนจจำแนกอยู่ในช่วง .2 - .8 และมีควมเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เท่ำกับ .56 และเมือหควมเชื่อมั่นของผู้ประเมินทั้ง 2 คน ผลกรหควมเชื่อมั่นปรากฏว่า มีควมเชื่อมั่นในการสังเกตกรปฏิบัติงนกลุ่มของนักเรียน เท่ำกับ .81 และมีควมเชื่อมั่นในการประเมินกิจกรรมสอบวัดทักษะปฏิบัติ เท่ำกับ .83 ซึ่งผลกรหาคณภพของเครื่องมือดังกล่าว ปรากฏในภคผนวก ช

ระยะที่ 4 หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นและผ่านการประเมินจากคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 45 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 บวกลบไม่เกิน 2.5 ซึ่งผลการหาประสิทธิภาพในด้านต่าง ๆ ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แสดงตามลำดับต่อไปนี้

1. ศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในด้านความรู้

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการในด้านความรู้ โดยทำการสอบวัดภาคความรู้ทั้งระหว่างเรียนและหลังจากเรียนจบ ปรากฏผลดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละบทปฏิบัติการ

บทปฏิบัติการเรื่อง	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
การหมักแอลกอฮอล์	10	7.60	76
การกลั่นแอลกอฮอล์	10	7.95	79.5
การทดสอบสมบัติของแอลกอฮอล์	10	7.91	79.1
การผลิตแก๊สโซลล์	10	8.33	83.3
รวม	40	31.67	79.16

จากตาราง 7 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 1 มีค่า 76 ซึ่งมีประสิทธิภาพไม่ถึงเกณฑ์ 80 ตัวแรก ส่วนค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 2, 3 และ 4 มีค่า 79.5, 79.1 และ 83.3 ตามลำดับ ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80 บวกลบไม่เกิน 2.5 และเมื่อพิจารณาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการทุกบทปฏิบัติการทุกบทปฏิบัติการมีค่า 79.16 นั้นหมายความว่าบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นทั้ง 4 บทปฏิบัติการมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 80 ตัวแรกที่กำหนด

เมื่อนำค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการทุกบทปฏิบัติการมาเปรียบเทียบกับค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังการเรียน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตามเกณฑ์ 80/80 ปรากฏดังตาราง 8

ตาราง 8 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียนและแบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียน

แบบทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
ระหว่างเรียน (40 คะแนน)	31.67	79.16 (E ₁)
หลังเรียน (35 คะแนน)	28.96	82.79 (E ₂)

จากตาราง 8 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียนต่อค่าร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบภาคความรู้หลังเรียน มีค่า 79.16/82.79 แสดงว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 บวกลบไม่เกิน 2.5 ที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการศึกษาค้นคว้าข้อ 1

2. ศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในด้านทักษะปฏิบัติ

หลังจากจบการเรียนการสอนทั้ง 4 บทปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการในด้านทักษะปฏิบัติ โดยทำการสอบวัดทักษะปฏิบัติทั้งระหว่างเรียนและหลังจากเรียนจบ ปรากฏผลดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงค่าร้อยละเฉลี่ยจากการประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองระหว่างเรียน (เป็นกลุ่ม) และระหว่างเรียน (รายบุคคล) ในแต่ละบทปฏิบัติการ

บทปฏิบัติการเรื่อง	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
ปฏิบัติการทดลองเป็นกลุ่ม			
การหมักแอลกอฮอล์	20	15.72	78.61
การกลั่นแอลกอฮอล์	20	17.89	89.44
การทดสอบสมบัติของแอลกอฮอล์	20	18.22	91.11
การผลิตแก๊สโซฮอล์	20	18.06	90.27
รวม	80	69.87	87.36
ปฏิบัติการทดลองรายบุคคล			
การหมักแอลกอฮอล์	20	13.20	66.00
การกลั่นแอลกอฮอล์	20	16.00	80.00
การทดสอบสมบัติของแอลกอฮอล์	20	17.69	88.44
การผลิตแก๊สโซฮอล์	20	18.48	92.44
รวม	80	65.47	81.83

ดังนั้น จึงได้นำค่าร้อยละเฉลี่ยจากการประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองระหว่างเรียน (เป็นกลุ่ม) และระหว่างเรียน (รายบุคคล) ในแต่ละบทปฏิบัติการจากตาราง 9 มารวมกันแล้วเฉลี่ยเพื่อคิดเป็น 80 ตัวแรก ปรากฏผลดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงค่าร้อยละเฉลี่ยจากการประเมินทักษะปฏิบัติระหว่างเรียน (เป็นกลุ่มและรายบุคคล)

บทปฏิบัติการเรื่อง	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
การหมักแอลกอฮอล์	40	28.92	72.30
การกลั่นแอลกอฮอล์	40	33.89	84.72
การทดสอบสมบัติของแอลกอฮอล์	40	35.91	89.78
การผลิตแก๊สไฮโดรเจน	40	36.54	91.36
รวม	160	135.27	84.54

จากตาราง 10 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะปฏิบัติระหว่างเรียนของบทปฏิบัติการที่ 1 มีค่า 72.30 ซึ่งมีประสิทธิภาพไม่ถึง 80 ตัวแรก ส่วนบทปฏิบัติการที่ 2, 3 และ 4 มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยเป็น 84.72, 89.78 และ 91.36 ตามลำดับ ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แต่เมื่อพิจารณาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะปฏิบัติระหว่างเรียนทุกบทปฏิบัติการมีค่า 84.54 แสดงว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพด้านทักษะปฏิบัติตามเกณฑ์ 80 บวกลบไม่เกิน 2.5 ตัวแรกที่กำหนด

เมื่อนำค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะปฏิบัติระหว่างเรียน ทุกบทปฏิบัติการมาเปรียบเทียบกับค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองหลังเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตามเกณฑ์ 80/80 ปรากฏผลดังตาราง 11

ตาราง 11 เปรียบเทียบค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองระหว่างเรียนและประเมินทักษะปฏิบัติหลังเรียน

ประเมินทักษะปฏิบัติ	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
ระหว่างเรียน (160 คะแนน)	135.27	84.54 (E_1)
หลังเรียน (30 คะแนน)	26.88	86.70 (E_2)

จากตาราง 11 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองระหว่างเรียนต่อค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองหลังเรียนมีค่า 84.54/86.70 แสดงว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพด้านทักษะปฏิบัติตามเกณฑ์ 80/80 บวกลบไม่เกิน 2.5 ที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการศึกษาค้นคว้าข้อ 2

3. ศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในด้านเจตคติ

หลังจากจบการเรียนการสอนทั้ง 4 บทปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการด้านเจตคติ โดยให้นักเรียนกรอกแบบสอบถามเจตคติหลังจากเรียนจบ ปรากฏผลดังตาราง 12

ตาราง 12 แสดงผลการศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

จำนวนนักเรียน ทั้งหมด	จำนวนนักเรียนที่ได้คะแนน		Z	α
	น้อยกว่า 85 เปอร์เซนต์	เท่ากับและมากกว่า 85 เปอร์เซนต์ขึ้นไป		
45	6	39	1.844*	.05

$$Z (.05 ; df 44) = 1.684$$

จากตาราง 12 มีนักเรียนจำนวน 39 คน ที่ได้คะแนนในด้านเจตคติตั้งแต่ 85 เปอร์เซนต์ขึ้นไป มีค่า $Z = 1.844$ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในด้านเจตคติโดยนักเรียนร้อยละ 75 มีความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการศึกษาค้นคว้าข้อ 3

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น เพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของมาตรการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ในการพัฒนาศักยภาพของนักเรียน ในด้านความรู้ ทักษะปฏิบัติ และเจตคติ โดยมีรายละเอียดของการศึกษาดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของมาตรการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาศักยภาพของนักเรียน ในด้านความรู้ ทักษะปฏิบัติ และเจตคติ

สมมติฐานในการวิจัย

1. มาตรการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในด้านความรู้เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80
2. มาตรการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในด้านทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80
3. มาตรการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในด้านเจตคติ โดยนักเรียนร้อยละ 75 มีความพึงพอใจในการเรียนมาตรการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่นเป็นงานวิจัย เชิงสำรวจ และเชิงทดลอง โดยนำผลการศึกษาค้นคว้าในห้องปฏิบัติการ เกี่ยวกับกระบวนการผลิต และทดสอบสมบัติของแอลกอฮอล์เพื่อผลิตเป็นแก๊สโซลล์สำหรับใช้ในเครื่องยนต์เบนซิน มาพัฒนาเป็นมาตรการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการทดลองสอนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนอู่ทอง อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี สรุปเป็นขั้นตอนการวิจัยได้ 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 สำรวจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความต้องการการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรในท้องถิ่นของพื้นที่การศึกษา 2 จังหวัดสุพรรณบุรี

ระยะที่ 2 กำหนดขอบเขต และดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ

ระยะที่ 3 สร้างและพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

ระยะที่ 4 หาประสิทธิภาพของมาตรการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนอุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 135 คน ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 45 คน ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling) ที่สุ่มมาจากประชากรดังกล่าว

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบภาคความรู้ แบบประเมินทักษะปฏิบัติ และแบบสอบถามเจตคติ โดยผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC)
2. หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการทำแบบสอบถามท้ายบทปฏิบัติการแต่ละบทกับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบภาคความรู้ หลังจบบทเรียน โดยคิดเป็นร้อยละ และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ และหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
3. หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการปฏิบัติการทดลองขณะเรียนกับคะแนนที่ได้จากการทำแบบสอบวัดภาคปฏิบัติหลังจบบทเรียน โดยคิดเป็นร้อยละ และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ และหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
4. หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้านเจตคติจากสูตรทดสอบสมมติฐาน กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวแบบ Z-test โดยคัดจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนความพึงพอใจตั้งแต่ 85 เปอร์เซนต์ขึ้นไป

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยในแต่ละระยะ สรุปได้ดังนี้

1. การสำรวจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความต้องการการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ในท้องถิ่นของพื้นที่การศึกษา 2 จังหวัดสุพรรณบุรี สรุปได้ดังนี้ ท้องถิ่นของผู้ตอบแบบสำรวจประกอบอาชีพหลักในด้านเกษตรกรรม พืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ข้าว และอ้อย ปัญหาที่เกิดขึ้นกับพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ราคาของผลผลิตตกต่ำ เนื่องจากพ่อค้าคนกลางกดราคา ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ทำให้ได้ราคาไม่ดี ผู้ตอบแบบสำรวจต้องการให้มีการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร เพื่อจะได้เพิ่มราคาของผลผลิตพืชเศรษฐกิจให้สูงขึ้น การแปรรูป ได้แก่ ทำปุ๋ยหมัก ทำอาหารสัตว์ ทำอาหาร ขนม ไวน์และแอลกอฮอล์
2. การทดลองศึกษากระบวนการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย วิธีการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย การทดสอบสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์ในเรื่องการติดไฟ ค่าความร้อนในการต้มน้ำและการผลิตแก๊สโซฮอล์ใช้เอง โดยสรุปเป็นลำดับ ดังนี้

2.1 การหมักแอลกอฮอล์

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า กระบวนการหมักแอลกอฮอล์จะได้ผลดีต้องใช้ยีสต์แซคคาโรไมซีส เซเรวิซีอี (*Saccharomyces cerevisiae*) ระดับความหวาน 18 เปอร์เซนต์บริกซ์ หมักไว้เป็นเวลา 7 วัน จะได้แอลกอฮอล์ 10 เปอร์เซนต์บริกซ์ ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปกลั่น

2.2 วิธีการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย

ผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า เครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย ถูกต้องตามหลักการกลั่นลำดับส่วนแต่ใช้เวลาในการกลั่นค่อนข้างนาน ประมาณ 50 นาที ถ้าไม่ใช้ท่อนำก๊าซและใช้ท่อนำก๊าซยาว 5, 10 และ 15 เซนติเมตร จะได้แอลกอฮอล์ ปริมาตร 7, 5, 5 และ 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ แต่ได้ผลดี คือไม่มีน้ำปนอยู่ ส่วนเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายที่ใช้ท่อนำก๊าซยาว 20, 25 และ 30 เซนติเมตร ไม่สามารถกลั่นแอลกอฮอล์ออกมาได้ เนื่องจากแรงดันของตะเกียงไม่สามารถดันไอของของเหลวให้สามารถขึ้นไปกลั่นตัวได้ ดังนั้นความยาวของท่อนำก๊าซจึงมีผลต่อการกลั่นในเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย คือ ถ้าใช้ท่อนำก๊าซที่ยาวเกินไป การกลั่นก็จะไม่ได้ผล ต้องใช้ท่อนำก๊าซที่มีขนาดสั้นจะสามารถกลั่นของเหลวออกมาได้ดี เพราะท่อนำก๊าซมีสมบัติให้ไอของของเหลวผ่านเข้าสู่เครื่องควบแน่นเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ขนาดที่ยาวเกินไป

2.3 ทดสอบการติดไฟและค่าความร้อนของแอลกอฮอล์ในการต้มน้ำ

ผลการทดลองสรุปได้ว่า แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย สามารถติดไฟได้ดีเผาไหม้ไม่มีควัน เขม่า และกลิ่นเช่นเดียวกับเอทานอล เมทานอลและโพรพานอล เมื่อนำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำ สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ดีใกล้เคียงกับเอทานอล เมทานอล และโพรพานอล โดยแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายมีมวลลดลงไป 6 กรัม ในขณะที่เอทานอล เมทานอล และโพรพานอล มีมวลลดลง 5, 4.8 และ 3 กรัม ตามลำดับ แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายให้ค่าความร้อนเท่ากับ 1.20 กิโลแคลอรีต่อกรัม ในขณะที่เอทานอล เมทานอล และโพรพานอล ให้ค่าความร้อนเท่ากับ 1.74, 1.87 และ 1.60 กิโลแคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ

2.4 ผลิตภัณฑ์และทดสอบประสิทธิภาพแก๊สโซฮอล์

ผลการทดลองสรุปได้ว่า สูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแก๊สโซฮอล์ ได้แก่ แก๊สโซฮอล์สูตร 10 : 90 เพราะทำให้เครื่องยนต์สามารถใช้งานได้ดีใกล้เคียงกับน้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ส่วนแก๊สโซฮอล์สูตร 20 : 80 และแก๊สโซฮอล์สูตร 30 : 70 ใช้งานได้ไม่ดีเท่ากับแก๊สโซฮอล์สูตร 10 : 90

เมื่อนำไปหาค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณไฮโดรคาร์บอน แก๊สโซฮอล์สูตร 10 : 90 มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 3.2 เปอร์เซ็นต์ และ 700 ส่วนในล้านส่วน แก๊สโซฮอล์สูตร 20 : 80 มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 3.15 เปอร์เซ็นต์ และ 750 ส่วนในล้านส่วน แก๊สโซฮอล์สูตร 30 : 70 ไม่สามารถหาปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณไฮโดรคาร์บอนได้ เนื่องจากสตาร์ทไม่ติด น้ำมันเบนซินมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 4 เปอร์เซ็นต์ และ 9,500 ส่วนในล้านส่วน ส่วนแก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 2.95 เปอร์เซ็นต์ และ 650 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ

3. การสร้างและพัฒนานบปฏิบัติกรวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ดังนี้ นบปฏิบัติกรวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น จำนวน 5 บท ประกอบด้วย ใบความรู้ นบปฏิบัติกรวิทยาศาสตร์ เอกสาร รายงานผลการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติกรวิทยาศาสตร์ พร้อมคู่มือครูประกอบการใช้ นบปฏิบัติกรวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือในการหาประสิทธิภาพของนบปฏิบัติกรวิทยาศาสตร์ในด้านความรู้ ทักษะปฏิบัติ และเจตคติ เมื่อนำนบปฏิบัติกรวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่นนี้ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่านประเมินเพื่อวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่ามีค่าอยู่ในช่วง .80 - .89 ดังนั้นนบปฏิบัติกรวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น จึงสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้ แต่จากการที่ผู้วิจัยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อยจำนวน 3 คน และ 15 คน ผู้วิจัยได้ลดจำนวน นบปฏิบัติกรลงเหลือ 4 บทปฏิบัติกร ดังปรากฏในภาคผนวก ค และภาคผนวก ง เมื่อนำคะแนนจากแบบทดสอบภาคความรู้ไปหาคุณภาพของแบบทดสอบปรากฏว่า แบบทดสอบภาคความรู้ทั้ง 7 ข้อ มีค่าความยากง่าย อยู่ในช่วง .35 - .78 มีค่าอำนาจจำแนก อยู่ในช่วง .2 - .8 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เท่ากับ .56 และเมื่อหาความเชื่อมั่นของผู้ประเมินทั้ง 2 คน ผลการหาความเชื่อมั่นปรากฏว่า มีค่าความเชื่อมั่นในการสังเกตการปฏิบัติงานกลุ่มของนักเรียน เท่ากับ .81 และมีค่าความเชื่อมั่นในการประเมินกิจกรรมสวดวัดทักษะปฏิบัติ เท่ากับ .83 ซึ่งผลการหาคุณภาพของเครื่องมือดังกล่าว ปรากฏในภาคผนวก ข

4. การหาประสิทธิภาพของนบปฏิบัติกรวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าการพัฒนานบปฏิบัติกรวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น มีประสิทธิภาพในด้านความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ มีประสิทธิภาพ 79.16/82.79 มีประสิทธิภาพในด้าน ทักษะปฏิบัติสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ มีประสิทธิภาพ 84.54/86.70 และมีประสิทธิภาพในด้านเจตคติ โดยนักเรียนร้อยละ 75 มีความพึงพอใจในการเรียนนบปฏิบัติกรวิทยาศาสตร์ (ภาคผนวก ข)

อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้ เสนอตามลำดับผลการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

1. ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความต้องการการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ในท้องถิ่นของพื้นที่การศึกษา 2 จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่าท้องถิ่นประกอบอาชีพหลักในด้านเกษตรกรรม พืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ข้าว และอ้อย ท้องถิ่นต้องการให้มีการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรในรูปของการทำปุ๋ยหมัก ทำอาหารสัตว์ ทำอาหาร ขนม ไวน์และแอลกอฮอล์ ซึ่งผลการสำรวจสอดคล้องกับผู้วิจัยได้คาดไว้ว่าท้องถิ่นมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถผลิตแก๊สโซลล์ เนื่องจากว่าผู้ตอบแบบสำรวจเป็นผู้ที่มีความรู้และติดตามข่าวสารวิทยาการใหม่ ๆ ของบ้านเมืองอยู่ตลอดเวลา เกษตรกรบางคนถึงแม้จะจบการศึกษาแค่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 แต่ได้มีการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมตลอดเวลา บางคน ได้ไปศึกษาโครงการการศึกษาต่อเนื่องของมหาวิทยาลัย สุโขทัยธรรมมาธิราช จนสามารถนำความรู้ที่ได้เทียบศึกษาต่อในระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยในสาขาส่งเสริมการเกษตรได้ (คุณธงชัย เพชรพูนพิพัฒน์) และในขณะที่ผู้วิจัยทำการสำรวจ โดยการพูดคุยกับเกษตรกร ผู้วิจัยพบว่าเกษตรกรมีความรู้ในเรื่องการผลิตแก๊สโซลล์ค่อนข้างดี และบางคนยังให้ความรู้เพิ่มเติมกับผู้วิจัย

ด้วยว่า แก๊สโซฮอล์มีวิธีการผลิตอย่างไร และเกิดประโยชน์ต่อวงการพลังงานเชื้อเพลิงมากน้อยเพียงใด ดังนั้น จึงทำให้ผู้วิจัยได้ผลการสำรวจตามที่คาดไว้ดังกล่าว

2. การดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสามารถอธิบาย ได้ดังนี้

2.1 กระบวนการหมักแอลกอฮอล์

ผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า กระบวนการหมักแอลกอฮอล์ที่สามารถนำผลไปสร้างเป็นบทปฏิบัติการนั้นใช้ยีสต์แซคคาโรไมซีส เซเรวิซีอี ความเข้มข้นของน้ำตาล 18 เปอร์เซ็นต์ปริมาตรสารละลายแล้วได้เอทานอลร้อยละ 10 โดยปริมาตร ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการหมักของธีรภัทร ศรีนรคุตร (2544 : 60) ที่กล่าวไว้ว่ากระบวนการหมักแอลกอฮอล์ต้องใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลไม่เกิน 18 เปอร์เซ็นต์ปริมาตรหมักโดยใช้ยีสต์แซคคาโรไมซีส เซเรวิซีอี เป็นเวลา 7 วัน จะได้เอทานอล 10 เปอร์เซ็นต์ ที่เหมาะกับการนำไปกลั่น และสนใจ ศิริโชค (2544 : 306) ได้กล่าวว่า สับسترที่ใช้ในการผลิตเอทานอลควรเป็นน้ำตาลจากบีท หรืออ้อย และจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการหมักนิยมใช้ยีสต์แซคคาโรไมซีส เซเรวิซีอี เพราะจะทำให้ได้ปริมาณของแอลกอฮอล์มากขึ้น

2.2 การกลั่นแอลกอฮอล์

2.2.1 หลักการของเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย มีความสอดคล้องกับหลักการกลั่นลำดับส่วน คือเริ่มจากการให้ความร้อนกับของผสม ของผสมที่มีจุดเดือดต่ำกว่าระเหยกลายเป็นไอออกมา ก่อน แล้วควบแน่นกลายเป็นของเหลวออกมา ซึ่งสอดคล้องกับสุภาพ บุญยะรัตเวช (2540 : 36) ที่กล่าวว่าเมื่อให้ความร้อนกับของผสม ของผสมที่มีจุดเดือดต่ำกว่าจะระเหยกลายเป็นไอออกมา ก่อน เมื่อไอของของเหลวปะทะกับเครื่องควบแน่นจะกลั่นตัวเป็นของเหลวออกมา

2.2.2 จากการทดลองเพื่อตอบข้อคำถามของนักเรียนที่ว่า ความยาวของท่อนำก๊าซมีผลต่อการกลั่นของเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายหรือไม่ ผู้วิจัยได้นำข้อคำถามดังกล่าวมาออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่าความยาวของท่อนำก๊าซมีผลต่อการกลั่นของเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย คือ ถ้าใช้ท่อนำก๊าซยาวเกินไปจะไม่สามารถนำไอของของเหลวให้ขึ้นไปกลั่นตัวเป็นของเหลวได้ แต่ถ้าใช้ท่อนำก๊าซที่มีขนาดไม่ยาวมากจะสามารถนำไอของของเหลวให้ขึ้นไปกลั่นตัวเป็นของเหลวได้ ดังนั้นในการทดลอง ควรใช้ท่อนำก๊าซที่มีความยาวไม่เกิน 5 หรือ 10 เซนติเมตร

2.3 ทดสอบการติดไฟ และค่าความร้อนในการต้มน้ำ

แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายสามารถติดไฟได้ดีเช่นเดียวกับเอทานอล เมทานอล และโปรพานอล ซึ่งเป็นไปตามสมบัติของเอทานอลที่มีความไวไฟ ดังนั้นจึงติดไฟได้ง่าย (สุภาพ บุญยะรัตเวช, 2540 : 109) เมื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำเพื่อคำนวณหาค่าความร้อน แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายสามารถให้ค่าความร้อนได้ใกล้เคียงกับเอทานอลซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ชนิดเดียวกันและมีค่าใกล้เคียงกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้คำนวณค่าความร้อนของแอลกอฮอล์ไว้ในหนังสือคู่มือครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 5 ว 305 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 คือมีค่า 1.538 กิโลแคลอรีต่อกรัม

2.4 ผลผลิตแก๊สโซฮอล์และทดสอบประสิทธิภาพแก๊สโซฮอล์

ผลการทดลองพบว่า สูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแก๊สโซฮอล์ ได้แก่ แก๊สโซฮอล์สูตร 10 : 90 เพราะทำให้เครื่องตัดหญ้าสามารถใช้งานได้ดีใกล้เคียงกับน้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ส่วนแก๊สโซฮอล์สูตร 20 : 80 และแก๊สโซฮอล์สูตร 30 : 70 ใช้งานได้ไม่ดีเท่ากับแก๊สโซฮอล์สูตร 10 : 90 ซึ่งสอดคล้องกับศิริพร วิหคโต (2544 : 22) ที่กล่าวว่า ในการผลิตแก๊สโซฮอล์เพื่อใช้ในเครื่องยนต์ที่ไม่ได้ดัดแปลงเครื่องยนต์นั้นสูตรที่เหมาะสมที่สุดคือ ใช้เอทานอลในอัตราส่วน 1 ต่อ น้ำมันเบนซิน 9 ก็จะได้เป็นแก๊สโซฮอล์ซึ่งมีค่าออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 และสมใจ ศิริโชค (2544 : 306) ได้กล่าวไว้ว่าการผลิตแก๊สโซฮอล์ ได้จากการใช้เอทานอลร้อยละ 10 ผสมในแก๊สโซลีน

ผลการหาปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณไฮโดรคาร์บอน แก๊สโซฮอล์ สูตร 10 : 90 มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 3.2 เปอร์เซ็นต์ และ 700 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยที่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 2.95 เปอร์เซ็นต์ และ 650 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าน้ำมันเบนซินซึ่งสอดคล้องกับสมนึก จุญจิจิตเสถียรและคณะ (2544 : 5 - 8) ที่ได้ทดสอบการใช้แก๊สโซฮอล์กับรถจักรยานยนต์สองจังหวะพบว่า รถจักรยานยนต์สองจังหวะที่ใช้แก๊สโซฮอล์และน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เท่ากับ 2.65 เปอร์เซ็นต์และ 2.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 864 ส่วนในล้านส่วน และ 9,714 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ และพบว่าการใช้แก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิงทำให้ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดีกว่า การใช้น้ำมันเบนซิน และสามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสารไฮโดรคาร์บอนในไอเสียช่วยให้สภาพแวดล้อมสะอาดปราศจากสารพิษ

3. การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อยโรงเรียนดอนคาวิทยา จำนวน 3 คน และ 15 คน ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มนักเรียน 15 คน เป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ซึ่งมีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อน โดยผู้วิจัยดำเนินการจัดกลุ่มกลุ่มย่อย 5 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 เก่ง ปานกลาง อ่อน, กลุ่มที่ 2 ปานกลาง ปานกลาง อ่อน, กลุ่มที่ 3 เก่ง อ่อน อ่อน, กลุ่มที่ 4 ปานกลาง ปานกลาง ปานกลาง และกลุ่มที่ 5 ปานกลาง อ่อน อ่อน ซึ่งผลการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนทั้ง 5 กลุ่ม มีความสามารถในการเรียนรู้จากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ใกล้เคียงกัน นั้นหมายความว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถใช้ได้กับนักเรียนทั้งในความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น เน้นการทดลองเป็นหลัก และการทดลองดังกล่าวเอื้อให้นักเรียนเกิดความรู้ เกิดทักษะไปในตัว นักเรียนไม่ต้องเคร่งเครียดกับการเรียนก็สามารถเข้าใจบทเรียนได้ดี เพราะนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับภพ เลหาไพบุลย์ (2544 : 171) ที่กล่าวไว้ว่าการสอนแบบทดลองนั้นทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน ได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรง นักเรียนจึงเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน และจากการที่ผู้วิจัยลดจำนวนบทปฏิบัติการลงเหลือ 4 บท จากเดิม 5 บท เนื่องจากว่าขณะที่ทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อยจำนวน 3 คน และ 15 คน มีนักเรียนกลุ่มหนึ่งได้บอกกับผู้วิจัย สรุปได้ว่า บทปฏิบัติการที่ 4 ตอนที่ 2 กับบทปฏิบัติการที่ 5 ตอนที่ 1

ไม่สามารถปฏิบัติทดลองได้ เพราะเป็นการระดมความคิดเห็นในการวางแผนและคิดสูตรแก๊สโซฮอล์ และเมื่อทำกิจกรรมทั้งสองบทปฏิบัติการนี้รู้สึกรู้สึกว่ามีความซ้ำซ้อนกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำมาวิเคราะห์ปรากฏว่าเป็นดังที่นักเรียนตั้งข้อสังเกต ส่วนกิจกรรมสอบวัดก็เช่นเดียวกัน ในขณะที่ให้นักเรียนลองสอบทักษะปฏิบัติผู้วิจัยสังเกตเห็นว่าการปฏิบัติของกิจกรรมที่ 1 กับกิจกรรมที่ 2 มีความคล้ายคลึงกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้รวมกิจกรรมทั้งสองนั้นไว้ด้วยกัน

4. การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่นไปหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ในด้านต่าง ๆ นั้น สามารถอธิบายได้ดังนี้

4.1 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพในด้านความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 79.16/82.79 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น เป็นเรื่องเกี่ยวกับพลังงานเชื้อเพลิงที่กำลังได้รับความนิยมสูงอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้น ส่งผลให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นนักเรียนที่อยู่ในช่วงวัยรุ่น ชอบใช้รถจักรยานยนต์เป็นพาหนะ มีความสนใจอยากทดลองนำไปใช้เอง (จากการสัมภาษณ์ปากเปล่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนอุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ปีการศึกษา 2545) จึงตั้งใจและพยายามศึกษาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ ส่งผลให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพในด้านความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังกล่าว

ประการที่สอง รูปแบบการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นรูปแบบที่นำตัวความรู้มาพัฒนาเป็นการทดลองอย่างเด่นชัด นักเรียนไม่จำเป็นต้องอ่านความรู้เพิ่ม เพราะการทดลองเป็นความรู้ให้โดยตรง ดังนั้นจึงส่งผลให้ความรู้ที่นักเรียนได้รับไม่ใช่ความรู้ที่เกิดจากการท่องจำแต่เป็นความรู้ที่ซึมซับเข้าไปในตัวนักเรียน โดยที่นักเรียนไม่ต้องท่องจำแต่ประการใด เพราะนักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการทดลองสอดคล้องกับที่บุญชม ศรีสะอาด (2528 : 278 - 279) ได้กล่าวว่า การสอนแบบฝึกปฏิบัติทำให้การศึกษาเป็นการศึกษาที่สมบูรณ์ ผสมผสานกันทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริงหรือสื่อ และลงมือทำด้วยตนเอง ช่วยให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

ประการที่สาม รูปแบบการทดลองของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มุ่งให้นักเรียน คิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง ประกอบกับมีรูปแบบการทดลองที่ทำทลายความคิดของนักเรียน โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะ ส่งผลให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งอยู่ในช่วงวัยรุ่นสนใจที่จะศึกษา เพราะนักเรียนในช่วงวัยนี้สามารถที่จะคิดสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ สามารถคิดเหตุผลได้ทั้งอนุมานและอุปมานและมีหลักการ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2541 : 88)

ประการที่สี่ รูปแบบการทดลองของบทปฏิบัติการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกความคิด ฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทน ถ้ายอมการเรียนรู้ได้ ทำให้สามารถจดจำเนื้อหาได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ (ภพ เลหาไพบูลย์, 2541 : 156) ส่งผลให้ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอรอุมา ละมุล (2541 : 117) ที่ได้ศึกษาและพัฒนามาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องความสามารถของวัสดุ

ธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนัก ที่ใช้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่าทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สามารถทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น เนื่องจากทบทปฏิบัติการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิด ฝึกค้นคว้าได้ด้วยตนเอง และมีรูปแบบการทดลองที่น่าสนใจ

4.2 ทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพในด้านทักษะปฏิบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 84.54/86.70 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก ทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น เป็นเรื่องที่จำลองระบบการผลิตแก๊สโซลล์จากระบบอุตสาหกรรมมาเป็นการผลิตแก๊สโซลล์ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้วัสดุที่หาง่ายในท้องถิ่นและห้องปฏิบัติการมาเชื่อมโยงกัน และมีวัสดุอุปกรณ์บางอย่างที่นักเรียนไม่เคยใช้หรือศึกษาที่ใดมาก่อน เช่น เครื่องวัดน้ำตาล เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ยีสต์ ซึ่งจากการที่ผู้วิจัยได้สังเกตและสอบถามนักเรียนอย่างไม่เป็นทางการขณะปฏิบัติทดลองพบว่า นักเรียนส่วนมากชอบใช้เครื่องวัดน้ำตาล เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ และชอบเขี่ยเชื้อยีสต์ โดยนักเรียนให้เหตุผลในลักษณะเดียวกันว่าไม่เคยเห็นหรือใช้อุปกรณ์เหล่านี้มาก่อน เมื่อได้ทดลองจึงสนใจ เกิดความสนุกสนานและกระตือรือร้นในการใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ และที่สำคัญวัสดุและอุปกรณ์เหล่านี้ง่ายต่อการใช้และศึกษา จึงส่งผลให้ทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพในด้านทักษะปฏิบัติ

ประการที่สอง ทบทปฏิบัติการช่วยให้นักเรียนเรียนได้ดี สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ในด้านการนำไปใช้ ผู้วิจัยสามารถเห็นผลการสอนของผู้วิจัยว่านักเรียนปฏิบัติได้จริงหรือไม่ เช่น วิธีการถ่ายเทสาร การใช้กระดาษลิตมัสทดสอบกรด-เบส หรือแม้แต่เทคนิคการดมสาร เป็นต้น นักเรียนจึงมีโอกาสร่วมปรับปรุงวิธีการใช้ได้ทันทีและถูกต้องซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด บุญชม ศรีสะอาด (2528 : 279) และไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2536 : 95 - 96) กล่าวว่า การสอนแบบฝึกปฏิบัติช่วยให้นักเรียนเรียนได้ดี บรรลุวัตถุประสงค์ในด้านการนำไปใช้ ทำให้ครูผู้สอนมีโอกาสเห็นผลการสอนของตนทันทีว่านักเรียนปฏิบัติได้จริงหรือไม่ จึงส่งผลให้การเรียนในแต่ละบทปฏิบัติการสูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งสอดคล้องกับลัดดาวัลย์ กัดหลสุวรรณ (2534 : 1) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนได้รับการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ในการเรียนสามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแนวคิดและแนวทางในการปฏิบัติกิจกรรมทำให้นักเรียน เกิดความรู้ ความเข้าใจ เกิดทักษะและมีความกระตือรือร้นในการเรียนส่งผลให้การเรียนดียิ่งขึ้น

ประการที่สาม การสอนแบบฝึกปฏิบัติเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองเนื่องจาก นักเรียนจะเป็นผู้ออกแบบการทดลอง ทำการทดลองเอง วิเคราะห์เหตุผล ทดสอบสมมติฐานและสรุปอภิปรายผลเอง จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นานกว่าการเรียนจากสัญลักษณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจิรพรรณ ทะเขียว (2543 : บทคัดย่อ) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์มีทักษะภาคปฏิบัติสูงกว่าการสอนตามคู่มือครู เนื่องจากว่านักเรียนได้ฝึกปฏิบัติและหยิบจับอุปกรณ์ได้ด้วยตนเอง วางแผนและดำเนินการทดลองเอง จึงส่งผลให้การเรียนสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ประการที่สี่ การสอนแบบฝึกปฏิบัติเปิดโอกาสให้นักเรียนได้หยิบจับและเลือกใช้อุปกรณ์ในการทดลองด้วยตนเอง จึงทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้กฎเกณฑ์และข้อเท็จจริงที่อยู่รอบ ๆ ตัวได้อย่างลึกซึ้งรวดเร็วโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรง และยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นพบหลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ได้อย่างอิสระ และแก้ปัญหาในการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง (สุเทพ อุตสาหะ. 2526 : 68) ดังนั้นจึงส่งเสริมให้นักเรียนเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากและมีทักษะปฏิบัติมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ บีสลีย์ (Beasley. 1979 : 5428 - A) ได้ศึกษาผลของการฝึกทักษะปฏิบัติการเคมีโดยใช้วิธีปฏิบัติพบว่า นักเรียนที่ได้รับการฝึกทักษะปฏิบัติการทดลองจริงมีความสามารถในการปฏิบัติงานได้สูงขึ้น แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก

4.3 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพในด้านเจตคติตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ นักเรียนร้อยละ 75 มีความพึงพอใจในการเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น เป็นเรื่องเกี่ยวกับพลังงานเชื้อเพลิงที่กำลังได้รับความนิยมสูงอยู่ในปัจจุบัน เป็นเรื่องใหม่ที่นักเรียนไม่เคยศึกษาและมีการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ มากโดยใช้งานไม่ยุ่งยาก เช่น ใช้เครื่องวัดน้ำตาล เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ได้รู้จักยีสต์ และได้ศึกษานอกห้องเรียนในเรื่องของการใช้เครื่องตัดหญ้า ส่งผลให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นนักเรียนที่อยู่ในช่วงวัยรุ่น รู้สึกสนุกสนาน ไม่เคร่งเครียดในการเรียน จึงส่งผลให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีประสิทธิภาพในด้านเจตคติตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังกล่าว ซึ่งทิศนา แคมมณี (2536 : 68) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้กระทำ รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง จะช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้สึกพร้อมและกระตือรือร้นที่จะเรียนและเรียนอย่างมีชีวิตชีวา นักเรียนจึงมีความสนใจในการเรียนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิรงรอง โรจนกุล (2530 : 97 - 100) ที่ได้ศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการสอนด้วยการใช้แผ่นโปร่งใสกับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แผ่นโปร่งใสมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่าการสอนตามคู่มือครู

ประการที่สอง นักเรียนหญิงส่วนมากสนใจ เรื่องการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย เพราะต้องการนำหลักการไปใช้หมักไวน์รับประทานเองภายในครอบครัวและเพื่อส่งขายตามท้องตลาด บางคนให้เหตุผลว่าจะหมักไว้นขายอย่างเป็นล่ำเป็นสัน โดยปรึกษากับผู้วิจัยเสมอว่าต้องไปซื้อยีสต์ที่ใด เมื่อหมักแล้วจะดำเนินการเรื่องการตลาดในการส่งสินค้าอย่างไร และที่บ้านของนักเรียนหญิงบางคนคุณยายหมักสุราและแบ่งขายหากขายส่วนนักเรียนชายบางคนต้องการที่จะผลิตน้ำมันไว้เติมรถจักรยานยนต์ของตน จึงสนใจเรื่องการผลิตแก๊สโซลล์ หลังจากการเรียนการสอนในบทปฏิบัติการที่ 4 จบลง นักเรียนชายต่างมาแย่งกันเพื่อขอแก๊สโซลล์ที่ผลิตขึ้นไปทดลองใช้ในเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ของตน จึงส่งผลให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพในด้านเจตคติตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังกล่าว

ประการที่สาม บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาและค้นคว้าด้วยตนเอง

เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ มีส่วนร่วมในการทดลอง เกิดการอ่าน การตอบคำถาม การอภิปรายร่วมกับเพื่อน ๆ ในชั้นเรียน จึงทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกสนานในการเรียนและบรรยากาศการเรียนไม่เคร่งเครียด ซึ่งณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2539 : 176 - 177) ได้กล่าวไว้ตอนหนึ่งว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ พึงให้บุคคลได้เรียนรู้เรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย และพึงกระตุ้นให้บุคคลแสดงออก เช่น การเล่น การทดลอง การสำรวจ การอ่าน การตอบคำถาม รวมทั้งให้มีโอกาสถ่ายทอดและเปลี่ยนความคิดกับบุคคลอื่น ทำให้เขาได้รับประสบการณ์ที่น่าพึงพอใจและสนุกสนาน ส่งผลต่อการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อการเรียน

ประการที่สี่ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีเนื้อหาที่เข้าใจง่าย มีการใช้ความคิดในการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา นักเรียนจึงมีส่วนร่วมในการเรียนทั้งในด้านการคิด การแก้ปัญหาและการดำเนินการทดลองทุกขั้นตอน จึงส่งผลให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพด้านเจตคติตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับคณะอนุกรรมการพัฒนาหลักสูตรและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525 : 57 - 58) ที่กล่าวไว้ว่า ในการเรียนการสอนครูผู้สอนควรใช้คำถามหรือสร้างสถานการณ์ต่าง ๆ เพราะจะสามารถช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ได้

ข้อสังเกตที่ได้จากการวิจัย

ผู้วิจัยมีข้อสังเกตที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

4.1 นักเรียนยังขาดทักษะในการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงได้นำเอกสารเกี่ยวกับทักษะการใช้อุปกรณ์ที่ผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ให้นักเรียนไปศึกษาเพิ่มเติม

4.2 นักเรียนยังไม่สามารถวางแผนการทดลองและดำเนินการทดลองเองได้ ซึ่งในช่วงแรกผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการสอนเพื่อปรับพื้นฐานให้กับนักเรียนก่อนที่จะมีการเรียนการสอนจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

4.3 ในช่วงแรกของการเรียนการสอนจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยพบว่านักเรียนค่อนข้างเฉื่อยชาต่อการเรียนจากบทปฏิบัติการ เพราะนักเรียนเคยชินกับการนั่งฟังครูอธิบาย เพื่อบอกเนื้อหาและนักเรียนจะไม่กล้าที่จะหยิบจับอุปกรณ์ต่าง ๆ เพราะกลัวว่าอุปกรณ์เหล่านี้จะเสียหาย เนื่องจากในการเรียนการสอนที่ผ่านมาไม่ได้ดำเนินการทดลองเท่าใดนัก

4.4 นักเรียนยังขาดทักษะในการเขียนตอบข้อคำถามแบบอัตนัย ซึ่งสังเกตได้จากผลการหาประสิทธิภาพในด้านความรู้ขณะเรียนของบทปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนไม่ถึงเกณฑ์ 80 ตัวแรก

4.5 นักเรียนชอบบรรยากาศในการเรียนการสอนที่ไม่เคร่งเครียด ไม่ยึดติดกับคะแนนและครูผู้สอนที่เป็นกันเองกับนักเรียน ซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนกล้าถามเมื่อไม่เข้าใจ กล้าตอบและกล้าอภิปรายโดยไม่กังวลว่าคำตอบของตนจะถูกหรือผิด

4.6 นักเรียนชอบศึกษานอกสถานที่ ซึ่งสังเกตได้จากการที่นักเรียนศึกษาบทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องการทดสอบประสิทธิภาพแก๊สโซฮอล์ นักเรียนจะกระตือรือร้นและสนุกในการทดลองมาก

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่ได้จากผลการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไปสำหรับครู

1.1 ก่อนที่จะนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการเรียนการสอน ครูผู้สอนควรศึกษาและทำการทดลองก่อนที่จะมีการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทุกขั้นตอนและทุกครั้ง

1.2 ในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยพบว่านักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เช่น การใช้กระดาษทดสอบความเป็นกรด - เบส ซึ่งเป็นทักษะปฏิบัติขั้นพื้นฐาน ผู้วิจัยพบว่านักเรียนทุกคนไม่สามารถใช้กระดาษทดสอบความเป็นกรด - เบส ได้ถูกต้อง ดังนั้นครูผู้สอนควรแนะนำวิธีการใช้อุปกรณ์หรือนำนักเรียนไปศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองในรูปของการรายงานและ/หรือการทำบอร์ดในเรื่องดังกล่าว ก่อนที่จะให้นักเรียนลงมือทำการทดลอง

1.3 ในการทดลองเนื่องจากมีนักเรียนจำนวนมาก และบางโรงเรียนขาดแคลนอุปกรณ์ ครูผู้สอนอาจแบ่งให้นักเรียนทำการทดลองเป็นกลุ่มโดยไม่จำเป็นต้องทำการทดลองเหมือนกันหมด เช่น ในการทดลองเรื่องการหมักแอลกอฮอล์ ครูอาจแบ่งให้แต่ละกลุ่มหมักน้ำอ้อยที่มีความหวานกลุ่มระดับความหวานและนำมาเปรียบเทียบแล้วอภิปรายร่วมกัน ดังนี้ ถ้ามี 9 กลุ่ม อาจกำหนดให้ กลุ่ม 1 - 5 ใช้ความหวาน 25 เปอร์เซ็นต์ กลุ่ม 6 - 9 ความหวาน 18 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ แล้วนำผลมาอภิปรายและสรุปร่วมกัน

1.4 ในการทดลองควรให้นักเรียนวางแผนและออกแบบการทดลองเอง เพราะจะทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจและวิเคราะห์ อภิปรายและสรุปผลการทดลองได้อย่างถ่องแท้ แต่ถ้านักเรียนไม่สามารถวางแผนการทดลองได้ครูผู้สอนควรให้แนวทางหรือยกตัวอย่างหลาย ๆ แบบโดยชี้ให้เห็นเหตุผลการออกแบบและจุดแตกต่างก่อนที่จะศึกษาจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1.5 ในการทดลองหมักแอลกอฮอล์ กรณีใช้เครื่องวัดน้ำตาล วัดปริมาณน้ำตาลในอ้อยนั้น ถ้าโรงเรียนไม่มีเครื่องมือดังกล่าวสามารถใช้การประมาณได้ เช่น ถ้าต้องการเจือจางน้ำอ้อยที่มีความหวาน ของน้ำตาล 23 - 25 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ให้มีความหวาน ประมาณ 10 - 18 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ให้เติมน้ำสะอาดหรือน้ำกลั่นลงไปโดยน้ำอ้อย 1,000 มิลลิลิตร ที่มีความหวาน ของน้ำตาล 23 - 25 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เติมน้ำสะอาดหรือน้ำกลั่นลงไปประมาณ 500 มิลลิลิตร จะได้ความหวานของน้ำตาลประมาณ 16 - 18 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ถ้าพืชที่ใช้ทดลองไม่ใช่อ้อยแต่ใช้ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว ในปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ให้เติมน้ำเชื่อมหรือน้ำตาลทรายลงไป ประมาณ 2 - 3 ช้อน จะได้ความหวานของน้ำตาลประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ แล้วเติมน้ำสะอาดหรือน้ำกลั่นลงไปประมาณ 500 มิลลิลิตร ก็จะได้ความหวานของน้ำตาลประมาณ 16 - 18 เปอร์เซ็นต์บริกซ์

1.6 ในการทดลองหมักแอลกอฮอล์ ไม่ควรให้นักเรียนใช้ฝาปิดขวดน้ำหมักให้สนิทเกินไป เพราะการทำปฏิกิริยากันของน้ำหมักอาจทำให้ขวดแตกหรือระเบิดได้ เนื่องจากในช่วง 3 - 5 วันแรกของการหมักปฏิกิริยาของการหมักอยู่ในช่วงถ่ายเทก๊าซให้กับสิ่งแวดล้อม และควรตั้งน้ำหมักไว้ในที่ที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก เพื่อช่วยให้กระบวนการหมักเป็นไปอย่างสมบูรณ์

1.7 ในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการกลั่นแอลกอฮอล์ ครูผู้สอนอาจให้นักเรียนใช้อุปกรณ์ที่นอกเหนือจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ได้เพราะบทปฏิบัติการเป็นเพียงแนวทางให้เท่านั้น

1.8 ในการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย ไม่จำเป็นต้องให้นักเรียนต้องกลั่นแอลกอฮอล์ออกมาได้จำนวนมากเพียงแต่ให้นักเรียนทดลองเพื่อทราบหลักการเท่านั้นเพราะจะใช้เวลามาก แอลกอฮอล์สำหรับใช้ในบทปฏิบัติการที่ 3 และบทปฏิบัติการที่ 4 ครูผู้สอนสามารถกลั่นเตรียมไว้ให้ได้ หรือถ้านักเรียนต้องการกลั่นให้ได้จำนวนมาก ให้นักเรียนทำการทดลองนอกเวลาเรียนได้โดยครูผู้สอนควรเป็นผู้ชี้แนะอยู่ใกล้ ๆ เนื่องจากการกลั่นสามารถก่อให้เกิดอันตรายได้ตลอดเวลา

1.9 ในการทดลองใช้เครื่องตัดหญ้าต้องใช้อย่างระมัดระวัง เพราะมีอันตรายสูงมาก หรือถ้าต้องการให้นักเรียนใช้เองควรมีสายพานของเครื่องตัดหญ้าออกก่อน เพราะถ้าไม่มีสายพานที่ตัดก็จะไม่สามารถทำงานและทำอันตรายต่อนักเรียนได้ และสายยางที่ต่อจากท่อไอเสียเพื่อใช้น้ำก๊าซผ่านน้ำปูนใสควรใช้สายยางทนความร้อน เพราะท่อไอเสียของเครื่องตัดหญามีความร้อนสูงมาก

1.10 ในการเขียนข้อสอบอัตนัย นักเรียนบางคนยังขาดทักษะในการเขียนตอบ ครูผู้สอนควรแนะนำเทคนิคการเขียนเพิ่มเติมให้กับนักเรียนเพราะนักเรียนยังเคยชินกับการทำข้อสอบแบบปรนัย

2. ข้อเสนอแนะทั่วไปสำหรับนักเรียน

2.1 นักเรียนสามารถนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปใช้ศึกษาค้นคว้าได้ด้วยตนเอง

2.2 ในการทดลองทุกบทปฏิบัติการ นักเรียนต้องทดลองด้วยความระมัดระวัง

2.3 ในการทดลองนักเรียนสามารถคิดกิจกรรมที่นอกเหนือจากบทปฏิบัติการที่กำหนดให้ได้

3. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

3.1 การหมักแอลกอฮอล์ อาจใช้วัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ที่หาง่ายและมีในท้องถิ่นมาทำการหมักแอลกอฮอล์แทนอ้อยได้ เช่น เศษอาหารในโรงอาหาร เศษพืช ผักผลไม้ พืชชนิดอื่น ๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง และกากน้ำตาล เป็นต้น โดยควรทำการทดลองเพื่อหาความเหมาะสมก่อนทุกครั้ง

3.2 ในการดำเนินการวิจัย ถ้าพบว่านักเรียนเกิดข้อสงสัยในการทดลองหรือต้องการคำตอบที่นอกเหนือจากที่ผู้วิจัยกำหนด ผู้วิจัยควรนำข้อสงสัยของนักเรียนมาคิดพิจารณาหรือดำเนินการทดลองเพื่อแก้ปัญหาสำหรับตอบคำถามให้กับนักเรียน

3.3 ควรนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองกับนักเรียนในระดับชั้นอื่น ๆ

3.4 ควรมีการศึกษาความสามารถในการคิดและสร้างโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น เป็นแนวทางในการเรียนการสอน

3.5 ควรนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ไปทดลองวัดด้วยตัวแปรอื่น ๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการนำเสนอ และจิตวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กนกพร สัยยะสิทธิพานิชย์.(2544,มกราคม - พฤษภาคม).“วิกฤติการณ์น้ำมันของไทย,” *เศรษฐศาสตร์* ลานนา. 1(1) : 92 - 106.
- กมลรัตน์ โตสกุล. (2524). “เชื้อเพลิงแอลกอฮอล์ ความหวังใหม่ในการนำวัสดุเกษตรมาใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมัน,” *จุลสารธนาคารกรุงเทพ. ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจและการตลาด ธนาคารกรุงเทพ.*
- กรมวิชาการ, กระทรวงศึกษาธิการ. (2534). *คู่มือครูการประเมินผลการเรียนระดับมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- กรมวิชาการเกษตร. (2001).“อ้อย,” < [http // www. doad. go. Th / plant / sugar. htm](http://www.doad.go.th/plant/sugar.htm) >, August.
- กาญจนา เกียรติประวัติ. (2542). *วิธีสอนทั่วไปและทักษะการสอน*. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.
- กำเนิด สุภณวงษ์. (2534). *จุลชีวอุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- คณะกรรมการการปฏิรูปการเรียนรู้. (2543). *ปฏิรูปการเรียนรู้ผู้เรียนสำคัญที่สุด*. กรุงเทพฯ : คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ กระทรวงศึกษาธิการ.
- โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา.(2544). “กระบวนการกลั่นแอลกอฮอล์,”< [http :// kanchanapisek. or .th./ kp1/data/35/index.htm](http://kanchanapisek.or.th/kp1/data/35/index.htm) >, August.
- จุฬามาต บุญมาแย้ม. (2539,กรกฎาคม - สิงหาคม). “ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล,” *น้ำตาล*. หน้า 1 –12.
- จุไรลักษณ์ อัฒนันท์. (2530). *การผลิตเอทานอลจากน้ำอ้อยโดยเชื้อ Zymononas mobilis*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (การสอนชีววิทยา). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- จิราพรรณ ทะเขียว. (2543). *การเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชลธาร วิศรุตวงษ์. (2543, กรกฎาคม - สิงหาคม). “เชื้อเพลิงเอทานอล (Fuel Ethanol),” *สามิตสาร*. หน้า 39 - 47.
- ชูศรี สุขุมลไพบูลย์. (2530). *การผลิตเอทานอลจากการนำตาลโดยเชื้อ Zymononas mobilis*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (การสอนชีววิทยา). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- ชัยฤทธิ์ ศิลาดเดช. (2544). *คู่มือการเขียนแผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญระดับชั้นประถมศึกษา แนวคิดและวิธีปฏิบัติที่เป็นรูปธรรม*. กรุงเทพฯ : แม็ค จำกัด.
- เชตศักดิ์ โฆวาลินซ์. (2525). *การวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

- ฉาไลศา ยูวอมรพิทักษ์ และอภิรักษ์ เพียรมงคล. (2537, สิงหาคม). "การผลิตแอลกอฮอล์จากมันแกว," *ศรีนครินทรวิโรฒ วิจัยและพัฒนา*. 7(3) : 27 - 32.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2538). *การศึกษาประสิทธิภาพของการสอนวิทยาศาสตร์ตามรูปแบบสมองครบส่วน (สคส.)*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- _____. (2542). *การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ดาระณี ทับทิมหิน. (2533). *การผลิตเอทานอลจากแป้งดิบ*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีชีวภาพ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ธีรภัทร ศรีนครุต. (2543 ,กันยายน - ธันวาคม). "เชื้อเพลิงเอทานอลจากวัสดุการเกษตร : แหล่งพลังงานทางเลือกใหม่ของคนไทย," *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 15(3) : 5 - 8.
- _____. (2544, พฤษภาคม - สิงหาคม). "การผลิตแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ด้วยเทคโนโลยีใหม่," *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 16(2) : 59 - 63.
- _____. (2544 ข, มกราคม - เมษายน). "เชื้อเพลิงเอทานอล : ทฤษฎีเกี่ยวกับเอทานอล," *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 16(1) : 57 - 64.
- นนุช ขวพันธุ์. (2529). *การผลิตเอทานอลโดย *Zymononas mobilis**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (การสอนชีววิทยา). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2528). *พัฒนาหลักสูตรและการสอน*. มหาสารคาม : ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.
- ประภาเพ็ญ สุวรรณ. (2526). *ทัศนคติ : การวัดการเปลี่ยนแปลงและพฤติกรรมอนามัย*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : พีระพัฒนา.
- ปิยวรรณ คงสาคร. (2544, มีนาคม - เมษายน). "พืชพลังงาน : ทางออกที่น่าจับตามอง," *ผลิใบ*. 7(42) : 15.
- เปรมจิตร บุญสาย. (2541). *การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง*. ปรียญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พัฒนา วิชกุล. (2544, มกราคม - สิงหาคม). "การพัฒนาน้ำมันดีโซฮอล์ของ ปตท.," *คลื่นวิจัย*. 4(4) : 13 - 14.
- พันธุ์ณรงค์ จันท์แสงศรี. (2539, มกราคม - เมษายน). "การใช้ประโยชน์ของเสีย ตอนที่ 1: การผลิตแอลกอฮอล์จากกากน้ำตาล โดย *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5017 ดั่งรูป," *มกค*. 16(1) : 14 - 22.

- พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. (2544). การพัฒนาทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคนิคการแยกสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ภพ เลหาไฟบูลย์. (2534). การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา. เชียงใหม่ : เชียงใหม่คอมเมอร์เชียล. _____ .(2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- ยุพา ตันติเจริญ. (2529). "ในเทคนิคบางประการในการปฏิบัติการเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย," คำแถลง. กรุงเทพฯ : อรุณสภา.
- รังสรรค์ เพ็งฟัด. (2544). ศึกษาการพัฒนาระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สถาบันราชภัฏ. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2538). พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.
- ลัดดาวัลย์ กัณหาสุวรรณ. (2534). การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมด้วยสิ่งแวดล้อมศึกษา. กรุงเทพฯ : กรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ
- วัฒนาพร ระเบียบทุกข์. (2542). แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ : แอลทีเพรส จำกัด.
- วารี เอกสาร . (2537). ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จากแบบสอบภาคปฏิบัติกับแบบสอบข้อเขียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- วิชัย ตันศิริ . (2543). กลยุทธ์การบริหารการศึกษายุคโลกาภิวัตน์. กรุงเทพฯ : ชีรพงษ์การพิมพ์.
- วิรงรอง โรจนกุล. (2530). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการสอนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการสอนที่ใช้แผ่นภาพโปร่งใสประกอบและการสอนตามคู่มือครู. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วีระชาติ สวนไพรินทร์. (2531). การสอนวิทยาศาสตร์. โครงการตำราและเอกสารทางวิชาการ. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริพร วิหคโต. (2544, มกราคม - มิถุนายน). "แก๊สโซฮอลล์ (GASOHOL)," ข่าวศูนย์ฯ. 15 (1) : 22 - 31.
- ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2526). เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนชุดวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 8 - 15. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.
- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค). (2544). การประยุกต์ใช้เชื้อเพลิงดีโซฮอลล์สำหรับรถยนต์ดีเซล. กรุงเทพฯ : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ศูนย์วิจัยไทยพาณิชย์ จำกัด. (2543, เมษายน). "น้ำมันแพง...ถาวิกฤตนี้จะนาน ?," เศรษฐกิจปริทัศน์.

6(4) : 22 - 31.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท). (2544). วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน : เทคโนโลยีชีวภาพใกล้ตัว (2). กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2538). เอกสารสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย วิชาเคมี ว 051. กรุงเทพฯ : อรุณสภา.

_____. (2538). เอกสารสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 กิจกรรมพื้นฐานทางชีววิทยา. กรุงเทพฯ : อรุณสภา.

สมใจ ศิริโชค. (2544). จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

สมนึก จรุงจิตเสถียร. (2544, เมษายน - มิถุนายน). "ผลการทดสอบน้ำมันแก๊สโซฮอลล์กับรถจักรยานยนต์ด้านมลพิษและการประหยัดเชื้อเพลิง," คลื่นวิจัย. 5(1) : 5 - 8.

สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์. (2531). การสอนทักษะปฏิบัติ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุเทพ อุดสาหะ. (2526). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. มหาสารคาม : สหพันธ์.

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2536). สถิติประยุกต์เพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2536 ก, มกราคม - เมษายน). "ข้อสอบอัตนัย," การวัดผลทางการศึกษา. 14(42) : 32 - 38.

สุภาพ วาดเขียน. (2523). ทำอย่างไรนิสิต นักศึกษา ครู จึงจะสอนดี. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภาพ บุญยะรัตเวช และเกษร วีระชาติ. (2540). ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรางค์ ไคว้ตระกูล. (2531). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิมล เขียวแก้ว. (2527). การสอนวิทยาศาสตร์กับมัธยมศึกษา. ปัตตานี : ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

สุวิมล ตีรกันันท์. (2542). ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์ : แนวทางสู่การปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : ภาควิชาการประเมินและการวิจัย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). การสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : เจเนอรัล บุกเซนเตอร์ จำกัด.

แสวง บุญญาสุวัฒน์. (2544, กุมภาพันธ์ - พฤษภาคม). "แก๊สโซฮอลล์กับรถยนต์," ข่าวสารประหยัดพลังงาน. 17(2) : 8 - 9.

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528). เทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

หรรษา ปุณณะพยัคฆ์. (2539 ,มกราคม - มีนาคม). "การผลิตแอลกอฮอล์เชื้อเพลิงจากน้ำตาลทางเลือกพลังงาน
ในอนาคต," *จุฬาลงกรณ์วารสาร*. 8(30) : 62 - 70.

องอาจ ผ่องลักษณ์ และสมัย ไชอินทร์. (2543,กรกฎาคม - สิงหาคม). "แอลกอฮอล์," *สามิตสาร*. หน้า 18 - 22.

อรอุมา ละมุน. (2541). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการ
ดูดซับโลหะหนักที่ใช้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา
ปีที่ 6. ปรินญาณพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร*

Beasley, Warren Frederick. (1979, March). "The Effect of Physical and Mental Practice of Psychomotor
Skills on chemistry Student Laboratory Performance," *Dissertation Abstracts International*.
39 : 5428 - A.

Beasley, W. F. and Heikkinen, H. W. (1983, June). "Mental Practice as a Technique to improve
Laboratory Skill Development," *Journal of Chemical Education*. 60 : 88 - 89.

Bajpai, Pramod, K. (1985). "Kinetics of Ethanol Production by Immobilized cells of *Zymomonas mobilis*
at Varying D - glucose Concentrations," *Enzyme Microbial Technology*. 7 : 462 - 464.

Hofstein, Avi and Lunetta, Vincent N. (1982). "The Role of the Laboratory in Science Teaching : Neglected
Aspects of Research," in *Review of Education Research*. (52) : 201 - 217.

Lunetta, V. N. (1982, February). "The Role of the Laboratory in Secondary Science Teaching
a Curriculum Perspective," *The Science Teacher*. 49 : 21.

Martar, F. K. (1986, September, October). "An Investigation of the Professional Needs of Science
Teachers in Secondary School in Bahrain," *Dissertation Abstracts International*. 47 : 1270 - A.

Orathai Svensby, et al. (n.d.) "Ethanol Fermentation of Uncovked Sweet Potato with the Application of
Enzymes," *Annual Reports of International Center of Cooperative Research and Development
In Microbial Engineering*. 4 : 135 - 137.

Perez, L. (1982, February). "Laboratory Teaching in High School Science," *The Science Teacher*.
49 : 20 - 21.

Phillips, G.M. (1987, February). "The Effects of the Science Unlimited Program and a Textbook
Approach on Attitudes toward Science of Students and Teachers Grades One through
Four," *Dissertation Abstracts International*. 47 (8) : 2987 - A.

- Pogge, A.F.(1987, January). "The Attitudes toward Science and Science Teaching of the Teacher and Students at Baldwin Intermediate School, Quincy,Illinois," *Dissertation Abstracts International*. 47(7) : 2529 - A.
- Power, C. (1981, January). "Change in Student Attitude toward Science in the Transition between Australian Elementary and Secondary School," *Journal of Research in Science Teaching*. 18(1): 33 - 39.
- Romey, William, D. (1968). *Inquiry Techniques for Teaching Science*. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice - Hall, Inc.
- Sund, R. B. and Trowbridge, L. W. (1976). *Teaching Science by Inquiry in the Secondary School*. Ohio : Charles E. Merrill Book, Inc.
- Yusaku Fujio, et al.(1984). "Alcoholic Fermentation of Raw Cassava Starch by *Rhizopus Koji* without Cooking," *Biotechnology and Bioengineering*.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัย

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย
อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุก

อาจารย์จินดา เติตฉวีวรรณ

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏ
เพชรบุรีวิทยาเขตกรรณ ในพระบรมราชูปถัมภ์
โรงเรียนอุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี
ตรวจบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
แบบทดสอบภาคความรู้
กิจกรรมสอบวัดทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์
เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
2. ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี
อาจารย์ ดร.จินดา แท้มบรรจง
อาจารย์สุภาภรณ์ ศิริโสภณา

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ตรวจบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
แบบทดสอบภาคความรู้
กิจกรรมสอบวัดทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์
เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการหมัก
อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน
อาจารย์ ดร.เปรมจิตร บุญสาย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
คณะบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยา
เขตกรรณ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ตรวจบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
แบบทดสอบภาคความรู้
กิจกรรมสอบวัดทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์
เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ภาคผนวก ข

แบบสำรวจข้อมูลความต้องการพื้นฐานในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร

แบบสำรวจความต้องการพื้นฐานในการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรในพื้นที่การศึกษา 2
(อำเภออุ้มทอง และอำเภอสองพี่น้อง) จังหวัดสุพรรณบุรี

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงใน ☐ ตามสภาพที่เป็นจริง

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสำรวจ

1. ชื่อ..... นามสกุล.....
2. อายุของผู้ตอบแบบสำรวจ
 - ☐ 21 - 30 ปี
 - ☐ 31 - 40 ปี
 - ☐ 41 - 50 ปี
 - ☐ มากกว่า 50 ปีขึ้นไป
3. เพศของผู้ตอบแบบสำรวจ
 - ☐ ชาย
 - ☐ หญิง
4. บทบาทของผู้ตอบแบบสำรวจ
 - ☐ นักวิชาการเกษตร
 - ☐ ศึกษานิเทศก์
 - ☐ กรรมการบริหารส่วนตำบล
 - ☐ เกษตรกร
 - ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....
5. ที่อยู่ของผู้ตอบแบบสำรวจ บ้านเลขที่..... หมู่ที่..... ตำบล.....
 อำเภอ..... จังหวัด..... โทรศัพท์.....
6. อาชีพหลักของผู้ตอบแบบสำรวจ
 - ☐ ค้าขาย
 - ☐ เกษตรกรรม
 - ☐ หัตถกรรม
 - ☐ รับราชการ
 - ☐ รับจ้างทั่วไป
 - ☐ อุตสาหกรรม
 - ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพทางเศรษฐกิจของคนในท้องถิ่น

1. ท้องถิ่นของท่านประกอบอาชีพหลักในด้าน..... (ตอบคำถามได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ หัตถกรรม
- ☐ เกษตรกรรม
- ☐ อุตสาหกรรม
- ☐ ค้าขาย
- ☐ รับราชการ
- ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

2. ถ้าท้องถิ่นของท่านประกอบอาชีพหลักในด้านเกษตรกรรม ตอบคำถามดังนี้

2.1 พืชเศรษฐกิจในท้องถิ่นของท่าน ได้แก่

- ☐ ข้าว
- ☐ อ้อย
- ☐ ข้าวโพดฝักอ่อน
- ☐ หน่อไม้ฝรั่ง
- ☐ มันสำปะหลัง
- ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

2.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นกับพืชเศรษฐกิจที่พบ ได้แก่

- ☐ ขาดแคลนน้ำและระบบชลประทาน
- ☐ ราคาของผลผลิตตกต่ำ
- ☐ ผลผลิตต่อไร่ต่ำ
- ☐ เกษตรกรไม่มีความรู้
- ☐ พ่อค้าคนกลางกดราคาผลผลิต
- ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

2.3 ท่านสามารถช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้หรือไม่

- ☐ ไม่ได้
- ☐ ได้ ได้แก่
 - ☐ นำมาแปรรูปให้เกิดประโยชน์สูงสุด
 - ☐ ตั้งสหกรณ์การเกษตร
 - ☐ ขุดเจาะน้ำ สร้างลำคลอง
 - ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

2.4 พืชเศรษฐกิจในท้องถิ่นของท่านสามารถแปรรูปได้ดังนี้

พืช	ตัวท่านเองแปรรูป	ท้องถิ่นแปรรูป
☐ 1. ข้าว		
☐ 2. อ้อย		
☐ 3. ข้าวโพดฝักอ่อน		
☐ 4. หน่อไม้ฝรั่ง		
☐ 5. มันสำปะหลัง		
☐ 6. อื่น ๆ (ระบุ)		

3. ถ้าท้องถิ่นของท่านประกอบอาชีพหลักในด้านอุตสาหกรรม ตอบคำถามดังนี้

3.1 อุตสาหกรรมในท้องถิ่นของท่าน ได้แก่ (ตอบคำถามได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ โรงสีข้าว
- ☐ โรงงานน้ำตาล
- ☐ โรงงานน้ำตาล
- ☐ โรงงานทำขนม
- ☐ ร้านซ่อมเครื่องยนต์
- ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

3.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นกับอุตสาหกรรมในท้องถิ่นของท่าน ได้แก่

- ☐ ค่าแรงต่ำ
- ☐ น้ำเน่าเสีย
- ☐ อากาศเสีย
- ☐ ขยะเสียจากโรงงาน
- ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

3.3 ท่านสามารถช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในภาคอุตสาหกรรมในท้องถิ่นของท่าน

- ☐ ไม่ได้
- ☐ ได้ ได้แก่
 - ☐ บำบัดน้ำเสีย
 - ☐ รัฐบาลออกกฎหมายป้องกัน
 - ☐ นำผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมมาใช้
 - ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

4. ถ้าท้องถิ่นของท่านประกอบอาชีพหลักในด้านหัตถกรรม ตอบคำถามดังนี้

4.1 ท้องถิ่นของท่านส่วนมากผลิต ได้แก่ (ตอบคำถามได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ เครื่องจักสานไม้ไผ่
- ☐ เครื่องปั้นดินเผา
- ☐ ทอผ้าที่กระตุก (ผ้าลายแดงโม)
- ☐ ทอเสื่อกก
- ☐ ไม้กวาด
- ☐ เครื่องจักสารผักตบชวา
- ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

4.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นกับอาชีพหัตถกรรมในท้องถิ่นของท่าน ได้แก่

- ☐ ไม่มีตลาดรองรับ
- ☐ ประชาชนไม่มีความรู้
- ☐ ขาดวัตถุดิบ
- ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

4.3 ท่านสามารถช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

- ☐ ไม่ได้
- ☐ ได้ ได้แก่
 - ☐ สร้างตลาดรองรับ
 - ☐ เผยแพร่ความรู้สู่ท้องถิ่น
 - ☐ สร้างวัตถุดิบป้อน
 - ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางในการปรับปรุงและแปรรูปพืชเศรษฐกิจในท้องถิ่น

1. ท่านต้องการแปรรูปผลผลิตของพืชในท้องถิ่น นอกเหนือจากการขายหรือไม่

- ☐ ไม่ต้องการ เพราะ.....
- ☐ ต้องการ เพราะ.....

2. ท่านมีความรู้เกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีการหมักมาแปรรูปผลผลิตพืชในท้องถิ่นของท่านหรือไม่

- ☐ มีความรู้อย่างดี
- ☐ มีความรู้ปานกลาง
- ☐ ไม่มีความรู้เลย

3. ท่านต้องการนำเทคโนโลยีการหมักมาแปรรูปผลผลิตพืชในท้องถิ่นของท่านในรูปของสิ่งใด
(ตอบคำถามได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ ไวน์
- ☐ สุรา
- ☐ ข้าวหมาก
- ☐ ปุ๋ยหมัก
- ☐ น้ำส้มสายชู
- ☐ อาหารสัตว์
- ☐ แก๊สโซฮอลล์ (แอลกอฮอล์)
- ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

ตอนที่ 4 ข้อมูลความคิดเห็น และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการพัฒนาและแปรรูปผลผลิต
ทางการเกษตร.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ผู้ออกแบบสำรวจขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่กรุณากรอกแบบสำรวจอย่างครบถ้วนสมบูรณ์

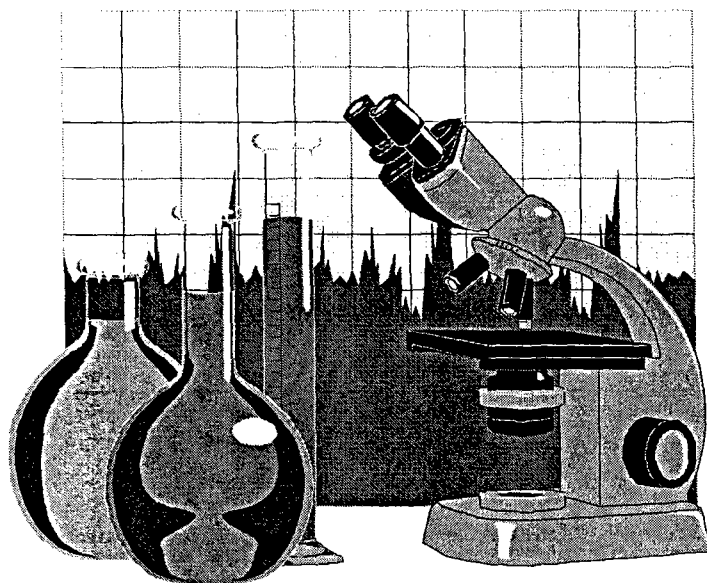
กานต์วี ใจงาม

ภาคผนวก ค
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนปรับปรุง

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เรื่อง

การผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น



พัฒนาโดย

นางสาวกานต์รวี ใจงาม

นิสิตปริญญาโท วิทยาศาสตร์ศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์

ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย

สาระสำคัญ

อ้อย

อ้อย (Sugar-cane) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sacharum officinarum* Linn. เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ตระกูลเดียวกับหญ้าเช่นเดียวกับข้าวโพด ข้าว เป็นไม้ล้มลุก สูง 2 - 5 เมตร มีลำต้นสีม่วงแดง มีไขสีขาวปกคลุมเปลือกลำต้น ไม่แตกกิ่งก้าน ใบแต่ละใบเป็นใบเดี่ยว กว้าง 2.5 - 5 เซนติเมตร ยาว 0.5 - 1 เมตร เรียงสลับกัน ดอกเป็นช่อออกที่ปลายยอด สีขาว ผลเป็นผลแห้งขนาดเล็ก อ้อยเป็นพืชที่มีอายุยาวประมาณ 1 ปี เป็นพืชที่ปลูกครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้ง เนื่องจากอ้อยสามารถไวต่อได้

ภายในต้นอ้อย 1 ต้น มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้ คือ ประกอบด้วย เส้นใย (Fiber) 13.5% น้ำตาล 14% น้ำ 70% และส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ น้ำตาล 2.5%

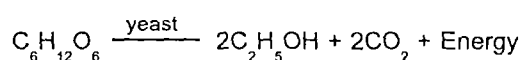
ประโยชน์ของอ้อย

อ้อยมีประโยชน์มากมาย เช่น ใช้เป็นอาหารสัตว์ กากอ้อยใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ใช้ทำถ่านก้อน กระดาษอัด (ไม้อัด) และมีการนำสารเคมีจากการสกัดจากกากอ้อยทำเป็นตัวทำลายไล่ศัตรูพืช ลำต้นผลิตน้ำตาล ปัจจุบันได้มีการนำอ้อยมาผลิตเป็นแอลกอฮอล์เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง อ้อย 1 ต้น ผลิตแอลกอฮอล์ได้ 70 ลิตร ส่วนกากน้ำตาลซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากอ้อย 1 ต้น ผลิตแอลกอฮอล์ได้ถึง 250 ลิตร

กระบวนการหมักแอลกอฮอล์

ในกระบวนการหมักแอลกอฮอล์จัดเป็นกระบวนการหมักสารพวกคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ แป้งและน้ำตาลให้เป็นเอทานอล ถ้าสารเริ่มต้นเป็นน้ำตาล ก็สามารถจะใช้ยีสต์ทำการหมักได้เลย ยีสต์ที่นิยมใช้กันเป็นยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces* ในอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลที่ต้องการความเข้มข้นเอทานอลสูง จะใช้ยีสต์ในสายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae*

กระบวนการหมักเพื่อทำให้เกิดแอลกอฮอล์ จะเกิดในสภาวะที่ไม่มีอากาศ (Anaerobic Condition) ดังสมการต่อไปนี้



ถ้าสารเริ่มต้นเป็นพวกแป้ง เช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด ใช้เอนไซม์ Maltase ซึ่งได้จากพวกราเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล นอกจากเชื้อราแล้วยังสามารถใช้กรดเกลือไปรวมกับแป้งแล้วต้ม ก็จะได้น้ำตาลที่มีโมเลกุลเล็กกว่าที่ใช้ยีสต์ด้วยเอนไซม์ (ซึ่งสามารถใช้ทำให้เกิดแอลกอฮอล์ได้ดีกว่าน้ำตาลโมเลกุลใหญ่) แต่การใช้กรดจะต้องควบคุมปริมาณให้พอเหมาะ โดยปริมาณกรดที่เหลือจะต้องไม่ทำให้น้ำตาลเสียไป และต้องปรับความเป็นกรด-เบสให้เหมาะสม ในปฏิกิริยาการหมักที่จะดำเนินต่อไป

ถ้าสารเริ่มต้นเป็นน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ เช่น น้ำตาลจากอ้อยสด กากน้ำตาล หรือผลไม้บางชนิด เอนไซม์ต่าง ๆ ที่ใช้อยู่สลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ จนกลายเป็นเอทานอล ล้วนแล้วแต่ได้จากยีสต์ทั้งสิ้น

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของยีสต์ในกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ ได้แก่

1. ความเข้มข้นของสารเริ่มต้น

กระบวนการหมักจะใช้เวลาเข้มข้นของน้ำตาลไม่เกินร้อยละ 18 สารละลายที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงเกินขีดจำกัด ประมาณร้อยละ 22 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จะเกิดการรบกวนการเจริญเติบโตของยีสต์ ทำให้เติบโตได้ยาก การหมักจะเป็นไปอย่างเชื่องช้าและ ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดกรดแลกติกและกรดน้ำส้มขึ้นได้

2. ความเข้มข้นของผลผลิต

ถ้าความเข้มข้นของเอทานอลสูงถึงประมาณร้อยละ 15 โดยปริมาตร ปริมาณของเอทานอลที่สูงขึ้นนี้จะขัดขวางหรือหยุดยั้งการทำงานของยีสต์ การหมักจะหยุดชะงัก

3. คาร์บอนไดออกไซด์และความดัน

ถ้าไม่มีการระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกจากระบบ ความดันในถังหมักจะสูงขึ้น จะทำให้อัตราเร็วของการหมักลดลง

4. ออกซิเจน

การเจริญเติบโตและการแบ่งตัวของยีสต์ในที่มีออกซิเจน จะไม่ได้เอทานอลออกมา แต่จะมีเพียงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำเกิดขึ้น

5. กรดน้ำส้มหรือกรดแอซิติก

กรดน้ำส้มมีผลทำให้การเจริญเติบโตของยีสต์ชะงัก

6. ความเข้มข้นของไฮโดรเจน ไอออน

ความเป็นกรดจะมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของยีสต์ และอัตราเร็วของการหมักเพิ่มขึ้น

7. อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมักอยู่ในช่วง 10 - 30 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้ความไวของปฏิกิริยาจะลดลง ในระบบการหมักจึงต้องมีระบบถ่ายเทความร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก

ทักษะปฏิบัติที่ควรรู้

การฝึกเทคนิคปลอดเชื้อ ในการเตรียมเชื้อเริ่มต้น (Starter) จะต้องปฏิบัติอย่างสะอาด ปราศจากเชื้อ นักเรียนควรฝึกก่อนที่จะปฏิบัติจริง ดังขั้นตอนต่อไปนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

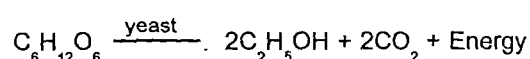
1. ถือหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ และหลอดอาหารที่เตรียมจะถ่ายเชื้อไว้ในมือเดียวกัน อีกมือหนึ่งถือหัวเข็มเย็บเชื้อโดยจับที่ด้าม
2. แผลหัวเข็มเย็บเชื้อในแผลไฟในลักษณะ ตั้งขึ้นให้หลอดถูกกับแผลไฟ จนร้อนแดงตลอดเส้น และปล่อยให้เย็นสักครู่ (ประมาณ 15 - 20 วินาที)
3. เปิดจุกสำลีหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อและหลอดที่จะถ่ายเชื้อ โดยใช้นิ้วก้อยกับอุ้งมือ และนิ้วนางกับนิ้วก้อยคีบจุกสำลีทั้ง 2 หลอดดึงออกมา
4. ลนไฟบริเวณรอบปากหลอดอาหาร
5. ใช้หัวเข็มเย็บเชื้อแตะลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำมาจุ่มลงในหลอดอาหารที่ต้องการถ่ายเชื้อ ในกรณีที่เป็นการอาหารเหลว ถ้าถ่ายเชื้อลงในอาหารวัน ให้ลากหัวเข็มเย็บเชื้อไปบนผิวหน้าอาหารในลักษณะที่ขีดตรง ๆ หรือขีดซิกแซกหรือแหว่งลึกลงไปในการอาหาร
6. ลนไฟบริเวณรอบปากหลอดอาหาร ทั้ง 2 อีกครั้งหนึ่ง แล้วปิดจุกสำลีตามเดิม เมื่อถ่ายเชื้อเสร็จแล้วให้ลนไฟหลอดเย็บเชื้ออีกครั้ง

บทปฏิบัติการที่ 1

เรื่องการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย

หลักการ

กระบวนการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย เป็นกระบวนการหมักเพื่อทำให้เกิดแอลกอฮอล์ในสภาวะที่ไม่มีอากาศ (Anaerobic Condition) โดยมีสารเริ่มต้นเป็นน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ ใช้ยีสต์ทำการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอล ยีสต์ที่นิยมใช้เป็นยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* กระบวนการหมักจะเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังสมการต่อไปนี้



จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถดำเนินการทดลองหมักแอลกอฮอล์จากอ้อยได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายวิธีการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อยได้
3. นักเรียนสามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ได้
4. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวันและเผยแพร่สู่ชุมชนได้

เวลาที่ใช้ 4 คาบ

อุปกรณ์และสารเคมี

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. น้ำอ้อย | 11. หลอดทดลองที่ปราศจากเชื้อ |
| 2. เครื่องวัดน้ำตาล (Refractometer) | 12. ผ้าขาวบาง, สำลี |
| 3. ยีสต์ <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 13. เต้าแก๊ส หม้อต้ม |
| 4. แอมโมเนียมซัลเฟต | 14. น้ำตาลทราย |
| 5. ขวดกลมที่ปราศจากเชื้อ | 15. ตะเกียงแอลกอฮอล์ |
| 6. เทอร์มอมิเตอร์ | 16. แอลกอฮอล์มาตรฐาน |
| 7. ยูนิเวอร์ซอลอินดิเคเตอร์ | 17. หลอดหยด |
| 8. น้ำกลั่น | 18. เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ |
| 9. ปีกเกอร์ | (Alcohol Hydrometer) |
| 10. น้ำ/น้ำแข็ง | 19. เข็มเย็บผ้า |

วิธีการทดลอง

ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 5 คน ดัดแปลงหน้าที่ตามความรับผิดชอบและดำเนินการตามกิจกรรมต่างๆ ตามลำดับดังนี้

กิจกรรมที่ 1 วัดและควบคุมความหวานโดยใช้เครื่องวัดน้ำตาล (Refractometer)

นำวัตถุดิบ ได้แก่ น้ำอ้อย จำนวน 1,000 มิลลิลิตร มาทำการควบคุมให้มีความหวานประมาณ 6-21 เปอร์เซ็นต์ (วัดเป็นองศาบริกซ์) โดยให้กลุ่มที่ 1 - 6 ทำการควบคุมความหวานของน้ำอ้อยด้วยเครื่องวัดน้ำตาล กลุ่มละ 1 ค่า ตามลำดับ (6, 9, 12, 15, 18 และ 21 เปอร์เซ็นต์)

กิจกรรมที่ 2 ปรับพีเอช (pH) ของน้ำอ้อย

ปรับพีเอช (pH) ของน้ำอ้อยให้อยู่ระหว่าง 3.8 - 4.5 โดยใช้กระต่ายยูนิเวอร์ซอลอินดิเคเตอร์ ในการวัดค่าพีเอช (pH) (ถ้าพบว่า ในน้ำอ้อยมีความเป็นกรดสูงกว่าที่ต้องการ ให้ทำการเจือจางโดยใช้น้ำสะอาด หรือน้ำกลั่น)

กิจกรรมที่ 3 เตรียมเชื้อเริ่มต้น

หลังจากนั้นทำการตมน้ำอ้อยที่ปรับค่าพีเอช (pH) แล้วเป็นเวลา 10 - 15 นาที ยกออกจากเตาและตั้งไว้ โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 21 - 32 องศาเซลเซียส นำไปใส่หลอดทดลองที่ปราศจากเชื้อจำนวน 50 มิลลิลิตร แล้วใส่ยีสต์ลงไปโดยเขี่ยเชื้อยีสต์ด้วยเข็มเขี่ยเชื้อประมาณ 3 ครั้ง หลังจากนั้นเติมแอมโมเนียมซัลเฟตประมาณ 0.05 กรัม เพื่อเป็นอาหารของยีสต์แล้วปิดปากหลอดด้วยสำลีที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว บ่มโดยวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง เพื่อใช้เป็นเชื้อเริ่มต้น (Starter)

กิจกรรมที่ 4 หมักแอลกอฮอล์จากอ้อย

นำเชื้อเริ่มต้นจำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในน้ำอ้อยจำนวน 950 มิลลิลิตร เขย่าให้เชื้อกระจาย ปิดฝาด้วยจุกคอร์ก ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 7 วัน เมื่อครบกำหนด ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวัดค่าต่างๆ ของแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักดังนี้ ปริมาณน้ำตาล เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ และพีเอช (pH) สังเกตกลิ่น สี และฟองบนที่กผลลงในตารางที่นักเรียนสร้างขึ้น แล้วนำเสนอผลการทดลองพร้อมแอลกอฮอล์ที่ได้ให้เพื่อน ๆ แต่ละกลุ่มได้รับทราบ

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่องการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย

วันเดือนปี.....กลุ่มที่.....

ผู้ทดลอง 1.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

2.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

3.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

4.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

5.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

ปัญหา ถ้านักเรียนต้องการทราบว่าความหวานของน้ำตาลมีผลต่อกระบวนการหมักแอลกอฮอล์หรือไม่ ?
 นักเรียนจะดำเนินการทดลองเพื่อหาคำตอบอย่างไร ?

จุดประสงค์การทดลอง.....

.....

.....

สมมติฐาน.....

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

นิยามเชิงปฏิบัติการ

.....

.....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 1

1. เพราะเหตุใดจึงต้องมีการควบคุมความหวานของน้ำอ้อยก่อนที่จะทำการหมักแอลกอฮอล์ ?

.....

.....

.....

.....

2. ถ้าไม่มีการปรับค่าพีเอช (pH) ให้กับน้ำอ้อย จะมีผลต่อกระบวนการหมักหรือไม่ เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

.....

3. ยีสต์มีความจำเป็นต่อกระบวนการหมักแอลกอฮอล์หรือไม่ ถ้าไม่มียีสต์จะเกิดผลอย่างไร ?

.....

.....

.....

.....

4. เพราะเหตุใดจะต้องมีการเตรียมเชื้อเริ่มต้นสำหรับการหมักแอลกอฮอล์ ถ้าไม่มีการเตรียมเชื้อเริ่มต้นได้หรือไม่ ?
อธิบายพอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

5. ถ้านักเรียนต้องการตรวจสอบว่า น้ำอ้อยที่นักเรียนทำการหมักเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์แล้ว นักเรียนจะตรวจสอบได้อย่างไร ?

.....

.....

.....

.....

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องการกลั่นแอลกอฮอล์

สาระสำคัญ

กระบวนการกลั่นแอลกอฮอล์

กระบวนการกลั่นคือ การให้ความร้อนแก่ของเหลวเพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วไอนี้ผ่านคอนเดนเซอร์ที่เย็น ไอจะกลั่นตัวเป็นของเหลว กระบวนการกลั่นลำดับส่วนเป็นกระบวนการแยกของผสมที่ประกอบด้วยของเหลวที่มีจุดเดือดแตกต่างกันของเหลวของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำกว่าระเหยกลายเป็นไอออกไปก่อน แล้วควบแน่น (ผ่านในคอนเดนเซอร์ที่มีความเย็น) กลายเป็นของเหลวออกจากส่วนผสมก่อน การแยกเอทิลแอลกอฮอล์จากของผสมที่ได้จากกระบวนการหมักส่วนใหญ่นิยมวิธีการกลั่นลำดับส่วน

กระบวนการกลั่นแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. ดิสทิลเลชัน (Distillation) หมายถึง การแยกส่วนที่ระเหยได้ของของเหลวในถังหมักออกจากส่วนที่ไม่ระเหย และเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลในของเหลวที่ได้จากการกลั่นเป็น 30 - 96 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

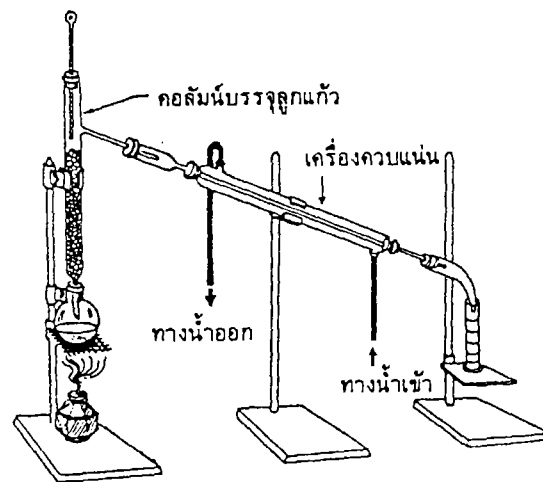
2. เรคตีฟิเคชัน (Rectification) หมายถึง การแยกเอทานอลจากส่วนอื่น ๆ ที่ระเหยได้ เอทานอลมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำและในสภาวะที่เป็นไอจะมีความเข้มข้นของเอทานอลมากกว่าในส่วนที่อยู่ในสภาวะที่เป็นของเหลว เช่น สารละลายที่มีเอทานอล 10 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) จะสมดุลกับสภาวะไอที่มีเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) นั่นคือ สารละลายที่ผ่านการกลั่นแล้วจะมีความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้นอย่างมาก น้ำและเอทานอลจะเกิด Azeotrope หมายถึง ส่วนผสมของสารที่สามารถระเหยได้ ซึ่งที่ความเข้มข้นนี้คือ เอทานอล 96 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) และมีจุดเดือด 78.2 องศาเซลเซียส นั่นคือ เมื่อทำการกลั่นจะได้เอทานอลที่มีความเข้มข้นมากที่สุดคือ 96 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

การกลั่นเป็นกระบวนการที่แยกแอลกอฮอล์จากน้ำหมัก ซึ่งปกติแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักจะเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 9 - 10 เปอร์เซ็นต์ การกลั่นแยกแอลกอฮอล์จากน้ำทำได้โดยอาศัยความร้อนเพื่อแยกเอทิลแอลกอฮอล์ซึ่งมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำให้ระเหยกลายเป็นไอ แล้วจึงนำไอแอลกอฮอล์ที่ได้ส่งเข้าเครื่องควบแน่นทำให้ไอเป็นของเหลว การกลั่นจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมเนื่องจากจุดเดือดของแอลกอฮอล์ จะอยู่ที่ 78.4 องศาเซลเซียส ขณะที่จุดเดือดของน้ำเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถแยกเอทานอล ออกมาได้ง่าย

การกลั่นอาจทำได้แบบพื้นบ้านง่าย ๆ โดยใช้เตาเผาต้มถึงน้ำหมักปิดฝาต่อท่อลงไปที่ส่วนควบแน่น (Condenser) แอลกอฮอล์ที่ได้จะมีน้ำปนมาก ทำให้ไม่เหมาะนักที่จะใช้จริง ๆ ในอุตสาหกรรม การกลั่นที่ใช้กันในอุตสาหกรรมจะอาศัยเครื่องกลั่นประกอบด้วยตัวถังสูงในแนวตั้ง 2 ตัว ถึงที่ 1 เรียก สตรีปเปอร์ คอลัมน์

(Stripper column) ถึงที่ 2 เป็นถึงเสริมเรียก เรกติฟายอิง คอลัมน์ (Rectifying column) น้ำมักจะถูกส่งเข้ามาถึงหลัก เจอความร้อนจากไอน้ำทำให้เอทานอลระเหยเป็นไอลอยขึ้นไปบนยอดถึง ขณะที่น้ำธรรมดาและสิ่งปะปนอื่น ๆ จะตกลงเบื้องล่าง ไอระเหยที่มีเอทานอลประมาณ 50 - 70 เปอร์เซ็นต์ จากการกลั่นครั้งที่ 1 จะถูกส่งตามท่อไปยังถึงที่ 2 ซึ่งจะมีความร้อนแยกเอทานอลให้ลอยขึ้นสูงไปบนยอดถึงอีกครั้ง แล้วส่งออกไปตามท่อเข้าไปยังถึงคอนเดนเซอร์

การให้ความร้อนแก่น้ำสาทำให้แอลกอฮอล์ในน้ำระเหยกลายเป็นไอ แต่ก็จะมีน้ำระเหยปนขึ้นมาพร้อมกับไอแอลกอฮอล์ด้วย ซึ่งความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในไอจะเข้มข้นกว่าในของเหลว การที่จะกลั่นให้ได้แอลกอฮอล์เปอร์เซ็นต์สูง ๆ นั้น ต้องทำให้แอลกอฮอล์ระเหยและควบแน่นหลาย ๆ ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งความเข้มข้นของแอลกอฮอล์จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ภายในหอกลั่น จึงทำเป็นหลายชั้น แต่ละชั้นเหมือนกับการทำให้ระเหยและควบแน่น 1 ครั้ง การกลั่นโดยใช้หอกลั่นจึงทำให้แอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูงได้ โดยกลั่นเพียงครั้งเดียว แต่ก็ไม่สามารถกลั่นให้ได้ความเข้มข้นถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เพราะเมื่อกลั่นจนแอลกอฮอล์ประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของไอแอลกอฮอล์ที่ระเหยออกมาจากของเหลว จะเท่ากับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในของเหลว จึงทำให้ไม่สามารถกลั่นแยกแอลกอฮอล์ให้ได้ความเข้มข้นถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ได้ ดังนั้น ถ้าต้องการกลั่นให้เอทานอล มีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นจะต้องมีการกลั่นเพิ่มเติม หรือใส่สารเคมีบางชนิด เช่น เบนซีน เติมระหว่าง การกลั่นจะช่วยให้ น้ำแยกตัวออกจากเอทานอลได้สมบูรณ์ขึ้น



ภาพประกอบ 1 การกลั่นลำดับส่วน

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2538 : 34

บทปฏิบัติการที่ 2

เรื่องการกลั่นแอลกอฮอล์

หลักการ

กระบวนการกลั่นคือ การให้ความร้อนแก่ของเหลวเพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วไอนี้ผ่านคอนเดนเซอร์ที่เย็น ไอจะกลั่นตัวเป็นของเหลว กระบวนการกลั่นลำดับส่วนเป็นกระบวนการแยกของผสมที่ประกอบด้วยของเหลวที่มีจุดเดือดแตกต่างกันของเหลว ของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำกว่าระเหยกลายเป็นไอออกไปก่อน แล้วควบแน่น (ผ่านในคอนเดนเซอร์ที่มีความเย็น) กลายเป็นของเหลวออกจากส่วนผสมก่อน การแยกเอทิลแอลกอฮอล์จากของผสมที่ได้จากกระบวนการหมักส่วนใหญ่นิยมวิธีการกลั่นลำดับส่วน

จุดประสงค์

1. จากอุปกรณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนสามารถออกแบบ และวางแผนเพื่อทำการกลั่นแอลกอฮอล์ด้วยเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายได้
2. นักเรียนสามารถทำการทดลอง อธิบายและสรุปหลักการเกี่ยวกับการกลั่นลำดับส่วนได้
3. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ที่เป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวันและเผยแพร่สู่ชุมชนได้

เวลาที่ใช้ 4 คาบ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. แอลกอฮอล์ที่ได้จากบทปฏิบัติการที่ 1 1,000 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
2. ตะเกียงแอลกอฮอล์ 1 ใบต่อกลุ่ม
3. เทอร์มอมิเตอร์ 1 อันต่อกลุ่ม
4. บีกเกอร์ ขนาด 500 ml 1 ใบต่อกลุ่ม
5. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml 1 ใบต่อกลุ่ม
6. สายยางทนความร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm ยาว 50 cm 1 เส้นต่อกลุ่ม
7. หลอดแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิลิตร ยาว 10, 15 และ 20 เซนติเมตร 1 หลอดต่อกลุ่ม
8. ขาดังพร้อมไม้หนีบ 2 อัน 1 ชุดต่อกลุ่ม
9. หลอดทดลองขนาดใหญ่ 1 หลอดต่อกลุ่ม
10. น้ำแข็ง/น้ำ
11. ขวดโพรลิสขนาด 500 ml 1 ใบต่อกลุ่ม
12. จุกยาง 2 อันต่อกลุ่ม
13. กระบอกตวง 1 ใบต่อกลุ่ม
14. ไม้ขีดไฟ/ธูป

วิธีการทดลอง

กิจกรรมที่ 1 ประดิษฐ์เครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย

จากอุปกรณ์ที่กำหนดให้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบและวางแผนสร้างเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย แล้วทำการติดตั้งเครื่องกลั่นลำดับส่วน พร้อมทั้งวาดรูปประกอบลงในแบบรายงานผลปฏิบัติการทดลอง

กิจกรรมที่ 2 กลั่นแอลกอฮอล์

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักจากบทปฏิบัติการที่ 1 มาทำการกลั่นลำดับส่วนด้วยเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายที่แต่ละกลุ่มได้ทำการวางแผนและออกแบบไว้ โดยก่อนที่จะทำการกลั่นลำดับส่วนให้นักเรียนใส่เศษกระเบื้อง 2 - 3 ชิ้น ลงในน้ำหมักที่นักเรียนจะทำการกลั่นด้วยเพื่อป้องกันการเดือดพลุ่ง และไม่ควรใส่น้ำหมักมากเกินไป 2/3 ของภาชนะที่จะทำการกลั่น

เมื่อทำการกลั่นลำดับส่วนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนสังเกตและบันทึกผล ลักษณะของกลิ่น สี วัตถุดิบเป็นกรด - เบส และทดสอบการติดไฟของของเหลวที่ทำการกลั่นลำดับส่วนออกมาได้ลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนสร้างขึ้น แล้วนำเสนอผลการทดลองให้เพื่อน ๆ แต่ละกลุ่มได้รับทราบ

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องการกลั่นแอลกอฮอล์

วัน/เดือน/ปี.....กลุ่มที่.....

ผู้ทดลอง 1.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

2.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

3.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

4.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

5.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

ปัญหา ถ้านักเรียนต้องการทราบว่าความสูงของหลอดแก้วมีผลต่อกระบวนการกลั่นหรือไม่ ? นักเรียนจะดำเนินการทดลองเพื่อหาคำตอบอย่างไร ?

จุดประสงค์การทดลอง.....

.....

.....

สมมติฐาน.....

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

นิยามเชิงปฏิบัติการ

.....

.....

แสดงภาพวาดประกอบเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย พร้อมทั้งอธิบายประกอบภาพ

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 2

1. การกลั่นลำดับส่วนมีหลักการอย่างไร ?

.....

.....

.....

.....

2. การกลั่นลำดับส่วนได้ผลดีกว่าการกลั่นแบบอื่น ๆ อย่างไร ?

.....

.....

.....

3. จากการกลั่นลำดับส่วน นักเรียนคิดว่าของเหลวที่ถูกกลั่นออกมานั้นเป็นสารชนิดใด เพราะเหตุใดจึงคิดว่าเป็นสารดังกล่าว ? อธิบายให้ชัดเจน

.....

.....

.....

.....

4. เมื่อนำของเหลว 2 ชนิดที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ชนิดหนึ่งมีจุดเดือด 72 องศาเซลเซียส อีกชนิดหนึ่งมีจุดเดือด 94 องศาเซลเซียสมาทำการกลั่นลำดับส่วน ในขณะที่กลั่นสารที่มีจุดเดือดเท่าใด กลั่นตัวออกมาก่อน เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

.....

5. เมื่อวิเคราะห์จากผลการทดลองของนักเรียน นักเรียนคิดว่าแอลกอฮอล์ที่กลั่นออกมานี้จะมีจุดเดือดอยู่ในช่วงใด เพราะเหตุใดจึงอยู่ในช่วงดังกล่าว ?

.....

.....

.....

.....

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 3
เรื่องการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์

สาระสำคัญ

แอลกอฮอล์ได้มาจากการหมัก พืชหลายชนิดแล้วกลั่นออกมาเป็นแอลกอฮอล์ แอลกอฮอล์แบ่งออกเป็นหลายชนิดตามลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาผลิต ซึ่งกลุ่มแอลกอฮอล์เชื้อเพลิงที่รู้จักกันทั่วไปมี 3 ชนิด ได้แก่ เมทิลแอลกอฮอล์ หรือเมทานอล (CH_3OH) เอทิลแอลกอฮอล์หรือเอทานอล ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) และไอโซโพรพานอล ($\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$) ในกลุ่มนี้ เอทานอลนับเป็นแอลกอฮอล์ที่สำคัญและมีคุณสมบัติเหมาะสมในการเป็นเชื้อเพลิงมากกว่าตัวอื่น เนื่องจากมีความเป็นพิษน้อยที่สุดต่อเมื่อเทียบกับเมทานอลซึ่งมีความเป็นพิษสูงต่อคน

เมทิลแอลกอฮอล์ หรือเมทานอล เป็นแอลกอฮอล์ที่ได้จากน้ำมันก๊าด เศษไม้ การกลั่นของไม้ ก๊าซธรรมชาติ และทำปฏิกิริยาเคมีระหว่าง CO กับน้ำ ให้พลังงาน 65,600 BTU/gal และให้ค่าออกเทน 112

ไอโซโพรพานอล แม้จะมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิง แต่ปกติแล้วมักใช้เป็นแอลกอฮอล์ที่ใช้เช็ดถู (Rubbing Alcohol) เช่น ใช้ทาถูตามผิวหนังเวลามีแผลขีดข่วน แผลงัดต่อย หรือถูกมีดบาดเล็กน้อย โดยทั่วไปแล้วไอโซโพรพานอลผลิตมาจากโพรพิลีน (Propylene) ซึ่งได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี บางทีก็มีการใช้ ไอโซโพรพานอลกับเครื่องยนต์ โดยใช้เป็นสารเติมไปในถังน้ำมัน ช่วยดูดความชื้นหรือน้ำที่อาจมีอยู่ในท่อจ่ายน้ำมัน ทำให้มีการเพิ่มพลังของเครื่องยนต์ได้

ส่วนเอทิลแอลกอฮอล์ หรือเอทานอล เป็นแอลกอฮอล์ที่ได้จากกระบวนการหมักพืช ทุกส่วนของพืช สามารถผลิตเอทานอลได้ทั้งสิ้น ตัวอย่างที่มีเอทานอล เช่น ไวน์ สุรา เบียร์ วอดก้า สาเก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหมัก จึงมีชื่อเรียกผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน

แอลกอฮอล์ทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ทั้งสิ้น แต่ในอนาคตแล้วเมทานอลจะใช้น้อยลงเนื่องจากเกิดปัญหากับสภาพแวดล้อม ส่วนเอทานอลนั้นไม่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมแต่อย่างใด จึงนิยมนำมาทำเป็นพลังงานเชื้อเพลิง โดยผสมกับน้ำมันเบนซินเพื่อผลิตเป็นแก๊สโซฮอล์ ซึ่งเอทานอลมีคุณสมบัติดังนี้

เอทานอล เป็นสารอินทรีย์ เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ระเหยง่าย จุดไฟติด ละลายในน้ำ และในสารอินทรีย์อื่น ๆ ได้ดี มีจุดเดือด 78.4 องศาเซลเซียส ค่าความร้อนสุทธิ 6,400 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ค่าความร้อนในการเผาไหม้ 84,000 BTU/gal ให้ค่าออกเทน 106 ทั้งนี้ BTU/gal (บี.ที.ยู. ต่อแกลลอน) เป็นหน่วยของค่าความร้อนในการเผาไหม้

สามารถทำการตรวจสอบสมบัติของเอทานอลได้โดยนำมาละลายในน้ำ เพราะเอทานอลสามารถละลายในน้ำได้ดี ทดสอบความไวไฟ เพราะติดไฟได้ง่าย และมีเขม่าเพียงเล็กน้อย และเมื่อทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมจะแสดงสมบัติของกรด และเมื่อทำปฏิกิริยากับกรด จะแสดงสมบัติของเบส

บทปฏิบัติการที่ 3

เรื่องการทดสอบสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์

หลักการ

เอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ระเหยง่าย จุดไฟติด ละลายในน้ำและในสารอินทรีย์อื่น ๆ ได้ดี มีจุดเดือด 78.4 องศาเซลเซียส ค่าความร้อนสุทธิ 6,400 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ค่าความร้อนในการเผาไหม้ 84,000 BTU/gal ให้ค่าออกเทน 106

สามารถทำการตรวจสอบคุณสมบัติของแอลกอฮอล์ได้โดยนำมาละลายในน้ำ เพราะเอทานอลสามารถละลายในน้ำได้ดี ทดสอบความไวไฟ เพราะติดไฟได้ง่าย และมีเขม่าเพียงเล็กน้อย

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถดำเนินการทดลองเพื่อทดสอบคุณสมบัติของแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นในเรื่องของความเป็นกรด - เบส และความไวไฟได้
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ และสามารถเลือกใช้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุดได้
3. นักเรียนสามารถสรุปสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์ได้
4. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวันและเผยแพร่สู่ชุมชนได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

ตอนที่ 1 ทดสอบความเป็นกรด - เบส และการติดไฟ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. จานหลุม 4 จานต่อกลุ่ม
2. แอลกอฮอล์จากการทดลองในบทปฏิบัติการที่ 2
3. แอลกอฮอล์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (เมทานอล)
4. เอทานอลที่ผลิตจากอุตสาหกรรม
5. น้ำมันก๊าด
6. ธูป/ไม้ขีดไฟ
7. ยูนิเวอร์ซอลอินดิเคเตอร์หรือกระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงิน
8. หลอดหยดและแท่งแก้วคนสาร

วิธีการทดลอง

1. หยดแอลกอฮอล์จากการทดลองในบทปฏิบัติการที่ 2, แอลกอฮอล์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (เมทานอล), เอทานอลที่ผลิตจากอุตสาหกรรม, น้ำมันก๊าด ใส่ลงในจานหลุม จานที่ 1 , 2, 3 และ 4 ตามลำดับ จำนวนจานละ 5 หยด
2. ใช้แท่งแก้วคนสารตะไปที่สารแต่ละชนิดแล้วตะลงบนกระดาษยูนิเวอร์ซอลอินดิเคเตอร์หรือกระดาษลิตมัสทั้งสองสี แล้วบันทึกผลลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนสร้างขึ้น
3. จดรูปแล้วค่อย ๆ ตะไปที่จานหลุมต่าง ๆ ที่เตรียมไว้ในข้อ 1
4. สังเกตและบันทึกลักษณะการติดไฟ ของแอลกอฮอล์และน้ำมันเชื้อเพลิงลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนสร้างขึ้นแล้วนำเสนอผลการทดลองให้เพื่อน ๆ แต่ละกลุ่มได้รับทราบ

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 ทดสอบความร้อน เชื้อและกลืน

อุปกรณ์และสารเคมี

1. แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วน 100 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
2. แอลกอฮอล์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (เมทานอล) 100 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
3. เอทานอลที่ผลิตจากอุตสาหกรรม 100 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
4. น้ำมันก๊าด 100 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
5. ตะเกียงแอลกอฮอล์ 4 ใบต่อกลุ่ม
6. บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร 4 ใบต่อกลุ่ม
7. ไมซ์ไฟ
8. เทอร์มอมิเตอร์ 1 อันต่อกลุ่ม
9. ขาดังพร้อมไม้หนีบ
10. กระบังลมพร้อมตะแกรง
11. กระบอกตวง 1 ใบต่อกลุ่ม

วิธีการทดลอง

1. เตรียมตะเกียงแอลกอฮอล์ จำนวน 4 ใบ/กลุ่ม นำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วน แอลกอฮอล์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เอทานอลที่ผลิตจากอุตสาหกรรม และน้ำมันก๊าด ใส่ในตะเกียงแอลกอฮอล์ทั้ง 4 อย่างละ 100 มิลลิลิตร
2. นำน้ำใส่บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร ประมาณ 150 มิลลิลิตร จำนวน 4 ใบ ทำการวัดอุณหภูมิ ก่อนการต้มแล้วบันทึกค่าที่ได้ลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนสร้างขึ้น
3. หลังจากนั้นทำการต้มน้ำเป็นเวลา 15 นาที ขณะต้มให้นักเรียนสังเกตและบันทึกผลการเกิดเชื้อและกลืน เมื่อต้มเสร็จให้นักเรียนบันทึกผลของอุณหภูมิของน้ำและคำนวณปริมาตรที่ลดลงและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนสร้างขึ้น แล้วนำเสนอผลการทดลองให้เพื่อน ๆ แต่ละกลุ่มได้รับทราบ

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 3

1. จากการทดลองนักเรียนคิดว่าเชื้อเพลิงชนิดใดติดไฟดีที่สุด เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากการทดลองนักเรียนคิดว่าจะเลือกใช้เชื้อเพลิงชนิดใดดีที่สุด เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

.....

.....

3. เอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ มีคุณสมบัติอย่างไร ? อธิบายให้ชัดเจน

.....

.....

.....

.....

.....

4. เพราะเหตุใดจึงนิยมนำเอทานอลมาทำเป็นเชื้อเพลิง ?

.....

.....

.....

.....

.....

5. สุรา ไวน์ สาเก และแอลกอฮอล์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ จัดเป็นแอลกอฮอล์ชนิดใดและมีวิธีการผลิตอย่างไร ? อธิบายพอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

.....

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์ใช้เอง

สาระสำคัญ

แก๊สโซฮอล์ เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำแอลกอฮอล์ 99.5% มาผสมกับน้ำมันเบนซิน 91 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 10 หรือร้อยละ 10 ก็จะได้เป็นแก๊สโซฮอล์ ซึ่งมีค่าออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 ในปัจจุบันนี้ สามารถนำแก๊สโซฮอล์มาใช้กับรถยนต์ทั่วไปโดยไม่ต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ใหม่ ซึ่งมีประโยชน์ในการช่วยประหยัดปริมาณการใช้น้ำมันเบนซิน การผสมแอลกอฮอล์ลงในน้ำมันเบนซินข้างต้น เป็นในลักษณะของสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงค่าออกซิเจนเนต (Oxygenates) คือเป็นสารที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณออกซิเจน และออกเทนของน้ำมันเบนซิน ซึ่งสามารถใช้ทดแทนสารเติมแต่งชนิดอื่นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ เมทิล-เทอร์เทียรี-บิวทิล-อีเทอร์ (Methyl-Tertiary-Butyl-Ether) ซึ่งมีคำย่อเป็น MTBE

ข้อดีของแก๊สโซฮอล์

การใช้แก๊สโซฮอล์แทนน้ำมันเบนซินนั้น นอกจากจะช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรโดยการลดปริมาณการใช้น้ำมันดิบแล้ว ยังช่วยลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง ทำให้ช่วยลดมลภาวะที่เป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม ลดมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะในส่วนของปรากฏการณ์โลกร้อน หรือ ซองโหวโอโซน เป็นต้น อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาหมักกับยีสต์ ได้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์อีกด้วย

ข้อควรคำนึงเกี่ยวกับการผลิตแก๊สโซฮอล์

นอกจากข้อมูลในด้านที่มีประโยชน์ของการใช้แก๊สโซฮอล์ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วนี้ ในทางตรงกันข้าม ก็มีข้อควรคำนึงถึงที่เกี่ยข้องกับกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ แอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรนั้นยังมีน้ำผสมอยู่ จึงต้องนำมากลั่นหลายๆ ครั้งจนได้เป็นแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์

บทปฏิบัติการที่ 4

เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์ใช้เอง

หลักการ

แก๊สโซฮอล์ เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำแอลกอฮอล์ 99.5% ผสมกับน้ำมันเบนซิน 91 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 10 และ 2 ต่อ 10 หรือร้อยละ 10 และ 20 ตามลำดับ ก็จะได้เป็นแก๊สโซฮอล์ซึ่งมีค่าออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 ในประเทศไทยกำหนดอัตราส่วนที่ใช้ผสมคือ น้ำมันเบนซิน 90% เอทานอล 10% ส่วนในบางประเทศ เช่น บราซิล กำหนดไว้ถึง 20 - 24% ในปัจจุบันนี้สามารถนำแก๊สโซฮอล์มาใช้กับรถยนต์ทั่วไปโดยไม่ต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ทำให้ช่วยลดปริมาณการใช้น้ำมันเบนซิน ช่วยลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ ทำให้ลดมลภาวะที่เป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกด้วย

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถร่วมกันวางแผนและคิดสูตรแก๊สโซฮอล์ภายในกลุ่มของตนเองได้
2. นักเรียนสามารถทำการทดลองเพื่อทดสอบคุณสมบัติของแก๊สโซฮอล์ในเรื่องของการติดไฟได้
3. นักเรียนสามารถเลือกและสรุปสูตรแก๊สโซฮอล์ที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ได้
4. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เป็นประโยชน์

ในชีวิตประจำวันและเผยแพร่สู่ชุมชนได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

ตอนที่ 1 คิดสูตรแก๊สโซฮอล์

อุปกรณ์และสารเคมี

1. แอลกอฮอล์จากอ้อยที่ผ่านการกลั่นลำดับส่วนจากบทปฏิบัติการที่ 1 200 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
2. น้ำมันเบนซิน 91 50 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
3. ปีกเกอร์ ขนาด 500 ml 3 ใบ/กลุ่ม
4. กระบอกตวง ขนาด 100 ml 2 อัน/กลุ่ม
5. จานหลุม 3 จาน/กลุ่ม
6. หลอดหยด 2 หลอดต่อกลุ่ม
7. ไม้ขีดไฟ
8. รูป

วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนและวิเคราะห์ความเหมาะสมในการผสมน้ำมันเบนซินกับแอลกอฮอล์จากอ้อยที่ผ่านการกลั่นลำดับส่วนจากบทปฏิบัติการที่ 1 เพื่อผลิตเป็นแก๊สโซฮอล์ กลุ่มละ 3 สูตร โดยแก๊สโซฮอล์ที่ได้จะต้องสามารถช่วยประหยัดน้ำมันเบนซินได้มากที่สุด
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการผสมน้ำมันเบนซินกับแอลกอฮอล์ตามสูตรที่แต่ละกลุ่มได้วางแผนไว้ พร้อมทั้งเขียนอธิบายขั้นตอน วิธีการผสมสูตรแก๊สโซฮอล์ทั้ง 3 สูตร ลงในแบบรายงานผลปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ปฏิบัติ
3. นำแก๊สโซฮอล์ที่แต่ละกลุ่มได้ทำการผลิตขึ้นไปทำการทดสอบการติดไฟ โดยนำแก๊สโซฮอล์ที่ผลิตได้หยดลงในจานหลุมทั้ง 3 จาน จานละ 1 หยด และสังเกตดูว่าแก๊สโซฮอล์สูตรใดติดไฟดีที่สุดแล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนสร้างขึ้น

ปัญหา ถ้านักเรียนต้องการผลิตแก๊สโซลล์ใช้เอง นักเรียนจะมีวิธีการทดลองอย่างไร ?

สมมติฐาน.....

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

.....

.....

[illegible]

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 เลือกสูตรไหนดี

อุปกรณ์และสารเคมี

1. แอลกอฮอล์จากอ้อยที่ผ่านการกลั่นลำดับส่วนจากบทปฏิบัติการที่ 1 200 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
2. น้ำมันเบนซิน 91 50 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
3. ปีกเกอร์ 1 ใบต่อกลุ่ม
4. กระบอกตวง 1 ใบต่อกลุ่ม
5. ขวดเก็บสาร 1 ขวดต่อกลุ่ม

วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาว่าจะเลือกแก๊สโซฮอล์สูตรใดที่เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในกลุ่มของตนแล้วเขียนอธิบายเหตุผลลงในรายงานผลการปฏิบัติการทดลอง
2. หลังจากที่ได้สูตรแก๊สโซฮอล์ของแต่ละกลุ่มแล้ว ให้สมาชิกของทุกกลุ่มพิจารณาคัดเลือกสูตรแก๊สโซฮอล์ที่เหมาะสมที่สุดเพียงสูตรเดียว เพื่อนำไปทดลองใช้ในเครื่องยนต์ของเครื่องตัดหญ้าในบทปฏิบัติการที่ 5 โดยให้สมาชิกแต่ละกลุ่ม อภิปรายร่วมกันว่า เพราะเหตุใดจึงเลือกสูตรดังกล่าว พร้อมทั้งนำเสนอเหตุผลให้เพื่อน ๆ แต่ละกลุ่มได้รับทราบ แล้วเขียนอธิบายเหตุผลลงในแบบรายงานผลการปฏิบัติการทดลองอีกครั้งหนึ่ง
3. เมื่อได้สูตรแก๊สโซฮอล์เพียง 1 สูตร เพื่อใช้สำหรับบทปฏิบัติการที่ 5 แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มผสมสูตรแก๊สโซฮอล์ดังกล่าว กลุ่มละ 200 มิลลิลิตร แล้วเก็บไว้ในขวดเก็บสารให้เรียบร้อย พร้อมทั้งเขียนอธิบายขั้นตอน วิธีการผสมสูตรแก๊สโซฮอล์ดังกล่าวลงในแบบรายงานผลปฏิบัติการทดลอง

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องการผลิตแก๊สโซลลใช้เอง :
ตอนที่ 2 เลือกสูตรไหนดี

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 4

1. แก๊สโซฮอล์มีคุณสมบัติอย่างไร ? อธิบายให้ชัดเจน

.....

.....

.....

.....

2. ถ้าให้เลือกใช้เชื้อเพลิงจากแก๊สโซฮอล์และน้ำมันเบนซิน นักเรียนคิดว่าจะเลือกใช้เชื้อเพลิงชนิดใด เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

.....

3. การใช้แก๊สโซฮอล์จะป้องกันการเกิดช่องโหว่โอโซนได้อย่างไร ? อธิบายให้ชัดเจน

.....

.....

.....

.....

4. จากการทดลองนักเรียนคิดว่าแก๊สโซฮอล์ที่นักเรียนผลิตขึ้นเองมีประสิทธิภาพเหมาะกับการนำไปใช้หรือไม่ เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

.....

5. ถ้าราคาของผลิตผลทางการเกษตรที่ใช้ผลิตแก๊สโซฮอล์สูงขึ้น แก๊สโซฮอล์จะสามารถแข่งขันกับน้ำมันเบนซินได้หรือไม่ อย่างไร ?

.....

.....

.....

.....

ในความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 5 เรื่องการทดสอบประสิทธิภาพแก๊สโซฮอลล์

สาระสำคัญ

การใช้เอทานอลเพื่อเป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์นั้นไม่ใช่เรื่องใหม่ของวงการอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ เนื่องจากว่าได้มีการใช้ตั้งแต่ที่มีการประดิษฐ์รถยนต์ขึ้นมาเป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1903 โดย เฮนรี ฟอร์ด (Henry Ford) จากการรายงานผลอย่างเป็นทางการเมื่อปี ค.ศ. 1907 และในยุคสมัยที่เกิดภาวะสงครามโลก ในช่วงเศรษฐกิจตกต่ำและราคาน้ำมันในตลาดโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อพิจารณาถึงคุณลักษณะของการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงพบว่ามีทั้งข้อดีและข้อด้อย ขึ้นอยู่กับสมบัติของแอลกอฮอล์และการนำไปใช้งาน โดยทั่วไปการใช้เอทานอลกับเครื่องยนต์เบนซินจะให้ผลดีโดยนำเอทานอลไปผสมกับน้ำมันเบนซินให้กลายเป็นแก๊สโซฮอลล์ โดยไม่ต้องมีการดัดแปลงเครื่องยนต์ แก๊สโซฮอลล์นี้จัดเป็นออกซิเจนเนต ฟิวเอิล (Oxygenate Fuels) หรือน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีออกซิเจนเป็นส่วนผสม สำหรับเอทานอลบริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำไปใช้เป็นสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงค่าออกซิเจนเนต (Oxygenate) หรือใช้เป็นสารเพิ่มออกเทน (Octane Enhancing Additives) ในน้ำมันเชื้อเพลิงได้

แต่น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอล อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ชิ้นส่วนรถยนต์เสื่อมสภาพได้ ทั้งนี้เนื่องจากชิ้นส่วนที่ใช้กับรถยนต์ในปัจจุบันส่วนใหญ่ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อใช้กับเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาความเข้ากันได้ระหว่างการใช้เชื้อเพลิงดังกล่าวกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนและการทำงานของเครื่องยนต์ ดังนั้น ก่อนที่จะนำไปใช้ควรมีการทดสอบประสิทธิภาพแก๊สโซฮอลล์เสียก่อน

การทดสอบประสิทธิภาพแก๊สโซฮอลล์

การทดสอบประสิทธิภาพแก๊สโซฮอลล์ คือ การทดสอบความสามารถของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซฮอลล์เป็นเชื้อเพลิง โดยทำการทดสอบความสามารถของเครื่องยนต์ในเรื่องของ (สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท.. 2544)

1. การประหยัดเชื้อเพลิง
2. ความเข้มข้นของมลพิษไอเสีย
3. ความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอน

ผลการทดสอบของสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. พบว่าการใช้แก๊สโซฮอลล์เป็นเชื้อเพลิงทำให้ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดีกว่าการใช้น้ำมันเบนซิน ลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และสารไฮโดรคาร์บอน ช่วยให้อากาศแวดล้อมสะอาดปราศจากสารพิษ

บทปฏิบัติการที่ 5

เรื่องการทดสอบประสิทธิภาพแก๊สโซฮอลล์

หลักการ

การทดสอบประสิทธิภาพแก๊สโซฮอลล์ คือ การทดสอบความสามารถของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซฮอลล์เป็นเชื้อเพลิง โดยทำการทดสอบความสามารถของเครื่องยนต์ในเรื่องของ การประหยัดเชื้อเพลิง ความเข้มข้นของมลพิษไอเสีย ความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอน ผลการทดสอบของสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. พบว่าการใช้แก๊สโซฮอลล์เป็นเชื้อเพลิงทำให้ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดีกว่าการใช้น้ำมันเบนซิน ลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และสารไฮโดรคาร์บอนช่วยให้สภาพแวดล้อมสะอาดปราศจากสารพิษ

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถออกแบบและวางแผนการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแก๊สโซฮอลล์ในเครื่องยนต์เบนซินอย่างง่ายได้
2. นักเรียนสามารถทำการทดลอง สรุปและอภิปรายผลการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแก๊สโซฮอลล์ในเครื่องยนต์เบนซินอย่างง่ายได้
3. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวันและเผยแพร่สู่ชุมชนได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. เครื่องตัดหญ้า 3 เครื่อง
2. แก๊สโซฮอลล์จากการทดลองในบทปฏิบัติการที่ 4 1 ลิตร
3. แก๊สโซฮอลล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เอทานอล ร้อยละ 10 1 ลิตร
4. น้ำมันเบนซิน 91 1 ลิตร
5. น้ำปูนใส 1,000 มิลลิลิตร
6. ถังพลาสติกขนาดใหญ่ 1 ถัง
7. สายยาง ยาว 1 เมตร 1 เส้น

วิธีการทดลอง

1. นำเชื้อเพลิง ได้แก่ แก๊สโซฮอลล์จากการทดลองในบทปฏิบัติการที่ 4, แก๊สโซฮอลล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยและน้ำมันเบนซิน ใส่ลงในเครื่องตัดหญ้า คันละ 1 ลิตร
2. ทำการสตาร์ทเครื่องตัดหญ้า ทั้ง 3 คัน พร้อมกันแล้วสังเกตสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ ได้แก่ การติดของเครื่องยนต์ (ติดง่าย, ติดยาก) และการเดินเครื่องของเครื่องยนต์ (เครื่องเดินเรียบ, กระตุก)

ภายในเวลา 10 นาที เปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ทั้ง 3 เครื่อง บันทึกผลการสังเกตลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนสร้างขึ้น

3. นำเครื่องตัดหญ้าทั้ง 3 คัน ไปวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งทดสอบโดยใช้น้ำปูนใส สังเกตความขุ่นของน้ำปูนใสแล้วบันทึกผลลงในตารางที่นักเรียนสร้างขึ้น

4. ทำการสอบถามบุคคลต่าง ๆ ต่อไปนี้ ได้แก่ นักเรียนที่ทดลองใช้เครื่องตัดหญ้า นักเรียนที่ดูผลการใช้เครื่องตัดหญ้า ครู - อาจารย์ที่ควบคุม เกี่ยวกับการติดของเครื่องยนต์ และการเดินเครื่องของเครื่องยนต์

5. นำผลที่ได้ทั้งหมดมาสรุปประสิทธิภาพของแก๊สโซฮอล์ที่นักเรียนคิดสูตรขึ้นแล้วนำเสนอผลการทดสอบให้เพื่อน ๆ ได้รับทราบ

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่องการทดสอบประสิทธิภาพแก๊สโซฮอล์

วันเดือนปี.....กลุ่มที่.....

ผู้ทดลอง 1.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

2.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

3.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

4.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

5.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

ปัญหา ถ้านักเรียนต้องการทดสอบว่าแก๊สโซฮอล์ที่นักเรียนผลิตขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้หรือไม่ ? นักเรียนจะดำเนินการทดลองอย่างไร ? เพื่อตอบคำถามดังกล่าว

จุดประสงค์การทดลอง.....

.....

.....

สมมติฐาน.....

ตัวแปรที่ศึกษา

 ตัวแปรต้น.....

 ตัวแปรตาม.....

 ตัวแปรควบคุม.....

นิยามเชิงปฏิบัติการ

.....

.....

.....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อคิดเห็นของบุคคลต่าง ๆ ในการทดสอบประสิทธิภาพของแก๊สโซฮอล์ในเครื่องตัดหญ้า

1. นักเรียนที่ทดลองใช้เครื่องตัดหญ้าที่ใช้แก๊สโซฮอล์, น้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยเป็นเชื้อเพลิง

.....

.....

.....

2. นักเรียนที่สังเกตผลการใช้เครื่องตัดหญ้าที่ใช้แก๊สโซฮอลล์, น้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอลล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยเป็นข้อพึง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ครู - อาจารย์ที่ควบคุมการใช้เครื่องตัดหญ้าที่ใช้แก๊สโซฮอลล์, น้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอลล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยเป็นข้อพึง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์.....

.....

.....

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน.....

.....

.....

คำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 5

1. จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องตัดหญ้า เครื่องตัดหญ้าที่ใช้แก๊สโซฮอลล์มีลักษณะการทำงานอย่างไร เครื่องน็อคและกระตุกหรือไม่ ?

.....

.....

.....

2. เครื่องตัดหญ้าที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากแก๊สโซฮอลล์, น้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอลล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย มีผลต่อสภาพแวดล้อมแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร ?

.....

.....

.....

3. เครื่องตัดหญ้าที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากแก๊สโซฮอลล์มีผลทำให้น้ำปนใสหรือไม่ เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนเลือกใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสองชนิด ได้แก่ น้ำมันเบนซินและน้ำมันจากแก๊สโซฮอลล์นักเรียนจะเลือกใช้น้ำมันชนิดใด เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

5. แก๊สโซฮอลล์มีผลต่อระบบเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมอย่างไร ควรที่จะนำมาใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงหรือไม่ เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

.....

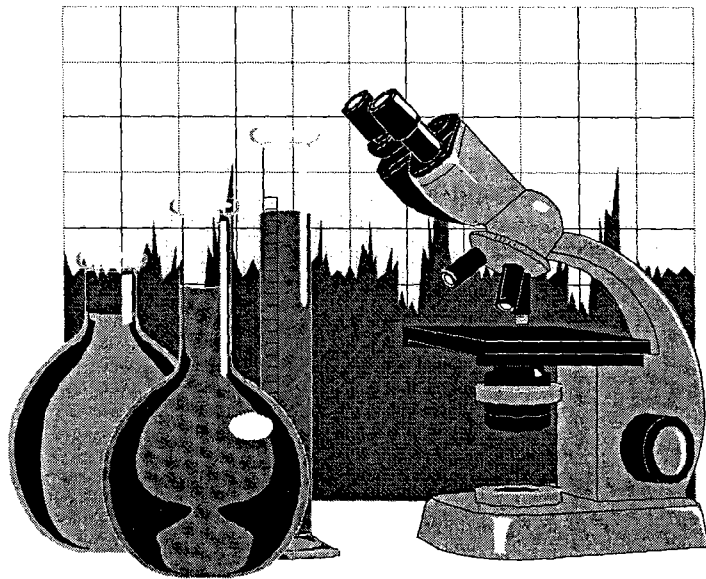
.....

ภาคผนวก ง
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
คู่มือครูประกอบการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เรื่อง

การผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากพืชในท้องถิ่น



พัฒนาโดย

นางสาวกานต์รวี ใจงาม

นิสิตปริญญาโท วิทยาศาสตร์ศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์

ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 1 เรื่องการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย

สาระสำคัญ

อ้อย

อ้อย (Sugar-cane) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sacharum officinarum* Linn. เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ตระกูลเดียวกับหญ้าเช่นเดียวกับข้าวโพด ข้าว เป็นไม้ล้มลุก สูง 2 - 5 เมตร มีลำต้นสีม่วงแดง มีไขสีขาวปกคลุมเปลือกลำต้นไม่แตกกิ่งก้าน ใบแต่ละใบเป็นใบเดี่ยว กว้าง 2.5 - 5 เซนติเมตร ยาว 0.5 - 1 เมตร เรียงสลับกัน ดอกเป็นช่อออกที่ปลายยอด สีขาว ผลเป็นผลแห้งขนาดเล็ก อ้อยเป็นพืชที่มีอายุยาวประมาณ 1 ปี เป็นพืชที่ปลูกครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้ง เนื่องจากอ้อยสามารถไว้ตอได้

ภายในต้นอ้อย 1 ต้น มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้ คือ ประกอบด้วย เส้นใย (Fiber) 13.5% น้ำตาล 14% น้ำ 70% และส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ น้ำตาล 2.5%

ประโยชน์ของอ้อย

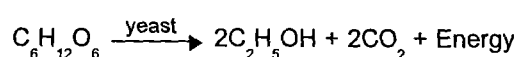
อ้อยมีประโยชน์มากมาย เช่น ใช้เป็นอาหารสัตว์ กากอ้อยใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ใช้ทำถ่านก้อน กระดาษอัด (ไม้อัด) และมีการนำสารเคมีจากการสกัดจากกากอ้อยทำเป็นตัวทำลายลำต้นผลิตน้ำตาล ปัจจุบันได้มีการนำอ้อยมาผลิตเป็นแอลกอฮอล์เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง อ้อย 1 ต้น ผลิตแอลกอฮอล์ได้ 70 ลิตร ส่วนกากน้ำตาลซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากอ้อย 1 ต้น ผลิตแอลกอฮอล์ได้ถึง 250 ลิตร



กระบวนการหมักแอลกอฮอล์

ในกระบวนการหมักแอลกอฮอล์จัดเป็นกระบวนการหมักสารพวกคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ แป้งและน้ำตาลให้เป็นเอทานอล ถ้าสารเริ่มต้นเป็นน้ำตาล ก็สามารถจะใช้ยีสต์ทำการหมักได้ทันที ยีสต์ที่นิยมใช้กันเป็นยีสต์สายพันธุ์แซคคาโรไมซีส (*Saccharomyces*) ในอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลที่ต้องการความเข้มข้นเอทานอลสูง จะใช้ยีสต์ในสายพันธุ์แซคคาโรไมซีส เซรวิซีอี

กระบวนการหมักเพื่อทำให้เกิดแอลกอฮอล์ จะเกิดในสภาวะที่ไม่มีอากาศ (Anaerobic Condition) ดังสมการต่อไปนี้



ถ้าสารเริ่มต้นเป็นพวกแป้ง เช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด ไซเอนไซม์มอลเตส (Maltase) ซึ่งได้จากพวกรา เปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล นอกจากเชื้อราแล้วยังสามารถใช้กรดเกลือไปรวมกับแป้งแล้วต้ม ก็ได้น้ำตาลที่มีโมเลกุลเล็กกว่าที่ใช้อยู่ด้วยเอนไซม์ (ซึ่งสามารถใช้ทำให้เกิดแอลกอฮอล์ได้ดีกว่าน้ำตาลโมเลกุลใหญ่) แต่การใช้กรดจะต้องควบคุมปริมาณให้พอเหมาะ โดยปริมาณกรดที่เหลือนั้นจะต้องไม่ทำให้น้ำตาลเสียไป และต้องปรับความเป็นกรด-เบสให้เหมาะสม ในปฏิกิริยาการหมักที่จะดำเนินต่อไป

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของยีสต์ในกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ ได้แก่

1. ความเข้มข้นของสารเริ่มต้น

กระบวนการหมักจะใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลไม่เกินร้อยละ 18 โดยพบว่าถ้าสารละลายมีความเข้มข้นของน้ำตาลสูง ประมาณร้อยละ 22 ขึ้นไปโดยน้ำหนักต่อปริมาตร จะรบกวนการเจริญเติบโตของยีสต์ ทำให้ยีสต์เติบโตได้ยาก กระบวนการหมักจะเป็นไปอย่างเชื่องช้าและ ไม่สมบูรณ์ และจะเกิดกรดแลกติกและกรดน้ำส้มขึ้น

2. ความเข้มข้นของผลผลิต

ในการดำเนินการ ควรควบคุมความเข้มข้นของผลผลิต คือ ความเข้มข้นของเอทานอลสูงถึงประมาณร้อยละ 15 โดยปริมาตร ถ้าหากปริมาณของเอทานอลสูงขึ้นกว่านี้จะขัดขวางหรือหยุดยั้งการทำงานของยีสต์ และทำให้การหมักหยุดชะงัก

3. คาร์บอนไดออกไซด์และความดัน

ขณะที่อยู่ในกระบวนการหมัก ควรทำการระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกจากระบบ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ความดันในถังหมักจะสูงขึ้น เพราะส่งผลให้อัตราเร็วของการหมักลดลง

4. ออกซิเจน

ในกระบวนการหมักถ้ามีออกซิเจนเข้าไปในถังหมัก จะไม่มีเอทานอล แต่จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำเกิดขึ้นเท่านั้น

5. กรดน้ำส้มหรือกรดแอซิติก

ในการหมัก ไม่ควรหมักไว้นานเพราะทำให้เกิดกรดน้ำส้มส่งผลให้การเจริญเติบโตของยีสต์ชะงัก

6. ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน

ในกระบวนการหมักถ้ามีความเป็นกรดสูงจะมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของยีสต์ และอัตราเร็วของการหมักเพิ่มขึ้นทำให้กระบวนการหมักไม่สมบูรณ์

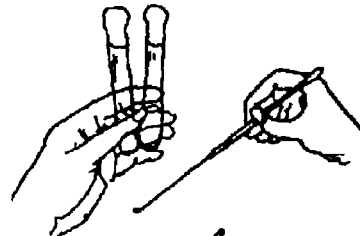
7. อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมักอยู่ในช่วง 10 - 30 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนดข้างต้นจะส่งผลให้ความว่องไวของปฏิกิริยาลดลง ในระบบการหมักจึงต้องมีระบบถ่ายเทความร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก

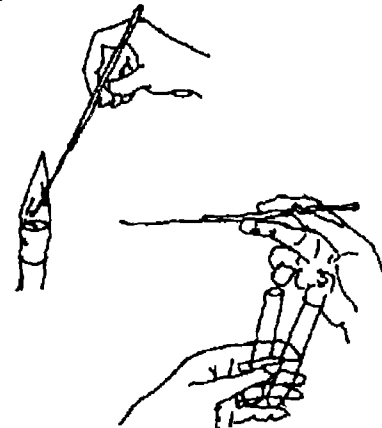
ทักษะปฏิบัติที่ควรรู้

การฝึกเทคนิคปลอดเชื้อ ในการเตรียมเชื้อเริ่มต้น (Starter) จะต้องปฏิบัติอย่างสะอาด ปราศจากเชื้อ นักเรียนควรฝึกก่อนที่จะปฏิบัติจริง ดังขั้นตอนต่อไปนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538 : 16 - 17)

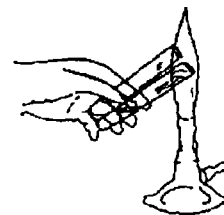
1. ถือหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ และหลอดอาหารที่เตรียมจะถ่ายเชื้อไว้ในมือเดียวกัน อีกมือหนึ่งถือห่วงเขี่ยเชื้อโดยจับที่ด้ามดังภาพ



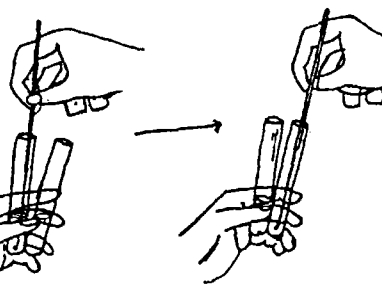
2. เผาห่วงเขี่ยเชื้อในเปลวไฟในลักษณะตั้งขึ้นให้หลอดถูกกับเปลวไฟ จนร้อนแดงตลอดเส้น และปล่อยให้เย็นสักครู่ (ประมาณ 15 - 20 วินาที)



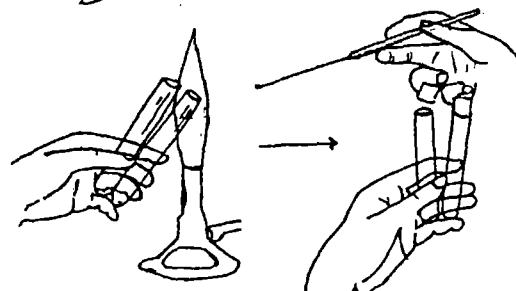
3. เปิดจุกสำลีหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อและหลอดที่จะถ่ายเชื้อ โดยใช้นิ้วก้อยกับอุ้งมือ และนิ้วนางกับนิ้วก้อยคีบจุกสำลีทั้ง 2 หลอดดึงออกมา



4. ลงไฟบริเวณรอบปากหลอดอาหาร



5. ใช้เข็มเขี่ยเชื้อแตะลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำมาจุ่มลงในหลอดอาหารที่ต้องการถ่ายเชื้อ ในกรณีที่เป็นการอาหารเหลว ถ้าถ่ายเชื้อลงในอาหารวุ้น ให้ลากห่วงเขี่ยเชื้อไปบนผิวหน้าอาหารในลักษณะที่ขีดตรง ๆ หรือขีดซิกแซกหรือแทงลึกลงไปอาหาร



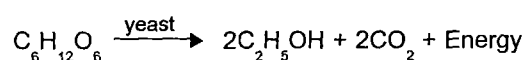
6. ลงไฟบริเวณรอบปากหลอดอาหารทั้ง 2 อีกครั้งหนึ่ง แล้วปิดจุกสำลีตามเดิม เมื่อถ่ายเชื้อเสร็จแล้วให้ลงไฟเข็มเขี่ยเชื้ออีกครั้ง

บทปฏิบัติการที่ 1

เรื่องการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย

หลักการ

กระบวนการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย เป็นกระบวนการหมักเพื่อทำให้เกิดแอลกอฮอล์ในสภาวะที่ไม่มีอากาศ (Anaerobic Condition) โดยมีสารเริ่มต้นเป็นน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ ใช้ยีสต์ทำการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอล ยีสต์ที่นิยมใช้เป็นยีสต์สายพันธุ์แซคคาโรไมซีส เชรวิซีอี กระบวนการหมักจะเกิดปฏิกิริยาเคมีดังสมการต่อไปนี้



จุดประสงค์ เมื่อนักเรียนทดลองแล้วสามารถ

1. หมักแอลกอฮอล์จากอ้อยได้
2. อธิบายวิธีการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อยได้
3. สรุปปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ได้
4. นำเสนอแนวคิดที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และ

เผยแพร่สู่ชุมชนได้

เวลาที่ใช้ 4 คาบ

อุปกรณ์และสารเคมี

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1. น้ำอ้อย | 11. หลอดทดลองที่ปราศจากเชื้อ |
| 2. เครื่องวัดน้ำตาล (Refractometer) | 12. สำลี |
| 3. ยีสต์แซคคาโรไมซีส เชรวิซีอี | 13. เต้าแก๊ส หม้อต้ม |
| 4. แอมโมเนียมซัลเฟต | 14. น้ำเชื่อม |
| 5. ขวดกลมที่ปราศจากเชื้อ | 15. ตะเกียงแอลกอฮอล์และไม้ขีดไฟ |
| 6. เทอร์มอมิเตอร์ | 16. แท่งแก้วคนสารและกระบอกลดแรงดัน |
| 7. ยูนิเวอร์ซอลอินดิเคเตอร์ | 17. หลอดหยด |
| 8. น้ำกลั่น | 18. เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ |
| 9. บีกเกอร์ | (Alcohol Hydrometer) |
| 10. จุกคออร์ก | 19. เช็มเขี่ยเชื้อ |

วิธีการทดลอง

ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 5 คน โดยแบ่งหน้าที่ตามความรับผิดชอบและดำเนินการตามกิจกรรมต่างๆ ตามลำดับดังนี้

กิจกรรมที่ 1 วัดและควบคุมความหวานโดยใช้เครื่องวัดน้ำตาล (Refractometer)

นำน้ำอ้อย จำนวน 1,500 มิลลิลิตร แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร บีกเกอร์ละ 750 มิลลิลิตร ส่วนที่ 1 ไม่ควบคุมความหวาน ส่วนที่ 2 ควบคุมให้มีความหวานประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ (วัดเป็นองศาบริกซ์) ควบคุมความหวานของน้ำอ้อยด้วยเครื่องวัดน้ำตาล

องศาบริกซ์ หมายถึง หน่วยการวัดความเข้มข้นของน้ำตาลของเครื่องวัดน้ำตาล



ในการทดลองนี้ถ้าเพื่อน ๆ ไม่ควบคุมความหวานจะมีผลอย่างไรต่อการหมักแอลกอฮอล์ ?

กิจกรรมที่ 2 ปรับค่าพีเอช (pH) ของน้ำอ้อย

ปรับค่าพีเอช (pH) ของน้ำอ้อยทั้งสองบีกเกอร์ให้อยู่ระหว่าง 3.8 - 4.5 โดยใช้กระดาษยูนิเวอร์ซอลอินดิเคเตอร์ (ถ้าพบว่า ในน้ำอ้อยมีความเป็นกรดสูงกว่าที่ต้องการ ให้ทำการเจือจางโดยใช้น้ำสะอาดหรือน้ำกลั่น)



เพราะเหตุใดเพื่อน ๆ จึงต้องปรับค่าพีเอช (pH) ก่อนทำการหมัก ?

กิจกรรมที่ 3 เตรียมเชื้อเริ่มต้น

หลังจากนั้นทำการตม่น้ำอ้อยทั้งสองบีกเกอร์ที่ปรับค่าพีเอช (pH) แล้วเป็นเวลา 10 - 15 นาที ยกจากเตาและตั้งไว้ โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 21 - 32 องศาเซลเซียส นำไปใส่หลอดทดลองทั้งสองหลอดที่ปราศจากเชื้อหลอดละ 50 มิลลิลิตร แล้วใส่ยีสต์ลงไปโดยเขี่ยเชื้อยีสต์ด้วยเข็มเขี่ยเชื้อประมาณ 3 ครั้ง หลังจากนั้น เติมน้ำโมเนเนียมซัลเฟต ประมาณ 0.05 กรัม เพื่อเป็นอาหารของยีสต์ปิดปากหลอดทดลองทั้งสองด้วยสำลีที่ผ่านการฆ่าเชื้อ บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง เพื่อใช้เป็นเชื้อเริ่มต้น (Starter)



เพื่อน ๆ รู้มั๊ยว่าทำไมการเตรียมเชื้อเริ่มต้นจะต้องทำให้ปลอดเชื้อเสียก่อน ?

กิจกรรมที่ 4 หมักแอลกอฮอล์จากอ้อย

นำเชื้อเริ่มต้นทั้งสองหลอด หลอดละ 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในน้ำอ้อยที่มีปริมาตรขวดละ 700 มิลลิลิตร โดยในขวดที่ 1 ไม่ควบคุมความหวาน ขวดที่ 2 ควบคุมความหวาน เขย่าให้เชื้อกระจาย ปิดฝาด้วยจุกคออร์กหรือสำลี ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 7 วัน เมื่อครบกำหนดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวัดค่าต่างๆ ของแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ของทั้ง 2 ขวดดังนี้ ปริมาณน้ำตาล เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ และค่าพีเอช (pH) สังเกตกลิ่น สี และฟอง บันทึกผลลงในตารางที่นักเรียนสร้างขึ้น แล้วนำเสนอผลการทดลองพร้อมแอลกอฮอล์ที่ได้ให้เพื่อน ๆ แต่ละกลุ่มได้รับทราบ



ในกลุ่มของเพื่อน ๆ มีผลการทดลองเป็นอย่างไรบ้าง ?

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

แนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 1

1. เพราะเหตุใดจึงต้องมีการควบคุมความหวานของน้ำอ้อยก่อนที่จะทำการหมักแอลกอฮอล์ ?

.....

.....

.....

.....

.....

2. ถ้าไม่มีการปรับค่าพีเอช (pH) ให้กับน้ำอ้อย จะมีผลต่อกระบวนการหมักหรือไม่ เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

.....

.....

3. ยีสต์มีความจำเป็นต่อกระบวนการหมักแอลกอฮอล์หรือไม่ ถ้าไม่มียีสต์จะเกิดผลอย่างไร ?

.....

.....

.....

.....

.....

4. เพราะเหตุใดจะต้องมีการเตรียมเชื้อเริ่มต้นสำหรับการหมักแอลกอฮอล์ ถ้าไม่มีการเตรียมเชื้อเริ่มต้นได้หรือไม่ ?
อธิบายพอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

.....

5. ถ้านักเรียนต้องการตรวจสอบว่า น้ำอ้อยที่นักเรียนทำการหมักเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์แล้ว นักเรียนจะตรวจสอบได้อย่างไร ?

.....

.....

.....

.....

.....

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องการกลั่นแอลกอฮอล์

สาระสำคัญ

กระบวนการกลั่นแอลกอฮอล์

กระบวนการกลั่นคือ การให้ความร้อนแก่ของเหลวเพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วให้ไอด้านคอนเดนเซอร์ที่เย็น ไอจะกลั่นตัวเป็นของเหลว กระบวนการกลั่นลำดับส่วนเป็นกระบวนการแยกของผสมที่ประกอบด้วยของเหลวที่มีจุดเดือดแตกต่างกัน ของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำกว่าระเหยกลายเป็นไอออกไปก่อน แล้วควบแน่น (ผ่านในคอนเดนเซอร์ที่มีความเย็น) เป็นของเหลวออกจากส่วนผสมก่อน การแยกเอทิลแอลกอฮอล์จากของผสมที่ได้จากกระบวนการหมักส่วนใหญ่ นิยมวิธีการกลั่นลำดับส่วน

กระบวนการกลั่นแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. ดิสทิลเลชัน (Distillation) หมายถึง การแยกส่วนที่ระเหยได้ของของเหลวในถังหมักออกจากส่วนที่ไม่ระเหย และเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลในของเหลวที่ได้จากการกลั่นเป็น 30 - 96 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

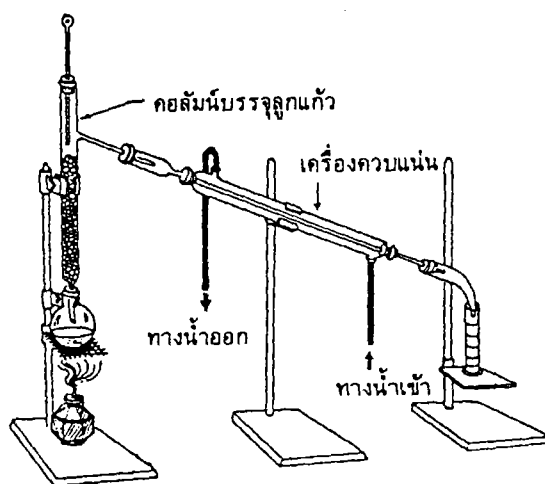
2. เรกติฟิเคชัน (Rectification) หมายถึง การแยกเอทานอลจากส่วนอื่น ๆ ที่ระเหยได้ เอทานอลมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำและในสภาวะที่เป็นไอจะมีความเข้มข้นของเอทานอลมากกว่าในส่วนที่อยู่ในสภาวะที่เป็นของเหลว เช่น สารละลายที่มีเอทานอล 10 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) จะสมดุลกับสภาวะไอที่มีเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) นั่นคือ สารละลายที่ผ่านการกลั่นแล้วจะมีความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้นอย่างมาก น้ำและเอทานอลจะเกิดอะไซโทรป (Azeotrope) หมายถึง ส่วนผสมของสารที่สามารถระเหยได้ ซึ่งที่ความเข้มข้นนี้คือ เอทานอล 96 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) และมีจุดเดือด 78.2 องศาเซลเซียส นั่นคือ เมื่อทำการกลั่นจะได้ เอทานอลที่มีความเข้มข้นมากที่สุดคือ 96 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

การกลั่นเป็นกระบวนการที่แยกแอลกอฮอล์จากน้ำหมัก ซึ่งปกติแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักจะเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 9 - 10 เปอร์เซ็นต์ การกลั่นแยกแอลกอฮอล์จากน้ำทำได้โดยอาศัยความร้อนเพื่อแยกเอทานอลซึ่งมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำให้ระเหยกลายเป็นไอ แล้วจึงนำไอลแอลกอฮอล์ที่ได้ส่งเข้าเครื่องควบแน่นทำให้ไอเป็นของเหลว การกลั่นจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมเนื่องจากจุดเดือดของแอลกอฮอล์ จะอยู่ที่ 78.4 องศาเซลเซียส ขณะที่จุดเดือดของน้ำเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถแยกเอทานอล ออกมาได้ง่าย

การกลั่นทำได้แบบพื้นบ้านโดยใช้เตาเผาต้มถึงน้ำหมักปิดฝาต่อท่อลงไปที่ส่วนควบแน่น (Condenser) แอลกอฮอล์ที่ได้จะมีน้ำปนมาก ทำให้ไม่เหมาะนักที่จะใช้จริง ๆ ในอุตสาหกรรม การกลั่นที่ใช้กันในอุตสาหกรรมจะอาศัยเครื่องกลั่นประกอบด้วยตัวถังสูงในแนวตั้ง 2 ตัว ถึงที่ 1 เป็นถังหลัก เรียก สตรีปเปอร์

คอลัมน์ (Stripper column) ถึงที่ 2 เป็นถังเสริมเรียก เรกติฟายอิง คอลัมน์ (Rectifying column) น้ำหมักจะถูกส่งเข้ามายังถังหลัก ปะทะความร้อนจากไอน้ำทำให้เอทานอลระเหยเป็นไอลอยขึ้นไปบนส่วนบน ขณะที่น้ำธรรมดาและสิ่งปะปนอื่น ๆ จะตกลงส่วนล่าง ไอระเหยที่มีเอทานอลประมาณ 50 - 70 เปอร์เซ็นต์ จากการกลั่นครั้งที่ 1 จะถูกส่งตามท่อไปยังถังที่ 2 ซึ่งจะมีความร้อนแยกเอทานอลให้ลอยขึ้นสูงไปบนส่วนบนของถังอีกครั้ง แล้วส่งออกไปตามท่อเข้าไปยังส่วนคอนเดนเซอร์

การให้ความร้อนแก่น้ำสาทำให้แอลกอฮอล์ในน้ำสาระเหยกลายเป็นไอ แต่ก็จะมีน้ำระเหยปนขึ้นมาพร้อมกับไอแอลกอฮอล์ด้วย ซึ่งความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในไอจะเข้มข้นกว่าในของเหลว การที่จะกลั่นให้ได้แอลกอฮอล์เปอร์เซ็นต์สูง ๆ นั้น ต้องทำให้แอลกอฮอล์ระเหยและควบแน่นหลาย ๆ ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งความเข้มข้นของแอลกอฮอล์จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ภายในหอกลั่น จึงทำเป็นหลายชั้น แต่ละชั้นเหมือนกับการทำให้ระเหยและควบแน่น 1 ครั้ง การกลั่นโดยใช้หอกลั่นจึงทำให้แอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูงได้ โดยกลั่นเพียงครั้งเดียว แต่ก็ไม่สามารถกลั่นให้ได้ความเข้มข้นถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เพราะเมื่อกลั่นจนแอลกอฮอล์ประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของไอแอลกอฮอล์ที่ระเหยออกมาจากของเหลว จะเท่ากับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในของเหลว จึงทำให้ไม่สามารถกลั่นแยกแอลกอฮอล์ให้ได้ความเข้มข้นถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ได้ ดังนั้น ถ้าต้องการกลั่นให้เอทานอล มีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นจะต้องมีการกลั่นเพิ่มเติม หรือใส่สารเคมีบางชนิด เช่น เบนซีน เติมระหว่าง การกลั่นจะช่วยให้ น้ำแยกตัวออกจากเอทานอลได้สมบูรณ์ขึ้น



ภาพประกอบที่ 2 การกลั่นลำดับส่วน

บทปฏิบัติการที่ 2

เรื่องการกลั่นแอลกอฮอล์

หลักการ

กระบวนการกลั่นคือ การให้ความร้อนแก่ของเหลวเพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วให้ไ้อผ่านคอนเดนเซอร์ที่เย็น ไอจะกลั่นตัวเป็นของเหลว กระบวนการกลั่นลำดับส่วนเป็นกระบวนการแยกของผสมที่ประกอบด้วยของเหลวที่มีจุดเดือดแตกต่างกัน ของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำกว่าระเหยกลายเป็นไอออกไปก่อน แล้วควบแน่น (ผ่านในคอนเดนเซอร์ที่มีความเย็น) เป็นของเหลวออกจากส่วนผสมก่อน การแยกเอทิลแอลกอฮอล์จากของผสมที่ได้จากกระบวนการหมักส่วนใหญ่นิยมวิธีการกลั่นลำดับส่วน

จุดประสงค์ เมื่อนักเรียนทดลองแล้วสามารถ

1. ออกแบบ และวางแผนเพื่อทำการกลั่นแอลกอฮอล์ด้วยเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายได้
2. ทดลอง อธิบายและสรุปหลักการเกี่ยวกับการกลั่นลำดับส่วนได้
3. นำเสนอแนวคิดที่ได้จากการทดลองไปใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ และเผยแพร่สู่ชุมชนได้

เวลาที่ใช้ 3 คาบ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. แอลกอฮอล์ที่ได้จากบทปฏิบัติการที่ 1 ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
2. ตะเกียงแอลกอฮอล์ 1 ใบต่อกลุ่ม
3. เทอร์มอมิเตอร์ 1 อันต่อกลุ่ม
4. บีกเกอร์ ขนาด 500 ml 1 ใบต่อกลุ่ม
5. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml 1 ใบต่อกลุ่ม
6. สายยางทนความร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ยาว 50 เซนติเมตร 1 เส้นต่อกลุ่ม
7. ท่อน้ำก๊าสเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิตร ความยาว 5,10, 15, 20 และ 25 เซนติเมตร

ขนาดละ 1 หลอดต่อกลุ่ม

8. ขาดังพร้อมไม้หนีบ 2 อัน 1 ชุดต่อกลุ่ม
9. หลอดทดลองขนาดใหญ่ 1 หลอดต่อกลุ่ม
10. น้ำแข็ง/น้ำ
11. ขวดโพลาริสขนาด 500 ml 1 ใบต่อกลุ่ม
12. จุกยาง 2 อันต่อกลุ่ม
13. กระบอกตวง 1 ใบต่อกลุ่ม
14. ไม้ขีดไฟ/รูป
15. จานหลุม 1 จานต่อกลุ่ม
16. เศษกระเบื้อง

วิธีการทดลอง

กิจกรรมที่ 1 ประดิษฐ์เครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย

จากอุปกรณ์ที่กำหนดให้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบและวางแผนสร้างเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย แล้วทำการติดตั้งเครื่องกลั่นลำดับส่วน โดยแต่ละกลุ่มใช้หลอดแก้วที่มีความยาวแตกต่างกันดังนี้ กลุ่มที่ 1 ไม่ใช้ท่อน้ำ ขี้ ข กลุ่มที่ 2 ท่อน้ำแก้ว ยาว 5 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 ท่อน้ำแก้วยาว 10 เซนติเมตร กลุ่มที่ 4 ท่อน้ำแก้วยาว 15 เซนติเมตร กลุ่มที่ 5 ท่อน้ำแก้ว ยาว 20 เซนติเมตร และกลุ่มที่ 6 ท่อน้ำแก้วยาว 25 เซนติเมตร พร้อมทั้งวาดรูปประกอบลงในแบบรายงานผลปฏิบัติการทดลอง



ถ้าต้องการทำการกลั่นเองที่บ้านโดยใช้อุปกรณ์ตามที่กำหนดหรือให้เพื่อน ๆ
ติดอุปกรณ์เอง เพื่อน ๆ จะออกแบบเครื่องกลั่นอย่างไร ?

กิจกรรมที่ 2 กลั่นแอลกอฮอล์

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักจากบทปฏิบัติการที่ 1 มาทำการกลั่นลำดับส่วนด้วยเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายที่แต่ละกลุ่มได้ทำการวางแผนและออกแบบไว้ โดยก่อนที่จะทำการกลั่นลำดับส่วนให้นักเรียนใส่เศษกระดาษ 2 - 3 ชิ้น ลงในน้ำหมักที่นักเรียนจะทำการกลั่นด้วยเพื่อป้องกันการเดือดและไม่ควรใส่น้ำหมักมากเกินไป 2/3 ของภาชนะที่จะทำการกลั่น

เมื่อทำการกลั่นลำดับส่วนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนสังเกตและบันทึกผล ลักษณะของกลั่น สี วัตถุดิบเป็นกรด - เบส และทดสอบการติดไฟของของเหลวที่ทำการกลั่นลำดับส่วนออกมาได้ลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนสร้างขึ้น แล้วนำเสนอผลการทดลองให้เพื่อน ๆ แต่ละกลุ่มได้รับทราบ



ในกลุ่มของเพื่อน ๆ มีผลการทดลองเป็นอย่างไรบ้าง?

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องการกลั่นแอลกอฮอล์

วันเดือนปี.....กลุ่มที่.....

ผู้ทดลอง 1.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

2.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

3.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

4.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

5.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

ปัญหา ถ้านักเรียนต้องการทราบว่าความยาวของท่อนำก๊าซ มีผลต่อกระบวนการกลั่นหรือไม่ ? นักเรียนจะดำเนินการทดลองเพื่อหาคำตอบอย่างไร ?

จุดประสงค์การทดลอง.....

.....

.....

สมมติฐาน.....

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

นิยามเชิงปฏิบัติการ

.....

.....

แสดงภาพวาดประกอบเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย พร้อมทั้งอธิบายประกอบภาพ

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 2

1. การกลั่นลำดับส่วนมีหลักการอย่างไร ?

.....

.....

.....

.....

2. ทำไมการกลั่นแอลกอฮอล์ จึงนิยมใช้การกลั่นลำดับส่วน ?

.....

.....

.....

3. จากการกลั่นลำดับส่วน นักเรียนคิดว่าของเหลวที่ถูกกลั่นออกมานั้นเป็นสารชนิดใด เพราะเหตุใดจึงคิดว่าเป็นสารดังกล่าว ? อธิบายให้ชัดเจน

.....

.....

.....

.....

4. เมื่อนำของเหลว 2 ชนิดที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ชนิดหนึ่งมีจุดเดือด 72 องศาเซลเซียส อีกชนิดหนึ่งมีจุดเดือด 94 องศาเซลเซียสมาทำการกลั่นลำดับส่วน ในขณะที่กลั่นสารที่มีจุดเดือดเท่าใด กลั่นตัวออกมาก่อน เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

.....

5. เมื่อวิเคราะห์จากผลการทดลองของนักเรียน นักเรียนคิดว่าแอลกอฮอล์ที่กลั่นออกมานี้จะมีจุดเดือดอยู่ในช่วงใด เพราะเหตุใดจึงอยู่ในช่วงดังกล่าว ?

.....

.....

.....

.....

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 3

เรื่องการทดสอบสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์

สาระสำคัญ

แอลกอฮอล์ได้มาจากการหมักพืชหลายชนิด แล้วกลั่นออกมาเป็นแอลกอฮอล์ แอลกอฮอล์แบ่งออกเป็นหลายชนิด ซึ่งกลุ่มแอลกอฮอล์เชื้อเพลิงที่รู้จักกันทั่วไปมี 3 ชนิด ได้แก่ เมทิลแอลกอฮอล์ หรือเมทานอล (CH_3OH) เอทิลแอลกอฮอล์หรือเอทานอล ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) และไอโซโพรพานอล ($\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$) ในกลุ่มนี้ เอทานอลนับเป็นแอลกอฮอล์ที่สำคัญและมีคุณสมบัติเหมาะสมในการเป็นเชื้อเพลิง มากกว่าตัวอื่น เนื่องจากมีความเป็นพิษน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเมทานอลซึ่งมีความเป็นพิษสูงต่อคน

เมทิลแอลกอฮอล์ หรือเมทานอล (Methanol) เป็นแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นของไม้ ก๊าซธรรมชาติ และทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์กับน้ำ ให้พลังงาน 65,600 BTU/gal และให้ค่าออกเทน 112

ไอโซโพรพานอล แม้จะมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิง แต่ปกติแล้วมักใช้เป็นแอลกอฮอล์ที่ใช้เช็ดถู (Rubbing Alcohol) เช่น ใช้ทาถูตามผิวหนังเวลามีแผลขีดข่วน แผลงัดต่อย หรือถูกมีดบาดเล็กน้อย โดยทั่วไปแล้วไอโซโพรพานอลผลิตมาจากโพรพิลีน (Propylene) ซึ่งได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี บางทีก็มีการใช้ไอโซโพรพานอลกับเครื่องยนต์ โดยใช้เป็นสารเติมในถังน้ำมัน ช่วยดูดความชื้นหรือน้ำที่อาจมีอยู่ในท่อจ่ายน้ำมัน ทำให้เพิ่มพลังของเครื่องยนต์ได้

ส่วนเอทิลแอลกอฮอล์ หรือเอทานอล เป็นแอลกอฮอล์ที่ได้จากกระบวนการหมักพืช ทุกส่วนของพืช สามารถผลิตเอทานอลได้ทั้งสิ้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีเอทานอล เช่น ไวน์ สุรา บรั่นดี วอดก้า สาเก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหมัก จึงมีชื่อเรียกผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน

แอลกอฮอล์ทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ทั้งสิ้น แต่ในอนาคตแล้วเมทานอลจะใช้น้อยลง เนื่องจากเกิดปัญหากับสภาพแวดล้อม ส่วนเอทานอลนั้นไม่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมแต่อย่างใด จึงนิยมนำมาทำเป็นพลังงานเชื้อเพลิง โดยผสมกับน้ำมันเบนซินเพื่อผลิตเป็นแก๊สโซฮอล์ ทั้งนี้เอทานอลมีคุณสมบัติดังนี้

เอทานอล เป็นสารอินทรีย์ เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ระเหยง่าย จุดไฟติด ละลายในน้ำ และในสารอินทรีย์อื่น ๆ ได้ดี มีจุดเดือด 78.4 องศาเซลเซียส ค่าความร้อนสุทธิ 6,400 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ค่าความร้อนในการเผาไหม้ 84,000 BTU/gal ให้ค่าออกเทน 106

สามารถทำการตรวจสอบสมบัติของเอทานอลได้โดยนำมาละลายในน้ำ เพราะเอทานอลสามารถละลายในน้ำได้ดี ทดสอบความไวไฟ เพราะติดไฟได้ง่าย และมีเขม่าเพียงเล็กน้อย และเมื่อทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมจะแสดงสมบัติของกรด และเมื่อทำปฏิกิริยากับกรด จะแสดงสมบัติของเบส

* BTU/gal (บี.ที.ยู. ต่อแกลลอน) เป็นหน่วยของ ค่าความร้อนในการเผาไหม้

บทปฏิบัติการที่ 3

เรื่องการทดสอบสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์

หลักการ

เอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ระเหยง่าย จุดไฟติด ละลายในน้ำและในสารอินทรีย์อื่น ๆ ได้ดี มีจุดเดือด 78.4 องศาเซลเซียส ค่าความร้อนสุทธิ 6,400 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ค่าความร้อนในการเผาไหม้ 84,000 BTU/gal ให้ค่าออกเทน 106

สามารถทำการตรวจสอบสมบัติของแอลกอฮอล์ได้โดยนำมาละลายในน้ำ เพราะเอทานอล สามารถละลายในน้ำได้ดี ทดสอบความไวไฟ เพราะติดไฟได้ง่าย และมีเขม่าเพียงเล็กน้อย

จุดประสงค์ เมื่อนักเรียนทดลองแล้วสามารถ

1. ทดสอบสมบัติของแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่น ในเรื่องของความเป็นกรด - เบส และการติดไฟได้
2. คำนวณหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ และสามารถเลือกใช้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุดได้
3. สรุปสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์ได้
4. นำเสนอแนวคิดที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ และเผยแพร่สู่ชุมชนได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

ตอนที่ 1 ทดสอบความเป็นกรด - เบส และการติดไฟ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. จานหลุม 4 จานต่อกลุ่ม
2. แอลกอฮอล์จากการทดลองในบทปฏิบัติการที่ 2 ปริมาตร 5 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
3. แอลกอฮอล์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (เมทานอล) ปริมาตร 5 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
4. เอทานอลที่ผลิตจากอุตสาหกรรม ปริมาตร 5 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
5. โพรพานอล ปริมาตร 5 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
6. ฐูป/ไม้ขีดไฟ
7. ยูนิเวอร์ซอลอินดิเคเตอร์หรือกระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงิน
8. หลอดหยดและแท่งแก้วคนสาร อย่างละ 1 อันต่อกลุ่ม

วิธีการทดลอง

1. หยดแอลกอฮอล์ชนิดต่าง ๆ คือ แอลกอฮอล์ที่ได้จากการทดลองในบทปฏิบัติการที่ 2, แอลกอฮอล์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (เมทานอล), เอทานอลที่ผลิตจากอุตสาหกรรมและโปรพานอล ชนิดละ 5 หยด ใส่ลงในจานหลุม จานที่ 1 , 2, 3 และ 4 ตามลำดับ
2. ใช้แท่งแก้วคนสารและไปที่แอลกอฮอล์แต่ละชนิดแล้วแตะลงบนกระดาษยูนิเวอร์ซอลอินดิเคเตอร์ หรือกระดาษลิตมัสทั้งสองสี แล้วบันทึกผลลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนสร้างขึ้น
3. จดรูปแล้วค่อย ๆแตะ ไปที่จานหลุมต่าง ๆ ที่เตรียมไว้ในข้อ 1
4. สังเกตและบันทึกลักษณะการติดไฟ ของแอลกอฮอล์ทั้ง 4 ชนิดลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนสร้างขึ้นแล้วนำเสนอผลการทดลองให้เพื่อน ๆ แต่ละกลุ่มได้รับทราบ



แอลกอฮอล์ชนิดใดติดไฟได้ดีที่สุด ?

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 ทดสอบความร้อน เขม่าและกลิ่น

อุปกรณ์และสารเคมี

1. แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วน ปริมาตร 50 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
2. แอลกอฮอล์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (เมทานอล) ปริมาตร 50 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
3. เอทานอลที่ผลิตจากอุตสาหกรรม ปริมาตร 50 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
4. โพรพานอล ปริมาตร 50 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
5. ตะเกียงแอลกอฮอล์ 4 ใบต่อกลุ่ม
6. บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร 4 ใบต่อกลุ่ม
7. ไม้ขีดไฟ
8. เทอร์มอมิเตอร์ 1 อันต่อกลุ่ม
9. ขาดังพร้อมไม้หนีบ
10. กระบ้งลมพร้อมตะแกรง
11. กระบอกตวง 1 ใบต่อกลุ่ม
12. เครื่องชั่ง

วิธีการทดลอง

1. เตรียมตะเกียงแอลกอฮอล์ จำนวน 4 ใบ/กลุ่ม นำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วน แอลกอฮอล์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เอทานอลที่ผลิตจากอุตสาหกรรม และโพรพานอล ใส่ในตะเกียงแอลกอฮอล์ทั้ง 4 อย่างละ 50 มิลลิลิตร แล้วตั้งตะเกียงแอลกอฮอล์ซึ่งบรรจุแอลกอฮอล์อย่างละ 50 มิลลิลิตร บนที่กผล

2. นำน้ำใส่บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 4 ใบ บีกเกอร์ละประมาณ 150 มิลลิลิตรเท่ากัน ทำการวัดอุณหภูมิก่อนการต้มแล้วบันทึกค่าที่ได้ลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนสร้างขึ้น

3. หลังจากนั้นทำการต้มน้ำเป็นเวลา 15 นาที ด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ในข้อ 1 ขณะต้มให้นักเรียน สังเกตและบันทึกผลการเกิดเขม่าและกลิ่น เมื่อต้มครบ 15 นาที ให้นักเรียนบันทึกผลของอุณหภูมิที่ลดลงของน้ำ ในแต่ละบีกเกอร์ และตั้งตะเกียงแอลกอฮอล์อีกครั้งหนึ่งเพื่อนำไปคำนวณค่าความร้อนของเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนสร้างขึ้น แล้วนำเสนอผลการทดลองให้เพื่อน ๆ แต่ละกลุ่มได้รับทราบ



เพื่อน ๆ รู้ไหมว่า เชื้อเพลิงชนิดใดที่ให้ค่าความร้อนสูงที่สุด ?

ปัญหา ถ้าต้องการทราบว่า แอลกอฮอล์ที่นักเรียนผลิตขึ้นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับแอลกอฮอล์ชนิดอื่นที่ผลิตในระบบบอดสาหร่ายหรือไม่ ? นักเรียนจะดำเนินการทดลองเพื่อหาคำตอบอย่างไร ?

[illegible]

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

แนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 3

1. จากการทดลองนักเรียนคิดว่าแอลกอฮอล์ชนิดใดติดไฟดีที่สุด เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

.....

2. จากการทดลองนักเรียนคิดว่าจะเลือกใช้แอลกอฮอล์ชนิดใดดีที่สุด เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

.....

3. เอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ มีคุณสมบัติอย่างไร ? อธิบายให้ชัดเจน

.....

.....

.....

.....

4. เพราะเหตุใดจึงนิยมนำเอทานอลมาทำเป็นเชื้อเพลิง ?

.....

.....

.....

.....

5. สุรา ไวน์ สาเก และแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นไม้ จัดเป็นแอลกอฮอล์ชนิดใดและมีวิธีการผลิตอย่างไร ? อธิบายพอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 4

เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์ใช้เอง

สาระสำคัญ

การใช้เอทานอลเพื่อเป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์นั้นไม่ใช่เรื่องใหม่ของวงการอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ เนื่องจากว่าได้มีการใช้ตั้งแต่ที่มีการประดิษฐ์รถยนต์ขึ้นมาเป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1903 โดย เฮนรี ฟอร์ด (Henry Ford) จากการรายงานอย่างเป็นทางการเมื่อปี ค.ศ. 1907 และในยุคสมัยที่เกิดภาวะสงครามโลก ในช่วงเศรษฐกิจตกต่ำและราคาน้ำมันในตลาดโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อพิจารณาถึงคุณลักษณะของการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงพบว่ามีทั้งข้อดีและข้อด้อย ขึ้นอยู่กับสมบัติของแอลกอฮอล์และการนำไปใช้งาน โดยทั่วไปการใช้เอทานอลกับเครื่องยนต์เบนซินจะให้ผลดีโดยนำเอทานอลไปผสมกับน้ำมันเบนซินให้กลายเป็นแก๊สโซฮอล์ โดยไม่ต้องมีการดัดแปลงเครื่องยนต์

แก๊สโซฮอล์ เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำแอลกอฮอล์ 99.5% มาผสมกับน้ำมันเบนซิน 91 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 10 หรือร้อยละ 10 ก็จะได้เป็นแก๊สโซฮอล์ ซึ่งมีค่าออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 ในปัจจุบันนี้ สามารถนำแก๊สโซฮอล์มาใช้กับรถยนต์ทั่วไปโดยไม่ต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ใหม่ ซึ่งมีประโยชน์ในการช่วยลดปริมาณการใช้้ำมันเบนซิน การผสมแอลกอฮอล์ลงในน้ำมันเบนซินข้างต้นเป็นในลักษณะของสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงค่าออกซิเจนเนต (Oxygenates) คือเป็นสารที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณออกซิเจน และออกเทนของน้ำมันเบนซิน ดังนั้น แก๊สโซฮอล์จึงจัดว่าเป็นออกซิเจนเนต ฟิวเอิล (Oxygenate Fuels) หรือน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีออกซิเจนเป็นส่วนผสม สำหรับเอทานอลบริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำไปใช้เป็นสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงค่าออกซิเจนเนต (Oxygenate) หรือใช้เป็นสารเพิ่มออกเทน (Octane Enhancing Additives) ในน้ำมันเชื้อเพลิงได้

แต่น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอล อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ชิ้นส่วนรถยนต์เสื่อมสภาพได้ ทั้งนี้เนื่องจากชิ้นส่วนที่ใช้กับรถยนต์ในปัจจุบันส่วนใหญ่ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อใช้กับเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาความเข้ากันได้ระหว่างการใช้เชื้อเพลิงดังกล่าวกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนและการทำงานของเครื่องยนต์ และก่อนที่จะนำไปใช้ควรมีการทดสอบประสิทธิภาพแก๊สโซฮอล์เสียก่อน

การทดสอบประสิทธิภาพแก๊สโซฮอล์

การทดสอบประสิทธิภาพแก๊สโซฮอล์ คือ การทดสอบความสามารถของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิง โดยทำการทดสอบความสามารถของเครื่องยนต์ในเรื่องของ (สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท.. 2544)

1. การประหยัดเชื้อเพลิง

2. ความเข้มข้นของสารมลพิษในไอเสีย

3. ความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอนในอากาศที่ออกจากท่อไอเสีย

ผลการทดสอบของสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. พบว่าการใช้แก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิงทำให้ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดีกว่าการใช้น้ำมันเบนซินและสามารถ ลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสารไฮโดรคาร์บอนในไอเสียช่วยให้สภาพแวดล้อมสะอาดปราศจากสารพิษ

ข้อดีของแก๊สโซฮอล์

การใช้แก๊สโซฮอล์แทนน้ำมันเบนซินนั้น นอกจากจะช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรโดยการลดปริมาณการใช้น้ำมันดิบแล้ว ยังช่วยลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงออกสู่อากาศทางท่อไอเสีย ทำให้ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะในส่วนของก๊าซที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์โลกร้อน หรือช่องโหว่โอโซน เป็นต้น อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาหมักกับยีสต์ ได้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์อีกด้วย

ข้อควรคำนึงเกี่ยวกับการผลิตแก๊สโซฮอล์

นอกจากข้อมูลในด้านที่มีประโยชน์ของการใช้แก๊สโซฮอล์ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วนี้ ในทางตรงกันข้าม ก็มีข้อควรคำนึงถึงที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ แอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรนั้นยังมีน้ำผสมอยู่ จึงต้องนำมากลั่นหลายๆ ครั้งจนได้เป็นแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์



บทปฏิบัติการที่ 4

เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์ใช้เอง

หลักการ

แก๊สโซฮอล์ เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำเอทานอล 99.5% ผสมกับน้ำมันเบนซิน 91 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 10 ก็จะได้เป็นแก๊สโซฮอล์ ซึ่งมีค่าออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 ในประเทศไทยกำหนดอัตราส่วนที่ใช้ผสมคือ น้ำมันเบนซิน 90% เอทานอล 10% ส่วนในบางประเทศ เช่น บราซิลกำหนดไว้ถึง 20 - 24% และมีการปรับแต่งเครื่องยนต์เพื่อใช้กับแอลกอฮอล์โดยเฉพาะ สำหรับประเทศไทยปัจจุบันนี้สามารถนำแก๊สโซฮอล์มาใช้กับรถยนต์ทั่วไปโดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ทำให้ช่วยประหยัดปริมาณการใช้น้ำมันเบนซิน ช่วยลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ ทำให้ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านมลพิษทางอากาศ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกด้วย

จุดประสงค์ เมื่อนักเรียนทดลองแล้วสามารถ

1. วางแผนและคิดสูตรการผลิตแก๊สโซฮอล์ภายในกลุ่มของตนเองได้
2. ทดสอบประสิทธิภาพของแก๊สโซฮอล์ ในเครื่องยนต์เบนซินอย่างง่ายได้
3. สรุปและอภิปรายผลเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแก๊สโซฮอล์ในเครื่องยนต์เบนซินอย่างง่ายได้
4. เลือกและสรุปสูตรผลิตแก๊สโซฮอล์ที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ได้
5. นำเสนอแนวคิดที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ และเผยแพร่สู่ชุมชนได้

สู่ชุมชนได้

เวลาที่ใช้ 3 คาบ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนจากบทปฏิบัติการที่ 1 ปริมาตร 200 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
2. น้ำมันเบนซิน 91 ปริมาตร 1,050 มิลลิลิตรต่อกลุ่ม
3. บีกเกอร์ ขนาด 500 ml จำนวน 3 ใบต่อกลุ่ม
4. กระบอกตวง ขนาด 100 ml จำนวน 2 อันต่อกลุ่ม
5. ขวดเก็บสาร จำนวน 1 ขวดต่อกลุ่ม
6. เครื่องตัดหญ้า 3 เครื่อง
7. แก๊สโซฮอล์จากการทดลองในบทปฏิบัติการที่ 4 ปริมาตร 1 ลิตร
8. แก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 10 เปอร์เซนต์ ปริมาตร 1 ลิตร
9. น้ำปูนใส 3,000 มิลลิลิตร
10. กล่องพลาสติกขนาดใหญ่ 3 กล่อง
11. สายยาง ยาว 1 เมตร 3 เส้น

วิธีการทดลอง

กิจกรรมที่ 1 คัดสูตรผลิตแก๊สโซฮอล์

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนและวิเคราะห์ความเหมาะสมในการผสมน้ำมันเบนซินกับแอลกอฮอล์จากอ้อยที่ผ่านการกลั่นลำดับส่วนจากบทปฏิบัติการที่ 1 เพื่อผลิตเป็นแก๊สโซฮอล์ กลุ่มละ 3 สูตร โดยแก๊สโซฮอล์ที่ได้จะต้องสามารถช่วยประหยัดน้ำมันเบนซินได้มากที่สุด

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการผสมน้ำมันเบนซินกับแอลกอฮอล์ตามสูตรที่แต่ละกลุ่มได้วางแผนไว้ พร้อมทั้งเขียนอธิบายขั้นตอน วิธีการผสมสูตรผลิตแก๊สโซฮอล์ทั้ง 3 สูตร ลงในแบบรายงานผลปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ปฏิบัติ



แก๊สโซฮอล์ที่ผลิตจากสูตรใดสามารถประหยัดน้ำมันเบนซินได้มากที่สุดและมีประสิทธิภาพสูงสุด ?

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 2 เลือกสูตรไหนดี

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาว่าจะเลือกแก๊สโซฮอล์ที่ผลิตจากสูตรใดเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในกลุ่มของตนแล้วเขียนอธิบายเหตุผลลงในรายงานผลการปฏิบัติการทดลอง

2. หลังจากที่ได้สูตรผลิตแก๊สโซฮอล์ที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละกลุ่มแล้ว ให้สมาชิกของทุกกลุ่มพิจารณาคัดเลือกสูตรผลิตแก๊สโซฮอล์ที่เหมาะสมที่สุดของชั้นเรียนเพียงสูตรเดียวเพื่อนำไปทดลองใช้ในเครื่องยนต์ของเครื่องตัดหญ้า โดยให้สมาชิกแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันว่า เพราะเหตุใดจึงเลือกสูตรดังกล่าว พร้อมทั้งนำเสนอเหตุผลให้เพื่อน ๆ ทั้งชั้นเรียนได้รับทราบ แล้วเขียนอธิบายเหตุผลลงในแบบรายงานผลการปฏิบัติการทดลอง อีกครั้งหนึ่ง

3. เมื่อได้สูตรแก๊สโซฮอล์เพียง 1 สูตร แล้วให้นักเรียน แต่ละกลุ่มผสมสูตรแก๊สโซฮอล์ดังกล่าว กลุ่มละ 200 มิลลิลิตร แล้วเก็บไว้ในขวดเก็บสารให้เรียบร้อย พร้อมทั้งเขียนอธิบายขั้นตอน วิธีการผสมสูตรผลิตแก๊สโซฮอล์ดังกล่าวลงในแบบรายงานผลปฏิบัติการทดลอง



แก๊สโซฮอล์ที่ผลิตจากสูตรใดที่เหมาะสมกับการนำไปใช้มากที่สุด เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 3 ทดสอบประสิทธิภาพแก๊สโซฮอลล์

1. นำเชื้อเพลิง ได้แก่ แก๊สโซฮอลล์จากการทดลองในบทปฏิบัติการที่ 4, แก๊สโซฮอลล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยและน้ำมันเบนซิน ใส่ลงในเครื่องยนต์ของเครื่องตัดหญ้า คันละ 1 ลิตร
2. ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ทั้ง 3 คัน พร้อมกันแล้วสังเกตสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ ได้แก่ การติดของเครื่องยนต์ (ติดง่าย, ติดยาก) และการเดินเครื่องของเครื่องยนต์ (เครื่องเดินเรียบ, กระตุก) เป็นเวลา 10 นาที เปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ทั้ง 3 เครื่อง บันทึกผลการสังเกตลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนสร้างขึ้น
3. นำเครื่องตัดหญ้าทั้ง 3 คัน ไปวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทดสอบด้วยน้ำปูนใส สังเกตความขุ่นของน้ำปูนใสแล้วบันทึกผลลงในตารางที่นักเรียนสร้างขึ้น
4. ทำการสอบถามบุคคลต่าง ๆ ต่อไปนี้ ได้แก่ นักเรียนที่ทดลองใช้เครื่องตัดหญ้า นักเรียนที่ดูผลการใช้เครื่องตัดหญ้า ครู - อาจารย์ที่ควบคุม เกี่ยวกับการติดของเครื่องยนต์ และการเดินเครื่องของเครื่องยนต์
5. นำผลที่ได้ทั้งหมดมาสรุปประสิทธิภาพของแก๊สโซฮอลล์ที่นักเรียนคิดสูตรผลิตขึ้นแล้วนำเสนอผลการทดสอบให้เพื่อน ๆ ได้รับทราบ



การใช้แก๊สโซฮอลล์เป็นพลังงานทดแทนมีผลดีต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร ?

.....

.....

.....

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์ใช้เอง

วันเดือนปี.....กลุ่มที่.....

ผู้ทดลอง 1.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

2.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

3.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

4.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

5.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

ปัญหา ถ้าต้องการทดสอบว่าแก๊สโซฮอล์ที่นักเรียนผลิตขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้หรือไม่ ?

นักเรียนจะดำเนินการทดลองอย่างไร ? เพื่อตอบคำถามดังกล่าว

จุดประสงค์การทดลอง.....

.....

.....

สมมติฐาน.....

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

นิยามเชิงปฏิบัติการ

.....

.....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อคิดเห็นของบุคคลต่าง ๆ ในการทดสอบประสิทธิภาพของแก๊สโซฮอลล์ในเครื่องยนต์ของเครื่องตัดหญ้า

1. นักเรียนที่ทดลองใช้เครื่องตัดหญ้าที่ใช้แก๊สโซฮอลล์ที่นักเรียนผลิตขึ้น, น้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอลล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยเป็นเชื้อเพลิง

.....

.....

.....

2. นักเรียนที่สังเกตผลการใช้เครื่องตัดหญ้าที่ใช้แก๊สโซฮอลล์ที่นักเรียนผลิตขึ้น, น้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอลล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยเป็นเชื้อเพลิง

[illegible]

3. ครู - อาจารย์ที่ควบคุมการใช้เครื่องตัดหญ้าที่ใช้แก๊สโซฮอลล์ที่นักเรียนผลิตขึ้น, น้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอลล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยเป็นข้อพึง

[illegible]

สรุปผลการทดลอง

[illegible]

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

แนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์.....

.....

.....

.....

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 4

1. แก๊สโซฮอล์มีคุณสมบัติอย่างไร ? อธิบายให้ชัดเจน

.....

.....

.....

.....

2. ถ้าให้เลือกใช้เชื้อเพลิงจากแก๊สโซฮอล์และน้ำมันเบนซิน นักเรียนคิดว่าจะเลือกใช้เชื้อเพลิงชนิดใด เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

.....

3. การใช้แก๊สโซฮอล์จะป้องกันการเกิดโลกร้อนได้อย่างไร ? อธิบายให้ชัดเจน

.....

.....

.....

.....

4. นอกจากการใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แล้ว นักเรียนคิดว่าใช้ในด้านใดได้อีก ให้ยกตัวอย่างประกอบ

.....

.....

.....

.....

5. ถ้าราคาของผลิตผลทางการเกษตรที่ใช้ผลิตแก๊สโซฮอล์สูงขึ้น แก๊สโซฮอล์จะสามารถแข่งขันกับน้ำมันเบนซินได้หรือไม่ อย่างไร ?

.....

.....

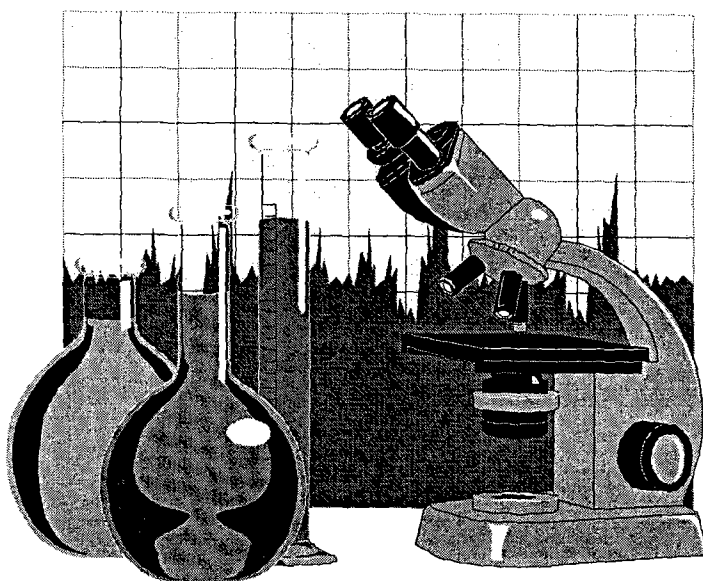
.....

.....

คู่มือครูประกอบการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เรื่อง

การผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น



พัฒนาโดย

นางสาวกานต์รวี ใจงาม

นิสิตปริญญาโท วิทยาศาสตร์ศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์

ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก

บทปฏิบัติการที่ 1

เรื่องการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย

จุดประสงค์ของบทปฏิบัติการที่ 1 เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

1. เกิดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการหมักแอลกอฮอล์จากพืชชนิดต่าง ๆ ได้
2. อธิบายและสรุปปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ได้
3. เกิดแนวคิดและสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเผยแพร่สู่ชุมชน เกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันได้

เวลาที่ใช้ 4 คาบ

ข้อแนะนำการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สำหรับครู

1. เตรียมน้ำอ้อยโดยหาซื้อได้ตามร้านค้าที่จำหน่ายอ้อยสดทั่ว ๆ ไป ซึ่งปกติน้ำอ้อยที่คั้นสดใหม่ ๆ จะมีค่าความหวานของน้ำตาลประมาณ 23 - 25 เปอร์เซ็นต์บริกซ์
2. ทำความสะอาดอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ได้แก่ หลอดทดลอง บีกเกอร์ แท่งแก้วคนสาร ขวดบรรจุน้ำหมัก และเข็มฉีดยา เป็นต้น ให้สะอาดปราศจากเชื้อทุกชิ้นโดยใช้เครื่องฆ่าเชื้อ ถ้าไม่มีเครื่องฆ่าเชื้อให้ต้มน้ำจนเดือดแล้วลวกหรือนึ่งอุปกรณ์ต้มฆ่าเชื้อในหม้อต้ม
3. ในกรณีที่โรงเรียนไม่มีเครื่องวัดน้ำตาล ครูผู้สอนอาจให้นักเรียนลองฝึกการประมาณค่าความหวานของน้ำตาล ดังนี้ ถ้าต้องการเจือจางน้ำอ้อยที่มีความหวานของน้ำตาล 23 - 25 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ให้มีความหวาน ประมาณ 10 - 18 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ให้เติมน้ำสะอาดหรือน้ำกลั่นลงไป โดยน้ำอ้อย 1,000 มิลลิลิตร ที่มีความหวานของน้ำตาล 23 - 25 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เติมน้ำสะอาดหรือน้ำกลั่นลงไปประมาณ 500 มิลลิลิตร จะได้ความหวานของน้ำตาลประมาณ 16 - 18 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ถ้าพืชที่ใช้ทดลองไม่ใช่อ้อยแต่ใช้ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว ในปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ให้เติมน้ำเชื่อมหรือน้ำตาลทรายลงไป ประมาณ 2 - 3 ช้อน จะได้ความหวานของน้ำตาลประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ แล้วเติมน้ำสะอาดหรือน้ำกลั่นลงไปประมาณ 500 มิลลิลิตร ก็จะได้ความหวานของน้ำตาลประมาณ 16 - 18 เปอร์เซ็นต์บริกซ์
4. การจัดกลุ่มสำหรับทดลอง ครูอาจแบ่งให้แต่ละกลุ่มหมักน้ำอ้อยที่มีความหวานกลุ่มละระดับความหวานและนำมาเปรียบเทียบแล้วอภิปรายร่วมกัน ดังนี้ ถ้ามี 9 กลุ่ม อาจกำหนดให้ กลุ่ม 1 - 5 ใช้ความหวาน 25 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ (ไม่ควบคุมความหวาน ซึ่งเป็นความหวานปกติของน้ำอ้อย) กลุ่ม 6 - 9 ความหวาน 18 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ แล้วมาอภิปรายร่วมกัน
5. ยีสต์ที่ใช้สำหรับหมักควรใช้ยีสต์แซคคาโรไมซีส เซเรวีซีอี (*Saccharomyces cerevisiae*)

ชนิดสำหรับทำไวน์หรือแอลกอฮอล์ ไม่ควรใช้ยีสต์ผง (ยีสต์ขนมปัง) เพราะจะเกิดปริมาณแอลกอฮอล์น้อยประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปกลั่นจะไม่สามารถกลั่นแอลกอฮอล์ออกมาได้

6. น้ำอ้อยสดคั้นใหม่ มีค่าพีเอช (pH) ประมาณ 3.9 - 4.2 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการหมัก ทำให้นักเรียนไม่จำเป็นต้องปรับค่าพีเอช (pH) แต่ควรควรฝึกให้นักเรียนลองวัดค่าพีเอช (pH) เพื่อจะได้เกิดทักษะในการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์

7. ควรหมักน้ำหมักในสถานที่ที่อากาศถ่ายเทได้ดี ไม่ควรตั้งไว้ในที่อับหรือร้อน เพราะจะทำให้การหมักไม่สมบูรณ์ อาจเกิดการดัดน้ำส้มขึ้นได้

8. การหมักในช่วงแรก (3 - 5 วัน) ควรใช้สาลีสระอาดปิดปากขวดเพราะช่วงนี้เป็นช่วงที่กระบวนการหมักถ่ายเทก๊าซต่าง ๆ ออกสู่ภายนอกและใช้ออกซิเจนร่วมด้วย หรือถ้าใช้ฝาปิด/จุกคออร์ก ควรคอยคลายเกลียวฝาปิด/จุกคออร์ก เพื่อให้ก๊าซในน้ำหมักได้ระบายออกสู่ภายนอก เพราะไม่เช่นนั้นจะทำให้ขวดหรือภาชนะที่ใส่น้ำหมักระเบิดหรือแตกได้ แต่หลังจากช่วงนี้ไปให้ปิดด้วยจุกคออร์กหรือฝาปิดที่ปราศจากเชื้อ

9. การทดลองนี้ครูผู้สอนอาจใช้วัตถุดิบชนิดอื่น เช่น กากน้ำตาล ข้าว มันสำปะหลัง เศษอาหารในโรงอาหารหรือพืชชนิดอื่น ๆ ที่มีในท้องถิ่นมาใช้หมักแอลกอฮอล์ได้ โดยควรทำการทดลองด้วยตนเองก่อนนำมาให้ นักเรียนทดลอง

10. ครูผู้สอนอาจให้นักเรียนทำการหมักโดยเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากพืชชนิดต่าง ๆ หรืออาจใช้พืชชนิดต่าง ๆ ผสมกันแล้วเปรียบเทียบสัดส่วน เป็นต้น

11. ให้นักเรียนทำการหมักโดยใช้ยีสต์ชนิดต่าง ๆ แล้วเปรียบเทียบกัน เช่น ยีสต์ผง (ยีสต์ขนมปัง) ยีสต์แซคคาโรไมซีส เซเรวิซีอี (*Saccharomyces cerevisiae*) ยีสต์จากแป้งข้าวหมาก เป็นต้น

ข้อแนะนำการใช้นทปฏิบัติกรวิทยศศตร

สำหรับเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียน

1. ทุกขั้นตอนของการทดลองต้องสะอาดปราศจากเชื้อ

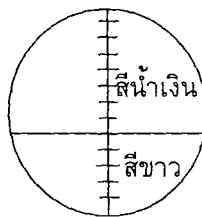
2. การใช้เครื่องวัดน้ำตาล มีวิธีการดังนี้

- ใช้แท่งแก้วคนสารแต่น้ำอ้อยหรือสารที่ต้องการวัดน้ำตาล แล้วนำมาแตะกับเครื่องวัดน้ำตาล

ดงภาพประกอบ 1



- ส่องเครื่องวัดน้ำตาลเพื่ออ่านค่าความหวานของน้ำตาล ดังภาพประกอบ 2



จุดตัดของทั้งสองสีคือค่าความหวาน

- อ่านค่าเครื่องวัดน้ำตาล ดังภาพประกอบ 3



- ทำความสะอาดเครื่องวัดน้ำตาลด้วยน้ำสะอาดแล้วเช็ดให้แห้ง เก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

3. การใช้เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ (Alcohol Hydrometer) ดังภาพประกอบ 4



แนวคำตอบ

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่องการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย

ปัญหา ความหวานของน้ำตาลมีผลต่อกระบวนการหมักแอลกอฮอล์หรือไม่ ?

จุดประสงค์การทดลอง เพื่อตรวจสอบความหวานของน้ำตาลที่มีผลต่อกระบวนการหมักแอลกอฮอล์

สมมติฐาน ความหวานของน้ำตาล 18 เปอร์เซ็นต์บrikซ์ มีผลต่อกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ หรือความหวานของน้ำตาล 25 เปอร์เซ็นต์บrikซ์ (ไม่ควบคุมความหวาน) มีผลต่อกระบวนการหมักแอลกอฮอล์

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ ความหวานของน้ำตาล 18 เปอร์เซ็นต์บrikซ์ กับความหวานของน้ำตาล 25 เปอร์เซ็นต์บrikซ์

ตัวแปรตาม ได้แก่ กระบวนการหมักแอลกอฮอล์

ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ชนิดของน้ำอ้อย ปริมาณน้ำอ้อย ระยะเวลาในการหมัก ชนิดของยีสต์ ปริมาณของยีสต์ สภาพแวดล้อมในการหมัก

นิยามเชิงปฏิบัติการ

ความหวานของน้ำตาล หมายถึง ปริมาณความหวานของน้ำตาล 18 เปอร์เซ็นต์บrikซ์ กับความหวานของน้ำตาล 25 เปอร์เซ็นต์บrikซ์ (ไม่ควบคุมความหวาน)วัดได้จากเครื่องวัดน้ำตาล (Refractometer)

กระบวนการหมักแอลกอฮอล์ หมายถึง ขั้นตอนการหมักน้ำอ้อยตั้งแต่เริ่มหมักไปจนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมัก โดยหมักเป็นเวลา 7 วัน แล้วได้ปริมาณแอลกอฮอล์ออกมา

ผลการทดลอง

ความหวานของ น้ำอ้อย	ก่อนหมัก						หมัก 7 วัน					
	ปริมาณ น้ำตาล	เปอร์เซ็นต์ แอลกอฮอล์	สี	กลิ่น	ฟอง	ค่าพีเอช	ปริมาณ น้ำตาล	เปอร์เซ็นต์ แอลกอฮอล์	สี	กลิ่น	ฟอง	ค่าพีเอช
25% บrikซ์	25% บrikซ์	-	เหลือง ขุ่น	น้ำ อ้อย	ไม่มี ฟอง	4	4% บrikซ์ ไม่สามารถวัด ได้		เหลือง ใส	สุรา	มีฟอง เล็กน้อย	3
18% บrikซ์	18% บrikซ์	-	เหลือง ขุ่น	น้ำ อ้อย	ไม่มี ฟอง	4	9% บrikซ์	10%	เหลือง ขุ่น	สุรา	มีฟอง เล็กน้อย	6

ภาพประกอบผลการทดลอง ดังภาพประกอบ 5



สรุปผลการทดลอง

น้ำอ้อยที่มีความหวาน 18 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เมื่อหมักไว้เป็นเวลา 7 วัน สามารถวัดค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ได้ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเหมาะกับการนำไปกลั่น ส่วนความหวานของน้ำตาล 25 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ไม่สามารถวัดค่าเปอร์เซ็นต์ของแอลกอฮอล์ได้

อภิปรายผลการทดลอง

น้ำอ้อยที่มีความหวาน 25 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ไม่สามารถวัดค่าเปอร์เซ็นต์ของแอลกอฮอล์ได้ เนื่องจากว่าปริมาณน้ำตาลสูงเกินไป จึงทำให้กระบวนการหมักช้าเกินไป ไม่สมบูรณ์ในเวลา 7 วัน อาจต้องหมักนานกว่านี้ และความหวานของน้ำตาล 25 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ สูงเกินไปกับกระบวนการหมักแอลกอฮอล์

แนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์

1. ศึกษาการหมักแอลกอฮอล์จากพืชชนิดอื่น ๆ เช่น ข้าว มันสำปะหลัง และข้าวโพดหวาน เป็นต้น
2. ศึกษาการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อยและกากน้ำตาล หรือใช้กากน้ำตาลอย่างเดียว
3. ศึกษาปริมาณน้ำตาลที่มีผลต่อกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ที่น้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์บริกซ์

ฯลฯ

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน

1. แนะนำวิธีการหมักสุรา ไวน์หรือแอลกอฮอล์ต้องให้สะอาดปราศจากเชื้อ
2. แนะนำให้ชาวบ้านรวมกลุ่มกันผลิตไวน์ แอลกอฮอล์ และสุรา อย่างมีประสิทธิภาพและถูกหลักการ เพื่อเป็นสินค้าจำหน่ายในหมู่บ้าน

**** รายงานผลการทดลองขึ้นอยู่กับผลการทดลองของนักเรียนและดุลยพินิจของอาจารย์

คำถามและแนวคำตอบท้ายบทปฏิบัติการที่ 1

1. เพราะเหตุใดจึงต้องมีการควบคุมความหวานของน้ำอ้อยก่อนที่จะทำการหมักแอลกอฮอล์ ?

ตอบ เพราะกระบวนการหมักใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลไม่เกินร้อยละ 18 ถ้าสารละลายมีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงกว่านี้จะรบกวนการเจริญเติบโตของยีสต์ กระบวนการหมักจะเป็นไปอย่างเชื่องช้า ไม่สมบูรณ์ เกิดกรดแลกติกและกรดน้ำส้มขึ้นได้

2. ถ้าไม่มีการปรับค่าพีเอช (pH) ให้กับน้ำอ้อย จะมีผลต่อกระบวนการหมักหรือไม่ เพราะเหตุใด ?

ตอบ มี เพราะถ้าในสารละลายมีความเป็นกรด - เบส สูงกว่าที่กำหนด จะมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของยีสต์ และอัตราเร็วของการหมักเพิ่มขึ้นทำให้กระบวนการหมักไม่สมบูรณ์

3. ยีสต์มีความจำเป็นต่อกระบวนการหมักแอลกอฮอล์หรือไม่ ถ้าไม่มียีสต์จะเกิดผลอย่างไร ?

ตอบ โดยปกติในอากาศจะมียีสต์ปนอยู่ด้วย แต่ถ้าเราอาศัยยีสต์ในอากาศอย่างเดียว อาจทำให้กระบวนการหมักไม่ได้ผลและอาจได้สารที่นอกเหนือจากแอลกอฮอล์ เนื่องจากเกิดการปนเปื้อนในอากาศ แต่ถ้าเราใช้ยีสต์ลงไปในการหมักเลยเราจะสามารถควบคุมความสะอาดจากเชื้ออื่น ๆ ได้ ทำให้กระบวนการหมักได้แอลกอฮอล์เกิดขึ้น

4. ให้อธิบายพอเข้าใจ เพราะเหตุใดจะต้องมีการเตรียมเชื้อเริ่มต้นสำหรับการหมักแอลกอฮอล์ และถ้าไม่มีการเตรียมเชื้อเริ่มต้นจะได้หรือไม่ ?

ตอบ ถ้าไม่มีการเตรียมเชื้อเริ่มต้นก็ได้ แต่ต้องทำการหมักในปริมาณน้อย ถ้าทำการหมักในปริมาณมาก การเตรียมเชื้อเริ่มต้นเป็นสิ่งจำเป็น เพราะทำให้เราใช้ยีสต์ในปริมาณน้อย เมื่อเราเตรียมเชื้อเริ่มต้น ยีสต์จะขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ ทำให้ได้เชื้อยีสต์เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในกระบวนการหมักจำนวนมากการเตรียมเชื้อเริ่มต้นจึงเป็นสิ่งจำเป็น

5. ถ้านักเรียนต้องการตรวจสอบว่า น้ำอ้อยที่นักเรียนทำการหมักเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์แล้ว นักเรียนจะตรวจสอบได้อย่างไร ?

ตอบ ตรวจสอบได้โดย การดมกลิ่น หรือใช้เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์

บทปฏิบัติการที่ 2

เรื่องการกลั่นแอลกอฮอล์

จุดประสงค์ของบทปฏิบัติการที่ 2 เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนควรจะสามารถ

1. อธิบายและเข้าใจหลักการเกี่ยวกับการกลั่นลำดับส่วนได้
2. ออกแบบ และวางแผนเพื่อทำการกลั่นแอลกอฮอล์ด้วยเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายได้
3. เกิดแนวคิดและสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเผยแพร่สู่ชุมชน เกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันได้

เวลาที่ใช้ 3 คาบ

ข้อแนะนำการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สำหรับครู

1. การออกแบบเครื่องกลั่น นักเรียนอาจจะออกแบบแตกต่างไปจากที่บทปฏิบัติการแนะนำแนวทางไว้ได้ โดยครูผู้สอนอาจกำหนดให้นักเรียนใช้อุปกรณ์นอกเหนือจากที่บทปฏิบัติการกำหนดไว้ได้
2. ในขณะประดิษฐ์เครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย ครูควรแนะนำให้นักเรียนประดิษฐ์เครื่องกลั่นอย่างระมัดระวังเพราะอาจเกิดอันตรายกับนักเรียนได้ โดยเฉพาะของมีคม เช่น มีด
3. ขณะกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย ครูผู้สอนควรดูแลให้นักเรียนปฏิบัติได้ถูกต้องในเรื่องต่อไปนี้
 - จุกยาง ตะเกียงแอลกอฮอล์ อุปกรณ์ทุกชนิด ควรอยู่ในสภาพที่เหมาะสมกับการใช้งานเพราะถ้าชำรุดจะทำให้การกลั่นไม่ได้ผล
 - ให้นักเรียนทำการกลั่นด้วยความระมัดระวัง
 - ควรทดลองในสภาพอากาศนี้ ไม่มีลมพัดแรง หรือใช้วัสดุ - อุปกรณ์ ป้องกันลมพัดเปลวไฟ

ข้อแนะนำการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สำหรับเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียน

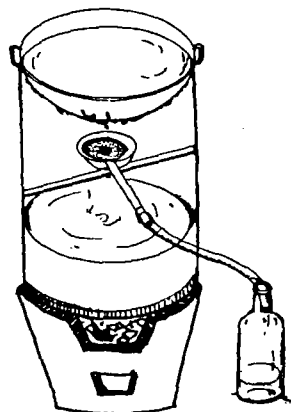
1. นักเรียนต้องทำการกลั่นด้วยความระมัดระวัง
2. การกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายจากบทปฏิบัติการที่ 2 นี้ใช้เวลากลั่นประมาณ 50 นาที จะได้แอลกอฮอล์ประมาณ 5 - 7 มิลลิลิตร

3. ก่อนที่จะทดลองควรตรวจสอบปริมาณของแอลกอฮอล์สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิง และความยาวของไส้ตะเกียงว่ามีความยาวพอเหมาะ และพร้อมที่จะทดลองหรือไม่ ถ้าไม่พร้อมควรแก้ไขให้เหมาะสมกับการใช้ทดลอง และขณะกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายต้องคอยระวังอย่าให้ความร้อนของตะเกียงแอลกอฮอล์ลดลง เพราะความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์ที่ต้มน้ำแล้วร้อนผ่านหลอดทดลองนั้น น้ำหมักหรือสารที่อยู่ในหลอดทดลองจะได้รับความร้อนไม่เกิน 90 องศาเซลเซียส

4. ท่อนำก๊าซหลังจากเสียบเข้ากับจุกยางแล้ว ควรให้อยู่ในหลอดทดลองประมาณ 1 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการเดือดของน้ำหมักที่อาจจะกระเด็นเข้าสู่หลอดแก้วได้

5. จุกยางไม่ควรชำรุดเพราะจะทำให้การกลั่นไม่ได้ผล เพราะทำให้ไอของของเหลวที่กลั่นได้ระเหยออกไปสู่สิ่งแวดล้อมก่อนที่จะกลั่นตัว

6. นักเรียนอาจจะออกแบบการทดลองที่นอกเหนือจากบทปฏิบัติการนี้ได้ ดังภาพประกอบ 6



แนวคำตอบ

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องการกลั่นแอลกอฮอล์

ปัญหา ความยาวของท่อนำก๊าซที่ระดับความยาวต่าง ๆ มีผลต่อกระบวนการกลั่นหรือไม่ ?

จุดประสงค์การทดลอง เพื่อศึกษาความยาวของท่อนำก๊าซที่มีผลต่อกระบวนการกลั่นแอลกอฮอล์ ด้วยวิธีการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย

สมมติฐาน ความยาวของท่อนำก๊าซในแต่ละระดับมีผลต่อกระบวนการกลั่นแอลกอฮอล์ ดังนั้นถ้าใช้ท่อนำก๊าซที่มีความยาวขึ้นจะทำให้สามารถกลั่นแอลกอฮอล์ออกมาได้ หรือความยาวของท่อนำก๊าซไม่มีผลต่อกระบวนการกลั่นแอลกอฮอล์ ดังนั้นถ้าใช้ท่อนำก๊าซที่มีความยาวลดลงจะทำให้สามารถกลั่นแอลกอฮอล์ออกมาได้

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ เครื่องกลั่นที่ไม่ใช้ท่อนำก๊าซ และใช้ท่อนำก๊าซที่มีความยาว 5, 10, 15, 20 และ 25 เซนติเมตร

ตัวแปรตาม ได้แก่ ปริมาณของแอลกอฮอล์ที่กลั่นออกมาได้

ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ปริมาณน้ำหมัก ระยะเวลาในการกลั่น ความยาวและขนาดของไส้ตะเกียง ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงในตะเกียง ขนาดของบีกเกอร์ หลอดทดลอง ขนาดของจุกยาง สถานที่ในการทดลอง

นิยามเชิงปฏิบัติการ

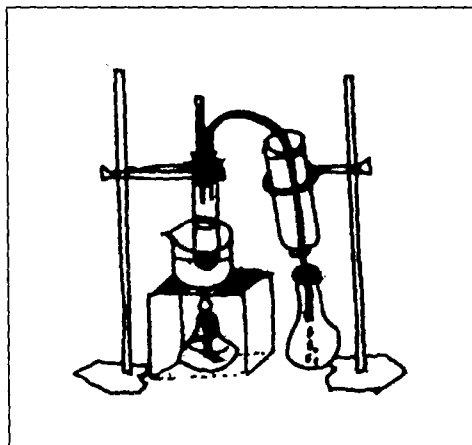
ความยาวของท่อนำก๊าซ หมายถึง ความยาวของท่อนำก๊าซ 5, 10, 15, 20 และ 25 เซนติเมตร

กระบวนการกลั่นแอลกอฮอล์ หมายถึง กระบวนการกลั่นของผสมตั้งแต่เริ่มให้ความร้อนแล้วระเหยกลายเป็นไอ ผ่านการควบแน่นกลายเป็นของเหลวออกมาเป็นสารใส ไม่มีสี

ผลการทดลอง

ความยาวของท่อนำ ก๊าซ (cm)	แอลกอฮอล์ที่กลั่นได้				
	ปริมาตร (ml)	สี	กลิ่น	ค่าพีเอช	การติดไฟ
ไม่ใช้ท่อนำก๊าซ	7	ใส ไม่มีสี	คล้ายสุรา	6	ลุกไหม้ได้ดีไม่มีสารตกค้าง
5	5	ใส ไม่มีสี	คล้ายสุรา	6	ลุกไหม้ได้ดีไม่มีสารตกค้าง
10	5	ใส ไม่มีสี	คล้ายสุรา	6	ลุกไหม้ได้ดีไม่มีสารตกค้าง
15	1	ใส ไม่มีสี	คล้ายสุรา	6	ลุกไหม้ได้ดีไม่มีสารตกค้าง
20	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-

ภาพประกอบผลการทดลอง



เครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย

สรุปผลการทดลอง

เครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายที่ไม่ใช้ท่อนำก๊าซและใช้ท่อนำก๊าซยาว 5, 10, และ 15 เซนติเมตร สามารถกลั่นแอลกอฮอล์ออกมาได้ 7, 5, 5 และ 1 มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายที่ใช้ท่อนำก๊าซที่มีความยาว 20 และ 25 เซนติเมตรไม่สามารถกลั่นแอลกอฮอล์ออกมาได้ นั่นหมายความว่าความยาวของท่อนำก๊าซมีผลต่อการกลั่นแอลกอฮอล์ด้วยเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย

อภิปรายผลการทดลอง

สาเหตุที่เครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายที่ใช้ท่อนำก๊าซที่มีความยาว 20 และ 25 เซนติเมตรไม่สามารถกลั่นแอลกอฮอล์ออกมาได้ เนื่องจากว่า ความยาวดังกล่าวนั้นสูงเกินไปที่แรงดันจากตะเกียงแอลกอฮอล์จะดันไอของแอลกอฮอล์ที่เกิดจากการกลั่นระเหยไปถึงเครื่องควบแน่นเพื่อกลั่นตัว ดังนั้นถ้าต้องการให้ท่อนำก๊าซที่มีความยาว 20 และ 25 เซนติเมตรสามารถกลั่นแอลกอฮอล์ผ่านออกมาถึงเครื่องควบแน่นได้ต้องเพิ่มแรงดันของตะเกียงแอลกอฮอล์ (เพิ่มขนาดของตะเกียงแอลกอฮอล์) ให้มากกว่านี้

แนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์

1. ศึกษาตัวแปรชนิดอื่น ๆ ที่มีผลต่อการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายจากบทปฏิบัติการนี้ เช่น ขนาดและความยาวของหลอดทดลองที่ใช้เป็นคอลัมน์ แรงดันจากตะเกียง ปริมาณน้ำในการต้มน้ำ ความยาวของสายยางทนความร้อน เป็นต้น
2. ศึกษารูปแบบการกลั่นลำดับส่วนของชาวบ้าน หรือรูปแบบการกลั่นอย่างง่ายแบบอื่น ๆ
3. เปรียบเทียบการกลั่นลำดับส่วนของชาวบ้าน กับการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายที่นักเรียนออกแบบหรือที่ครูกำหนด

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน

นำหลักการการกลั่นลำดับส่วนไปประยุกต์ใช้กับการทำน้ำให้สะอาดไว้ใช้บริโภคและอุปโภคเองกันภายในหมู่บ้านหรือจำหน่ายไปยังหมู่บ้านอื่น ๆ

**** รายงานผลการทดลองขึ้นอยู่กับผลการทดลองของนักเรียนและดุลยพินิจของอาจารย์

คำถามและแนวคำตอบท้ายบทปฏิบัติการที่ 2

1. การกลั่นลำดับส่วนมีหลักการอย่างไร ?

ตอบ กระบวนการการกลั่นลำดับส่วนเป็นกระบวนการแยกของผสมที่ประกอบด้วยของเหลวที่มีจุดเดือดแตกต่างกัน ของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำกว่าระเหยกลายเป็นไอออกไปก่อน แล้วควบแน่น (ผ่านไอของเหลวไปโดนเดบเซอร์ที่มีความเย็น) เป็นของเหลวออกจากส่วนผสมก่อน

2. ทำไมการกลั่นแอลกอฮอล์ จึงนิยมใช้การกลั่นลำดับส่วน ?

ตอบ เพราะการกลั่นลำดับส่วนเป็นกระบวนการแยกของเหลวที่มีจุดเดือดใกล้เคียงกันออกจากกันได้ดี ดังนั้นจึงเหมาะที่จะนำแอลกอฮอล์มากลั่นแยกด้วยการกลั่นลำดับส่วน

3. จากการกลั่นลำดับส่วน นักเรียนคิดว่าของเหลวที่ถูกกลั่นออกมานั้นเป็นสารชนิดใด เพราะเหตุใดจึงคิดว่าเป็นสารดังกล่าว ? อธิบายให้ชัดเจน

ตอบ คิดว่าเป็นแอลกอฮอล์ เพราะจากการสังเกตอุณหภูมิของสารที่กลั่นออกมาจะอยู่ในช่วง 76 - 85 องศาเซลเซียส และสารดังกล่าวมีกลิ่นคล้ายแอลกอฮอล์และเมื่อนำมาติดไฟ ปรากฏว่าลุกไหม้ได้ดี ไม่มีกลิ่น ไม่มีควันและไม่มีสารตกค้างเหลืออยู่

4. เมื่อนำของเหลว 2 ชนิดที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ชนิดหนึ่งมีจุดเดือด 72 องศาเซลเซียส อีกชนิดหนึ่งมีจุดเดือด 94 องศาเซลเซียสมาทำการกลั่นลำดับส่วน ในขณะที่กลั่นสารที่มีจุดเดือดเท่าใด จะกลั่นตัวออกมาก่อน เพราะเหตุใด ?

ตอบ สารที่มีจุดเดือด 72 องศาเซลเซียสจะกลั่นตัวออกมาก่อน เพราะว่า สารที่มีจุดเดือด 72 องศาเซลเซียสจะมีจุดเดือดต่ำกว่า สารที่มีจุดเดือด 94 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึง 72 องศาเซลเซียสสารตัวนี้จึงกลั่นตัวออกมาได้ ส่วนสารที่มีจุดเดือด 94 องศาเซลเซียส ยังไม่สามารถระเหยกลายเป็นไอออกมาได้ในช่วงนี้จึงยังคงไม่กลั่นตัวออกมา

5. เมื่อวิเคราะห์จากผลการทดลองของนักเรียน นักเรียนคิดว่าแอลกอฮอล์ที่กลั่นออกมานี้จะมีจุดเดือดอยู่ในช่วงใด เพราะเหตุใดจึงอยู่ในช่วงดังกล่าว ?

ตอบ แอลกอฮอล์ที่กลั่นออกมานี้มีจุดเดือดอยู่ในช่วง 76 - 85 องศาเซลเซียสเพราะขณะที่แอลกอฮอล์เริ่มกลั่นตัวออกมาอุณหภูมิจะอยู่ที่ประมาณ 76 องศาเซลเซียส และตอนที่ 85 องศาเซลเซียส

บทปฏิบัติการที่ 3

เรื่องการทดสอบสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์

จุดประสงค์ของบทปฏิบัติการที่ 3 เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

1. ทดสอบสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์ได้
2. คำนวณและเปรียบเทียบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ และสามารถเลือกใช้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุดได้
3. อธิบายและสรุปสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์ได้
4. เกิดแนวคิดและสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเผยแพร่สู่ชุมชน เกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

ข้อแนะนำการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สำหรับครู

1. กลับแอลกอฮอล์จากการทดลองในบทปฏิบัติการที่ 2 เตรียมไว้เพื่อใช้ในการทดลองทั้งสองตอน ประมาณกลุ่มละ 60 มิลลิลิตร
2. แอลกอฮอล์ทั้งสี่ชนิดเป็นสารไวไฟ ดังนั้นควรทดลองด้วยความระมัดระวัง
3. การทดลองไม่จำเป็นต้องให้นักเรียนหนึ่งกลุ่มทดลองใช้แอลกอฮอล์ครบทั้ง 4 ชนิด ครูผู้สอนอาจแบ่งให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทดลองต้มน้ำโดยใช้แอลกอฮอล์ชนิดใดชนิดหนึ่งก็ได้ แล้วนำผลของทุก ๆ กลุ่มมาอภิปรายร่วมกัน
4. ครูอาจให้นักเรียนลองใช้แอลกอฮอล์แต่ละชนิดผสมกันในอัตราส่วนที่แตกต่างกันไปแล้วดูว่าอัตราส่วนของแอลกอฮอล์ชนิดใดที่ให้ค่าความร้อนสูงสุด
5. ในการต้มน้ำครูอาจกำหนดให้ใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นที่เท่ากันแทนกำหนดเวลาให้เท่ากันก็ได้ เพื่อเป็นการควบคุมให้แอลกอฮอล์แต่ละชนิดเริ่มจากค่าพลังงานที่ให้กับน้ำที่เท่ากัน
6. ครูอาจนำแอลกอฮอล์จากพืชชนิดอื่น ๆ เช่น สุรา เหล้าสาโท กระแช่ มาทดลองแทนแอลกอฮอล์ชนิดอื่น ๆ ที่กำหนดในบทปฏิบัติการก็ได้

ข้อแนะนำการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สำหรับเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียน

1. การใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ หลังจากใช้เสร็จแล้วควรดับเปลวไฟด้วยฝาของตะเกียงและนำฝาทิ้งไว้จนเย็นประมาณ 1 นาที แล้วค่อยปิดซ้ำอีกครั้ง เพื่อป้องกันให้บริเวณพลาสติกที่เป็นที่สำหรับใส่ไส้ตะเกียงอยู่ใช้งานได้นาน

2. การคำนวณค่าความร้อนของแอลกอฮอล์จากผลการทดลอง

ตัวอย่าง เด็กชาย ก ต้มน้ำทั้งสองบีกเกอร์โดยใช้ปริมาณน้ำเท่ากันคือ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นเวลา 20 นาที ปรากฏผลการทดลองดังตาราง

ชนิดของแอลกอฮอล์	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		มวลที่ใช้ไป (กรัม)	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (องศาเซลเซียส)
	มวล (กรัม)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	มวล (กรัม)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
เมทานอล	160	32	154	92	6	60
เอทานอล	159	32	151	86	8	54

เด็กชาย ก ต้องการทราบว่าแอลกอฮอล์ทั้งสองชนิดให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแตกต่างกัน หรือไม่ เด็กชาย ก จะมีวิธีคำนวณอย่างไร

วิธีทำ พลังงานความร้อนที่น้ำได้รับของเมทานอล = $50 \times 60 = 3,000$ แคลอรี

พลังงานความร้อนที่น้ำได้รับของเอทานอล = $50 \times 54 = 2,700$ แคลอรี

เมื่อเทียบกับมวลของแอลกอฮอล์ 1 กรัม แอลกอฮอล์ทั้งสองชนิดให้ค่าความร้อน ดังนี้

$$\text{ค่าความร้อนของเมทานอล} = \frac{3,000}{6 \times 1,000} = 0.50 \text{ กิโลแคลอรีต่อกรัม}$$

$$\text{ค่าความร้อนของเอทานอล} = \frac{2,700}{8 \times 1,000} = 0.33 \text{ กิโลแคลอรีต่อกรัม}$$

แนวคำตอบ

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องการทดสอบสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์ :

ตอนที่ 1 ทดสอบความเป็นกรด - เบส และการติดไฟ

ปัญหา สารที่นักเรียนกลั่นได้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้หรือไม่ ?

จุดประสงค์การทดลอง เพื่อทดสอบสมบัติในการใช้เป็นเชื้อเพลิงของสารที่กลั่นได้

สมมติฐาน ถ้าสารที่กลั่นได้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ดังนั้นถ้านำไปทดสอบการติดไฟย่อมติดไฟได้เช่นเดียวกับสารที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ สารที่กลั่นได้ (แอลกอฮอล์จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย)

ตัวแปรตาม ได้แก่ การติดไฟ

ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ปริมาตรของแอลกอฮอล์ทั้ง 4 ชนิด

นิยามเชิงปฏิบัติการ

สารที่กลั่นได้ หมายถึง แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย

ผลการทดลอง

ชนิดของแอลกอฮอล์	การทดสอบ	
	การติดไฟ	ค่าพีเอช
แอลกอฮอล์จากกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย	ลุกไหม้ ไม่มีสารตกค้างเหลืออยู่	6
เอทานอล	ลุกไหม้ ไม่มีสารตกค้างเหลืออยู่	6
เมทานอล	ลุกไหม้ ไม่มีสารตกค้างเหลืออยู่	6
โพรพานอล	ลุกไหม้ ไม่มีสารตกค้างเหลืออยู่	6

สรุปผลการทดลอง

แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายสามารถติดไฟได้ดี และไม่มีสารตกค้างเหลืออยู่เช่นเดียวกับเอทานอล เมทานอลและ โพรพานอล

อภิปรายผลการทดลอง

จากการที่แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายสามารถติดไฟได้ดี และไม่มีสารตกค้างเหลืออยู่เช่นเดียวกับเอทานอล เมทานอลและ โพรพานอล เนื่องจากว่าแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายเป็นแอลกอฮอล์ที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ ปราศจากน้ำ(เครื่องกลั่นสามารถกลั่นได้ดี) จึงสามารถติดไฟได้ดีเช่นเดียวกับแอลกอฮอล์อีกสามชนิด

แนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์

(หัวข้อนี้สามารถนำไปรวมกับตอนที่ 2 ได้)

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน

(หัวข้อนี้สามารถนำไปรวมกับตอนที่ 2 ได้)

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องการทดสอบสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์ :

ตอนที่ 2 ทดสอบความร้อน เชื้อเพลิง และกลั่น

ปัญหา แอลกอฮอล์ที่นักเรียนผลิตขึ้นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับแอลกอฮอล์ชนิดอื่นที่ผลิตในระบบอุตสาหกรรมหรือไม่ ?

จุดประสงค์การทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแอลกอฮอล์ที่ผลิตขึ้น

สมมติฐาน แอลกอฮอล์ที่ผลิตขึ้นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับแอลกอฮอล์ชนิดอื่น ๆ ที่ผลิตในระบบอุตสาหกรรม
ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ แอลกอฮอล์ที่ผลิตขึ้น

ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของแอลกอฮอล์

ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ปริมาณแอลกอฮอล์ ขนาดของไส้ตะเกียง ปริมาณน้ำในบีกเกอร์ ขนาดของบีกเกอร์ ระยะเวลาในการต้ม

นิยามเชิงปฏิบัติการ

แอลกอฮอล์ที่ผลิตขึ้น หมายถึง แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย

ประสิทธิภาพของแอลกอฮอล์ หมายถึง ความสามารถในการให้ค่าความร้อนของแอลกอฮอล์

ผลการทดลอง

ชนิดของแอลกอฮอล์	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		มวลที่ใช้ไป (กรัม)	อุณหภูมิที่ เพิ่มขึ้น	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรีต่อกรัม)
	มวล (กรัม)	อุณหภูมิ	มวล (มวล)	อุณหภูมิ			
แอลกอฮอล์จากกลั่น ลำดับส่วนอย่างง่าย	195	31	189	79	6	48	1.20
เอทานอล	195	32	190	90	5	58	1.74
เมทานอล	196	32	191.2	92	4.8	60	1.87
โพรพานอล	194	30	191	62	3	32	1.60

สรุปผลการทดลอง

แอลกอฮอล์ที่ผลิตขึ้นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับแอลกอฮอล์ชนิดอื่น ๆ คือ มีค่าความร้อนเท่ากับ 1.20 กิโลแคลอรีต่อกรัมซึ่งใกล้เคียงกับค่าความร้อนของเอทานอล เมทานอลและโพรพานอลที่มีค่าความร้อนเท่ากับ 1.74, 1.87 และ 1.60 กิโลแคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ

อภิปรายผลการทดลอง

จากการที่แอลกอฮอล์ที่ผลิตขึ้นสามารถให้ค่าความร้อนได้เช่นเดียวกับเอทานอล เมทานอลและโพรพานอล เนื่องจากว่าแอลกอฮอล์ที่ผลิตขึ้นเป็นแอลกอฮอล์ที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ ปราศจากน้ำ(เครื่องกลั่นสามารถกลั่นได้ดี) จึงสามารถให้ค่าความร้อนใกล้เคียงกับแอลกอฮอล์อีกสามชนิด

แนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

1. ศึกษาอัตราส่วนของแอลกอฮอล์แต่ละชนิดที่ให้ค่าร้อนที่ดีที่สุด
2. เปรียบเทียบอัตราส่วนของแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายกับเอทานอลว่าอัตราส่วนใดที่สามารถประหยัดเอทานอลได้และเกิดประสิทธิภาพดีที่สุด

ฯลฯ

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน

1. เผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับประโยชน์และโทษของแอลกอฮอล์แต่ละชนิดให้ชาวบ้านได้รับทราบ
2. เผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับการผลิตแอลกอฮอล์ให้ชาวบ้านได้รับทราบ

ฯลฯ

คำถามและแนวคำตอบท้ายบทปฏิบัติการที่ 3

1. จากการทดลองนักเรียนคิดว่าแอลกอฮอล์ชนิดใดติดไฟได้ดีที่สุด เพราะเหตุใด ?

ตอบ เอทานอลและเมทานอลเพราะสามารถติดไฟได้ดี ลูกไหม้ได้นาน ไม่มีเขม่า คว้นและกลืน

2. จากการทดลองนักเรียนคิดว่าจะเลือกใช้แอลกอฮอล์ชนิดใดดีที่สุด เพราะเหตุใด ?

ตอบ เอทานอล เพราะ เป็นแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักพืช เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นของเหลวใส ไม่มีสี จุดไฟติด และไม่มียผลต่อสิ่งแวดล้อม

3. เอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ มีสมบัติอย่างไร ? อธิบายให้ชัดเจน

ตอบ เอทานอลเป็นแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักพืช เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ระเหยง่าย จุดไฟติด ละลายในน้ำและในสารอินทรีย์อื่น ๆ ได้ดี มีจุดเดือด 78.4 องศาเซลเซียส ค่าความร้อนสุทธิตั้ง 6,400 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และไม่มียผลต่อสิ่งแวดล้อม

4. เพราะเหตุใดจึงนิยมนำเอทานอลมาทำเป็นเชื้อเพลิง ?

ตอบ เอทานอลเป็นแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักพืช ให้ค่าความร้อนในการเผาไหม้สูง และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

5. สุรา ไวน์ สาเก และแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นไม้ จัดเป็นแอลกอฮอล์ชนิดใดและมีวิธีการผลิตอย่างไร ? อธิบายพอเข้าใจ

ตอบ สุรา ไวน์และสาเก เป็นเอทานอลซึ่งมีวิธีการผลิตคือ นำทุกส่วนของพืชไปทำการหมักด้วยยีสต์แต่ถ้าพืชชนิดนั้นเป็นสารจำพวกแป้งจะต้องทำให้เป็นน้ำตาลเสียก่อนก่อนที่จะหมักด้วยยีสต์

บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์ใช้เอง

จุดประสงค์ของบทปฏิบัติการที่ 4 เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

1. อธิบายและสรุปหลักการผลิตและประโยชน์ของแก๊สโซฮอล์ได้
2. ผลิตและเลือกแก๊สโซฮอล์ที่เหมาะสมกับการนำไปใช้
3. ทดสอบประสิทธิภาพของแก๊สโซฮอล์ในเครื่องยนต์เบนซินอย่างง่ายได้
4. เกิดแนวคิดและสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเผยแพร่สู่ชุมชน เกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันได้

เวลาที่ใช้ 3 คาบ

ข้อแนะนำการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สำหรับครู

1. ในการคิดและเลือกสูตรแก๊สโซฮอล์ครูควรให้นักเรียนคิดอย่างอิสระโดยอยู่บนพื้นฐานของการนำไปใช้ที่เหมาะสม
2. น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงที่มีความไวไฟสูงมากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ หลายเท่า ดังนั้นครูควรคอยดูแลและแนะนำให้นักเรียนดำเนินการทดลองด้วยความระมัดระวัง
3. กลั่นแอลกอฮอล์จากบทปฏิบัติการที่ 2 เตรียมไว้เพื่อใช้ผสมกับน้ำมันเบนซิน ประมาณกลุ่มละ 200 มิลลิลิตร
4. ในการใช้เครื่องตัดหญ้าครูอาจเป็นผู้สาธิตให้นักเรียนดู เพราะเครื่องตัดหญ้าค่อนข้างอันตรายเมื่อเริ่มสตาร์ทเครื่อง อย่าให้นักเรียนอยู่ใกล้บริเวณที่ตัดเพราะอาจเกิดอุบัติเหตุชิ้นร้ายแรงขึ้นได้
5. การใช้น้ำปูนใสวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ควรใช้ภาชนะหรือกล่องพลาสติกที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ใส่น้ำปูนใส เพราะถ้าใช้ภาชนะหรือกล่องพลาสติกขนาดเล็กจะทำให้ น้ำปูนใสกระเด็นและไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ (การลั่นสะเทือนและควันจากท่อไอเสียค่อนข้างแรง)
6. สายยางที่ต่อจากท่อไอเสียของเครื่องตัดหญ้าควรใช้สายยางที่ทนความร้อนเพราะท่อไอเสียของเครื่องตัดหญ้ามี่ความร้อนค่อนข้างสูง

ข้อแนะนำการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สำหรับเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียน

1. ในการคิดและเลือกสูตรแกสโธซอลนักเรียนสามารถคิดและเลือกสูตรได้อย่างหลากหลาย แต่ขณะเดียวกันก็ควรคำนึงถึงการนำไปใช้ประโยชน์ด้วย
2. น้ำมันเบนซินเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความไวไฟและอันตรายสูงมาก นักเรียนไม่ควรนำไปทดลองใกล้แหล่งความร้อนหรือวัตถุไวไฟชนิดอื่น ๆ
3. ถ้านักเรียนต้องใช้เครื่องตัดหญ้าเอง นักเรียนควรระมัดระวังเพราะที่ตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้ามีความคมซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายต่อตัวนักเรียนได้
4. สายยางที่ใช้ต่อท่อไอเสียของเครื่องตัดหญ้าควรใช้สายยางที่ทนความร้อน
5. การเตรียมน้ำปูนใส

นักเรียนสามารถเตรียมน้ำปูนใสเองได้ ดังนี้ เตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์โดยใช้ปูนขาวประมาณ 3 - 4 ช้อนเบอร์ 2 ละลายในน้ำประมาณ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนและกรองเอาสารละลายส่วนที่ใสใสขวดปิดจุกให้แน่น สารนี้ควรเตรียมเมื่อจะใช้เท่านั้น ไม่ควรเก็บไว้นาน

แนวคำตอบ

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์ใช้เอง

ปัญหา แก๊สโซฮอล์ที่นักเรียนผลิตขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้หรือไม่ ?

จุดประสงค์การทดลอง เพื่อทดสอบสมบัติของแก๊สโซฮอล์ที่ผลิตขึ้นในด้านการนำไปใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิง

สมมติฐาน แก๊สโซฮอล์ที่ผลิตขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ แก๊สโซฮอล์ที่ผลิตขึ้น น้ำมันเบนซิน แก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง

ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด ระยะเวลาในการใช้เครื่องตัดหญ้า

นิยามเชิงปฏิบัติการ

แก๊สโซฮอล์ที่ผลิตขึ้น หมายถึง แก๊สโซฮอล์ที่ผลิตจากการนำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักอ้อยแล้วนำไปกลั่นด้วยการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายมาผสมกับน้ำมันเบนซิน (ในอัตราส่วนต่าง ๆ กันตามที่นักเรียนกำหนด)

ความสามารถในการใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง หมายถึง ความสามารถของเครื่องตัดหญ้า (ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่าง ๆ ตามที่กำหนด) ที่สามารถสตาร์ทติดได้ง่าย เครื่องไม่กระตุก เดินเรียบภายในเวลา 10 นาที

เหตุผลในการเลือกสูตรแก๊สโซฮอล์

(หัวข้อนี้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอน)

วิธีการผลิตแก๊สโซฮอล์

แก๊สโซฮอล์มีวิธีการผลิต คือ นำน้ำมันเบนซินผสมกับแอลกอฮอล์ (อัตราส่วนต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของนักเรียน)

ผลการทดลอง

ชนิดของเชื้อเพลิง	สมรรถนะของเครื่องยนต์	
	การติดของเครื่องยนต์	ทดสอบกับน้ำมันใส
แก๊สโซฮอล์ที่ผลิตขึ้นเอง	ค่อนข้างสตาร์ทติดยาก	ช่นน้อย
น้ำมันเบนซิน	สตาร์ทติดได้ดี	ช่นมาก
แก๊สโซฮอล์ของ วท.	สตาร์ทติดได้ดี	ช่นน้อย

ข้อคิดเห็นของบุคคลต่าง ๆ ในการทดสอบประสิทธิภาพของแก๊สโซฮอลล์ในเครื่องยนต์ของเครื่องตัดหญ้า

1. นักเรียนที่ทดลองใช้เครื่องตัดหญ้าที่ใช้แก๊สโซฮอลล์ที่นักเรียนผลิตขึ้น, น้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอลล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยเป็นเชื้อเพลิง

(หัวข้อนี้ขึ้นอยู่กับแนวคิดของนักเรียนและดุลยพินิจของครูผู้สอน)

2. นักเรียนที่สังเกตผลการใช้เครื่องตัดหญ้าที่ใช้แก๊สโซฮอลล์ที่นักเรียนผลิตขึ้น, น้ำมันเบนซินและ แก๊สโซฮอลล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยเป็นเชื้อเพลิง

(หัวข้อนี้ขึ้นอยู่กับแนวคิดของนักเรียนและดุลยพินิจของครูผู้สอน)

3. ครู - อาจารย์ที่ควบคุมการใช้เครื่องตัดหญ้าที่ใช้แก๊สโซฮอลล์ที่นักเรียนผลิตขึ้น, น้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอลล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยเป็นเชื้อเพลิง

(หัวข้อนี้ขึ้นอยู่กับแนวคิดของนักเรียนและดุลยพินิจของครูผู้สอน)

สรุปผลการทดลอง

แก๊สโซฮอลล์มีวิธีการผลิตคือ น้ำมันเบนซินผสมกับแอลกอฮอล์

แก๊สโซฮอลล์ที่ผลิตขึ้นสตาร์ตติดได้ค่อนข้างยากกว่าน้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอลล์ของ วท.แต่สามารถเดินเครื่องได้เรียบและไม่กระตุกได้เช่นเดียวกับน้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอลล์ของ วท.

อภิปรายผลการทดลอง

สาเหตุที่แก๊สโซฮอลล์ที่ผลิตขึ้นสตาร์ตติดได้ค่อนข้างยากกว่าน้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอลล์ของ วท. เนื่องจากว่าแก๊สโซฮอลล์ที่ผลิตขึ้นอาจจะมีน้ำปนอยู่ทำให้บริสุทธิ์ไม่พอสำหรับการใช้กับเครื่องยนต์

แนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์

1. ศึกษาการใช้แอลกอฮอล์แทนแก๊สโซฮอลล์ในเครื่องยนต์
2. ศึกษาการใช้อัตราส่วนผสมต่าง ๆ ที่มีการเพิ่มปริมาณแอลกอฮอล์มากขึ้น

ฯลฯ

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน

แนะนำวิธีการใช้และประโยชน์ของแก๊สโซฮอลล์กับเครื่องยนต์ให้ชาวบ้านได้รับรู้และเห็นคุณค่าประโยชน์ของแก๊สโซฮอลล์

**** รายงานผลการทดลองขึ้นอยู่กับผลการทดลองของนักเรียนและดุลยพินิจของอาจารย์

คำถามและแนวคำตอบท้ายบทปฏิบัติการที่ 4

1. แก๊สโซฮอล์มีคุณสมบัติอย่างไร ? อธิบายให้ชัดเจน

ตอบ แก๊สโซฮอล์ เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำแอลกอฮอล์ 99.5% มาผสมกับน้ำมันเบนซิน 91 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 9 หรือร้อยละ 10 ก็จะได้เป็นแก๊สโซฮอล์ ซึ่งมีค่าออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 ในปัจจุบันนี้ สามารถนำแก๊สโซฮอล์มาใช้กับรถยนต์ทั่วไปโดยไม่ต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ใหม่

2. ถ้าให้เลือกใช้เชื้อเพลิงจากแก๊สโซฮอล์และน้ำมันเบนซิน นักเรียนคิดว่าจะเลือกใช้เชื้อเพลิงชนิดใด เพราะเหตุใด ?

ตอบ เลือกใช้แก๊สโซฮอล์ เพราะนอกจากจะช่วยประหยัดปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินแล้ว การผสมแอลกอฮอล์ลงในน้ำมันเบนซิน จะช่วยปรับปรุงค่าออกซิเจนเนต (Oxygenates) ซึ่งเป็นสารที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณออกซิเจน และออกเทนของน้ำมันเบนซิน ทำให้สิ่งแวดล้อมสะอาดปราศจากมลพิษ

3. การใช้แก๊สโซฮอล์จะป้องกันการเกิดโลกร้อนได้อย่างไร ? อธิบายให้ชัดเจน

ตอบ การใช้แก๊สโซฮอล์ช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงออกสู่อากาศทางท่อไอเสีย ทำให้ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะในส่วน of ก๊าซที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์โลกร้อน

4. นอกจากการใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แล้ว นักเรียนคิดว่าใช้ในด้านใดได้อีก ให้ยกตัวอย่างประกอบ

ตอบ แก๊วโซฮอล์เป็นสารที่มีน้ำมันเบนซินเป็นส่วนประกอบจึงเหมาะกับการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อย่างเดียวเพราะมีความไวไฟสูง

5. ถ้าราคาของผลิตผลทางการเกษตรที่ใช้ผลิตแก๊สโซฮอล์สูงขึ้น แก๊สโซฮอล์จะสามารถแข่งขันกับน้ำมันเบนซินได้หรือไม่ อย่างไร ?

ตอบ สามารถแข่งขันกับน้ำมันเบนซินได้เพราะการผลิตแอลกอฮอล์เพื่อใช้ผสมเป็นแก๊สโซฮอล์นั้นสามารถผลิตได้จากการพืชหลายชนิดซึ่งมีอยู่แล้วในประเทศ ราคาจึงถูก ช่วยเกษตรกรไม่ต้องซื้อจากต่างประเทศซึ่งจะทำให้ราคาสูงขึ้น และมีผลพลอยได้จากการผลิตพืชด้วย เช่น กากน้ำตาล เป็นต้น

ภาคผนวก จ

แบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

กิจกรรมสอวัตทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

แบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เรื่อง การผลิตแก๊สโซฮอลล์จากพืชในท้องถิ่น

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 7 ข้อ เวลา 60 นาที

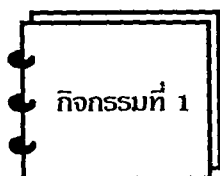
คำชี้แจง

1. ข้อสอบฉบับนี้เป็นข้อสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 7 ข้อ ให้เวลาทำ 60 นาที (35 คะแนน)
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน
3. ให้นักเรียนเขียนคำตอบสั้น ๆ ประมาณไม่เกินข้อละ 5 -10 บรรทัด ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้
4. ห้ามขีด ทำเครื่องหมาย หรือเขียนอักษรใด ๆ ลงในแบบทดสอบ
5. หากมีข้อสงสัยใด ๆ ให้สอบถามกรรมการคุมสอบ

-
1. ให้นักเรียนอธิบายหลักการของการกลั่นลำดับส่วนอย่างชัดเจน เป็นขั้นตอนตามที่ศึกษามา พร้อมเขียนแผนผังหรือวาดภาพประกอบ
 2. การผลิตแก๊สโซฮอลล์มีวิธีการอย่างไร ? ให้นักเรียนอธิบายอย่างชัดเจน
 3. ในท้องถิ่นของนักเรียนมีพืชชนิดใดบ้างที่สามารถนำมาผลิตเป็นแอลกอฮอล์แทนอ้อยได้ และมีขั้นตอนการผลิตอย่างไร ?
 4. อ้อย 2 ต้น มีส่วนประกอบของน้ำตาลแตกต่างกันดังนี้ ต้นที่ 1 มีน้ำตาล 15% ต้นที่ 2 มีน้ำตาล 21% ถ้าต้องการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อยสองต้นดังกล่าว นักเรียนจะเลือกอ้อยต้นใดมาทำการหมักแอลกอฮอล์ เพราะเหตุใด ?
 5. จากการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย โซดาใช้หลอดแก้วยาว 30 เซนติเมตร เพื่อทำเป็นหอกลั่น ทำการกลั่นแอลกอฮอล์ที่หมักไว้ 14 วัน ปรากฏว่าไม่สามารถทำการกลั่นได้ นักเรียนจะให้คำแนะนำแนวทางปฏิบัติแก่โซดาได้อย่างไรถ้าใช้หลอดแก้วยาวเท่าเดิม
 6. โซล้าต้องการทราบว่า ปริมาณของยีสต์มีผลต่อกระบวนการหมักแอลกอฮอล์หรือไม่ โซล้าควรออกแบบการทดลองอย่างไร ?
 7. นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ ถ้าในอนาคตประเทศไทยของเราจะนำแก๊สโซฮอลล์มาใช้เป็นพลังงาน เชื้อเพลิง จงให้เหตุผลประกอบ

ขอให้ทุกคนทำได้

กิจกรรมสอบวัดภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์



จุดประสงค์ นักเรียนสามารถดำเนินการทดลองตามที่กำหนดให้และใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

คำชี้แจง จากอุปกรณ์และสารเคมีที่กำหนดให้ ให้นักเรียนหาสมบัติของสารหมายเลข 1 สารหมายเลข 2 สารหมายเลข 3 และสารหมายเลข 4 ดังนี้

1. ความเป็นกรด - เบสของสารทั้ง 4
2. อุณหภูมิของสารทั้ง 4

โดยให้นักเรียนดำเนินการตามลำดับต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนหามวลของสารหมายเลข 1 สารหมายเลข 2 สารหมายเลข 3 และสารหมายเลข 4 บันทึกรายละเอียด
2. ละลายสารทั้งสี่ชนิดอย่างละ 5 ช้อน ในน้ำ 20 มิลลิลิตร วัดค่าความเป็นกรด - เบสและอุณหภูมิของสารทั้งสี่ สังเกตและบันทึกผล
3. ให้นักเรียนสังเกตกลิ่นของสารหมายเลข 1 สารหมายเลข 2 สารหมายเลข 3 และสารหมายเลข 4 หลังจากนั้นให้นักเรียนนำสารหมายเลข 1 ผสมกับสารหมายเลข 2 และนำสารหมายเลข 3 ผสมกับสารหมายเลข 4 อย่างละ 5 มิลลิลิตร สังเกตกลิ่นของสารที่ผสม เนื้อสารที่เปลี่ยนแปลงไป และทำการทดสอบสมบัติความเป็นกรด - เบส และอุณหภูมิของสารที่ผสมกันอีกครั้งหนึ่ง

เวลา 30 นาที

อุปกรณ์และสารเคมี

- | | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| 1. เครื่องชั่ง | 8. กระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร |
| 2. บีกเกอร์ | 9. แท่งแก้วสำหรับคน |
| 3. สารหมายเลข 1 | 10. กระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงิน |
| 4. สารหมายเลข 2 | 11. น้ำกลั่น |
| 5. สารหมายเลข 3 | 12. เทอร์มอมิเตอร์ |
| 6. สารหมายเลข 4 | |
| 7. ช้อนตักสาร เบอร์ 2 | |

คำถามท้ายการทดลอง

1. มวลของสารในกล่องพลาสติกหมายเลข 1 มีค่าเท่าใด ?
2. มวลของสารในกล่องพลาสติกหมายเลข 2 มีค่าเท่าใด ?
3. มวลของสารในกล่องพลาสติกหมายเลข 3 มีค่าเท่าใด ?
4. มวลของสารในกล่องพลาสติกหมายเลข 4 มีค่าเท่าใด ?
5. เมื่อผสมสารหมายเลข 1 กับสารหมายเลข 2 สารทั้งสองมีค่าความเป็นกรด - เบสแตกต่างจากก่อนผสมหรือไม่ ? อย่างไร
6. เมื่อผสมสารหมายเลข 3 กับสารหมายเลข 4 สารทั้งสองมีค่าความเป็นกรด - เบสแตกต่างจากก่อนผสมหรือไม่ ? อย่างไร
7. เมื่อผสมสารหมายเลข 1 กับสารหมายเลข 2 สารทั้งสองมีอุณหภูมิแตกต่างจากก่อนผสมหรือไม่ ? อย่างไร
8. เมื่อผสมสารหมายเลข 3 กับสารหมายเลข 4 สารทั้งสองมีอุณหภูมิแตกต่างจากก่อนผสมหรือไม่ ? อย่างไร



จุดประสงค์ นักเรียนสามารถดำเนินการทดลองตามที่กำหนดให้และใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง
คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านปริมาตรและวัดค่าพีเอช (pH) ของกรด A ที่อยู่ในบีกเกอร์ แล้วทำการเจือจางกรด A
 ซึ่งมีความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ให้มีความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร
 และวัดค่าพีเอช (pH) ของกรด A หลังจากการเจือจางแล้ว

เวลา 20 นาที

อุปกรณ์และสารเคมี

1. กรด A
2. กระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร
3. สติ๊กเกอร์
4. บีกเกอร์
5. น้ำกลั่น
6. แท่งแก้วสำหรับคนสาร
7. กระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงิน

คำถามท้ายการทดลอง

1. กรด A มีปริมาตรประมาณเท่าใด ?
2. กรด A มีค่าพีเอช (pH) ก่อนและหลังการเจือจางต่างกันหรือไม่ ? อย่างไร
3. การเจือจางกรด A ให้ได้ 20 เปอร์เซ็นต์ มีวิธีการเจือจางอย่างไร
4. การเจือจางกรด A ให้ได้ 10 เปอร์เซ็นต์ มีวิธีการเจือจางอย่างไร
5. ถ้ากรด A มีความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ นักเรียนจะทำการเจือจางให้ได้ 20 เปอร์เซ็นต์
 ในปริมาตร 20 มิลลิลิตร นักเรียนจะทำการเจือจางอย่างไร
6. การอ่านปริมาตรจากกระบอกตวง ควรปฏิบัติอย่างไร
7. ในการเจือจางกรด นักเรียนมีวิธีเจือจางอย่างไรจึงจะปลอดภัย

...ขอให้ทุกคนโชคดี...

แบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่น

คำชี้แจงของการตอบแบบสอบถาม

1. แบบสอบถามนี้ต้องการถามความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนที่เรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซลล์จากพืชในท้องถิ่นว่ามีความคิดเห็นหรือ ความรู้สึกอย่างไรในด้านการเรียนการสอน และด้านการนำความรู้ไปใช้จากการเรียนการสอนในครั้งนี้

2. แบบสอบถามนี้ไม่มีคำตอบใด ถูก หรือ ผิด เพราะแต่ละคนย่อมมีความคิดเห็นแตกต่างกันและไม่มีผลต่อการเรียนของนักเรียน ฉะนั้นขอให้นักเรียนตอบให้ตรงสภาพความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียน ให้มากที่สุด เพื่อจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ต่อไป

3. การตอบแบบสอบถามฉบับนี้ให้นักเรียนอ่านข้อความในช่องข้อความอย่างละเอียดแล้ว ทำเครื่องหมายลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็น หรือความรู้สึกของนักเรียน ซึ่งมี 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ดังตัวอย่างข้างล่างนี้

ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
0	รู้สึกสนุกสนานเพลิดเพลิน เมื่อได้ทำการทดลอง		✓			

แบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น

เมื่อนักเรียนเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่นจบแล้ว
นักเรียนมีความคิดเห็นหรือรู้สึกอย่างไร

ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
1.	รู้สึกสนใจอยากทดลองจนจบ					
2.	การปฏิบัติการทดลองทำให้อยากค้นคว้าหา ความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเอง					
3.	การฝึกปฏิบัติการทดลองทำให้มีความคล่อง แคล่วและกระตือรือร้นในการทำงาน					
4.	การปฏิบัติการทดลองทำให้ได้รับความรู้ทาง ทฤษฎีน้อยลง					
5.	การเปิดโอกาสให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง ทำให้เสียเวลาในการได้รับความรู้หรือทักษะ ต่าง ๆ					
6.	การปฏิบัติการทดลองทำให้ห้องเรียน <u>ไม่มี</u> ความเป็นระเบียบ					
7.	บทปฏิบัติการนี้ทำให้มีความรอบคอบในการ ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือมากยิ่งขึ้น					
8.	กิจกรรมการทดลองซ้ำซาก น่าเบื่อหน่าย					
9.	รู้สึกภูมิใจเมื่อได้วิเคราะห์และสรุปผลการ ทดลองเอง					
10.	การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือทำให้เกิดความ ชำนาญมากยิ่งขึ้น					
11.	มีความมั่นใจเมื่อนำเสนอผลการทดลองให้ เพื่อนฟัง					

ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
12.	รำคาญที่ต้องรับความคิดเห็นที่ไม่เห็นด้วย ของเพื่อนๆ					
13.	บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นเปิดโอกาสให้ค้นหา ความรู้ด้วยตนเอง					
14.	บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นทำให้เกิดความเบื่อ หน่ายในการทดลอง					
15.	บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นช่วยส่งเสริมการทำ งานให้มีระบบและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น					
16.	บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นส่งเสริมให้นักเรียน ได้ใช้ความสามารถของตนเอง					
17.	บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นยากเกินไปสำหรับ การจะทำความเข้าใจ					
18.	บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นกำหนดเวลาในการ ทดลองได้เหมาะสม					
19.	บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นทำให้มีอิสระในการคิด					
20.	บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไม่ช่วยให้จดจำ เนื้อหาได้ง่ายขึ้นเลย					
21.	บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นเอื้อให้นักเรียนได้ ใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทดลองที่ เหมาะสม					
22.	บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นเปิดโอกาสให้เสนอ แนวทางการนำไปใช้ตามความสนใจ					
23.	บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นทำให้บรรยากาศ การเรียนรู้ผ่อนคลาย					
24.	บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นทำให้ได้รับความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ที่ทันเหตุการณ์และทันสมัย					

ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
25.	บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นปิดกั้นความคิด ของนักเรียนไม่ให้เกิดความคิดสร้างสรรค์					
26.	การเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น ช่วยให้เข้าใจเกี่ยวกับความสำคัญที่ต้อง อนุรักษ์พลังงานมากยิ่งขึ้น					
27.	เห็นคุณค่า และประโยชน์ของทรัพยากร ธรรมชาติมากยิ่งขึ้น					
28.	ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องร่วมกันอนุรักษ์ พลังงานเพราะมีพืชหลายชนิดที่ใช้แทนได้					
29.	อยากเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยแก้ปัญหาให้ กับท้องถิ่นและประเทศชาติ					
30.	รู้สึกเบื่อหน่ายที่จะแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ หรือสิ่งแวดล้อม					
31.	ความรู้ที่ได้รับไม่ก่อให้เกิดประโยชน์เพราะนำ ไปประยุกต์ใช้ได้ยาก					
32.	สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับพืช ชนิดอื่น ๆ ได้					
33.	อยากนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่ให้กับพ่อแม่ และทุกคนในท้องถิ่น					
34.	ไม่อยากให้มีการทดลอง เพราะเสีย เวลาในเรียนเนื้อหาทฤษฎี					
35.	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเหมาะ สำหรับใช้ในการเรียนการสอนยุคปัจจุบัน					

ภาคผนวก ฉ

เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการทดลอง

เกณฑ์การให้คะแนนแบบรายงานผลขณะปฏิบัติการทดลอง

เกณฑ์การให้คะแนน
แบบสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการทดลอง (เป็นกลุ่ม)

1. การใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สามารถเลือกและใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์
 ดำเนินการทดลองได้อย่างถูกต้อง ทำความสะอาดและเก็บรักษาอุปกรณ์ได้อย่างปลอดภัย

- 4 คะแนน สามารถปฏิบัติได้ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนดทั้งหมด
- 3 คะแนน สามารถปฏิบัติได้ถูกต้องตามเกณฑ์ ที่กำหนด 4 ใน 5
- 2 คะแนน สามารถปฏิบัติได้ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนด 3 ใน 5
- 1 คะแนน สามารถปฏิบัติได้ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนด 2 ใน 5
- 0 คะแนน สามารถปฏิบัติได้ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนด 1 ใน 5 หรือไม่สามารถปฏิบัติได้
 ถูกต้องตามเกณฑ์

2. การดำเนินการทดลอง

- 4 คะแนน สามารถปฏิบัติการทดลองแต่ละขั้นตอนได้ถูกต้องตามวิธีการทดลองโดยไม่ต้อง
 ให้คำแนะนำ
- 3 คะแนน สามารถปฏิบัติการทดลองแต่ละขั้นตอนได้ถูกต้องตามวิธีการทดลองแต่ต้องให้
 คำแนะนำบางส่วน
- 2 คะแนน สามารถปฏิบัติการทดลองแต่ละขั้นตอนได้ถูกต้องตามวิธีการทดลองแต่ต้องให้
 คำแนะนำค่อนข้างมาก
- 1 คะแนน สามารถปฏิบัติการทดลองแต่ละขั้นตอนได้ตามวิธีการทดลองแต่ต้องให้คำแนะนำ
 ทั้งหมด
- 0 คะแนน ไม่สามารถปฏิบัติการทดลองแต่ละขั้นตอนได้ตามวิธีการทดลอง

3. ความคล่องแคล่ว ความมีระเบียบ

- 4 คะแนน มีความคล่องแคล่ว มีความเป็นระเบียบสามารถติดตั้งเครื่องมือและเก็บอุปกรณ์
 ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง ทำการทดลองเสร็จทันเวลา
- 3 คะแนน มีความคล่องแคล่ว มีความเป็นระเบียบสามารถติดตั้งเครื่องมือและเก็บอุปกรณ์
 ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง แต่ทำการทดลองเสร็จไม่ทันเวลา
- 2 คะแนน มีความคล่องแคล่ว มีความเป็นระเบียบในการทดลอง ทำการทดลองเสร็จทันเวลา
 แต่สามารถติดตั้งเครื่องมือและเก็บอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ไม่ถูกต้อง ต้องอาศัยคำชี้แนะ

1 คะแนน ไม่มีความคล่องแคล่ว ไม่มีความเป็นระเบียบต้องแนะนำวิธีการติดตั้งเครื่องมือและเก็บอุปกรณ์ต่าง ๆ ค่อนข้างมากแต่ทำการทดลองเสร็จทันเวลา

0 คะแนน ไม่มีความคล่องแคล่ว ไม่มีความเป็นระเบียบ ไม่สามารถติดตั้งเครื่องมือและเก็บอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ และทำการทดลองเสร็จไม่ทันเวลา

4. การแก้ปัญหา

4 คะแนน สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติการทดลองได้โดยไม่ต้องอาศัยคำชี้แนะ

3 คะแนน สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติการทดลองได้แต่ต้องอาศัยคำชี้แนะบ้าง

2 คะแนน สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติการทดลองได้แต่ต้องอาศัยคำชี้แนะค่อนข้างมาก

1 คะแนน สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติการทดลองได้พอใช้แต่ต้องอาศัยคำชี้แนะมาก

0 คะแนน ไม่สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติการทดลองได้

5. การนำเสนอ หมายถึง สามารถถ่ายทอดและสื่อสารเรื่องราวต่าง ๆ ให้นักเรียนเข้าใจได้อย่างถูกต้อง ชัดเจนตามกำหนดเวลา และมีความเชื่อมั่น

4 คะแนน สามารถปฏิบัติได้ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนดทั้งหมด

3 คะแนน สามารถปฏิบัติได้ถูกต้องตามเกณฑ์ ที่กำหนด บกพร่องเพียงบางส่วน

2 คะแนน สามารถปฏิบัติได้ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนด บกพร่องค่อนข้างมาก

1 คะแนน สามารถปฏิบัติได้ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนด บกพร่องมาก

0 คะแนน ไม่สามารถปฏิบัติได้ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนดทั้งหมด

เกณฑ์การให้คะแนน
แบบประเมินผลการรายงานผลการปฏิบัติการทดลอง (รายบุคคล)

1. จุดมุ่งหมาย

- 2 คะแนน ระบุสิ่งที่ต้องการศึกษาได้และชัดเจน
- 1 คะแนน ระบุสิ่งที่ต้องการศึกษาได้แต่ไม่ชัดเจน
- 0 คะแนน ไม่สามารถระบุสิ่งที่ต้องการศึกษาได้

2. สมมติฐานในการศึกษา

- 2 คะแนน สามารถให้คำอธิบายในการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลองได้ชัดเจน
- 1 คะแนน สามารถให้คำอธิบายในการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลองได้แต่ไม่ชัดเจน
- 0 คะแนน ไม่สามารถให้คำอธิบายในการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลองได้

3. ตัวแปรที่ศึกษา

- 2 คะแนน สามารถกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมได้ถูกต้อง
- 1 คะแนน สามารถกำหนดตัวแปรได้ถูกต้องบางตัวแปร
- 0 คะแนน ไม่สามารถกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมได้

4. กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

- 2 คะแนน สามารถกำหนดความหมาย ขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกันได้ถูกต้อง
- 1 คะแนน สามารถกำหนดความหมาย ขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกันได้ถูกต้องเพียงบางส่วน
- 0 คะแนน ไม่สามารถกำหนดความหมาย ขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกันได้

5. การบันทึกผลการทดลอง

- 2 คะแนน สามารถบันทึกผลการศึกษาตรงจุดประสงค์ที่ต้องการได้อย่างถูกต้องและละเอียด
- 1 คะแนน สามารถบันทึกผลการศึกษาตรงจุดประสงค์ที่ต้องการได้แต่ไม่ถูกต้องทั้งหมด
- 0 คะแนน ไม่สามารถบันทึกผลการศึกษาตรงจุดประสงค์ที่ต้องการได้

6. การสรุปผลการทดลอง

- 2 คะแนน สามารถสรุปผลให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับตัวแปรที่ศึกษาได้อย่างถูกต้อง
- 1 คะแนน สามารถสรุปผลให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับตัวแปรที่ศึกษาได้เพียงบางตัวแปร

0 คะแนน ไม่สามารถสรุปผลให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับตัวแปรที่ศึกษาได้

7. การอภิปรายผลการทดลอง

2 คะแนน สามารถชี้แจงเหตุผลสนับสนุนความสัมพันธ์ของข้อมูลกับตัวแปรที่ศึกษาได้ถูกต้อง

1 คะแนน สามารถชี้แจงเหตุผลสนับสนุนความสัมพันธ์ของข้อมูลกับตัวแปรที่ศึกษาได้เพียง

บางส่วน

0 คะแนน ไม่สามารถชี้แจงเหตุผลสนับสนุนความสัมพันธ์ของข้อมูลกับตัวแปรที่ศึกษาได้

8. แนวคิดในการนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์

2 คะแนน แนวคิดมีความแปลกใหม่แสดงให้เห็นถึงความคิดสร้างสรรค์และมีความเป็นไปได้

1 คะแนน แนวคิดคล้ายคลึงกับสิ่งที่กำหนดให้ศึกษา

0 คะแนน ไม่แสดงแนวคิด

9. แนวคิดในการนำความรู้เผยแพร่ต่อชุมชน

2 คะแนน แนวคิดเกิดประโยชน์ต่อชุมชนและสามารถนำไปใช้ได้จริง

1 คะแนน แนวคิดเกิดประโยชน์ต่อชุมชนแต่ไม่สามารถนำไปใช้ได้จริง

0 คะแนน แนวคิดไม่เกิดประโยชน์ต่อชุมชน

10. ความประณีต สะอาด เรียบร้อย

2 คะแนน ผลงานมีความประณีต สะอาด เรียบร้อยอยู่ในขั้นดีมาก

1 คะแนน ผลงานมีความประณีต สะอาด เรียบร้อยอยู่ในขั้นพอใช้

0 คะแนน ผลงานมีความประณีต สะอาด เรียบร้อยอยู่ในขั้นควรปรับปรุง

ภาคผนวก ข

ค่าดัชนีความสอดคล้องและการหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

ตาราง 13 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

บท ปฏิบัติ การที่	ผู้เชี่ยวชาญ							IC
	1	2	3	4	5	6	7	
1	0.96	0.92	0.52	0.60	0.96	1	1	0.85
2	0.96	0.96	0.84	0.56	0.96	1	1	0.89
3	0.92	0.92	0.92	0.56	0.92	1	1	0.88
4	0.92	0.92	0.28	0.64	0.92	1	1	0.80
5	0.96	0.96	0.20	0.74	0.96	1	1	0.83

ตาราง 14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบทดสอบภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

พฤติกรรม	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ							IC
		1	2	3	4	5	6	7	
ด้านความเข้าใจ	1	1	1	0.64	0.82	0.91	1	1	0.91
	2	1	1	0.73	0.82	0.73	1	1	0.89
ด้านการนำไปใช้	3	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	1	1	0.55	0.91	0.91	1	1	0.91
ด้านการวิเคราะห์	5	1	1	0.82	0.91	1	1	1	0.96
	6	1	1	0.45	0.73	0.82	1	1	0.86
	7	1	1	1	1	1	1	1	1

ตาราง 15 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของเกณฑ์การสังเกตพฤติกรรมขณะทดลอง (เป็นกลุ่ม)

เกณฑ์ข้อ ที่	ผู้เชี่ยวชาญ							IC
	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1

ตาราง 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของเกณฑ์การรายงานผลการปฏิบัติการทดลอง (รายบุคคล)

เกณฑ์ข้อ ที่	ผู้เชี่ยวชาญ							IC
	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1

ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของกิจกรรมสอวัดทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์ข้อ ที่	ผู้เชี่ยวชาญ							IC
	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	1	0.67	0.67	0.33	1	1	0.81
2	1	1	0.67	0.67	0.33	1	1	0.81
3	1	1	0.67	0.67	0.33	1	1	0.81

ตาราง 18 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ							รวม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	การแปลผล
	1	2	3	4	5	6	7				
1	4	5	4	4	4	4	4	29	4.14	.38	ใช้ได้
2	4	5	5	4	5	4	4	31	4.43	.53	ใช้ได้
3	5	5	5	3	5	5	5	33	4.71	.76	ใช้ได้
4	5	5	3	3	5	5	5	31	4.43	.98	ใช้ได้
5	5	5	3	5	5	5	5	33	4.71	.76	ใช้ได้
6	5	5	2	5	5	5	5	32	4.57	.79	ใช้ได้
7	5	5	4	3	5	5	5	32	4.57	.79	ใช้ได้
8	5	5	4	5	5	5	5	34	4.86	.38	ใช้ได้
9	5	5	4	3	5	5	5	32	4.57	.79	ใช้ได้
10	5	5	4	5	5	5	5	34	4.86	.38	ใช้ได้
11	5	5	4	5	5	5	5	34	4.86	.38	ใช้ได้
12	5	4	3	5	5	5	5	32	4.57	.79	ใช้ได้
13	5	5	4	5	5	5	5	34	4.86	.38	ใช้ได้
14	5	5	4	5	5	5	5	34	4.86	.38	ใช้ได้
15	5	5	4	4	5	5	5	33	4.71	.49	ใช้ได้
16	5	5	4	4	5	5	5	33	4.71	.49	ใช้ได้
17	5	5	4	5	5	5	5	34	4.86	.38	ใช้ได้
18	5	5	4	5	5	5	5	34	4.86	.38	ใช้ได้
19	5	5	4	4	5	5	5	33	4.71	.49	ใช้ได้
20	5	5	3	4	5	5	5	32	4.57	.79	ใช้ได้
21	5	4	4	4	5	5	5	32	4.57	.53	ใช้ได้
22	5	5	4	4	5	5	5	33	4.71	.49	ใช้ได้
23	5	5	3	5	5	5	5	33	4.71	.76	ใช้ได้
24	5	5	3	5	5	5	5	33	4.71	.76	ใช้ได้
25	5	5	4	4	5	5	5	33	4.71	.49	ใช้ได้
26	5	5	4	3	5	5	5	32	4.57	.79	ใช้ได้
27	5	5	4	5	5	5	5	34	4.86	.38	ใช้ได้
28	3	5	3	5	5	4	4	29	4.14	.90	ใช้ได้
29	5	5	4	4	4	5	4	32	4.57	.53	ใช้ได้
30	3	5	4	5	5	5	3	30	4.29	.95	ใช้ได้
31	3	5	3	4	5	5	4	29	4.14	.90	ใช้ได้
32	5	5	4	3	5	5	4	31	4.43	.79	ใช้ได้
33	5	5	4	4	5	5	4	32	4.57	.53	ใช้ได้
34	3	5	3	5	5	5	4	30	4.29	.95	ใช้ได้
35	4	5	4	5	5	5	4	32	4.57	.53	ใช้ได้

ตาราง 20 แสดงค่าความยาก – ง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบภาค
ความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ข้อสอบข้อที่	คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย	S.D.	ความยาก – ง่าย (diff)	อำนาจจำแนก (disc)
1	66	3.67	.77	0.35	0.30
2	64	3.56	.78	0.56	0.20
3	73	4.06	.73	0.78	0.45
4	58	3.22	1.22	0.48	0.55
5	59	3.28	.89	0.40	0.30
6	73	4.06	.73	0.50	0.60
7	81	4.50	.51	0.40	0.80

ตาราง 21 แสดงค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมินในการสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการทดลอง (เป็นกลุ่ม)

กลุ่ม ที่	ผู้ประเมินคนที่ 1 (X)					ผู้ประเมินคนที่ 2 (Y)					X	X ²	Y	Y ²
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5				
1	3	3	4	2	4	3	3	4	2	3	16	256	15	225
2	3	3	4	2	4	3	3	4	2	3	16	256	15	225
3	3	4	4	3	4	4	3	4	3	4	18	324	18	324
4	3	3	4	3	4	3	3	4	2	4	17	289	16	256
5	3	3	4	2	4	3	3	4	3	4	16	256	17	289
6	3	4	4	3	4	4	3	4	3	4	18	324	18	324

ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน = 0.81

ภาคผนวก ข

คะแนนของนักเรียนขณะเรียนและหลังเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตาราง 23 คะแนนคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (80 ตัวแรก)

คนที่	บทปฏิบัติการที่				รวม (40)
	1 (10)	2 (10)	3 (10)	4 (10)	
1	8	8	8	8	32
2	7	8	7	8	30
3	8	7	8	8	31
4	7	7	7	8	29
5	7	7	7	8	29
6	8	7	9	9	33
7	8	7	7	9	31
8	8	10	9	9	36
9	8	9	8	9	34
10	8	8	7	9	34
11	7	7	8	9	31
12	7	7	8	8	30
13	7	7	8	8	30
14	7	10	8	10	36
15	7	7	8	8	30
16	7	8	8	9	33
17	7	8	8	8	31
18	7	7	8	8	30
19	10	8	9	9	36
20	7	8	7	8	30
21	8	7	7	9	31
22	8	8	7	9	32
23	8	8	9	9	34
24	8	8	8	9	33
25	7	8	8	9	32
26	8	8	8	8	32
27	8	7	8	8	31
28	7	8	8	8	31
29	7	8	8	8	31
30	8	8	8	9	33
31	8	8	8	8	32
32	7	8	8	8	31
33	8	8	8	7	31
34	7	8	7	7	28
35	8	8	8	8	32
36	7	8	7	7	29
37	8	8	8	8	32
38	8	8	8	8	32
39	8	8	8	8	32
40	8	8	8	8	32
41	7	8	7	8	30
42	8	8	8	9	33
43	8	8	8	8	32
44	7	8	7	8	30
45	8	8	8	9	33
รวม	342	358	356	375	1,425
เฉลี่ย	7.6	7.95	7.91	8.33	31.67
ร้อยละ	76	79.5	79.1	83.3	79.16

ตาราง 24 คะแนนคำถามภาคความรู้ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (80 ตัวหลัง)

คนที่	คะแนน (35)
1	31
2	29
3	30
4	28
5	25
6	29
7	31
8	31
9	31
10	29
11	29
12	27
13	26
14	29
15	30
16	29
17	29
18	27
19	27
20	29
21	29
22	29
23	29
24	31
25	29
26	30
27	25
28	28
29	30
30	30
31	27
32	31
33	30
34	28
35	29
36	25
37	29
38	30
39	30
40	29
41	29
42	29
43	31
44	28
45	31
รวม	1,304
เฉลี่ย	28.98
ร้อยละ	82.79

ตาราง 25 คะแนนทักษะปฏิบัติการทดลองระหว่างเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (เป็นกลุ่ม)

กลุ่มที่	บทปฏิบัติการที่				รวม (80)
	1 (20)	2 (20)	3 (20)	4 (20)	
1 (5 คน)	82.5	92.5	100	90	365
2 (5 คน)	75	87.5	90	87.5	340
3 (5 คน)	67.5	82.5	87.5	82.5	320
4 (5 คน)	90	95	92.5	100	377.5
5 (5 คน)	82.5	95	95	95	367.5
6 (5 คน)	70	85	85	85	325
7 (5 คน)	77.5	85	87.5	90	340
8 (5 คน)	80	97.5	97.5	100	375
9 (5 คน)	82.5	85	85	82.5	335
รวม	707.5	805	820	812.5	3,145

ตาราง 26 คะแนนทักษะปฏิบัติการทดลอง (รายงานผล) ระหว่างเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (รายบุคคล)

คนที่	บทปฏิบัติการที่				รวม (80)
	1 (20)	2 (20)	3 (20)	4 (20)	
1	12	16	18	19	65
2	13	17	18	19	67
3	13	17	19	19	68
4	14	16	16	19	65
5	11	15	15	19	60
6	13	15	16	19	63
7	11	15	17	19	62
8	15	17	19	19	70
9	14	18	19	19	70
10	14	19	18	18	69
11	12	16	18	18	64
12	11	16	18	19	64
13	11	18	19	18	66
14	13	18	19	18	68
15	15	17	19	18	69
16	13	15	19	19	66
17	13	14	18	19	64
18	15	17	19	18	69
19	12	15	19	18	64
20	11	14	18	18	61
21	14	15	18	19	66
22	13	16	18	19	66
23	15	17	17	18	67
24	14	15	18	18	65
25	13	16	17	18	64
26	12	14	17	18	61
27	11	15	18	18	62
28	11	14	17	18	60
29	15	16	17	18	66
30	15	17	17	18	67
31	14	16	16	19	65
32	14	17	17	19	67
33	13	15	17	19	64
34	13	16	16	19	64
35	14	16	16	19	65
36	11	15	16	18	60
37	14	16	18	18	66
38	15	16	18	18	67
39	15	17	19	18	69
40	15	19	17	18	69
41	11	14	18	18	61
42	14	15	18	18	65
43	14	15	18	19	66
44	15	17	18	19	69
45	13	16	19	19	67
รวม	594	720	796	832	2,942

ตาราง 27 คะแนนทักษะปฏิบัติการทดลองระหว่างเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (เป็นกลุ่มและรายบุคคล)
80 ตัวแรก

คะแนนรวม	บทปฏิบัติการที่				รวม (160)
	1 (40)	2 (40)	3 (40)	4 (40)	
เป็นกลุ่ม	707.5	805	820	812.5	3,145
รายบุคคล	594	720	796	832	2,942
รวม	1301.5	1525	1616	1644.5	6,087
เฉลี่ย	28.92	33.88	35.91	36.54	135.27
ร้อยละ	72.30	84.72	89.78	91.36	84.54

ตาราง 28 คะแนนทักษะปฏิบัติการทดลองหลังจากเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (80 ตัวหลัง)

คนที่	คะแนนทักษะปฏิบัติ				รวม (31)
	ปฏิบัติ (16)		ทฤษฎี (15)		
	กิจกรรม 1 (8)	กิจกรรม 2 (8)	กิจกรรม 1 (8)	กิจกรรม 2 (7)	
1	7	7	7	6	27
2	7	8	8	5	28
3	7	6	7	6	26
4	6	7	8	6	27
5	7	7.5	8	6	28.5
6	7	7	6	7	27
7	7	7	8	6	28
8	6.5	8	8	6	28.5
9	7	8	7	5	27
10	6.5	8	8	5	27.5
11	7	8	6	7	28
12	6	7.5	8	7	28.5
13	6	7	8	6	27
14	7	6.5	8	6	27.5
15	7	6	7	5	25
16	6	7	6	7	26
17	6	7	7	6	26
18	7	6	6	6	25
19	7	7	6	6	26
20	8	8	6	5	27
21	6	7	6	6	25
22	7	7	8	5	27
23	7	8	8	6	28
24	6	7	6	5	25
25	7	7	6	6	26
26	7	7	6	7	27
27	7	7	6	7	27
28	6	7	7	6	26
29	7	6	7	7	27
30	8	6.5	8	6	28.5
31	6.5	7	8	6	27.5
32	6.5	7	8	7	28.5
33	7	6	7	7	27
34	7	6.5	8	7	28.5
35	7	7	7	6	26
36	7	7	6	6	26
37	6	6	7	6	25
38	7.5	7	6	7	27.5
39	7	6	7	7	27
40	6.5	7	7	5	25.5
41	6	7	7	6	26
42	7	6	7	7	27
43	8	7	8	5	28
44	6	7	6	7	26
45	7	7	6	7	27
รวมเฉลี่ยร้อยละ	1,209.5 26.88 86.7				

ตาราง 29 คะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คนที่	คะแนน (175)	ร้อยละ
1	159	90.86
2	152	86.86
3	154	88.00
4	160	91.43
5	157	89.71
6	154	88.00
7	160	91.43
8	157	89.71
9	154	88.00
10	143	81.71
11	152	86.86
12	153	87.43
13	151	86.29
14	165	94.29
15	158	90.28
16	152	86.86
17	142	81.14
18	152	86.86
19	155	88.57
20	154	88.00
21	149	85.14
22	165	94.29
23	150	85.71
24	158	90.28
25	159	90.86
26	145	82.86
27	155	88.57
28	150	85.71
29	142	81.14
30	157	89.71
31	145	82.86
32	146	83.43
33	155	88.57
34	150	85.71
35	160	91.43
36	153	87.43
37	157	89.71
38	157	89.71
39	150	85.71
40	154	88.00
41	149	85.14
42	153	87.43
43	149	85.14
44	150	85.71
45	149	85.14
นักเรียนที่ได้คะแนน ร้อยละ 85 ขึ้นไป มีจำนวน 39 คน		

ภาคผนวก ฅ
ผลงานนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่องการหมักแอลกอฮอล์จากอ้อย

วันเดือนปี	A มี.ย 45	กลุ่มที่	1.
ผู้ทดลอง	1. น.ส. กนกวรรณ ด้วงทอง	ชั้น ๕/๒ เลขที่ 13	หน้าที่ หน้าปก
	2. น.ส. อรุณดา กุลวาศ	ชั้น ๕-5/๒ เลขที่ 41	หน้าที่ รองหน้า
	3. น.ส. อธิษฐาน อนุชิต	ชั้น ๕-5/๒ เลขที่ 36	หน้าที่ เลข ๑
	4. น.ส. อภัยพร นาคบุตร	ชั้น ๕-5/๒ เลขที่ 40	หน้าที่ เลข ๒
	5. น.ส. เกศธิดา วณิช	ชั้น ๕-5/๒ เลขที่ 35	หน้าที่ เลข ๓

ปัญหา ถ้านักเรียนต้องการทราบว่าความหวานของน้ำตาลมีผลต่อกระบวนการหมักแอลกอฮอล์หรือไม่ ?

นักเรียนจะดำเนินการทดลองเพื่อหาคำตอบอย่างไร ?

จุดประสงค์การทดลอง..... ต้องการตรวจสอบความหวานของน้ำตาลที่มีผลต่อการหมักแอลกอฮอล์

สมมติฐาน ความหวานของน้ำตาล 18% / 23% มีผลต่อการหมักแอลกอฮอล์
ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ปริมาณความหวานของน้ำตาล 9 ค่า 18% / 23%

ตัวแปรตาม แอลกอฮอล์ได้จากการหมัก 7 วัน

ตัวแปรควบคุม ใส่ไข่ น้ำอ้อย ปริมาณน้ำอ้อย เวลาในการหมัก ชนิดของยีสต์ ๑๖ ชั่วโมง

นิยามเชิงปฏิบัติการ

- ปริมาณความหวานของน้ำตาล ทดสอบ ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในน้ำอ้อยที่ได้จากเครื่อง
จักรน้ำตาล - การเกิดแอลกอฮอล์ จากการหมักได้หมักไว้ 7 วัน มีกลิ่นคล้ายเบียร์

ผลการทดลอง

ปริมาณ น้ำตาล	ก่อนการหมัก				หมักทิ้งไว้ 7 วัน			
	ค่า PH	ปริมาณ น้ำตาล	% แอลกอฮอล์	กลิ่น	ค่า PH	ปริมาณ น้ำตาล	% แอลกอฮอล์	กลิ่น
ความเข้มข้น น้ำตาล (18% / 23%)	3	18%	-	กลิ่น น้ำอ้อย	3	4	5	กลิ่น เบียร์
ไม่มีความเข้มข้น น้ำตาล (18% / 23%)	3	23%	-	กลิ่น น้ำอ้อย	3	15	ไม่ทราบ	กลิ่น เบียร์

สรุปผลการทดลอง

น้ำอ้อยที่ปริมาตร 18% เมื่อหมักด้วย 7 วัน จะให้ปริมาณแอลกอฮอล์ได้ 5%
 แต่ในน้ำอ้อยที่มีปริมาณน้ำตาล 22% เมื่อหมักด้วย 7 วัน จะให้ปริมาณแอลกอฮอล์
 แอลกอฮอล์ได้ ดังนั้นจึงเห็นว่าน้ำอ้อย 18% นึกว่าเหมาะสมกว่าปริมาณน้ำตาล
 22% นึกว่า

อภิปรายผลการทดลอง

ในการที่น้ำอ้อยที่ปริมาตรน้ำตาล 22% ไม่สามารถให้ปริมาณแอลกอฮอล์
 ได้ ก็เพราะว่า ในน้ำอ้อยที่มีปริมาณน้ำตาลมากเกินไป และถ้าระยะเวลา
 ในการหมักนั้นน้อยเกินไป

แนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์

- จำเป็นต้องมีสื่อ
- หมดอาหารสัตว์
- ค่าใช้จ่ายหมัก
- ใช้ปริมาณความหวานที่น้อยกว่า 18% นึกว่าเหมาะสมหรือไม

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน

แนะนำวิธีการทำใหม่ ต้องทำสะอาดทุกขั้นตอน
 ขอบเขตการทำน้อยกว่า 2.5 ลิตร วันคนที่มีสุขภาพดี
 น้ำไปดื่มผลิตดื่ม 1 ลิตร 1 ลิตรดื่ม

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องการกลั่นแอลกอฮอล์

วันเดือนปี 12/มิ.ย/45. กลุ่มที่ 8.

ผู้ทดลอง 1. น.ส. อุดภาว. ศรีบุญเหลือ ชั้น 5/2 เลขที่ 15. หน้าที่ ๖๖หน้ากลุ่ม

2. น.ส. สุวิธณี. ศิววรรณะ ชั้น 5/2 เลขที่ 19. หน้าที่ ๖๖หน้า

3. น.ส. จาตุรณ. นงนุช. ชั้น 5/2 เลขที่ 21. หน้าที่ ๖๖หน้า

4. น.ส. อภาภพร. นนทผล ชั้น 5/2 เลขที่ ๒๗. หน้าที่ ๖๖หน้า

5. น.ส. อัมมิตรา. อิววิธิตา ชั้น 5/2 เลขที่ ๒๒. หน้าที่ ๖๖หน้า

ปัญหา ถ้านักเรียนต้องการทราบว่าความสูงของหลอดแก้วมีผลต่อกระบวนการกลั่นหรือไม่ ? นักเรียนจะดำเนินการทดลองเพื่อหาคำตอบอย่างไร ?

จุดประสงค์การทดลอง.....เพื่อศึกษากระบวนการจั่นน้ำในส่วนต่างๆ

สมมติฐาน: ความสุขทางจิตวิญญาณเกี่ยวข้องกับพฤติกรรม

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ความยาวของท่อแก้ว

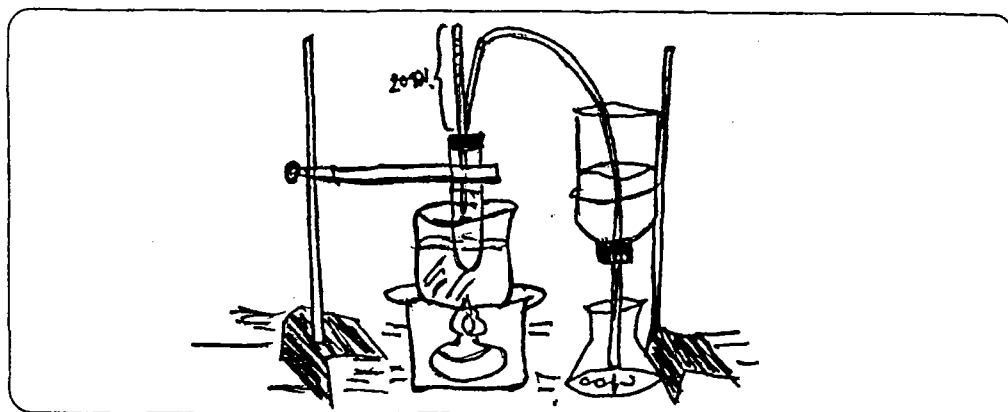
ตัวแปรตาม... ปริมาณอาหารที่กินได้

ตัวแปรควบคุม ปริมาณน้ำในบึงหลวง ปริมาณน้ำในบึงหลวง ปริมาณน้ำในบึงหลวง ปริมาณน้ำในบึงหลวง

นิยามเชิงปฏิบัติการ

- คำนวณหาองศาออกแนวทแยงหรือ ออกแนวที่วัดตามยาวต่อ 5, 10, 15, 25.
- ปริมาณการสูบลำต้นน้ำได้ ทแยงผิว. หาเวลาที่ใส่ค่าจากถังน้ำดิบส่วนน้อยว่าทย

แสดงภาพวาดประกอบเครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย พร้อมทั้งอธิบายประกอบภาพ



การให้ค่าทรัพย์สินแก่สาธารณชนนั้นถือได้ว่าเป็นโอกาสและเป็นโอกาสเดียวที่จะ
ผ่านในสถานการณ์ของการขอซื้อทรัพย์สินจากเอกชน (โอน) ความเห็นดังกล่าวเป็น
ข้อเท็จจริง (ข้อเท็จจริง)

ผลการทดลอง

ความยาวหลอด เมตร (cm)	ผลการวัดค่า				
	ค่า pH	สี	กลิ่น	อุณหภูมิ (°C)	กรดไฟ
0 cm	6	ใส	แอลกอฮอล์	85	ดีด
5 cm	6	ใส	แอลกอฮอล์	85	ดีด
10 cm	6	ใส	แอลกอฮอล์	85	ดีด
15 cm	-	-	-	-	-
20 cm	-	-	-	-	-
25 cm	-	-	-	-	-

สรุปผลการทดลอง

หลอดแก้วที่มีความยาว 0.5 และ 10 ซม. สามารถกลั่นแอลกอฮอล์ออกมาได้ แต่ในการทดลองนี้ไม่สามารถกลั่นแอลกอฮอล์

อภิปรายผลการทดลอง

สาเหตุที่หลอดแก้วที่มีความยาว 0.5 และ 10 ซม. ไม่สามารถกลั่นแอลกอฮอล์ออกมาได้ เนื่องจาก

- ปริมาณความร้อนไม่เพียงพอ
- อุปกรณ์ทอxygen เช่น ลูกยาง ไม่เหมาะสม จึงลด

แนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์

- ทิศทางอะตอมที่เคลื่อนที่
- กลิ่น (หรือ) ไม่กลิ่นอื่น

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน

- บอกวิธีทำที่สะอาด และ ปลอดภัยในการนำไปใช้

1/23
26/6/43

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องการทดสอบสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์ :

ตอนที่ 1 ทดสอบความเป็นกรด - เบส และการติดไฟ

วันเดือนปี 17/6/45 กลุ่มที่ 5

ผู้ทดลอง 1. น.ส. อรุณรัตน์ ยุทธสิทธิ์ ชั้น พ.5/2 เลขที่ 13 หน้าที่ หัวหน้ากลุ่ม
 2. น.ส. อรุณรัตน์ กิตติวงศ์ชัย ชั้น พ.5/2 เลขที่ 20 หน้าที่ รองหัวหน้า
 3. น.ส. กานต์ธิดา อุนดะพันธ์ ชั้น พ.5/2 เลขที่ 14 หน้าที่ เลขานุการ
 4. น.ส. นันทา ยอดนาค ชั้น พ.5/2 เลขที่ 16 หน้าที่ เลขานุการ
 5. น.ส. ทิพย์ตา บุญสูงเนิน ชั้น พ.5/2 เลขที่ 17 หน้าที่ เลขานุการ

ปัญหา ถ้านักเรียนต้องการทราบว่าสารที่นักเรียนกลั่นได้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้หรือไม่ ? นักเรียนจะดำเนินการทดลองเพื่อหาคำตอบอย่างไร ?

จุดประสงค์การทดลอง เพื่อทดสอบการติดไฟของสารที่กลั่นได้

สมมติฐาน สารที่กลั่นได้เป็นเชื้อเพลิงได้ เมื่อจุดไฟติดไฟ

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น สารที่กลั่นได้และแอลกอฮอล์ทั้ง 3 ชนิด

ตัวแปรตาม การติดไฟ

ตัวแปรควบคุม ปริมาณของแอลกอฮอล์ 5 หยด

นิยามเชิงปฏิบัติการ

การติดไฟ หมายถึง การทำให้น้ำเกิดความร้อนและเปลวไฟโดยไฟที่ติดไฟอยู่
 สารที่กลั่นได้ หมายถึง ของเหลวที่ได้ออกจากการกลั่นตัวก่อนทำการปฏิบัติการ

ผลการทดลอง

ชนิดของแอลกอฮอล์	ทดสอบสมบัติ	
	การติดไฟ	กรด-เบส
1. แอลกอฮอล์ (จากการกลั่นตัว)	ติดไฟ และเกิดควัน	ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส
2. เอทานอล	ติดไฟ ไม่เปลี่ยนสี	ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส
3. เมทานอล	ติดไฟ ไม่เปลี่ยนสี	ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส
4. โพรพานอล	ติดไฟ ไม่เปลี่ยนสี	ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส

สรุปผลการทดลอง

ผลคอกอช่อที่ไว้จากการกลั่นกำลังนั้น สามารถให้เส้นเชื้อเพลิงได้ดี
เท่ากับคอกอช่อชนิดอื่นๆ แต่ต้องทำการกลั่นในอัตราค่านี้เนื่องจากค่า
สีปรีทกาน้ำไม่หยุดท้าย

อภิปรายผลการทดลอง

แนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์

ทำเชื้อเพลิงจากพืชชนิดอื่นๆ ทำโหล ทำเมล็ด

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน

แนะนำวิธีการทำเชื้อเพลิงให้ได้ดี

ด.ช.
ก/บ/ก
ด.ช.

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องการทดสอบสมบัติพื้นฐานของแอลกอฮอล์ :

ตอนที่ 2 ทดสอบความร้อน เชื้อมา และกลั่น

วันเดือนปี 1916/45 กล่มที่ 5

ผู้ทดลอง 1. นายสรารักษ์ ยลธัญญ์ ชั้น 5/2 เลขที่ 23 หน้าที่ หน้าปก

2. น.ส. ปัทมา ยอดนาค ชั้น 5/2 เลขที่ 16 หน้าที่ เลขที่ 1

3. น.ส. ทิพย์ดา บุญสูงเนิน ชั้น 5/2 เลขที่ 17 หน้าที่ เลขที่ 2

4. น.ส. ศุภิกา หักกรณ ชั้น 5/2 เลขที่ 18 หน้าที่ เลขที่ 3

5. น.ส. อรุณรัตน์ หักกรณ ชั้น 5/2 เลขที่ 20 หน้าที่ เลขที่ 4

ปัญหา ถ้าต้องการทราบว่า แอลกอฮอล์ที่นักเรียนผลิตขึ้นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับแอลกอฮอล์ชนิดอื่นที่ผลิตในระบบอุตสาหกรรมหรือไม่ ? นักเรียนจะดำเนินการทดลองเพื่อหาคำตอบอย่างไร ?

จุดประสงค์การทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแอลกอฮอล์ที่ผลิตขึ้น

สมมติฐาน ถ้าประสิทธิภาพใกล้เคียงกับแอลกอฮอล์ชนิดอื่น ๆ

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น แอลกอฮอล์ที่ผลิตขึ้น

ตัวแปรตาม อุณหภูมิของน้ำที่ต้มขึ้นกับปริมาณแอลกอฮอล์ที่ลดลง

ตัวแปรควบคุม ปริมาณน้ำ ปริมาณแอลกอฮอล์ เวลา สภาพแวดล้อม

นิยามเชิงปฏิบัติการ

แอลกอฮอล์ที่ผลิตขึ้น แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นตัวต้นต้น

ประสิทธิภาพของแอลกอฮอล์ หมายถึง ความสามารถในการต้มต้มน้ำให้เดือดได้เร็ว
ของอุณหภูมิที่ต้มขึ้นกับปริมาณแอลกอฮอล์ที่ลดลง

ผลการทดลอง

ชนิดของ	ผลการสังเกต		
แอลกอฮอล์	อุณหภูมิที่ต้มขึ้น	แอลกอฮอล์ที่ลดลง	ประสิทธิภาพของแอลกอฮอล์
1. แอลกอฮอล์จากการกลั่น	-	สูง 91	-
2. เอทานอล	70	6	420.
3. เมทานอล	62	8	496.
4. โพรพานอล	66	6	396.

ค่าความร้อนที่ปล่อยออก kcal

ผลรวม x 1,000

2 9

สรุปผลการทดลอง

แอลกอฮอล์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดได้แก่ เอทานอล เกล และ เอทานอล
ส่วนแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนไม่สามารถกลั่นให้ได้

อภิปรายผลการทดลอง

แอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนไม่สามารถกลั่นได้เพราะว่า
กระบวนการกลั่นให้เอทานอลในถังกลั่นอยู่

แนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์.....

ก่อนนำแอลกอฮอล์แต่ละชนิดมาผสมในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน.

เพื่อวัดว่า แอลกอฮอล์ที่ผสมสามารถให้เป็นน้ำแข็งจนได้หรือไม่แตกต่างกันหรือไม่

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน

นำไปเป็นบทเรียน สื่อ เพลง และ การ์ตูน

นำไปใช้ใส่เครื่องตัดหญ้า

done
27/6/25
A 2

รายงานผลการปฏิบัติการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องการผลิตแก๊สโซลีนใช้เอง

วันเดือนปี ๒๖ สิงหาคม ๒๕๖๕ กลุ่มที่ 5

ผู้ทดลอง 1. นายอัครเดช ๒. นายอัครเดช ๓. นายอัครเดช ๔. นายอัครเดช ๕. นายอัครเดช

1. นายอัครเดช ๒. นายอัครเดช ๓. นายอัครเดช ๔. นายอัครเดช ๕. นายอัครเดช

2. นายอัครเดช ๓. นายอัครเดช ๔. นายอัครเดช ๕. นายอัครเดช

3. นายอัครเดช ๔. นายอัครเดช ๕. นายอัครเดช

4. นายอัครเดช ๕. นายอัครเดช

5. นายอัครเดช

ปัญหา ถ้าต้องการทดสอบว่าแก๊สโซลีนที่นักเรียนผลิตขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้หรือไม่ ?

นักเรียนจะดำเนินการทดลองอย่างไร ? เพื่อตอบคำถามดังกล่าว

จุดประสงค์การทดลอง เพื่อทดสอบว่าแก๊สโซลีนที่ผลิตขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้หรือไม่

สมมติฐาน แก๊สโซลีนที่ผลิตขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้หรือไม่

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น แก๊สโซลีน

ตัวแปรตาม ปริมาณของแก๊สโซลีนที่ผลิตขึ้น

ตัวแปรควบคุม ปริมาณของแก๊สโซลีนที่ผลิตขึ้น

นิยามเชิงปฏิบัติการ

แก๊สโซลีนคือ แก๊สที่ผลิตขึ้นจากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ

ผลการทดลอง

ชนิดของน้ำมัน	น้ำมันที่ได้
1. น้ำมันเบนซิน	ขึ้น
2. แก๊สโซลีนของ	ขึ้น
3. แก๊สโซลีนของ	ขึ้น
4. น้ำมัน	ขึ้น

ข้อคิดเห็นของบุคคลต่าง ๆ ในการทดสอบประสิทธิภาพของแก๊สโซฮอล์ในเครื่องยนต์ของเครื่องตัดหญ้า

1. นักเรียนที่ทดลองใช้เครื่องตัดหญ้าที่ใช้แก๊สโซฮอล์ที่นักเรียนผลิตขึ้น, น้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยเป็นเชื้อเพลิง

รบกวนขอทราบผลการทดลองได้บ้างไหมครับ เครื่องใช้ประเภท
เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน ผล = แก๊สโซฮอล์ของ อ. ท. ส่วน แก๊สโซฮอล์ที่
ผลิตขึ้น เครื่องติดต่อกันทำงาน แต่ก็สามารถใช้ได้

2. นักเรียนที่สังเกตผลการใช้เครื่องตัดหญ้าที่ใช้แก๊สโซฮอล์ที่นักเรียนผลิตขึ้น, น้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยเป็นเชื้อเพลิง

รบกวนขอทราบผลการทดลองได้ไหมครับ เครื่องใช้ประเภท
เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน ผล = แก๊สโซฮอล์ของ อ. ท. ส่วน แก๊สโซฮอล์ที่
ผลิตขึ้น เครื่องติดต่อกันทำงาน แต่ก็สามารถใช้ได้

3. ครู - อาจารย์ที่ควบคุมการใช้เครื่องตัดหญ้าที่ใช้แก๊สโซฮอล์ที่นักเรียนผลิตขึ้น, น้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอล์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยเป็นเชื้อเพลิง

รบกวนขอทราบผลการทดลองได้บ้างไหมครับ เครื่องใช้ประเภท
เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน ผล = แก๊สโซฮอล์ของ อ. ท. ส่วน แก๊สโซฮอล์ที่ผลิตขึ้น
เครื่องติดต่อกันทำงาน แต่ก็สามารถใช้ได้

สรุปผลการทดลอง

แก๊สโซฮอล์ที่ผลิตขึ้นใช้ได้ใกล้เคียงกับ น้ำมันเบนซิน ผล = แก๊ส
โซฮอล์ของ อ. ท. แต่เครื่องใช้ติดต่อกันทำงาน

อภิปรายผลการทดลอง !

แบตเตอรี่ไฮดรอกซิดที่มีประสิทธิภาพสูง ทำจากวัสดุไฮดรอกไซด์จากธรรมชาติ ของกรมการคลัง
ให้ดีขึ้น. ดังนั้นควรปรับปรุงประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ให้ดีขึ้น

แนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์

- ใช้ไฮดรอกไซด์ของธาตุเหล็กและธาตุอื่น ๆ เพื่อผลิต
- ทำอัตราส่วนของแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพสูงจากวัสดุให้ดีขึ้น

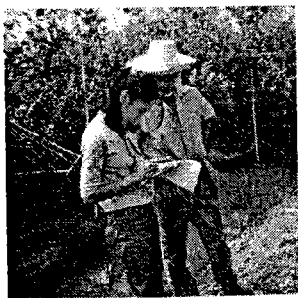
วัสดุจากธรรมชาติ

แนวคิดในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชน

รวมของใช้ที่ใช้ แบตเตอรี่ไฮดรอกไซด์ เพื่อผลิต
ธาตุจากธรรมชาติ และใช้เพื่อประโยชน์ของชุมชน

๒๒/๖/๒๕๖๓

ภาคผนวก ญ
ประมวลภาพในการวิจัย



สำรวจข้อมูลพื้นฐาน



ทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์



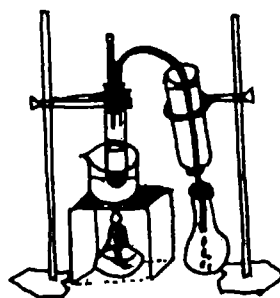
ทดลองใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์



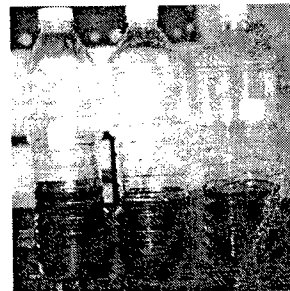
ทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง



น้ำหมัก



เครื่องกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย



แก๊สโซลล์

ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวกานต์วี ใจงาม
 วันเดือนปีเกิด 25 พฤษภาคม 2517
 สถานที่เกิด อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี
 สถานที่ปัจจุบัน 37 หมู่ 6 ตำบลหนองโ้อง อำเภออุทุมพร จังหวัดสุพรรณบุรี 72160
 ตำแหน่งหน้าที่การงาน อาจารย์ 1 ระดับ 4
 สถานที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนบ้านดอนตำลึง ตำบลบ่อสุพรรณ อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี 72190

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2530	ประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนวัดโคกสำโรง อำเภออุทุมพร
พ.ศ. 2533	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนอุทุมพร อำเภออุทุมพร
พ.ศ. 2536	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนอุทุมพร อำเภออุทุมพร
พ.ศ. 2540	ค.บ. (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) จากสถาบันราชภัฏนครปฐม
พ.ศ. 2545	กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ