

การพัฒนาทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

สารนิพนธ์
ของ
นางสาวธนวรรณ โสมน้อย

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา : การสอนสิ่งแวดล้อม

พฤษภาคม 2548

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

บทคัดย่อ
ของ
นางสาวธนวรรณ โสมน้อย

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา : การสอนสิ่งแวดล้อม
พฤษภาคม 2548

ธนวรรณ โสมน้อย. (2548). การพัฒนาทบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา : การสอนสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ : รองศาสตราจารย์สุมาลี เหลืองสกุล.

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย 3 ประการคือ 1) เพื่อทดลองใช้จุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียในน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมและโรงฆ่าหมูย่อยสลายสีย้อมผ้า และนำผลที่ได้ 2) เพื่อพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จากผลการทดลองและ 3) เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ดำเนินการ 3 ขั้นตอน คือ

- 1) การทดลองการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- 2) การพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 บทปฏิบัติการ ได้แก่ 1. เรื่อง การศึกษาชนิดและสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ 2. เรื่อง การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการถ่ายเชื้อโดยเทคนิคปลอดเชื้อ 3. เรื่อง การย้อมสีแบคทีเรียแบบแกรมและการแยกเชื้อแบคทีเรียให้บริสุทธิ์ 4. เรื่อง การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าของจุลินทรีย์บนอาหารแข็งและในอาหารเหลว 5. เรื่อง การตรวจผลและการสรุปผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4

- 3) นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ในการทดลองสอนให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) กรุงเทพมหานคร จำนวน 10 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ขณะเรียนทุกบทและเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังจากเรียนจบทุกบท

ผลการศึกษาค้นคว้า ปรากฏดังนี้

- 1) ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นไปตามทฤษฎีที่ได้ศึกษาค้นคว้าและสามารถนำไปพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ได้
- 2) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 บท มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
- 3) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ใช้ทดลองสอนได้ผลดี กล่าวคือ
 - 3.1 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
 - 3.2 นักเรียนมีทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 80
 - 3.3 นักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การอยู่ในระดับดี

THE DEVELOPMENT OF LABORATORY DIRECTIONS
FOR MATHAYOM
SUKSA STUDENTS ENTITLED "MICROORGANISMS FOR
DECOLORATION
OF TEXTILE DYES"

AN ABSTRACT
BY
MISS THANAWAN SOAMNOI

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Secondary Education : Teaching
Environment
at Srinakharinwirot University
May 2005

Thanawan Soamnoi. (2005). *The Development of Laboratory Directions for Mathayom suksa Students Entitled "Microorganisms for Decoloration of Textile Dyes."* Master's project, M.Ed. (Secondary Education : Teaching Environment). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University.

Project Advisor : Assoc. Prof. Sumalee Leungsakul.

The purposes of the study were threefold : 1) to experiment using microorganisms bacteria in dyehouse effluent and slaughterhouse for hogs effluent for decoloration of textile dyes and this results were used to, 2) to develop school science laboratory directions for mathayomsuksa students entitled "Microorganisms for Decoloration of Textile dyes", and 3) to examine science process skills, science practical skills and attitudes toward science laboratory directions earned by the students after exposed to the developed directions.

The study was achieved through three steps : 1) conducting laboratory experiments using microorganisms for decoloration of textile dyes, 2) developing five school science laboratory directions on "Microorganisms for Decoloration of Textile Dyes" ; namely, a) Investigation of Microbes and Their Morphology by Microscopy, b) Preparation Culture Media and Transfer of Pure Culture by Sterilize Techniques, c) Gram Methods of Bacteria Staining and Bacteria Isolating for Pure Culture, d) Test of Microorganism for Decoloration of Textile Dyes on Dyes Mix Agar 1.5% and in Dyes Mix Water, and e) Inspection and Conclusion Experiments of Science Laboratory Directions 4 and 3) instructionally experimenting with ten sample students of Srinakharinwirot Univerisity; Prasarnmit Demonstation School (Secondary) in Bangkok, to examine the science process skills, science practical skills and attitudes toward the developed laboratory directions.

The findings were as follows:

1) results of the experiments performed in science laboratory followed their underlying theories, and were conductive to developing school science laboratory directions.

2) the five school science laboratory directions developed were of high instructional quality.

3) instructional experimentation with students released positive results;

3.1 students' average post-test score on science process skills was higher than the pre-test.

3.2 students' earned science practical skills with 80 percent.

3.3 students' attitude towards the developed directions were at "the good" level.

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร และคณะกรรมการสอบ
ได้พิจารณาสารนิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

.....

(รองศาสตราจารย์สุมาลี เหลืองสกุล)

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย)

คณะกรรมการสอบ

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์สุมาลี เหลืองสกุล)

..... กรรมการสอบสารนิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย)

..... กรรมการสอบสารนิพนธ์

(อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน)

อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชาติ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2548

ประกาศคุณูปการ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์สุมาลี เหลืองสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา แนะนำ ให้ข้อคิดสำหรับการปรับปรุงสารนิพนธ์อย่างดียิ่งตลอดการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขจีนาฏ โพธิเวชกุล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อาจารย์ ดร.สุนันทา มั่นสมงคล โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินคุณภาพของเครื่องมือและคำแนะนำข้อคิดเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ยุวดี นาคะผดุงรัตน์ คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และ รองศาสตราจารย์ ดร.วีระวรรณ สิทธิกรกุล หัวหน้าภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่กรุณาอนุเคราะห์อนุญาตให้ใช้ห้องปฏิบัติการพร้อมทั้งอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นเพื่อการศึกษาในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ พุทธิยาสถาพร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระพงศ์ เกียรติสุนทร และคณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ให้มีอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นและกำลังใจช่วยสนับสนุนในการศึกษาในครั้งนี้มาด้วยดีตลอด

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการมัธยมศึกษา (กลุ่มการสอนสิ่งแวดล้อม) ทุกท่านที่ให้ความกรุณาอบรมสั่งสอน ให้คำแนะนำข้อคิดให้การสนับสนุนด้วยดีมาตลอดรวมทั้งพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ วิชาเอกมัธยมศึกษา กลุ่มการสอนสิ่งแวดล้อมรุ่นที่ 1 ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำการสนับสนุนและเป็นกำลังใจที่ดีทำให้การศึกษาในครั้งนี้ประสบความสำเร็จได้

ขอขอบพระคุณพี่สมบุญ แดงไทย พี่ทงศักดิ์ จักขุประเสริฐ พี่บุญรอด ชาดิยานนท์ คุณเฉลิม พุกพูน พี่พิชัย ศรีจันเหนือ พี่จินตนา อินทรารุช และคุณประกายรัตน์ กสิกรรม คุณธีระวัฒน์ กันธิวา คุณวรณัฐ ขามคำ และเพื่อนๆ พี่ๆ เจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือสนับสนุนด้วยดีในการศึกษาในครั้งนี้

ผู้ศึกษาขอน้อมรำลึกถึงพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ ผู้มีพระคุณอันเป็นที่เคารพรักสูงสุดที่ให้ทั้งความรู้ กำลังใจ กำลังทรัพย์ คุณประโยชน์อันเกิดจากสารนิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา และครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณ ซึ่งมีพระคุณอย่างยิ่ง อันหาที่เปรียบมิได้

ธนวรรณ โสมน้อย

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า.....	3
ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า.....	3
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า.....	3
เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า.....	10
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
สื่อย้อมผ้า.....	11
โครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลสี.....	11
จุลินทรีย์กับการบำบัดน้ำเสีย.....	16
จุลินทรีย์.....	16
การศึกษาวิจัยการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายสีย้อม.....	16
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	17
ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	17
จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	17
ประเภทของการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	17
ขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	18
บทบาทของครูในการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	16
ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	19
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	21
ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	21
ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์.....	23
ความหมายของทักษะปฏิบัติ.....	23
ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียน.....	23
การประเมินผลทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์.....	25
เจตคติต่อวิทยาศาสตร์.....	27
ความหมายของเจตคติ.....	27
องค์ประกอบของเจตคติ.....	27

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
เทคนิคการวัดเจตคติ.....	28
การวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์.....	29
ประโยชน์ของการวัดเจตคติ.....	30
3 วิธีดำเนินการศึกษา.....	32
ตอนที่ 1 การศึกษาในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	32
ตอนที่ 2 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	34
ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน.....	37
ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองสอน.....	37
เนื้อหาที่ใช้ในการสอน.....	38
ระยะเวลาในการสอน.....	38
เครื่องมือที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน.....	39
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	42
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	43
สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	44
4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล.....	47
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	73
สรุปผลการศึกษาค้นคว้า.....	73
อภิปรายผล.....	75
ข้อเสนอแนะ.....	81
บรรณานุกรม.....	85
ภาคผนวก.....	91
ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์.....	206

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 การแบ่งช่วงเวลาในการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	38
2 แบบแผนการศึกษาในการสอบสมมติฐานข้อที่ 1.....	42
3 แบบแผนการศึกษาในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3.....	42
4 ลักษณะการย่อยสลายสีย้อมผ้าและความกว้างของโซนในสโรวโคโลนี แบคทีเรียที่เจริญบนอาหารวันแข็ง.....	48
5 ผลการทดสอบความสามารถในการลดสีของจุลินทรีย์ในน้ำทิ้งจาก โรงงานฟอกย้อมและโรงฆ่าหมู.....	50
6 ผลการทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมของแบคทีเรียบริสุทธิ์.....	56
7 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญ.....	69
8 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ จากการทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	70
9 คะแนนเฉลี่ยทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการประเมิน โดยสภาพจริง โดยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ขณะที่ นักเรียนเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในแต่ละบท.....	71
10 คะแนนเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษา.....	72
11 สรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	150
12 สรุปค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้อง การวัดของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	151
13 สรุปการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ.....	155

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
14 สรุปค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการและประเด็นที่ต้องการ ประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบประเมินทักษะปฏิบัติทาง วิทยาศาสตร์.....	156
15 สรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับเกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนน แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์.....	159
16 สรุปค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการ วัดของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	161
17 สรุปการปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ข้อที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ.....	162
18 คะแนนวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและ หลังเรียน.....	197
19 คะแนนทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนบทยปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่ 1.....	198
20 คะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน.....	200

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการศึกษาค้นคว้า.....	9
2 แสดงความสามารถในการลดสีของจุลินทรีย์ในน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม, น้ำทิ้งโรงฆ่าหมู, <i>Bacillus</i> Had 6 และ T5 บ่มไว้ 2 วัน.....	51
3 ลักษณะจุลินทรีย์พบในน้ำทิ้งโรงฟอกย้อมและโรงฆ่าหมู.....	55
4 แสดงความสามารถในการลดสีของเชื้อ A บนอาหารแข็ง.....	55
5 แสดงความสามารถในการลดสีของเชื้อ B1 - B4 บ่มไว้ 2 วัน.....	63
6 แสดงความสามารถในการลดสีของเชื้อ B1 - B4 บ่มไว้ 9 วัน.....	64
7 แสดงความสามารถในการลดสีของเชื้อ F1 - F4 และ A บ่มไว้ 2 วัน.....	65
8 แสดงความสามารถในการลดสีของเชื้อ F2 - F4 และ A บ่มไว้ 8 วัน.....	66
9 แสดงความสามารถในการลดสีของเชื้อ P1 และเชื้อผสมทุกตัว บ่มไว้ 2 วัน และ 8 วัน.....	67
10 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างกำลังทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	204
11 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างกำลังเรียนปฏิบัติการ เรื่องการใช้จุลินทรีย์ในการ ย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา.....	204

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

อุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญของประเทศไทย ที่มีมูลค่าการผลิตและการส่งออกอยู่ในอันดับต้นๆ ของประเทศ ซึ่งในอุตสาหกรรมสิ่งทอจะประกอบด้วยอุตสาหกรรมการผลิต 3 ขั้นตอน คือ 1) อุตสาหกรรมขั้นต้น (upstream) ได้แก่ กลุ่มที่ทำการผลิตเส้นใยธรรมชาติ เส้นใยประดิษฐ์ และนำปั่นเป็นเส้นด้าย 2) อุตสาหกรรมขั้นกลาง (midstream) อันได้แก่ กลุ่มที่ทำการถัก ทอผ้า ฟอกย้อม พิมพ์และ ตกแต่งสำเร็จ 3) อุตสาหกรรมขั้นปลาย (downstream) ได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตเครื่องนุ่งห่มและเคหะสิ่งทอเป็นส่วนใหญ่ จะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอนั้นอยู่ในอุตสาหกรรมขั้นกลาง ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้สารเคมีชนิดต่างๆ มากมายในกระบวนการฟอกย้อม เช่น สารช่วยย้อม กรด ด่าง บัฟเฟอร์ เกลือ สารฟอกขาว สารกันรา สีย้อม เป็นต้น (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2544 : 1)

ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมจะมีการใช้น้ำมาก โดยเฉพาะในกระบวนการชำระล้างทำความสะอาดของแต่ละขั้นตอนจะมีการใช้น้ำในอัตราที่สูงมาก ทำให้ปริมาณน้ำเสียน้ำทิ้งจากการฟอกย้อมที่มาจากแหล่งกำเนิดในทุกขั้นตอนของการฟอกย้อม คือ ในตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมผ้า ขั้นตอนการให้สีหรือย้อมสี และขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จนั้นมีปริมาณมากด้วย และในน้ำเสียจะพบว่ามีสิ่งสกปรกเจือปนมากอยู่ ได้แก่ เศษเส้นใย เศษผ้า สารเคมี กรดด่าง ไขมัน สบู่ สีย้อม และตัวทำละลาย ทำให้ในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมมีปริมาณสารมลพิษที่สูง และเป็นปัญหาล้างแวล้อม (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2542 : 3-7) สำหรับสีย้อมผ้าที่มีเจือปนอยู่ในน้ำเสียที่ปล่อยออกมา นั้น ถ้าเป็นสีธรรมชาติจะสามารถกำจัดสีกออกไปได้ในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ แต่ถ้าสีย้อมที่เป็นสีสังเคราะห์ซึ่งมีโครงสร้างเคมีของสีแต่ละสีค่อนข้างสลับซับซ้อน จึงยากต่อการทำให้โครงสร้างเคมีของสีแตกตัวหรือสลายตัวโดยอาศัยกระบวนการทางชีวภาพได้ ซึ่งส่วนใหญ่ น้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาจากโรงงานฟอกย้อมและทอผ้า จะผ่านการบำบัดน้ำเสียโดยระบบชีวภาพด้วยวิธีที่เรียกว่า ระบบเอเอส (Activated Sludge, AS) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ใช้ออกซิเจนที่มีจุลินทรีย์เจริญเติบโตกระจายอยู่ในกระบวนการนั้น (กัณทรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์. 2540 : 179) นอกจากนี้ในการย้อมเส้นใยจะมีการดูดซึมสีย้อมเพียงบางส่วนเท่านั้น ทำให้สีย้อมที่ไม่สลายหรือแตกตัวมีเหลืออยู่ในสารละลายสี และจะถูกปล่อยปนออกมา กับน้ำเสียน้ำทิ้งของโรงงาน ปริมาณสีย้อมที่ยังคงเหลืออยู่ในสารละลายสีย้อมจะแตกต่างกันไปตั้งแต่ร้อยละ 5-50 ขึ้นอยู่กับประเภทของสีย้อมที่ใช้ (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2542 : 3-9)

สีย้อมผ้าที่เป็นสีสังเคราะห์ย่อยสลายยาก จะถูกกำจัดสีกออกไปได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ส่วนใหญ่จะเหลือเจือปนอยู่ในน้ำทิ้งของโรงงาน ถ้าปล่อยน้ำทิ้งนี้ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของสีย้อมผ้าในน้ำ ทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนไป หากมีการสะสมมากๆ อาจจะทำให้น้ำเสียได้กลายเป็นมลพิษทางน้ำ (water pollution) ที่ส่งผลกระทบก่อให้เกิดเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้ จึงได้มีการศึกษาและพัฒนาวิธีการที่จะกำจัดสีย้อมที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งให้หมดไปหรือให้มีเหลืออยู่น้อยที่สุดจนไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม แม้จะมีการศึกษาคิดค้นมาเป็นเวลานานแต่ยังไม่ค่อยประสบความสำเร็จเท่าใดนัก มีทั้งการใช้วิธีการทางเคมี และวิธีการบำบัดทางกายภาพแต่ก็มีราคาสูงไป เช่น การใช้วิธีโคแอกกูเลชันด้วยสารเคมี (Chemical Coagulation), การใช้วิธีการดูดติดผิว, วิธีโอโซนเนชัน (Ozonation), วิธีคลอรีเนชัน (Chlorination) การใช้แผ่นเมมเบรน (Membrane Technology), การใช้วิธีไฟฟ้าเคมี

(Electrochemical) เป็นต้น (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2542 : 5-17) และสำหรับการใช้วิธีการบำบัดทางชีวภาพหรือโดยการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายสีก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่มีผู้สนใจทำการทดลองศึกษาวิจัยกันมานาน โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ทำการทดลองศึกษาวิจัยมีทั้งจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน มีการศึกษาความสามารถในการย่อยสลายสีของแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน พบว่าการย่อยสลายสีของแบคทีเรียจะถูกจำกัดโดยการเลี้ยงด้วยสารเคมีเพื่อให้สียอมเปลี่ยนไปเป็นสียอมที่มีองค์ประกอบเดียวหรือสีเดียว และมีการศึกษาการรีดิวซ์สีกลุ่มอะโซดาย (azo dyes) ซึ่งเป็นกลุ่มสีที่ตัวสีไม่ละลายน้ำ แต่ก่อรูปเป็นสีบนเส้นใยได้โดยการย้อมด้วยสารประกอบฟีนอล ซึ่งส่วนใหญ่สียอมที่เป็นสีสังเคราะห์จะเป็นสีในกลุ่มนี้ (คณี จันทรศิริ. 2544 : 5) จากการศึกษาการรีดิวซ์โดยใช้แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนพบว่าทำให้ไม่มีสีและสามารถทำลาย aromatic amine ได้ซึ่ง aromatic amine มีคุณสมบัติที่เป็นพิษมากกว่า aromatic อื่นๆ นอกจากศึกษาการใช้แบคทีเรียในการย่อยสลายสียอมแล้วมีการศึกษาการใช้ราพวก white rot fungi ย่อยสารอินทรีย์ที่ก่อมลพิษซึ่งสลายตัวยาก เช่น สาร Polyaromatic hydrocarbons, Chlorophenols และ Polychlorinated biphenyls การลดสี Phenol red, Methylene blue, Coomassie blue, Dextran blue, Poly R-478, Poly R-481, Poly Y-606, Poly B-411 ได้แสดงถึง ligninolytic activity ของเอนไซม์ที่ย่อยลิกนิน (lignin) ได้และมีความจำเพาะต่อนั้น อาจจะนำมาใช้ในการบำบัดกำจัดสียอมออกจากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมได้ (Swamy & Ramsay. 1999. 24 : 130-137)

นอกจากนี้มีการศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารในขยะและในน้ำเสีย พบว่าจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรียสกุล *Bacillus* และกลุ่มของราในสกุล *Aspergillus* สามารถย่อยสลายสารประกอบพวก Xylan, carboxy methyl cellulose, starch, skim milk และ tributyrin ได้ (สุมาลี เหลืองสกุล; สมใจ ศิริโชค; และ ขจีนาฏ โพธิเวสกุล. 2542 : บทคัดย่อ)

การศึกษาค้นคว้าวิจัยหาวิธีการกำจัดสีหรือการย่อยสลายสียอมจากโรงงานฟอกย้อม โดยวิธีการใช้จุลินทรีย์ที่ผ่านมายังไม่ค่อยแพร่หลาย ผู้ศึกษาจึงมุ่งจะศึกษาความเป็นไปได้และความสามารถของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสียอมผ้าในกระบวนการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ทำให้ได้จุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสียอมผ้าได้และสามารถนำไปใช้ในกระบวนการบำบัดสีในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม เป็นการส่งเสริมการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการใช้ปฏิบัติการทดลอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538:1) ทำให้นักเรียนมีความรู้ มีทักษะเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนสามารถนำความรู้และทักษะดังกล่าวไปใช้ได้อย่างมีวิจารณญาณและสร้างสรรค์ในการแก้ไขปัญหาสามารถตัดสินใจเพื่อปรับปรุงคุณภาพชีวิตให้สามารถตอบสนองความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ได้และรู้จักใช้ชีวิตในสิ่งแวดล้อมด้วยสันติภาพและมีความปลอดภัยอย่างเหมาะสมได้ (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2539 : 160)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้ศึกษาจึงสนใจที่จะพัฒนาบทปฏิบัติการที่เน้นปฏิบัติการทดลอง เพื่อใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

1. การศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสียอมของจุลินทรีย์ในขั้นตอนจากน้ำทิ้งของโรงงานฟอกย้อมและน้ำทิ้งของโรงฆ่าหมูและแยกเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์มาทดสอบการย่อยสลายสียอมอีกครั้ง เพื่อนำข้อมูลมาสร้างและพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสียอมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

2. นำผลการทดลองที่ได้จากห้องปฏิบัติการในข้อ 1 มาสร้างและพัฒนาให้เป็นบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

3. นำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่4 โรงเรียนสาริตประสานมิตรมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) กรุงเทพมหานคร พร้อมทั้งทำการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า

บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จะเป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับครูผู้สอนในการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ การจัดกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ เกิดความเข้าใจ รับรู้ถึงข้อเท็จจริง หลักการเหตุผลและข้อสรุปต่างๆทางวิทยาศาสตร์อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และส่งผลต่อเจตคติที่ดีในการเรียนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความคิด ความสามารถจากกระบวนการเรียนรู้ได้ มีมโนทัศน์และวิสัยทัศน์ที่กว้างไกลทันต่อเหตุการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปของโลกปัจจุบัน และเป็นแนวทางที่แสดงให้เห็นว่าสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง อันจะเป็นประโยชน์ต่อตนเองและชุมชนต่อไปได้

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้ศึกษาค้นคว้าได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อทดลองใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายสีย้อม โดยทดลองใช้แบคทีเรียย่อยสลายสีย้อมผ้าที่มีจำหน่ายกันในประเทศไทย เพื่อนำผลการทดลองไปสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

2. เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

3. เพื่อหาคุณภาพและศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

จากการศึกษาศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ทำให้ได้จุลินทรีย์ที่มีความสามารถย่อยสลายสีย้อมผ้าได้ เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการบำบัดสีในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอและได้แนวทางในการพัฒนาบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา เพื่อนำไปใช้ในการส่งเสริมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มีเจตคติที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมและบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความคิด ความสามารถจากกระบวนการเรียนรู้ได้ และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ อันจะเป็นประโยชน์ต่อตนเองและชุมชนจนถึงประเทศชาติต่อไปได้

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า 3 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการ

การศึกษาค้นคว้าในตอนที่ 1 นี้ ผู้ศึกษาทำการทดลองในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา เพื่อศึกษาความสามารถของจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรียในการย่อยสลายสีย้อมผ้าที่จำหน่ายกันภายในประเทศ เพื่อนำข้อมูลมา สร้างและพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการโดยทำการทดลองทดสอบ ดังนี้

1. การศึกษาการทดสอบความสามารถของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าในขั้นต้นและการแยกเชื้อบริสุทธิ์

2. การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมของแบคทีเรียบริสุทธิ์

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าในตอนที่ 1 ได้แก่ 1) เชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรีย (นิยามศัพท์) และ 2) สีย้อม ที่เป็นสีสังเคราะห์ (นิยามศัพท์)

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าในตอนที่ 1 ได้แก่ 1) เชื้อกลุ่มแบคทีเรีย ได้แก่ 1.1) แบคทีเรียรหัส T5 และ Had 6, 1.2) กลุ่มแบคทีเรียที่แยกได้จากน้ำทิ้งโรงฆ่าหมู, 1.3) กลุ่มแบคทีเรียที่แยกได้จากน้ำทิ้งของโรงงานฟอกย้อม และ 2) สีย้อมผ้า ได้แก่ 2.1) สีดำ เป็นสีไคเรค, 2.2) สีแดง เป็นสีเบสิก, และ 2.3) สีนํ้าเงิน เป็นสีรีแอคทีฟ

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

1. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาในขั้นตอนที่ 1 มีดังนี้

1. ตัวแปรอิสระ แบ่งเป็นดังนี้

1.1 เชื้อแบคทีเรีย ได้แก่

1.1.1แบคทีเรียรหัส T5 และ Had 6

1.1.2กลุ่มแบคทีเรียที่แยกได้จากน้ำทิ้งโรงฆ่าหมู

1.1.3กลุ่มแบคทีเรียที่แยกได้จากน้ำทิ้งของโรงงานฟอกย้อม

1.2 สีย้อมผ้า ได้แก่

1.2.1สีดำ (กลุ่มสีไคเรค)

1.2.2สีแดง (กลุ่มสีเบสิก)

1.2.3สีนํ้าเงิน (กลุ่มสีรีแอคทีฟ)

2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าของแบคทีเรีย

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าในตอนที่ 1 นี้ ผู้ศึกษาจะทำการทดลองในห้องปฏิบัติการภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2545 โดยใช้สถานที่ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

ตอนที่ 2 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ

การศึกษาค้นคว้าในตอนที่ 2 นี้ ผู้ศึกษานำผลการทดลอง ข้อมูลพื้นฐานต่างๆ ที่ได้จากตอนที่ 1 มาดำเนินการสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา โดยผ่านการตรวจประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

การศึกษาค้นคว้าในตอนที่ 3 นี้ ผู้ศึกษานำบทปฏิบัติการที่ได้จากตอนที่ 2 ไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มเล็กพร้อมทั้งวัดเจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้สอน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าในตอนที่ 3 เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) กรุงเทพมหานคร ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 เป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเล็ก ที่มีความสนใจในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และการเรียนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 10 คน

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาในขั้นตอนที่ 3 มีดังนี้

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การเรียนด้วยบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

2. ตัวแปรตาม แบ่งเป็นดังนี้

2.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.2 ทักษะปฏิบัติการ

2.3 เจตคติต่อบทปฏิบัติการ

ระยะเวลาที่ใช้ในการสอน

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาในตอนที่ 3 นี้ ผู้ศึกษาได้ทดลองสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ในช่วงโม่งอิสระ นอกเวลาเรียน จำนวน 7 คาบ คาบละ 50 นาที เนื่องจากมีปัญหาในความไม่สะดวกในเรื่องเวลาและสถานที่จึงได้ทำการสอนหนึ่งวันที่ ห้อง 10-306 ชั้น 3 ตึก 10 ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ มีเนื้อหาเกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ซึ่งประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 5 บท

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. บทปฏิบัติการ หมายถึง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่นำความรู้ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า มาสร้างเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้บทปฏิบัติการที่พัฒนามาจากการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการที่ผู้ศึกษาเป็นผู้ทดลอง โดยมีองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ดังนี้ ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เอกสารอ้างอิง หลักการ จุดประสงค์ เวลาที่ใช้ อุปกรณ์และสารเคมี วิธีปฏิบัติ การตรวจผล รายงานผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และคำถามท้ายการทดลอง ซึ่งประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 5 บท ได้แก่

- บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 การศึกษาชนิดและสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์
- บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการถ่ายเชื้อโดยเทคนิคปลอดเชื้อ
- บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 การย้อมสีแบคทีเรียแบบแกรมและการแยกเชื้อแบคทีเรียให้บริสุทธิ์
- บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าของจุลินทรีย์บนอาหารแข็งและในอาหารเหลว
- บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 5 การตรวจผลและการสรุปผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4

2. การพัฒนาบทปฏิบัติการ หมายถึง การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้มีคุณภาพตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยศึกษาจากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ

3. การย่อยสลายสี หมายถึง การทำลายโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลของสีที่ใช้ในการทดลอง ทำให้โครงสร้างโมเลกุลสีไม่สมบูรณ์จนไม่สามารถจับตัวกันเกิดเป็นสีได้อีกต่อไป

4. จุลินทรีย์ หมายถึง กลุ่มของแบคทีเรีย 1) แบคทีเรียบริสุทธิ์รหัส T5 และ Had 6 ซึ่งแยกได้จากการศึกษาวิจัยของสุมาลี เหลืองสกุล และคณะ. (สุมาลี เหลืองสกุล; สมใจ ศิริโชค; และ ขจีนาฏ โพธิเวสกุล. 2542 : 10), 2) กลุ่มแบคทีเรียที่แยกได้จากตะกอนน้ำทิ้งโรงฆ่าหมูสหกรณ์ผู้ฆ่าชำแหละสุกร กรุงเทพมหานคร เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร และ 3) กลุ่มแบคทีเรียที่แยกได้จากตะกอนน้ำทิ้งของโรงงานฟอกย้อมของโรงฟอกย้อมผ้าเขต พุทธมณฑล สาย 5 อำเภอนครไชยศรี จ.นครปฐม

5. สีย้อม หมายถึง สีย้อมผ้าที่เป็นสีสังเคราะห์ที่มีจำหน่ายกันในประเทศไทย ได้แก่ 1) สีดำ (Matanon Direct Black RB) เป็นสีไไดเรค ของ บ. Matangi Dyestuff industries Ltd., 2) สีแดง (Sawacryl Red GTL 200%) เป็นสีเบสิก ของ บ. A.C. Burapa co. Ltd., และ 3) สีน้ำเงิน (Reactive Cold Dye Blue 4GD) เป็นสีรีแอคทีฟ ของ บ. Imperial Chemical Inc. (ICI)

6. อาหารแข็ง หมายถึง อาหารที่มีส่วนผสมของวุ้น 1.5% กับน้ำสีย้อมผ้าเข้มข้น 60 ppm. เพื่อใช้ทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าของจุลินทรีย์ในอาหารแข็ง

7. อาหารเหลว หมายถึง อาหารที่มีส่วนผสมของน้ำกลั่นกับสีย้อมผ้าเข้มข้น 60 ppm. เพื่อใช้ทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าของจุลินทรีย์ในอาหารเหลว

8. การประเมินความสามารถ หมายถึง ความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมของแบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษาทดลองในครั้งนี้ ทำให้สีย้อมสลายลดลงไปจากน้ำสีที่เข้มข้นจนกลายเป็นน้ำใสไม่มีสารสีเหลืออยู่เลย

9. นักเรียน หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533)

10. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการศึกษาครั้งนี้เลือกวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการวิเคราะห์จากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 บท ได้จำนวน 8 ทักษะ คือ ทักษะขั้นพื้นฐาน 4 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะขั้นบูรณาการ 4 ทักษะ คือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ในการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 8 ทักษะ ซึ่งเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ที่ผู้ศึกษาสร้างขึ้น

11. ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมเชิงความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกโดยตรง จากการทำปฏิบัติการทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ

- 1) การวางแผนการทดลอง
- 2) การปฏิบัติการทดลอง
 - 2.1 เทคนิคการทดลอง
 - 2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง
 - 2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ
- 3) การจัดทำรายงานผลการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาวัดทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยประเมินจากสภาพจริง อิงเกณฑ์รูบริก (Rubric) เป็นแบบประมาณค่า 3 อันดับ ซึ่งแบบประเมินนี้ ผู้ศึกษาดัดแปลงมาจากแบบประเมินทักษะภาคปฏิบัติของทวิช แจ่มจรัส (2545 : 135-138) ซึ่งสร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2543 : 311-312)

12. การประเมินตามสภาพจริง หมายถึง การประเมินผลที่สะท้อนผลการเรียนรู้อย่างแท้จริงของนักเรียน โดยการประเมินหลายๆ ด้าน หลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่างๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงและประเมินอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาประเมินตามสภาพจริงของนักเรียนระหว่างการเรียนการสอนโดยใช้วิธี การสังเกต บันทึกพฤติกรรมผู้เรียนและการตรวจชิ้นงานของนักเรียน โดยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

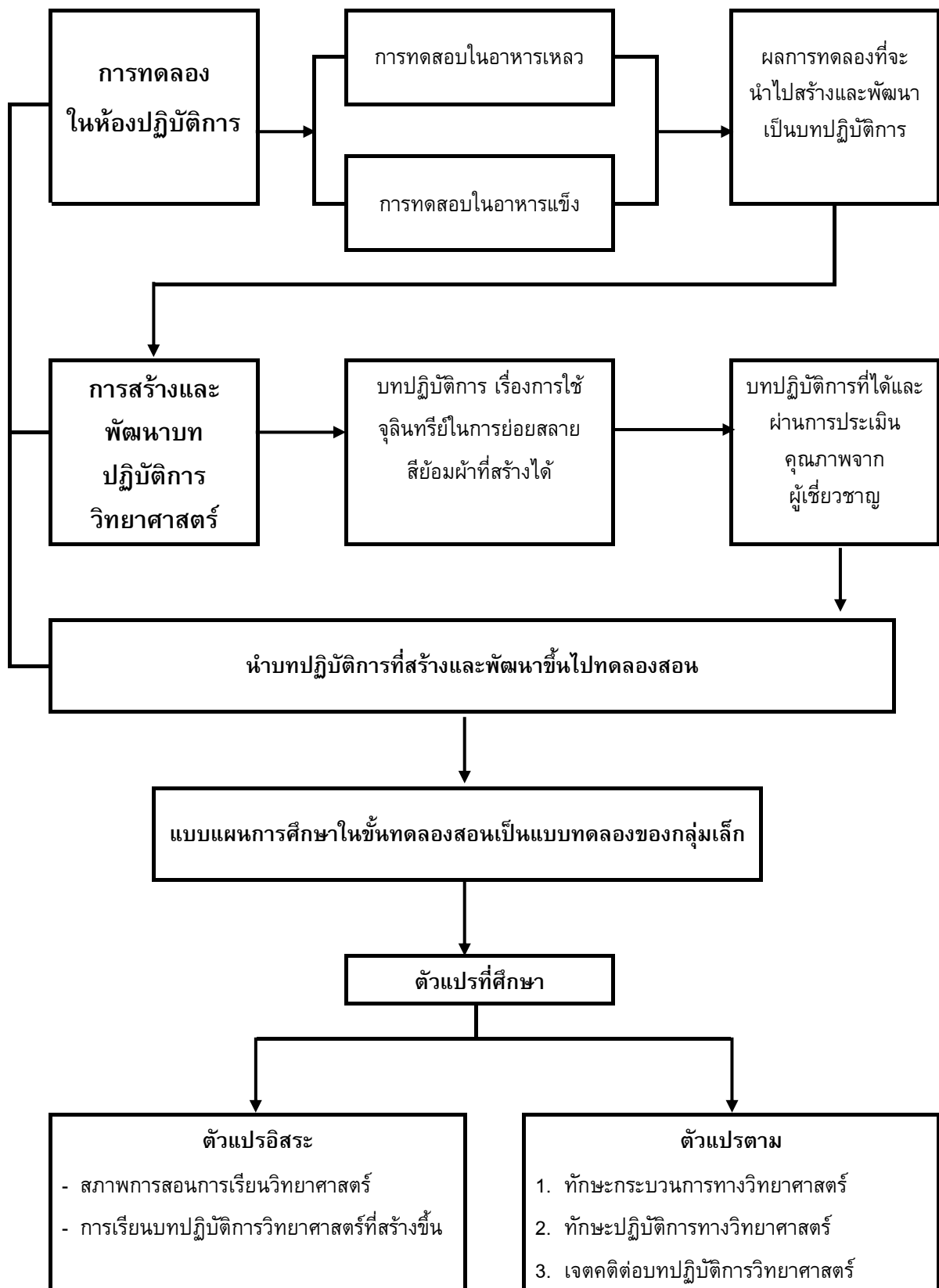
13. เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งพิจารณาโดยรวมใน 2 ด้าน คือ

- 1) ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- 2) การแสดงออกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมกรรมการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

2.2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ในการศึกษาครั้งนี้วัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบสอบถามวัดเจตคติที่ผู้ศึกษาร่างขึ้นตามวิธีของ ลิเคิร์ท (Likert Scale) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง จำนวน 30 ข้อ ซึ่งแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ ผู้ศึกษาดัดแปลงมาจากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของจำรัส อินทลาภาพร (2545 : 256-295) และของทวิช แจ่มจำรัส (2545 : 131-138) ที่สร้างขึ้นและวัดตามกรอบแนวคิดของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 130)

กรอบแนวคิดในการศึกษาค้นคว้า



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษาค้นคว้า

สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ น่าจะพบว่า

ตอนที่ 1

การทดลองใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า จุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรียสามารถย่อยสลายสีย้อมผ้าได้

ตอนที่ 2

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สามารถสร้างและพัฒนาขึ้นมาใช้ให้เหมาะสมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาได้

ตอนที่ 3

1. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลาย สีย้อมผ้า สำหรับชั้นมัธยมศึกษา มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับชั้นมัธยมศึกษา มีทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยร้อยละ 80

3. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับชั้นมัธยมศึกษา มีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

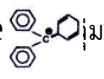
1. สีย้อมผ้า

โครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลสี

ลิลี โกศยานนท์ ได้กล่าวถึงลักษณะโครงสร้างโมเลกุลสีไว้ว่าโครงสร้างโมเลกุลสีนั้นประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) พันธะคู่สลับ (conjugated double bonds) 2) หมู่ปฏิกิริยาที่เรียกว่า โครโมฟอร์ (chromophore) คือ หมู่ปฏิกิริยาที่สามารถดูดกลืนแสงในช่วงที่มองเห็นได้ เป็นหมู่ที่ไม่อิ่มตัว ยกเว้น $-NR^+$ หน้าที่ของโครโมฟอร์ คือ เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ตัวอย่างของโครโมฟอร์ ได้แก่ $-N=N-$ หมู่อะโซ (azo group), $-NO_2$ หมู่ไนโตร (nitro group), $-C=O$ หมู่คาร์บอนิล (carbonyl group), $-NR^+$ อนุพันธ์แอมโมเนียม (alkyl ammonium derivatives) และ 3) หมู่ปฏิกิริยาที่เรียกว่า ออโซโครม (auxochromes) คือ หมู่ปฏิกิริยาที่อิ่มตัวที่มีอิเล็กตรอนซึ่งยังไม่เกิดพันธะเชื่อมอยู่กับพันธะคู่สลับ ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ตัวอย่างของออโซโครม ได้แก่ $-NH_2$ หมู่อะมิโน (amino groups), $-NHR$ หมู่โมโนแอลคิลอะมิโน (mono alkyl group), $-NR_2$ หมู่ไดแอลคิลอะมิโน (dialkyl amino group), $-OH$ หมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group), $-OR$ หมู่อีเทอร์ (ether group) นอกจากนี้ ออโซโครมยังให้คุณสมบัติการละลายน้ำ รวมทั้งการรวมตัวเกิดเป็นพันธะกับเส้นใยอีกด้วย การรวมตัวกันของพันธะคู่สลับกับโครโมฟอร์ทำให้เกิดสีขึ้น แต่ความเข้มและความสว่างของสีขึ้นอยู่กับออโซโครม แต่ถ้ายิ่ง โครโมฟอร์และออโซโครมต่างเชื่อมอยู่กับพันธะคู่สลับ ทั้ง 3 ส่วนนี้เรียกรวมกันว่า โครโมเจน (chromogen) สีย้อมผ้าส่วนใหญ่เป็นสารเคมีที่เป็นผลิตภัณฑ์มาจากน้ำมันปิโตรเลียมหรือถ่านหิน กล่าวคือ เมื่อน้ำมันปิโตรเลียมหรือถ่านหินผ่านการสกัดจะได้สารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว เช่น เบนซีน, ไชลีน, แอนทราซีน, โทลูอีน, แนพทาลินและฟาราฟิน ซึ่งไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนเป็นสีย้อมด้วยเทคนิคต่างๆ (รัชนิย์ รุกขชาติ. 2548 : ออนไลน์) ซึ่งสีย้อมสังเคราะห์ (Synthetic dyestuff) มีการจำแนกชนิดของสีย้อม (Dye classification) หลายระบบด้วยกัน เช่น จำแนกตามแหล่งกำเนิด ตามกลุ่มเคมี ภายในโครงสร้าง หรือการใช้งาน ระบบที่ใช้กันมากในปัจจุบันมี 2 วิธี ดังนี้

1. การจำแนกประเภทตามโครงสร้างทางเคมี

การจำแนกประเภทโดยวิธีนี้ อาจจำแนกโดยละเอียดได้ 20 ประเภท สีที่สำคัญ 5 ประเภท เรียงลำดับตามปริมาณสีที่ใช้จากมากไปหาน้อย (Colourway. 2001. 34 May-June : 14-16) ได้ดังนี้

- 1) สีอะโซ (Azo dyes) มีกลุ่ม $-N=N-$ เป็นโครงสร้างที่สำคัญในโมเลกุล
- 2) สีแอนทราควิโนน (Anthraquinone dyes)  เป็นโครงสร้างที่สำคัญในโมเลกุล
- 3) สีไตรฟีนิลมีเทน (Triphenylmethane dye)  เป็นโครงสร้างที่สำคัญในโมเลกุล

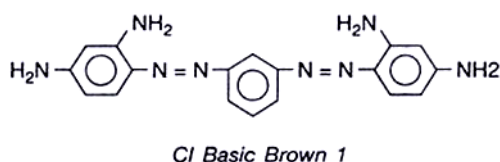
- 4) สีซัลเฟอร์ (Sulphur dyes) มีกลุ่ม D-S-S-D เป็นโครงสร้างที่สำคัญในโมเลกุล
- 5) สีอินดิโกอยด์ (Indigoids) มี $\text{g}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}=\text{C}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{g}$ เป็นโครงสร้างที่สำคัญอยู่ในโมเลกุล
2. การจำแนกประเภทสีย้อมตามกรรมวิธีการย้อม

แบ่งได้เป็น 11 ประเภท ดังนี้คือ

1) สีแอซิก (Acid dyes) หรืออีกชื่อหนึ่งเรียกว่า Anionic dyes คือ สีย้อมซึ่งเมื่อละลายในน้ำแล้ว โมเลกุลสีจะมีประจุเป็นลบ และมักจะใช้ย้อมในน้ำย้อมที่มีความเป็นกรด ใช้ย้อมเส้นใยโปรตีนและไนลอนได้ดี การเกาะติดของสีย้อมประเภทนี้ในเส้นใยอาศัยแรงดึงดูดระหว่างประจุลบบนโมเลกุลของสีกับประจุบวกบนโมเลกุลของเส้นใยเป็นสำคัญ สีกุุ่มนี้มักจะมีกลุ่มซัลโฟนิค (sulphonic groups) ซึ่งให้ประจุลบในน้ำ

2) สีเบสิค (Basic dyes) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Cationic dyes คือ เป็นเกลือของเบสอินทรีย์ละลายน้ำได้ซึ่งเมื่อละลายในน้ำ โมเลกุลสีจะมีประจุบวก ใช้ย้อมเส้นใยอะครีลิก โปรตีน และไนลอนได้ดี การเกาะติดของสีย้อมประเภทนี้ในเส้นใย อาศัยแรงดึงดูดระหว่างประจุบวกบนสีย้อมกับประจุลบบนเส้นใยเป็นสำคัญ

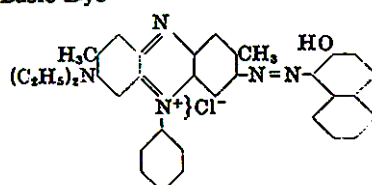
ตัวอย่างสี



ลักษณะแรงดึงดูดกับเส้นใย

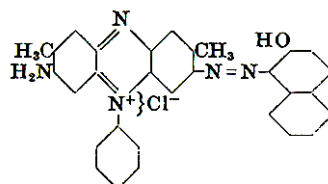


Basic Dye



N,N-Diethyltolusafrafranine $\rightarrow$ 2-Naphthol

C.I. Basic Blue 16 (Reddish navy)

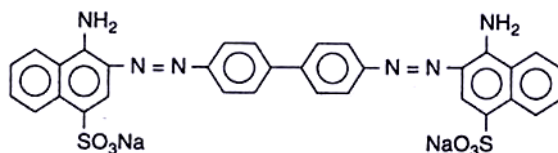


Tolusafrafranine (C.I.50240) $\rightarrow$ 2-Naphthol

3) สีไดเรค (Direct dyes) หรือเรียกว่าสีย้อมฝ้าย เพราะเป็นสีสังเคราะห์ชนิดแรกที่ถูกติดโดยฝ้ายได้โดยไม่ต้องใช้สารช่วยติดส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอะโซมีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีหมู่กรดซัลโฟนิค ซึ่งทำให้

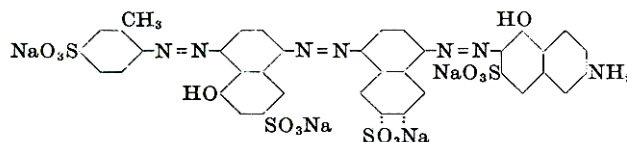
ตัวสีละลายน้ำได้ สีย้อมซึ่งเมื่อละลายในน้ำแล้วโมเลกุลสีจะมีประจุลบ ใช้ย้อมพวกเส้นใยเซลลูโลสได้ดี และโดยปกติในการย้อมมักจะต้องการใส่สารพวกอีเลคโตรไลต์ (เช่น พวกเกลือโซเดียมคลอไรด์) ลงไปช่วยในการย้อมด้วย การเกาะติดบนโมเลกุลของเส้นใยอาศัยแรงดึงดูดแวนเดอร์วาลส์ (Vander Waals's forces) เป็นสำคัญ สีใดเรอบางตัวจะตกตะกอนในน้ำกระด้าง

ตัวอย่างสี



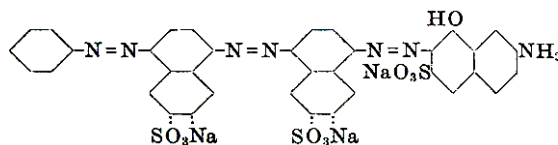
CI Direct Red 14

Direct Dye



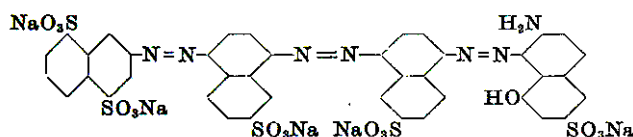
4-Amino-*m*-toluenesulfonic acid → M acid
→ 1,6(and 1,7)-Cleve's acid → (alk.) J acid

C.I. Direct Black 56 (Reddish grey)



Aniline → 1,6(and 1,7)-Cleve's acid → 1,6(and 1,7)-Cleve's acid
→ (alk.) Gamma acid

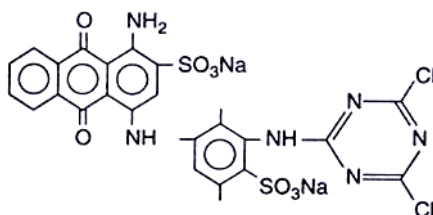
C.I. Direct Black 74 (Bluish grey)



3-Amino-1,5-naphthalenedisulfonic acid → 1,7-Cleve's acid
→ 1,6-Cleve's acid → (acid) Gamma acid

4) สีรีแอคทีฟ (Reactive dyes) เป็นสีย้อมที่ละลายน้ำได้มีประจุลบเมื่ออยู่ในน้ำย้อมซึ่งเป็นต่างโมเลกุลสามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และเป็นสีย้อมที่สามารถทำปฏิกิริยาทางเคมีกับเส้นใย ทำให้เกาะติดอยู่กับโมเลกุลของเส้นใยได้โดยพันธะทางเคมี Covalent bonding เป็นสีย้อมที่ใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสได้ดีที่สุด

ตัวอย่างสี

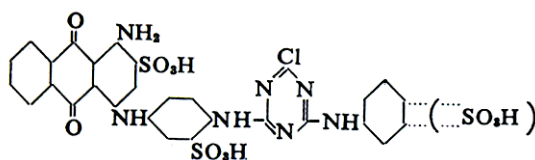


CI Reactive Blue 4

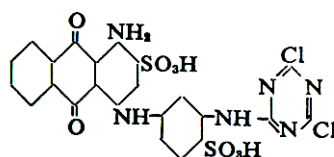
ลักษณะการเกิดปฏิกิริยา



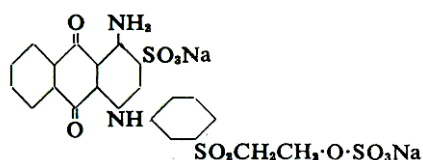
C.I. Reactive Blue 2 (Bright blue)



C.I. Reactive Blue 4 (Bright blue)



C.I. Reactive Blue 19 (Bright blue)



5) สีสัฟเฟส (Disperse dyes) คือ สีย้อมที่มีการละลายน้ำได้ต่ำ ใช้ย้อมเส้นใยที่มีการดูดซึมน้ำน้อย (Hydrophobic fibers) โดยเฉพาะพวกเส้นใยสังเคราะห์ต่างๆ ได้ดี ในน้ำย้อมสีส่วนใหญ่จะไม่ละลายในน้ำ แต่จะอยู่ในน้ำย้อมในลักษณะของสารกระจาย (Dispersion)

6) สีแวต (Vat dyes) คือ สีย้อมที่ไม่ละลายน้ำที่มีกลุ่มคีโต (Keto group $C = O$) อยู่ปกติใช้ย้อมเส้นใยฝ้ายเป็นส่วนใหญ่ในการย้อมจะต้องนำสี้อมมาทำปฏิกิริยาเคมี (Reduction) ให้อยู่ในรูปที่ละลายได้ในน้ำที่มีความเป็นด่างเพื่อให้ดูดซึมเข้าไปในเส้นใยได้เมื่อเข้าไปอยู่ในเส้นใยแล้วจึงทำปฏิกิริยาเคมี (Oxidation) ให้กลับไปอยู่ในรูปเดิมที่ละลายน้ำไม่ได้ ด้วยวิธีนี้สี้อมจะมีความติดทนอยู่ในเส้นใย ไม่หลุดกลับออกมาในการซัก

7) สีซัลเฟอร์ (Sulphur dyes) คือ สีย้อมที่ไม่ละลายในน้ำ และมีซัลเฟอร์เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างที่ทำให้เกิดสีใช้ในการย้อมเส้นใยฝ้ายเป็นส่วนใหญ่ วิธีย้อมคล้ายกับสีแวต กล่าวคือ ก่อนย้อมจะต้องนำไปทำปฏิกิริยาให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ก่อนเมื่อย้อมเสร็จแล้วจึงทำปฏิกิริยาให้กลับไปอยู่ในรูปเดิมที่ไม่ละลายน้ำ

8) สีมอร์แดนต์ (Morant dyes) คือ สีย้อมที่เกาะติดอยู่ภายในเส้นใยในลักษณะของสารประกอบเชิงซ้อนกับโลหะ ส่วนใหญ่ใช้ในการย้อมเส้นใยโปรตีนและไนลอน การย้อมในขั้นตอนแรกเป็นไออย่างธรรมชาติคล้ายการย้อมด้วยสีแอซิด แต่เมื่อเสร็จแล้วจะต้องนำไปทำปฏิกิริยากับสารละลายของเกลือโลหะ เช่น เกลือของโลหะโครเมียม เพื่อให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนขึ้นในเส้นใย

9) สีอะโซอิก (Azoic dyes) หรือเรียกกันอีกชื่อหนึ่ง คือ แนปทอล (Naphthol) คือ สีย้อมที่ไม่ละลายน้ำที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นภายในเส้นใยด้วยการทำปฏิกิริยาทางเคมี (Coupling reaction)

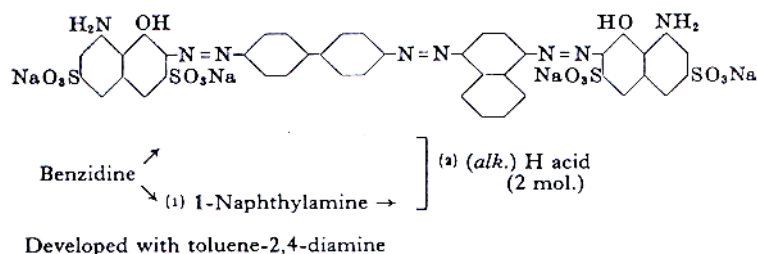
ระหว่างเกลือ ไดอะโซเนียม (Diazo component) กับสารประกอบที่ เหมาะสม (Coupling component) เกิดเป็นสีย้อมที่มีสูตรโครงสร้างของสีอะโซ ในการย้อมตัวทำปฏิกิริยาทั้งสองจะถูกย้อมเข้าไปในเส้นใยก่อน แล้วจึงนำผ้าที่ย้อมแล้วไปจุ่มในสารเคมีซึ่งจะทำให้สารที่สองตัวทำปฏิกิริยากัน เกิดเป็นสีย้อมภายในเส้นใย สีย้อมประเภทนี้นิยมใช้กับการย้อมเส้นใยฝ้ายมากที่สุด

10) สีออกซิเดชัน (Oxidation dyes) คือ สีย้อมที่สามารถถูกออกซิไดซ์ให้อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ภายหลังที่ได้ย้อมให้เข้าไปเกาะติดในเส้นใยแล้ว ส่วนใหญ่ใช้ในการย้อมเส้นใยฝ้าย สีพวกนี้เมื่อถูกออกซิไดซ์ในเส้นใยจะทำปฏิกิริยาเกิดเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นไปในรูปใด และโมเลกุลขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นมีสูตรทางเคมีอย่างไร

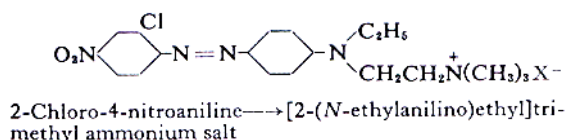
11) สีอินเกรน (Ingrain dyes) คือ สีย้อมที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นในเส้นใยด้วยการทำปฏิกิริยาระหว่างสารตัวกลาง (intermediates) ในเส้นใย นอกเหนือจากพวกที่เป็นสีอะโซอิก ตัวอย่างที่สำคัญได้แก่ สีย้อมไลโซยานิน ซึ่งใช้ย้อมเส้นใยฝ้ายเป็นส่วนใหญ่ (ลิลี โกศยานนท์. 2541 : 241-243)

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้สีในการทดลอง จำนวน 3 สี ดังนี้ คือ

1) สีดำ มีชื่อทางการค้าว่า Matanon Direct Black RB มีชื่อ C.I. Generic name คือ C.I. Direct Black 83 มี Chemical class เป็นกลุ่ม Trisazo เป็นพวกสีไคเรค ซึ่งเมื่อละลายในน้ำแล้วโมเลกุลสีจะมีประจุลบ เมื่ออยู่ในสภาพสารละลายมีแรงแวนเดอร์วาลส์ยึดกับเส้นใยเซลลูโลส มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีหมู่กรดซัลโฟนิคช่วยให้ตัวสีละลายน้ำได้ วิธีการย้อมไม่ยุ่งยากต้องการสารช่วยย้อมเพียงชนิดเดียว คือ เกลือ เช่น เกลือแกง (NaCl) หรือเกลือโซเดียมซัลเฟต (Na₂SO₄) มีสูตรโครงสร้างทางเคมี (Colour index third edition. 1971. 4 : 4304) ดังนี้



2) สีแดง มีชื่อทางการค้าว่า Sawacryl Red GTL 200% มีชื่อ C.I. Generic name คือ C.I. Basic Red 18 (Dull red) มี Chemical class เป็นกลุ่ม Monoazo เป็นพวกสีเบสิคหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Cationic dyes เนื่องจากเป็นสีที่ให้ประจุบวกเมื่อแตกตัวในน้ำย้อม และส่วนที่เป็นประจุบวกของสีเป็นส่วนที่เกิดพันธะกับเส้นใย มีสูตรโครงสร้างทางเคมี (Colour index third edition. 1971. 4 : 4015) ดังนี้



3) สีน้ำเงิน มีชื่อทางการค้าว่า Reactive Cold Dyes Procion Blue MX-4GD มีชื่อ C.I. Generic name คือ C.I. Reactive Blue 168 มี Chemical class เป็นกลุ่ม Azo เป็น

พวกสีรีแอคทีฟ ซึ่งมีประจุลบที่ละลายน้ำได้ สามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ในเส้นใยเซลลูโลสได้ พันธะโควาเลนต์ที่มีความแข็งแรงกว่าพันธะไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นระหว่างสีกับเส้นใยเซลลูโลส

สีที่อยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานสิ่งทอแม้จะมีเพียงปริมาณเล็กน้อย (น้อยกว่า 1 ppm สำหรับสีบางตัว) ก็ยังสามารถเห็นได้ชัดเจนและทำความรำคาญให้ผู้ใช้งานแหล่งน้ำ นอกจากนี้สีเหล่านี้อาจมีผลต่อปริมาณของก๊าซต่างๆ ที่ละลายในน้ำ และระบบนิเวศในน้ำด้วย สีที่จัดว่าเป็นอันตรายที่สุดได้แก่สีที่เป็นสารประกอบจำพวกอะโซ (Azo) หรือสารประกอบไนโตร (Nitro compounds) ซึ่งสามารถเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแอมินที่เป็นพิษได้ (Toxic amines) หรือสีบางตัวที่มีโครงสร้างซับซ้อน เช่น พวกสารประกอบเชิงซ้อนอะโรมาติกที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ (Colourway.2001.35 July-August : 32)

2. จุลินทรีย์กับการบำบัดน้ำเสีย

จุลินทรีย์

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรืออนุภาคที่มีขนาดเล็ก จนมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า มีหลายกลุ่ม เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ ราเห็ด โปรโตซัว สาหร่าย และไวรัส (ยูกา ผึ้งน้อย. 2542 : 1; นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. 2544 : 1; สมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545 : 2)

การศึกษาวิจัยการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายสีย้อมผ้า

เทคโนโลยีชีวภาพได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทออย่างแพร่หลายในช่วงระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา มีการใช้เอนไซม์กำจัดสีในน้ำทิ้ง โดยเอนไซม์มีกำจัดสีที่ใช้ได้แก่ แลคเคส (Laccases) ลิกนินเปอร์ออกซิเดส (Lignin peroxidases) และแมงกานีสเปอร์ออกซิเดส (Manganese peroxidases) ซึ่งจะไปทำลายโครงสร้างส่วนที่เป็นวงอะโรมาติก (Aromatic rings) ที่เป็นโครงสร้างหลักในการให้สี แนวความคิดของการใช้เอนไซม์กำจัดสีในน้ำทิ้ง ซึ่งเป็นกระบวนการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมนี้เป็นจุดริเริ่มให้ผู้วิจัย นำเอาจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์กำจัดสารประกอบเชิงซ้อนอะโรมาติกที่อยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งช่วยลดความเป็นพิษ หรืออันตรายจากน้ำทิ้งที่บำบัดเพราะผลที่ได้จากการใช้จุลินทรีย์บำบัดคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน และน้ำ (Colourway. 2001. 35 July-August : 32)

ในการศึกษาวิจัยเพื่อหาวิธีกำจัดสีย้อมโดยการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายสีย้อมได้มีผู้ทำการวิจัยศึกษาการใช้แบคทีเรียกำจัดคราบน้ำมันปิโตรเลียมที่สถานบริการน้ำมัน ซึ่งได้ทำการคัดเลือกสายพันธุ์แบคทีเรียในประเทศไทยจากตัวอย่างดินและน้ำที่ปนเปื้อนในคราบน้ำมัน พบว่าแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายน้ำมันเครื่องยนต์ได้ดี คือ สายพันธุ์ TISTR 984 (*Pseudomonas* sp.) และสายพันธุ์ TISTR 985 (*Acinetobacter* sp.) สามารถย่อยสลายน้ำมันดิบได้ดี ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต และทำการศึกษาย่อยสลายสารประกอบอะโรมาติก, สไตรีน โดยจุลินทรีย์ พบว่าจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตในอาหารที่มีส่วนประกอบไฮโดรคาร์บอนได้ อาหารจะขึ้นแสดงว่าสามารถย่อยสลายสารนั้นๆ และใช้เป็นอาหารได้ จากการวิจัยพบว่าสายพันธุ์ *Bacillus cereus* TISTR 1332 สามารถเจริญเติบโตได้ในไฮโดรคาร์บอน 3 ชนิด คือ Styrene, Benzylalcohol และ Phenylethanol และ *Bacillus cereus* TISTR 1333 เติบโตได้ในไฮโดรคาร์บอน 5 ชนิด คือ Styrene, Styrene oxide, 1-phenylethanol, Benzylalcohol และ Protocatechuic acid (จิราภรณ์ สุขุมาวาสี; และคนอื่นๆ . 2540 : 4-6; 2544 : บทคัดย่อ)

นอกจากนี้มีการศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารในขยะและในน้ำเสีย ซึ่งพบว่า จุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรียสกุล *Bacillus* และกลุ่มของราสกุล *Aspergillus* สามารถย่อยสลายสารประกอบพวก Xylan, Carboxy methy cellulose, Starch, Skim milk และ Tributyrin ได้ (สุมาลี เหลืองสกุล; สมใจ ศิริโชค; และ ขจีนาฏ โพธิเวชกุล. 2542 : บทคัดย่อ)

งานวิจัยที่ศึกษาการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายสีย้อม มีผู้ศึกษาพบว่า lignin peroxidase ของรานั้นสามารถย่อยสลายสารประกอบ lignin ที่เป็นอะโรมาติก ที่ไม่ใช่ Phenol ring ได้ และปล่อย CO₂ ออกมาจาก lignin (Jeffrey; & Michael. 1983 : Vol. 45 : 1741-1747)

มีการวิจัยศึกษาการใช้จุลินทรีย์ในกลุ่มราขาวช่วยย่อยสลายสีย้อมซึ่งศึกษาพบว่าราขาวชนิด *Trametes versicolor* ช่วยย่อยสลายสีย้อมหลายสีในระดับกว้าง ๆ ได้เกือบเร็วที่สุด ภายใต้การกำจัดไนโตรเจนและต้องใช้ออกซิเจนและการอัดอากาศต้องไม่ต่ำกว่า 0.35 g/L จะกระตุ้นทำให้เกิดเอนไซม์แมงกานีสเปอร์ออกซิเดส (Manganese peroxidases) ที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสีย้อมได้ (Juliana; and Others. 2002 : บทคัดย่อ)

นอกจากนี้มีการศึกษาพบว่าราขาว *Trametes hirsuta* สามารถย่อยสลายสีย้อมได้ถึง 80% ภายใน 8 วัน โดยตรวจพบเอนไซม์แมงกานีสเปอร์ออกซิเดส (Manganese peroxidases) และแลคเคส (Laccases) แต่ไม่พบเอนไซม์ลิกนินเปอร์ออกซิเดส (Lignin peroxidases) (Kazutaka kusunoki. 2002 : บทคัดย่อ)

3. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายในลักษณะของวิธีการสอนวิธีหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชุดกิจกรรมการเรียนรู้กับการสอนที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จัดขึ้นโดยเน้นการทดลอง เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง นักเรียนมีโอกาสปฏิบัติการร่วมกันในขณะที่ทำการทดลอง มีโอกาสที่จะสัมผัสและรู้จักวิธีการใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด (บุญชม ศรีสะอาด. 2531 : 39; อรทัย วิเศษกุล. 2534 : 11; วิจิต สุรัตน์เรืองชัย. 2540 : 79; สมคิด สร้อยน้ำ. 2540 : 159)

จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ปลูกฝังให้เกิดความสนใจ เจตคติ ความพึงพอใจ ความมีใจกว้าง ความอยากรู้อยากเห็นในวิชาวิทยาศาสตร์ และพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหาความสามารถทางสติปัญญา ตลอดจนความสามารถทางการปฏิบัติ (Anderson. 1976 : 60-79; Hofstein and Lunetta. 1982 : 203)

ประเภทของการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สำหรับการให้นักเรียนทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นั้น โดยทั่วไปจัดได้ 2 แบบ คือ

1. การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured Laboratory) การทดลองแบบนี้ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา บอกวิธีการแก้ปัญหาและอื่นๆ ไว้เสร็จ นักเรียนเพียงแต่ทำตามคำชี้แจงในคู่มือการทดลอง (Lab Direction)

2. การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured Laboratory) การทดลองแบบนี้ นักเรียนเป็นผู้ค้นหาคำตอบโดยครูกำหนดปัญหาให้ เมื่อได้แนวทางแล้วจึงแยกย้ายกันทำการทดลองแล้วนำผลที่ได้มาอภิปรายหน้าชั้นอีกครั้งหนึ่ง การทดลองแบบนี้เป็นการส่งเสริมสมรรถภาพทางด้านความคิด ควรให้นักเรียนวางแผนการทดลองก่อนแล้วจึงลงมือทดลองตามแผนที่กำหนดไว้ การวางแผนการทดลองครุอยู่ในฐานะเป็นพี่เลี้ยง ซึ่งการวางแผนการทดลองประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน และการสร้างแบบทดลองตามลำดับ

นอกจากนี้ สเพียร์ส และดีน ยังได้เปรียบเทียบขั้นตอนในการทดลองทั้งสองแบบไว้ สรุปได้ดังนี้

<u>การทดลองแบบสำเร็จรูป</u>	<u>การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง</u>
1. กำหนดปัญหาให้ก่อนพบกันในชั้นเรียน	1. กำหนดปัญหาให้ก่อนพบกันในชั้นเรียน
2. แนะนำหรือชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงเครื่องมือที่จะใช้	2. แนะนำหรือชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงเครื่องมือที่จะใช้
3. กำหนดวิธีปฏิบัติการทดลองเพื่อแก้ปัญหา	3. กำหนดวิธีปฏิบัติการทดลองเพื่อแก้ปัญหา
4. ให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้	4. ให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้
5. ให้นักเรียนลงความเห็นจากข้อมูลและให้อธิบายข้อความเห็น	

การจัดการเรียนการสอนแบบทดลองทั้ง 2 แบบที่กล่าวมา มีความแตกต่างกันคือ การทดลองแบบสำเร็จรูป นักเรียนจะได้รับคำแนะนำหรือบอกให้ทราบถึงวิธีปฏิบัติการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูลและการจัดกระทำกับข้อมูล ส่วนการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง นักเรียนจะได้รับคำแนะนำเพียงเล็กน้อยหรืออาจไม่ได้รับคำแนะนำเลย นักเรียนจะมีอิสระที่จะศึกษาปัญหาที่กำหนดให้หรือปัญหาที่นักเรียนมีความสนใจตามแนวทางของตนเอง การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนของประเทศไทยซึ่งใช้หลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้น มีการกำหนดวิธีการปฏิบัติการทดลองมาให้นักเรียน จึงจัดว่าเป็นการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสำเร็จรูป (สุวัฒน์ นิยมคำ. 2517 : 142-144)

ขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งกิจกรรมการสอนได้เป็น 3 ชั้น คือ ชั้นอภิปรายก่อนการทดลอง ชั้นทำการทดลอง และชั้นอภิปรายหลังการทดลอง

1. ชั้นอภิปรายก่อนการทดลอง (Pre - lab Discussion) ในขั้นนี้จะมีการตั้งปัญหาถามนักเรียนเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง ทำการสาธิตเพื่อสร้างความสนใจ และให้ความสัมพันธ์บางอย่าง

2. ชั้นทำการทดลอง (Lab - Activity) ในขั้นนี้เป็นการให้นักเรียนลงมือทำการทดลองตามแนวที่ได้อภิปรายไว้ในขั้นก่อน บทบาทของครูจะอยู่ในฐานะผู้อำนวยการวิจัยมากกว่าที่จะเป็นผู้ทำการทดลองเป็นกองหนุนดูแลช่วยเหลือและให้กำลังใจ อภิปรายร่วมกับนักเรียน ส่วนผู้มึบทบาทสำคัญนั้นคือ นักเรียน

3. ขั้นตอนิปรายหลังการทดลอง (Post - lab Discussion) หลังจากนักเรียนได้ทำการทดลองแล้วให้นักเรียนเสนอผลการทดลองในช่วงนี้ สิ่งที่อยู่ในมือครูคือ ผลการทดลองที่ถูกต้องจากหนังสือ จากการทดลองมีอาชีพ จากการทดลองที่ใช้เครื่องมืออย่างดีหรือจากครู ข้อมูลและผลการทดลองชุดนี้มีไว้เพื่อเปรียบเทียบกับของนักเรียนว่า การทดลองของนักเรียนเป็นอย่างไร นอกจากนี้ครูอาจจะให้ความรู้ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม (Romey. 1968 : 25)

บทบาทของครูในการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

บทบาทของครูในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ครูทำหน้าที่ในการให้คำแนะนำต่างๆ คอยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่รวบรวมได้สรุปเป็นกฎเกณฑ์ ทฤษฎี และหลักการต่างๆ ตั้งแต่ขั้นตอนิปรายก่อนการทดลอง ขั้นตอนิปรายการทดลอง ขั้นตอนิปรายหลังการทดลอง กล่าวคือ

ตอนที่ 1 การอธิบายก่อนทดลอง (Pre-lab Discussion) ครูต้องเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็น คิด สงสัย หรือแนะแนวทาง เพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาต่อไปตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ

ตอนที่ 2 การให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง (Experiment Period) ครูจะต้องคอยดูแลให้คำแนะนำต่างๆ อย่างใกล้ชิด คอยกระตุ้น สนับสนุน และเป็นที่ปรึกษาอยู่ด้วยไม่ปล่อยให้ นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามลำพัง

ตอนที่ 3 การอธิบายการทดลอง (Post-lab Discussion) ครูจะต้องเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อที่จะให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูล หรือผลการทดลองที่รวบรวมได้สรุปเป็นกฎเกณฑ์ ทฤษฎี หรือหลักการต่างๆ รวมทั้งอธิบายถึงข้อผิดพลาดของการทดลองที่อาจเป็นไปได้ด้วย (ประวิตร ชูศิลป์. 2542 : 5-6)

ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลองมีประโยชน์คือ นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และสนใจใฝ่หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง (สุเทพ อุตสาหะ. 2526 : 68; บุญชม ศรีสะอาด. 2528 : 278-279; ภพ เล่าไพบูลย์. 2534 : 141)

นอกจากยังมีงานวิจัยที่ศึกษาเพื่อพัฒนาปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้มีการศึกษาพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งโดยสร้างบปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ได้ 5 สาขา 20 บทปฏิบัติการ แยกเป็นสาขาเทคโนโลยีการหมัก 7 บทปฏิบัติการ สาขาเทคโนโลยีของเสีย 3 บทปฏิบัติการ สาขาเทคโนโลยีการสร้างแหล่งวัตถุดิบใหม่ 4 บทปฏิบัติการ สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม 4 บทปฏิบัติการ และสาขาวิศวกรรมเอ็นโซม 2 บทปฏิบัติการ นำบทปฏิบัติการทั้ง 20 บทปฏิบัติการไปทดลองสอนเป็นเวลา 1 ภาคเรียน โดยใช้ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 90 คน ของโรงเรียนปราชญ์ราษฎร์อารัง จังหวัดปราชญ์บุรี เป็นกลุ่มตัวอย่างผลปรากฏว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีผลการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ) และด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ภายหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองสอน และนักเรียนกลุ่ม

ทดลองมีผลการเรียนทุกด้านดังกล่าวสูงกว่านักเรียนโดยใช้หลักสูตรเดิมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (เปรมจิตร์ บุญสาย. 2541 : บทคัดย่อ)

งานวิจัยที่ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ได้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ เป็นการศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนักที่ใชสอนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทดลองสอนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสอนคือนักเรียน โรงเรียนโคกกระเทียม จังหวัดลพบุรี จำนวน 30 คน ทำการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น วัดผลการเรียนรู้จากการตอบคำถาม ทำการทดลอง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยปรากฏว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80.11/80.27 (อรอุมา ละมุล. 2541 : บทคัดย่อ) ได้มีการศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทดลองสอนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดรางบัว กรุงเทพมหานคร จำนวน 35 คน ทำการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ผลการวิจัยปรากฏว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ คือ 80.57/80.06 และนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังสอนแตกต่างจากก่อนสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (สุรพล วิหคไพบูลย์. 2543 : 61) ได้มีการศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตและการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาหมัก แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการสอน คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 คน ทำการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีผลการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก และมีความสามารถในการนำเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 87.90 (ชลิตา พันธุ์อ่อน. 2544 : บทคัดย่อ) ได้มีการศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนคงทองวิทยา จังหวัดนครปฐม จำนวน 40 คน ทำการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ผลการวิจัยปรากฏว่า บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ คือ 81.19/80.33 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก (พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. 2544 : 55) ได้มีการศึกษาการพัฒนากระบวนการสอนวิชาพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาในระดับปริญญาตรี สถาบันราชภัฏ ผลการศึกษาพบว่า 1. ระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นนี้สามารถสูบน้ำได้ เฉลี่ย 6.34 ลิตรต่อนาที่ โดยสูบน้ำได้อัตราสูงสุด 12.67 ลิตรต่อนาที่ ที่เฮดสแตติกรวม 2.20 เมตร เมื่อเคลื่อนแผงรับแสงตามดวงอาทิตย์ และสูบน้ำได้อัตราเฉลี่ย 5.36 ลิตรต่อนาที่ โดยสูบน้ำได้ในอัตราสูงสุด 10.50 ลิตรต่อนาที่ ที่เฮดสแตติกรวม 2.20 เมตร เมื่อไม่เคลื่อนแผงรับแสงตามดวงอาทิตย์ (โดยวางแผงรับแสงในแนวตะวันตก-ตะวันออก) 2. ผลการประเมินบทปฏิบัติการทั้ง 8 บท จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เฉลี่ยระหว่าง 0.85 - .095 ทุกบทปฏิบัติการแสดงว่าบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ประกอบการสอนวิชาพลังงานกับสิ่งแวดล้อมได้ (รังสรรค์ เพ็งพัด. 2544 : 143-148) ได้มีการศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาเคมีสภาวะแวดล้อม เรื่อง การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสีในผัก สำหรับหลักการวิทยาศาสตร์ บัณฑิตของสถาบันราชภัฏ แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการสอน คือ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี สถาบันราชภัฏ เพชรบุรีวิทยาลัยการณในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัด

ปทุมธานี จำนวน 30 คน ทำการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการเคมีสภาวะแวดล้อมกับคู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการเคมีสภาวะแวดล้อม ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการเคมีสภาวะแวดล้อม ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 87.76/86.73 และเมื่อ นักศึกษาได้เรียนวิชาปฏิบัติการเคมีสภาวะแวดล้อมแล้วมีผลการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและ เจตคติทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน (สมเกียรติ แก้วจรัสสุสันติ. 2544 : บทคัดย่อ) และมีการศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น : กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการสอน คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 30 คน ทำการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีผลการเรียนด้าน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทักษะปฏิบัติวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยร้อยละ 86.75 และเจตคติต่อบทปฏิบัติการอยู่ในระดับดี (ทวิช แจ่มจรัส. 2545 : บทคัดย่อ)

ผลจากการวิจัยส่วนใหญ่ พบว่า การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเน้นปฏิบัติการทดลอง สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้สูงขึ้น และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นไปทางบวกในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสำเร็จรูป คือ กำหนดวิธีปฏิบัติการทดลองไว้ในบทปฏิบัติการ และให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามวิธีการทดลองที่กำหนดไว้ในบทปฏิบัติการ เป็นการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเน้นปฏิบัติการทดลอง ให้เด็กคิด ทำและแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยได้ใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มาให้นักเรียนได้เรียน เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้น

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะทางสติปัญญาที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่มีแนวโน้มทางวิทยาศาสตร์นำไปใช้แก้ปัญหาและศึกษาค้นคว้า ดังนั้นในการสอนจึงต้องปลูกฝังให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อมุ่งให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น อันเป็นวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน (ภพ เลหาไพบูลย์. 2537 : 14; สุรางค์ สากร. 2537 : 59)

ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มี 13 ทักษะ โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ทักษะขั้นพื้นฐาน (Basic Process Skills) มี 8 ทักษะ ดังนี้

- 1.1 ทักษะการสังเกต (Observing)
- 1.2 ทักษะการวัด (Measuring)
- 1.3 ทักษะการคำนวณ (Using Numbers)

1.4 ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)

1.5 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปสและสเปซกับเวลา (Space/Space Relationship and Space/Time Relationship)

1.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communication)

1.7 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring)

1.8 ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)

2. ทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ (Integrated Science Process Skills) มี 5 ทักษะ ดังนี้

2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis)

2.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)

2.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables)

2.4 ทักษะการทดลอง (Experimenting)

2.5 ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion) (ภพ เล้าไพบูลย์. 2537 : 14-30)

ดังนั้น ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูจะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นคว้าหาความรู้ การแก้ปัญหาและสร้างมโนทัศน์ได้ด้วยตนเอง

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยการวิเคราะห์จากบทปฏิบัติการทั้ง 5 บทได้จำนวน 8 ทักษะโดยวัดทักษะขั้นพื้นฐาน 4 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และวัดทักษะขั้นบูรณาการ 4 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความข้อมูลและลงข้อสรุป ในการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 8 ทักษะ ซึ่งเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

ทักษะการสังเกต หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสหลายอย่างในขณะเดียวกันหรือเพียงอย่างเดียว ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้นและผิวหนัง เพื่อใช้ในการสัมผัสเหตุการณ์หรือสัมผัสกับวัตถุโดยตรง โดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย

ทักษะการวัด หมายถึง ความสามารถในการเลือกและการใช้เครื่องมือทำการวัดปริมาณของสิ่งต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้องและมีหน่วยของการวัดกำกับมาด้วยเสมอ

ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง ความสามารถในการจัดจำแนก หรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่างๆ ออกเป็นหมวดหมู่โดยมีเกณฑ์ในการจัดจำแนก เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่างกัน หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง

ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัดการทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้นโดยอาจเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิแผนภาพ ไดอะแกรม วงจร กราฟ สมการ เขียนหรือบรรยาย เป็นต้น

ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในเรื่องนั้นๆ ต่อไป

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถที่จะชี้บ่งได้ว่า ตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรใดเป็นตัวแปรควบคุม ในการหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรในสมมติฐานหนึ่งๆ หรือปรากฏการณ์หนึ่งๆ

ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการทดสอบสมมติฐานโดยการทดลองโดยเริ่มต้นการออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างถูกต้องและการบันทึกผลการทดลอง

ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำและอยู่ในรูปแบบที่ใช้สื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิหรือรูปภาพต่างๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมดสรุปให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้ทั้งหมด สรุปให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรที่ต้องศึกษาภายในขอบเขตเขตของการทดลองนั้นๆ

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาและวิจัยที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับการสอนตามแนวการสอนของสสวท. ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกัน (เขมิกาญจน์ ทองมา. 2540 : บทคัดย่อ) และมีการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนเรณูนครวิทยานุกูล จังหวัดนครพนม จำนวน 72 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายเป็นกลุ่มทดลอง 36 คน และกลุ่มควบคุม 36 คน กลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบปกติ กลุ่มทดลองได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลอง ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม (วิโรจน์ เฉลยสุข. 2541 : บทคัดย่อ)

นอกจากนี้ยังมีการวิจัยที่ได้ทำการศึกษาผลการทดลองเพื่อปรับปรุงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาเตรียมแพทย์ และนักศึกษาเตรียมทันตแพทย์ จำนวน 38 คน โดยให้เรียนเนื้อหาและปฏิบัติการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาสามารถปรับปรุงทักษะด้านการวัด การหาปริมาณและการลงความเห็น ส่วนด้านการสังเกต การจำแนกประเภท การทดลอง และการพยากรณ์ไม่มีการปรับปรุง (Papelis and Others. 1980 : 307-311) และได้มีการศึกษาความคงทนของความต้องการและความตั้งใจในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักศึกษาหญิง จำนวน 32 คน ในมหาวิทยาลัยลาร์จเชาเชอร์ ที่ได้รับการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง จากการสอน 2 วิธี คือ การสอนแบบบรรยายโดยไม่แนะนำการปฏิบัติทักษะ กับการสอนแบบให้นักศึกษาเรียนด้วยตนเองโดยมีแบบฝึกปฏิบัติและทดลองการปฏิบัติทักษะด้วยตนเอง ผลการวิจัยพบว่า การเรียนด้วยตนเองของนักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงสูงกว่าการเรียนจากครูโดยตรง ส่วนในด้านความคงทนของความต้องการตั้งใจนั้น พบว่า วิธีสอนทั้งสองวิธีให้เหมือนกัน (Strawitz and Malone. 1987 : 24:53)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถฝึกฝนพัฒนาและส่งเสริมให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนได้โดยผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้การสอนได้ลงมือปฏิบัติ ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง จะช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้นได้ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

5. ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของทักษะปฏิบัติ

ความสามารถด้านทักษะปฏิบัติ นับว่ามีความสำคัญต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นทักษะพื้นฐานที่สามารถนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้ต่อไปได้เป็นอย่างดี จึงจำเป็นต้องพัฒนาความสามารถด้านทักษะปฏิบัติให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน เพราะจะเป็นส่วนสำคัญในการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์

ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมเชิงความสามารถของผู้เรียนที่แสดงออกได้โดยตรงจากการทำปฏิบัติการทดลอง ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการวางแผน การดำเนินการ การตัดสินใจ หรือการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนาญ สำเร็จลุล่วงด้วยดีตลอดเวลาที่กำหนด (สุวัณท์ นิยมคำ. 2531 : 299-300; วัฒนาพร ระเบียบทุกข์. 2542 : 55; ณัฐพงษ์ เจริญพิทย. 2542 : 82)

ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียน

ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของผู้เรียนที่เป็นเป้าหมายหลักของการวัดผลมักเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับการทำการทดลอง ซึ่งพฤติกรรมที่เกี่ยวกับการทำการทดลองนี้ กำหนดกรอบพฤติกรรมที่ต่อเนื่องกันไว้ 3 ด้าน ดังนี้

1. การวางแผนการทดลอง
2. การปฏิบัติการทดลอง
3. การจัดทำรายงานการทดลอง

กรอบพฤติกรรมในด้านทักษะการทดลองตามขอบเขตดังกล่าวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การวางแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองประกอบด้วยพฤติกรรมหรือตัวชี้วัดที่ต้องพิจารณาดังนี้

- 1.1 มีการปรึกษาหารือ (กับผู้เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง
- 1.2 มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม
- 1.3 มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้กับผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมและ ชัดเจน
- 1.4 มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทำการทดลองอย่างเหมาะสมแก่ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

2. การปฏิบัติการทดลอง

การปฏิบัติการทดลองมีขอบเขตครอบคลุมพฤติกรรมหลัก 3 ด้าน คือ 1) ด้านเทคนิคการทดลอง 2) ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง และ 3) ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ แต่ละด้านมีรายการพฤติกรรมย่อย ดังนี้

2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง พฤติกรรมย่อยในด้านนี้ประกอบด้วย

- 1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอนไม่สับสน
- 2) ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง
- 3) อ่านค่าและตรวจสอบความถูกต้องได้
- 4) ใช้เทคนิคย่อยในการทดลองได้ถูกต้อง
- 5) ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและปลอดภัย

2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง พฤติกรรมย่อยในด้านนี้ประกอบด้วย

- 1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่วและถูกต้องสมบูรณ์
- 2) มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการ
- 3) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด

2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ พฤติกรรมย่อยในด้านนี้ประกอบด้วย

- 1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ
- 2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ได้สะดวกขณะทดลอง
- 3) เก็บเครื่องชั่งและตะเกียงแอลกอฮอล์ได้ถูกวิธี
- 4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและถูกวิธี

3. การจัดทำรายงานการทดลอง

พิจารณาจากความถูกต้อง สมบูรณ์ของเนื้อหาสาระตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ชื่อการทดลองหรือปัญหาที่ศึกษา
2. สมมติฐาน
3. ตัวแปรที่ศึกษา
4. อุปกรณ์ / สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
5. วิธีการทดลอง

6. การบันทึกผลการทดลอง
7. การจัดกระทำกับข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล
8. การอภิปรายและสรุปผลการทดลอง
9. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ
10. เอกสารอ้างอิง

ตามกรอบพฤติกรรมด้านทักษะการทดลองข้างต้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้กำหนดสัดส่วนการให้คะแนนไว้ด้วย กล่าวคือ

1. การวางแผนการทดลอง มีคะแนนร้อยละ 40 ของคะแนนเต็ม
2. การปฏิบัติการทดลอง มีคะแนนร้อยละ 40 ของคะแนนเต็ม
3. การจัดทำรายงานทดลอง มีคะแนนร้อยละ 20 ของคะแนนเต็ม

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538 : 25-27)

ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียน คือ พฤติกรรมที่แสดงออกในขณะที่ทำการทดลองซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรม 3 ด้าน ได้แก่ การวางแผนการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง การจัดทำรายงานการทดลอง (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 87-88)

การประเมินผลทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

การประเมินผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติที่นิยมใช้มีอยู่ 3 วิธี ได้แก่

1. การสังเกตและบันทึก
2. รายงานการทดลอง
3. การทดสอบ

1. การสังเกตและบันทึก

การสังเกต หมายถึง การติดตามดูการกระทำอย่างใกล้ชิด เพื่อให้ได้ข้อมูลการกระทำต่างๆ การสังเกตที่ดีจะต้องมีการวางแผน มีวัตถุประสงค์ และมีการบันทึกผลการสังเกตไว้เป็นหลักฐาน

การบันทึกผลการสังเกต อาจกระทำได้หลายวิธี ในการนี้กรอนลันด์ ได้แนะนำไว้ 3 วิธี ดังนี้

1) การบันทึกย่อ (Anecdotal Records)

การบันทึกย่อเป็นการบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนที่ผู้สอนเห็นว่ามีความสำคัญควรแก่การบันทึก ไม่มีการกำหนดแบบฟอร์มที่ตายตัว ผู้บันทึกสามารถคิดแบบฟอร์มขึ้นใช้เองได้ตามความเหมาะสม

2) การจัดอันดับคุณภาพ (Rating Scale)

การจัดอันดับคุณภาพเป็นการบันทึกข้อมูล 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นพฤติกรรมและส่วนที่เป็นมาตราบอกระดับของการกระทำ (Scale) การบันทึกแบบนี้อาจกระทำได้หลายรูปแบบ เช่น การจัดอันดับแบบตัวเลข แบบกราฟ และแบบบรรยาย เป็นต้น

3) แบบตรวจสอบ (Checklist)

แบบตรวจสอบเป็นแบบบันทึกการสังเกตที่ประกอบด้วยส่วนของรายการของพฤติกรรมและส่วนที่ให้ผู้สังเกตบันทึกผล แบบบันทึกในลักษณะดังกล่าวสำหรับการพิจารณาว่าการกระทำหรือพฤติกรรมต่างๆ

ของผู้เรียนเกิดขึ้นตามรายการที่กำหนดไว้หรือไม่ แต่ไม่ได้บอกถึงคุณภาพหรือความถี่ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้น เช่น ในส่วนของพฤติกรรมกรรมการทำการทดลอง หากใช้โครงสร้างตามที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแนะนำไว้ ก็ควรครอบคลุมพฤติกรรมทั้ง 3 ด้าน คือ 1) การวางแผนการทดลอง 2) การปฏิบัติการทดลอง 3) การจัดทำรายงาน (Gronlund. 1985 : 384)

2. รายงานการทดลอง

รายงานการทดลอง คือ เอกสารที่ผู้เรียนเรียบเรียงขึ้นโดยประมวลจากการทำการทดลองและจากเอกสารอ้างอิงที่ใช้ค้นคว้า

ในการเขียนรายงานการทดลอง นิยมเขียนโดยกล่าวถึงข้อมูลที่จำเป็นตามหัวข้อที่กำหนดซึ่งผู้เรียนอาจทำรายงานการทดลองเป็นกลุ่มหรือเป็นรายบุคคลก็ได้ทั้งนี้ตามที่ผู้สอนกำหนด โดยทั่วไปสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาานิยมให้จัดทำรายงานเป็นกลุ่ม ส่วนในระดับอุดมศึกษานิยมให้จัดทำเป็นรายบุคคล

3. การทดสอบ

การทดสอบเป็นวิธีการอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้วัดผลการเรียนด้านทักษะปฏิบัติหรือทักษะการทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้ การทดสอบมีอยู่หลายแบบแต่ที่นิยมใช้ในการวัดทักษะปฏิบัติ ได้แก่ การทดสอบภาคปฏิบัติ (Performance Test) และการทดสอบข้อเขียน (Paper - pencil Test) การทดสอบทั้ง 2 แบบนี้มีรายละเอียดที่ควรทราบในการนำมาใช้วัดผลการเรียนด้านทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1) การทดสอบภาคปฏิบัติ

การทดสอบภาคปฏิบัติเป็นการทดสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้กระทำจริง เพื่อให้ผู้สอนพิจารณาความสามารถในเรื่องๆ ที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์การเรียนรู้ แต่เนื่องจากการทดสอบภาคปฏิบัติเป็นกิจกรรมที่ใช้เวลามาก ดังนั้นจึงนิยมกระทำกับพฤติกรรมที่สำคัญจริงๆ โดยการกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาขึ้นแล้วให้ผู้เรียนปฏิบัติหรือแก้ไขปัญหาขึ้น

อย่างไรก็ตาม ในการทดสอบภาคปฏิบัติหากเป็นทักษะที่เกี่ยวข้องกับความรอบคอบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากกรณีต่างๆ เช่น อุบัติเหตุจากไฟไหม้ อุบัติเหตุจากสารเคมี อุบัติเหตุจากการระเบิด อุบัติเหตุจากการถูกของมีคมบาด และอุบัติเหตุจากการกระแสไฟฟ้าลัดวงจร ฯลฯ ก็ควรนำมาใช้เป็นประเด็นในการทดสอบภาคปฏิบัติด้วย

2) การทดสอบข้อเขียน

การทดสอบข้อเขียนสำหรับพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติมีลักษณะเช่นเดียวกับการทดสอบพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย กล่าวคือ ผู้สร้างแบบทดสอบอาจเลือกใช้รูปแบบใดๆ ก็ได้ตามความเหมาะสม เช่น อาจใช้การทดสอบแบบความเรียง (อัตนัย) โดยให้ผู้เรียนเขียนอธิบายขั้นตอนในการทดลองหรือขั้นตอนในการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือ รวมทั้งข้อควรระวังในกรณีต่างๆ เป็นต้น หรืออาจใช้การทดสอบแบบปรนัยชนิดต่างๆ ก็ได้ ทั้งนี้มีข้อสังเกตที่สำคัญว่า การทดสอบข้อเขียนเหมาะสำหรับใช้กับผู้เข้าสอบจำนวนมากที่เข้าสอบในคราวเดียวกัน แต่มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถวัดพฤติกรรมเชิง "การกระทำ" ที่แท้จริงได้

การประเมินผลทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ สามารถประเมินได้โดยการสังเกตและการบันทึกการรายงานการทดลอง การทดสอบ (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 89-91)

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้วัดทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยประเมินจากสภาพจริงอิงเกณฑ์รูบริก (Rubric) เป็นแบบประมาณค่า 3 อันดับ ประเมินพฤติกรรม 3 ด้าน คือ

1. การวางแผนการทดลอง
2. การปฏิบัติการทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ด้าน
 - 2.1 เทคนิคการทดลอง
 - 2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง
 - 2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ
3. การจัดทำรายงานผลการทดลอง

ซึ่งแบบประเมินนี้ผู้ศึกษาค้นคว้าได้ดัดแปลงมาจากแบบประเมินทักษะปฏิบัติที่ ทวิช แจ่มจำรัส (2545 : 134-138) สร้างขึ้นและวัดตามกรอบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 25-27)

สำหรับงานวิจัยที่ศึกษาทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์นั้น ได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จากแบบสอบภาคปฏิบัติกับแบบสอบข้อเขียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดกาญจนบุรี ผลการวิจัยพบว่า คะแนนทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จากแบบสอบภาคปฏิบัติกับแบบสอบข้อเขียนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .7965 และคะแนนทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จากแบบ สอบภาคปฏิบัติกับแบบสอบข้อเขียนด้านเทคนิคการทดลอง การดำเนินการทดลอง ความคล่องแคล่วในการปฏิบัติการ และความเป็นระเบียบเรียบร้อยมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .6323 .4995 .1942 และ .3860 ตามลำดับ (วารี เอกสาร. 2537 : 120-150) และได้มีการศึกษาการเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู จากการศึกษพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (จิรพรรณ ทะเขียว. 2543 : 82)

ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ควรให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทดลอง มีการปฏิบัติจริง จะทำให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ศึกษาทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

6. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ความหมายของเจตคติ

เจตคติตรงกับความหมายภาษาอังกฤษ "Attitude" (พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 : 235) หมายถึง ความรู้สึก ความคิดเห็นของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นไปในเชิงบวก คือ ชอบ เห็นด้วย พอใจ หรือเชิงลบ คือ ไม่ชอบ ไม่เห็นด้วย ไม่พอใจ สามารถสร้างและเปลี่ยนแปลงได้เป็นผลให้มีการแสดงออกของพฤติกรรมของบุคคลที่ต่างกัน (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525 : 53)

องค์ประกอบของเจตคติ

องค์ประกอบของเจตคติแบ่งออกเป็น 3 ประการ คือ

1. องค์ประกอบด้านความรู้ (Cognitive Component) ได้แก่ ความรู้และแนวความคิดที่บุคคลมีต่อสิ่งเร้าไม่ว่าบุคคลหรือสถานการณ์ใดๆ ก็ตาม ความรู้และแนวความคิดดังกล่าวจะเป็นสิ่งกำหนดลักษณะและทิศทางของเจตคติของบุคคล กล่าวคือ ถ้าบุคคลมีความรู้และแนวความคิดต่อสิ่งเร้าใดครบถ้วนแล้ว บุคคลนั้นก็จะเจตคติต่อสิ่งเร้านั้นไปในทางบวกหรือลบชัดเจนยิ่งขึ้น

2. องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Affective Component) ได้แก่ อารมณ์หรือความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้า อารมณ์หรือความรู้สึกดังกล่าวจะเป็นสิ่งกำหนดทิศทางและลักษณะของเจตคติไปในทางบวกต่อสิ่งนั้น แต่ถ้าบุคคลมีอารมณ์หรือความรู้สึกที่ไม่ดีต่อสิ่งนั้น บุคคลก็จะมีเจตคติทางลบต่อสิ่งนั้น

3. องค์ประกอบด้านความพร้อมในการกระทำ (Behavioral Component) ได้แก่ พฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกต่อสิ่งเร้าอย่างใดอย่างหนึ่ง พฤติกรรมดังกล่าวจะเป็นสิ่งที่บอกลักษณะและทิศทางเจตคติของบุคคล กล่าวคือ ถ้าพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกต่อสิ่งเร้านั้นชัดเจนแน่นอน ทิศทางก็จะมีลักษณะชัดเจนแน่นอนและเป็นทิศทางบวกหรือลบชัดเจนด้วย

ดังนั้นในการวัดเจตคติของบุคคลที่มีต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ผู้วิจัยอาจเลือกวัดองค์ประกอบทางความรู้เชิงประเมินค่า องค์ประกอบทางความรู้สึก หรือองค์ประกอบทางความพร้อมกระทำ หรือทั้งสามองค์ประกอบพร้อมกัน (Traindis. 1971; 2-3; ดวงเดือน พันธุมนาวิน. 2529 : 102-105)

เทคนิคการวัดเจตคติ

ในการสร้างเครื่องมือวัดเจตคตินั้นสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1. วิธีของเฮอร์สโตน ได้ใช้วัดเจตคติของบุคคลโดยอาศัยกฎแห่งการเปรียบเทียบเพื่อตัดสินใจ (Law of Comparative Judgement) คือให้ผู้ตอบตัดสินข้อความที่แสดงถึงเจตคติต่อสิ่งหนึ่งว่าเห็นด้วย (Accepted) หรือไม่เห็นด้วย (Rejected) ในข้อความเหล่านั้นอย่างน้อยเพียงใด โดยให้กลุ่มผู้ตัดสินพิจารณาว่าข้อความที่เสนอนั้น ควรจะอยู่ตรงไหนเมื่อแบ่งความคิดเห็นทั้งหมด ตั้งแต่เห็นด้วยมากที่สุดไปจนถึงไม่เห็นด้วยมากที่สุดออกเป็น 11 กลุ่มเท่าๆ กัน เมื่อกลุ่มผู้ตัดสินได้พิจารณาตัดสินหมดทุกข้อความแล้วก็นำแต่ละค่ามาหาสเกล (Scale Value) นั่นคือ หาตำแหน่งมัธยฐานของแต่ละสเกลสำหรับวัดเจตคติต่อไป (Thurstone. 1970 : 128)

2. วิธีวัดทัศนคติโดยใช้ความหมายทางภาษา ซึ่งใช้วิธีนี้เพื่อวัดความหมายของ มโนทัศน์ (Concept) ในรูปความหมายของคุณศัพท์ (Adjective) โดยให้บุคคลทำเครื่องหมายแสดงความคิดเห็นลงไปในสเกลซึ่งอยู่ระหว่างคำคุณศัพท์ที่มีความหมายสอดคล้องกับคุณศัพท์ ในแต่ละสเกลอย่างไร้ความหมายน้อยแต่ไหนแล้วกรอกความเห็นลงไปในสเกล (Osgood. 1957 : 189)

3. วิธีวัดของลิเคอร์ท เป็นวิธีการวัดเจตคติโดยการนำเอาข้อความที่จะใช้วัดเจตคติไปให้ผู้ตอบลงความเห็นว่ามีความรู้สึกต่อข้อความเหล่านั้นอย่างไรบ้าง เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย หรือไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง แล้วมีการกำหนดคะแนนให้อาจเป็น 5, 4, 3, 2, หรือ 1 ตามลำดับ หากเป็นข้อความในทางบวก (Positive Statement) จากนั้นนำข้อความทั้งหมดไปวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก (Item Analysis) โดยเลือกข้อความที่สามารถจำแนกกลุ่มที่มีเจตคติที่ดีและเจตคติที่ไม่ดีเพื่อนำไปใช้วัดเจตคติต่อไป (Likert. 1970 :150-151)

การวัดเจตคติที่ดีนั้น ขึ้นอยู่กับการเขียนข้อความที่ใช้วัดเจตคติว่าเขียนได้ดีแค่ไหน ซึ่งในการสร้างข้อความเพื่อวัดเจตคติควรพยายามหลีกเลี่ยงข้อความ ดังนี้

1. พยายามหลีกเลี่ยงข้อความที่อ้างถึงอดีตหรือสิ่งที่ผ่านมาแล้ว เพราะในปัจจุบันเจตคติต่อสิ่งที่ผ่านมาแล้วอาจจะไม่สอดคล้องกับเจตคติที่มีต่อสิ่งนั้น ในขณะที่สิ่งนั้นเกิดขึ้นก็ได้ ฉะนั้นการศึกษาเจตคติควรใช้ข้อความหรืออ้างถึงเหตุการณ์ปัจจุบันมากกว่า
2. พยายามหลีกเลี่ยงข้อความที่เป็นจริง หรือดีความเป็นจริงตามข้อความนั้นๆ เพราะจะทำให้ผู้ตอบแบบทดสอบนั้นตอบสนองไปในทิศทางเดียวกันหมด ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์แล้ว คำอำนาจจำแนกจะต่ำมาก ไม่สามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไปได้
3. พยายามหลีกเลี่ยงข้อความที่กำกวม หรืออาจตีความได้มากกว่าหนึ่งอย่าง เพราะจะทำให้ผู้ตอบเกิดความไม่แน่ใจ หรือไม่สามารถตัดสินใจว่าเห็นด้วย หรือไม่เห็นด้วยกับข้อความนั้น ฉะนั้นข้อความวัดเจตคตินั้น ควรใช้รูปประโยคอย่างง่าย สั้น กระชับ (ประมาณ 20 คำ) รัดกุม ชัดเจน
4. พยายามหลีกเลี่ยงข้อความที่ไม่อาจแสดงความคิดเห็น หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่พิจารณา
5. ข้อความแต่ละข้อความต้องแสดงความคิดเห็นเพียงความคิดเดียวที่สมบูรณ์ในตัวของมันเอง
6. พยายามเลือกข้อความที่มีลักษณะเป็นกลาง ซึ่งจะช่วยให้ครอบคลุมพิสัยหรือช่วงเจตคติทั้งหมดได้ดี ฉะนั้นควรหลีกเลี่ยงคำบางคำที่กว้างๆ เช่น ทั้งหมด เสมอ ไม่เคยเลย เป็นต้น
7. ถ้าหลีกเลี่ยงคำที่บอกลักษณะที่ชี้เฉพาะได้ เช่น เท่านั้น เพียงแต่ หรือเพียงเล็กน้อยก็ควรหลีกเลี่ยงเสีย
8. พยายามหลีกเลี่ยงการใช้ข้อความในรูปประโยคปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ (เชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์, 2520 : 41-43)

การวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

การวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มี 2 ลักษณะ คือ

1. พฤติกรรมในระดับความรู้สึนึกคิด ประกอบด้วยพฤติกรรมดังนี้
 - 1) พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
 - 2) ศรัทธาและทราบซึ่งในผลงานทางวิทยาศาสตร์
 - 3) เห็นคุณค่า และประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. พฤติกรรมในระดับการแสดงออก ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยอีก 2 ส่วน คือ
 - 2.1 การแสดงออกในระดับการศึกษาเล่าเรียน ประกอบด้วยพฤติกรรม ดังนี้
 - 1) ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
 - 2) เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน
 - 3) เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ
 - 2.2 การแสดงออกในระดับการนำไปใช้ ประกอบด้วยพฤติกรรม ดังนี้
 - 1) ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม

2) ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญ ไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสีย (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 87-88)

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้ศึกษาวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยเลือกใช้ระเบียบวิธีวัดเจตคติของลิเคอร์ท ด้วยเหตุผลที่ว่า แบบของลิเคอร์ท นั้นเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป และในการให้น้ำหนักของคะแนน 5 อันดับ ช่วยทำให้สามารถหาระดับเจตคติของแหล่งข้อมูลได้สะดวกกว่าแบบอื่น ซึ่งได้วัดความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์พิจารณาโดยรวม 2 ด้าน คือ

1. ความรู้สึกนึกคิดที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
2. การแสดงออกของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 ด้าน
 - 2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 2.2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้ศึกษาสร้างขึ้น เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ จำนวน 30 ข้อ ซึ่งผู้ศึกษาดัดแปลงมาจากแบบสอบถามวัดเจตคติที่จำรัส อินทลาภพร (2545 : 256-296) สร้างขึ้นและวัดตามกรอบแนวคิดของ ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 118-119)

ประโยชน์ของการวัดเจตคติ

การวัดเจตคติของบุคคลในเรื่องหนึ่งเรื่องใดนั้นอาจนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในเรื่องของการศึกษาเจตคติมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นตัวบ่งบอกว่านักเรียนมีความสนใจมากน้อยเพียงไร และสามารถวัดเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพและส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรักและสนใจในวิชานั้นๆ และส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น (ดวงเดือน พันธุมนาวิน. 2529 : 98-100)

สำหรับงานวิจัยที่ศึกษาเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้มีการศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมตามวิธีการวิจัยในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมในกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่าเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมตามวิธีการวิจัยกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (กรรณิกา ไผ่พจน์. 2541 : บทคัดย่อ)

และได้มีการศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องเทคนิคการแยกสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคนิคการแยกสาร อยู่ในระดับมากในทุกข้อคำถาม ยกเว้นในคำถามข้อที่ 2 ที่ว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทำให้เกิดความวิตกกังวลในการทดลอง นักเรียนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง (พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. 2544 : 55)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของวิธีสอนที่มีต่อเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในระดับเกรด 7 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติ มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่าวิธีการสอนแบบบรรยาย หรือให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพียงแบบใดแบบหนึ่ง (Smith. 1997 : Abstract)

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์สามารถสร้างและเปลี่ยนแปลงได้ โดยการใช้เทคนิควิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายส

ย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา มาให้นักเรียนได้เรียนเพื่อเสริมสร้างและพัฒนาเจตคติที่ดีต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้สูงขึ้น

จากการประมวลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวข้างต้น ผู้ศึกษาจึงสนใจที่จะศึกษาเพื่อทดลองใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายสีย้อมผ้าจากโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อนำผลการทดลองมาสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ซึ่งประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 5 บท ได้แก่

- | | |
|------------------------------|--|
| บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 | การศึกษาชนิดและสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ |
| บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 | การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการถ่ายเชื้อโดยเทคนิคปลอดเชื้อ |
| บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 | การย้อมสีแบคทีเรียแบบแกรมและการแยกเชื้อแบคทีเรียให้บริสุทธิ์ |
| บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 | การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าของจุลินทรีย์บนอาหารแข็งและในอาหารเหลว |
| บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 5 | การตรวจผลและการสรุปผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 |

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเน้นปฏิบัติการทดลองให้เด็กคิด ทำ และแก้ปัญหาด้วยตนเอง ผลการวิจัยส่วนใหญ่พบว่า สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้สูงขึ้น และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นไปทางบวก

ในการศึกษาครั้งนี้จึงนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มาให้นักเรียนได้เรียนเพื่อเสริมสร้างและพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติที่ดีต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้สูงขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เพื่อสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา เป็นการวิจัยเชิงทดลองซึ่งผู้ศึกษาได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

- ตอนที่ 1 การศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ตอนที่ 2 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ตอนที่ 1 การศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สำหรับการศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการในตอนที่ 1 ผู้ศึกษาได้ทำการทดลองโดยใช้อุปกรณ์อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมีในห้องปฏิบัติการตามวิธีการดังต่อไปนี้

เครื่องมือ อุปกรณ์อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
 - 1.1 หม้อนึ่งความดันฆ่าเชื้อ
 - 1.2 ตู้อบ
 - 1.3 กล้องจุลทรรศน์ - กล้องถ่ายภาพ
 - 1.4 เครื่องชั่ง
 - 1.5 ตู้อบเชื้อ
 - 1.6 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
 - 1.7 หม้ออะลูมิเนียมสำหรับเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ
 - 1.8 เต้าไฟฟ้า
 - 1.9 สไลด์และกระจกปิดสไลด์
 - 1.10 กระดาษเช็ดเลนส์
 - 1.11 จานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
 - 1.12 ลวดเขี่ยเชื้อ
 - 1.13 ตะเกียงแอลกอฮอล์
 - 1.14 ไมซ์ไฟ
 - 1.15 ข้อนดักสาร
 - 1.16 สำลี
 - 1.17 ปากกาเคมี Permanent

1.18 ที่วางหลอดทดลอง

1.19 เครื่องแก้ว ได้แก่ ฟลasks, บีกเกอร์, แท่งแก้วคนสาร, หลอดทดลอง, กระบอกตวง, แท่งแก้วปลายงอ

2. อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

2.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) (ภาคผนวก ข)

2.2 ชุดย้อมสีแกรม ได้แก่ สีคริสตัล ไวโอเลต (Crystal Violet), สีซาฟรานิน (Safranin), ไอโอดีน (Iodine), เอทิลแอลกอฮอล์ 95% (Ethylalcohol 95 %) (ภาคผนวก ข)

2.3 สีย้อมผ้า

2.4 น้ำมันสำหรับกล้องจุลทรรศน์เลนส์วัตถุกำลังขยาย 100x (Emulsion oil)

2.5 น้ำยาฆ่าเชื้อ

2.6 น้ำกลั่น

3. เชื้อแบคทีเรีย

3.1 แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* รหัส T5 และ Had 6 ที่สามารถย่อยสลาย Tributyrin ได้ดีจากการวิจัยของสุมาลีและคณะ (สุมาลี เหลืองสกุล; สมใจ ศิริโชค; และขจีนาฏ โพธิเวชกุล. 2542 : 10)

3.2 แบคทีเรียที่แยกได้จากน้ำทิ้งของโรงงานฟอกย้อม

3.3 แบคทีเรียที่แยกได้จากน้ำทิ้งของโรงฆ่าหมู

วิธีการทดลอง

ได้ดำเนินการทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าของจุลินทรีย์เฉพาะในกลุ่มของแบคทีเรีย โดยทดสอบความสามารถของจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งของโรงงานฟอกย้อมและโรงฆ่าหมูในการย่อยสีย้อมผ้าในขั้นต้นแล้วแยกเชื้อให้บริสุทธิ์แล้วนำมาทดสอบใหม่โดยเลือกเฉพาะกลุ่มของแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายสีได้ดีที่สุดเพื่อเตรียมเป็นเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมของแบคทีเรียบริสุทธิ์ มีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

1. การศึกษาการทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมของจุลินทรีย์ในขั้นต้น และการแยกเชื้อบริสุทธิ์

1.1 การทดสอบความสามารถของจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งของทั้ง 2 แหล่งในการย่อยสลายสีย้อมผ้าในขั้นต้นและการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์เพื่อให้ได้เชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ที่สามารถย่อยสลายสีย้อมผ้าได้ ทำโดยการดุน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมหรือโรงฆ่าหมูมา 0.2 ml. เติมน้ำกลั่น ผสมกับสีย้อมผ้า หลอดละ 5 ml. สีที่ใช้ทดสอบคือสีดำ 40 ppm. (ppm = ส่วนต่อหนึ่งล้านส่วน) จำนวน 4 หลอด สีแดง 50 ppm. จำนวน 4 หลอด และสีน้ำเงิน 60 ppm. จำนวน 4 หลอด โดยทำการเปรียบเทียบการทดสอบในน้ำสีที่ผ่านการฆ่าเชื้อกับไม่ฆ่าเชื้อ (ภาคผนวก ข) และมีหลอดควบคุมที่ไม่เติมเชื้อ เพาะเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (25° – 30° C) บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มของสีในแต่ละสีเปรียบเทียบกับหลอดควบคุมตามเกณฑ์ค่าความสามารถในการลดสีที่ผู้ศึกษาได้กำหนดไว้ (ภาคผนวก ข) แล้วนำหลอดที่มีการลดลงของสีดีที่สุดไปเพาะเลี้ยงเพื่อทดสอบและแยกเชื้อบริสุทธิ์ในขั้นต่อไป

1.2 การทดสอบการย่อยสลายสีย้อมผ้าของ *Bacillus* Had 6 และ T5 ทำเช่นเดียวกับข้อ 1.1 แต่ใช้เชื้อบริสุทธิ์ Had 6 และ T5 เชื้อละ 2 หลบ แทน เพราะเชื้อบริสุทธิ์ทั้ง 2 ตัวนี้ เพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ NA ซึ่งเป็นอาหารแข็ง

1.3 การทดสอบการย่อยสลายสีย้อมผ้าของจุลินทรีย์จากทั้งสองแหล่งในน้ำสีเข้มข้น 60 ppm. ผสมกับวันและการแยกเชื้อบริสุทธิ์ ทำโดยการดูดน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมหรือโรงฆ่าหมูจากหลอดที่มีการลดลงของสีที่ที่สุดของการทดลองในข้อ 1.1 มา 1.0 ml และ 0.1 ml. เพื่อให้ได้ความเจือจางที่ต่างกันตามลำดับ ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นเติมน้ำสีเข้มข้น 60 ppm. ที่ผสมวัน 1.5 % ลงไป โดยใช้ 3 สี คือ สีแดง สีดำ และ สีน้ำเงิน โดยทดสอบแต่ละแหล่งสีละ 4 จาน บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง นาน 24-48 ชั่วโมง ดูผลและแยกความแตกต่างของแต่ละโคโลนีที่เกิดขึ้นโดยคัดเลือกเฉพาะโคโลนีที่ทำให้สีเปลี่ยนแปลงเกิดโซนใสรอบโคโลนีแสดงว่าเกิดการย่อยสลายสีย้อมผ้าได้ เลือกโคโลนีเดี่ยวๆ ที่ได้ผลทำทดสอบซ้ำอีกครั้งหนึ่งแล้วนำเชื้อที่ได้ผลมาย้อมสีแกรมและถ่ายเชื้อเก็บไว้ในอาหารวันเอียงเพื่อเพาะเลี้ยงเป็นสต็อกเชื้อไว้ทดสอบต่อไป นำเชื้อที่ย้อมสีไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์เพื่อจำแนกชนิดจุลินทรีย์

2. การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมของแบคทีเรียบริสุทธิ์

2.1 นำเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ที่ได้จากข้อ 1.3 มา 2 หลบ ใส่ลงในน้ำสีเข้มข้น 60 ppm. ทั้ง 3 สี สีละ 5 หลอดๆ ละ 5 ml. โดยทำการเปรียบเทียบการทดสอบในน้ำสีที่ผ่านการฆ่าเชื้อกับไม่ฆ่าเชื้อและมีหลอดควบคุมที่ไม่ต้องเติมเชื้อ บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 - 48 ชั่วโมง ทำ 2 ซ้ำ บันทึกผลที่เกิดขึ้น

2.2 นำเชื้อบริสุทธิ์ทั้งในกลุ่มเส้นใยพวงราและกลุ่มแบคทีเรียที่แยกได้จากข้อ 1.3 มาเชื้อละ 1 หลบ ถ่ายเชื้อลงในน้ำสีเข้มข้น 60 ppm. ทั้ง 3 สี สีละ 5 หลอดๆ ละ 5 ml. ทำการเปรียบเทียบเช่นเดียวกับในข้อ 2.1

ตอนที่ 2 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การศึกษาค้นคว้าในตอนที่ 2 นี้ ผู้ศึกษานำผลการทดลองในห้องปฏิบัติการที่ได้จากตอนที่ 1 มาเป็นข้อมูลตั้งต้นดำเนินการสร้างและพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา โดยผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำนวน 5 บท ได้แก่

- | | |
|------------------------------|--|
| บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 | การศึกษานิดและสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ |
| บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 | การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการถ่ายเชื้อโดยเทคนิคปลอดเชื้อ |
| บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 | การย้อมสีแบคทีเรียแบบแกรมและการแยกเชื้อแบคทีเรียให้บริสุทธิ์ |
| บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 | การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าของจุลินทรีย์บนอาหารแข็งและในอาหารเหลว |
| บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 5 | การตรวจผลและการสรุปผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 |

โดยจะสร้างบทปฏิบัติการเป็นเอกสาร 2 ชุด คือ

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
2. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

โดยมีวิธีการดำเนินการสร้างเครื่องมือดังนี้

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ผู้ศึกษาได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 บท ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุมเฉพาะความรู้พื้นฐานปฏิบัติการจุลชีววิทยาบางส่วนเท่านั้น ได้แก่ การศึกษาชนิดและสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ การถ่ายเชื้อโดยเทคนิคปลอดเชื้อ การย้อมสีแบคทีเรียแบบแกรม การแยกเชื้อแบคทีเรียให้บริสุทธิ์ และการทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมของจุลินทรีย์ในน้ำสีย้อม โดยพัฒนาบทปฏิบัติการจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและผลการทดลองที่ได้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

จากข้อมูลที่ได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายสีย้อมและผลการทดลองทั้งหมด ผู้ศึกษาได้นำมาเป็นข้อมูลในการสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ขึ้นมา ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- ◆ ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ◆ ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ◆ เอกสารอ้างอิง
- ◆ หลักการ
- ◆ จุดประสงค์
- ◆ เวลาที่ใช้
- ◆ อุปกรณ์และสารเคมี
- ◆ วิธีปฏิบัติ
- ◆ การตรวจผล
- ◆ รายงานผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ◆ คำถามท้ายการทดลอง

ซึ่งสามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วย หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) จุดมุ่งหมายหลักสูตร จุดประสงค์รายวิชา ขอบข่ายและรายละเอียดของเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิชาจุลชีววิทยาวิชาปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหารวิชาปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางดินและวิชาชีววิทยา รวมทั้งเอกสารและงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า เพื่อใช้ประกอบการกำหนดเนื้อหา วัตถุประสงค์ การวัดผลการประเมินผล ของการสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
2. วิเคราะห์จุดมุ่งหมายและกิจกรรมการเรียนรู้การสอนวิชาที่เกี่ยวข้องจากเอกสารที่ค้นคว้า เพื่อนำมากำหนดจุดมุ่งหมายและกิจกรรมของบทปฏิบัติการที่จะพัฒนาขึ้น
3. กำหนดจุดประสงค์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบท

4. สร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยจะแบ่งเป็นบทๆ ตามความเหมาะสมตาม ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในตอนที 1 จำนวน 5 บท โดยใช้เวลาในการสอนบทที่ 1 จำนวน 1 คาบ, บทที่ 2 จำนวน 2 คาบ, บทที่ 3 จำนวน 2 คาบ, บทที่ 4 จำนวน 1 คาบ, บทที่ 5 จำนวน 1 คาบ รวมทั้งสิ้น 7 คาบ (บางบทปฏิบัติการดูผลนอกเวลาเรียน) พร้อมทั้งสร้างแบบประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งดัดแปลงและสร้างขึ้นจากแบบประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของจารย์ส อินทลภาพร(2545 : 153-169) และของทวิช แจ่มจรัส (2545 : 112-124)

5. นำบทปฏิบัติการที่เขียนเสร็จเรียบร้อยแล้วจำนวน 5 บท เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ นำมาแก้ไขปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

6. นำบทปฏิบัติการที่ปรับปรุงแก้ไขไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการ ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางการสอนจุลชีววิทยา ชีววิทยาวิทยาศาสตร์และการสอนสิ่งแวดล้อม คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขจีนาฏ โพธิเวสกุล ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อาจารย์ ดร.สุนันทา มั่นสมงคล โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) และอาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิจารณาความเหมาะสมเกี่ยวกับเนื้อหา หลักการ จุดประสงค์ อุปกรณ์ วิธีการทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินในแบบประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในข้อ 1 ในความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ข้อ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และข้อ 3 รายงานผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และคำถามท้ายการทดลอง (ภาคผนวก ค) แบบประเมินนี้เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ โดยกำหนดระดับความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนมีความหมาย ดังนี้

ระดับ	5	หมายถึง	เห็นด้วยมากที่สุด
ระดับ	4	หมายถึง	เห็นด้วยมาก
ระดับ	3	หมายถึง	เห็นด้วยปานกลาง
ระดับ	2	หมายถึง	เห็นด้วยน้อย
ระดับ	1	หมายถึง	เห็นด้วยน้อยที่สุด

และนำคะแนนการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ย โดยให้ความหมายของค่าเฉลี่ยเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	1.00 – 1.80	หมายถึง	ควรปรับปรุง
ค่าเฉลี่ย	1.81 – 2.60	หมายถึง	พอใช้
ค่าเฉลี่ย	2.61 – 3.40	หมายถึง	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	3.41 – 4.20	หมายถึง	ดี
ค่าเฉลี่ย	4.21 – 5.00	หมายถึง	ดีมาก

ผลการประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ข้อ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน เห็นด้วยกับบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นในระดับดี ซึ่งแสดงผลการพิจารณาโดยสรุปในบทที่ 4 ดังตาราง 7 และมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น สรุปได้ดังนี้

- 1) ควรปรับปรุงเนื้อหาและภาษาที่ใช้ให้เหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน
- 2) ควรปรับปรุงเนื้อหาและเวลาที่ใช้ในการเรียนปฏิบัติการให้เหมาะสมบรรลุจุดประสงค์มากที่สุด
- 3) ควรปรับปรุงคำถามให้มีความชัดเจนและเหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน

- 4) การใช้หน่วยจะใช้ตัวย่อหรือตัวเต็มก็ควรใช้วิธีใดวิธีหนึ่งให้เหมือนกันทั้งเล่ม
- 5) การใช้ชื่อศัพท์เฉพาะที่เป็นภาษาอังกฤษจะใช้ตัวใหญ่หรือตัวเล็กควรใช้ให้เหมือนกันทุกคำทั้งเล่ม
- 6) ควรมีภาพประกอบและมีคำอธิบายภาพให้ชัดเจนของแต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วย

ผู้ศึกษาได้นำผลการประเมินบทปฏิบัติการของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำในทุกบทปฏิบัติการ เพื่อให้ได้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพ

7. นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน

2. คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ผู้ศึกษาค้นคว้าพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูนำไปใช้ในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) คู่มือครูประกอบการสอนวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และคู่มือครูวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. จัดทำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยแต่ละบทประกอบด้วย

- ◆ ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ◆ จุดมุ่งหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ◆ จุดประสงค์การทดลอง
- ◆ เวลาที่ใช้
- ◆ อุปกรณ์และสารเคมี
- ◆ การเตรียมก่อนล่วงหน้า
- ◆ การอภิปรายก่อนการทดลอง
- ◆ ผลการทดลอง
- ◆ การอภิปรายหลังการทดลอง
- ◆ แนวคำตอบของคำถามท้ายการทดลอง
- ◆ คำแนะนำเพิ่มเติม

3. นำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ นำมาแก้ไขปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ต่อไป

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

การศึกษาในตอนที่ 3 เมื่อพัฒนาบทปฏิบัติการเรียบร้อยแล้วนำไปทดลองสอนดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองสอน

กลุ่มตัวอย่างที่ทดลองสอนในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) กรุงเทพมหานคร ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 เป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเล็ก จำนวน 10 คน ที่สนใจเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และสมัครใจเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นชุดนี้จากนักเรียนที่มีทั้งหมด จำนวน 43 คน ใน 1 ห้องเรียน

เนื้อหาที่ใช้ในการสอน

เนื้อหาที่ใช้ในการสอนเป็นเนื้อหาที่ผู้ศึกษาพัฒนาขึ้นเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับชั้นมัธยมศึกษา ซึ่งประกอบไปด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 5 บท ได้แก่

- | | |
|------------------------------|--|
| บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 | การศึกษาชนิดและสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ |
| บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 | การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการถ่ายเชื้อโดยเทคนิคปลอดเชื้อ |
| บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 | การย้อมสีแบคทีเรียแบบแกรมและการแยกเชื้อแบคทีเรียให้บริสุทธิ์ |
| บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 | การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าของจุลินทรีย์บนอาหารแข็งและในอาหารเหลว |
| บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 5 | การตรวจผลและการสรุปผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 |

ระยะเวลาในการสอน

ในการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ ผู้ศึกษาทำการทดลองสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ในช่วงมิถุนายน นอกเวลาเรียน จำนวน 7 คาบ คาบละ 50 นาที เนื่องจากมีปัญหาในความไม่สะดวกในเรื่องเวลาและสถานที่ จึงได้ทำการสอนในวันเดียวที่ห้อง 10-306 ชั้น 3 ตึก 10 ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร รายละเอียดของการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดังตาราง 1

ตาราง 1 การแบ่งช่วงเวลาในการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ครั้งที่	จำนวนคาบ	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่	การประเมิน
1	1	1 การศึกษาชนิดและสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์	- ประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ - คำถามท้ายการทดลอง
2	2	2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการถ่ายเชื้อโดยเทคนิคปลอดเชื้อ	- ประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ - คำถามท้ายการทดลอง
3	2	3 การย้อมสีแบคทีเรียแบบแกรมและการแยกเชื้อแบคทีเรียให้บริสุทธิ์	- ประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ - คำถามท้ายการทดลอง

4	1	4 การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าของจุลินทรีย์บนอาหารแข็งและในอาหารเหลว	- ประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ - คำถามท้าทายการทดลอง
5	1	5 การตรวจผลและการสรุปผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4	- ประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ - คำถามท้าทายการทดลอง

โดยก่อนเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จะประเมินผลการเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อน และเมื่อนักเรียนเรียนครบทุกบทปฏิบัติการ จะประเมินผลการเรียนรวมโดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน

เครื่องมือที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนมีดังนี้

1. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์
3. แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

- 1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 2) วิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การทดลอง นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาสร้างเป็นแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 80 ข้อ โดยจะแบ่งพฤติกรรมที่จะวัดออกเป็น 8 ทักษะ คือ

- 2.1 ทักษะการสังเกต
- 2.2 ทักษะการวัด
- 2.3 ทักษะการจำแนกประเภท
- 2.4 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
- 2.5 ทักษะการตั้งสมมติฐาน
- 2.6 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
- 2.7 ทักษะการทดลอง
- 2.8 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

พร้อมทั้งสร้างแบบประเมินแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขึ้นมาให้ผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมินคุณภาพของเครื่องมือชุดนี้ โดยดัดแปลงและสร้างแบบประเมินแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขึ้นจากแบบประเมินแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของจำรัส อินทลาภาพร (2545 : 258 - 264) และทวิช แจ่มจำรัส(2545: 125-130)

3) นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ นำมาแก้ไขปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

4) นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับที่ประเมินทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พิจารณาประเมินคุณภาพแบบทดสอบ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรม (IOC) ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (ภาคผนวก ง)

5) นำผลการประเมินแบบทดสอบของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำอีกครั้ง เพื่อให้ได้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพ

6) นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้เบื้องต้นกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์ เขตจอมทอง แขวงบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร จำนวน 68 คน แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบดังนี้

6.1 หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ ใช้เทคนิค 27 % ของจุง เทห์ ฟาน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EVANA 404KH20

6.2 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 40 ข้อ เลือกไว้เป็นแบบทดสอบสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งจากการทดลองและวิเคราะห์คะแนน ได้ค่าความยากง่าย (p) อยู่ในช่วง 0.10 – 0.95 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.02–0.75 (ภาคผนวก จ)

6.3 นำข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือก ($p = 0.2 - 0.8$, $r = 0.2$ ขึ้นไป) จากจำนวน 80 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน สูตร K-R 20 (Kuder- Richardson 20) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EVANA 404KH20 ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.79 (ภาคผนวก จ)

7) นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับแนวทางการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2) ศึกษาแนวทางการให้คะแนนเพื่อการประเมินจากสภาพจริง โดยอิงเกณฑ์รูบริค (Rubric) โดยศึกษาการให้คะแนนภาพรวม (Holistic Score) และการให้คะแนนแยกองค์ประกอบ (Analytic Score)

3) สร้างแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบประเมินจากสภาพจริง โดยอิงเกณฑ์รูบริค (Rubric) มีการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Score) แบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 อันดับ ได้แก่ คะแนน 1, 2 และ 3

แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ประเมินพฤติกรรม 3 ด้าน คือ

1. การวางแผนการทดลอง

2. การปฏิบัติการทดลอง

2.1 เทคนิคการทดลอง

2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง

2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ

3. การจัดทำรายงานผลการทดลอง

แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์นี้ ผู้ศึกษาดัดแปลงมาจากแบบประเมินทักษะภาคปฏิบัติของทวิช แจ่มจรัส (2545 : 135-138) ซึ่งสร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4) นำแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ นำมาแก้ไขปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

5) นำแบบประเมินที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อพิจารณาประเมินคุณภาพแบบประเมิน โดยตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างและความเหมาะสมของแบบประเมินโดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปและผู้เชี่ยวชาญ ประเมินเพื่อกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนนแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาจากความคิดเห็นส่วนใหญ่ (ภาคผนวก ง)

6) นำผลการประเมินแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำอีกครั้ง เพื่อให้ได้แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพ

7) นำแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

3. แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา มีขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบสอบถามวัดเจตคติ ตามวิธีของ ลิเคิร์ท(Likert Scale) และวัดผลการเรียนรู้ในด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

2) สร้างแบบสอบถามเจตคติต่อการเรียนบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง จำนวน 30 ข้อ ซึ่งพิจารณาโดยวัดพฤติกรรมในการแสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนครอบคลุม 2 ลักษณะ คือ

2.1 ความรู้สึกนึกคิดที่มีต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

2.2 การแสดงออกของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ

2.2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์ในการประเมินโดยแบ่งมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ เป็น 3 ช่วงตามค่าคะแนนเฉลี่ยของเจตคติต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

- ค่าเฉลี่ย 1.00 – 2.33 หมายถึง มีเจตคติต่อการเรียนบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ

- ค่าเฉลี่ย 2.34 – 3.66 หมายถึง มีเจตคติต่อการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง

- ค่าเฉลี่ย 3.67 – 5.00 หมายถึง มีเจตคติต่อการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในระดับดี

โดยแบบสอบถามวัดเจตคติที่ใช้ในการศึกษานี้ได้ดัดแปลงมาจากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ซึ่งจำรัส อินทลาภาพร (2545 : 256-296) และของทวิช แจ่มจำรัส(2545 :131-138) ที่ได้สร้างขึ้นและวัดตามกรอบแนวคิดของณัฐพงษ์ เจริญพิทย (2542 : 118-119; อ้างถึงสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538 : 29-30)

3) นำแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ นำมาแก้ไขปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

4) นำแบบประเมินที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาประเมินคุณภาพแบบสอบถาม ซึ่งเป็นชุดเดียวกันกับผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบสอบถามโดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรม (IOC) ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (ภาคผนวก ง)

5) นำผลการประเมินแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำอีกครั้ง เพื่อให้ได้แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพ

6) นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

7) นำคะแนนวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของ ครอนบัค (Cronbach) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90 (ภาคผนวก ช)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาในขั้นตอนการทดลองสอนมีแบบแผนการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 มีรูปแบบเป็นกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (One group pretest posttest design) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 60-61) ดังตาราง 2

ตาราง 2 แบบแผนการศึกษาในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	T ₁	X	T ₂

เมื่อ	E	แทน	กลุ่มตัวอย่าง
	T ₁	แทน	การทดสอบก่อนเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

X	แทน	การเรียนรู้จากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
T ₂	แทน	การทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2. ในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 เป็นรูปแบบกลุ่มเดียวทำการประเมินระหว่างที่กลุ่มตัวอย่างเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ทุกบทปฏิบัติการ

3. ในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 มีรูปแบบเป็นกลุ่มเดียวทดสอบหลังการทดลอง มีแบบแผนการศึกษาดังตาราง 3

ตาราง 3 แบบแผนการศึกษาในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3

กลุ่ม	ทดลอง	ทดสอบหลัง
E	X	T

- E แทน กลุ่มตัวอย่าง
- X แทน การเรียนจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
- T แทน การทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้ศึกษาดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. ติดต่อผู้บริหารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) เพื่อขอความร่วมมือในการทำการการศึกษาในครั้งนี้
2. ทำการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง โดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำคะแนนที่ได้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน
3. ทำการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน และเก็บข้อมูลทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทุกบท
4. เมื่อนักเรียนเรียนครบทุกบท ทำการเก็บข้อมูลหลังการทดลองโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
5. นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. พัฒนาเครื่องมือ วิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และแบบประเมินความสามารถในการนำเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

1.2 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EVANA 404KH20

1.3 การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบคูเดอร์-ริชาร์ดสันสูตร K-R 20 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EVANA 404KH20

1.4 วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของ ครอนบาค (Cronbach)

2. ทดสอบสมมติฐาน

2.1 วิเคราะห์คะแนนจากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ t- test dependent

2.2 วิเคราะห์คะแนนจากแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ขณะเรียน โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) แล้วนำคะแนนเฉลี่ยมาคิดเป็นร้อยละ

2.3 วิเคราะห์คะแนนจากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียน โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) แล้วนำค่าคะแนนเฉลี่ยมาเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 2.33	หมายถึง	อยู่ในระดับต่ำ
คะแนนเฉลี่ย	2.34 – 3.66	หมายถึง	อยู่ในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	3.67 – 5.00	หมายถึง	อยู่ในระดับดี

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษานี้กระทำโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 8.0 และโปรแกรมสำเร็จรูป EVANA 404KH20

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองโดยคำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 137)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

1.2 หาค่าคะแนนแปรปรวนของแบบทดสอบ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 142) โดยคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ S^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น และระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (ัญญพวงษ์ เจริญพิทย. 2542 : 235)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
 $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้งหมด
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยากง่าย (Difficulty Index : p) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index : r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบในรายข้อ (Item Analysis) (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 215) โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$p = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ
 R แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก
 N แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

$$r = \frac{R_H - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก
 R_H แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง
 R_L แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน
 N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและอ่อน

2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน สูตรที่ 20 (Kuder-Richardson 20 หรือ K-R 20) (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 228) โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 K แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ
 p แทน สัดส่วนผู้ตอบถูกต่อผู้เข้าสอบทั้งหมด (n)
 q แทน สัดส่วนผู้ตอบผิดต่อผู้เข้าสอบทั้งหมด (n) หรือ 1-p
 S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

2.4 ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach)) (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 226) โดยคำนวณจากสูตร

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	K	แทน	จำนวนข้อของเครื่องมือ
	S_i^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ
	S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ทดสอบสมมติฐานข้อ 1 ของตอนที่ 3 ในการทดสอบค่าที่ (t Value) เป็นข้อมูลที่ได้จากการสอบวัดจากกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน 2 ครั้ง (test-retest or paired measurement) ผลต่างของคะแนนก่อน-หลังใช้ t-test แบบ Correlated Samples or Dependent samples (พวงรัตน์ ธีรรัตน์, 2540 : 165) โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}$$

เมื่อ	$\sum D$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กับคะแนนก่อนใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
	$\sum D^2$	แทน	ผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับคะแนนก่อนใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
	N	แทน	จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

3.2 ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 ของตอนที่ 3 โดยหาค่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง ขณะเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทุกบท แล้วนำค่าคะแนนเฉลี่ยมาคิดเป็นร้อยละ

3.3 ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 ของตอนที่ 3 โดยหาค่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง หลังเรียนครบทุกบท แล้วนำค่าคะแนนเฉลี่ยมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ผู้ศึกษาสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา โดยแบ่งการดำเนินการศึกษาค้นคว้าได้เป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการ

ตอนที่ 2 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้ศึกษาวิเคราะห์ผลตามการดำเนินการศึกษาค้นคว้า ซึ่งได้ผลดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการ

สำหรับการศึกษาค้นคว้าในตอนที่ 1 ผู้ศึกษาได้ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าของจุลินทรีย์ในขั้นต้นและการแยกเชื้อบริสุทธิ์ และการทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าของแบคทีเรียบริสุทธิ์ ผลการทดลองปรากฏผล ดังนี้

1. การศึกษาการทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าในขั้นต้นและการแยกเชื้อบริสุทธิ์

1.1 การทดสอบความสามารถของจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมและโรงฆ่าหมู ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า 3 สี ได้แก่ น้ำสีย้อมคราม 40 ppm., น้ำสีแดงเข้ม 50 ppm. และน้ำสีน้ำเงินเข้ม 60 ppm. โดยเติมเชื้อลงไป 0.2 ml. บ่มที่อุณหภูมิห้อง ปรากฏผลดังตาราง 4

ตาราง 4 ผลการทดสอบความสามารถในการลดสีของจุลินทรีย์ในน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมและโรงฆ่าหมู

สีย้อม	เวลาของการบ่ม (วัน)	น้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อม				น้ำทิ้งจากโรงฆ่าหมู			
		สีย้อมไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ		สีย้อมผ่านการฆ่าเชื้อ		สีย้อมไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ		สีย้อมผ่านการฆ่าเชื้อ	
		ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี
สีดำ	1	เชื้อและสีตกตะกอนอยู่ก้นหลอด ตะกอนเชื้อสีขาวอยู่ข้างล่าง ตะกอนสีดำอยู่ข้างบน น้ำสีเป็นสีเหลืองซีด	+++	เชื้อและสีตกตะกอนอยู่ก้นหลอด ตะกอนเชื้อสีขาวอยู่ข้างล่าง ตะกอนสีดำอยู่ข้างบน น้ำสีเป็นสีใส	++++	เชื้อและสีตกตะกอนอยู่ก้นหลอด ตะกอนเชื้อสีขาวอยู่ข้างล่าง ตะกอนสีดำอยู่บนน้ำสีเป็นสีเทาจาง	++	เชื้อและสีตกตะกอนอยู่ก้นหลอด ตะกอนเชื้อสีขาวอยู่ข้างล่าง ตะกอนสีดำบนน้ำสีเป็นสีเทาจาง	++
	2-3	ลักษณะเหมือนวันที่ 1	+++	ลักษณะเหมือนวันที่ 1	++++	ลักษณะเหมือนวันที่ 1	++	ลักษณะเหมือนวันที่ 1	++
	4-5	เกิดเส้นใยสีขาวบนตะกอนเชื้อและสี	+++	เกิดเส้นใยสีขาวบนตะกอนเชื้อและสี	++++	เกิดเส้นใยสีขาวบนตะกอนเชื้อและสี	++	เกิดเส้นใยสีขาวบนตะกอนเชื้อและสี	++
สีแดง	1	เชื้อและสีตกตะกอนอยู่ก้นหลอด ตะกอนเชื้อสีขาวอยู่ล่าง ตะกอนสีแดงอยู่ข้างบน น้ำสีเป็นสีแดง	+	เชื้อและสีตกตะกอนอยู่ก้นหลอด ตะกอนเชื้อสีขาวอยู่ล่าง ตะกอนสีแดงอยู่ข้างบน น้ำสีเป็นสีแดง	+	เชื้อและสีตกตะกอนอยู่ก้นหลอด ตะกอนเชื้อสีขาวอยู่ล่าง ตะกอนสีแดงอยู่ข้างบน น้ำสีเป็นสีแดง ส้ม	++	เชื้อและสีตกตะกอนอยู่ก้นหลอด ตะกอนเชื้อสีขาวอยู่ล่าง ตะกอนสีแดงอยู่ข้างบน น้ำสีเป็นสีแดง ส้ม	++
	2-5	ลักษณะเหมือนวันที่ 1	+	ลักษณะเหมือนวันที่ 1	+	ลักษณะเหมือนวันที่ 1	++	ลักษณะเหมือนวันที่ 1	++

ตาราง 4 (ต่อ)

สีย้อม	เวลาของการบ่ม (วัน)	น้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อม				น้ำทิ้งจากโรงฆ่าหมู			
		สีย้อมไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ		สีย้อมผ่านการฆ่าเชื้อ		สีย้อมไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ		สีย้อมผ่านการฆ่าเชื้อ	
		ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี
สีน้ำเงิน	1	เชื้อและสีตกตะกอนอยู่ก้นหลอดตะกอนเชื้อสีขาวอยู่ล่างสุดตะกอนสีน้ำเงินอยู่ข้างบนน้ำสีเป็นสีใส	++++	เชื้อและสีตกตะกอนอยู่ก้นหลอดตะกอนเชื้อสีขาวอยู่ล่างสุดตะกอนสีน้ำเงินอยู่ข้างบนน้ำสีเป็นสีใส	++++	เชื้อและสีตกตะกอนอยู่ก้นหลอดตะกอนเชื้อสีขาวอยู่ข้างล่างตะกอนสีน้ำเงินอยู่ข้างบนน้ำสีเป็นสีฟ้าอ่อน	+++	เชื้อและสีตกตะกอนอยู่ก้นหลอดตะกอนเชื้อสีขาวอยู่ข้างล่างตะกอนสีน้ำเงินอยู่ข้างบนน้ำสีเป็นสีฟ้าอ่อน	+++
	2-3	ลักษณะเหมือนวันที่ 1	++++	ลักษณะเหมือนวันที่ 1	++++	ลักษณะเหมือนวันที่ 1	+++	ลักษณะเหมือนวันที่ 1	+++
	4-5	เกิดเส้นใยสีขาวบนตะกอนเชื้อและสี	++++	เกิดเส้นใยสีขาวบนตะกอนเชื้อและสี	++++	ลักษณะเหมือนวันที่ 1	+++	ลักษณะเหมือนวันที่ 1	+++

หมายเหตุ	+	=	ลดสีได้ $\frac{1}{4}$	ของสีในหลอดควบคุม
	++	=	ลดสีได้ $\frac{1}{2}$	ของสีในหลอดควบคุม
	+++	=	ลดสีได้ $\frac{3}{4}$	ของสีในหลอดควบคุม
	++++	=	ลดสีได้ $\frac{4}{4}$	ของสีในหลอดควบคุม

สีดําละลายน้ำจะตกตะกอนลักษณะเม็ดกระดุม, สีแดงและสีน้ำเงินละลายน้ำไม่ตกตะกอน

จากตาราง 4 ผลการทดลองพบว่าจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งทั้ง 2 แหล่งสามารถเจริญได้ในน้ำสีย้อมเกิดการลดสีตั้งแต่วันที่ 1 ของการทดลอง โดยที่จุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมสามารถลดสีน้ำเงินและสีดํได้ดีกว่าจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงฆ่าหมู เกิดการตกตะกอนของเชื้อและสีที่ก้นหลอดน้ำสีเป็นสีใส ส่วนสีแดงเกิดการลดสีเล็กน้อย สำหรับจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงฆ่าหมูสามารถลดสีได้ดีที่สุดคือสีแดง ลดมากกว่าจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมทำให้สีตกตะกอนน้ำสีเป็นสีแดงจางๆ ดังนั้นจึงเลือกจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมที่ลดสีน้ำเงินกับ

สีดำได้ดีและจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงฆ่าหมูที่ลดสีแดงได้ดี (ภาพประกอบ 2) ไปเพาะเลี้ยงเพื่อทดสอบและแยกเชื้อบริสุทธิ์ในขั้นต่อไป

1.2 การทดสอบการย่อยสลายสีย้อมของ *Bacillus* Had 6 และ T5 ในน้ำสีดำเข้มข้น 40 ppm., สีแดงเข้มข้น 50 ppm. และสีน้ำเงินเข้มข้น 60 ppm. โดยเติมเชื้อบริสุทธิ์จากอาหารรูลงไป 2 ลูบ ทำการเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง ปรากฏผลดังตาราง 5

ตาราง 5 ผลการทดสอบความสามารถในการลดสีของเชื้อบริสุทธิ์ *Bacillus* Had 6 และ T5

สีย้อม	เวลาของการบ่ม (วัน)	Had 6				T5			
		สีย้อมไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ		สีย้อมผ่านการฆ่าเชื้อ		สีย้อมไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ		สีย้อมผ่านการฆ่าเชื้อ	
		ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี
สีดำ	1-5	ไม่มีการเจริญของเชื้อ เชื้อตกตะกอนอยู่กันตลอด	-	ไม่มีการเจริญของเชื้อ เชื้อตกตะกอนอยู่กันตลอด	-	เชื้อเจริญแบบกระจายเท่ากันทั้งหลอด	-	เชื้อเจริญแบบกระจายเท่ากันทั้งหลอด	-
สีแดง	1-5	เชื้อเจริญแล้ว ตกตะกอนกันตลอด	+++	ไม่มีการเจริญของเชื้อ เชื้อตกตะกอนอยู่กันตลอด	-	เชื้อเจริญแบบกระจายเท่ากันทั้งหลอด	-	เชื้อเจริญแบบกระจายเท่ากันทั้งหลอด	--
สีน้ำเงิน	1-5	ไม่มีการเจริญของเชื้อ เชื้อตกตะกอนอยู่กันตลอด	-	ไม่มีการเจริญของเชื้อ เชื้อตกตะกอนอยู่กันตลอด	-	เชื้อเจริญแบบกระจายเท่ากันทั้งหลอด	-	เชื้อเจริญแบบกระจายเท่ากันทั้งหลอด	-

หมายเหตุ - = สีไม่ลดลง ความเข้มข้นของสีเท่ากับหลอดควบคุม

+++ = ลดสีได้ $\frac{3}{4}$ ของสีในหลอดควบคุม

สีด่าละลายน้ำจะตกตะกอนลักษณะเม็ดกระดุม, สีแดง และสีน้ำเงิน ละลายน้ำไม่ตกตะกอน

จากตาราง 5 ผลการทดลองพบว่า *Bacillus Had 6* ในน้ำสี ลักษณะเชื้อตกตะกอน แต่ไม่มีการเจริญของเชื้อ ไม่เกิดการลดสีในสีน้ำเงินและสีดำนอกจากนี้ผ่านการฆ่าเชื้อและไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ส่วนในสีแดงมีการเจริญของเชื้อแล้วเชื้อและสีตกตะกอนกันหมด เกิดการลดสีในน้ำสีที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ แต่ในน้ำสีที่ผ่านการฆ่าเชื้อไม่มีการเจริญของเชื้อ เชื้อตกตะกอนอยู่กันหมด ไม่สามารถลดสีได้ ส่วน *Bacillus T5* สามารถเจริญได้ทั้งในน้ำสีดำ สีแดง และสีน้ำเงิน ลักษณะเชื้อเจริญแบบกระจายเท่าทั่วกันทั้งหมด แต่ไม่สามารถลดสีได้ในน้ำสีทั้ง 2 แบบ ของทั้ง 3 สี ดังภาพประกอบ 2



น้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม



น้ำทิ้งโรงฆ่าหมู

*Bacillus Had 6**Bacillus T5*

ภาพประกอบ 2 แสดงความสามารถในการลดสีของจุลินทรีย์ในน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม, น้ำทิ้งโรงฆ่าหมู, *Bacillus Had 6* และ *T5* บ่มไว้ 2 วัน

1.3 การทดสอบการย่อยสลายสีย้อมของจุลินทรีย์จากทั้งสองแหล่งที่ได้จากข้อ 1.1 ในน้ำสีเข้มข้น 60 ppm. ที่ผสมวัน 1.5% โดยใช้ทั้ง 3 สี โดยการดูดน้ำทั้งจากโรงงานฟอกย้อมในสีน้ำเงินและสีดำ หรือดูดน้ำทั้งจากโรงฆ่าหมูในสีแดงมา 1.0 ml. และ 0.1 ml. เพื่อให้ได้ความเจือจางที่ต่างกันตามลำดับเพื่อแยกเชื้อบริสุทธิ์ ผลการทดลองพบดังนี้

การแยกจุลินทรีย์จากหลอดที่มีการลดสีย้อมของน้ำทั้งจากโรงงานฟอกย้อมและโรงฆ่าหมู พบว่ามีจุลินทรีย์หลายชนิดหลายประเภทดำรงชีวิตอยู่ร่วมกันประกอบด้วยกลุ่มพวกฟังไจชนิดเส้นใยและชนิดเซลล์เดี่ยว กลุ่มแบคทีเรียชนิดเส้นใยและแบคทีเรียชนิดจับตัวเป็นกลุ่มโคโลนี โดยที่จุลินทรีย์ในกลุ่มเส้นใยสามารถเจริญบนผิวหน้าวันผสมสีได้ก่อนจุลินทรีย์พวกแบคทีเรีย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ลักษณะจุลินทรีย์ที่พบในน้ำทั้งโรงงานฟอกย้อมที่เจริญบนน้ำสีผสมวัน เป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มที่มีเส้นใยที่เจริญได้เร็วพบบนผิวหน้าวันในวันที่ 1 - 2 ของการบ่มเชื้อแต่กลุ่มแบคทีเรียจะเจริญได้ช้ากว่ากลุ่มของราจะพบบนผิวหน้าวันในวันที่ 4 - 5 ของการบ่มเชื้อ จุลินทรีย์ที่พบมีลักษณะโคโลนีดังนี้

1.1 โคโลนีเส้นใยสีขาวแผ่แบนในวันผิวหน้าเป็นเส้นใยเล็กๆ แห่งๆ สีขาว เจริญบนผิวหน้าวันในวันที่ 2 ของการบ่มเชื้อ โดยที่บริเวณโคโลนีไม่มีสีย้อมเหลืออยู่เลย แต่โคโลนียังคงมีสีเดิมสามารถเจริญขยายออกไปได้เรื่อยๆ บริเวณที่เชื้อเจริญผ่านสีย้อมจะกลายเป็นสีใสของวัน ลดสีได้ในวันที่ 2 ของการเจริญสามารถลดสีได้ดีในวันผสมสีน้ำเงินและสีแดงเกิดโซนใสเห็นชัดเจนในสีน้ำเงิน ส่วนในสีดำไม่เกิดการลดสีแต่สามารถเจริญบนสีดำได้ รหัสชื่อเชื้อนี้ คือ เชื้อ A

1.2 โคโลนีเส้นใยสีขาวฟูไม่หนาแน่นลักษณะกลมแผ่แบน เจริญบนผิวหน้าวันในวันที่ 2 ของการบ่มเชื้อ ในวันตรงกลางโคโลนีมีสีเดียวกับสีย้อมเมื่อเกิดโซนใสรอบโคโลนีเล็กน้อยในวันที่ 4 ของการเจริญ พบเชื้อชนิดนี้เจริญได้มากที่สุดและพบเฉพาะในสีน้ำเงินกับสีดำ ในสีแดงไม่พบการเจริญของเชื้อชนิดนี้ รหัสชื่อเชื้อนี้ คือ A1

1.3 โคโลนีเส้นใยสีขาวฟูอัดแน่นลักษณะกลมทึบ เจริญบนผิวหน้าวันในวันที่ 3 - 4 ของการบ่มเชื้อ ในวันบริเวณกลางโคโลนีมีสีเดียวกับสีย้อมแต่เข้มกว่าโคโลนีข้อ 1.2 เมื่อเกิดโซนใสรอบโคโลนีเล็กน้อยในวันที่ 3 ของการเจริญ พบเจริญได้เฉพาะในสีน้ำเงินแต่สีดำและสีแดงไม่พบการเจริญของเชื้อชนิดนี้ รหัสชื่อเชื้อนี้ คือ A2

1.4 โคโลนีเส้นใยสีขาวฟูแผ่แบนเจริญในวันขยายวงเจริญออกเป็นชั้นๆ เจริญบนผิวหน้าวันในวันที่ 2 ของการบ่มเชื้อ ในวันตรงกลางโคโลนีมีสีเดียวกับสีย้อมเมื่อเกิดโซนใสรอบโคโลนีในวันที่ 3 ของการเจริญ พบเจริญในสีน้ำเงินเท่านั้น รหัสชื่อเชื้อนี้ คือ A3

1.5 โคโลนีค่อนข้างกลมใหญ่มีเมือกสีขาว เจริญบนผิวหน้าวันในวันที่ 4 ของการบ่มเชื้อโคโลนีมีสีเดียวกับสีย้อมเมื่อเกิดโซนใสรอบโคโลนีในวันที่ 2 ของการเจริญ พบเจริญในสีน้ำเงินไม่พบในสีดำและสีแดง รหัสชื่อเชื้อนี้ คือ A4

1.6 โคโลนีค่อนข้างกลมทึบสีน้ำตาลแดงมันวาว เจริญบนผิวหน้าวันในวันที่ 4 ของการบ่มเชื้อโคโลนีมีสีเดียวกับสีย้อมเมื่อเกิดโซนใสรอบโคโลนีทั้ง 3 สี ในวันที่ 2 ของการเจริญแต่สีแดงเห็นชัดเจนที่สุด รหัสชื่อเชื้อนี้ คือ B1

1.7 โคโลนีกลมหนูนสีเหลืองทองมันวาว เจริญบนผิวหน้าวันในวันที่ 4 ของการบ่มเชื้อโคโลนีมีสีเหลืองแต่บริเวณรอบขอบโคโลนีมีสีเดียวกับสีย้อมเมื่อเกิดโซนในรอบโคโลนีทั้ง 3 สี ในวันที่ 2 ของการเจริญแต่สีแดงเห็นชัดเจนมากที่สุด รหัสชื่อเชื้อนี้ คือ B2

1.8 โคโลนีกลมหนูนสีเหลือง เจริญบนผิวหน้าวันในวันที่ 4 ของการบ่มเชื้อ โคโลนีมีสีเหลืองบริเวณรอบขอบโคโลนีมีสีเดียวกับสีย้อมเมื่อเกิดโซนในรอบโคโลนีในทั้ง 3 สี ในวันที่ 2 ของการเจริญแต่สีแดงเห็นชัดเจนที่สุด รหัสชื่อเชื้อนี้ คือ B3

1.9 โคโลนีกลมหนูนสีขาว เจริญบนผิวหน้าวันในวันที่ 4 ของการบ่มเชื้อ โคโลนีมีสีขาวขอบบริเวณรอบขอบโคโลนีมีสีเดียวกับสีย้อมเมื่อเกิดโซนในรอบโคโลนีทั้ง 3 สี ในวันที่ 2 ของการเจริญสีแดงและสีน้ำเงินเห็นชัดเจน รหัสชื่อเชื้อนี้ คือ B4

1.10 โคโลนีกลมหนูนเมือกใสเยิ้ม เจริญบนผิวหน้าวันในวันที่ 4 ของการบ่มเชื้อ โคโลนีมีสีเดียวกับสีย้อมเมื่อเกิดโซนในรอบโคโลนีในสีแดงและสีน้ำเงินของวันที่ 3 ของการเจริญ ซึ่งในสีแดงจะเห็นชัดเจนมากกว่าในสีน้ำเงิน ส่วนสีดำไม่เกิดโซนใสแต่โคโลนีมีสีขาวขอบ รหัสชื่อเชื้อนี้ คือ F1

1.11 โคโลนีรูปร่างไม่แน่นอนเป็นเมือกสีขาวแผ่ใหญ่ เจริญบนผิวหน้าวันในวันที่ 4 ของการบ่มเชื้อ โคโลนีมีสีเดียวกับสีย้อมเมื่อเกิดโซนในรอบโคโลนีในสีแดงและสีน้ำเงินในวันที่ 4 ของการเจริญแต่โซนใสเห็นไม่ชัดเจน ส่วนสีดำโคโลนีสีขาวไม่เกิดโซนใส รหัสชื่อเชื้อนี้ คือ F2

1.12 โคโลนีกลมหนูนใหญ่สีขาวขอบเรียบ เจริญบนผิวหน้าวันในวันที่ 4 ของการบ่มเชื้อโคโลนีมีสีเดียวกับสีย้อมเมื่อเกิดโซนในรอบโคโลนีในสีแดงและสีน้ำเงินในวันที่ 4 ของการเจริญแต่โซนใสเห็นไม่ชัดเจน ส่วนสีดำโคโลนีมีสีขาวไม่เกิดโซนใส รหัสชื่อเชื้อนี้ คือ F3

1.13 โคโลนีกลมหนูนเล็กสีขาว เจริญบนผิวหน้าวันในวันที่ 5 ของการบ่มเชื้อโคโลนีมีสีเดียวกับสีย้อมเมื่อเกิดโซนในรอบโคโลนีในสีแดงและสีน้ำเงินในวันที่ 4 ของการเจริญแต่โซนใสเห็นไม่ชัดเจน ส่วนสีดำโคโลนีสีขาวไม่เกิดโซนใส รหัสชื่อเชื้อนี้ คือ F4

2. ลักษณะจุลินทรีย์ที่พบในน้ำทิ้งโรงฆ่าหมูที่เจริญบนน้ำสีผสมวุ้น พบว่าจุลินทรีย์ที่เจริญขึ้นมานั้นมีลักษณะโคโลนีและการเจริญเหมือนกับการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม กล่าวคือ จุลินทรีย์ในกลุ่มเส้นใยจะเจริญได้เร็วกว่ากลุ่มแบคทีเรีย จุลินทรีย์ที่พบมีลักษณะโคโลนีดังนี้

2.1 โคโลนีเส้นใยสีน้ำตาลแผ่เป็นแฉกลักษณะคล้ายรูปดาว บริเวณขอบรอบๆ เป็นสีน้ำตาลเข้ม เจริญบนผิวหน้าวันในวันที่ 1 ของการบ่มเชื้อ ไม่เกิดโซนในรอบโคโลนี พบเจริญในสีน้ำเงินเท่านั้น รหัสชื่อเชื้อนี้ คือ A5

2.2 โคโลนีกลมเล็กน้อยเมือกสีขาว เจริญบนผิวหน้าวันในวันที่ 4 ของการบ่มเชื้อโคโลนีมีสีเดียวกับสีย้อมเมื่อเกิดโซนใสในวันที่ 2 ของการเจริญในสีแดงจะเห็นโซนใสชัดเจน ส่วนในสีน้ำเงินและสีดำไม่เกิดโซนใสโคโลนีมีสีขาวขอบ รหัสชื่อเชื้อนี้ คือ P1

2.3 โคโลนีลักษณะเดียวกับเชื้อชื่อ A ที่พบในน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม

2.4 โคโลนีลักษณะเดียวกับเชื้อชื่อ A1 ที่พบในน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม

2.5 โคโลนีลักษณะเดียวกับเชื้อชื่อ A2 ที่พบในน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม

2.6 โคโลนีลักษณะเดียวกับเชื้อชื่อ A4 ที่พบในน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม

2.7 โคโลนีลักษณะเดียวกับเชื้อชื่อ B3 ที่พบในน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม

2.8 โคโลนีลักษณะเดียวกับเชื้อชื่อ B4 ที่พบในน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม

2.9 โคโลนีลักษณะเดียวกับเชื้อชื่อ F2 ที่พบในน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม

2.10 โคโลนีลักษณะเดียวกับเชื้อชื่อ F3 ที่พบในน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม

2.11 โคโลนีลักษณะเดียวกับเชื้อชื่อ F4 ที่พบในน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม

จากผลการทดลองข้างต้นได้พบจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งทั้งสองแหล่งที่มีลักษณะคล้ายกัน ในกลุ่มพวกสร้างเส้นใยนำมาย้อมสีแลคโตฟีนอล และในกลุ่มที่ไม่สร้างเส้นใยให้ย้อมสีแกรม จากนั้นนำไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์เพื่อจำแนกชนิดของจุลินทรีย์ในเบื้องต้น พบผลดังนี้

1. จุลินทรีย์ที่มีเส้นใย (Mycelium) บนสัผสมวุ้น ได้แก่

1.1 เชื้อรหัส A1 เป็นรา เส้นใยมีผนังกัน (Septate) สร้างโคนินเดี่ยวต่อกันเป็นลูกโซ่ ลักษณะโคนินเดี่ยวเรียวยาวไม่ชิดติดกันมากนัก สามารถกลดสีย้อมได้

1.2 เชื้อรหัส A2 เป็นราลักษณะเส้นใยคล้ายกับ A1 แต่ลักษณะโคนินเดี่ยวมีขนาดใหญ่กว่า สามารถกลดสีย้อมได้

1.3 เชื้อรหัส A3 เป็นราลักษณะเส้นใยคล้ายกับ A1 แต่ลักษณะโคนินเดี่ยวเล็กเรียวยาวและอยู่ชิดติดกันหนาแน่นกว่า สามารถกลดสีย้อมได้

1.4 เชื้อรหัส A4 เป็นยีสต์ที่อยู่เป็นเซลล์เดี่ยวรูปร่างกลมรีรูปไข่ สามารถกลดสีย้อมได้

1.5 เชื้อรหัส A5 เป็นราเส้นใยมีผนังกัน มีก้าน (columella) ชูอับสปอร์มีอับสปอร์ตรงปลาย ไม่สามารถกลดสีย้อม

2. จุลินทรีย์พวกแบคทีเรีย ได้แก่

2.1 เชื้อรหัส A อยู่ในกลุ่มแบคทีเรีย เซลล์มีลักษณะคล้ายพวกกรามเป็นเส้นใยหึงงอแตกแขนง และเป็นท่อนสั้นๆ ขนาดเล็กๆ สามารถกลดสีย้อมได้ดีและเร็วที่สุด (ภาพประกอบ 4)

2.2 เชื้อรหัส B1 อยู่ในกลุ่มแบคทีเรียลักษณะเซลล์รูปร่างค่อนข้างกลมเล็ก อยู่เดี่ยวๆ ย้อมติดสีแกรมบวก สามารถกลดสีย้อมได้

2.3 เชื้อรหัส B2 อยู่ในกลุ่มแบคทีเรียลักษณะเซลล์รูปร่างกลม อยู่เดี่ยวๆ และเป็นกลุ่มคล้ายพวกองุ่น ย้อมติดสีแกรมบวก สามารถกลดสีย้อมได้

2.4 เชื้อรหัส B3 อยู่ในกลุ่มแบคทีเรียลักษณะเซลล์รูปร่างท่อนเล็กเรียวยาว ย้อมติดสีแกรมบวก สามารถกลดสีย้อมได้

2.5 เชื้อรหัส B4 อยู่ในกลุ่มแบคทีเรียลักษณะเซลล์รูปร่างท่อนยาว เอนโดสปอร์อยู่กลางเซลล์ ย้อมติดสีแกรมบวก สามารถกลดสีย้อมได้

2.6 เชื้อรหัส F1 อยู่ในกลุ่มแบคทีเรียลักษณะเซลล์รูปร่างท่อนยาว เอนโดสปอร์ท่อนใส ย้อมติดสีแกรมบวก สามารถกลดสีย้อมได้

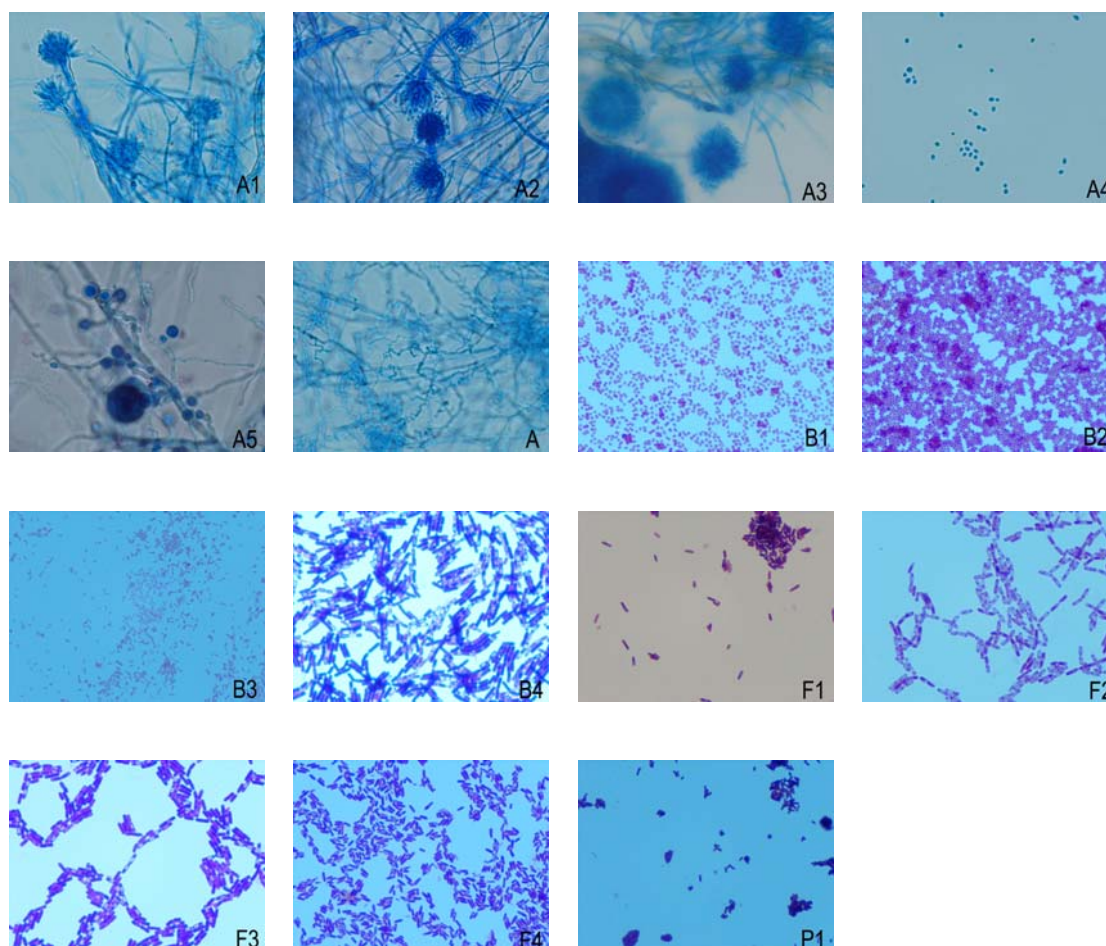
2.7 เชื้อรหัส F2 อยู่ในกลุ่มแบคทีเรียลักษณะเซลล์รูปร่างท่อนยาว เอนโดสปอร์พองกลางเซลล์ ย้อมติดสีแกรมบวก สามารถกลดสีย้อมได้

2.8 เชื้อรหัส F3 อยู่ในกลุ่มแบคทีเรียลักษณะเซลล์รูปร่างท่อนยาว เอนโดสปอร์อยู่กลางเซลล์ ย้อมติดสีแกรมบวก สามารถดัดสีย้อมได้

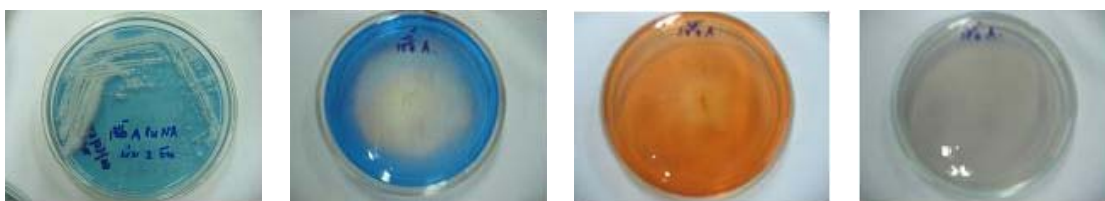
2.9 เชื้อรหัส F4 อยู่ในกลุ่มแบคทีเรียลักษณะเซลล์รูปร่างท่อนยาว เอนโดสปอร์อยู่ปลายเซลล์ ย้อมติดสีแกรมบวก สามารถดัดสีย้อมได้

2.10 เชื้อรหัส P1 อยู่ในกลุ่มแบคทีเรียลักษณะเซลล์รูปร่างท่อนสั้น เอนโดสปอร์อยู่กลางเซลล์ ย้อมติดสีแกรมบวก สามารถดัดสีย้อมได้

จากผลการทดลองข้างต้นจุลินทรีย์ที่พบจากน้ำทิ้งทั้ง 2 แหล่ง ได้แก่ จุลินทรีย์พวงรา 5 ชนิด และพวกแบคทีเรีย 10 ชนิด (ภาพประกอบ 3) ซึ่งผู้ศึกษาได้นำแบคทีเรียบริสุทธิ์ที่สามารถดัดสีย้อมได้ ซึ่งได้แก่ เชื้อรหัส A, B1, B2, B3, B4, F1, F2, F3, F4 และ P1 ไปทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสี ย้อมในน้ำสีเข้มข้นในขั้นต่อไปอีกครั้ง



ภาพประกอบ 3 ลักษณะจุลินทรีย์ที่พบในน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมและโรงฆ่าหมู



ภาพประกอบ 4 แสดงความสามารถในการลดสีของเชื้อ A บนอาหารแข็ง

2. การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมของแบคทีเรียบริสุทธิ์

2.1 เมื่อนำเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ที่ได้จากข้อ 1.3 มาเชื้อละ 2 ลูบ ใส่ลงในน้ำสีเข้มข้น 60 ppm. ทั้ง 3 สี สีละ 5 ml. โดยทำการเปรียบเทียบในน้ำสีที่ผ่านการฆ่าเชื้อกับไม่ฆ่าเชื้อ มีหลอดควบคุมที่ไม่เติมเชื้อ บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 48 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตาราง 6

ตาราง 6 ผลการทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมของแบคทีเรียบริสุทธิ์

รหัสเชื้อ	เวลาของการบ่ม (วัน)	น้ำสีไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ/ผ่านการฆ่าเชื้อ	น้ำสีน้ำเงิน 60 ppm.		น้ำสีแดง 60 ppm.		น้ำสีดำ 60 ppm.	
			ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี
A	1	ไม่ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญเหนือตะกอนสีขาวกันหลอดเป็นสีขาวขุ่น สีตกตะกอนเล็กน้อยที่ก้นหลอด	+	เชื้อเจริญเหนือตะกอนสีขาวกันหลอดเป็นสีขาวขุ่น น้ำสีจางลง	++	เชื้อเจริญจากกันหลอดแต่น้ำสีไม่เปลี่ยนแปลง	-
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	+	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	++	เชื้อเจริญเหนือตะกอนสีขาวกันหลอดเป็นสีขาวขุ่น สีตกตะกอนเล็กน้อยที่ก้นหลอด	+
	2	ไม่ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญเหนือตะกอนเชื้อสีขาวที่ก้นหลอดมากขึ้น สีตกตะกอนกันหลอดมากขึ้น	++	เชื้อเจริญเหนือตะกอนเชื้อสีขาวที่ก้นหลอดมากขึ้น น้ำสีจางลง	+++	เชื้อเจริญจากกันหลอดแต่น้ำสีไม่เปลี่ยนแปลง	-
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	++	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	+++	เหมือนวันที่ 1	+

ตาราง 6 (ต่อ)

รหัสเชื้อ	เวลาของการบ่ม (วัน)	น้ำสีไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ/ผ่านการฆ่าเชื้อ	น้ำสีน้ำเงิน 60 ppm.		น้ำสีแดง 60 ppm.		น้ำสีดำ 60 ppm.	
			ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี
A	3	ไม่ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญเหนือตะกอนเชื้อสีขาวที่ก้นหลอดเพิ่มมากขึ้น สีตกตะกอนก้นหลอดมากขึ้น	++	เชื้อเจริญเหนือตะกอนเชื้อสีขาวที่ก้นหลอดเพิ่มมากขึ้น น้ำสีจางลง	+++	เชื้อเจริญ แล้ว สีตกตะกอนก้นหลอดเล็กน้อย	+
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	++	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	+++	เชื้อเจริญแล้วน้ำสีจางลงเล็กน้อย	++
	4	ไม่ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญขุ่นเหนือตะกอนเชื้อที่ก้นหลอดมากขึ้น ผิวหน้าบนสุดมีเชื้อสีขาวลอยอยู่ ผิวน้ำสีตกตะกอนก้นหลอดมากขึ้น	+++	เชื้อเจริญขุ่นเหนือตะกอนเชื้อที่ก้นหลอดมากขึ้น ผิวหน้าบนสุดมีเชื้อสีขาวลอยอยู่ ผิวน้ำ น้ำสีจางลง	++++	เชื้อเจริญ ผิวหน้าบนสุดมีเชื้อสีขาวลอยอยู่ ผิวน้ำสีตกตะกอนก้นหลอดมากขึ้น	++
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	+++	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	++++	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	+++
	5	ไม่ฆ่าเชื้อ	ลักษณะเหมือนวันที่ 4	+++	ลักษณะเหมือนวันที่ 4	++++	ลักษณะเหมือนวันที่ 4	++
		ฆ่าเชื้อ	ลักษณะเหมือนวันที่ 4	+++	ลักษณะเหมือนวันที่ 4	++++	ลักษณะเหมือนวันที่ 4	++++

ตาราง 6 (ต่อ)

รหัสเชื้อ	เวลาของการบ่ม (วัน)	น้ำสีไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ/ผ่านการฆ่าเชื้อ	น้ำสีน้ำเงิน 60 ppm.		น้ำสีแดง 60 ppm.		น้ำสีดำ 60 ppm.	
			ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี
B1	1 - 3	ไม่ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญแบบกระจายเท่ากันทั้งหมด	-	เชื้อเจริญแบบกระจายเท่ากันทั้งหมด	-	เชื้อเจริญแบบกระจายเท่ากันทั้งหมด	-
		ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญแบบกระจายเท่ากันทั้งหมด	-	เชื้อเจริญแบบกระจายเท่ากันทั้งหมด	-	เชื้อเจริญแบบกระจายเท่ากันทั้งหมด	-
	4 - 5	ไม่ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับวันที่ 1	-	เชื้อเจริญแบบกระจายเท่ากันทั้งหมด มีตะกอนเชื้อและสีตกตะกอนที่ก้นหลอด	++	เหมือนกับวันที่ 1	-
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับวันที่ 1	-	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	++	เหมือนกับวันที่ 1	-
	1 - 3	ไม่ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญขุ่น สีเหลือง กระจายขึ้นมาเล็กน้อยจากตะกอนเชื้อที่ก้นหลอด ส่วนบนสุดเป็นสีปกติ	-	เชื้อเจริญแบบขุ่น กระจายเท่าทั่วกันทั้งหมด	-	เชื้อเจริญขุ่นสีน้ำตาลกระจายขึ้นมาจากตะกอนเชื้อที่ก้นหลอด ส่วนบนสุดเป็นสีปกติ	-
		ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญแล้วตกตะกอนที่ก้นหลอด	-	เชื้อเจริญขุ่นแดง เข้มที่บริเวณเหนือตะกอนเชื้อและสีที่ก้นหลอด ข้างบนสุดเป็นสีแดงจาง	+	เชื้อเจริญขุ่นสีน้ำตาลกระจายขึ้นมาเล็กน้อยจากตะกอนเชื้อที่ก้นหลอด ส่วนบนสุดเป็นสีปกติ	-
B2								

ตาราง 6 (ต่อ)

รหัสเชื้อ	เวลาของการบ่ม (วัน)	น้ำสีไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ/ผ่านการฆ่าเชื้อ	น้ำสีน้ำเงิน 60 ppm.		น้ำสีแดง 60 ppm.		น้ำสีดำ 60 ppm.	
			ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี
B2	4 - 5	ไม่ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับวันที่ 3	-	เชื้อเจริญแบบขุ่นกระจายทั่ว $\frac{3}{4}$ ของหลอด สีและเชื้อตกตะกอนกันหลอดเล็กน้อย	+	เหมือนกับวันที่ 3	-
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับวันที่ 3	-	เหมือนกับวันที่ 3	+++	เหมือนกับวันที่ 3	-
B3	1 - 3	ไม่ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญเป็นสีเหลืองกระจายขึ้นมาจากตะกอน เชื้อสีเหลืองที่อยู่กันหลอด ส่วนที่เหลือบนสุดเป็นสีฟ้าจาง	++	เชื้อเจริญขึ้นมาจากตะกอนเชื้อที่อยู่กันหลอด เชื้อและสีตกตะกอนกันหลอด	-	เชื้อเจริญขึ้นสีน้ำตาลขึ้นมาจากตะกอนเชื้อที่อยู่กันหลอด ส่วนที่เหลือเป็นน้ำสีปกติ	-
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	++	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	-	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	-
	4 - 5	ลักษณะเหมือนวันที่ 3 แต่สีที่ส่วนบนสุดเป็นสีปกติ	เหมือนกับวันที่ 3	++	เชื้อเจริญขึ้นมาจากตะกอนเชื้อที่อยู่กันหลอด และมีสีตกตะกอนที่กันหลอด	+	เหมือนกับวันที่ 3	-
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับวันที่ 3	++	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	+	เชื้อเจริญขึ้นสีน้ำตาลดำขึ้นมาเล็กน้อยจากตะกอนเชื้อที่อยู่กันหลอด ส่วนบนสุดเป็นสีปกติ	-

ตาราง 6 (ต่อ)

รหัสเชื้อ	เวลาของการบ่ม (วัน)	น้ำสีไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ/ผ่านการฆ่าเชื้อ	น้ำสีน้ำเงิน 60 ppm.		น้ำสีแดง 60 ppm.		น้ำสีดำ 60 ppm.	
			ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี
B4	1	ไม่ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญแบบขุ่นกระจายเท่ากันทั้งหลอดเชื้อเริ่มตกตะกอนเล็กน้อย	-	เชื้อเจริญแบบขุ่นกระจายเท่ากันทั้งหลอดเชื้อและสีตกตะกอนเล็กน้อยที่ก้นหลอด	-	เชื้อเจริญแบบขุ่นกระจายเท่ากันทั้งหลอดเชื้อและสีเริ่มตกตะกอนสู่ก้นหลอด	-
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	-	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	-	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	-
B4	2	ไม่ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับวันที่ 1	-	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	+	เหมือนกับวันที่ 1	++
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับวันที่ 1	-	เชื้อเจริญแบบขุ่นกระจายเท่ากันเชื้อและสีเริ่มตกตะกอนสู่ก้นหลอดส่วนบนสุดเริ่มเป็นสีจาง	+	เชื้อเจริญแบบขุ่นกระจายเท่ากันเชื้อและสีเริ่มตกตะกอนสู่ก้นหลอด ส่วนบนเริ่มเป็นสีจาง	+
	3	ไม่ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับวันที่ 1	-	เหมือนกับวันที่ 2	++	เหมือนกับวันที่ 2	++
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับวันที่ 2	-	เหมือนกับวันที่ 2	++	เหมือนกับวันที่ 2	++
	4 - 5	ไม่ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับวันที่ 3	-	เหมือนกับวันที่ 3	+++	เหมือนกับวันที่ 2	++++
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนันวันที่ 3	-	เหมือนกับวันที่ 3	+++	เหมือนกับวันที่ 2	++++
F1	1 - 5	ไม่ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญขุ่นกระจายแบบเท่ากันทั้งหลอด	-	เชื้อเจริญขุ่นกระจายแบบเท่ากันทั้งหลอดมีเชื้อและสีตกตะกอนที่ก้นหลอด	+++	เชื้อเจริญขุ่นกระจายแบบเท่ากันทั้งหลอด	-

ตาราง 6 (ต่อ)

รหัสเชื้อ	เวลาของการบ่ม (วัน)	น้ำสีไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ/ผ่านการฆ่าเชื้อ	น้ำสีน้ำเงิน 60 ppm.		น้ำสีแดง 60 ppm.		น้ำสีดำ 60 ppm.	
			ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี	ลักษณะการเจริญของเชื้อ	การลดลงของสี
F2	1	ไม่ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญขึ้นกระจายทั่วหลอด เชื้อตกตะกอนกันหมด	-	เชื้อเจริญแล้วตกตะกอนกันหมด บริเวณตะกอนเชื้อมีสีแดงเข้ม ส่วนบนขึ้นมามีสีแดงจางๆ	+	เชื้อเจริญกระจายแบบเท่ากันทั้งหลอด เชื้อและสีตกตะกอนกันหมด	+++
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	-	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	+	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	+++
	2 - 5	ไม่ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญขึ้นกระจายแบบเท่ากันทั้งหมด	-	เชื้อเจริญขึ้นกระจายแบบเท่ากันทั้งหมด เชื้อและสีตกตะกอนอยู่กันหมด	+++	เชื้อเจริญขึ้นเล็กน้อยมีตะกอน เชื้อลอยกระจายอยู่ในน้ำสีเล็กน้อย เชื้อและสีตกตะกอนอยู่กันหมด	++++
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	-	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	+++	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	++++
	1 - 5	ไม่ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญกระจายทั่วหลอดมีบางส่วนเป็นตะกอนลอยอยู่ในน้ำสี บางส่วนตกตะกอนกันหมด	-	เชื้อเจริญกระจายทั่วหลอดมีตะกอนลอยอยู่เล็กน้อยในน้ำสี บางส่วนตกตะกอนอยู่กับสีที่กันหมด	+++	เชื้อเจริญกระจายทั่วหลอดมีตะกอนลอยอยู่เล็กน้อยในน้ำสี บางส่วนตกตะกอนอยู่กับสีที่กันหมด	++++
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	-	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	+++	เหมือนกับในไม่ฆ่าเชื้อ	++++

ตาราง 6 (ต่อ)

รหัสเชื้อ	เวลาของการบ่ม (วัน)	น้ำสีไม่ผ่าน การฆ่าเชื้อ/ ผ่านการฆ่า เชื้อ	น้ำสีน้ำเงิน 60 ppm.		น้ำสีแดง 60 ppm.		น้ำสีดำ 60 ppm.	
			ลักษณะการเจริญ ของเชื้อ	การ ลดลง ของสี	ลักษณะการเจริญ ของเชื้อ	การ ลดลง ของสี	ลักษณะการเจริญ ของเชื้อ	การ ลดลง ของสี
F4	1 - 5	ไม่ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญขึ้น ขาวกระจาย ขึ้นมาจากตะกอน เชื้อที่อยู่กัน หลุด แล้ว กระจายทั่ว เท่ากันทั้งหมด	-	เชื้อเจริญขึ้น กระจายแบบทั่ว เท่ากันทั้งหมด มีเชื้อและสี ตกตะกอนที่ก้น หลุด	+++	เชื้อเจริญขึ้น ขาวกระจาย ขึ้นมาจากตะกอน เชื้อที่อยู่กัน หลุด แล้ว กระจายทั่ว เท่ากันทั้งหมด	-
		ฆ่าเชื้อ	เหมือนกับในไม่ ฆ่าเชื้อ	-	เหมือนกับในไม่ ฆ่าเชื้อ	+++	เหมือนกับในไม่ ฆ่าเชื้อ	-
P1	1 - 5	ไม่ฆ่าเชื้อ	เชื้อเจริญกระจาย แบบเท่ากันทั้ง หลุด	-	เชื้อเจริญแบบขึ้น กระจายเท่ากัน ทั้งหมดแล้วเชื้อ และสีตกตะกอน ที่ก้นหลุด	++	เชื้อเจริญกระจาย แบบเท่ากันทั้ง หลุด	-

หมายเหตุ	-	=	ไม่เกิดการลดสี	$\frac{1}{4}$	
	+	=	ลดสีได้	$\frac{1}{4}$	ของสีในหลอดควบคุม
	++	=	ลดสีได้	$\frac{1}{2}$	ของสีในหลอดควบคุม
	+++	=	ลดสีได้	$\frac{3}{4}$	ของสีในหลอดควบคุม
	++++	=	ลดสีได้	$\frac{4}{4}$	ของสีในหลอดควบคุม

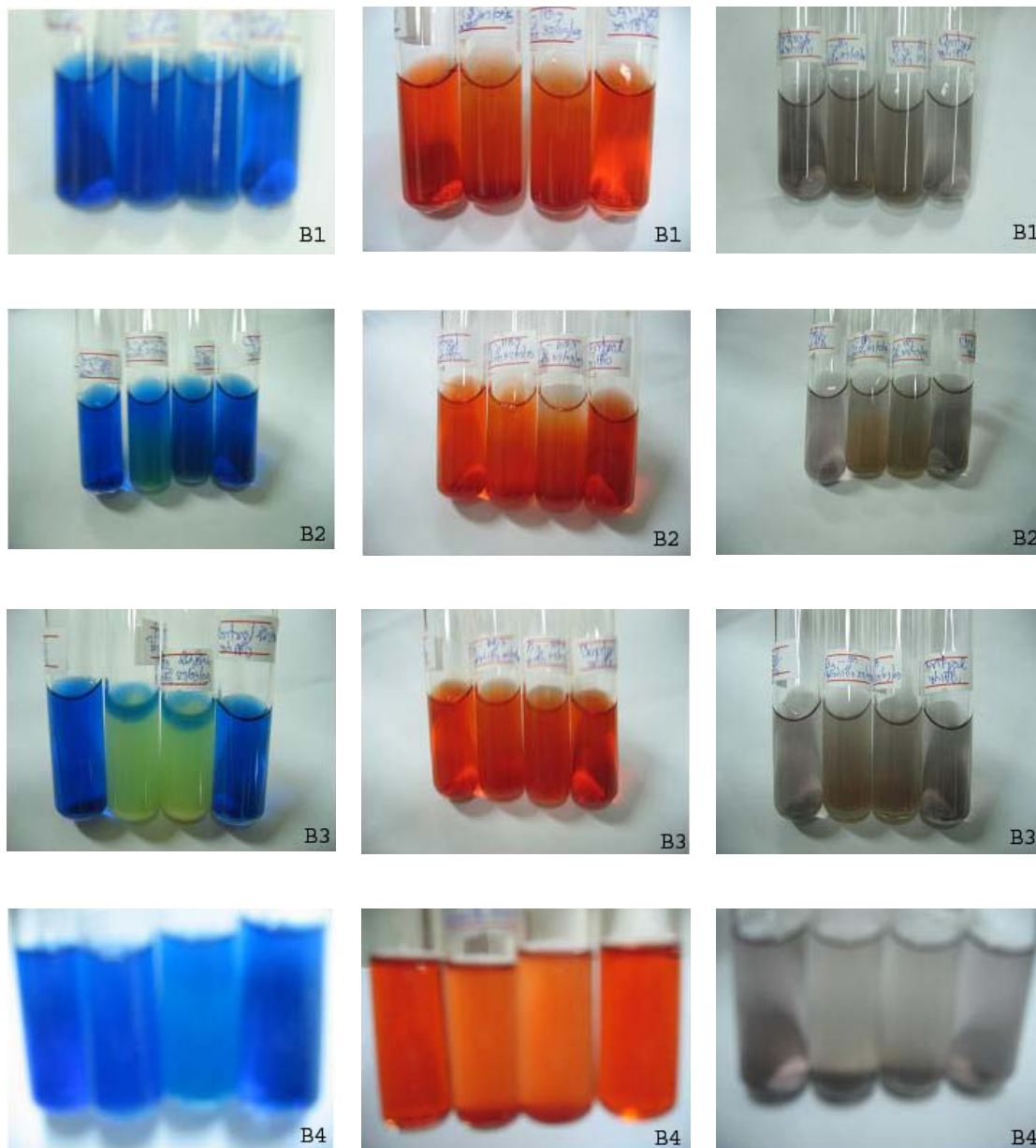
สีดำนละลายน้ำจะตกตะกอนลักษณะเม็ดกระดุม, สีแดงและสีน้ำเงินละลายน้ำไม่ตกตะกอน

จากตาราง 6 ผลการทดลองพบว่าแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ในน้ำสีขุ่นและเกิดการลดสีขุ่นได้ สามารถจำแนกตามความสามารถในการลดสีของสีขุ่นแต่ละสีได้ดังนี้

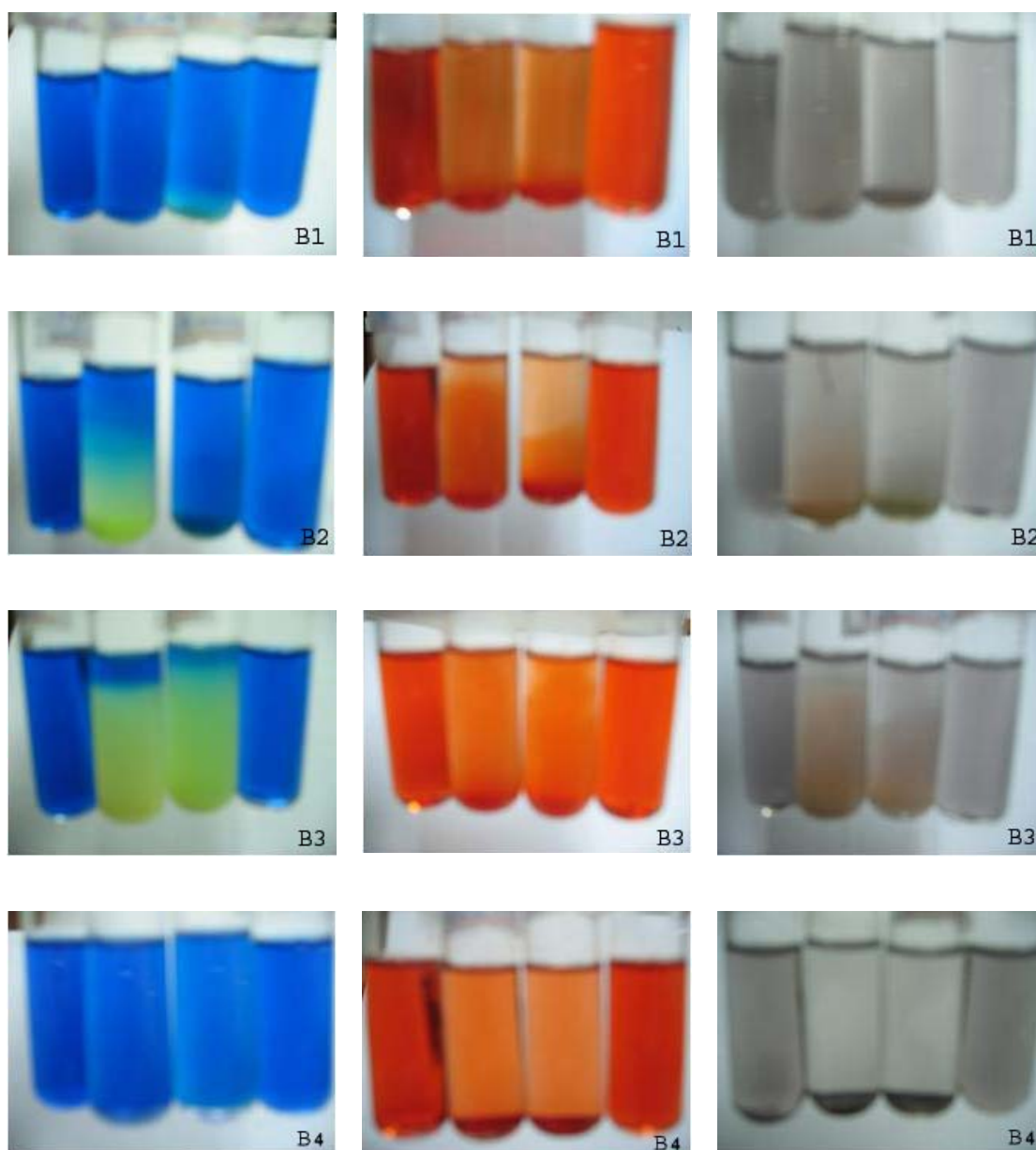
1. แบคทีเรียที่สามารถลดสีน้ำเงินได้ คือ แบคทีเรียรหัส A และ B3
2. แบคทีเรียที่สามารถลดสีแดงได้ คือ แบคทีเรียรหัส A, B1, B2, B3, B4, F1, F2, F3, F4 และ P1
3. แบคทีเรียที่สามารถลดสีดำได้ คือ แบคทีเรียรหัส A, B4, F2 และ F3

จากผลการทดลองข้างต้นจะพบว่าแบคทีเรียที่สามารถลดสีของน้ำสีทั้ง 3 สีได้ คือ แบคทีเรียรหัส A และแบคทีเรียที่สามารถลดสีน้ำเงินกับสีแดงได้ คือ แบคทีเรียรหัส A และ B3 และแบคทีเรียที่สามารถลดสีแดงกับสีดำได้ คือ แบคทีเรียรหัส A, B4, F2 และ F3 ดังภาพประกอบ 5 - 9 ตามลำดับ

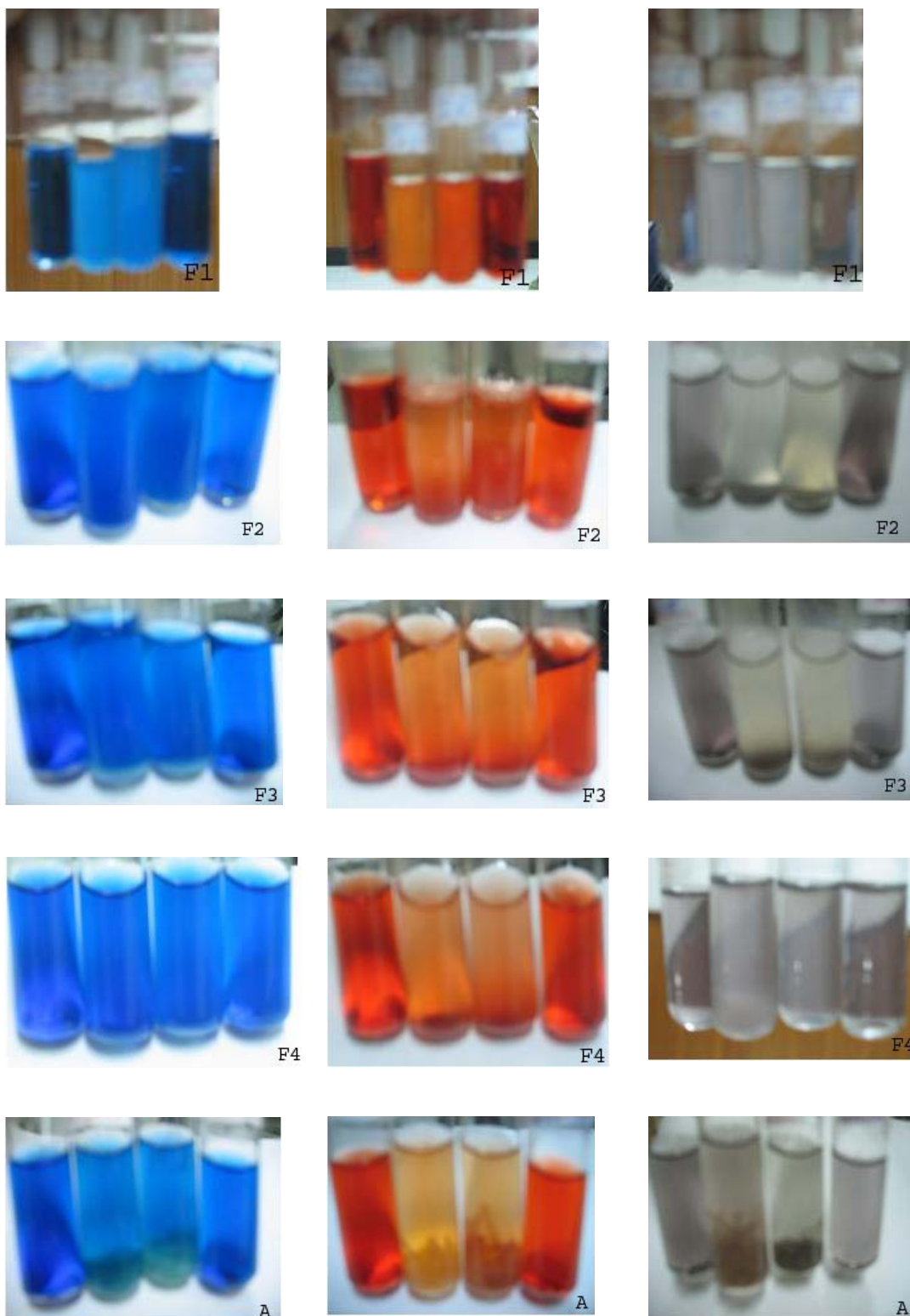
2.2 นำเชื้อบริสุทธิ์ทั้งในกลุ่มราและกลุ่มแบคทีเรียทุกชนิดที่พบทั้งหมดมาทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อม ทั้ง 3 สี ในน้ำสีเข้มข้น 60 ppm. รวมกันซ้ำอีกครั้งหนึ่งผลปรากฏว่าเชื้อผสมสามารถลดสีได้ดีเกิดการลดสีตั้งแต่วันที่ 1 ของการทดลองสามารถลดสีย้อมได้ทั้ง 3 สี ดังภาพประกอบ 9



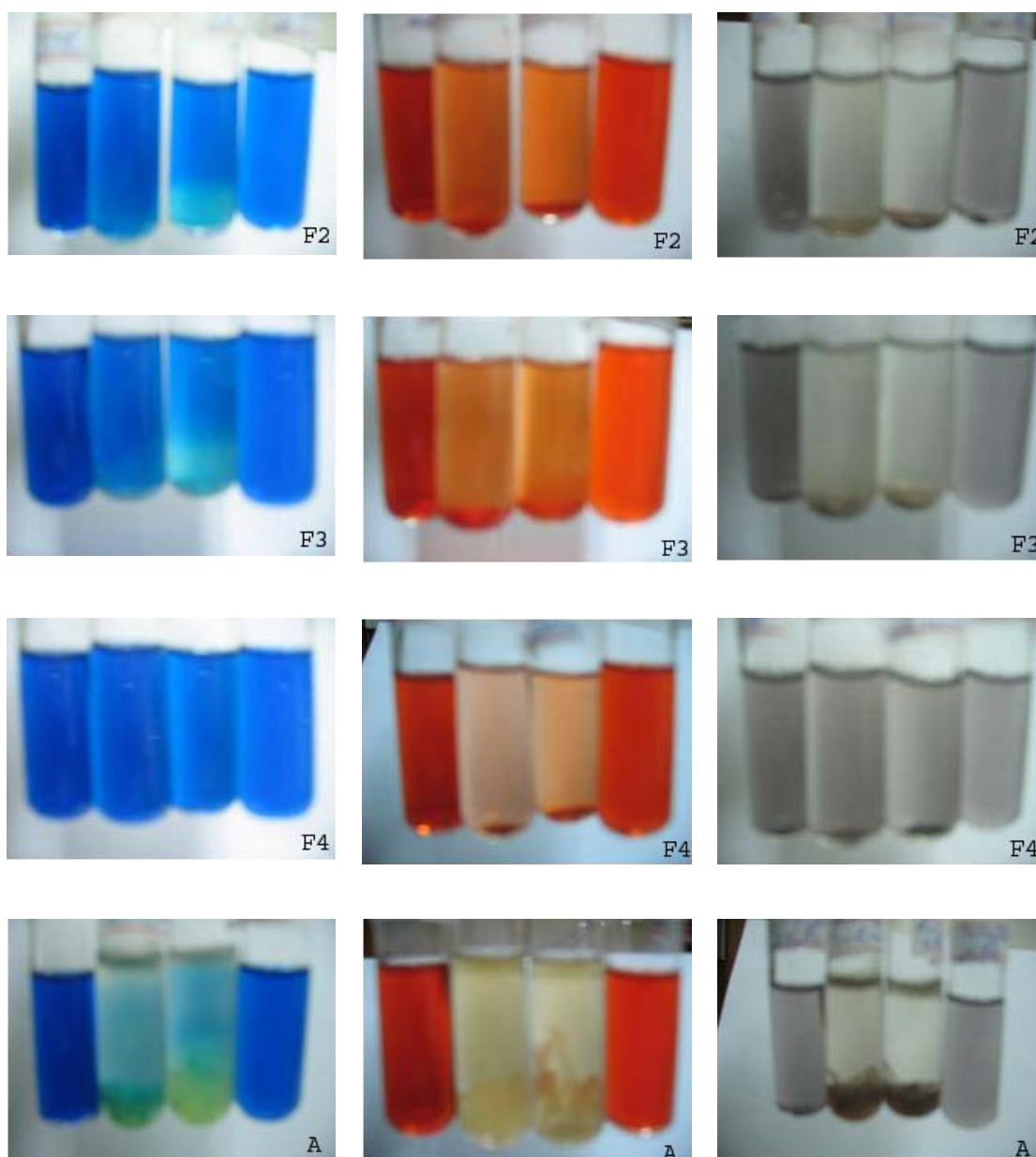
ภาพประกอบ 5 แสดงความสามารถในการลดสีของเชื้อ B1 - B4 บ่มไว้ 2 วัน



ภาพประกอบ 6 แสดงความสามารถในการลดสีของเชื้อ B1 - B4 ป่มไว้ 8 วัน



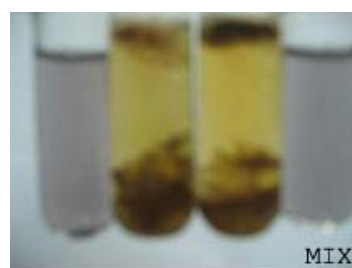
ภาพประกอบ 7 แสดงความสามารถในการลดสีของเชื้อ F1 - F4 และ A บ่มไว้ 2 วัน



ภาพประกอบ 8 แสดงความสามารถในการลดสีของเชื้อ F2 - F4 และ A บ่มไว้ 9 วัน



บ่ม 2 วัน



บ่ม 8 วัน

ภาพประกอบ 9 แสดงความสามารถในการลดสีของเชื้อ P1 และเชื้อผสมทุกตัว บ่มไว้ 2 วัน และ 8 วัน

ตอนที่ 2 การพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ในการพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ครั้งนี้ได้ทำการพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยนำผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของผู้ศึกษามาพัฒนา ได้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 5 บท ดังนี้

- บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 การศึกษาชนิดและสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์
 - บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการถ่ายเชื้อโดยเทคนิคปลอดเชื้อ
 - บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 การย้อมสีแบคทีเรียแบบแกรมและการแยกเชื้อแบคทีเรียให้บริสุทธิ์
 - บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าของจุลินทรีย์บนอาหารแข็งและในอาหารเหลว
 - บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 5 การตรวจผลและการสรุปผล
- บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4

ผู้ศึกษานำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประเมินคุณภาพและความเหมาะสมในการนำไปใช้สำหรับสอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ช่วง ซึ่งมีน้ำหนักคะแนนตั้งแต่ 1 – 5 ผู้ศึกษานำระดับการประเมินมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยในแต่ละส่วนและจัดระดับตามค่าเฉลี่ย เป็น 5 ระดับ คือ

ค่าเฉลี่ย	1.00 – 1.80 หมายถึง	ควรปรับปรุง
ค่าเฉลี่ย	1.81 – 2.60 หมายถึง	พอใช้
ค่าเฉลี่ย	2.61 – 3.40 หมายถึง	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	3.41 – 4.20 หมายถึง	ดี
ค่าเฉลี่ย	4.21 – 5.00 หมายถึง	ดีมาก

ค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จากผู้เชี่ยวชาญปรากฏดังตาราง 7

ตาราง 7 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา โดยผู้เชี่ยวชาญ

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน					
	ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์		บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์		รายงานผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และคำถามท้ายการทดลอง	
	ค่าเฉลี่ย	ระดับการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ระดับการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ระดับการประเมิน
1	4.15	ดี	4.27	ดีมาก	4.43	ดีมาก
2	4.11	ดี	4.28	ดีมาก	4.27	ดีมาก
3	4.04	ดี	4.47	ดีมาก	4.67	ดีมาก
4	4.11	ดี	4.37	ดีมาก	4.43	ดีมาก
5	4.11	ดี	3.73	ดี	3.73	ดี
ภาพรวม	4.10	ดี	4.22	ดีมาก	4.31	ดีมาก

ภาพรวมทั้งหมด ค่าเฉลี่ย 4.21 ผลการประเมินคุณภาพทุกบทปฏิบัติการ อยู่ในระดับ ดีมาก

จากตาราง 7 การประเมินคุณภาพ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา จำนวน 5 บท จากผู้เชี่ยวชาญ โดยแต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ รายงานผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และคำถามท้ายการทดลอง พบว่า ผลการประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทั้ง 5 บท อยู่ในระดับดีมาก แสดงว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการสอนได้

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ผู้ศึกษานำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 โรงเรียนสาริตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) กรุงเทพมหานคร เพื่อศึกษาดังนี้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
2. ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
3. เจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏผลดังนี้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ทำการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยเมื่อนำผลคะแนนเฉลี่ยในแต่ละทักษะจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา มาเปรียบเทียบปรากฏผลดังตาราง 8

ตาราง 8 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ จากการทดลองก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	คะแนนสอบก่อนเรียน (N = 10)		คะแนนสอบหลังเรียน (N = 10)		t	p
	$\bar{X}$	S.D	$\bar{X}$	S.D		
1. การสังเกต	2.90	0.57	4.00	0.47	6.128**	.000
2. การวัด	2.10	0.74	3.00	1.06	4.129**	.003
3. การจำแนกประเภท	3.00	0.94	3.50	0.71	1.464	.177
4. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	3.40	1.17	3.70	0.57	1.342	.213
5. การตั้งสมมติฐาน	3.40	0.52	4.20	0.63	3.207*	.011
6. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	3.20	1.23	4.20	0.63	2.372*	.042
7. การทดลอง	4.50	0.53	4.70	0.48	1.500	.168
8. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	2.90	0.57	4.00	0.82	4.714**	.001
ภาพรวม	3.18	1.02	3.98	0.78	5.988**	.000

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 8 คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนผลการเปรียบเทียบกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในด้าน การสังเกต การวัด การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนในด้านการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การจำแนกประเภท การทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยภาพรวม พบว่าคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้วัดทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนขณะที่นักเรียนเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทุกบท โดยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นแบบประเมินจากสภาพจริง แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 อันดับซึ่งมีน้ำหนักคะแนน ตั้งแต่ 1 – 3 โดยประเมินพฤติกรรม 3 ด้าน คือ

1. การวางแผนการทดลอง
2. การปฏิบัติการทดลอง แบ่งเป็น 3 ด้านได้แก่
 - 2.1 เทคนิคการทดลอง
 - 2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง
 - 2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ
3. การจัดทำรายงานผลการทดลอง

ผลคะแนนเฉลี่ยทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ปรากฏดังตาราง 9

ตาราง 9 คะแนนเฉลี่ยทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการประเมินโดยสภาพจริง โดยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ขณะที่นักเรียนเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในแต่ละบท

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	คะแนนเฉลี่ย						คิดเป็นร้อยละ
	รายการที่ประเมิน					รวมเฉลี่ย	
	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2			ด้านที่ 3		
		2.1	2.2	2.3			
1	3.00	2.40	3.00	3.00	3.00	2.88	96.00
2	3.00	2.70	3.00	2.70	3.00	2.88	96.00
3	2.70	3.00	3.00	2.30	3.00	2.80	93.33
4	3.00	3.00	2.70	2.00	3.00	2.74	91.33
5	3.00	3.00	2.30	3.00	3.00	2.86	95.33
ภาพรวม	2.94	2.82	2.80	2.60	3.00	2.83	94.33

จากตาราง 9 คะแนนเฉลี่ยของทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์จากการประเมินโดยสภาพจริง โดยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละพบว่า การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ทุกบทนักเรียนมีทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 80 กล่าวคือ คะแนนเฉลี่ยทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 96.00, 96.00, 93.33,

91.33 และ 95.33 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์โดยรวมทุกบท นักเรียนมีทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 94.33

3. เจตคติของนักเรียนที่มีต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา โดยใช้แบบสอบถามวัดเจตคติต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา จำนวน 30 ข้อ กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน โดยพิจารณาโดยรวมในการแสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกใน 2 ด้าน คือ

1. ความรู้สึกนึกคิดที่มีต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีจำนวนข้อคำถาม 10 ข้อ
2. การแสดงออกของนักเรียนที่มีต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ด้าน คือ
 - 2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนรู้ทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีจำนวนข้อคำถาม 10 ข้อ
 - 2.2 การเห็นประโยชน์ของทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีจำนวนข้อคำถาม 10 ข้อ

ผู้ศึกษาได้คำนวณคะแนนเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนที่มีต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และกำหนดเป็นเกณฑ์ในการประเมินเจตคติของนักเรียนที่มีต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 2.33	หมายถึง	อยู่ในระดับต่ำ
คะแนนเฉลี่ย	2.34 – 3.66	หมายถึง	อยู่ในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	3.67 – 5.00	หมายถึง	อยู่ในระดับดี

ผลคะแนนเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนที่มีต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้ จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปรากฏดังตาราง 10

ตาราง 10 คะแนนเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนที่มีต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

เจตคติของนักเรียนที่มีต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	ค่าเฉลี่ย	การแปลผล
1. ความรู้สึกนึกคิดที่มีต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.39	อยู่ในระดับดี
2. การแสดงออกต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์		อยู่ในระดับดี
2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนรู้ทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	3.97	อยู่ในระดับดี
2.2 การเห็นประโยชน์ของทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.18	อยู่ในระดับดี
ภาพรวม	4.18	อยู่ในระดับดี

จากตาราง 10 คะแนนเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนที่มีต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา อยู่ในระดับดี เมื่อแยกเจตคติของนักเรียนที่มีต่อท

ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนมีความรู้สึกรักคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนรู้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

การพัฒนาศักยภาพปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ผลการศึกษาค้นคว้าสามารถสรุปได้ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้ศึกษาทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้ศึกษาขอสรุปผลการทดลอง ดังนี้

จุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมและโรงฆ่าหมูสามารถย่อยสลายสีย้อมผ้าในน้ำสีดาเข้มข้น 40 ppm., น้ำสีแดงเข้มข้น 50 ppm. และน้ำสีน้ำเงินเข้มข้น 60 ppm. ได้ดี โดยสามารถลดสีตั้งแต่วันที่ 1 ของการทดลอง โดยจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมสามารถลดสีได้ดีกว่าจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงฆ่าหมู เพราะสามารถลดสีน้ำเงินและสีดาได้ดีที่สุดเชื้อและสีตกตะกอนอยู่กันตลอดน้ำสีกลายเป็นสีใส ส่วนสีแดงสามารถลดสีได้เล็กน้อย ส่วนจุลินทรีย์จากโรงฆ่าหมูสามารถลดสีได้ดีเฉพาะน้ำสีแดงซึ่งมากกว่าจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม แต่ในน้ำสีน้ำเงินและสีดาลดสีได้น้อยกว่า จึงเลือกเฉพาะจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมในหลอดสีน้ำเงินกับสีดา และสีแดงจากน้ำทิ้งโรงฆ่าหมูที่มีการเจริญของเชื้อแล้วทำให้สีตกตะกอนลงกันตลอดไปทดสอบและแยกเชื้อบริสุทธิ์ต่อ ส่วน *Bacillus Had 6* ไม่สามารถเจริญในน้ำสีน้ำเงินกับสีดาจึงไม่สามารถลดสีในน้ำสีทั้งสองสีได้ แต่ในสีแดงเชื้อนี้สามารถเจริญและลดสีได้เฉพาะน้ำสีที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อเท่านั้น โดยเชื้อเจริญแล้วตกตะกอนกันตลอดทำให้สีตกตะกอนสู่กันตลอดด้วยเช่นกัน และ *Bacillus T5* สามารถเจริญได้ในน้ำสีทั้ง 3 สี แต่ไม่ตกตะกอน จากผลการทดลองผู้ศึกษาสรุปผลว่าไม่ควรจะนำเชื้อ *Bacillus Had 6* และ *T5* ไปใช้ในการลดสีย้อมในน้ำเสียโดยลำพัง แต่อาจจะนำไปใช้ร่วมกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้จุลินทรีย์บำบัดสีย้อมจากน้ำเสียได้

จากการแยกเชื้อบริสุทธิ์ในอาหารวันพบว่า จุลินทรีย์ที่พบจากน้ำทิ้งทั้ง 2 แหล่งมีหลายชนิดดำรงชีวิตอยู่ร่วมกัน มีทั้งชนิดที่สามารถลดสีได้และชนิดที่ไม่สามารถลดสีย้อมอาศัยอยู่ร่วมกันซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่ม มีทั้งชนิดที่สามารถลดสีย้อมผสมวันสีได้ ได้แก่ เชื้อ A1 - A4 และที่ไม่สามารถลดสีย้อมได้มี 1 ชนิด ได้แก่ เชื้อ A5 ซึ่ง เจริญอยู่ร่วมกัน และ 2) กลุ่มแบคทีเรียที่พบมี 3 ลักษณะ ได้แก่ 2.1) ลักษณะการเจริญคล้ายราแต่เป็นแบคทีเรียชนิดหนึ่ง ได้แก่ เชื้อ A สามารถลดสีได้ดีทั้ง 3 สี 2.2) แบคทีเรียอีกลักษณะหนึ่งที่พบมากที่สุดจากทั้ง 2 แหล่ง มีลักษณะเซลล์เป็นท่อน ย้อมติดสีแกรมบวก มี 7 ชนิด ได้แก่ เชื้อ F1, F2, F3, F4, B3, B4 และ P1 ซึ่งเชื้อ แบคทีเรียกลุ่มนี้บางชนิดสามารถลดสีได้เพียงหนึ่งหรือสองสีเท่านั้น และ 2.3) แบคทีเรียที่มีลักษณะเซลล์ ค่อนข้างกลมเล็กพบ 2 ชนิด ได้แก่ B1 และ B2 ซึ่งทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถลดสีได้ดีเฉพาะในสีแดงเท่านั้นและเป็นแบคทีเรียที่พบเฉพาะจากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม

จึงได้คัดเลือกแบคทีเรียที่สามารถลดสีย้อมได้ไปทดสอบในการลดสีย้อมในน้ำสีเข้มข้นซ้ำอีกครั้งในการทดสอบขั้นต่อไป ได้แก่ เชื้อ A, เชื้อ B1 - B4, เชื้อ F1 - F4 และเชื้อ P1 พบว่าแบคทีเรียที่สามารถลดสีย้อมในน้ำสีน้ำเงินได้ ได้แก่ เชื้อ A และ B3 แบคทีเรียที่สามารถลดสีย้อมในน้ำสีดาได้ ได้แก่ เชื้อ A, B4, F2, และ F3, และแบคทีเรียที่สามารถลดสีย้อมในน้ำสีแดงได้ ได้แก่ เชื้อ A, เชื้อ B1 - B4, เชื้อ F1 - F4 และเชื้อ P1 จะเห็นว่าแบคทีเรียที่สามารถลดสีย้อมในน้ำสีทั้ง 3 สีได้ คือ เชื้อ A เท่านั้น ซึ่งส่วนใหญ่แต่ละชนิดสามารถลดสีได้บางสีเท่านั้นมีส่วนน้อยที่สามารถลดสีย้อมได้ถึง 2 สี ได้แก่ เชื้อ B3 ลดสีในน้ำสีน้ำเงินกับสีแดง

ได้ส่วน เชื้อ F2 และ F3 สามารถกลดสีในน้ำสีแดงกับสีดำได้ จึงสรุปผลได้ว่า แบคทีเรียทุกชนิดที่สามารถกลดสี ย้อมผสมกันได้ สามารถเจริญเติบโตในน้ำผสมสีย้อมผ้าได้และสามารถกลดสีย้อมในน้ำสีได้เช่นเดียวกัน แต่ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสีแตกต่างกันตามชนิดของเชื้อและประเภทของสีย้อม ส่วนผลการเปรียบเทียบการกลดสีในน้ำสีที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อกับน้ำสีที่ผ่านการฆ่าเชื้อ พบว่าผลการกลดสีไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อนำเชื้อบริสุทธิ์ทุกชนิดที่แยกได้มาผสมกันและทดสอบการย่อยสลายน้ำสี พบว่าจุลินทรีย์ผสมสามารถเจริญและกลดสีย้อมได้ตั้งแต่วันที่ 1 ของการทดลอง สรุปได้ว่า จุลินทรีย์ทุกชนิดต้องดำรงชีวิตอยู่ร่วมกัน จึงจะช่วยให้เกิดการกลดสีได้ดีที่สุด ถ้าขาดตัวใดตัวหนึ่งไปความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมจะลดลงตามไปด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการย่อยสลายสีย้อมของ จุลินทรีย์จากน้ำทิ้งทั้ง 2 แหล่งขึ้นอยู่กับจำนวนชนิดและสัดส่วนของจุลินทรีย์แต่ละชนิดด้วย

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของผู้ศึกษา สรุปได้ว่า ผลการทดลองใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าในกลุ่มแบคทีเรียสามารถย่อยสลายสีย้อมผ้าได้ และสามารถนำผลการทดลองไปพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในตอนี่ 2 ได้

ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ได้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาจำนวน 5 บท ในแต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ รายงานผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และคำถามท้ายการทดลอง พร้อมคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เมื่อนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ทั้ง 5 บทปฏิบัติการ ที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประเมินคุณภาพและความเหมาะสมในการนำไปใช้สำหรับสอน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ผลการประเมินพบว่า ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 บท อยู่ในระดับดีมาก

ดังนั้นสรุปได้ว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพและความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในโรงเรียนได้

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ผู้ศึกษาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน เพื่อศึกษา

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ผลการศึกษาพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ผลการศึกษาพบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทุกบทสูงกว่าร้อยละ 80 กล่าวคือ คะแนนเฉลี่ยทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 96.00, 96.00, 93.33, 91.33 และ 95.33 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยรวมทุกบท นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 94.33

เจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ผลการศึกษาพบว่า คะแนนเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา อยู่ในระดับดี เมื่อแยกเจตคติของนักเรียนเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนมีความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนรู้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับดี

อภิปรายผล

เนื่องจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนั้นผู้ศึกษาทำการอภิปรายผลเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้ศึกษาทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สามารถอภิปรายผลการทดลอง ดังนี้

จากการทดลองในการทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าของจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมและโรงฆ่าหมูในชั้นต้นพบว่าเมื่อใส่น้ำทิ้งที่มีจุลินทรีย์หลายประเภทหลายชนิดอาศัยอยู่ลงไปทดสอบในน้ำผสมสีย้อม ปรากฏว่าจุลินทรีย์ต่างๆ ที่อยู่ใต้น้ำทิ้งสามารถเจริญได้ในน้ำสีและทำให้น้ำสีที่มีสีเข้มข้นเปลี่ยนเป็นน้ำสีใสตั้งแต่วันที่ 1 ของการทดลอง เพราะจุลินทรีย์สามารถใช้ น้ำสีเป็นอาหารในการเจริญเติบโตแล้วทำให้เกิดการตกตะกอนของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ตามมาเนื่องจากสีย้อมถูกจุลินทรีย์บางประเภทย่อยสลายหรือทำให้อนุเล็กลงหรือโครงสร้างของสีย้อมเปลี่ยนแปลงไปทำให้จุลินทรีย์ประเภทอื่นสามารถกินหรือดูดซับสีย้อม ทำให้สีย้อมตกตะกอนไปกับเชื้อจุลินทรีย์เหล่านั้น เป็นผลทำให้น้ำสีจึงน่าสนใจที่จะนำไปทดลองในขั้นต่อไป เพราะการใช้จุลินทรีย์ต่างๆ มาช่วยทำให้เกิดการตกตะกอนจะง่ายต่อการบำบัดน้ำเสียในขั้นต่อไปได้สะดวกและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในขั้นต่อมาได้ทดลองแยกเชื้อบริสุทธิ์จากตัวอย่างที่ลดสีได้ดีที่สุดจากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมและโรงฆ่าหมูพบว่าจุลินทรีย์หลายประเภทหลายชนิดมีทั้งเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรียอยู่ในน้ำตัวอย่าง ซึ่งเราที่พบว่าสามารถลดสีได้ มี 3 ชนิด และยีสต์ 1 ชนิด ส่วนพวกแบคทีเรียที่เจริญคล้ายราสามารถลดสีได้ พบ 1 ชนิด และพบแบคทีเรียที่เซลล์มีลักษณะเป็นท่อน (rod) มีเอนโดสปอร์เป็นแบคทีเรียที่พบมากที่สุด 7 ชนิด เป็นแบคทีเรียที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดีเพราะพบว่ามีโครงสร้างเอนโดสปอร์ เพื่อช่วยให้แบคทีเรียมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น สารเคมีในน้ำทิ้ง ทำให้สามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ดี แบคทีเรีย B1 - B4, เชื้อ F1 - F4 และเชื้อ P1 สามารถเจริญบนวุ้นผสมสีย้อมและในน้ำกลั่นที่ผสมสีย้อมได้ ซึ่งสีย้อมที่ใช้ทดสอบเป็นสีสังเคราะห์ที่มีโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลสีเป็นสารประกอบพวกอะโรมาติกที่ย่อยสลายได้ยาก (กฤษณา ชูติมา. 2542 : 737; มนตรี จุฬาววัฒนทล; และคณะ. 2530 : 535-536; รัชนี้ รุกขชาติ. 2548 : ออนไลน์) จากการทดลองแบคทีเรียสกุลนี้สามารถเจริญบนสีย้อมผสมวุ้นได้และเกิดโซนใสรอบโคโลนีของแบคทีเรียหรือบริเวณที่มีการย่อยสลายสีย้อม โดยสีของโคโลนีจะมีสีเดียวกับสีย้อมและสามารถลดสีในน้ำสีได้เช่นกัน ดังนั้นแสดงว่าแบคทีเรียทั้งหมด ที่ใช้ทดสอบสามารถย่อยสลายดูดซับหรือเปลี่ยนรูปของมวลสารต่างๆ มาใช้เป็นอาหารเพื่อการเจริญได้ สำหรับเชื้อ A ย่อยสลายสีย้อมที่ผสมวุ้นและในน้ำผสมสีย้อม พบว่า แบคทีเรียชนิดนี้สามารถเจริญได้ดีและรวดเร็ว เกิดการลดสีย้อมได้ดีในการทดสอบในน้ำสีทั้ง 2 แบบ โดยการเจริญเติบโตในสีย้อมที่ผสมวุ้นจะเจริญได้ดีและลดสีได้รวดเร็วในสีน้ำเงินและสีแดงตามลำดับ เกิดโซนใสรอบๆ โคโลนีของแบคทีเรีย และโคโลนีของเชื้อนี้ยังคงมีสีเดิมไม่ได้เกิดการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด แต่ในสีดำเชื้อนี้จะสามารถเจริญ

ได้รวดเร็วเช่นกันแต่ไม่เกิดการลดสี ส่วนในการทดสอบในน้ำผสมสีย้อม แบบที่เรียสกุลนี้สามารถเจริญได้และสามารถลดสีได้ในน้ำสีทั้ง 3 สี และในน้ำสีทั้ง 2 แบบ เกิดการลดสีเหมือนกัน ทำให้เกิดการตกตะกอนได้ดีที่สุด แสดงว่าแบคทีเรียชนิดนี้สามารถย่อยสลายสีย้อมที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนได้ดีกว่าแบคทีเรียชนิดอื่นๆ ที่พบในการศึกษาครั้งนี้และสามารถนำไปใช้ในการกำจัดสีย้อมออกจากน้ำทิ้งน้ำเสียได้ จากรายงานบางฉบับ พบว่ามีจุลินทรีย์หลายชนิดที่สามารถย่อยสลายสีย้อมหรือทำลายโครงสร้างส่วนที่เป็นวงอะโรมาติกของสีย้อมได้ ดังเช่น เชื้อรา เช่น *Aspergillus oryzae* M-2-3, *Geotrichum candidum* Dec 1 (Yasushi; et al. 1999 : Online), *Aspergillus foetidus* (Sumathi and Manju. 2001 : Online), *Trametes hirsuta* (Elias; et al. 2000 : Online), *Paecilomyces Variotii* (Rajamohan and Karthikeyan. 2004 : Online), *Bjerkandera adusta* (Martina; et al. 2005. Online), และเชื้อแบคทีเรีย เช่น *Bacillus sp.* Strain SF (Jurgen; et al. 2003 : Online), และเชื้อในกลุ่มแอคติโนมัยสิท เช่น *Streptomyces spp.* (Pasti-Grigsby; et al. 1992 : Online), *Streptomyces chromofuscus* A11 (Maria; et al. 1996 : Online), *Xanthobacter flavus* 14p1 (Spiess; et al. 1995 : Online).

สำหรับการทดลองที่เปรียบเทียบการลดสีในน้ำสีที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อกับน้ำสีที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ผลการทดลองพบว่า การลดสีในน้ำสีทั้ง 2 แบบไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากในขั้นตอนการเตรียมน้ำสีที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อจะเป็นการการต้มน้ำกลั่นที่ผสมผงสีย้อมเพื่อใช้ความร้อนทำให้สีละลายดี ซึ่งความร้อนนี้เป็นอุณหภูมิที่สูงดังนั้นน้ำสีที่ได้อาจเป็นน้ำสีที่ผ่านการฆ่าเชื้อเหมือนกัน จึงทำให้ผลการลดสีของน้ำสีทั้ง 2 แบบไม่มีความแตกต่าง นอกจากนี้การใช้ น้ำกลั่นผสมสีย้อมโดยไม่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อในการทดสอบการย่อยสลายสีของจุลินทรีย์ในครั้งนี้เพื่อแสดงให้เห็นว่าไม่มีอาหารอย่างอื่นให้จุลินทรีย์ จุลินทรีย์ต่างๆ ที่เจริญได้แสดงว่าสามารถใช้สีย้อมเป็นอาหารได้ ซึ่งทำให้เกิดการย่อยสลายสีย้อมได้โดยตรงและรวดเร็วยิ่งขึ้น เพราะถ้ามีสารอาหารสมบูรณ์อยู่ในแหล่งน้ำมาก ๆ จุลินทรีย์จะเลือกย่อยสลายสารอาหารที่ย่อยง่ายและจำเป็นต่อการเจริญก่อนเป็นอันดับแรก จะเลือกย่อยสลายสารประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อนที่หลังสุดหรือเมื่ออยู่ในสภาวะที่ขาดอาหารแล้วเท่านั้น ดังนั้นจึงเลือกใช้ น้ำกลั่นผสมสีย้อมเพื่อทดสอบการย่อยสลายสีย้อมได้โดยตรงไม่มีสารอาหารตัวอื่นมาเป็นตัวแปรที่จะส่งผลกระทบต่อผลการทดสอบ

นอกจากนี้จากผลการทดลองพบว่า เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบทั้งหมด สามารถลดสีย้อมที่ใช้ทดสอบในครั้งนี้ได้ดีที่สุดคือสีแดง ส่วนสีดำและสีน้ำเงิน สามารถลดสีได้ตามลำดับ เพราะสีแดงเป็นสีเบสิกมีโครงสร้างทางเคมีในกลุ่มสีอะโซ (Azo) มีโครงสร้างทางเคมีของสีเป็นโมโนอะโซ (Monoazo) (Colour index third edition. 1971. 1 : 1636) และมีประจุบวกเมื่อเกิดการแตกตัวในน้ำจึงง่ายต่อการย่อยสลายของแบคทีเรียทำให้โครงสร้างของสีย้อมถูกทำลายได้ง่าย จึงเกิดการลดสีได้ดี ส่วนสีดำเป็นสีไดเรคมีโครงสร้างทางเคมีในกลุ่มสีอะโซ แต่มีความซับซ้อนของโครงสร้างทางเคมีมากขึ้นเพราะเป็นกลุ่มทริอะโซ (Trisazo) (Colour index third edition. 1971. 2 : 2455) และมีประจุลบเมื่อเกิดการแตกตัวในน้ำ จึงทำให้แบคทีเรียย่อยสลายสีย้อมในกลุ่มนี้ได้ยากมากยิ่งขึ้น ส่วนสีน้ำเงินเป็นสีรีแอคทีฟที่มีโครงสร้างทางเคมีในกลุ่มสีอะโซ (Colour index third edition; Second Revision. 1982. 7 : 7216) ซึ่งตัวสีจะมีอะตอมฮาโลเจนชนิดคลอรีนทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ในโมเลกุลและมีประจุลบที่ละลายน้ำได้ เป็นสีย้อมที่มีโครงสร้างทางเคมีที่เป็นพื้นฐานเหมือนกับสีอีก 2 ชนิด แต่สีรีแอคทีฟมีกลุ่มเคมีหมู่ ไตรอะซีนิล (Triazinyl) ที่เรียกว่า ไซยานูริกคลอไรด์ (Cyanuric chloride) เพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยากับเส้นใยอยู่เป็นสำคัญ (มณฑา โกเฮง. 2536 : 42) และมีส่วนที่ทำปฏิกิริยาของสีหรือหมู่ของไวในการทำปฏิกิริยาในการ

ติดสีได้ดีและรวดเร็ว (Colourway. 2002.40 May-June : 55) ซึ่งอาจทำให้แบคทีเรียที่ใช้ทดสอบย่อยสลายสีย้อมชนิดนี้ได้เล็กน้อย หรือบางชนิดไม่สามารถย่อยสลายสีย้อมชนิดนี้ได้

จากการทดสอบขั้นสุดท้ายพบว่า เมื่อใช้แบคทีเรียบริสุทธิ์เพียงชนิดเดียวทดสอบการย่อยสลายสีย้อม จะเกิดการลดสีได้ช้าและไม่ดีเท่ากับการใช้จุลินทรีย์ทุกประเภทหรือทุกชนิดที่พบมาทดสอบการย่อยสลายสีย้อมร่วมกัน ซึ่งเมื่อใส่ทุกเชื้อผสมลงไปทดสอบจะเกิดการลดสีตั้งแต่วันที่ 1 ของการทดลองเหมือนกับการทดลองในครั้งแรก แต่ลักษณะการสลดสีและเกิดการตกตะกอนของสีแตกต่างกัน โดยการทดลองในขั้นต้นที่ใช้จุลินทรีย์จากน้ำทิ้งทั้ง 2 แหล่ง ทดสอบการลดสีจะเกิดการลดสีได้ดีกว่า มีการตกตะกอนของสีได้รวดเร็วกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำทิ้งทั้ง 2 แหล่งอาจมีมากกว่าที่ผู้ศึกษาพบในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาในขั้นตอนการแยกเชื้อบริสุทธิ์หรือสัดส่วนปริมาณของจุลินทรีย์ผสมในธรรมชาติเหมาะสมกว่าเชื้อที่ผสมเองในการทดสอบครั้งที่สอง การเจริญของจุลินทรีย์แต่ละชนิดอาจมีผลกระทบซึ่งกันและกัน หรือการใช้ปัจจัยต่างๆ ร่วมกันเพื่อใช้ในการย่อยสลายสารประกอบเพื่อใช้เป็นอาหาร จึงทำให้เกิดการลดสีได้รวดเร็วและดีที่สุด ซึ่งถ้าขาดตัวใดตัวหนึ่งไปความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมจะลดลงไปด้วย จึงทำให้ผลในการใช้เชื้อทุกตัวที่พบทดสอบการลดสีอีกครั้งเกิดการลดสีได้ไม่ดีเท่ากับในครั้งแรก นอกจากนี้แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ทุกชนิดที่ใช้ทดสอบต้องดำรงชีวิตอยู่ร่วมกันมีปฏิสัมพันธ์กันทั้งแบบช่วยเหลือกัน แบบเป็นกลาง หรือแบบทำอันตรายกันเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในชุมชน จุลินทรีย์ที่ประกอบด้วยประชาจุลินทรีย์หลายๆ ประเภทอาศัยอยู่รวมกันจัดเป็นระบบนิเวศที่แข็งแกร่งและสมบูรณ์สามารถต้านทานและปรับตัวเองได้ดีในการสนองตอบต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้ (มันสิน ตันกุล เวศม์. 2542 : 2/21) ซึ่งจะพบว่าจุลินทรีย์จากแหล่งน้ำทิ้งทั้ง 2 แหล่งสามารถเจริญได้ในน้ำสีย้อมแสดงให้เห็นว่ามีการปรับตัวและใช้อาหารจากแหล่งที่อยู่ใหม่เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เหมือนกับอยู่ในสภาพธรรมชาติจริงในแหล่งน้ำทิ้งน้ำเสียบำบัดน้ำเสียต่างๆ

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในการศึกษครั้งนี้ สรุปได้ว่าผลการทดลองการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าในกลุ่มแบคทีเรียสามารถย่อยสลายสีย้อมผ้าได้ และสามารถนำผลการทดลองไปพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาได้

ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้ศึกษาขออภิปรายผลดังนี้

เมื่อนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 บท ที่ผู้ศึกษาพัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประเมินโดยใช้แบบประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พบว่าค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก อาจเป็นผลเนื่องจากสาเหตุต่อไปนี้

ประการแรก การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ได้พัฒนาจากพื้นฐานการทดลองทางจุลชีววิทยาในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้คำนึงถึงความเหมาะสมของการทดลอง ความปลอดภัยในการทำปฏิบัติการ อุปกรณ์และสารเคมีมีวิธีการใช้ไม่ซับซ้อนสะดวกต่อการใช้งาน ช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองไม่มาก เหมาะกับระดับชั้นที่ใช้ในการเรียนการสอน ในส่วนของเนื้อหาครอบคลุมความรู้เฉพาะเรื่องการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าโดยสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าวิจัยเพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมได้ อีกทั้งเป็นประโยชน์เป็นผลให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีความสมบูรณ์ในด้านเนื้อหาเฉพาะเรื่องมากยิ่งขึ้น

ประการที่สอง การพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา มีความสอดคล้องกับสภาพการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันเกี่ยวกับหลักสูตรที่ เน้นส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์แก้ปัญหา และมีจิตสำนึกต่อการรักษาสีสิ่งแวดล้อมของชุมชนและ ประเทศชาติ นักเรียนสามารถถ่ายโยงความรู้ที่ได้จากการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ต่อตนเองและชุมชนได้ สอดคล้องกับคำกล่าวของสุเทพ อุตสาหะ (2526 : 68) ที่ว่าประโยชน์ของการสอน แบบปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์นักเรียนได้ประสบการณ์ตรง ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ใช้วิธีการ ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้ นอกจากนี้ยังทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และการเรียน การสอนวิทยาศาสตร์

ประการที่สาม บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา แต่ละบทประกอบด้วยใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หลักการ จุดประสงค์ เวลาที่ใช้ อุปกรณ์และสารเคมี วิธีดำเนินการทดลอง แบบรายงานผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และคำถามท้าย การทดลอง ซึ่งมีองค์ประกอบโดยรวมเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการเรียนการสอน อีกทั้งบท ปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นการสอนที่เน้นปฏิบัติการทดลอง สามารถจูงใจให้นักเรียนสนใจกิจกรรมปฏิบัติการ ทดลอง และช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ จำเริญ เชื้อภักดี (2538 : 23) ที่ว่า กิจกรรมปฏิบัติการทดลองจะเป็นสื่อสำคัญที่ทำให้นักเรียนเข้าใจทฤษฎี สามารถเรียนรู้จน เกิดมโนคติ เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากกว่าให้นักเรียนท่องจำจากตำราเรียน

จากเหตุผลดังกล่าวมาข้างต้นทั้งหมด จึงทำให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการ ย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ทั้ง 5 บท ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพและความเหมาะสมในการ นำไปใช้ในการเรียนการสอนในโรงเรียน

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ค่ะคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p = .000$) เมื่อพิจารณาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในแต่ละ ด้าน ทั้งด้านการสังเกต การวัด การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนในด้านการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การจำแนกประเภท การทดลอง คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การตั้งสมมติฐาน การกำหนด และควบคุมตัวแปร คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตาม สมมติฐาน ข้อที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียน เนื่องมาจากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้วัดทักษะขั้นพื้นฐานได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจำแนกประเภท และทักษะการจัดการทำและสื่อความหมายข้อมูล รวมทั้งทักษะขั้นผสม หรือบูรณาการ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะ การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ควรจะใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในขั้นทักษะบูรณาการหรือทักษะขั้นผสมมาใช้วัดจึงจะเหมาะสมกับระดับชั้น

ประการสอง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้ศึกษาการปฏิบัติการทดลองจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียน เริ่มจากการกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน การรวบรวมข้อมูล ลงมือปฏิบัติการทดลอง บันทึกผลและสรุปผลการทดลอง การวิเคราะห์ผลการทดลอง ตอบคำถามท้ายการทดลอง การที่นักเรียนได้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่างๆ ที่กำหนดไว้ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองทั้งหมด ช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ฝึกการแก้ปัญหาและสามารถค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า และนักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ด้วยตนเอง เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการตั้งสมมติฐาน เป็นต้น ทำให้นักเรียนได้รับความรู้ทั้งที่เป็นตัวความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นผลให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ดังที่คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 116) กล่าวว่า การทดลองนั้นถือเป็น หัวใจของการเรียนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เพราะจะเป็นแกนนำไปสู่การฝึกผู้เรียนในแง่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544 : 55) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประการที่สาม ขณะดำเนินการทดลองด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้ศึกษาสังเกตเห็นว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นต่อการเรียน อาจสืบเนื่องมาจากนักเรียนชอบและสนใจเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งในขั้นตอนของการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จะเป็นสิ่งที่ช่วยให้นักเรียนฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ด้วยเหตุนี้นักเรียนจึงมีโอกาพัฒนาส่วนของความคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถสืบเสาะหาความรู้ได้ด้วยตนเอง จะเห็นได้ว่าการปฏิบัติการทดลองจะทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิโรจน์ เฉลยสุข (2541 : 75) พบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทางชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรพล วิหคโพนุลย์ (2543 : 63) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังสอนสูงกว่าก่อนสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ทุกบทสูงกว่าร้อยละ 80 คือ นักเรียนมีทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 94.33 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนานักเรียนได้ทำการทดลองจริงอย่างเป็นระบบและมีกระบวนการอย่างต่อเนื่อง นักเรียนได้ทำปฏิบัติการทดลองร่วมกันเป็นกลุ่ม ทำให้นักเรียนได้ร่วมมือกัน ทั้งในด้านการวางแผนการทดลอง คือ มีการปรึกษาหารือเพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง มีการวางแผน

แผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบกันภายในกลุ่ม และสามารถปรับปรุงแนวทางการทำการทดลองได้อย่างเหมาะสม ด้านการปฏิบัติการทดลอง ได้แก่ ด้านเทคนิคการทดลอง ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบของห้องที่ทำการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ ฌ็องฌูฟองซ์ เจริญพิทย (2542 : 83) ที่ว่า โดยทั่วไปเมื่อกล่าวถึงทักษะปฏิบัติในทางวิทยาศาสตร์ มักเข้าใจว่าเป็นทักษะที่เกี่ยวข้องกับการใช้อุปกรณ์การทดลองและการทำการทดลอง แต่หากขยายกรอบความคิดให้กว้างขึ้น ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ อาจรวมถึงทักษะการใช้ห้องและจัดห้องปฏิบัติการได้ด้วย ดังนั้นในการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นในครั้ง นี้ เป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักเก็บอุปกรณ์ และทำความสะอาดห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังการทดลอง รวมทั้งได้ให้นักเรียนเขียนรายงานผลการทดลองและตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นการฝึกการเขียนรายงานผลการทดลองอีกด้วย จึงทำให้ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิรพรรณ ทะเขียว (2543 : 82) พบว่า ทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่สอนโดยใช้ชุดอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประการที่สอง การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาและลงมือปฏิบัติทดลองด้วยตนเองและเป็นกิจกรรมปฏิบัติการทดลองนักเรียนสามารถนำความรู้และทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ จึงทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นต่อการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองได้ดี และแสดงพฤติกรรมด้านการปฏิบัติอย่างอิสระกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการปฏิบัติจริงนักเรียนจึงเกิดการเรียนด้านทักษะปฏิบัติอย่างจริงจัง ถูกต้อง และใช้อุปกรณ์คล่องแคล่วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของ จอห์น ดิวอี้ ที่กล่าวว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดี ต้องเกิดจากการปฏิบัติ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรุมา ละมุล (2541 : 123) พบว่า การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนัก นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 80

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา มีทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ นักเรียนมีทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 94.33

3. เจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา อยู่ในระดับดี เมื่อแยกเจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นรายด้าน พบว่านักเรียนมีความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับดี ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ซึ่งสามารถอภิปรายผลเจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นรายด้านได้ดังนี้

ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีเจตคติอยู่ในระดับดี ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น เป็นการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง กิจกรรมการทดลองทำให้เกิดการศึกษาค้นคว้าหาความจริง เป็นการฝึกทักษะปฏิบัติ ช่วยให้นักเรียนมีความคล่องตัวในการทดลอง เปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายผลและสรุปผลอย่างอิสระ นอกจากนี้นักเรียนยังเป็นกลุ่มนักเรียนที่มีความสนใจการเรียนการสอนที่ตัวนักเรียนสามารถทำการทดลองด้วยตัวเอง จึงส่งผลให้นักเรียนมีความรู้สึกนึกคิดที่ดีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรุมา ละมุล (2541 : 123) พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนักในระดับดีมาก

ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีเจตคติอยู่ในระดับดี ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นสิ่งใหม่สำหรับนักเรียนและเป็นกิจกรรมปฏิบัติการทดลองที่ให้ประสบการณ์ตรง ทำให้นักเรียนเกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียนเพราะเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความยาก-ง่าย พอเหมาะกับระดับความสามารถของนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสนุกสนานในการศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ วัฒนาพร ระบุบุทกซ์ (2542 : 11) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้กระทำช่วยให้นักเรียนเกิดความพร้อมและกระตือรือร้นที่จะเรียนอย่างมีชีวิตชีวา และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544 : 55) พบว่า นักเรียนมีความสนใจและชอบอยู่ในระดับสูงต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ด้านที่ 3 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีเจตคติอยู่ในระดับดี ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นเรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า ที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่พยายามนำมาใช้ประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม เมื่อนักเรียนได้เรียนแล้วสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ เมื่อนักเรียนได้เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนอยากมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา อยู่ในระดับดี

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนั้นผู้ศึกษามีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

ตอนที่ 1 การศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการ

1. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อหรือน้ำสีที่ใช้ทดสอบต้องระมัดระวังคำนวณปริมาณสารเคมีในแต่ละครั้งของการทดลองให้ถูกต้องพอเพียงและพอเหมาะเพื่อเป็นการประหยัดการใช้สารเคมี

2. ในทุกขั้นตอนของการทำปฏิบัติการต้องทำตามเทคนิคปลอดเชื้ออย่างเคร่งครัดเพื่อป้องกันผลการทดลองผิดพลาด

3. การเทอาหาร NA หรืออาหารสีย้อมผสมวุ้นอย่าทำในขณะที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส เพราะจะเกิดหยดน้ำจากไอน้ำร้อนเป็นสาเหตุทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อกระจายทั่วจานเพาะเชื้อได้

4. การแยกเชื้อบริสุทธิ์จากโคลนเดี่ยวๆ ต้องใช้ลูปแตะที่บริเวณกลางโคลนเล็กน้อย ก่อนนำไปถ่ายเชื้อลงในหลอดอาหารใหม่ เพื่อจะได้เก็บโคลนนั้นๆ ไว้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อีก

5. ต้องเก็บเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้โดยเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นทุกครั้ง และต้องจดบันทึกข้อมูลสำคัญของเชื้อแต่ละชนิดให้ละเอียดทุกครั้ง

6. การย้อมสีแบบแกรมต้องทำตามขั้นตอนวิธีทำอย่างเคร่งครัดและระมัดระวัง เพราะถ้าย้อมสีผิดพลาดผลการอ่านค่าการทดลองจะผิดพลาดเช่นกัน

ตอนที่ 2 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. ควรสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการให้มีเนื้อหาครอบคลุมและเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียนในการทำปฏิบัติการต้องจัดให้เหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา การทำปฏิบัติการด้านจุลชีววิทยา ควรให้เวลาในการทำปฏิบัติการและการตรวจผลการทดลองอย่างพอเพียง

2. การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ต้องให้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านหลายๆ คนมาพิจารณาตรวจสอบและประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการเพื่อคุณภาพที่ดีเยี่ยมของบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมาจะได้ใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

1. การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ไปใช้ในการเรียนการสอน ควรใช้ควบคู่กับคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนควรทำความเข้าใจและทดลองปฏิบัติการก่อนโดยเฉพาะบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2, 3 และ 4 เมื่อนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปใช้กับนักเรียน ครูผู้สอนควรชี้แจงรายละเอียดและแนะนำการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนเข้าใจเสียก่อน

2. ในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ผู้ศึกษาพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ ความเข้าใจในการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง รวมทั้งยังไม่เคยใช้อุปกรณ์บางชนิดมาก่อน เช่น หม้อหุงความดันไอน้ำ ดังนั้นครูผู้สอนควรแนะนำอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และวิธีการใช้อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองด้วยการสาธิตก่อนให้นักเรียนลงมือทำการทดลอง เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการใช้อุปกรณ์ที่ถูกต้อง

3. ในการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 เป็นการเรียนที่นักเรียนต้องปฏิบัติด้วยตัวเอง ครูผู้สอนต้องแนะนำและย้ำเน้นถึงเรื่องความปลอดภัยและการป้องกันการปนเปื้อนและการแพร่กระจายของเชื้อทุกครั้งที่ทำปฏิบัติการผู้ปฏิบัติต้องเน้นเทคนิคปลอดเชื้อเป็นสำคัญที่สุด

4. ในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการทดลองอย่างเต็มที่โดยเฉพาะบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ มากขึ้น เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการทดลอง เป็นต้น

5. ควรนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ไปใช้สำหรับการเรียนการสอนแก่นักเรียน ชมรมวิทยาศาสตร์ หรือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาที่กำลังเรียนอยู่ในโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยต่างๆ เพื่อเสริมความรู้ในเรื่อง การใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำทิ้งให้แก่ นักเรียน เพื่อเป็นประโยชน์แก่นักเรียน สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและช่วยส่งเสริมให้นักเรียนอยากมีส่วนร่วมในการคิดแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อชุมชนและท้องถิ่นของนักเรียนได้ต่อไป

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ

1. การศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาในขั้นต้นเพื่อเป็นแนวทางเท่านั้นจึงควรศึกษาการใช้จุลินทรีย์ในกลุ่มอื่นๆ เช่น รา แอคติโนมัยสีท มาทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้ากับสปีชีส์อื่นๆ ด้วย หรือศึกษาการใช้จุลินทรีย์จากแหล่งน้ำทิ้งในท้องถิ่นต่างๆ ของแต่ละจังหวัดมาใช้ประโยชน์ เพื่อเสริมสร้าง

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียน สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ชุมชนและท้องถิ่นของนักเรียน และช่วยกระตุ้นส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นตัวเองมากยิ่งขึ้น

2. ควรมีการศึกษาเพื่อจำแนกชนิดของจุลินทรีย์ที่พบจากการทดลองในครั้งนี้เพิ่มเติม และควรศึกษาวิจัยว่าจุลินทรีย์ที่สามารถดัดสีย้อมได้มีวิธีการการดัดสีได้อย่างไรเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดประโยชน์ในการนำไปใช้งานบำบัดสีย้อมผ้าจากน้ำทิ้งได้อย่างสูงสุด

ตอนที่ 2

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นยังขาดความเหมาะสมของเนื้อหา กับระดับชั้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ดังบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นใหม่ควรจะฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในระดับชั้นบูรณาการหรือชั้นผสมผสานจึงจะเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

1. ควรนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้เป็นแนวทางในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายและกลุ่มชมรมโครงงานวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาในโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยต่างๆ เพราะจะมีวัสดุอุปกรณ์และอาจารย์สอนทางด้านจุลชีววิทยาสามารถเป็นที่ปรึกษาเพิ่มเติมของนักเรียนได้

2. ควรนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์

3. ควรมีการศึกษาถึงผลของการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กับตัวแปรอื่นๆ เช่น ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการตัดสินใจ และคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

บรรณานุกรม

- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2544). คู่มือสมบัติและกรรมวิธีการวิเคราะห์สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการฟอกย้อม. กรุงเทพฯ : โรงงานคุรุสภาลาดพร้าว. พิมพ์ครั้งที่ 1.
- กรรณิกา ไพทจันทร์. (2541). ผลการใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมตามวิธีการวิจัยในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมในกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2542). คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมฟอกย้อม. กรุงเทพฯ : กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- กัณฑ์รี ศรีพงศ์พันธุ์ และคนอื่นๆ. (2540). มลพิษทางน้ำ. นครปฐม : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากรวิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์. พิมพ์ครั้งที่ 1.
- กฤษณา ชูติมา. (2542). หลักเคมีทั่วไป เล่ม 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เขมิกาญจน์ ทองมา. (2540). การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์ คอมพิวเตอร์กับการสอนตามแนวการสอนของ สสวท. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- คณิง จันทรศิริ. (2544). การมัดย้อมผ้า. กรุงเทพฯ : โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮาส์.
- จิรพรรณ ทะเขียว. (2543). การเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับคู่มือครู. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- จิราภรณ์ สุขุมาวาสี และคนอื่นๆ. (2540). "วิจัยก้าวหน้า" ในวารสารคลื่นวิจัย. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- _____. (2544). การย่อยสลายสารประกอบอะโรมาติก, สไตรีน โดยจุลินทรีย์. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- จำรัส อินทลาภาพร. (2545). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- จำแลง เชื้อภักดี. (2537). กลวิธีส่งเสริมให้มีการจัดทำโครงการวิทยาศาสตร์, สารพัฒนาหลักสูตร. 13(116) : 38, กรุงเทพมหานคร.
- ชลิตา พันธุ์ออน. (2545). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตและการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาหมึก. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

- เชิดศักดิ์ โฉวสินธุ์. (2520). *การวัดทัศนคติและบุคลิกภาพ*. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2539). *ทางเลือกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แนวคิดและแนวปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ : ดวงกมลการพิมพ์.
- _____. (2542). *การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ดวงเดือน พันธุมนาวิน. (2529). *เอกสารประกอบการฝึกอบรม การวิจัยขั้นสูงทางพฤติกรรมศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทบวงมหาวิทยาลัย. (2525). *คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1*. กรุงเทพฯ : ทบวงมหาวิทยาลัย.
- ทวีช แจ่มจำรัส. (2545). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในห้องน้ำ : กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. (2544). *จุลินทรีย์น้ำรู้*. กรุงเทพฯ : องค์การค้าของคุรุสภา. พิมพ์ครั้งที่ 1.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2528). *พัฒนาหลักสูตรและการสอน*. มหาสารคาม : ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.
- _____. (2531). *พัฒนาหลักสูตรและการสอน*. มหาสารคาม : ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.
- ประวีตร ชูศิลป์. (2524). “หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่”. ในเอกสารการนิเทศก์การศึกษา ฉบับที่ 233. กรุงเทพฯ : ภาคพัฒนาตำราและเอกสารหน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู. ถ่ายเอกสาร.
- เปรมจิต บุญสาย. (2541). *การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีวิตระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประสบการณ์จากสารเหลือทิ้ง*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. (2544). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2534). *การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา*. เชียงใหม่ : เชียงใหม่คอมพิวเตอร์เซลล์.
- _____. (2537). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- มนหา โกเฮง. (2536). *เอกสารประกอบการสอนวิชาคหกรรม 457 การย้อมสีและพิมพ์ผ้า*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- มนตรี จุฬาววัฒนทล และคณะ. (2530). *ชีวเคมี*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

- มันสิน ตันทุลเวศม์. (2542). เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ยุพา ผึ้งน้อย. (2542). จุลชีววิทยาทั่วไป. นครราชสีมา : สถาบันราชภัฏนครราชสีมา.
- รังสรรค์ เพ็งพัฒน์. (2544). ศึกษาการพัฒนาระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สถาบันราชภัฏ. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- รัชเนีย รุกขชาติ. (2548). สีย้อมและการบำบัดสีในน้ำทิ้ง. สืบค้นเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2548, จาก <http://www.navy.mi.th/science/BrithDay46/Brithday-data-biology.htm>
- ชลิตา พันธุ์อ่อน. (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตและการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาหมึก. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- ลิลี โกศัยยานนท์. (2541). คู่มือวิชาการสิ่งทอ. กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1.
- วัฒนพร ระวังทุกข์. (2542). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ : ต้นอ้อ 1999.
- วิโรจน์ เฉลยสุข. (2541). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนแบบปกติ. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2538). "แนวคิดในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน", ในเอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการเพื่อเตรียมวิทยากรแกนนำ. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- _____. (2543). มาตรฐานการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- _____. (2543). เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการวิทยากรแกนนำ วิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สมเกียรติ แก้วจรัสสุขสันติ. (2540). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาเคมีสภาวะแวดล้อม เรื่อง การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสีในผักสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิตของสถาบันราชภัฏ. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- สุเทพ อุตสาหะ. (2526). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. มหาสารคาม : สหบัณฑิต.
- สมณฑา วัฒนสินธุ์. (2545). ปฏิบัติการจุลชีววิทยา. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สุมาลี เหลืองสกุล. (2540). คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร. กรุงเทพฯ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- สุมาลี เหลืองสกุล; สมใจ ศิริโคก; และขจีนาฏ โพธิเวชกุล. (2542). *การวิเคราะห์ชนิดและการศึกษาสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารในขยะและน้ำเสีย. รายงานการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2542. กรุงเทพฯ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ.*
- สุรางค์ สากร. (2537). *พฤติกรรมการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต. ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏจันทรเกษม.*
- สุรพล วิหคไพบุณย์. (2543). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.*
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2517). *การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.*
- _____. (2531). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้. กรุงเทพฯ : บริษัท เจเนอรัลบุ๊คเซ็นเตอร์.*
- อรทัย วิเศษสกุล. (2534). *ผลของบทปฏิบัติการเสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนโพ้นทองวิทยายน จังหวัดร้อยเอ็ด. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.*
- อรอุมา ละมุล. (2541). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง ความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนัก ที่ใช้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.*
- Anderson, O. Roger. (1976). *The Experience of Science : A New Perspective for Laboratory Teaching.* New York : Teachers College Press Columbia University.
- Colour Index. Third edition. (1971). The Society of Dyers and Colourists. Great Britain, H Charlesworth & Co. Ltd, Huddersfield. England. 1 : 1636; 2 : 2544; 4: 4304, 4015, 4538.
- _____. (1982). The Society of Dyers and Colourists. Great Britain, H Charlesworth & Co. Ltd, Huddersfield. England. 7 : 7216
- Colourway. (2001). "Principle of Textile Dyeing". Bangkok. 34 May-June; 35 July-August.
- _____. (2002). "Principle of Textile Dyeing". Bangkok 40 May-June.
- Elias, A.; et al. (2000). Decolorization and Detoxification of Textile Dyes with a Laccase from *Trametes hirsuta*. Retrieved May 10, 2005, from URL : <http://aem.asm.org/cgi/content/abstract/66/8/3357>.
- Hofstein, Avi and Lunetta, Vincent N. (1982). "The Roles of the Laboratory in Science Teaching : Neglected Aspects of Research". In Review of Education Research. 52 : 201-217.

- Jeffrey K. Glenn and Michael. H. Gold. (1983). "Department of Chemistry and Biochemical Sciences, Oregon Graduate Center, Beaverton, Oregon 97006". 45 :1741-1747.
- John A. Bumpus. and Barry J. Brock. (1988). "Biology Department and Biotechnology Center, Utah State University, Logan, Utah 84322-4430". 4-6.
- Juliana Ramsay and other. (2002). Biodecoloration of textile dyes using *Trametes versicolor*. Retrieved September 5, 2004 from URL: http://www.theses.org/canada_research/Juliana/research.htm
- Jurgen M.; et al. (2003). A New Alkali-Thermostable Azoreductase from *Bacillus* sp. Strain SF. Retrieved May 5, 2005, from URL : <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?tool=pmcentrez&artid=3>
- Kazutaka kusunoki. (2002). Biodegradation of color compounds and persistent organic pollutants in landfill leachates by white-rot fungi. Retrieved September 5, 2004, from URL: [http://5hosto2.env.eng.osaka-u.ac.jp/www/kusenoki/research\(leachate\).htm](http://5hosto2.env.eng.osaka-u.ac.jp/www/kusenoki/research(leachate).htm).
- Likert, Rene. (1970). *A Technique for the Measurement of Attitude*. Chicago : Rand McNally Company.
- Maria B. P., et al. (1996). Transformation of Azo Dye Isomers by *Streptomyces chromofuscus* A11. Retrieved May 9, 2005, from URL : <http://aem.asm.org/cgi/reprint/62/5/1814.pdf>.
- Matina M., et al. (2005). Decoloration of The Diazo Dye Reactive Black 5 by Immobilised *Bjerkandera adusta* In a stirred Tank Bioreactor Retrieved May 9, 2005, from URL : <http://acta.chem-soc.si/51/51-4-691.htm>.
- Osgood, Charles E. George I. Suci and Percy H. Tannenbaum. (1957). *The Measurement of Attitude*. Urbana : University of Illinois Press.
- Paelis, C.K., Pohlman, M.K. and Papettis, A.T. (1980 April). "Can Instruction Improve Science Process Skills of Premedical and Pre dental Students". In *Journal of Research in Science Teaching*. 13 : 307-311.
- Pasti-Grigsby, M. B., et al. (1992). Influence of aromatic substitution patterns on azo dye degradation by *Streptomyces* spp. and *Phanerochaete chrysosporium*. Retrieved May 9, 2005, from URL : <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=18315>
- Rajamohan, K. and Karthikeyan, C. (2004). Fungal Biodegradation of Dyehouse Effluent and kinetic Modeling. Retrieved May 9, 2005, from URL : <http://www.eco-web.com/cgi-local/sfc?a=/editoria/index.htm>.

- Reddy, A. (1995). "The potential for white-rot fungi in the treatment of pollutants". *Curr.Opin. Biotechno.* 6.320-328.
- Romey, William D. (1968). *Inquiry Teachiques for Teaching Science*. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice - Hall, Inc.
- Smith, Douglas W. (1997, November). "Elementary Students' Use of Science Process Skills in Problem-Solving : the Effects of an Inquiry-Based Instructional Approach," *Dissertation Abstracts Intermational*. 58 (5) : 1667-A.
- Spiess, E., et al. (1995). Degradation of 1,4-dichlorobenzene by *Xanthobacter flavus*14p1. Retrired May 9, 2005, from URL : <http://aem.asm.org/cgi/content/abstract/61/11/3884>.
- Strawitz, B.M. and Malone, M. B. (1987, January). "Preservice Teacher's Acquisition and Retention of Integrated Science Process Skills : A Comparison of Teacher Directed and Self Instructional Strategies ". In *Journal of Reasearch in Science Teaching*. 24 : 53 - 60.
- Sumathi. S. and Manju, BS. (2001). Fungal Mediated Decolorization of media containing procion dyes. Retrired May 9, 2005, from URL : <http://www.iwaponline.com/wst/04302/wst043020285.htm>.
- Swamy & Ramsay. (1999). "The evaluation of white rot fungi in the decoloration of textile dyes". In *Enzyme and Microbioal Technology*. 24 : 130 - 137.
- Traindis, Harry C. (1971). *Attitude and Attitude Change*. New York : John Wiley and Sons, Inc.
- Thurstone, L.L. (1970). *"Theory and Measurement, Attitude"*. New York : John wiley and Sons, Inc.
- Yasushi Sugano; et al. (1999). Efficient Heterologous Expression in *Aspergillus oryzae* of a Unique Dye-Decobrizing Peroxidase, Dyp, of *Geotrichum candidum* Dec 1. Retrired May 9, 2005, from URL : <http://aem.asm.org/cgi/content/full/66/4/1754>.

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย
สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการแนะนำ ตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

1. อาจารย์ ดร.สุนันทา มั่นสมงคล

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

2. อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน

ภาควิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขจีนาฏ โพธิเวชกุล

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5731, 5618

ที่ ศธ 0519.12/1633

วันที่ 26 ธันวาคม 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

เนื่องด้วย นางสาวนวรรณ โสมน้อย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนสิ่งแวดลอม) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำสารนิพนธ์ “การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา” โดยมี รองศาสตราจารย์สุมาลี เหลืองสกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ อาจารย์สุนันทา มนัสมงคล เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษา แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินทักษะปฏิบัติทาง วิทยาศาสตร์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจ แบบสอบถาม บทปฏิบัติการ แบบทดสอบ และแบบประเมิน ให้ นางสาวนวรรณ โสมน้อย และ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์นภภรณ์ หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5731, 5618

ที่ ศร 0519.12/ ๗๔๖

วันที่ ๒๔ ธันวาคม 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

เนื่องด้วย นางสาวชนวรรณ โสมน้อย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำสารนิพนธ์ “การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา” โดยมี รองศาสตราจารย์สุมาลี เหลืองสกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์จันทา โพธิเวชกุล เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถาม บทปฏิบัติการ แบบทดสอบ และแบบประเมิน ให้ นางสาวชนวรรณ โสมน้อย และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์ภรณ์ หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5731, 5618

ที่ ศธ 0519.12/16-22

วันที่ 26 ธันวาคม 2546

เรื่อง ขออนุญาตเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

เนื่องด้วย นางสาวนวรรณ โสมน้อย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำสารนิพนธ์ “การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา” โดยมี รองศาสตราจารย์สุมาลี เหลืองสกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขออนุญาตเรียนเชิญ อาจารย์สนอง ทองปาน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษา แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินทักษะปฏิบัติทาง วิทยาศาสตร์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ แบบสอบถาม บทปฏิบัติการ แบบทดสอบ และแบบประเมิน ให้ นางสาวนวรรณ โสมน้อย และ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์นภาพร หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5731, 5618

ที่ ศธ 0519.12/กคศ

วันที่ ๒๔ ธันวาคม 2546

เรื่อง ขออนุมัติเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

เนื่องด้วย นางสาวนวรรณ โสมน้อย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำสารนิพนธ์ “การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา” โดยมี รองศาสตราจารย์สุมาลี เหลืองสกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขอใช้สถานที่ทำการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 10 คน และตอบแบบสอบถามวัดเจตคติ ต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินทักษะ ปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ในระหว่างเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ 2547

จึงเรียนมาเพื่อขออนุมัติ และได้โปรดพิจารณาให้ นางสาวนวรรณ โสมน้อย ได้เก็บข้อมูลในการทำสารนิพนธ์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์อภรณ์ หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



บันทึกข้อความ



ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มสว โทร. 5731, 5618

ที่ ศธ 0519.12/2117

วันที่ ๑๖ กุมภาพันธ์ 2547

เรื่อง ขออนุญาตอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย

เรียน คณะบดีคณะวิทยาศาสตร์

เนื่องด้วย นางสาวนวรรณ โสมน้อย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนสิ่งแวดลอม) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำสารนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา" โดยมี รองศาสตราจารย์สุมาลี เหลืองสกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขอใช้สถานที่ห้อง 10-306 ชั้น 3 ตึก 10 ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้ง ขอใช้กล้องจุลทรรศน์แบบ Compound 12 ตัว และหม้อนึ่งความดันไอน้ำแบบใช้ไฟฟ้า 1 เครื่อง เพื่อทำการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 10 คน และตอบแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบ วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ในวันที่ 7 มีนาคม 2547 เวลา 08.00 – 16.00 น.

จึงเรียนมาเพื่อขออนุญาตอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นางสาวนวรรณ โสมน้อย ได้เก็บข้อมูลในการทำสารนิพนธ์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

(Signature)

(รองศาสตราจารย์อภรณ์ หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

เรียน คณะบดีคณะวิทยาศาสตร์

(Signature)

๑๖ ก.พ. ๒๕๔๗

๑๖/๑๒/๒๕๔๗

(Signature)
๑๗ ก.พ. ๒๕๔๗

(Signature)
๑๖ ก.พ. ๒๕๔๗

(Signature)

๑๖ ก.พ. ๒๕๔๗

ภาคผนวก ข

- การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient (NA)
- การทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อปลอดเชื้อโดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำ
- การย้อมสีแบคทีเรียแบบแกรม
- การแยกเชื้อแบคทีเรียให้บริสุทธิ์
- การเตรียมสีย้อม
- การเตรียมน้ำสีย้อมผ้าที่ใช้ทดสอบ
- การเปรียบเทียบค่าความสามารถในการลดสีกับหลอดควบคุม

ภาคผนวก ค

- แบบประเมินทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
- แบบประเมินแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- แบบประเมินแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
- แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

ภาคผนวก ง

- ตารางสรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
- ตารางสรุปค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- ตารางสรุปการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- ตารางสรุปค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการและประเด็นที่ต้องการประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์
- ตารางสรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับเกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนนของแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์
- ตารางสรุปค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
- ตารางสรุปการปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตาราง 11 สรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ระดับการประเมิน
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1		
1. ในความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.15	ดี
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.27	ดีมาก
3. รายงานผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และคำถามท้ายการทดลอง	4.43	ดีมาก
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2		
1. ในความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.11	ดี
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.28	ดีมาก
3. รายงานผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และคำถามท้ายการทดลอง	4.27	ดีมาก
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3		
1. ในความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.04	ดี
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.47	ดีมาก
3. รายงานผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และคำถามท้ายการทดลอง	4.67	ดีมาก
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4		
1. ในความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.11	ดี
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.37	ดีมาก
3. รายงานผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และคำถามท้ายการทดลอง	4.43	ดีมาก
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 5		
1. ในความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.11	ดี
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	3.73	ดี
3. รายงานผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และคำถามท้ายการทดลอง	3.73	ดี

หมายเหตุ การแปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนน แต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้ความหมายดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.80	หมายถึง	ควรปรับปรุง
คะแนนเฉลี่ย	1.81 – 2.60	หมายถึง	พอใช้
คะแนนเฉลี่ย	2.61 – 3.40	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	3.41 – 4.20	หมายถึง	ดี
คะแนนเฉลี่ย	4.21 – 5.00	หมายถึง	ดีมาก

ตาราง 12 สรุปค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะ	แบบทดสอบ ข้อที่	ผลการพิจารณาของ ผู้เชี่ยวชาญ			รวม คะแนน	IOC	การแปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. ทักษะการสังเกต	1	-1	+1	+1	1	0.33*	ปรับปรุง
	2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	3	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	4	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	5	0	0	+1	1	0.33*	ปรับปรุง
	6	-1	+1	+1	1	0.33*	ปรับปรุง
	7	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	8	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	9	0	+1	0	1	0.33*	ปรับปรุง
	10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2. ทักษะการวัด	11	0	0	+1	1	0.33*	ปรับปรุง
	12	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	13	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	14	0	+1	+1	2	0.66	ใช้ได้
	15	+1	+1	-1	1	0.33*	ปรับปรุง
	16	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	17	-1	+1	+1	1	0.33*	ปรับปรุง
	18	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	19	0	+1	0	1	0.33*	ปรับปรุง
	20	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 12 (ต่อ)

ทักษะ	แบบทดสอบ ข้อที่	ผลการพิจารณาของ ผู้เชี่ยวชาญ			รวม คะแนน	IOC	การแปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
3. ทักษะการจำแนกประเภท	21	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	23	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
	24	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	25	+1	+1	-1	1	0.33*	ปรับปรุง
	26	-1	0	+1	0	0.00*	ปรับปรุง
	27	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	28	0	+1	+1	2	0.66	ใช้ได้
	29	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	30	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4. ทักษะการจัดกระทำและ สื่อความหมายข้อมูล	31	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	32	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
	33	0	+1	+1	2	0.66	ใช้ได้
	34	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
	35	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	36	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	37	+1	+1	-1	1	0.33*	ปรับปรุง
	38	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	39	0	+1	+1	2	0.66	ใช้ได้
	40	+1	0	0	1	0.33*	ปรับปรุง

ตาราง 12 (ต่อ)

ทักษะ	แบบทดสอบ ข้อที่	ผลการพิจารณาของ ผู้เชี่ยวชาญ			รวม คะแนน	IOC	การแปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
5. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	41	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	42	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
	43	-1	+1	+1	1	0.33*	ปรับปรุง
	44	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
	45	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	46	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	47	0	+1	0	1	0.33*	ปรับปรุง
	48	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	49	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	50	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
6. ทักษะการกำหนดและ ควบคุมตัวแปร	51	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	52	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	53	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	54	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	55	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	56	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	57	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	58	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	59	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	60	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 12 (ต่อ)

ทักษะ	แบบทดสอบ ข้อที่	ผลการพิจารณาของ ผู้เชี่ยวชาญ			รวม คะแนน	IOC	การแปลผล
		คนที่	คนที่	คนที่			
		1	2	3			
7. ทักษะการทดลอง	61	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	62	0	+1	+1	2	0.66	ใช้ได้
	63	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	64	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	65	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	66	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	67	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	68	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	69	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
	70	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
8. ทักษะการตีความหมาย ข้อมูลและการลงข้อสรุป	71	+1	0	+1	2	0.66	ใช้ได้
	72	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	73	+1	+1	-1	1	0.33*	ปรับปรุง
	74	+1	+1	-1	1	0.33*	ปรับปรุง
	75	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	76	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	77	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	78	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	79	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	80	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

หมายเหตุ : +1 หมายถึง ข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดมีความสอดคล้องกัน
 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดมีความสอดคล้องกัน
 -1 หมายถึง ข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดไม่มีความสอดคล้องกัน

ตาราง 13 สรุปการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ลำดับที่	ข้อที่ปรับปรุงแก้ไข	รายการที่ปรับปรุงแก้ไข
1	ข้อ 1	ปรับปรุงตัวเลือกให้เหมาะสม
2	ข้อ 5	ปรับปรุงข้อคำถามและตัวเลือกให้เหมาะสม
3	ข้อ 6	ปรับปรุงตัวเลือกให้เหมาะสม
4	ข้อ 9	ปรับปรุงข้อคำถามและตัวเลือกให้เหมาะสม
5	ข้อ 11	ปรับปรุงข้อคำถามและตัวเลือกให้เหมาะสม
6	ข้อ 15	ปรับปรุงตัวเลือกให้เหมาะสม
7	ข้อ 17	ปรับปรุงตัวเลือกให้เหมาะสม
8	ข้อ 19	ปรับปรุงข้อคำถามและตัวเลือกให้เหมาะสม
9	ข้อ 25	ปรับปรุงตัวเลือกให้เหมาะสม
10	ข้อ 26	ปรับปรุงข้อคำถามและตัวเลือกให้เหมาะสม
11	ข้อ 37	ปรับปรุงตัวเลือกให้เหมาะสม
12	ข้อ 40	ปรับปรุงข้อคำถามและตัวเลือกให้เหมาะสม
13	ข้อ 43	ปรับปรุงตัวเลือกให้เหมาะสม
14	ข้อ 47	ปรับปรุงข้อคำถามและตัวเลือกให้เหมาะสม
15	ข้อ 73	ปรับปรุงตัวเลือกให้เหมาะสม
16	ข้อ 74	ปรับปรุงตัวเลือกให้เหมาะสม

ตาราง 14 สรุปค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการและประเด็นที่ต้องการประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

รายการและประเด็นที่ประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	IOC	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. การวางแผนการทดลอง						
1.1 มีการปรึกษาหารือกับผู้ร่วมทดลองเพื่อทำความเข้าใจขั้นตอนการทดลอง	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
1.2 มีการวางแผนการทดลองร่วมกัน	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
1.3 มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้สมาชิกในกลุ่มอย่างเหมาะสมและชัดเจน	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
1.4 มีการปรับแผนการทดลองเพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้
2. การปฏิบัติการทดลอง						
2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง						
2.1.1 ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอนไม่สับสน	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2.1.2 ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2.1.3 อ่านค่าและตรวจสอบความถูกต้องได้	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้
2.1.4 ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและปลอดภัย	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการและประเด็นที่ประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	IOC	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
2.2 ด้านความคล่องแคล่วของผู้ทดลอง						
2.2.1 ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
2.2.2 ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2.2.3 มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
2.2.4 ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ						
2.3.1 จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2.3.2 จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2.3.3 เก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2.3.4 ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดเรียบร้อย	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการและประเด็นที่ประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	IOC	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
3. การจัดทำรายงานการทดลอง						
3.1 ชื่อการทดลองหรือปัญหาที่ศึกษา	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3.2 สมมติฐาน	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3.3 ตัวแปรที่ศึกษา	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3.4 อุปกรณ์/สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3.5 วิธีการทดลอง	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3.6 การบันทึกผลการทดลอง	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3.7 การจัดการข้อมูลและรูปแบบการนำเสนอข้อมูล	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3.8 การสรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3.9 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3.10 เอกสารอ้างอิง	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้

หมายเหตุ : +1 หมายถึง รายการและประเด็นที่ประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดมีความสอดคล้องกัน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ารายการและประเด็นที่ประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดมีความสอดคล้องกัน

-1 หมายถึง รายการและประเด็นที่ประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดไม่มีความสอดคล้องกัน

ตาราง 15 สรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับเกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนนแบบประเมินทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

รายการและประเด็นที่ประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ						สรุปผล	
	คนที่ 1		คนที่ 2		คนที่ 3		จำนวน ข้อ	ได้แก่
	จำนวน ข้อ	ได้แก่	จำนวน ข้อ	ได้แก่	จำนวน ข้อ	ได้แก่		
1. การวางแผนการทดลอง								
<u>การให้คะแนน</u>								
3 คะแนน	2	2,4	4	1-4	4	1-4	4	1,2,3,4
2 คะแนน	1	1	3	2,3,4	3	1,2,3	3	1,2,3
1 คะแนน	1	3	2	2,3	2	1,2	2	2,3
2. การปฏิบัติการทดลอง								
2.1 เทคนิคการทดลอง								
<u>การให้คะแนน</u>								
3 คะแนน	3	2,3,4	5	1-5	5	1-5	5	1,2,3,4,5
2 คะแนน	2	1,4	4	1,2,3,5	4	1,2,3,4	4	1,2,3,4
1 คะแนน	1	4	3	1,2,3	3	1,2,3	3	1,2,3
2.2 ความคล่องแคล่ว								
<u>การให้คะแนน</u>								
3 คะแนน	2	2,3	4	1-4	3	1,2,4	4	1,2,3,4
2 คะแนน	1	1	3	2,3,4	2	2,4	2	2,4
1 คะแนน	1	4	2	1,2	1	4	1	4
2.3 ความสะอาด								
<u>การให้คะแนน</u>								
3 คะแนน	2	1,4	4	1-4	4	1-4	4	1,2,3,4
2 คะแนน	1	2	3	2,3,4	3	1,3,4	3	2,3,4
1 คะแนน	1	3	2	1,2	2	1,3	2	1,3

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการและประเด็นที่ประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ						สรุปผล	
	คนที่ 1		คนที่ 2		คนที่ 3		จำนวน ข้อ	ได้แก่
	จำนวน ข้อ	ได้แก่	จำนวน ข้อ	ได้แก่	จำนวน ข้อ	ได้แก่		
3. การจัดทำรายงาน								
<u>การให้คะแนน</u>								
3 คะแนน	4	2,3,8,9	10	1-10	10	1-10	10	1-10
2 คะแนน	2	6,7	9	1-9	9	1-9	9	1-9
1 คะแนน	4	1,4,5,10	8	1-3,5-9	8	1-6,8,9	8	1-6,8,9

ตาราง 16 สรุปค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบสอบถามวัด
เจตคติต่อทฤษฎีการวิทยาศาสตร์

แบบสอบถามข้อที่	ผลการพิจารณาของ ผู้เชี่ยวชาญ			รวม คะแนน	IOC	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4	0	+1	+1	2	0.66	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	-1	1	0.33*	ปรับปรุง
9	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
10	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
13	+1	0	+1	2	0.66	ใช้ได้
14	+1	0	+1	2	0.66	ใช้ได้
15	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
23	+1	0	0	1	0.33*	ปรับปรุง

ตาราง 16 (ต่อ)

แบบสอบถามข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	IOC	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
24	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
27	-1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
28	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
29	0	+1	0	1	0.33*	ปรับปรุง
30	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

หมายเหตุ : +1 หมายถึง ข้อความที่ประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดมีความสอดคล้องกัน
 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อความที่ประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดมีความสอดคล้องกัน
 -1 หมายถึง ข้อความที่ประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดไม่มีความสอดคล้องกัน

ตาราง 17 สรุปการปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ข้อที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่ปรับปรุงแก้ไข	รายการที่ปรับปรุงแก้ไข
ข้อ 8, ข้อ 23 และ ข้อ 29	ปรับปรุงข้อความที่ประเมินเชิงบวก

ภาคผนวก จ

- ผลการวิเคราะห์ ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์...

สรุป ค่า p ค่า r รายข้อ โดยใช้ตาราง CHUNG TEH FAN กลุ่มสูง กลุ่มต่ำ 27 %

วิชา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทอม 2/2546 อาจารย์ผู้สอน : นางสาวธนวรรณ โสมน้อย

ข้อ	p	r	Delta	Zr
1	.32	.23	14.9	.23
2	.81	.72	9.5	.91
3	.45	.03	13.5	.03
4	.95	.08	6.4	.08
5	.43	-.13	13.7	.13
6	.89	.60	8.1	.69
7	.95	.41	6.4	.44
8	.81	.26	9.5	.27
9	.45	.03	13.5	.03
10	.62	.37	11.8	.39
11	.38	-.02	14.2	.02
12	.10	.58	18.1	.66
13	.24	.05	15.8	.05
14	.16	-.18	16.9	.18
15	.19	-.26	16.5	.27
16	.71	.46	10.8	.50
17	.92	.17	7.3	.17
18	.34	.40	14.6	.42
19	.11	-	17.9	-
20	.24	-.22	15.8	.22
21	.83	.45	9.2	.48
22	.22	-.17	16.1	.17
23	.32	.23	14.9	.23
24	.95	.41	6.4	.44
25	.43	.08	13.7	.08
26	.35	.04	14.5	.04
27	.35	-.32	14.6	.33
28	.84	.18	9.1	.18
29	.86	.11	8.7	.11
30	.52	.03	12.8	.03
31	.88	.34	8.4	.35
32	.31	.34	15.0	.35
33	.25	.39	15.7	.41
34	.40	.15	14.0	.15
35	.23	.35	16.0	.37

โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์...

สรุป ค่า p ค่า r รายข้อ โดยใช้ตาราง CHUNG TEH FAN กลุ่มสูง กลุ่มต่ำ 27 %

วิชา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทอม 2/2546 อาจารย์ผู้สอน : นางสาวธนวรรณ ไสมน้อย

ข้อ	p	r	Delta	Zr
36	.10	-.29	18.0	.30
37	.73	.15	10.5	.15
38	.66	.54	11.3	.60
39	.51	.24	12.9	.24
40	.35	.15	14.6	.15
41	.37	.20	14.3	.20
42	.14	.66	17.3	.79
43	.68	.38	11.1	.40
44	.81	.26	9.5	.27
45	.84	.02	9.1	.02
46	.83	.69	9.2	.85
47	-	-	-	-
48	.29	-.08	15.2	.08
49	.57	-.08	12.3	.08
50	.35	-.20	14.6	.20
51	.71	.65	10.8	.78
52	.54	.19	12.6	.19
53	.76	.58	10.2	.66
54	.78	.75	9.9	.97
55	.83	.69	9.2	.85
56	.95	.41	6.4	.44
57	.45	.57	13.5	.65
58	.54	.30	12.6	.31
59	.89	.60	8.1	.69
60	.89	.60	8.1	.69
61	.24	-.22	15.8	.22
62	.92	.17	7.3	.17
63	.76	.58	10.2	.66
64	.88	.34	8.4	.35
65	.76	.58	10.2	.66
66	.89	.60	8.1	.69
67	.85	.67	8.9	.81
68	.95	.41	6.4	.44
69	.81	.26	9.5	.27
70	.66	.54	11.3	.60

โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์...

สรุป ค่า p ค่า r รายข้อ โดยใช้ตาราง CHUNG TEH FAN กลุ่มสูง กลุ่มต่ำ 27 %

วิชา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทอม 2/2546 อาจารย์ผู้สอน : นางสาวธนวรรณ โสมน้อย

ข้อ	p	r	Delta	Zr
71	.56	.25	12.4	.26
72	.90	.27	8.0	.28
73	.83	.45	9.2	.48
74	.56	.25	12.4	.26
75	.87	.63	8.5	.74
76	.54	.30	12.6	.31
77	.25	.39	15.7	.41
78	.65	.08	11.5	.08
79	.65	.08	11.5	.08
80	.85	.40	8.8	.42
เฉลี่ย	.58	.34	11.7	.35

โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์...

ผลการวิเคราะห์รายฉบับ โดยสุตรอย่างง่าย กลุ่มสูง กลุ่มต่ำ 25 %

วิชา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทอม 2/2546 อาจารย์ผู้สอน : นางสาวธนวรรณ โสมน้อย

จำนวนข้อสอบที่วิเคราะห์ 80

จำนวนกระดาษคำตอบ 69
คะแนนเฉลี่ย 45.5797
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.1372
ความเชื่อมั่น KR-20 .7908
ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3.7221

สรุปคุณภาพของข้อสอบ

ข้อสอบที่ดี ควรเก็บไว้ ได้แก่

- ข้อที่ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกดี มี 19 ข้อ ได้แก่ข้อ
2 8 16 21 38 43 44 46 51 53 54 55 63 65 67 69
70 73 80
- ข้อที่ยากง่ายปานกลาง อำนาจจำแนกดี มี 10 ข้อ ได้แก่ข้อ
10 34 39 41 52 57 58 71 74 76
- ข้อที่ค่อนข้างยาก อำนาจจำแนกดี มี 6 ข้อ ได้แก่ข้อ
18 23 32 33 35 77

ข้อที่ควรปรับปรุงได้แก่

- ข้อที่ง่ายมาก อำนาจจำแนกดี มี 7 ข้อ ได้แก่ข้อ
6 28 31 59 60 66 75
- ข้อที่ยากมาก อำนาจจำแนกดี มี 2 ข้อ ได้แก่ข้อ
12 42
- ข้อที่ความยากปานกลาง อำนาจจำแนกไม่ดี มี 11 ข้อ ได้แก่ข้อ
1 3 9 13 25 26 30 37 40 78 79

ข้อสอบที่ควรตัดทิ้งได้แก่

- ข้อที่ยากมากหรือง่ายมาก อำนาจจำแนกไม่ดี มี 11 ข้อ ได้แก่ข้อ
4 7 17 24 29 45 56 62 64 68 72
- ข้อที่ไม่มีอำนาจจำแนก (อำนาจจำแนกเป็น 0) มี 4 ข้อ ได้แก่ข้อ
11 19 47 49
- ข้อที่อำนาจจำแนกเป็นลบ มี 10 ข้อ ได้แก่ข้อ
5 14 15 20 22 27 36 48 50 61

ภาคผนวก ฉ

- แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์
- แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ภาคผนวก ช

- คะแนนวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- คะแนนทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระหว่างเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทุกบทปฏิบัติการ
- คะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนหลังจากเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ตาราง 19 คะแนนทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1

นร.	ข้อ 1	ข้อ 2			ข้อ 3	รวม	
		2.1	2.2	2.3			
1	3	2	3	3	3	14	
2	3	2	3	3	3	14	
3	3	2	3	3	3	14	
4	3	2	3	3	3	14	
5	3	2	3	3	3	14	
6	3	2	3	3	3	14	
7	3	3	3	3	3	15	
8	3	3	3	3	3	15	
9	3	3	3	3	3	15	
10	3	3	3	3	3	15	เฉลี่ย
รวม	30	24	30	30	30	144	2.88

ตาราง 19 (ต่อ) แบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2

นร.	ข้อ 1	ข้อ 2			ข้อ 3	รวม	
		2.1	2.2	2.3			
1	3	2	3	2	3	13	
2	3	2	3	2	3	13	
3	3	2	3	2	3	13	
4	3	3	3	3	3	15	
5	3	3	3	3	3	15	
6	3	3	3	3	3	15	
7	3	3	3	3	3	15	
8	3	3	3	3	3	15	
9	3	3	3	3	3	15	
10	3	3	3	3	3	15	เฉลี่ย
รวม	30	27	30	27	30	144	2.88

ตาราง 19 (ต่อ) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3

นร.	ข้อ 1	ข้อ 2			ข้อ 3	รวม	
		2.1	2.2	2.3			
1	2	3	3	2	3	13	
2	2	3	3	2	3	13	
3	2	3	3	2	3	13	
4	3	3	3	3	3	15	
5	3	3	3	3	3	15	
6	3	3	3	3	3	15	
7	3	3	3	2	3	14	
8	3	3	3	2	3	14	
9	3	3	3	2	3	14	
10	3	3	3	2	3	14	เฉลี่ย
รวม	27	30	30	23	30	140	2.80

ตาราง 19 (ต่อ) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4

นร.	ข้อ 1	ข้อ 2			ข้อ 3	รวม	
		2.1	2.2	2.3			
1	3	3	3	2	3	14	
2	3	3	3	2	3	14	
3	3	3	3	2	3	14	
4	3	3	2	2	3	13	
5	3	3	2	2	3	13	
6	3	3	2	2	3	13	
7	3	3	3	2	3	14	
8	3	3	3	2	3	14	
9	3	3	3	2	3	14	
10	3	3	3	2	3	14	เฉลี่ย
รวม	30	30	27	20	30	137	2.74

ตาราง 19 (ต่อ) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 5

นร.	ข้อ 1	ข้อ 2			ข้อ 3	รวม	
		2.1	2.2	2.3			
1	3	3	3	3	3	15	
2	3	3	3	3	3	15	
3	3	3	3	3	3	15	
4	3	3	2	3	3	14	
5	3	3	2	3	3	14	
6	3	3	2	3	3	14	
7	3	3	2	3	3	14	
8	3	3	2	3	3	14	
9	3	3	2	3	3	14	
10	3	3	2	3	3	14	เฉลี่ย
รวม	30	30	23	30	30	143	2.86

ตาราง 20 คะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

นร.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	5	4	5	5	4	5	4	5	4
2	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5
3	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
4	4	4	4	4	5	5	4	3	5	5
5	4	4	5	4	4	4	4	4	3	4
6	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
7	5	4	4	4	3	5	5	5	4	5
8	4	4	3	4	5	5	4	4	4	4
9	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4
10	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ΣX	46	43	43	42	45	46	45	41	43	45
S_i^2	0.27	0.23	0.46	0.18	0.50	0.27	0.28	0.54	0.68	0.28

ตาราง 20 (ต่อ)

นร.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	5	5	5	1	2	5	5	5	5	5
2	5	4	5	1	4	5	5	4	4	5
3	5	5	5	1	1	5	5	5	5	5
4	4	4	4	4	3	5	5	3	4	4
5	5	5	5	5	2	4	4	5	5	4
6	5	5	5	2	1	5	5	5	3	4
7	4	4	4	2	3	4	5	4	4	5
8	4	3	4	2	2	4	4	3	4	4
9	4	4	4	2	3	4	4	4	4	4
10	4	4	4	2	2	4	4	4	4	4
ΣX	45	43	45	22	23	45	46	42	42	42
S_i^2	0.28	0.46	0.28	1.73	0.90	0.28	0.27	0.62	0.40	0.27

ตาราง 20 (ต่อ)

นร.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	ΣX
1	5	5	5	4	4	4	4	5	4	4	133
2	5	5	4	4	5	5	5	5	4	5	137
3	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	139
4	3	4	4	3	4	4	5	4	5	4	123
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	124
6	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	137
7	4	5	4	5	4	4	4	4	3	4	124
8	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	111
9	4	3	4	2	4	4	3	4	4	3	110
10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	116
ΣX	42	44	43	39	43	42	41	44	40	40	1254
S_i^2	0.62	0.49	0.23	0.99	0.23	0.18	0.54	0.27	0.22	0.67	13.62

ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทบาทวิชาการวิทยาศาสตร์จากสูตร

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ

K = จำนวนข้อของแบบสอบถาม

S_i^2 = คะแนนแปรปรวนเป็นรายข้อ

S_t^2 = คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือทั้งฉบับ

$$\begin{aligned} \sum S_i^2 &= (0.27+0.23+0.46+0.18+0.50+0.27+0.28+0.54+0.68+0.28+0.28+0.46+0.28+1.73+ \\ &\quad 0.90+0.28+0.27+0.62+0.40+0.27+0.62+0.49+0.23+0.99+0.23+0.18+0.54+0.27+0.22 \\ &\quad +0.67) \\ &= 13.62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_t^2 &= \frac{\sum x_s^2}{n \sum x_s - (\sum x_s)^2} \\ &= \frac{16128306}{16128306 - (1522)^2} \\ &= 105.44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } \alpha &= \frac{30-1}{30} \left\{ 1 - \frac{13.62}{105.44} \right\} \\ &= 1.03 [1 - 0.13] \\ &= 1.03 [0.87] \\ &= 0.90 \end{aligned}$$

ภาคผนวก ช

ประมวลภาพประกอบการศึกษา



ภาพประกอบ 10 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างกำลังทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์



ภาพประกอบ 11 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างกำลังทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์

ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์

ชื่อ สกุล	นางสาวธนวรรณ โสมน้อย
วันเดือนปีเกิด	6 พฤศจิกายน 2515
สถานที่เกิด	อำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	พนักงานวิทยาศาสตร์ ระดับ 4
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2528	ประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านวังแดงประชาสันห์บำรุง อำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว
พ.ศ. 2531	มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวังน้ำเย็นวิทยาคม อำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว
พ.ศ. 2534	มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวังน้ำเย็นวิทยาคม อำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว
พ.ศ. 2536	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาประมงน้ำจืด จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขต พระนครศรีอยุธยา หันตรา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
พ.ศ. 2539	ส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์บัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2548	กศ.ม. การมัธยมศึกษา (การสอนสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร