

การพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

ตุลาคม 2554

การพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

ตุลาคม 2554

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

ตุลาคม 2554

จินตวีร์ โยสีดา (2554). การพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล สำหรับนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์:  
อาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต.

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล โดยใช้  
กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและ  
ค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล ใช้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา  
ตอนปลาย เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึง  
พอใจของนักเรียน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมิน พบว่าชุดกิจกรรมมีคุณภาพระดับดี และ  
การศึกษานำร่องพบว่า ชุดกิจกรรมดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70 / 70 คือ 85.00 / 81.56  
เมื่อนำชุดกิจกรรมดังกล่าวไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนคลองขามวิทยาการ  
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 30 คน พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ทางการ  
เรียนเรื่อง ไบโอดีเซลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึง  
พอใจต่อการใช้ชุดกิจกรรมของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับมาก

THE DEVELOPMENT OF INQUIRY PROCESS ACTIVITY PACKAGES ON  
BIODIESEL TOPIC FOR HIGH SCHOOL STUDENTS



AN ABSTRACT  
BY  
JINTAWEE YOSIDA

Presented in Partial Fulfillment of the Requirement for the  
Master of Education Degree In Chemistry  
at Srinakharinwirot University

October 2011

Jintawee Yosida. (2011). *The Development of Inquiry Process Activity Packages on Biodiesel Topic for High School Students*. Master's Project, M.Ed. (Chemistry). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Project Advisor: Dr.Piyarat Dornbundit

This study was the research designed to develop the activity packages on biodiesel topic for high school students. The designed includes the inquiry process which were engagement, exploration, explanation, elaboration and evaluation steps, respectively. The evaluating results from the exports showed that every component of activity packages was appropriate and consistent to each other. The efficacy of the activity packages was tested in the pilot study with 30 students in grade 12. It was found that efficiency was higher than the 70/70 criteria (85.00/81.56). The result indicated that the developed activity packages was highly efficient.

The subsequent experiment was designed to test with one group of sample, 30 students grade 12 in Klongkhamwittayakarn School. The results between before and after applying the activity packages were significantly different, in which students considerably improved student's achievement after using the activity packages ( $p < .05$ ). Moreover student's satisfaction toward the activity packages showed at high level.

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร และคณะกรรมการสอบ  
ได้พิจารณาสารนิพนธ์เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไปโอดีเซล สำหรับนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ของ จินตวีร์ โยสีดา ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

.....  
(ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต)

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ ชัยนะกุล)

คณะกรรมการสอบ

ประธาน

.....  
(ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต)

กรรมการสอบสารนิพนธ์

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ ชัยนะกุล)

กรรมการสอบสารนิพนธ์

.....  
(ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ)

อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร มากตุ่น)

วันที่.....เดือน..... พ.ศ. 2554

## ประกาศคุณูปการ

สารนิพนธ์นี้ สำเร็จได้ด้วยความสามารถให้ความช่วยเหลือ แนะนำ ปรับปรุง และช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ อย่างดียิ่งจากอาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดร.บัณฑิต อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความเมตตากรุณาของอาจารย์อย่างยิ่ง ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ในการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ศิริสุข ลอยหา คุณครูคุณเดือน ไชยพิชิต และคุณครูศิริพร จัตรสุภกุล ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจและแก้ไขเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนคลองขามวิทยาคาร เพื่อนครูทุกท่านที่กรุณาให้ความสะดวก และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนคลองขามวิทยาคาร ทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลจนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อเฉลิม โยสีดา คุณแม่จันทร์เพ็ญ โยสีดา สมาชิกในครอบครัวทุกคน ที่เห็นความสำคัญของการศึกษาพร้อมกบิให้การสนับสนุนเสมอมา ตลอดจนพี่น้องและเพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขาวิชาเคมี ทุกคนที่มีส่วนในการแนะนำและให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ช่วยเหลือในการจัดทำสารนิพนธ์ครั้งนี้

คุณความดีและประโยชน์อันพึงมีจากสารนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณแต่บิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาและอบรมสั่งสอน

จินตวีร์ โยสีดา



## สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
สมมติฐานในการวิจัย.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
เอกสารที่เกี่ยวกับหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนคลองขามวิทยาคาร.....	7
เอกสารที่เกี่ยวกับไบโอดีเซล.....	9
วัตถุดิบ.....	10
กระบวนการผลิตไบโอดีเซล.....	11
การทดสอบคุณภาพของไบโอดีเซล.....	13
ประโยชน์จากการใช้ไบโอดีเซล.....	16
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการไบโอดีเซล.....	17
เอกสารที่เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	18
ทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้.....	18
ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	19
รูปแบบกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	20
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	23
เอกสารที่เกี่ยวกับการพัฒนาชุดกิจกรรม.....	24
ความหมายของชุดกิจกรรม.....	24
ประเภทของชุดกิจกรรม.....	26
องค์ประกอบของชุดกิจกรรม.....	28
ขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรม.....	30

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
ขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรม.....	33
ประโยชน์ของชุดกิจกรรม.....	33
การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม.....	34
การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ.....	35
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดกิจกรรม.....	36
เอกสารที่เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	37
ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	37
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	38
การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	38
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	39
เอกสารที่เกี่ยวกับความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรม.....	41
ความหมายของความพึงพอใจ.....	41
ทฤษฎีการสร้างความพึงพอใจ.....	41
วิธีการสร้างความพึงพอใจต่อการเรียนการสอน.....	42
การวัดความพึงพอใจ.....	43
การสร้างเครื่องมือวัดความพึงพอใจ.....	44
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ.....	45
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	46
การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	46
ประชากร.....	46
การเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	46
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	46
การพัฒนาและการหาคุณภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะความรู้ เรื่อง ไปโอดีเซล.....	46

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
<b>3 (ต่อ)</b>	
การสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	50
การสร้างและหาคุณภาพของแบบวัดความพึงพอใจ.....	52
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	54
ระยะเวลาในการวิจัย.....	54
แบบแผนการวิจัย.....	54
การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	54
<b>4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....</b>	57
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	57
<b>5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....</b>	59
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	59
สมมติฐานในการวิจัย.....	59
วิธีดำเนินการวิจัย.....	58
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	60
สรุปผลการวิจัย.....	61
การอภิปรายผลการวิจัย.....	62
ข้อเสนอแนะ.....	65
<b>บรรณานุกรม.....</b>	67
<b>ภาคผนวก.....</b>	74
ภาคผนวก ก.....	75
ภาคผนวก ข.....	77

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก (ต่อ)	
ภาคผนวก ค.....	81
ภาคผนวก ง.....	124
ภาคผนวก จ.....	135
ภาคผนวก ฉ.....	155
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	163



## บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันไบโอดีเซล.....	9
2 เปรียบเทียบการผลิตไบโอดีเซลด้วยวิธีที่แตกต่างกัน.....	12
3 ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2552.....	14
4 ผลการประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ที่พัฒนาขึ้น.	48
5 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบท้ายชุดกิจกรรมระหว่างใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะ หาความรู้เรื่อง ไบโอดีเซล และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไบโอดีเซล.....	50
6 แบบแผนการทดลอง.....	54
7 รายละเอียดของการใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล.....	55
8 ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไบโอดีเซล ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนคลองขามวิทยาคาร ก่อนและหลังใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะ หาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล (คะแนน 30 คะแนน).....	57
9 ค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียน คลองขามวิทยาคาร หลังการใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล.....	58
10 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อคุณภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ชุดที่ 1 ไบโอดีเซลนํ้ารู้.....	136
11 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อคุณภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ชุดที่ 2 มาผลิตไบโอดีเซลกันเถอะ.....	138
12 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อคุณภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ชุดที่ 3 ทำไมต้องใช้ไบโอดีเซล.....	140
13 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ด้านความ ชัดเจนของคำถามของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล.....	142
14 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ด้านความ เหมาะสมของตัวเลือกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล..	145

## บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
15 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ด้านความสอดคล้องกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล.....	148
16 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบทำยชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ไบโอดีเซลน้ำรู้.....	151
17 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบทำยชุดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง มาผลิตไบโอดีเซลกันเถอะ.....	152
18 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบทำยชุดกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ทำไมต้องใช้ไบโอดีเซล.....	153
19 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล.....	154
20 คะแนนแบบทดสอบทำยชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง (ชุดละ 10 คะแนน) .....	156
21 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล.....	158
22 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง.....	160
23 คะแนนประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 โดยทดสอบกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง.....	161

## บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ปฏิบัติงานสเปกโทรสโกปีเคชันของไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์.....	13
2 ขั้นตอนต่อเนื่องของการทำปฏิบัติการสเปกโทรสโกปีเคชัน.....	13
3 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้.....	23



# บทที่ 1

## บทนำ

### ภูมิหลัง

ในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ทั้งในด้านการดำรงชีวิตประจำวัน เครื่องอำนวยความสะดวกต่างๆ รวมถึงการประกอบอาชีพ ล้วนเป็นผลมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแทบทั้งสิ้น วิทยาศาสตร์ทำให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจได้โดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ (Knowledge Based Society) มนุษย์จึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะให้มีความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ มีคุณธรรม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546: 1)

สภาพการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันพบว่า นักเรียนไม่ให้ความสำคัญกับวิชาวิทยาศาสตร์ โดยมีสาเหตุมาจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการท่องจำมากกว่าความเข้าใจ ครูส่วนใหญ่สอนโดยเน้นเนื้อหามากกว่ากระบวนการ ทั้งๆ ที่การจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพนั้นมิใช่การถ่ายทอดความรู้เพียงอย่างเดียว แต่เป็นการนำไปปฏิบัติในสภาพจริง รวมทั้งโอกาสในการคิดและการแสดงออกโดยให้ผู้เรียนมีการแสดงออกที่หลากหลาย ด้วยเหตุที่มนุษย์มีความสามารถที่แตกต่างกัน (ไพเราะ ทิพย์ทัศน์; และ สุมนทนา พรหมบุญ. 2542: 57) จึงมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ สอดคล้องกับผลการประเมินคุณภาพการศึกษาของผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ช่วงชั้นที่ 4 ระดับประเทศ ในปีการศึกษา 2550 วิชาวิทยาศาสตร์ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 34.62 และปีการศึกษา 2551 คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 33.70 (สำนักทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. 2551: ออนไลน์) ซึ่งเกิดจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เอื้ออำนวยให้สามารถพัฒนาผู้เรียนไปสู่เป้าหมายที่กำหนดได้ แม้ว่าพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 มาตรา 22 จะได้กำหนดแนวทางการจัดการศึกษาไว้ว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544: 13) และประเทศไทยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของ



วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงมอบหมายให้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงหลักสูตร โดยเน้นในเรื่องการสอดแทรกเทคโนโลยีเข้าไปในหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ ทั้งด้านเนื้อหาและกิจกรรมที่เหมาะสมกับวุฒิภาวะของผู้เรียน สภาพท้องถิ่น และการพัฒนาประเทศมากขึ้น ลักษณะดังกล่าวเน้นกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เป็นหลัก คือมุ่งเน้นให้ผู้สอนเป็นผู้ปลูกฝังและส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นไปใช้ โดยอาศัยกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกลยุทธ์พื้นฐานในกระบวนการจัดการเรียนรู้ (สุพร เข้มแข็ง. 2535: 9)

การปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องอาศัยการปรับเปลี่ยนวิธีการสอนของผู้สอน วิธีการสอนที่ก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้เรียนวิธีหนึ่ง คือการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง คือการที่ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยการใช้กระบวนการทางปัญญา หรือกระบวนการคิด กระบวนการทางสังคม กระบวนการกลุ่ม และให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์และมีส่วนร่วมในการเรียน สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ โดยผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้ผู้เรียน (พิมพันธ์ เดชะคุปต์. 2553: 13) ซึ่งมีแนวคิดมาจากทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้ (Constructivism) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม เป็นปรัชญาที่มีข้อสันนิษฐานว่า ความรู้ไม่สามารถแยกออกจากความอยากรู้ ความรู้ได้มาซึ่งการสร้างเพื่ออธิบาย (Martin; et al. 1994: 44) วิธีการสอนวิธีหนึ่งที่ตั้งอยู่บนฐานของแนวคิดแบบทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้ คือการจัดการเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Process) นี้เป็นที่รู้จักกันหลายชื่อ เช่น การสอนแบบสอบสวน วิธีสืบเสาะหาความรู้ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนแบบสืบค้น การสอนแบบแก้ปัญหา และการสอนแบบสืบสวนเรื่องราว เป็นต้น เป็นหลักการจัดการเรียนรู้โดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้ เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องสืบค้น สืบเสาะ สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ที่มีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของผู้เรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใดๆ มาเผชิญหน้า ดังนั้นการที่ผู้เรียนจะสร้างองค์ความรู้ได้ต้องผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (สสวท. 2546: 219) ซึ่งทาง สสวท. ได้นำหลักการของกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มาใช้และเผยแพร่ให้แก่ผู้สอนทั่วไป โดยเสนอแนะแนวทางในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เป็น 5 ขั้นตอน คือขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและ

ค้นหา (Exploration) ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ชั้นขยายความรู้ (Elaboration) และชั้นประเมินผล (Evaluation) (สสวท. 2546: 219)

ตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงการจัดการเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ได้แก่ ผู้สอนมีเอกสาร วัสดุ อุปกรณ์ และสื่อการสอนที่ผู้เรียนสามารถใช้ประกอบการคิดวิเคราะห์ หรือศึกษาค้นคว้าหาความรู้ในเรื่องที่เรียน และผู้สอนมีการช่วยพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในการศึกษาวิเคราะห์ และสรุปข้อมูล หรือสร้างความรู้ที่มีความหมายต่อตัวผู้เรียน (ทีศนา แซมมณี. 2550: 141) ซึ่งสอดคล้องกับที่พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2553: 21) ได้แนะนำกระบวนการหลักที่ผู้เรียนต้องใช้เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายถึงทักษะการคิดทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง

การใช้สื่อการสอนในรูปแบบของชุดการสอนหรือชุดกิจกรรม เป็นวิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด และเป็นวิธีการใช้สื่อการสอนที่เข้ามามีบทบาทต่อการสอนทุกระดับ (กรองกาญจน์ อรุณรัตน์. 2536: 193-194) มีความน่าสนใจ และนำไปใช้ในการสอนวิชาต่างๆ รวมทั้งวิชาวิทยาศาสตร์ ชุดกิจกรรมเป็นนวัตกรรมการใช้สื่อการสอนแบบประสม (Multimedia) ที่จัดขึ้นสำหรับหน่วยการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา (รุ่งทิภา จักรกร. 2527: 88) ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมได้หลากหลายและชุดกิจกรรมยังมีอยู่หลายรูปแบบให้เลือกใช้ตามต้องการ การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ชุดกิจกรรมจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถค้นคว้าหาความรู้และคำตอบของปัญหาได้ด้วยตนเอง รู้จักคิดวิเคราะห์ พิสูจน์หาเหตุผล และแสวงหาความรู้เพื่อเชื่อมโยงความคิดไปสู่แนวทางที่จะแก้ปัญหา ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าการสอนตามปกติ (กรมวิชาการ. 2535: 88)

ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนจึงสนใจที่จะศึกษาพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้เรื่อง ไบโอดีเซล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ให้มีประสิทธิภาพ และนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ไบโอดีเซลของผู้เรียน

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายให้มีคุณภาพระดับดี และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70
2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้เรื่อง ไบโอดีเซล

## ความสำคัญของการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ทำให้ได้นวัตกรรมทางการศึกษาคือ ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซลที่มีประสิทธิภาพ สามารถส่งเสริมและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซลของนักเรียน และเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

## ขอบเขตของการวิจัย

### ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเขตอำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์

### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนคลองขามวิทยาคาร

### ตัวแปรที่ศึกษา

#### 1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

#### 2. ตัวแปรตาม ได้แก่

ประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ซึ่งประกอบด้วย

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล

2.2 ความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

### เนื้อหา

เนื้อหาในชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้ 3 หน่วยย่อย แต่ละหน่วยการเรียนรู้ใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น จนครบใน 1 หน่วย ดังนี้

ชุดกิจกรรมที่ 1 ไบโอดีเซลน่ารู้

ชุดกิจกรรมที่ 2 มาผลิตไบโอดีเซลกันเถอะ

ชุดกิจกรรมที่ 3 ทำไมต้องใช้ไบโอดีเซล

### ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 โดยใช้เวลา 12 ชั่วโมง ระยะเวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Process) หมายถึง การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ให้ผู้เรียนมีโอกาสสำรวจตรวจสอบและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อสร้างให้เกิดความสงสัย กระตุ้น ให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นในเรื่องที่น่าสนใจ และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้ว โดยศึกษาจากการอ่านข่าว บทความ และสื่อวีดิทัศน์ กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถาม กำหนดประเด็นปัญหาที่จะศึกษา ซึ่งนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนตรวจสอบปัญหา โดยการวางแผนการสำรวจตรวจสอบ ดำเนินการสำรวจตรวจสอบโดยการศึกษาเนื้อหาในชุดกิจกรรม ทำการทดลอง สืบค้นข้อมูล และการรวบรวมข้อมูล โดยการตอบคำถามท้ายกิจกรรม การบันทึกผลการทดลอง และการตอบคำถามท้ายการทดลอง

1.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นส่งเสริมให้ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้ตรวจสอบมาวิเคราะห์ผลการศึกษา ผลการสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง และนำเสนอโดยการอธิบายคำตอบของคำถาม การบรรยายสรุปผลการทดลอง และการสร้างแผนผังความคิด

1.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่จัดกิจกรรมและสถานการณ์กระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถขยายองค์ความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล เพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่ หรือเชื่อมโยงความรู้ในชีวิตประจำวันได้

1.5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องตรวจสอบองค์ความรู้ของตนเอง โดยการตอบคำถามท้ายหน่วยในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ และผู้สอนจะประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรม และตรวจคำตอบ

2. ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล หมายถึง การรวมกิจกรรมที่หลากหลายมีกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ไบโอดีเซล เนื้อหาประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้ย่อย 3 หน่วย ได้แก่ ไบโอดีเซลนำรู้ มาผลิตไบโอดีเซลกันเถอะ และทำไมต้องใช้ไบโอดีเซล

3. คุณภาพระดับดี หมายถึง คุณภาพของชุดกิจกรรมซึ่งผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 (จากมาตราส่วน 1- 5)

4. ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม หมายถึง อัตราส่วนระหว่างค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ทำแบบทดสอบท้ายชุดกิจกรรมแต่ละชุดกิจกรรมกับค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนทุกกิจกรรม ในการศึกษาคำนี้ ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นต้องมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

5. ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ที่พัฒนาผู้เรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรม เรื่อง ไบโอดีเซล

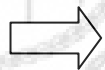
6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี หมายถึงความสามารถในการเรียนรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ในด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้และการวิเคราะห์ วัดด้วยแบบทดสอบชนิดเลือกตอบมี 4 ตัวเลือก โดยผลรวมของคะแนนทุกข้อเป็นคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

7. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล หมายถึง ความประทับใจ ความรู้สึก ชอบ ไม่ชอบ หรือความคิดเห็นที่นักเรียนได้แสดงออก หลังจากนักเรียนได้รับการสอนโดยชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้เรื่อง ไบโอดีเซล

### กรอบแนวคิดในการวิจัย

#### ตัวแปรต้น

การสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้



#### ตัวแปรตาม

- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล
- ความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

### สมมติฐานในการวิจัย

1. ประสิทธิภาพด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ประสิทธิภาพด้านความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมอยู่ในระดับมาก

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวกับหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนคลองขามวิทยาคาร
2. เอกสารที่เกี่ยวกับใบโอดีเซล
3. เอกสารที่เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
4. เอกสารที่เกี่ยวกับการพัฒนาชุดกิจกรรม
5. เอกสารที่เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
6. เอกสารเกี่ยวกับความพึงพอใจ

#### 1. เอกสารที่เกี่ยวกับหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนคลองขามวิทยาคาร

ภายใต้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตรา 9 เรื่องการจัดระบบโครงสร้างและกระบวนการจัดการศึกษาโดยให้สถานศึกษามีเอกภาพด้านนโยบาย และมีความหลากหลายในการปฏิบัติโดยให้มีการกระจายอำนาจไปสู่เขตพื้นที่การศึกษา สถานศึกษา และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจึงเป็นที่มาของการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษาของแต่ละโรงเรียน ซึ่งสอดคล้องกับกระทรวงศึกษาธิการที่ได้ประกาศให้ใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 เนื่องจากหลักสูตรที่ใช้ก่อน พ.ศ. 2544 มีอายุนานกว่า 10 ปี และมีข้อจำกัดบางประการที่ไม่สามารถส่งเสริมให้สังคมไทยก้าวไปสู่สากลได้ เพราะการกำหนดหลักสูตรจากส่วนกลางไม่สะท้อนสภาพความต้องการที่แท้จริงของสถานศึกษาและท้องถิ่นได้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยังไม่สามารถผลักดันให้ประเทศไทยเป็นผู้นำด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ จึงต้องมีการปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนให้คนไทยมีทักษะกระบวนการ มีเจตคติที่ดีทางวิทยาศาสตร์และมีความคิดสร้างสรรค์ (กรมวิชาการ. 2544: 1)

โรงเรียนคลองขามวิทยาคารได้จัดทำหลักสูตรสถานศึกษาเป็นของตนเอง และจัดการศึกษาที่สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตราที่ 22 ที่ว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ และมาตราที่ 24 ที่ว่าการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการดังต่อไปนี้

1. จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล

2. ฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา

3. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น และทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง

4. จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่างๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงาม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา

5. ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียนและอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอนและแหล่งวิทยาการประเภทต่างๆ

6. จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลาทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับบิดามารดา ผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่ายเพื่อร่วมกันพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ

ผลการใช้หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนคลองขามวิทยาคาร ในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จากการประเมินคุณภาพภายนอกจาก สมศ. รอบสอง เมื่อวันที่ 24-26 มกราคม พ.ศ. 2550 พบว่า มาตรฐานที่ 4 ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ มีวิจารณญาณ มีความคิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรองและมีวิสัยทัศน์ และมาตรฐานที่ 5 ผู้เรียนมีความรู้ และทักษะที่จำเป็นตามหลักสูตร ได้ระดับคุณภาพพอใช้ (โรงเรียนคลองขามวิทยาคาร. 2550: 15) เนื่องจากนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ สาเหตุมาจากกิจกรรมการเรียนการสอนที่ไม่น่าสนใจ ทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายต่อการเรียน เพราะนักเรียนเป็นผู้รับฟังเพียงอย่างเดียว ไม่ได้เป็นผู้ค้นพบคำตอบด้วยตนเอง นักเรียนไม่เกิดทักษะการคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะทำการพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซลขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์แก่นักเรียนในการค้นคว้าหาความรู้และคำตอบของปัญหาได้ด้วยตนเอง สร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และเรียนรู้จากสถานการณ์ที่สร้างขึ้นหรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน โดยกระตุ้นความอยากรู้อยากเรียนของนักเรียน ให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ พิจารณาหาเหตุผล และแสวงหาความรู้เพื่อเชื่อมโยงความคิดไปสู่แนวทางที่จะแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และเกิดความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการสอนของครู เป็นการเรียนรู้อย่างมีความสุข เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผู้เรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น และตอบสนองของผลการประเมินของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา

ในชุดกิจกรรมนี้จะประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้ 3 หน่วย ได้แก่ ไบโอดีเซลนำรู้ มาผลิต ไบโอดีเซลกันเถอะ และทำไมต้องใช้ไบโอดีเซล

## 2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับไบโอดีเซล

ไบโอดีเซล (Biodiesel) หรือน้ำมันดีเซลชีวภาพ คือเชื้อเพลิงที่สังเคราะห์ได้จากกระบวนการทางเคมีระหว่างน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์ เกิดเป็นสารประกอบแอลคิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่มีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล

กระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นเรียกว่า ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification Reaction) เป็นปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์สายสั้น เช่น เมทานอล หรือเอทานอล โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น กรด ต่าง หรือตัวเร่งชีวภาพ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบเมทิลหรือเอทิลเอสเทอร์ และกลีเซอรอล ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากปฏิกิริยา

ไบโอดีเซลที่สามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ต้องมีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลจึงจะไม่ทำให้เครื่องยนต์เสียหาย เช่น มีความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลและมีความคงตัว ความหนืดเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน จุดวาบไฟของไบโอดีเซลมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้มีความปลอดภัยในการขนส่ง และไบโอดีเซลยังมีออกซิเจนสูงกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งทำให้เผาไหม้ในเครื่องยนต์ได้สมบูรณ์กว่าน้ำมันดีเซล สมบัติทางกายภาพและเคมีของไบโอดีเซลแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันไบโอดีเซล

เมทิลเอสเทอร์	ค่าความหนืด (ตาราง มิลลิเมตรต่อวินาที)	จำนวนซีเทน	ค่าความร้อนต่ำสุด (มิลลิจูลต่อลิตร)	จุดชุน (องศาเซลเซียส)	จุดวาบไฟ (องศาเซลเซียส)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลิตร)	กำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
ถั่วลิสง	4.9 (37.8 °C)	54	33.6	5	176	0.883	-
ถั่วเหลือง	4.5 (37.8 °C)	45	33.5	1	178	0.885	-
ถั่วเหลือง	4.0 (40.0 °C)	45.7-46	32.7	-	-	0.880	-
Babassu	3.6 (37.8 °C)	63	31.8	4	127	0.879	-
ปาล์ม	5.7 (37.8 °C)	62	33.5	13	164	0.80	-



ตาราง 1 (ต่อ)

เมทิล เอสเทอร์	ค่าความหนืด (ตาราง มิลลิเมตรต่อ วินาที)	จำนวน ซีเทน	ค่าความร้อน ต่ำสุด (มิลลิจูลต่อ ลิตร)	จุดขุ่น (องศา เซลเซียส)	จุดวาบ ไฟ (องศา เซลเซียส)	ความ หนาแน่น (กรัมต่อ ลิตร)	กำมะถัน (ร้อยละ โดย น้ำหนัก)
ปาล์ม	4.3-4.5 (40.0 °C)	64-70	32.4	-	-	0.872-0.877 (15 °C)	-
ทานตะวัน	4.6 (37.8 °C)	49	33.5	1	183	0.860	-
ไขมันวัว	-	-	-	12	96	-	-
เมล็ดเรพ	4.2 (40.0 °C)	51-59.7	32.8	-	-	0.882	-
เมล็ดเรพ	9.48 (30 °C)	53	36.7	-	192	0.895	0.002
ใช้แล้ว น้ำมัน	6.23 (30 °C)	63.9	42.3	-	166	0.884	0.0013
ข้าวโพด ใช้แล้ว น้ำมันดีเซล	1.2-3.5 (40 °C)	51	35.5	-	-	0.830-0.840 (15 °C)	-
น้ำมันก๊าด (JIS-2D)	2.8 (30 °C)	58	42.7	-	59	0.883	0.05

ที่มา: ดุษฎี รัตนพระ. (2549). การตรึงไคโพลีเมอร์จาก *Pseudomonas fluorescences* เพื่อผลิตไบโอดีเซล. หน้า 8.

## 2.1 วัตถุประสงค์

การเลือกใช้วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลมีความแตกต่างกันไปตามความเหมาะสมของแต่ละสถานที่หรือภูมิภาค ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันในพืชแต่ละชนิด และความเหมาะสมของปริมาณการเพาะปลูกพืชน้ำมัน เช่น ปาล์มน้ำมันปลูกมากในมาเลเซีย ถั่วเหลืองปลูกมากในสหรัฐอเมริกา เรพและทานตะวันปลูกมากในกลุ่มประเทศยุโรป (อนุชัย พรมวังขวา; และ ชัยชาญ ฤทธิเกริกไกร. 2550: 60) ในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ได้มีการนำน้ำมันถั่วเหลืองมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลมากที่สุด แต่เมื่อราคาน้ำมันถั่วเหลืองได้เพิ่มสูงกว่าราคาน้ำมันดีเซล จึงได้มีการศึกษาวิจัยแหล่งวัตถุดิบอื่นที่แม้จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าน้ำมันถั่วเหลืองก็ตาม แต่ก็มีราคาถูกกว่ามาก

ได้แก่ น้ำมันพืชใช้แล้ว (Waste Vegetable Oils) และ น้ำมันพืชดิบชนิดที่รับประทานไม่ได้ (Non-Edible Crude Vegetable) มาใช้แทน (Pinto; et al. 2005: 1315) สำหรับประเทศไทยพืชน้ำมันที่เพาะปลูกมาก ให้ผลผลิตน้ำมันสูง และมีราคาถูกคือปาล์มน้ำมัน รองลงมาคือน้ำมันมะพร้าว แต่ยังมีราคาแพง และความต้องการในการบริโภคสูง จึงทำให้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงสุดในปัจจุบัน ในการผลิตไบโอดีเซลนอกจากน้ำมันพืชที่ใช้บริโภคได้ ประเทศไทยยังมีการเพาะปลูกพืชน้ำมันชนิดที่รับประทานไม่ได้ เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ นั่นคือ สบู่ดำ แต่ปัญหาจากผลผลิตต่อไร่และต้นทุนการผลิตที่สูง และยังไม่มีการปลูกในเชิงธุรกิจอย่างจริงจังจึงทำให้น้ำมันสบู่ดำมีราคาแพง

น้ำมันประกอบอาหารใช้แล้วเป็นวัตถุดิบทางเลือกหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยม เนื่องจากน้ำมันพืชใหม่มีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการ และบางชนิดมีราคาสูง น้ำมันประกอบอาหารที่ใช้แล้วมีแหล่งที่มาหลายแหล่ง ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตอาหาร ร้านอาหารฟาสต์ฟู้ด ภัตตาคาร โรงแรม ตลาดสด และบ้านเรือน จากการสำรวจปริมาณน้ำมันพืชใช้แล้วโดยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ใน พ.ศ. 2548 พบว่า โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ มีปริมาณน้ำมันพืชใช้แล้ว 7,500 ลิตรต่อโรงงานต่อเดือน รองลงมาคืออุตสาหกรรมขนาดเล็กมีปริมาณ 320 ลิตรต่อโรงงานต่อเดือน ส่วนร้านอาหาร ฟาสต์ฟู้ด ภัตตาคาร โรงแรม มีปริมาณเฉลี่ย 69 ลิตรต่อแห่งต่อเดือน และครัวเรือนมีปริมาณ 0.22 ลิตรต่อครัวต่อเดือน (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2551: 102) ข้อดีของน้ำมันพืชใช้แล้ว คือ ราคาถูกกว่าวัตถุดิบชนิดอื่น และยังเป็นการตัดวงจรการนำน้ำมันพืชใช้แล้วกลับมาใช้ซ้ำได้ ส่วนข้อเสียคือ คุณภาพของน้ำมันพืชใช้แล้วจากแหล่งต่างๆ จะมีคุณภาพแตกต่างกัน โดยเฉพาะน้ำมันพืชใช้แล้วที่ได้จากครัวเรือนจะมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ แต่ถ้าเป็นน้ำมันพืชใช้แล้วจากโรงงานอุตสาหกรรมคุณภาพจะสม่ำเสมอ เพราะจะมีการควบคุมคุณภาพน้ำมันพืชในกระบวนการผลิตที่แน่นอนทุกครั้ง

## 2.2 กระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ในปัจจุบันมีวิธีการผลิตไบโอดีเซลอยู่หลายวิธี เช่น การสลายตัวด้วยความร้อนหรือไพโรไลซิส (Pyrolysis) ไมโครอิมัลชัน (Microemulsion) การทำปฏิกิริยากับเมทานอลเหนือสภาวะวิกฤติ (Supercritical Alcohol) ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification) เป็นต้น

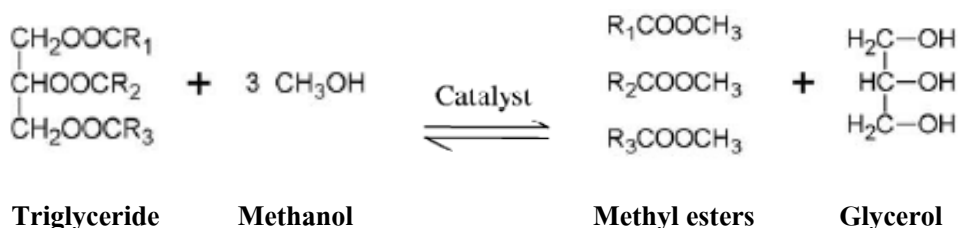
กระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน สามารถใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาได้หลายชนิด ได้แก่ กรด เบส และเอนไซม์ไลเปส ตัวเร่งปฏิกิริยาเบสประเภทไฮดรอกไซด์หรือโซดาไฟ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมและใช้กันอย่างกว้างขวาง ข้อดีและข้อเสียของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสามประเภทแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 เปรียบเทียบการผลิตไบโอดีเซลด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

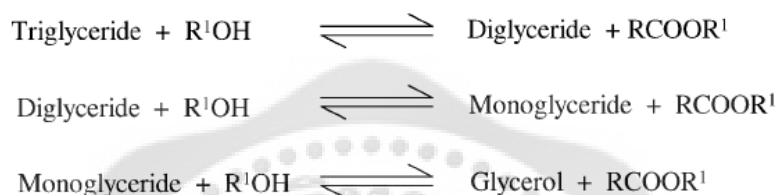
Variable	Alkali catalyst	Acid catalyst	Lipase catalyst
Reaction temperature (°C)	60-70	55-80	30-40
Free fatty acid in raw materials	Saponified product	Ester	Methyl ester
Water in raw material	Interference with reaction	Interference with reaction	No influence
Yield of methyl esters	Normal	Normal	Higher
Recovery of glycerol	Difficult	Difficult	Easy
Purification of methyl esters	Repeated washing	Repeated washing	None
Production cost of catalyst	Cheap	Cheap	Relatively expensive

ที่มา: ดัดแปลงจาก Marchetti JM. (2007). *Possible methods for biodiesel production*. p.1310.

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification or Alcoholysis) เป็นปฏิกิริยาของน้ำมันหรือไขมันกับแอลกอฮอล์เพื่อเปลี่ยนรูปให้เป็นสารประกอบเอสเทอร์ โดยมีผลพลอยได้ คือ กลีเซอรอล ปฏิกิริยาทั่วไปแสดงดังภาพประกอบ 1 และภาพประกอบ 2 แสดงขั้นตอนต่อเนื่องในการทำปฏิกิริยาซึ่งเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับ เริ่มจากไตรกลีเซอไรด์ถูกเปลี่ยนให้เป็นไดกลีเซอไรด์ จากนั้นไดกลีเซอไรด์จะถูกเปลี่ยนต่อเป็นโมโนกลีเซอไรด์ และโมโนกลีเซอไรด์จะถูกเปลี่ยนเป็นกลีเซอรอล ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นเอสเทอร์หนึ่งโมเลกุล การเติมแอลกอฮอล์ที่มากเกินไปจะทำให้เป็นการบังคับปฏิกิริยาให้เปลี่ยนสารตั้งต้นเป็นผลิตภัณฑ์ โดยสัดส่วนโมลของปฏิกิริยาเป็นอัตราส่วนของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมัน คือ 3:1 หรือสามารถเพิ่มเป็น 6:1 ได้เพื่อเพิ่มผลผลิต ตัวเร่งที่ใช้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันมีทั้งสารละลายกรด สารละลายเบส และเอนไซม์ไลเปส ส่วนแอลกอฮอล์ที่ใช้ในปฏิกิริยา ได้แก่ เมทานอล เอทานอล บิวทานอล และเอมีลแอลกอฮอล์ (ดุขฎิ รัตนพระ. 2549: 10-11)



ภาพประกอบ 1 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนต่อเนื่องของการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

### 2.3 การทดสอบคุณภาพของไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นมาเพื่อลดการใช้น้ำมันดีเซล แต่เนื่องจากวัตถุดิบและกระบวนการในการผลิตไบโอดีเซลที่แตกต่างกันจึงทำให้ไบโอดีเซลที่ได้มีสมบัติแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้ได้ไบโอดีเซลที่มีสมบัติในการใช้งานกับเครื่องยนต์โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาตามมาภายหลัง กรมธุรกิจพลังงาน (ธพ.) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับความต้องการใช้งานของเครื่องจักรและเครื่องยนต์ภายในประเทศ ได้กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (B100) สำหรับใช้ผสมกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว มีการกำหนดรายละเอียดข้อกำหนดคุณภาพรวม 24 รายการ อาทิ ปริมาณสารเมทิลเอสเทอร์ ปริมาณกลีเซอไรด์ กลีเซอรินอิสระ และกลีเซอรินทั้งหมด และค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ฯลฯ และได้กำหนดวิธีการทดสอบสมบัติต่างๆ เหล่านี้ตามมาตรฐาน ปัจจุบันผู้ผลิตรถยนต์ดีเซลได้ให้การยอมรับ B100 ที่มีคุณภาพตามประกาศของ ธพ. และให้การรับรองการใช้ B100 ผสมกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วในสัดส่วนร้อยละ 5 (โดยปริมาตร) หรือ เป็นน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว B5 เพื่อใช้กับเทคโนโลยีรถยนต์ดีเซลในปัจจุบันได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อเครื่องยนต์แต่อย่างใด
2. ไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) สำหรับใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียว 4 จังหวะสูบนอน ระบายความร้อนด้วยน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปใช้ในภาคการเกษตร

มีการกำหนดรายละเอียดข้อกำหนดคุณภาพ รวม 13 รายการ อาทิ ปริมาณกลีเซอไรด์ กลีเซอรินอิสระ และกลีเซอรินทั้งหมด และต้องเติมสีม่วง เพื่อให้ผู้บริโภครู้เห็นความแตกต่างระหว่างไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตรและไบโอดีเซลที่ใช้ในรถยนต์อื่นๆ เป็นต้น การนำไบโอดีเซล B100 หรือไบโอดีเซลชุมชนมาจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ผู้ผลิตจำหน่ายจะต้องควบคุมคุณภาพของการผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ ธพ. กำหนดอย่างเคร่งครัด อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันไม่มีผู้ผลิตรถยนต์ดีเซลรายใดให้การยอมรับคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ผสมด้วยไบโอดีเซลชุมชนหรือการใช้ไบโอดีเซลชุมชนกับรถยนต์ดีเซลโดยตรง เพราะอาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เครื่องยนต์เสียหายได้ ขณะเดียวกันกรมธุรกิจพลังงานจะทำการตรวจคุณภาพของเชื้อเพลิงเหล่านี้อีกชั้นหนึ่ง เพื่อเป็นการคุ้มครองผู้บริโภค และหากพบการจำหน่ายน้ำมันคุณภาพต่ำ ก็จะพิจารณาดำเนินการตามกฎหมายต่อไป (สำนักคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง. 2553: ออนไลน์)

ธพ. ได้กำหนดมาตรฐานของลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2552

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ
1	เมทิลเอสเทอร์, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Methyl Ester, %wt)	ไม่ต่ำกว่า 96.5	EN 14103
2	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 °ซ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (Density at 15 °C, km/m <sup>3</sup> )	ไม่ต่ำกว่า 860 และไม่สูงกว่า 900	ASTM D 1298
3	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ เซนติสโตกส์ (Viscosity at 40 °C, cSt)	ไม่ต่ำกว่า 3.5 และไม่สูงกว่า 5.0	ASTM D 445
4	จุดวาบไฟ องศาเซลเซียส (Flash Point, °C)	ไม่ต่ำกว่า 120	ASTM D 93
5	กำมะถัน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.0010	ASTM D 2622
6	กากถ่าน ร้อยละโดยน้ำหนัก (ร้อยละ 10 ของกากที่เหลือจากการกลั่น) (Carbon Residue, on 10 % distillation residue, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.30	ASTM D 4530

## ตาราง 3 (ต่อ)

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ
7	จำนวนซีเทน (Cetane Number)	ไม่ต่ำกว่า 51	ASTM D 613
8	เถ้าซัลเฟต ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphated Ash, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.02	ASTM D 874
9	น้ำ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Water, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.050	EN ISO 12937
10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด ร้อยละโดยน้ำหนัก (Total Contaminate, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.0024	EN 12662
11	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)	ไม่สูงกว่าหมายเลข 1	ASTM D 130
12	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยา ชั่วโม่ง ออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 °ซ (Oxidation Stability at 100 °C, hour)	ไม่ต่ำกว่า 10	EN 14112
13	ค่าความเป็นกรด มิลลิกรัมโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม (Acid Value, mg KOH/g)	ไม่สูงกว่า 0.50	ASTM D 664
14	ค่าไอโอดีน กรัมไอโอดีน/100กรัม (Iodine Value, g iodine/100g)	ไม่สูงกว่า 120	EN 14111
15	กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Linolenic Acid Methyl Ester, %wt.)	ไม่สูงกว่า 12.0	EN 14103
16	เมทานอล ร้อยละโดยน้ำหนัก (Methanol, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.20	EN 14110
17	โมโนกลีเซอไรด์ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Monoglyceride, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.80	EN 14105
18	ไดกลีเซอไรด์ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Diglyceride, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.20	EN 14105
19	ไตรกลีเซอไรด์ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Triglyceride, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.20	EN 14105
20	กลีเซอรินอิสระ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Free glycerine, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.02	EN 14105

## ตาราง 3 (ต่อ)

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ
21	กลีเซอรินทั้งหมด ร้อยละโดยน้ำหนัก (Total glycerine, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.25	EN 14105
22	โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียมและโปแตสเซียม) มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Group I metals (Na+K), mg/kg)	ไม่สูงกว่า 5.0	EN 14108 และ EN 14109
	โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียมและแมกนีเซียม) มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Group II metals (Ca+Mg), mg/kg)	ไม่สูงกว่า 5.0	Pr EN 14538
23	ฟอสฟอรัส ร้อยละโดยน้ำหนัก (Phosphorus, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.0010	ASTM D 4951
24	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจาก อธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน	

ที่มา: กรมพลังงานทดแทน กระทรวงพลังงาน (ธพ.). (2552). ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดคุณลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2552. ออนไลน์.

## 2.4 ประโยชน์จากการใช้ไบโอดีเซล

การใช้ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียม สรุปได้ดังนี้

1. ไบโอดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่สามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปได้ทันที โดยไม่ต้องทำการปรับเปลี่ยนหรือปรับแต่งเครื่องยนต์
2. ลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ และลดการนำเงินตราออกนอกประเทศ
3. ไบโอดีเซลช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ดีเซล
4. ช่วยส่งเสริมรายได้ให้กับภาคการเกษตร
5. ลดปัญหาภาวะโลกร้อนและลดภาวะมลพิษในอากาศ

ในขณะนี้หลายๆ หน่วยงานกำลังศึกษาวิจัยและพัฒนาการแปรรูปน้ำมันจากพืช เพื่อผลิตเป็นไบโอดีเซลด้วยวิธีที่ดีที่สุด เพื่อนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และเพื่อให้ผู้ใช้น้ำมันได้ว่าจะสามารถใช้ไบโอดีเซลได้โดยไม่ก่อปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ และปัญหามลภาวะในระยะยาวด้วย (สสวท. 2553. ออนไลน์)

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไบโอดีเซล

อัญชณา ยอดเรืองวงศ์ (2545: บทคัดย่อ) ศึกษาสมบัติของไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชดิบ โดยกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยนำเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ไปทดสอบสมบัติ เปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล พบว่า ค่าความหนืดมีค่าอยู่ในช่วง 4.4-5.5 เซนติสโตค ซึ่งอยู่ในช่วงมาตรฐานของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล จุดวาบไฟมีค่าระหว่าง 135-136 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่า น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล จุดเทตว์มีค่าระหว่าง -3.2 ถึง -1.1 จุดชุ่นตัวมีค่า 3.2-5.3 องศาเซลเซียส ซึ่งทั้ง จุดเทตว์และจุดชุ่นตัวมีค่าอยู่ในช่วงกำหนดมาตรฐานของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล ค่าความร้อนมีค่าระหว่าง 40.08-41.11 กิโลจูลต่อกรัม ซึ่งต่ำกว่าค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลประมาณ 5-14 เปอร์เซ็นต์ และค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าระหว่าง 0.884-0.889 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงกำหนดมาตรฐานของ น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล

ดุษฎี รัตนพระ (2549: บทคัดย่อ) ศึกษาการเตรียมไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดทานตะวัน กับเมทานอลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้เอนไซม์ไลเปส *Pseudomonas fluorescens* ที่ตรึงบนโคซานและซีไลต์ด้วยวิธีการดูดซับทางกายภาพ เปรียบเทียบกับที่ตรึงบนโซเดียมอัลจิเนต และโคโคซานด้วยวิธีการห่อหุ้มเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าการใช้เอนไซม์ไลเปสที่ตรึงรูปบนโคโคซาน ด้วยวิธีการดูดซับทางกายภาพ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดีที่สุดที่สภาวะในการทำปฏิกิริยา คือ อัตราส่วน โดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1:3 ปริมาณเอนไซม์ที่ถูกตรึง 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักน้ำมัน มีน้ำ ในปฏิกิริยา 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักน้ำมัน อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส บ่มที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อ นาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ 25 เปอร์เซ็นต์

เอ. เอ็น. ฟาน; และ ที. เอ็ม. ฟาน (A. N. Phan; & T. M. Phan. 2008: 3490-3496) ได้ ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันประกอบอาหารใช้แล้วที่ได้จากการเก็บรวบรวมในเมืองโฮจิมินห์ ประเทศเวียดนาม โดยใช้เบสโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือ อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน เป็น 7:1 ถึง 8:1 อุณหภูมิ 30-50 องศาเซลเซียส และปริมาณตัวเร่งเบส 0.75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักน้ำมัน ให้ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล 88-90 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำไปผสมกับน้ำมันดีเซลพบว่าสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่เหมาะสม สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้

ชิน ผางนุญ (2552: บทคัดย่อ) ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากไข่ไก่ที่สกัดน้ำมันโดยการ เจียว ด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันกับเมทิลแอลกอฮอล์ โดยมีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่ง ปฏิกิริยา และกำหนดตัวแปรที่จะศึกษา คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอยู่ระหว่าง 50-60 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยาอยู่ระหว่าง 30-90 นาที อัตราส่วนโมลของเมทานอลต่อโมลของ น้ำมันจากไข่ไก่อยู่ระหว่าง 5:1-7:1 และน้ำหนักของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาณน้ำมันจากไข่ไก่



ร้อยละ 0.5-0.75 (กรัม/มิลลิลิตร) พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา คือ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อโมลน้ำมันไก่เท่ากับ 6:1 และน้ำหนักของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาณน้ำมันไก่ร้อยละ 0.65 ได้ไบโอดีเซลร้อยละ 93 โดยปริมาตร และไบโอดีเซลที่ได้มีความบริสุทธิ์ 99.07 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความบริสุทธิ์ดังกล่าวผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไบโอดีเซล ทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญประโยชน์และของไบโอดีเซล จึงเกิดความสนใจที่จะนำความรู้เรื่องไบโอดีเซลในด้านความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไบโอดีเซล กระบวนการผลิต การทดสอบคุณภาพ และประโยชน์จากการใช้ไบโอดีเซลมาใช้ในการเรียนการสอนในวิชาเคมี เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีให้สูงขึ้น

### 3. เอกสารที่เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

#### 3.1 ทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้

ทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่พูดถึงกันมากในปัจจุบันคือ ทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้ (Constructivism) ซึ่งเชื่อว่านักเรียนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างมาแล้วไม่มากนัก ก่อนที่ครูจะจัดการเรียนการสอนให้เน้นว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนเอง และการเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม ดังนั้นประสบการณ์เดิมของนักเรียนจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเรียนรู้เป็นอย่างยิ่ง กระบวนการเรียนรู้ (Process of Learning) ที่แท้จริงของนักเรียนไม่ได้เกิดจากการบอกเล่าของครู หรือนักเรียนเพียงแต่จดจำแนวคิดต่างๆ ที่มีผู้บอกเล่าให้เท่านั้น แต่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้ เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สืบสวน ตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใดๆ มาเผชิญหน้า (สสวท. 2547: 13-14)

ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ชาตรี เกิดธรรม (2542: 27) ที่สรุปได้ว่า “คอนสตรัคติวิซึ่ม ไม่มีแนวปฏิบัติหรือวิธีการสอนอย่างเฉพาะเจาะจง ดังนั้นนักการศึกษาโดยเฉพาะนักวิทยาศาสตร์ศึกษาซึ่งเป็นกลุ่มแรกที่นำแนวคิดของคอนสตรัคติวิซึ่มนี้มาใช้ จึงได้ประยุกต์ใช้วิธีการสอนแบบต่างๆ ที่มีผู้เสนอไว้แล้ว และพบว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีที่ช่วยให้แนวคิดของคอนสตรัคติวิซึ่มประสบความสำเร็จในการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี”

ทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้จึงเป็นทฤษฎีหนึ่ง ที่เน้นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งศึกษาว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างไร และครูผู้สอนจะจัดกิจกรรมอย่างไร เพื่อให้นักเรียนค้นพบหรือสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง

### 3.2 ความหมายของกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นที่รู้จักกันในหลายชื่อ เช่น การสอนแบบ สอบสวน การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ วิธีสอนแบบสืบสวนสอบสวน วิธีสอนแบบสืบสอบ การสอน แบบสืบค้น การสอนแบบแก้ปัญหา การสอนแบบสืบสวนเรื่องราว และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ผู้รู้และนักการศึกษาหลายท่านจึงได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

ซันด์; และ ไทรวบริดจ์ (Sun; & Trowbridge. 1973: 62-63) ได้สรุปลักษณะของการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. เป็นการสอนที่มีนักเรียนเป็นศูนย์กลาง
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสร้างมโนคติโดยตัวผู้เรียน
3. ระดับความคาดหวังของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น หลังจากที่ได้ประสบผลสำเร็จ

ในการเสาะหาความรู้ในระดับหนึ่ง

4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการพัฒนาความสามารถด้าน ต่างๆ ของนักเรียน เช่น ความสามารถทางวิชาการ ทางสังคม ความคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ ซึ่งต้องอาศัย ความเป็นอิสระและให้นักเรียนมีโอกาสคิด

5. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะหลีกเลี่ยงการเรียนรู้ระดับวาจา หรือการบรรยายแต่เน้นการทดลองเพื่อให้นักเรียนค้นพบตัวเอง

6. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะกำหนดเวลาสำหรับการเรียน

วิลล สํารณวานิช (2532: 54-55) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอน ให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางความคิด เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วย ให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่างๆ ด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกวิธีการเรียนรู้อย่างอิสระที่มี ระบบ มีการทดลอง และสรุปผลการทดลองหรือแก้ปัญหาด้วยตนเอง ครูผู้สอนจะต้องสร้าง สถานการณ์ย้่วยให้นักเรียนได้วางแผนและกำหนดวิธีการค้นหาความรู้ โดยใช้กระบวนการ วิทยาศาสตร์เอง นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาวิชาและกระบวนการแสวงหาความรู้

ระจิต ตรีพุทธรัตน์ (2534: 1) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Method) เป็นการสอนวิทยาศาสตร์แบบหนึ่งที่ทำให้นักเรียนเกิดพัฒนาการทางวิทยาศาสตร์ทุกด้าน เป็นวิธีการ สอนที่ตรงข้ามกับการสอนแบบบรรยาย

ชาติรี เกิดธรรม (2542: 76) กล่าวว่า วิธีสอนแบบสืบสวนสอบสวน เป็นวิธีสอนที่ฝึกให้ นักเรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผล จะค้นพบความรู้ หรือ แนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง โดยผู้สอนตั้งคำถามประเภทกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิด หา วิธีแก้ปัญหาได้เองและสามารถนำการแก้ปัญหาไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

สมบัติ การจรรยาภังค์; และคนอื่นๆ (2549: 1-2) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) โดยคำย่อว่า 5E มาจาก E ที่เป็นอักษรตัวแรกของคำภาษาอังกฤษในแต่ละขั้นนั่นเอง

พิมพันธ์ เตชะคุปต์ (2553: 20) กล่าวว่า วิธีสอนแบบสืบสอบ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมาย วิธีสอนแบบสืบสอบจะเน้นนักเรียนเป็นสำคัญของการเรียน

### 3.3 รูปแบบกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

รูปแบบการสอนหรือรูปแบบการเรียนรู้ภายใต้ทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้จึงเน้นบทบาทของผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น แบบ 3 ขั้น แบบ 4 ขั้น หรือแบบ 5 ขั้น

สมจิต สวธน์ไพบูลย์ (2546: 105-110) กล่าวถึงการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สรุปได้เป็น 3 ขั้น คือ

1. ขั้นการสำรวจข้อมูล (Exploration) เป็นการหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเรื่องที่ศึกษาเพื่อนำไปสร้างเป็นความคิดรวบยอด หรือแนวคิดหลักต่อไป ข้อมูลอาจจะหามาได้จากการสังเกต จากวัตถุจริง หรือปรากฏการณ์

2. ขั้นการสรุปขึ้นเป็นความรู้ใหม่ (Invention) ภายหลังจากการสำเร็จแล้วนักเรียนจะได้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะ สมบัติ การเปลี่ยนแปลงปริมาณและรายละเอียด ข้อมูลเหล่านี้จะไม่มี ความหมายอะไรมากนัก จะมีการนำไปคำนวณหรือจัดกระทำเสียก่อน จึงจะมีความหมายพอที่จะตีความหรือลงข้อสรุปต่อไปได้ ผลสรุปที่ได้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปมโนคติหรือหลักการ

3. ขั้นนำความรู้ใหม่ไปใช้ (Discovery) เป็นขั้นที่นักเรียนมีโอกาสนำเอาความรู้ที่ได้จากการค้นพบไปใช้เป็นรากฐานสำหรับเรียนเรื่องใหม่ต่อไปได้เป็นการทดสอบความถูกต้อง

ระจิต ตริพิทุธรัตน์ (2534: 31-45) ได้แบ่งขั้นตอนการสอนเคมีแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยสรุปไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การนำเข้าสู่บทเรียน เป็นวิธีการที่เร้าให้นักเรียนสนใจในบทเรียนที่ครูจะดำเนินการสอน เป็นขั้นแรกของการสอนแต่ละเรื่อง เพื่อจะนำทางไปสู่จุดหมายตามความต้องการของครูหรือตรงตามวัตถุประสงค์ตามแผนการสอนเรื่องนั้นๆ โดยปกติการนำเข้าสู่บทเรียนจะใช้เวลาไม่นานนัก ไม่ควรเกิน 10 นาที

2. การอภิปรายก่อนการทดลอง เป็นขั้นตอนที่ 2 ต่อจากขั้นตอนการนำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นตอนของการบอกข้อมูลต่างๆ ให้นักเรียน เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการทดลอง ข้อมูลเกี่ยวกับผลการทดลองที่นักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองเรื่องที่กำลังจะสอนนั้นๆ มาแล้ว หรือข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อเรื่องที่กำลังจะสอนหลังขั้นตอนนี้ต่อไป

3. การทดลอง ขั้นนี้ครูจะเตรียมสารและอุปกรณ์การทดลองไว้อย่างพร้อมเพรียง การใช้ อุปกรณ์การทดลองและการเตรียมสาร ครูจะอธิบายไว้อย่างละเอียดในขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง แล้ว การทดลองทุกคนในกลุ่มต้องช่วยกันดำเนินการทดลองด้วยความเอาใจใส่และระมัดระวัง ตลอดจนใช้การสังเกตอย่างละเอียดถี่ถ้วน มีภาระหน้าที่แบ่งกันชัดเจน เช่น คนใดจะหยิบสาร เตรียมสาร คนใดจะดำเนินการทดลอง คนใดจะเป็นผู้สังเกตผลการทดลอง คนใดจะเป็นผู้บันทึกผลการทดลอง ฯลฯ และการทดลองนี้ทุกคนจะต้องบันทึกผลการทดลองตามความจริงที่ได้จากผลการทดลอง ไม่มีการไขว่เขวหรือลำเอียง หากผลการทดลองไม่ได้ผลตามต้องการหรือตามความเป็นจริง

4. การอภิปรายหลังจากทดลอง ขั้นตอนนี้ถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ครูจะเป็นผู้นำการอภิปรายโดยการตั้งคำถามถามนักเรียนทั้งชั้นเรียน คำถามที่จะถามนักเรียนจะต้องเป็นคำถามที่ถามต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มต้นทำการทดลองจนกระทั่งถึงบันทึกข้อมูลผลการทดลอง ขั้นอภิปรายหลังการทดลองนี้จึงมีความยุ่งยากสำหรับครู เพราะครูต้องเตรียมคำถามนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจการทดลอง เข้าใจผลการทดลองอย่างต่อเนื่อง ขั้นตอนนี้เป็นการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เรื่องนั้นๆ ด้วยตนเอง ไม่ใช่เกิดจากการอธิบายของครูเอง นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Insight) โดยอาศัยผลการทดลอง ทักษะการตั้งคำถามครูจึงต้องฝึกปฏิบัติก่อนจะทำการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ คำถามสุดท้ายจะเป็นคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบในลักษณะสรุปผลการทดลอง ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การทดลองเรื่องนั้นๆ

5. การสรุป ครูจะเป็นผู้กำหนดให้นักเรียนสรุปผลการทดลองเอง การที่นักเรียนจะสามารถสรุปผลการทดลองได้นั้น นักเรียนจะต้องเข้าใจทุกคำถามที่ครูถามในช่วงอภิปรายหลังการทดลอง นั่นคือ นักเรียนจะต้องเข้าใจการทดลองและผลการทดลองได้อย่างชัดเจน ครูต้องมีความสามารถในการตั้งคำถามนักเรียนได้อย่างต่อเนื่องตามลำดับ หากคำถามไม่ต่อเนื่องกัน ถามเนื้อหากระโดดไปกระโดดมา จะทำให้นักเรียนไขว่เขว จับเนื้อหาไม่ถูกต้อง นักเรียนจะไม่สามารถสรุปผลการทดลองได้

สสวท. (2546: 119-120) ได้เสนอให้นำกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และได้เสนอขั้นตอนในการเรียนการสอนแบบ 5 ขั้นตอน (5E) คือ

1. **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อนแต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา

เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

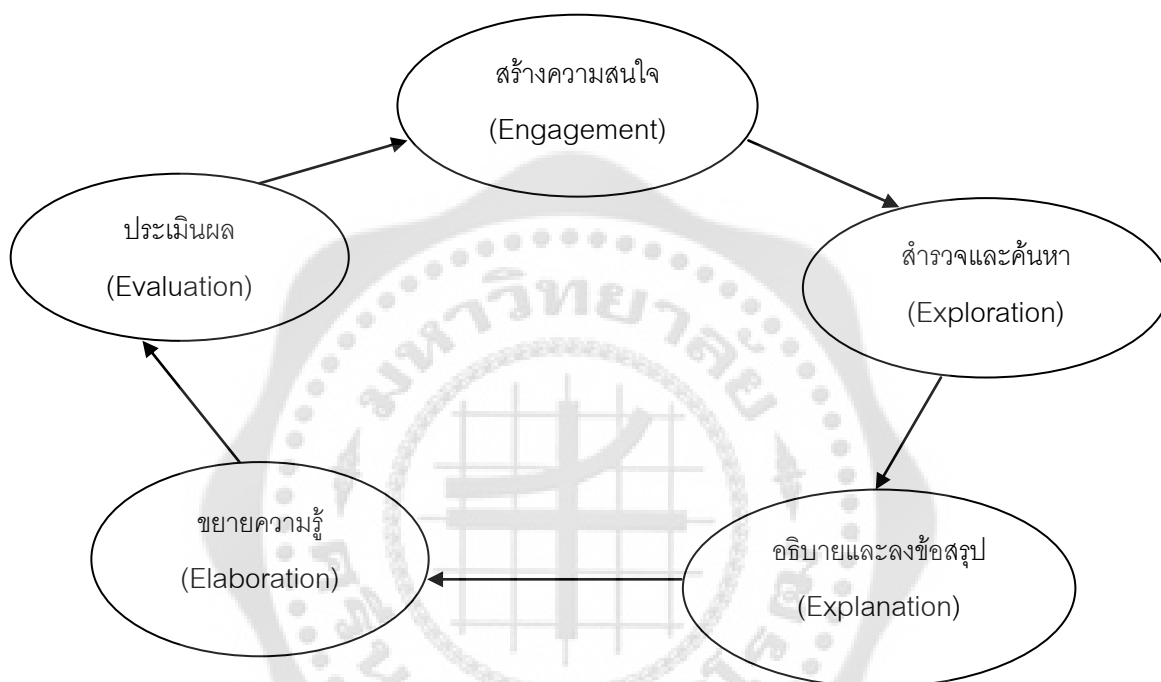
2. **ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบ แล้วจึงนำข้อมูล ข้อเสนอแนะที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ

การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งจะก่อให้เกิดเป็นประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหาที่จะต้องสำรวจ ตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จึงเรียกว่า Inquiry Cycle กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลักและหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป



ภาพประกอบ 3 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ที่มา: สสวท. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. หน้า 220.

### 3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

เรวัต ศุภมั่งมี (2542: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรกิจกรรมเรียนรู้มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์หลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และมีความคิดเห็นต่อการสอนวิชาวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ในระดับดี

อรัญญา สถิตไพบุลย์ (2550: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัย พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้น กระฉับกระเฉง สนใจการเรียนมากขึ้น กล้าแสดงออกและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมต่างๆ และช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาทางด้านทักษะการเรียนรู้เพิ่มขึ้น และนักเรียนมีคะแนนผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 70 ด้านทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง แก๊ส ของแข็ง ของเหลว เช่นเดียวกับด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แก๊ส ของแข็ง ของเหลว

อับราฮัม; และ เร็นเนอร์ (Abraham; & Renner. 1986: 121-143) ได้ศึกษาผลงานการวิจัยของนักศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับวงจรการเรียนรู้ในวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษา พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านเนื้อหาวิชา และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมีสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติ และนอกจากนี้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ยังมีผลต่อความคงทนในผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจะนำแนวคิดและหลักการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ต่างๆ มาผสมผสานกันให้เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละชุดกิจกรรมและเลือกใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ตามแนวทางของ สสวท. เป็นหลัก

## 4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดกิจกรรม

### 4.1 ความหมายของชุดกิจกรรม

ชุดการสอนหรือชุดกิจกรรม (Instructional Packages หรือ Instructional Package หรือ Instructional Kits) ชุดการเรียน (Learning Packages) บางคนอาจเรียกว่า ชุดการเรียนการสอน จัดเป็นนวัตกรรมการศึกษาประเภทสื่อประสม ที่เกิดจากการปรับปรุงสื่อการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาแบบบูรณาการ เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะของหน่วยการเรียนรู้แต่ละจุดประสงค์

สำหรับความหมายของชุดการสอน ชุดกิจกรรม ชุดการเรียน หรือชุดการเรียนการสอน ได้มีผู้รู้และนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

กู๊ด (ตวงแสง ณ นคร. 2542: 69; อ้างอิงจาก C. V. Good. 1977. *Dictionary Of Education*) ได้กล่าวถึงชุดการสอนว่าเป็นโปรแกรมทางการสอนที่ทุกอย่างจัดไว้เฉพาะประกอบด้วย

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ภายในชุดการสอน อุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียน คู่มือครู เนื้อหา แบบทดสอบและมีการกำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนไว้ครบถ้วน

สันทัต ภิบาลสุข; และพิมพ์ใจ ภิบาลสุข (2524: 193) ให้ความหมายไว้ว่า ชุดการสอนหรือชุดการเรียนคือ การนำระบบสื่อประสมที่สอดคล้องกับเนื้อหาและประสบการณ์ของแต่ละหน่วยมาช่วยให้การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วิวัฒนาพร กระจับทุกซ์ (2542: 27) ให้ความหมายไว้ว่า ชุดการเรียนเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบและจัดอย่างมีระบบ ประกอบด้วยจุดมุ่งหมาย เนื้อหา และวัสดุอุปกรณ์ โดยกิจกรรมต่างๆ ดังกล่าวได้รับการรวบรวมไว้เป็นระเบียบในกล่อง เพื่อเตรียมไว้ให้ผู้เรียนได้ศึกษาจากประสบการณ์ทั้งหมด

กรองกาญจน์ อรุณรัตน์ (2536: 193) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ชุดการสอนหรือชุดกิจกรรมหมายถึง ชุดของสื่อประสม (Multimedia) ที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาและประสบการณ์ในการเรียนรู้ของผู้เรียนให้บรรลุตามจุดหมายที่วางไว้ และช่วยให้การสอนของครูดำเนินไปอย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2525: 185) ให้ความหมายไว้ว่า เป็นการนำเอาวัสดุอุปกรณ์และวิธีการเรียนการสอนในรูปสื่อการเรียนแบบประสมมาช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วาสนา ชาวหา (2525: 139) ให้ความหมายไว้ว่า เป็นชุดการเรียนการสอนที่จัดโปรแกรมการเรียนสำหรับผู้เรียน ให้เรียนด้วยตนเองตามความสามารถและความสนใจเป็นรายบุคคล เพื่อส่งเสริมความสามารถของแต่ละบุคคลให้พัฒนาการเรียนรู้ของตนไปให้ถึงขีดสุดความสามารถ โดยไม่ต้องเสียเวลาคอยคนอื่น

บุญชม ศรีสะอาด (2541: 95) ให้ความหมายของชุดการสอนไว้ว่า เป็นสื่อการเรียนหลายอย่างประกอบกันจัดเข้าไว้ด้วยกันเป็นชุด เรียกว่าสื่อประสม เพื่อมุ่งให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

นิพนธ์ สุขปรดี (2525: 74-75) ให้ความหมายไว้ว่า ชุดการเรียนการสอนสำหรับเรียนด้วยตนเองคือ การรวบรวมการเรียนการสอนด้วยความสะดวกเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายอย่างมีประสิทธิภาพ ชุดการเรียนการสอนจะต้องประกอบด้วยสื่อต่างๆ ที่ทำให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียน โดยอาจเป็นสื่อหลายอย่างตามความเหมาะสมโดยพิจารณาจาก

1. ใช้สื่อตรงจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้
2. เหมาะสมกับประสบการณ์เดิมของผู้เรียน
3. เหมาะสมกับลักษณะการตอบสนองของผู้เรียนที่คาดหวังว่าจะได้รับ
4. เป็นสื่อที่จัดหาได้ไม่ยาก



## 4.2 ประเภทของชุดกิจกรรม

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2525: 174-175) ได้แบ่งชุดการเรียนการสอนตามลักษณะการใช้เป็น 3 ประเภท

1. ชุดการเรียนการสอนสำหรับบรรยายเรียกว่า ชุดการเรียนการสอนสำหรับครู เป็นชุดการเรียนการสอนสำหรับกำหนดกิจกรรมและสื่อการเรียน ให้ครูใช้ประกอบการบรรยายเพื่อเปลี่ยนแปลงบทบาทการพูดของครูให้น้อยลง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนให้มากขึ้น ชุดการเรียนการสอนแบบนี้มีเนื้อหาเพียงหน่วยเดียวและใช้กับนักเรียนทั้งชั้น

2. ชุดการเรียนการสอนสำหรับกิจกรรมแบบแบ่งกลุ่ม เป็นชุดการเรียนการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันเป็นหมู่คณะ อาจจัดกิจกรรมเป็นศูนย์การเรียน ชุดการเรียนการสอนแบบนี้ประกอบด้วยชุดการเรียนการสอนหรือชุดการเรียนครบตามจำนวนผู้เรียนในศูนย์กิจกรรมนั้น สื่อการเรียนอาจจัดอยู่ในรูปของการเรียนการสอนรายบุคคลหรือผู้เรียนทั้งศูนย์ใช้ร่วมกันก็ได้ ผู้เรียนที่เรียนจากการเรียนการสอนแบบกิจกรรมกลุ่ม อาจต้องขอความช่วยเหลือจากครูในระยะเริ่มต้นและระยะหลังจากเคยชินต่อวิธีการใช้แล้ว ผู้เรียนสามารถช่วยเหลือซึ่งกันและกันได้ขณะทำกิจกรรม ถ้ามีปัญหา ผู้เรียนสามารถซักถามครูได้เสมอ เมื่อเรียนจบในแต่ละศูนย์แล้ว ผู้เรียนอาจสนใจการเรียนเสริมสามารถเรียนรู้จากศูนย์สำรองที่ครูจัดเตรียมไว้ เพื่อไม่เสียเวลาคอยผู้อื่น

3. ชุดการเรียนการสอนรายบุคคล เป็นชุดการเรียนการสอนที่จัดระบบขั้นตอน เพื่อให้ผู้เรียนใช้เรียนด้วยตนเองตามขั้นความสามารถของแต่ละบุคคล เมื่อศึกษาครบแล้วจะทำการทดสอบประเมินผลความก้าวหน้า และศึกษาชุดการเรียนการสอนชุดอื่นต่อไปตามลำดับ เมื่อมีปัญหาผู้เรียนจะปรึกษากันได้ระหว่างผู้เรียน และผู้สอนพร้อมที่จะให้ความช่วยเหลือทันทีในฐานะผู้ประสานงานหรือผู้ชี้แนะแนวทาง การเรียนด้วยชุดการเรียนการสอนแบบนี้จัดขึ้นเพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลให้พัฒนาการเรียนรู้ของตนเองไปจนเต็มความสามารถ โดยไม่ต้องเสียเวลาคอยผู้อื่น ชุดการเรียนการสอนแบบนี้บางครั้งเรียกว่า “บทเรียนโมดูล” (Instructional Module)

ดวงแสง ณ นคร (2542: 69-70) ได้จำแนกชุดการเรียนการสอนตามลักษณะการนำไปใช้ไว้ 3 ลักษณะ ดังนี้

1. ชุดการสอนสำหรับครู ใช้ประกอบการบรรยายของผู้สอน โดยบูรณาการสื่อประสมสำหรับประกอบการเรียนการสอนในแต่ละหน่วยย่อยของบทเรียนลงในกล่อง ภายในกล่องจะประกอบด้วยสื่อต่างๆ ดังนี้

1.1 คู่มือครู ทำหน้าที่อธิบายลักษณะของชุดการสอน คำแนะนำในการใช้ชุดการสอน แผนการสอนของบทเรียน เนื้อหา รายการสื่อการสอน และเอกสารอ้างอิง

1.2 แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งตั้งตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของ

## บทเรียน

1.3 สื่อการสอน ซึ่งถูกบูรณาการตามจุดประสงค์และมโนทัศน์ของบทเรียน

1.4 แบบฝึกหัดประกอบกิจกรรม

บทบาทของชุดการสอนสำหรับครูนั้นจะช่วยให้เนื้อหาแต่ละบทเรียนมีสื่อการสอนเสริมการบรรยายของครู โดยสื่อที่จะใช้ได้รับการออกแบบและวิเคราะห์ให้เหมาะสมกับเนื้อหาและจุดมุ่งหมายของบทเรียน สามารถสร้างมโนทัศน์แก่ผู้เรียนได้ ในการเตรียมการสอนผู้สอนสามารถประหยัดเวลาการเตรียมการสอนสำหรับบทเรียนแต่ละหน่วย เพราะชุดการสอนจะเตรียมสื่อการสอนไว้อย่างเหมาะสมและบรรจุไว้เฉพาะกล่อง ผู้สอนเพียงแต่อ่านคู่มือครูก็จะสามารถใช้ชุดการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความสะดวกอีกประการหนึ่งได้แก่ การเก็บรักษาสื่อโดยที่สื่อแต่ละหน่วยจะถูกบรรจุอยู่ในแต่ละกล่องโดยเฉพาะ เมื่อผู้สอนใช้ประกอบการสอนจบบทเรียนแล้วก็จะนำสื่อทั้งหมดเก็บไว้ในกล่องตามเดิม ทำให้เกิดความสะดวกต่อการนำมาใช้ใหม่ในภายหลัง

2. ชุดการสอนสำหรับผู้เรียนในกิจกรรมกลุ่มย่อย การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

สำหรับผู้เรียนกลุ่มย่อยได้แก่การจัดศูนย์การเรียนรู้ ศูนย์การเรียนรู้คือส่วนใดส่วนหนึ่งของโรงเรียนหรือห้องเรียนซึ่งเป็นที่รวบรวมแหล่งความรู้สำหรับใช้เพื่อการศึกษา และเป็นที่สำหรับส่งเสริมการเรียนรู้ ประสบการณ์ และทักษะต่างๆ ให้แก่ผู้เรียนมากขึ้น รวมทั้งเป็นที่ซึ่งอาจให้ผู้เรียนได้ช่วยเหลือตนเองในการเรียนรู้ ดังนั้นลักษณะการจัดกิจกรรมกลุ่มจึงเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกันในแต่ละกลุ่มย่อย โดยจัดผู้เรียนจำนวนไม่เกิน 10 คน ผู้สอนจะวิเคราะห์เนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อย ในแต่ละบทเรียนควรจัดแบ่งประมาณ 4-6 หน่วยการเรียนรู้หรือศูนย์กิจกรรม เนื้อหาในแต่ละหน่วยจะเป็นอิสระไม่ขึ้นแก่กัน ผู้เรียนจะเริ่มเรียนจากศูนย์ใดศูนย์หนึ่งก็ได้ และเมื่อได้ศึกษาคำสั่งจากชุดการสอนก็ในลงมือปฏิบัติตามกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายจนครบเวลาที่กำหนด ก็จะสลับเปลี่ยนไปทำกิจกรรมยังศูนย์อื่นๆ ต่อไป และอาจมีศูนย์สำหรับกรณีนี้ที่ผู้เรียนบางศูนย์ทำกิจกรรมเสร็จก่อนเวลา ชุดการสอนสำหรับผู้เรียนกิจกรรมกลุ่มย่อยมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

2.1 บัตรคำสั่ง เพื่ออธิบายวิธีการศึกษาประจำศูนย์ให้แก่ผู้เรียน

2.2 แบบทดสอบ สำหรับวัดพฤติกรรมวัตถุประสงค์ของบทเรียน

2.3 สื่อประสม ได้แก่ รูปภาพ แผนภูมิ หนังสือ ของจริง เทปเสียง วัสดุประกอบการ

ทดลอง ฯลฯ

2.4 เครื่องเขียน กระดาษ ตามจำนวนผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม

3. ชุดการสอนสำหรับการเรียนเป็นรายบุคคล เป็นชุดการสอนสำหรับให้ผู้เรียนได้ศึกษา

เป็นรายบุคคลในกรณีที่ผู้เรียนบางคนต้องการเรียนรู้พิเศษไปจากการเรียนในห้องเรียนปกติ หรือใช้

สำหรับการเรียนซ่อมเสริมในบางเนื้อหาที่ผู้เรียนเรียนรู้ได้ช้ากว่าปกติ ชุดการสอนในลักษณะนี้บางครั้งเรียกว่า ชุดการเรียน (Learning Packages) ซึ่งประกอบด้วย

3.1 บทเรียนโปรแกรม

3.2 สื่อประสม ตามที่บทเรียนโปรแกรมกำหนด

#### 4.3 องค์ประกอบของชุดกิจกรรม

บุญเชื้อ ควรวาเวช (2542: 95-97) ได้แบ่งองค์ประกอบที่สำคัญๆ ภายในชุดกิจกรรมสามารถจำแนกออกเป็น 4 ส่วนด้วยกัน คือ

1. คู่มือครู เป็นคู่มือและแผนการสอนสำหรับผู้สอนหรือผู้เรียนตามแต่ชนิดของชุดการสอน ภายในคู่มือจะชี้แจงถึงวิธีการใช้ชุดการสอน อาจจะทำเป็นเล่มหรือแผ่นพับก็ได้

2. บัตรคำสั่งหรือคำแนะนำ จะเป็นส่วนที่บอกให้ผู้เรียนดำเนินการเรียนหรือประกอบกิจกรรมแต่ละอย่างตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ มักอยู่ในรูปของกระดาษแข็งขนาด 6x8 นิ้ว บัตรคำสั่งจะอยู่ในชุดการสอนแบบกลุ่มและรายบุคคล ซึ่งจะประกอบด้วย

2.1 คำอธิบายในเรื่องที่จะศึกษา

2.2 คำสั่งให้ผู้เรียนดำเนินการกิจกรรม

2.3 การสรุปบทเรียน

3. เนื้อหาสาระและสื่อ จะบรรจุไว้ในรูปของสื่อการสอนต่างๆ อาจประกอบด้วยบทเรียนโปรแกรม สไลด์ เทปบันทึกเสียง วิดีโอ แผ่นภาพโปร่งใส วัสดุกราฟิก หุ่นจำลอง ของตัวอย่าง รูปภาพ เป็นต้น ผู้เรียนจะศึกษาจากสื่อการสอนต่างๆ ที่บรรจุอยู่ในชุดการสอนตามบัตรคำสั่งที่กำหนดไว้ให้

4. แบบประเมินผล ผู้เรียนจะทำการประเมินผลความรู้ด้วยตนเองก่อนและหลังเรียน แบบประเมินผลที่อยู่ในชุดการสอนอาจจะเป็นแบบฝึกหัดให้เติมคำในช่องว่าง เลือกคำตอบที่ถูก จับคู่คูผลจากการทดลองหรือให้ทำกิจกรรม เป็นต้น

ส่วนประกอบข้างต้นนี้จะบรรจุในกล่องหรือซอง จัดเอาไว้เป็นหมวดหมู่เพื่อสะดวกแก่การใช้ นิยมแยกออกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. กล่อง

2. สื่อการสอนและบัตรบอกชนิดของสื่อการสอนเรียงตามการใช้

3. บันทึกการสอน ประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

3.1 รายละเอียดเกี่ยวกับวิชาและหน่วยการสอน

3.2 รายละเอียดเกี่ยวกับผู้เรียน

3.3 เวลา จำนวนชั่วโมง

3.4 วัตถุประสงค์ทั่วไป

3.5 วัตถุประสงค์เฉพาะ

3.6 เนื้อหาวิชาและประสบการณ์

3.7 กิจกรรมและสื่อการสอนประกอบวิธีสอน

3.8 การประเมินผล วัดผล การทดสอบก่อนและหลังเรียน

4. อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ

วรรณทิพา รอดแรงคำ; และ พิมพ์พันธ์์ เดชะคุปต์ (2532: 110-111) ได้กล่าวว่าชุดกิจกรรมมีองค์ประกอบและมีสมบัติขององค์ประกอบ ดังนี้

1. ชื่อเรื่อง จะต้องมีความชัดเจน น่าสนใจ และบอกให้ทราบว่าลักษณะของกิจกรรมที่ต้องการเป็นอย่างไร

2. จุดประสงค์ต้องบอกจุดมุ่งหมายของกิจกรรมนั้นๆ โดยบอกพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดตามกิจกรรมนั้นๆ และต้องให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมโดยที่สังเกตได้ วัดได้เป็นไปตามเกณฑ์ที่คาดหวัง

3. คำชี้แจง เป็นการกล่าวให้เห็นภาพอย่างกว้างๆ เพื่อให้ผู้สอนได้เห็นภาพในการฝึกแต่ละกิจกรรม

4. เวลาที่ใช้ ต้องประมาณว่ากิจกรรมนั้นๆ ควรใช้เวลาเท่าไร แต่อย่างไรก็ตามเวลาสามารถที่จะยืดหยุ่นได้ตามความจำเป็น

5. วัสดุอุปกรณ์ต้องระบุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินกิจกรรม เพื่อช่วยให้ผู้สอนทราบว่าต้องเตรียมอะไรล่วงหน้าบ้าง

6. ใ้บความรู้ ต้องมีเนื้อหาที่ครอบคลุมรายละเอียดและสอดคล้องกับกิจกรรมที่ปฏิบัติ

7. การสร้างสถานการณ์หรือการสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนได้เกิดข้อคำถาม ความคิดประเด็นปัญหา ซึ่งจะนำมาในการพิสูจน์หาข้อเท็จจริงต่อไป

8. กิจกรรม จะต้องมีส่วนตอนและสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาและอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้สอน มีขั้นตอนดังนี้

8.1 ขั้นนำ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียน

8.2 ขั้นกิจกรรม เป็นส่วนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรม

8.3 ขั้นอภิปราย เป็นส่วนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสนำประสบการณ์มาวิเคราะห์เพื่อความเข้าใจที่ชัดเจนขึ้น

8.4 ขั้นสรุป เป็นส่วนที่ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากขั้นกิจกรรมและขั้นอภิปรายมาสรุปหาสาระสำคัญ

9. แบบฝึกหัดทำกิจกรรม จะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์แนวคิดและเนื้อหาที่ตั้งไว้ ซึ่งเป็นที่คาดหวังว่าหากกิจกรรมมีความเหมาะสม และผู้สอนสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ผู้เรียนจะสามารถตอบข้อคำถามในแบบทดสอบ เพื่อประเมินผลผู้เรียนในแต่ละกิจกรรมได้ถูกต้อง

ดวงแสง ณ นคร (2542: 71) กล่าวว่าองค์ประกอบของชุดการสอนตามแนวคิดของ ดวน (James E. Duan) ได้กำหนดไว้ 7 ประการ ได้แก่

1. การวางจุดมุ่งหมายและเนื้อหาที่จะต้องเรียน
2. การเสนอเนื้อหา
3. การกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. การเลือกกิจกรรมในการเรียน
5. การจัดกิจกรรมที่จะสร้างจิตพิสัย
6. การสร้างเครื่องมือทดสอบก่อนและหลังเรียน
7. การสร้างคู่มือครู

นอกจากนั้น ดวงแสง ณ นคร (2542: 71) ยังกล่าวถึงโครงสร้างชุดการสอนตามแนวคิดของไฮเวล ในการออกแบบชุดการสอนที่มีชื่อว่าตุลซาแพค (TULSAPACS) ที่เมืองตุลซา รัฐโอคลาโฮมา สรุปได้ว่าชุดการสอนจะต้องประกอบด้วยสิ่งต่อไปนี้

1. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. เนื้อหาวิชา และกิจกรรมหรือวิธีการที่จะทำให้ผู้เรียนบรรลุพฤติกรรมขั้นสุดท้าย
3. การวัดผลผู้เรียนว่าบรรลุจุดประสงค์ที่วางไว้หรือไม่

โดยสรุปองค์ประกอบของชุดการสอนโดยทั่วไปจะต้องประกอบด้วยสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. คู่มือครู เพื่อทำหน้าที่ชี้แจงลักษณะและวิธีการใช้ชุดการสอน
2. แผนการสอน
3. เนื้อหาวิชาและกิจกรรมการเรียนการสอน
4. สื่อประสม
5. แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

#### 4.4 ขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรม

บุญเอื้อ ควรหาเวช (2542: 97-99) ได้กล่าวถึงหลักการสร้างชุดกิจกรรมโดยสรุปไว้

10 ขั้น ดังนี้

1. กำหนดหมวดหมู่เนื้อหาและประสบการณ์ อาจจะเป็นหมวดวิชาหรือบูรณาการเป็นแบบสหวิทยาการตามที่เหมาะสม

2. กำหนดหน่วยการสอน แบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วยการสอนโดยประมาณเนื้อหาวิชาที่จะให้ครูสามารถถ่ายทอดความรู้แก่นักเรียนได้ในหนึ่งสัปดาห์หรือหนึ่งครั้ง
  3. กำหนดหัวข้อหรือหน่วยการสอนย่อยให้สัมพันธ์กับเวลาครั้งละ 1-2 ชั่วโมง
  4. กำหนดความคิดรวบยอดและหลักการให้สอดคล้องกับหน่วยและหัวข้อเรื่อง โดยสรุปรวมแนวคิด สาระ และหลักเกณฑ์สำคัญเพื่อไว้เป็นแนวทางกำหนดเนื้อหาการสอนให้สอดคล้อง
  5. กำหนดวัตถุประสงค์ให้สอดคล้องกับเนื้อเรื่องเป็นจุดประสงค์ทั่วไปก่อนแล้ว เปลี่ยนเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องมีเงื่อนไขและหลักเกณฑ์พฤติกรรมไว้ทุกครั้ง
  6. กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมซึ่งแนวทางการเลือกและผลิตสื่อการสอน กิจกรรมการเรียนรู้หมายถึง กิจกรรมทุกอย่างที่ผู้เรียนปฏิบัติ เช่น การอ่านบัตรคำสั่ง ตอบคำถาม เขียนภาพทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เล่นเกม ฯลฯ
  7. กำหนดแบบประเมินผล ต้องออกแบบการประเมินผลให้ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมโดยใช้แบบสอบถามเชิงสังเกต เพื่อให้ผู้สอนทราบว่าหลังจากการผ่านกิจกรรมแล้วผู้เรียนได้เปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่
  8. เลือกการผลิตสื่อการสอน วัสดุอุปกรณ์และวิธีการที่ครูใช้ถือเป็นสื่อการสอนทั้งสิ้น เมื่อผลิตสื่อการสอนของแต่ละหัวเรื่องแล้วก็จัดไว้เป็นหมวดหมู่ในกล่องที่เตรียมไว้ ก่อนนำไปทดลองหาประสิทธิภาพ
  9. หาประสิทธิภาพชุดการสอน เพื่อเป็นการประกันว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพในการสอน ผู้สร้างต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้นล่วงหน้า โดยคำนึงถึงหลักการที่ว่า การเรียนรู้เป็นการช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนให้บรรลุผล
  10. การใช้ชุดการสอน ชุดการสอนที่ได้ปรับปรุงและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้แล้วสามารถนำไปสอนผู้เรียนได้ตามประเภทของชุดการสอนและระดับการศึกษา
- รุ่งทิวา จักรกร (2527: 89-92) ได้กล่าวถึงการสร้างชุดกิจกรรมประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้
1. กำหนดเรื่องเพื่อทำการสอน อาจกำหนดเรื่องตามหลักสูตรหรือกำหนดเรื่องขึ้นใหม่ตามความเหมาะสมก็ได้ จะแบ่งเนื้อหาอย่างไรก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อหาและการใช้ชุดกิจกรรม ซึ่งในการจัดแบ่งเนื้อเรื่องเพื่อทำชุดกิจกรรมในแต่ละระดับย่อมไม่เหมือนกัน
  2. จัดหมวดหมู่เนื้อหาและประสบการณ์ แล้วแต่ความต้องการและความเหมาะสม
  3. จัดหน่วยการสอนจะแบ่งเป็นกี่หน่วย หน่วยงานหนึ่งๆ ควรใช้เวลานานเท่าไร ใช้เวลาเรียนเป็นกี่คาบหรือสัปดาห์ หรือตามความเหมาะสมกับวัยและระดับของผู้เรียนทั้งนี้โดยคำนึงถึงจิตวิทยาพัฒนาของผู้เรียน
  4. กำหนดหัวข้อ จัดแบ่งหน่วยการสอนให้เป็นหัวข้อย่อยๆ เพื่อสะดวกแก่การเรียนรู้

แต่ละหน่วยจะประกอบด้วยประสบการณ์ในการเรียนรู้อะไรบ้าง กำหนดหัวข้อแต่ละหน่วยนั้น

5. ความคิดรวบยอดหรือหลักการ ต้องกำหนดให้ชัดเจนว่าผู้เรียนมีความคิดรวบยอดหรือหลักการอะไร
6. กำหนดจุดประสงค์ในการสอนหมายถึง จุดประสงค์ในการสอนทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมีเกณฑ์การตัดสินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชัดเจน
7. การวิเคราะห์งาน โดยนำจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมแต่ละข้อมาวิเคราะห์กิจกรรมว่าควรทำอะไรก่อนหลังแล้วจึงจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนดไว้
8. ลำดับกิจกรรมการเรียนรู้หลังจากพิจารณาจุดประสงค์ของแต่ละข้อ ว่าจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างไรจึงจะบรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ และต้องพิจารณาถึงกิจกรรมที่จะเสริมสร้างความสนใจและความสามารถให้กับนักเรียนอีกด้วย
9. กำหนดแบบประเมินผล ครูต้องหาวิธีในการประเมินผลว่าจะใช้วิธีใดจึงจะประเมินผลได้อย่างแน่นอนตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้
10. เลือกและผลิตสื่อการสอนโดยพิจารณาจากข้อ 7 เมื่อทราบว่าใช้สื่อการสอนอะไรแล้วก็จัดหาหรือผลิตเพื่อให้ได้ตามที่ต้องการ จัดเป็นหมวดหมู่เพื่อสะดวกแก่การใช้
11. หาประสิทธิภาพของชุดการสอนเมื่อสร้างชุดกิจกรรมเสร็จแล้วทำการหาประสิทธิภาพโดยการทดลองใช้เพื่อแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง
12. ในกรณีที่ใช้ชุดการสอนแบบกลุ่มต้องหากิจกรรมสำรอง ซึ่งเตรียมไว้เพื่อเสริมความรู้สำหรับเด็กที่เรียนเร็ว หรือกลุ่มที่ทำกิจกรรมเสร็จก่อนจะได้มีกิจกรรมทำ
13. สร้างแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนพร้อมทั้งเฉลย
14. ขนาดรูปแบบของชุดการสอนควรมีขนาดมาตรฐาน เพื่อความสะดวกในการใช้และความเป็นระเบียบในการเก็บรักษา โดยพิจารณาในด้านประโยชน์ ประหยัด สะดวก และความคงทนถาวร พร้อมทั้งความสวยงาม
15. ใช้ชุดการสอน ใช้ตามประเภทและจุดประสงค์ที่ทำขึ้น นอกจากนั้นจะต้องใช้ให้เป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆ ที่วางไว้เกี่ยวกับการใช้ชุดการสอนนั้นๆ ด้วย ชุดการสอนจะมีทั้งคู่มือครูและวิธีการที่ผู้เรียนจะต้องปฏิบัติเพื่อใช้ชุดการสอน

ด้านหน้าและด้านหลังของชุดการสอนควรเขียนข้อความให้เรียบร้อยเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้ เช่น

ชุดการสอนวิชา.....

เรื่อง.....

ชั้น.....จำนวนนักเรียน.....

ผู้ผลิต.....

ผลิตเมื่อวันที่.....เดือน.....พ.ศ. ....

ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงชุดกิจกรรมให้มีประสิทธิภาพต่อไป

#### 4.5 ขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรม

บุญเชื้อ ควรหาเวช (2542: 99) ได้กำหนดขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรมสรุปได้ดังนี้

1. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อพิจารณาพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน (ใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที)

2. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน

3. ชี้นำประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ (ขั้นสอน) ผู้สอนบรรยายหรือแบ่งกลุ่มประกอบกิจกรรมการเรียนรู้

4. ชี้นำสรุปผลการสอน เพื่อสรุปความคิดรวบยอดและหลักการที่สำคัญ

5. ทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อดูพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เปลี่ยนไปแล้ว

รุ่งทิภา จักรกร (2527: 91-92) ได้กล่าวถึงการใช้ชุดกิจกรรมสรุปได้ดังนี้

1. ทดสอบก่อนเรียนเพื่อดูพฤติกรรมเบื้องต้นอันเป็นพื้นฐานการเรียนรู้ของผู้เรียน ประมาณ 10-15 นาที

2. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน การนำเข้าสู่บทเรียนเป็นการสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้น มีความต้องการที่จะเรียน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเทคนิคของผู้สอนด้วยในการนำเข้าสู่บทเรียนให้น่าสนใจ

3. ชี้นำประกอบกิจกรรม ครูจะต้องอธิบายให้นักเรียนเข้าใจในการทำกิจกรรมก่อนลงมือทำกิจกรรม

4. สรุปบทเรียน ครูนำในการสรุปบทเรียน ซึ่งอาจทำได้โดยการถามหรือให้นักเรียนเล่าสรุปความเข้าใจ หรือกิจกรรมอื่นที่ทำให้แน่ใจว่านักเรียนได้เรียนรู้ความคิดรวบยอด และหลักการตามที่กำหนด

5. ประเมินผลการเรียนโดยการทำการทดสอบอีกครั้ง เพื่อประเมินดูว่านักเรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่ เพื่อจะได้ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียน ในกรณีที่ไม่มีผ่านจุดประสงค์ที่กำหนดในข้อหนึ่ง ถ้านักเรียนสอบผ่านจุดประสงค์หมดทุกข้อก็ให้นักเรียนก้าวหน้าต่อไป

#### 4.6 ประโยชน์ของชุดกิจกรรม

บุญเชื้อ ควรหาเวช (2542: 110-111) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของชุดการสอนไว้ดังนี้

1. ส่งเสริมการเรียนรู้รายบุคคล ผู้เรียนเรียนตามความสามารถ ความสนใจ ตามเวลาและโอกาสที่เหมาะสมแต่ละคน



2. ช่วยขจัดปัญหาการขาดแคลนครู เพราะชุดการสอนช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้ด้วยตนเอง หรือต้องการความช่วยเหลือจากผู้สอนเพียงเล็กน้อย

3. ช่วยในการศึกษนอกระบบโรงเรียน เพราะผู้เรียนสามารถนำชุดการสอนไปใช้ได้ทุกที่ ทุกเวลา

4. ช่วยลดภาระและสร้างความพร้อมและความมั่นใจให้แก่ครู เพราะชุดการสอนผลิตไว้ เป็นหมวดหมู่ สามารถนำไปใช้ได้ทันที

5. เป็นประโยชน์ในการสอนแบบศูนย์การเรียน

6. ช่วยให้ครูวัดผลผู้เรียนได้ตรงตามความมุ่งหมาย

7. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น ฝึกการตัดสินใจแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และมีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม

8. ช่วยให้ผู้เรียนจำนวนมากได้รับความรู้แนวเดียวกันอย่างมีประสิทธิภาพ

9. ช่วยฝึกให้ผู้เรียนรู้จักเคารพ นับถือ ความคิดเห็นของผู้อื่น

สมจิต สวรรณไพบูลย์ (2535: 39) ได้กล่าวถึงข้อดีของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. ช่วยให้นักเรียนได้เรียนด้วยตนเองตามอัตราและความสามารถของแต่ละคน

2. ช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนครู

3. ใช้สอนซ่อมเสริมให้แก่นักเรียนที่ยังเรียนไม่ทัน

4. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอ่าน

5. ช่วยไม่ให้เกิดความเบื่อหน่ายจากการเรียนที่ครูต้องทบทวนซ้ำซาก

6. สนองความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยไม่จำเป็นต้องเรียนให้พร้อมกัน

7. นักเรียนตอบผิดไม่มีผู้เยาะเย้ย

8. นักเรียนไม่ต้องคอยฟังการสอนของครู

9. ช่วยลดภาระของครูในการสอน

10. ช่วยประหยัดรายจ่ายอุปกรณ์ที่มีนักเรียนจำนวนมาก

11. ผู้เรียนจะเรียนเมื่อไรก็ได้ ไม่ต้องคอยฟังผู้สอน

12. การเรียนไม่จำกัดเวลาและสถานที่

13. ส่งเสริมความรับผิดชอบของผู้เรียน

#### 4.7 การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2537:134) กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมว่ามาจากคำ ในภาษาอังกฤษว่า Developmental Testing หมายถึง การนำชุดกิจกรรมไปทดลองใช้ (Try Out) เพื่อ

ปรับปรุงแล้วนำไปสอนจริง (Trial Run) นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขเสร็จแล้วจึงผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การนำชุดกิจกรรมไปทดลองสอน มีความจำเป็นต้องมีการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม เพื่อให้ผู้พัฒนามีความมั่นใจได้ว่าชุดกิจกรรมมีคุณภาพ ดังที่

อธิพร ศรียมก (2525: 246-252) ได้กล่าวถึง ความจำเป็นที่จะต้องหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมไว้ ดังนี้

1. เพื่อความมั่นใจว่าชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นมีคุณค่า
2. เพื่อความมั่นใจว่าชุดกิจกรรมนั้นสามารถทำให้การเรียนการสอนบรรลุวัตถุประสงค์

ได้อย่างแท้จริง

ถ้าจะผลิตชุดกิจกรรมออกมาเป็นจำนวนมาก การทดสอบหาประสิทธิภาพจะเป็นหลักประกันว่าเมื่อผลิตออกมาแล้วจะใช้ได้ผลจริง มิฉะนั้นจะเสียเงิน เสียแรงและเสียเวลา เพราะผลิตออกมาแล้วใช้ประโยชน์ไม่ได้เลย

#### 4.8 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

เพ็ญศรี สร้อยเพชร (2542: 83-86) ได้กล่าวว่า เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นระดับที่ผู้ผลิตชุดการสอนจะพึงพอใจว่าหากชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว ชุดการสอนนั้นมีคุณค่าพอที่จะนำไปสอนนักเรียน และคุ้มค่าแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ กระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) คือ ประเมินผลต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยหลายๆ พฤติกรรม เรียกว่า กระบวนการของผู้เรียนที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม และรายงานบุคคล ได้แก่งานที่ได้มอบหมายหรือกิจกรรมอื่นที่ผู้สอนกำหนดไว้ และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) คือ ประเมินผลลัพธ์ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนโดยกำหนดค่าประสิทธิภาพของกระบวนการแทนด้วย E1 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์แทนด้วย E2

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2537: 134) กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพของชุดการเรียน จำเป็นจะต้องมีเกณฑ์ในการประเมินประสิทธิภาพ จึงเกิดแนวคิดในวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอนหรือสื่อหลายแนวด้วยกัน การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่องและพฤติกรรมขั้นสุดท้าย โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ E2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ซึ่งคิดเป็นร้อยละของผลเฉลี่ยของคะแนนที่ได้ ดังนั้น E1/E2 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการต่อประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528: 294-295)

สำหรับการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพไว้ที่ 70/70

70 ตัวแรก คือ ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนการสอนจากชุดกิจกรรมคิดเป็นร้อยละ 70 ของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนของแต่ละกิจกรรม

70 ตัวหลัง คือ ค่าประสิทธิภาพของการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้รับการเรียนด้วยชุดกิจกรรมคิดเป็นร้อยละ 70 ของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนด้วยชุดกิจกรรมทุกชุดเป็นภาพรวม

#### 4.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดกิจกรรม

ภาวนา เรียมริมมะดัน (2549: บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนาชุดการสอนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง ของเล่นของใช้ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบ 5E (Inquiry Cycle) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 โรงเรียนวัดดอนทอง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาฉะเชิงเทราเขต 1 จำนวน 36 คน พบว่า ชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 89.93/81.39 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ( $p < .01$ ) และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ( $p < .01$ )

สมศักดิ์ พาหะมาก (2550: บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง การอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนศรีอยุธยาในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระเจ้าภคินีเธอ เจ้าฟ้าเพชรรัตนราชสุดาสิริโสมภพพัฒน์นคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 40 คน พบว่า ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.30/82.50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความตระหนักต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และพฤติกรรมการทำงานกลุ่มอยู่ในระดับดีมาก

จิรพร แขวงเพชร (2552: บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการอนุรักษ์ป่าไม้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนมัธยมขนาดนาวาอุปถัมภ์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 34 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Sampling) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการคำนวณค่าประสิทธิภาพและการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญ .05 พบว่า ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และมีประสิทธิภาพ 93.08/87.49 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความตระหนักต่อการอนุรักษ์ป่าไม้ และเจตคติต่อการอนุรักษ์ป่าไม้ของนักเรียนหลังใช้ชุดกิจกรรมสูงกว่าก่อนใช้ชุดกิจกรรม และความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการอนุรักษ์ป่าไม้อยู่ในระดับดีมาก

เอ็ดเวิร์ดส์ (Edwards. 1975: 43) กล่าวถึงการวิจัยของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ว่ามีการเปรียบเทียบผลการเรียน เรื่อง ประสบการณ์ในการสอนแบบจุลภาค โดยใช้ชุดการเรียนด้วยตนเองและ

ได้รับคำแนะนำจากครู กับการใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องมีผู้แนะนำ กลุ่มตัวอย่างเป็น นักศึกษาของมหาวิทยาลัยจำนวน 50 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มๆ ละ 25 คน พบว่าทั้ง 2 กลุ่ม มีผลการ เรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการเรียนด้วยตนเองไม่ จำเป็นต้องมีผู้แนะนำ ถ้าชุดการเรียนนั้นได้สร้างขึ้นอย่างถูกต้องตามกระบวนการและมีประสิทธิภาพ แล้วผู้เรียนจะสามารถเรียนด้วยตนเองได้ผลดีเช่นกัน

อินโก (Ingo EILKS. 2002: 77-85) ศึกษาการพัฒนาชุดการสอน เรื่อง ไบโอดีเซล โดย จัดเป็นแบบศูนย์การเรียนสำหรับนักเรียนเกรด 10-12 เพื่อศึกษาวิธีการสร้างแรงจูงใจและเจตคติที่ดีใน การเรียนการสอนวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษา พบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนแบบศูนย์การเรียนนี้ ช่วยให้ครูจัดการเรียนการสอนได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น เกิดแรงจูงใจและเจตคติ ที่ดีต่อการเรียนวิชาเคมีมากขึ้น

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัย ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการพัฒนาชุดกิจกรรมที่จะนำไปใช้ในการ การสอนจะต้องกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ และดำเนินการสร้างและพัฒนาชุดกิจกรรมนั้นตาม กระบวนการให้ครบองค์ประกอบ เพื่อรับรองว่าชุดกิจกรรมนั้นมีประสิทธิภาพทำให้นักเรียนสามารถ เรียนรู้ได้ตามจุดประสงค์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้

## 5. เอกสารที่เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กู๊ด (Good. 1973: 7) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ หมายถึง การบรรลุถึงความรู้ (Knowledge Attained) หรือการพัฒนาในด้านการเรียน ซึ่งโดยปกติจะพิจารณาจากคะแนนที่กำหนดให้หรือคะแนน ที่ได้จากงานที่ครูมอบหมายให้หรือทั้ง 2 อย่าง

บุญส่ง นิลแก้ว (2519: 48) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือประสิทธิภาพทาง การศึกษา หมายถึงความสามารถของบุคคลที่ได้เรียนรู้ ได้รับการฝึกฝนอบรมสั่งสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นความสามารถในการเรียนในโรงเรียนหรือสถานศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ (2521: 13) ได้บัญญัติศัพท์สัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ในหนังสือ ประมวลศัพท์ทางการศึกษาว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงความสำเร็จหรือความสามารถในการ กระทำใดๆ ที่ต้องอาศัยทักษะ หรือมีฉะนั้นก็ต้องอาศัยความรอบรู้ในวิชาใดวิชาหนึ่งโดยเฉพาะ

ไพศาล หวังพานิช (2526: 89) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและ ประสบการณ์เรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกฝนอบรม หรือจากการสอน

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักการศึกษาหลายท่าน สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ความรู้ ความสามารถ และทักษะในเนื้อหาวิชาที่เรียนมาแล้วว่าเกิดการเรียนรู้เท่าใด โดยสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในลักษณะต่างๆ และพิจารณาจากคะแนนที่ได้

## 5.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้หลายท่าน ดังต่อไปนี้

สมนึก ภัททิยธนี (2546: 73) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพทางสมองด้านต่างๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้ว

ชวาล แพทย์กุล (2516: 90) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ ทักษะและสมรรถภาพสมองในด้านต่างๆ ที่เด็กได้รับจากประสบการณ์ทั้งปวง ทั้งจากโรงเรียนและทางบ้าน ยกเว้นการวัดทางร่างกาย ความถนัดและบุคลิกภาพทางสังคม อันได้แก่ อารมณ์และการปรับตัว เป็นต้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ สมรรถภาพทางสมองด้านต่างๆ ซึ่งเป็นการวัดความสำเร็จในเชิงวิชาการ

## 5.3 การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อวัดความรู้เนื้อหา ผู้ประเมินต้องมีการวางแผนการดำเนินการสร้างที่เป็นระบบ มีความรู้ในเนื้อหา เขียนข้อความที่ตรงประเด็น ตลอดจนสามารถตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบแต่ละข้อได้ ดังที่ อุกุมพร จามรมาน (2540: 27) กล่าวถึงการสร้างข้อสอบที่เป็นระบบไว้ดังนี้

1. การระบุจุดมุ่งหมายในการทดสอบ
2. การระบุเนื้อหาที่ชัดเจน
3. การทำตารางเนื้อหากับจุดมุ่งหมายการทดสอบ
4. การทำน้ำหนักร
5. การกำหนดเวลาสอบ
6. การกำหนดจำนวนข้อหรือคะแนน
7. การเขียนข้อสอบ
8. การตรวจข้อสอบที่เขียนขึ้น
9. การทดลองใช้ แก้ไข ปรับปรุง

ในการกำหนดจุดประสงค์เพื่อเขียนข้อคำถามวัดพฤติกรรมที่พึงประสงค์ ที่ต้องการให้เกิด  
 ขึ้นกับนักเรียนนั้น ได้มีนักวิชาการกล่าวไว้ดังต่อไปนี้

บลูม (Bloom, 1976: 201) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นของความรู้ที่ใช้ในการเขียนวัตถุประสงค์  
 เชิงพฤติกรรมด้านความรู้ ความคิดไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้คือ

1. ความรู้ความจำ หมายถึงการระลึกหรือท่องจำความรู้ต่างๆ ที่ได้เรียนมาแล้วโดยตรง  
 ในขั้นนี้รวมถึงการระลึกถึงข้อมูล ข้อเท็จจริงต่างๆ ไปจนถึงทฤษฎี กฎเกณฑ์จากตำรา ดังนั้นความรู้  
 ความจำจึงจัดได้ว่าเป็นขั้นต่ำสุด

2. ความเข้าใจ หมายถึงความสามารถจะจับใจความสำคัญของเนื้อหาที่ได้เรียน หรือ  
 อาจแปลความจากตัวเลข การสรุป การย่อความต่างๆ การเรียนรู้ในขั้นนี้ถือว่าเป็นขั้นที่สูงกว่าการ  
 ท่องจำตามปกติ

3. การนำไปใช้ หมายถึงความสามารถที่จะนำความรู้ที่นักเรียนได้เรียนมาแล้วไปใช้ใน  
 สถานการณ์ใหม่ ดังนั้นในขั้นนี้จึงรวมถึงความสามารถในการนำกฎ มโนทัศน์ หลักสำคัญ วิธีการ  
 นำไปใช้ การเรียนรู้ในขั้นนี้ถือว่านักเรียนจะต้องมีความเข้าใจเนื้อหาอย่างละเอียดเสียก่อนจึงจะนำ  
 ความรู้ไปใช้ได้ ดังนั้นจึงจัดอันดับให้สูงกว่าความเข้าใจ

4. การวิเคราะห์ หมายถึงความสามารถที่จะแยกแยะเนื้อหาวิชา ลงไปเป็นองค์ประกอบ  
 ย่อยๆ เหล่านั้น เพื่อที่จะได้มองเห็นหรือเข้าใจความเกี่ยวโยงต่างๆ ในขั้นนี้จึงรวมถึงการแยกแยะหา  
 ส่วนประกอบย่อยๆ หาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยๆ เหล่านั้น ตลอดจนหลักสำคัญต่างๆ ที่เข้ามา  
 เกี่ยวข้อง การเรียนรู้ในขั้นนี้ถือว่าสูงกว่าการนำเอาไปใช้และต้องเข้าใจทั้งเนื้อหาและโครงสร้างของ  
 บทเรียน

5. การสังเคราะห์ หมายถึงความสามารถที่จะนำเอาส่วนย่อยๆ มาประกอบกันเป็นสิ่ง  
 ใหม่ การสังเคราะห์ซึ่งเกี่ยวกับการวางแผน การออกแบบการทดลอง การตั้งสมมติฐาน การแก้ปัญหาที่  
 ยากๆ การเรียนรู้ระดับนี้เป็นการเน้นพฤติกรรมที่สร้างสรรค์ในอันที่จะสร้างแนวคิด หรือแบบแผนใหม่ๆ  
 ขึ้นมา ดังนั้นการสังเคราะห์เป็นสิ่งที่สูงกว่าการวิเคราะห์อีกขั้นหนึ่ง

6. การประเมินค่า หมายถึงความสามารถที่จะตัดสินใจเกี่ยวกับคุณค่าต่างๆ ไม่ว่าจะ  
 เป็นคำพูด นวนิยาย บทกวี หรือรายงานการวิจัย การตัดสินใจดังกล่าว จะต้องวางแผนอยู่บนเกณฑ์ที่  
 แน่นนอน เกณฑ์ดังกล่าวอาจจะเป็นสิ่งที่นักเรียนคิดขึ้นเอง หรือนำมาจากที่อื่นก็ได้ การเรียนรู้ในขั้นนี้ถือ  
 ว่าเป็นการเรียนรู้ขั้นสูงสุด

#### 5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศิริพร ภูมิพันธ์ (2547: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ  
 ความคิดเห็นต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชนตามกระบวนการ 5E เรื่อง

ชากดีกดำบรรพของสิ่งมีชีวิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังใช้ชุดกิจกรรม พบว่านักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น .05 และนักเรียนมีความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้รับและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรมว่ามีความเหมาะสม ทำให้นักเรียนพอใจมากที่สุดคือ กิจกรรมตามล่าหาความจริง

เยาวลักษณ์ ชื่นอารมณ์ (2549: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ 5E พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ 5E หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ธนายุต จันทราเขต (2549: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความตระหนักทางสิ่งแวดล้อมก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมหน่วยการเรียนรู้ระบบนิเวศกับแหล่งการเรียนรู้ธรรมชาติ โดยใ้การเรียนรู้อย่างแบบค้นพบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดชลบุรี พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความตระหนักทางสิ่งแวดล้อมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เพิร์ก (Perkes. 1974: 491-492) ได้ศึกษาและสำรวจความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และเจตคติที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนเกรด 10 และ 12 จากโรงเรียนบริเวณทะเลสาบทั้ง 5 แห่ง และรัฐทางตะวันตก 6 รัฐ โดยใช้นักเรียนเกรด 10 โรงเรียนละ 30 คน และนักเรียนเกรด 12 โรงเรียนละ 30 คน จาก 199 โรงเรียน บริเวณทะเลสาบทั้ง 5 ในรัฐอิลลินอยส์ อินเดียนา มิชิแกน โอไฮโอ และวิสคอนซิน และโรงเรียนในรัฐทางตะวันตก คือ อลาสกา แคลิฟอร์เนีย ฮาวาย เนวาดา โอเรกอน และวอชิงตัน ผลการวิจัย พบว่า คะแนนความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชายสูงกว่าของนักเรียนหญิงแต่ไม่แตกต่างกันไปเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างกัน คะแนนมโนคติเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของนักเรียนเกรด 12 สูงกว่านักเรียนเกรด 10 แต่คะแนนความรู้ไม่แตกต่างกัน และเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนหญิงและชายแตกต่างกัน และนักเรียนที่อยู่คนละระดับจะมีเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันด้วย

โอลาลินอย (Olalinoye. 1979: 4348-A) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลการสอน 3 แบบ คือ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีการชี้แนวทาง (Guided Inquiry) การสอนปกติ (Traditional) และแบบสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ดำเนินการเอง (Inquiry Role Approach) ในวิชาฟิสิกส์โดยให้กลุ่มควบคุมได้รับการสอนปกติ กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีการชี้แนะแนวทางและกลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ดำเนินการเอง พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งสามกลุ่มแตกต่างกัน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้จำแนกพฤติกรรมในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เป็น 4 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยพิจารณาให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

## 6. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

### 6.1 ความหมายของความพึงพอใจ

กู๊ด (Good. 1973: 320) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง สภาพคุณภาพ หรือระดับความพึงพอใจซึ่งเป็นผลมาจากความสนใจต่างๆ และทัศนคติที่บุคคลมีต่อสิ่งที่ทำอยู่

กิติมา ปรีดีติติก (2529: 321) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึงความรู้สึกพอใจในงานที่ทำเมื่องานนั้นให้ประโยชน์ตอบแทนทั้งทางด้านวัตถุและทางด้านจิตใจ ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการพื้นฐานของเขาได้ และได้กล่าวถึงแนวคิดที่เกี่ยวกับพื้นฐานความต้องการของมนุษย์ตามทฤษฎีของมาสโลว์ว่า หากความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ได้รับการตอบสนองก็จะทำให้เขาเกิดความพึงพอใจ

อัครเดช จ้านงค์ธรรม (2549: 31) กล่าวว่า ความรู้สึกชอบ พอใจ และประทับใจจากการได้รับการตอบสนองตามความต้องการและมีความสุขเมื่อได้รับผลสำเร็จ ซึ่งจะแสดงออกมาทางพฤติกรรม โดยสังเกตได้จากสายตา คำพูด และการแสดงออกทางพฤติกรรม

จีรพร แขวงเพชร (2552: 45) กล่าวว่า ความพึงพอใจ คือความรู้สึกชอบประทับใจที่เกิดขึ้นภายในตัวบุคคลที่มีต่อสิ่งต่างๆ ที่ได้สัมผัสและรับรู้จากประสาทสัมผัส

สรุปได้ว่าความพึงพอใจ หมายถึงความรู้สึกพอใจ ชอบใจ หรือประทับใจต่อสิ่งต่างๆ ที่ได้รับและสามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ซึ่งจะสังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกมา

### 6.2 ทฤษฎีการสร้างความพึงพอใจ

อารีย์ พันธุ์มณี (2546: 86-87) ได้กล่าวไว้ว่า ทฤษฎีสำหรับการสร้างความพึงพอใจมีหลายทฤษฎี แต่ทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับและมีชื่อเสียง คือทฤษฎีความต้องการตามลำดับขั้นของมาสโลว์ (Maslow's Hierarchy of Needs) ที่กล่าวว่า มนุษย์ทุกคนมีความต้องการเหมือนกันแต่ความต้องการนั้นเป็นลำดับขั้น เขาได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับความต้องการของมนุษย์ไว้ดังนี้

1. มนุษย์มีความต้องการอยู่เสมอและไม่มีที่สิ้นสุดขณะที่ความต้องการสิ่งใดได้รับการตอบสนองแล้วความต้องการอย่างอื่นก็จะเกิดขึ้นอีกไม่มีวันจบสิ้น



2. ความต้องการที่ได้รับการตอบสนองแล้วจะไม่ใช่สิ่งจูงใจสำหรับพฤติกรรมอื่นต่อไป  
ความต้องการที่ได้รับการตอบสนองเท่านั้นที่เป็นสิ่งจูงใจของพฤติกรรม

3. ความต้องการของมนุษย์จะเรียงเป็นลำดับขั้นตามลำดับความสำคัญ กล่าวคือเมื่อ  
ความต้องการในระดับต่ำได้รับการตอบสนองแล้ว ความต้องการระดับสูงก็จะเรียกร้องให้มีการ  
ตอบสนอง ซึ่งลำดับขั้นความต้องการของมนุษย์มี 5 ขั้นตอนตามลำดับจากต่ำไปสูงดังนี้

3.1 ความต้องการด้านร่างกาย (Physiological Needs) เป็นความต้องการใน  
เบื้องต้นเพื่อความอยู่รอดของชีวิต เช่น ความต้องการเรื่องอาหาร น้ำ อากาศ เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค  
ที่อยู่อาศัย และความต้องการทางเพศ ความต้องการทางด้านร่างกายจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของคน  
ก็ต่อเมื่อความต้องการทั้งหมดของคนยังไม่ได้รับการตอบสนอง

3.2 ความต้องการด้านความปลอดภัยหรือความมั่นคง (Security of Safety Needs)  
ถ้าความต้องการทางด้านร่างกายได้รับการตอบสนองตามสมควรแล้ว มนุษย์จะต้องการในขั้นสูงต่อไป  
คือเป็นความรู้สึกที่ต้องการความปลอดภัย หรือความมั่นคงในปัจจุบันและอนาคตซึ่งรวมถึง  
ความก้าวหน้าและความอบอุ่นใจ

3.3 ความต้องการทางด้านสังคม (Social or Belonging Needs) หลังจากที่มนุษย์  
ได้รับการตอบสนองในสองขั้นดังกล่าวแล้วก็จะมีความต้องการสูงขึ้นอีก คือความต้องการทางสังคม  
เป็นความต้องการที่จะเข้าร่วมและได้รับการยอมรับในสังคม ความเป็นมิตรและความรักจากเพื่อน

3.4 ความต้องการที่จะได้รับการยอมรับนับถือ (Esteem Needs) เป็นความต้องการ  
ให้คนอื่นยกย่อง ให้เกียรติ และเห็นความสำคัญของตนเอง อยากเด่นในสังคม รวมถึงความสำเร็จ  
ความรู้ความสามารถ ความเป็นอิสระและเสรีภาพ

3.5 ความต้องการความสำเร็จในชีวิต (Self Actualization) เป็นความต้องการระดับ  
สูงสุดของมนุษย์ ส่วนมากจะเป็นความอยากจะเป็น อยากจะได้ตามความคิดของตน หรือต้องการจะ  
เป็นมากกว่าที่ตัวเองเป็นอยู่ในขณะนั้น

จากทฤษฎีความต้องการตามลำดับขั้นของมาสโลว์ สรุปได้ว่าความต้องการทั้ง 5 ขั้น  
ของมนุษย์มีความสำคัญไม่เท่ากัน การจูงใจตามทฤษฎีนี้จะต้องพยายามตอบสนองความต้องการของ  
มนุษย์ซึ่งมีความต้องการแตกต่างกันไป และความต้องการในแต่ละขั้นจะมีความสำคัญแก่บุคคลมาก  
น้อยเพียงใดนั้น ย่อมขึ้นอยู่กับความพึงพอใจที่ได้รับการตอบสนองความต้องการในลำดับนั้นๆ

### 6.3 วิธีการสร้างความพึงพอใจต่อการเรียนการสอน

บลูม (Bloom, 1976: 72-74) มีความเห็นว่าถ้าสามารถจัดให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมตาม  
ที่ตนต้องการ ก็จะคาดหวังได้แน่นอนว่านักเรียนทุกคนได้เตรียมใจสำหรับกิจกรรมที่ตนเองเลือกนั้น  
ด้วยความกระตือรือร้น พร้อมทั้งความมั่นใจ เราสามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของความพร้อม

ทางด้านจิตใจได้ชัดเจน จากการปฏิบัติของนักเรียนต่องานที่เป็นวิชาบังคับกับวิชาเลือกหรือจากสิ่งนอกโรงเรียนที่นักเรียนอยากเรียน เช่น เกม ดนตรี การช้อปปิ้ง หรืออะไรบางอย่างที่นักเรียนอาสาสมัครและตัดสินใจโดยเสรีในการเรียน มีความกระตือรือร้น มีความพึงพอใจ และมีความสนใจ เมื่อเริ่มเรียน จะทำให้นักเรียนเรียนได้รวดเร็วและประสบความสำเร็จสูงอย่างไรก็ตาม บลูมเห็นว่าวิธีนี้ค่อนข้างเป็นอุดมคติที่จัดได้ลำบาก

กระจ่างจิต แก้วชล (2549: 83); ภพ เลหาไพบูลย์ (2540: 193); และ สกินเนอร์ (ภพ เลหาไพบูลย์. 2540: 175; อ้างอิงจาก B.F. Skinner) ได้กล่าวถึงวิธีการสร้างความพึงพอใจในการเรียนการสอนไว้ใกล้เคียงกัน คือการสร้าง ความพึงพอใจในการเรียนการสอนเป็นการให้สิ่งเร้า เพื่อให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมใดพฤติกรรมหนึ่งต่อไป ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้ากับพฤติกรรมที่เกิดขึ้น สิ่งเร้าเป็นสัญญาณให้นักเรียนรู้ว่าควรจะแสดงพฤติกรรมอย่างไรบ้าง โดยการแลกเปลี่ยนเนื้อหาสาระประสบการณ์ ความคิดเห็น ความรู้สึก อารมณ์ ความสนใจ ความพึงพอใจ เจตคติ ค่านิยม ตลอดจนทักษะ และความชำนาญระหว่างผู้ส่งกับผู้รับโดยมีสถานการณ์หรือสัญลักษณ์เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยน ดังนั้น กระบวนการเรียนการสอนจะต้องมีสื่อที่ดี ถ้าการเลือกใช้สื่อเป็นไปในแนวทางที่เหมาะสมแล้วความรู้ความเข้าใจการแสวงหาความรู้และความพึงพอใจจะสะสมเป็นระบบ แล้วผลของการตอบสนองของผู้เรียนต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจากการใช้สื่อการเรียนการสอน ก็จะทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ และความพึงพอใจ

จิรพร แขวงเพชร (2552: 47) ได้กล่าวไว้ว่า วิธีการสร้างความพึงพอใจต่อการเรียนการสอน ผู้สอนจะต้องมีการใช้จิตวิทยาในการจัดการเรียนการสอน เช่น การเสริมแรง การสร้างแรงจูงใจ การสร้างการมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การให้คิดค้นหาคำตอบให้กับตนเอง ตลอดจนการใช้สื่อที่ดีมีประสิทธิภาพได้อย่างเหมาะสมกับเนื้อหา จุดประสงค์ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียนด้วย เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจและเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งที่ผู้สอนถ่ายทอดให้

#### 6.4 การวัดความพึงพอใจ

ความพึงพอใจเกิดขึ้นหรือไม่ขึ้นอยู่กับกระบวนการจัดการเรียนรู้ ประกอบกับระดับความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเพราะความพึงพอใจเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลเป็นการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก การวัดจึงวัดจากบุคลิกภาพ แรงจูงใจ การรับรู้ แต่มีข้อแตกต่างที่การตีความและวิธีการ เพราะบุคคลย่อมมีความแตกต่างกันในเรื่องประสบการณ์และปัจจัยอื่นๆ

ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ (2536: 3-4) และ วิไล รัตนพลที (2548: 33) ได้เสนอวิธีวัดความพึงพอใจไว้ดังนี้

1. การสังเกต (Observation) เป็นการวัดโดยคอยสังเกตพฤติกรรมที่บุคคลแสดงออกต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งแล้วนำข้อมูลไปอนุมานว่า บุคคลมีความพึงพอใจต่อสิ่งนั้นๆ อย่างไร

2. การรายงานตนเอง (Self-Report) เป็นการวัดโดยการให้บุคคลเล่าความรู้สึกที่มีต่อสิ่งนั้นออกมาจากการเล่านี้ สามารถที่จะกำหนดค่าของคะแนนความพึงพอใจได้

3. วิธีการสัมภาษณ์ (Interview) เป็นการซักถามกลุ่มบุคคลที่ใช้เป็นตัวอย่งในการศึกษา แต่บางครั้งอาจไม่ได้ความจริงตามที่คาดหวังไว้ เพราะบุคคลที่ใช้เป็นตัวอย่งอาจไม่ยอมเปิดเผยความรู้สึกที่แท้จริง

4. เทคนิคจินตนาการ (Projective Techniques) วิธีนี้อาศัยสถานการณ์หลายอย่างไปให้ผู้สอบ เมื่อผู้สอบเห็นภาพแปลกๆ ก็จะเกิดจินตนาการออกมาแล้วนำมาตีความหมาย จากการตอบนั้นๆ ก็พอจะวัดความพึงพอใจได้ว่าพอใจหรือไม่

5. วิธีการวัดทางสรีระ คือใช้เครื่องมือเพื่อสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของร่างกาย การวัดทางสรีระนี้ สามารถกระทำได้โดยการวัดความต้านกระแสไฟฟ้าของผิวหนัง การขยายของลูกนัยน์ตา การวัดฮอร์โมนบางชนิด

6. การใช้แบบสอบถาม ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่ง

## 6.5 การสร้างเครื่องมือวัดความพึงพอใจ

เชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์ (2525: 146) และ ชาญวิทย์ เทียมบุญประเสริฐ (2532:104)

กล่าวถึงการสร้างเครื่องมือวัดความพึงพอใจที่มีลักษณะใกล้เคียงกันดังนี้

1. รวบรวมข้อความที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการจะวัด
2. พิจารณาว่าต้องการวัดความพึงพอใจของใครที่มีต่ออะไร และให้ความหมายของความพึงพอใจและสิ่งที่จะวัดนั้นให้แน่นอน
3. เมื่อตีความหมายของสิ่งของที่จะวัดแน่นอนแล้ว ก็สร้างข้อความในแต่ละข้อนั้นๆ ให้ครอบคลุมเนื้อหาในหัวข้อเหล่านั้น ซึ่งมีลักษณะดังนี้
  - 3.1 ต้องเป็นข้อความที่เขียนในแง่ความรู้สึก ความเชื่อ หรือความตั้งใจที่จะทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งไม่ใช่ข้อเท็จจริง (Fact)
  - 3.2 ข้อความที่บรรจุในสเกลจะต้องประกอบด้วยข้อความที่เป็นบวกและลบคละกัน
  - 3.3 ข้อความในแต่ละข้อต้องสั้น เข้าใจง่าย ชัดเจน ไม่กำกวม
4. เมื่อได้ข้อความเพียงพอแล้วก็บรรจุลงในสเกล โดยให้มีข้อเลือก 5 ข้อเลือก ได้แก่ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย พึงพอใจน้อยที่สุด
5. การกำหนดน้ำหนักในการตอบข้อเลือกต่างๆ แต่ละข้อ ซึ่งในการกำหนดน้ำหนักว่าข้อเลือกใดควรจะมีน้ำหนักเท่าใดนั้น มีวิธีการอยู่ 3 วิธี แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ Arbitrary Weighting Method ซึ่งกำหนดให้แต่ละหัวข้อมีน้ำหนักเป็น 5 4 3 2 และ 1 ถ้าข้อความ เป็นบวก และ 1 2 3 4 และ 5 ถ้าชนิดของข้อความ เป็นลบ

6. ตรวจสอบข้อความที่สร้างขึ้นโดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ 5 ท่าน ให้ระบุข้อบกพร่องการใช้ภาษาความเข้าใจตรงกัน แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุง

7. ทำการทดลองก่อนนำไปใช้จริง โดยการนำข้อความที่ได้รับการตรวจสอบแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างประมาณ 100 คน ที่มีความคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการวิจัย วิเคราะห์คุณภาพของข้อความแต่ละข้อ โดยการหาค่าอำนาจจำแนกด้วยวิธีการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนข้อคำถามเป็นรายข้อกับคะแนนรวมทั้งฉบับ (Item-Test Correlation) และหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบสอบถามโดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - coefficient)

8. ปรับปรุงแก้ไขข้อความและเลือกข้อความที่มีคุณภาพ

9. นำแบบสอบถามไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

### 6.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

รติกร สุขเจริญ (2547: บทคัดย่อ) ศึกษาความพึงพอใจในการปฏิบัติกิจกรรมค่ายการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ เรื่อง ระบบนิเวศชายหาดของนักเรียนโรงเรียนวัดสุวรรณคีรีวงศ์ จังหวัดภูเก็ต พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจในการปฏิบัติกิจกรรมค่ายการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ เรื่อง ระบบนิเวศชายหาดอยู่ในระดับมากที่สุด

ฉัตรชัย ลิ้มพรจิตรวิไล (2548: บทคัดย่อ) ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการท่องเที่ยวชายหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี ของนักท่องเที่ยวไทย โดยวัดความพึงพอใจในด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่มนุษย์สร้างขึ้นเกี่ยวกับการบริการเพื่อท่องเที่ยว และสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามธรรมชาติโดยทั่วไป พบว่า นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจมากในระดับมาก

อัครเดช จำนงค์ธรรม (2549: บทคัดย่อ) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่จัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความพึงพอใจทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น การวัดความพึงพอใจสามารถกระทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับความสะดวก ความเหมาะสม ตลอดจนจุดประสงค์ของการวัดจึงจะส่งผลให้การวัดมีประสิทธิภาพน่าเชื่อถือ สำหรับการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ผู้วิจัยจะศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องไบโอดีเซล โดยการใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น คือ แบบวัดความพึงพอใจเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าตามแบบลิเคอร์ท โดยแบ่งระดับความพึงพอใจเป็น 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

#### การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเขตอำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์

##### การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนคลองขามวิทยาคาร

#### การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไบโอดีเซล
3. แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรม เรื่อง ไบโอดีเซล

##### ขั้นตอนการพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้เรื่อง ไบโอดีเซล

การพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดกิจกรรม
2. วิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนคลองขามวิทยาคารเกี่ยวกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร เนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ในชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้
3. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

4. จัดทำชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล มีเนื้อหาครอบคลุมหัวข้อต่างๆ ดังนี้

ชุดกิจกรรมที่ 1 ไบโอดีเซลน่ารู้

ชุดกิจกรรมที่ 2 มาผลิตไบโอดีเซลกันเถอะ

ชุดกิจกรรมที่ 3 ทำไมต้องใช้ไบโอดีเซล

ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางของ สสวท. (2546: 219-220) ที่มีส่วนประกอบดังนี้ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กระบวนการเรียนรู้ กิจกรรมในแต่ละขั้นตอนตามกระบวนการเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้

#### วิธีการหาคุณภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

1. การหาคุณภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซลโดยผู้เชี่ยวชาญ

นำชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่านตรวจสอบ ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพตลอดจนด้านคุณสมบัติขององค์ประกอบของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล เพื่อทำการประเมินคุณภาพโดยใช้แบบประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแนวทางของลิเคอร์ท (พงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538: 114) โดยกำหนดระดับความคิดเห็นแต่ละช่วง คือ

5 คะแนน หมายถึง ดีมาก

4 คะแนน หมายถึง ดี

3 คะแนน หมายถึง ปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง พอใช้

1 คะแนน หมายถึง ต้องปรับปรุง

จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย โดยการแปลความหมายจากข้อมูลที่ได้ ดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง ดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง ดี

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง พอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง ต้องปรับปรุง

การนำชุดกิจกรรมไปให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านตรวจสอบโดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 ผลการประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ที่พัฒนาขึ้น

ชุดกิจกรรมที่	รายการประเมิน				ค่า		ผลการประเมิน
	จุดประสงค์	เนื้อหา	กิจกรรม	แบบทดสอบท้ายกิจกรรม	$\bar{X}$	S.D.	
1	4.56	4.33	4.12	4.08	4.27	0.22	ดี
2	4.22	3.95	4.33	4.08	4.15	0.17	ดี
3	4.33	4.48	4.42	4.42	4.41	0.06	ดี
ภาพรวม	4.37	4.25	4.29	4.19	4.28	0.08	ดี

จากตาราง 4 สรุปผลการประเมินชุดกิจกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญได้ว่า ชุดกิจกรรมที่ 1 ไบโอดีเซลนำรู้ ชุดกิจกรรมที่ 2 มาผลิตไบโอดีเซลกันเถอะ และชุดกิจกรรมที่ 3 ทำไม่ต้องใช้ไบโอดีเซล มีค่าคะแนนเฉลี่ยเป็น 4.27 4.15 และ 4.41 และโดยภาพรวมคุณภาพของชุดกิจกรรมทั้ง 3 ชุด มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.28 ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพดีทั้งหมด

การพิจารณาด้านคุณสมบัติขององค์ประกอบของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซลของผู้เชี่ยวชาญในภาพรวม พบว่า ด้านจุดประสงค์ระบุได้ชัดเจน ใช้วัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมได้จริง ด้านเนื้อหาให้ปรับปรุงเนื้อหาในชุดกิจกรรมที่ 2 โดยปรับสำนวนภาษาให้กระชับเข้าใจง่าย และให้ตรวจสอบกิจกรรมการทดลองให้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด ด้านกิจกรรมมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์และมีขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ที่เหมาะสม และด้านแบบทดสอบท้ายกิจกรรมมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับเนื้อหา เวลาและระดับของนักเรียน ผู้วิจัยจึงได้นำชุดกิจกรรมดังกล่าวมาปรับปรุงแก้ไขในด้านเนื้อหาของชุดกิจกรรมที่ 2 โดยปรับสำนวนภาษาให้กระชับ มีการทดสอบการทดลองและปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนดไว้

## 2. การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

นำชุดกิจกรรมที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทำการศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

### 2.1 การศึกษานำร่องกับนักเรียน 3 คน ประกอบด้วยนักเรียนที่เรียนเก่ง

ปานกลาง และอ่อน เพื่อพิจารณาเกี่ยวกับความเหมาะสมของ ชื่อชุดกิจกรรม คำชี้แจงประกอบชุดกิจกรรม จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา สารและสื่อการเรียนรู้ และผลการประเมินผล ที่จัดไว้ในชุดกิจกรรม มีการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ โดยการสังเกตพฤติกรรมในการเรียนรู้อย่างใกล้ชิดซักถามปัญหาต่างๆ แล้ว พบว่า นักเรียนที่เรียนอ่อนปฏิบัติกิจกรรมได้ช้าเนื่องจากไม่เข้าใจเนื้อหา

จุดประสงค์ และคำชี้แจงต่างๆ ในชุดกิจกรรม ขาดการวางแผนในการทำงาน การแก้ปัญหา และขาดความมั่นใจในการปฏิบัติกิจกรรม ผู้วิจัยจึงได้นำชุดกิจกรรมดังกล่าวมาปรับปรุงแก้ไข ในด้านภาษาให้มีความชัดเจน โดยเพิ่มคำชี้แจงในการปฏิบัติกิจกรรม และเน้นการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มซึ่งประธานกลุ่มต้องคอยช่วยเหลือสมาชิกภายในกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงตามจุดประสงค์ นอกจากนี้ให้นักเรียนยังต้องการให้เพิ่มจำนวนภาพประกอบและสีสันทันให้สวยงามขึ้น

2.2 การศึกษานำร่องกับนักเรียน 9 คน ซึ่งผู้วิจัยได้นำชุดกิจกรรมที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียน 9 คน ประกอบด้วยนักเรียนที่เรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยการสังเกตพฤติกรรมการเรียนอย่างใกล้ชิด สัมภาษณ์ผู้เรียน ตลอดจนดูผลงานจากการปฏิบัติกิจกรรม และการทำแบบฝึกหัด เพื่อศึกษาข้อบกพร่องของนักเรียนระหว่างเรียน พบว่านักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายได้เสร็จตามกำหนดเวลา โดยนักเรียนมีการวางแผนในการทำงาน แบ่งงานกันปฏิบัติกิจกรรมและร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มตามที่ได้รับมอบหมายสำเร็จลุล่วงตามจุดประสงค์

2.3 การศึกษานำร่องเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมกับนักเรียน 30 คน ตามเกณฑ์ 70/70 โดยใช้สูตร E1/E2 (พิสนุ พงศ์ศรี, 2550: 57) ดังนี้

$$E1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100$$

เมื่อ E1 แทนประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$  แทนผลรวมของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทุกชุดกิจกรรม

N แทนจำนวนนักเรียน

A แทนคะแนนเต็มจากการทำแบบทดสอบทุกชุดกิจกรรม

$$E2 = \frac{\frac{\sum Y}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ E2 แทนประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum Y$  แทนผลรวมของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

N แทนจำนวนนักเรียน

B แทนคะแนนเต็มจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์



นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนา รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ๕ ผลแสดงดังตาราง 5

ตาราง 5 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบท้ายชุดกิจกรรมระหว่างใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไบโอดีเซล

การทดสอบ	ชุดกิจกรรมที่			ค่าร้อยละ (E1)	ค่าร้อยละ (E2)
	1	2	3		
ระหว่างเรียน	88.67	78.33	88.00	85.00	-
หลังเรียน	-	-	-	-	81.56

พบว่า ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพ 85.00 / 81.56 สูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ที่กำหนดไว้ แสดงว่าชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพ นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้

#### ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล

เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบมี 4 ตัวเลือก ครอบคลุมเนื้อหาทั้ง 3 หน่วยการเรียนรู้ จำนวน 30 ข้อ ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารการวัดประเมินผล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้าง

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. ศึกษาเนื้อหาและผลการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยกำหนดจุดประสงค์และสร้างตาราง

วิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมตามแนวทางของบลูม (Bloom) โดยแบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ออกเป็นด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และ ด้านการวิเคราะห์

3. ยกร่างข้อสอบตามตารางการวิเคราะห์ข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4

ตัวเลือก ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ตามตารางวิเคราะห์ จำนวน 50 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน ผลรวมของคะแนนทุกข้อเป็นคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

#### วิธีการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล

1. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซลไปให้ผู้เชี่ยวชาญ

จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของภาษาและความเที่ยงตรงตามเนื้อหา เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี. 2546: 220) โดยใช้เกณฑ์การประเมินดังนี้

+1 หมายถึง สอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

-1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

และวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ดังสูตรต่อไปนี้

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

เมื่อ  $IOC$  แทนดัชนีความสอดคล้อง

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

แทนผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ  
 แทนจำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 จำนวน 50 ข้อ รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก จ

2. นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน

3. นำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วมาตรวจให้คะแนน โดยข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดให้ 0 คะแนน เมื่อตรวจสอบคะแนนเรียบร้อยแล้ว นำมาวิเคราะห์ค่าความยากง่าย ( $p$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) เป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิค 27 % ของจุง เตห์ ฟาน (บุญชม ศรีสะอาด, 2545: 84) ดังนี้

$$p = \frac{Ru + Rl}{2f}$$

$$r = \frac{Ru - Rl}{f}$$

เมื่อ  $p$  แทนระดับความยาก

$Ru$  แทนจำนวนคนกลุ่มสูงที่ตอบถูก

$Rl$  แทนจำนวนคนกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

$f$  แทนจำนวนคนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำซึ่งเท่ากัน

$r$  แทนอำนาจจำแนก

โดยเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.25-0.64 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21 ขึ้นไป จำนวน 30 ข้อ ตามข้อมูลในภาคผนวก ข

4. นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้มาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR<sub>20</sub> ของ Kuder–Richardson (บุญชม ศรีสะอาด. 2545: 88) ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{(k-1)} \left( 1 - \frac{\sum pq}{s^2} \right)$$

เมื่อ  $r_{tt}$  แทนความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

$k$  แทนจำนวนข้อสอบ

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

เมื่อ  $R$  แทนจำนวนผู้ตอบถูกในข้อนั้นและ  $N$  แทนจำนวนผู้สอบ

$q$  แทนสัดส่วนของผู้ตอบผิด ในแต่ละข้อ  $= 1 - p$

$S^2$  แทนความแปรปรวนของคะแนน

เมื่อวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับแล้วพบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.88

5. จัดทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นฉบับจริงเพื่อนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อไป

#### ขั้นตอนการสร้างแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรม เรื่อง ใโบติเซล

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดความพึงพอใจ โดยสร้างแบบมาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคอร์ท (Likert Scale) (สมบัติ ทำยเรือคำ. 2551: 76-77)

2. วิเคราะห์ลักษณะข้อมูลที่ต้องการวัดความพึงพอใจจากจุดประสงค์ในการวัด และกำหนดโครงสร้างเนื้อหาของแบบวัด

3. ยกร่างแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ใโบติเซล แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ 5 4 3 2 และ 1 หมายถึง มากที่สุด มากปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ โดยใช้เกณฑ์การแปลผลดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายความว่า พึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้มากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายความว่า พึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้มาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายความว่า พึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายความว่า พึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้น้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายความว่า พึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้น้อยที่สุด

### วิธีการหาคุณภาพของแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

1. นำร่างแบบวัดความพึงพอใจไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความชัดเจนของคำถาม พิจารณาความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรม ด้านแบบทดสอบท้ายชุดกิจกรรม ด้านการใช้ภาษาและอักษรและด้านอื่นๆ โดยพิจารณาข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้เกณฑ์การประเมินดังนี้

+1 หมายถึง สอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

-1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00

2. นำแบบวัดความพึงพอใจที่ผ่านการคัดเลือกแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความพึงพอใจ โดยใช้สูตรของครอนบาช (Cronbach) เรียกว่า สัมประสิทธิ์อัลฟา ( $\alpha$ -Coefficient) (บุญชม ศรีสะอาด. 2545: 99) ดังนี้

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum S_i^2}{S^2} \right)$$

เมื่อ  $\alpha$  แทนค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

$k$  แทนจำนวนข้อของแบบวัด

$\sum S_i^2$  แทนผลรวมของความแปรปรวนของแต่ละข้อ

$S^2$  แทนความแปรปรวนของคะแนนรวม

เมื่อวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับแล้วพบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79

3. จัดทำแบบวัดความพึงพอใจเป็นฉบับจริงเพื่อนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อไป

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

### ระยะเวลาในการวิจัย

การทดลองได้ทำการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ในช่วงเวลาวิชาเคมี จำนวน 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง ติดต่อกัน รวม 12 ชั่วโมง

### แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งใช้รูปแบบหนึ่งกลุ่มสอบก่อนและสอบหลังการทดลอง (One Group Pretest-Posttest Design) (ยูทท ไกยวรรณ. 2545: 126) มีแบบแผนการทดลอง ดังตาราง 6

ตาราง 6 แบบแผนการทดลอง

สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
T1	X	T2

เมื่อ T1 แทนการทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่าง  
 X แทนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล  
 T2 แทนการทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

### การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. นำหนังสือขอความร่วมมือจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ไปยังโรงเรียนคลองขามวิทยาคร อำเภอขามเฒ่า จังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อทดลองใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 30 คน

2. ผู้วิจัยทำหน้าที่จัดเนื้อหาและกิจกรรมตามกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซลที่พัฒนาขึ้น แก่กลุ่มตัวอย่าง 1 ห้อง จำนวนนักเรียน 30 คน และแบ่งกลุ่มขณะทำกิจกรรม กลุ่มละ 5 คน รวม 6 กลุ่ม โดยนักเรียนเป็นผู้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในชุดกิจกรรม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์

3. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล

4. ดำเนินการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ที่พัฒนาแล้วกับ นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 ชั่วโมง แสดงดังตาราง 7

ตาราง 7 รายละเอียดของการใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

ครั้งที่	จำนวนคาบ	กิจกรรม
1	3	ชุดกิจกรรมที่ 1 ไบโอดีเซลน่ารู้
2	6	ชุดกิจกรรมที่ 2 มาผลิตไบโอดีเซลกันเถอะ
3	3	ชุดกิจกรรมที่ 3 ทำไมต้องใช้ไบโอดีเซล

5. เมื่อเสร็จสิ้นการสอน ทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล และแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

6. ตรวจสอบให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ฉ) แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ โดยการทดสอบค่าที่ t-test (Dependent Sample) (บุญชม ศรีสะอาด. 2545: 112) เพื่อตรวจสอบสมมติฐาน ดังนี้

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

เมื่อ  $t$  แทนค่าสถิติที่จะเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

$D$  แทนค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

$n$  แทนจำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

7. รวบรวมคะแนนแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ที่ได้มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ โดยการทดสอบค่าที่ t-test (One Sample Test) (ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2553: 172)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}}$$

เมื่อ  $t$  แทนค่าสถิติที่จะเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

$\bar{X}$  แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

$\mu$  แทนค่าเฉลี่ยของประชากรที่กำหนดขึ้นมาทดสอบ

$S$  แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

$n$  แทนจำนวนกลุ่มตัวอย่าง



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลผลข้อมูล ผู้วิจัยเสนอตามสมมติฐานของการวิจัย คือ การศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ได้แก่

สมมติฐานข้อที่ 1 ประสิทธิภาพด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 2 ประสิทธิภาพด้านความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมอยู่ในระดับมาก

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ได้นำชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซลที่สร้างและพัฒนาขึ้น จนมีคุณภาพระดับดี และประสิทธิภาพ 85.00 / 81.56 ไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนคลองขามวิทยาการ ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 โดยศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามสมมติฐาน ดังต่อไปนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 ประสิทธิภาพด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไบโอดีเซล ของนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนคลองขามวิทยาการ ก่อนและหลังใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล (คะแนน 30 คะแนน)

การทดสอบ	n	$\bar{X}$	S.D.	t	df	p
ก่อนเรียน	30	14.53	2.30	27.08*	29	.000
หลังเรียน	30	24.40	1.79			

\*ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

จากตาราง 8 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน ด้วยชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกัน (อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05) โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนด้วยชุดกิจกรรม เท่ากับ 14.53 และคะแนน



เฉลี่ยหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมเท่ากับ 24.40 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

**สมมติฐานข้อที่ 2 ประสิทธิภาพด้านความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมอยู่ในระดับมาก**  
ปรากฏผลดังตาราง 9

ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียน

คลองขามวิทยาคาร หลังการใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

การทดสอบ	n	$\bar{X}$	S.D.	t	df	p
ความพึงพอใจ	30	4.02	0.30	9.21*	29	.000

\*ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

จากตาราง 9 พบว่าความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับพอใจมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.02 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มุ่งพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยมุ่งศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไบโอดีเซล และความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนคลองขามวิทยาคาร ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

#### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายให้มีคุณภาพระดับดี และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70
2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

#### สมมติฐานในการวิจัย

1. ประสิทธิภาพด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ประสิทธิภาพด้านความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมอยู่ในระดับมาก

#### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้า 2 ขั้นตอน และในแต่ละขั้นตอนได้ดำเนินการดังนี้

**ตอนที่ 1** การพัฒนาและหาคุณภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนคลองขามวิทยาคาร พุทธศักราช 2552 และพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 สาระการเรียนรู้ และมาตรฐานการเรียนรู้ เพื่อใช้กำหนดเนื้อหา จุดประสงค์ การวัดและประเมินผล ในการจัดการกิจกรรมของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

2. นำผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาพัฒนาเป็นชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล โดยผ่านการตรวจสอบคุณภาพและประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล จากผู้เชี่ยวชาญและศึกษานำร่องกับนักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 3 ครั้ง คือ 3 คน 9 คน และ 30 คน ตามลำดับ พร้อมกับหาประสิทธิภาพให้เป็นไปตามเกณฑ์ 70/70

**ตอนที่ 2** การศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ที่พัฒนาขึ้นและผ่านการหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 ไปใช้สอนจริงกับกลุ่มตัวอย่าง

1. นำชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง
2. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไบโอดีเซล ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังเรียน
3. ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรม

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การหาคุณภาพชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล หาได้จากผลการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมจากผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณค่าเฉลี่ย แล้วนำค่าเฉลี่ยนั้นมาจัดระดับคุณภาพว่าอยู่ในระดับใด
2. การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ตามเกณฑ์ 70/70 โดยใช้สูตร  $E1/E2$  (พิสนุ ฟองศรี. 2550: 57) นำข้อมูลที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายชุดกิจกรรมทั้ง 3 ชุด ของนักเรียน 30 คน มาคิดเป็นคะแนนร้อยละ เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมว่าถึงเกณฑ์ 70/70 หรือไม่
3. การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ ดังนี้
  - 3.1 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่อง ไบโอดีเซล
    - 3.1.1 สร้างข้อคำถามแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ เก็บข้อมูลกับนักเรียนจำนวน 50 คน
    - 3.1.2 หาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี. 2546: 220)
    - 3.1.3 วิเคราะห์ความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) (บุญชม ศรีสะอาด. 2545: 84)

3.1.4 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไบโอดีเซล จำนวน 30 ข้อ โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder – Richardson (บุญชม ศรีสะอาด. 2545: 88) โดยแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.88

การวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3.2 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรม

3.2.1 กำหนดประเด็น เก็บข้อมูลกับนักเรียน จำนวน 50 คน

3.2.2 หาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี. 2546: 220)

3.2.3 หาความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - coefficient) โดยใช้วิธีของครอนบาช (Cronbach) (บุญชม ศรีสะอาด. 2545 : 99) โดยแบบวัดความพึงพอใจมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79

โดยข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

4. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานการวิจัย

4.1 สมมติฐานการวิจัย “ประสิทธิผลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05” ทดสอบเชิงอนุมานโดยใช้ทดสอบโดยใช้สถิติแบบ t - test Dependent Sample (บุญชม ศรีสะอาด. 2545: 112)

4.2 สมมติฐานการวิจัย “ประสิทธิผลด้านความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมอยู่ในระดับมาก” ทดสอบโดยใช้สถิติแบบ t - test One Sample Test (ธำนิษฐา ศิลปวิชา. 2553: 172)

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

## สรุปผลการวิจัย

### 1. การพัฒนาชุดกิจกรรม

1.1 ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล อยู่ในระดับดี

1.2 ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล มีประสิทธิภาพ 85.00 / 81.56 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

### 2. การศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไบโอดีเซล หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2.2 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล อยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

## การอภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยโดยเสนอผลการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

### 1. อภิปรายผลการพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

1.1 ด้านคุณภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า คุณภาพชุดกิจกรรมอยู่ในระดับดี ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ที่สร้างและพัฒนาขึ้นได้ดำเนินการตามขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรมอย่างเป็นระบบ โดยศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดกิจกรรมของนักการศึกษาหลายท่าน เช่น วรรณทิพา รอดแรงคำ; และ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2532) และบุญเอื้อ ควรวาเวช (2542) ศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ตลอดจนศึกษางานวิจัยต่างๆ รวมถึงหลักสูตรสถานศึกษา เนื้อหาในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งได้รวบรวมและนำมาประมวลความคิดในการสร้าง และพัฒนากิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ให้มีความสมบูรณ์ และเหมาะสมกับสภาพของผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำให้ได้รับผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน อยู่ในระดับดี

ประการที่สอง ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล เป็นชุดกิจกรรมที่สอดคล้องกับหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนคลองขามวิทยาคาร เนื่องจากผู้ปกครองนักเรียนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม นักเรียนจึงคุ้นเคยกับน้ำมันไบโอดีเซลเป็นอย่างดี ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวัน อีกทั้งสามารถนำความรู้ไปถ่ายทอดให้กับผู้ปกครอง และชุมชนต่อไปได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิมลพรรณ ดาวดาษ (2552: 66) เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง ข้าวล้มตอซัง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดบัวสุวรรณประดิษฐ์ ซึ่งกล่าวว่า ชุดกิจกรรมที่มีการประยุกต์เอาภูมิปัญญาท้องถิ่นมาสร้างเป็นชุดกิจกรรม ส่งผลให้จุดประสงค์ ไบความรู้ กิจกรรมและแบบทดสอบล้วนสอดคล้องกับสภาพความเป็นอยู่และการประกอบอาชีพของท้องถิ่นอีกทั้งมีแหล่งเรียนรู้ที่ครูสามารถนำนักเรียนไปศึกษาจากสถานที่จริงได้ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ด้านประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.00 / 81.56 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ที่กำหนด ซึ่งผลการวิจัยข้างต้นเป็นค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบท้ายชุดกิจกรรม คิดเป็นร้อยละ 85.00 และค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังใช้ชุดกิจกรรมจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คิดเป็นร้อยละ 81.56 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

ประการแรก การสร้างชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ได้ดำเนินการตามวิธีการสร้างชุดกิจกรรมอย่างเป็นระบบ โดยมีการศึกษาหลักสูตรและวิเคราะห์เนื้อหาที่จะสร้าง

กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ วางแผนการสอน แล้วจึงไปใช้ทดลองจริง ส่วนขั้นตอนการพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ได้มีการตรวจสอบแก้ไข ตามข้อเสนอแนะของประธาน และคณะกรรมการควบคุมสารนิพนธ์อีกทั้งผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ทั้งใน ด้านเนื้อหา ด้านการใช้ภาษา เพื่อหาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรม และนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข ให้ถูกต้อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัชนี หุมนวงศ์ (2546: 52) ที่ศึกษาการสร้างชุดการสอนวิชา วิทยาศาสตร์ เรื่อง ตะพานน้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนโพธิ์สัมพันธ์พิทยาคาร งานวิจัยของ ภาวนา เรียมวิมมะตัน (2549: 49) ที่ได้มีการพัฒนาชุดการสอนสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ เรื่อง ของเล่นของใช้ โดยใช้กระบวนการ 5E (Inquiry Cycle) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และงานวิจัยของ สมศักดิ์ พาหะมาก (2552: 71) ที่ได้มีการพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่องการ อนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ สมเด็จพระเจ้าภคินีเธอ เจ้าฟ้าเพชรรัตนราชสุดาสิริโสภาพัฒน์วดี กรุงเทพมหานคร ซึ่งได้สร้างและพัฒนาชุด การสอนและชุดกิจกรรมตามขั้นตอนของการสร้างชุดกิจกรรมอีกทั้งยังผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสมจากประธานกรรมการผู้ควบคุมปริญญาบัตรและผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน โดยผ่านการ ประเมินในด้านเนื้อหา ด้านการใช้ภาษา และมีการปรับปรุงข้อบกพร่องจนทำให้ชุดกิจกรรมมี ประสิทธิภาพที่จะใช้ในการเรียนการสอน ตามเกณฑ์ 80/80

ประการที่สอง ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ที่สร้างและพัฒนาขึ้น ผ่านการตรวจสอบแก้ไข และผ่านการตรวจประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญในด้านจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรม และแบบทดสอบท้ายกิจกรรม ซึ่งผลการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมอยู่ในระดับดี จากนั้นได้นำชุดกิจกรรมดังกล่าวไปศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่ม ตัวอย่าง จำนวน 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ทดลองสอนกลุ่มย่อยกับนักเรียน 3 คน เพื่อนำข้อมูลต่างๆ มาปรับแก้ ครั้งที่ 1 จากนั้นทดลองสอนกลุ่มย่อยครั้งที่ 2 กับนักเรียน 9 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่มเพื่อปรับปรุงสืบเนื่อง จากครั้งที่ 1 และทดสอบผลการเรียน รวมทั้งสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมผู้เรียน แล้วนำข้อมูล ต่างๆ มาปรับแก้ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ทดลองสอนกับนักเรียน 30 คน แบ่งเป็น 5 กลุ่ม เพื่อหา ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามเกณฑ์ 70/70 สอดคล้องกับงานวิจัยของสกว แสงอ่อน (2546: 47) และจิรพร แขวงเพชร (2552: 58) ซึ่งพบว่า การนำชุดกิจกรรมไปศึกษานำร่องกับนักเรียนที่มีลักษณะ ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน 9 คน และ 30 คน ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี และผลการทดสอบประสิทธิภาพ พบว่า ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล มี ประสิทธิภาพ 85.00 / 81.56 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ที่กำหนด จึงมีความเหมาะสมจะนำไปใช้ในการ สอนได้

จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล มีประสิทธิภาพ 85.00 / 81.56 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70 / 70 และมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

2. อภิปรายผลการศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

2.1 นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไบโอดีเซล หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสาเหตุต่างๆ สรุปได้ดังนี้

การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ มีลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมาย ซึ่งจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็น 5 ขั้นตอน คือขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล ซึ่งครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก จัดกิจกรรม ประสพการณ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้เรียน ซึ่งมีแนวคิดมาจากทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้ (Constructivism) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม เป็นปรัชญาที่มีข้อสันนิษฐานว่า ความรู้ไม่สามารถแยกออกจากความอยากรู้ ความรู้ได้มาซึ่งการสร้างเพื่ออธิบาย (Martin; et al. 1994: 44) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เยาวลักษณ์ ชื่นอารมณ (2549: 50)

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ 5E มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และศิริพร ภูมิพันธ์ (2547: 61) ผลของชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชนตาม

กระบวนการ 5E เรื่องซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิตต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการศึกษาพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนภายหลังการใช้ชุดกิจกรรมสูงกว่าก่อนการใช้ชุดกิจกรรม

จากเหตุผลดังกล่าว เป็นการสนับสนุนสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ว่า ประสิทธิภาพด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล มีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมอยู่ในระดับดี ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

ประการแรก นักเรียนมีความพึงพอใจที่ได้เรียนรู้ด้วยกิจกรรมที่มีความแปลกใหม่ และหลากหลาย เนื้อหาที่ไม่ง่ายและไม่ยากเกินไป มีความทันสมัย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้สอนได้ให้โอกาสผู้เรียนมีอิสระในการคิด และลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้สิ่งที่แปลกใหม่ ไม่จำเจแค่นิพนธ์เรียน สอดคล้องการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องสืบค้น สืบเสาะ ตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ที่มีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของผู้เรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใดๆ มาเผชิญหน้า ดังนั้นการที่ผู้เรียนจะสร้างองค์ความรู้ได้ต้องผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (สสวท. 2546: 219)

ประการที่สอง ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ที่ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาขึ้น มีขนาดตัวอักษรที่ชัดเจน สีเส้นสวยงาม จำนวนเนื้อหาไม่มากเกินไป มีภาพประกอบที่สวยงาม ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะเรียน และก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี สอดคล้องกับแนวคิดของ บุญเกื้อ ควรหาเวช (2542: 95-96) ที่กล่าวว่า ชุดกิจกรรมที่มีศักยภาพจะต้องช่วยสร้างความสนใจของผู้เรียนให้สนใจการเรียนอยู่ตลอดเวลา และช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดี เรียนได้ตามความสนใจของตนเอง

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นเป็นการสนับสนุนสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ว่าประสิทธิผลด้านความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมอยู่ในระดับมาก

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ที่สร้างและพัฒนาขึ้นเป็นชุดกิจกรรมที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้อย่างมีประสิทธิภาพเห็นได้จากผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญที่อยู่ในระดับดีและมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70 / 70 ดังนั้นจึงควรมีการเผยแพร่ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล เพื่อนำไปสู่การขยายผลในโรงเรียนอื่นๆ ซึ่งสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.2 เนื่องจากชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ที่สร้างและพัฒนาขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับหลักสูตรสถานศึกษา ดังนั้น การนำชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล ในโรงเรียนอื่นๆ ครูผู้สอนจึงควรพิจารณาโครงสร้างหลักสูตรของสถานศึกษานั้นๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียน

1.3 การสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ ครูผู้สอนควรเตรียมความพร้อมโดย



ศึกษาเนื้อหาและรายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องที่สอน จัดเตรียมอุปกรณ์ ชุดกิจกรรม และความพร้อมของผู้เรียน โดยการอธิบายและชี้แจงให้เข้าใจก่อนปฏิบัติกิจกรรม

1.4 การกำหนดเวลาในการจัดกิจกรรมมีความสำคัญมาก เนื่องจากบางกิจกรรมต้องปฏิบัติทดลองและสืบค้นข้อมูล จำเป็นจะต้องสอนให้ต่อเนื่องกันจึงจะประสบผลตามที่ต้องการ ดังนั้นผู้นำไปใช้ต้องจัดเวลาและควบคุมเวลาให้ดีเพื่อจะได้ดำเนินการสอนได้อย่างต่อเนื่อง และบางกิจกรรมผู้สอนควรควบคุมเวลาในการทำกิจกรรมของนักเรียนให้รัดกุม เพื่อไม่ให้ใช้เวลามากเกินไป เพื่อควบคุมให้กิจกรรมเสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนด

1.5 แม้ผลการประเมินความพึงพอใจโดยภาพรวมของนักเรียนที่มีต่อการใช้ชุดกิจกรรม สืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล อยู่ในระดับพึงพอใจมาก แต่การนำชุดกิจกรรมนี้ไปใช้ ควรพิจารณาถึงการสร้างบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้ที่มีความเป็นกันเอง การเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย ชักถาม ตลอดจนการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงอันจะก่อให้เกิดความสนุกสนานและความพึงพอใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

## 2. ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล กับตัวแปรอื่นๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความตระหนักในการอนุรักษ์พลังงาน

2.2 ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล เหมาะสมอย่างยิ่งในการนำไปจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการกับสาระการเรียนรู้อื่นๆ ซึ่งจะช่วยสร้างองค์ความรู้ให้กับผู้เรียนเพิ่มขึ้น การวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการสร้างชุดกิจกรรมที่มีลักษณะการบูรณาการความรู้ให้มากขึ้น เพื่อจะได้พัฒนาคุณภาพยิ่งขึ้นต่อไป

## บรรณานุกรม

- กรมพลังงานทดแทน กระทรวงพลังงาน (ทพ.). (2552). สืบค้นเมื่อ 14 พฤษภาคม 2553, จาก <http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=351>
- กรมวิชาการ. (2535). การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: ครูสภา.
- (2544). รายงานการวิเคราะห์รูปแบบนวัตกรรมการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- กรรอกกาญจน์ อรุณรัตน์. (2536). กระบวนการเขียนชุดแผนการสอน. เชียงใหม่: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กระจ่างจิต แก้วชล. (2549). การพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่อง การอนุรักษ์น้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2521). ประมวลศัพท์ทางวิชาการศึกษา. กรุงเทพฯ: รุ่งเรืองการพิมพ์.
- กิติมา ปรีดีดีลิก. (2529). เอกสารประกอบการสอน. การบริหารและการนิเทศการศึกษาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: ภาควิชาบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- จิรพร แขวงเพชร. (2552). การพัฒนาชุดกิจกรรมการอนุรักษ์ป่าไม้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนมัธยมนาควาอุบลรัตน์. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (สาขาการมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ฉัตรชัย ลีมพรจิตวิไล. (2548). ความพึงพอใจที่มีต่อการท่องเที่ยวจากหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี ของนักท่องเที่ยวในไทย. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชวาล แพรัตกุล. (2516). เทคนิคการวัดผล. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- ชาติรี เกิดธรรม. (2542). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: คอมแพคท์พริ้นท์.
- ชาญวิทย์ เทียมบุญประเสริฐ. (2532). เอกสารประกอบการสอน. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ชิน ผางนุย. (2552). การผลิตไบโอดีเซลจากไขไก่ในระดับชุมชน. ปรินญานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีพลังงาน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2537). เอกสารประกอบการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาหน่วยที่ 1-5. การทดสอบหาประสิทธิภาพชุดการสอน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- เชิดศักดิ์ โสมวาสินธุ์. (2525). การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ดุขฎิ รัตนพระ. (2549). การตรึงไลเปสจาก *Pseudomonas fluorescens* เพื่อผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดทานตะวัน. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ดวงแสง ณ นคร. (2542). การใช้สื่อการสอน *Utilization of Instructional Media*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ทีศนา แหมมณี. (2550). ศาสตร์การสอน. กรุงเทพฯ: ด้านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.
- ธนายุต จันทราเขต (2549). ชุดกิจกรรมหน่วยการเรียนรู้ระบบนิเวศกับแหล่งการเรียนรู้ธรรมชาติ โดยใช้การเรียนรู้แบบค้นพบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(หลักสูตรและการสอน). ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2553). การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพฯ: เอส. อาร์. . ฟรินติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด.
- นิพนธ์ ศุขปรีดี. (2525). เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: พิมพ์เนศ.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). การพัฒนาการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- . (2545). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญส่ง นิลแก้ว. (2519). การวัดผลทางจิตวิทยา. เชียงใหม่: แพร่พิทยา.
- บุญเอื้อ ควรหาเวช (2542). นวัตกรรมการศึกษา. นนทบุรี: SR .Printing.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2553). โมดูล 2 การจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ในหลักสูตรฝึกอบรมครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. หน้า 7-21. กรุงเทพฯ: คณะครูศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิสณู ฟองศรี. (2550). การประเมินทางการศึกษา : แนวคิดสู่การปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: เทียมฟ้าการพิมพ์.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2538). วิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เพ็ญศรี สร้อยเพชร.(2542). ชุดการเรียนการสอน. คณะครูศาสตร์ สถาบันราชภัฏนครปฐม.
- ไพเราะ ทิพย์ทัศน์; และ สุมณฑา พรหมบุญ. (2542). โครงการส่งเสริมศักยภาพของนักเรียนในโรงเรียนกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- ไพศาล หวังพานิช. (2526). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ภาวณา เรียมริมมะดัน. (2549). *การพัฒนาชุดการสอนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง ของเล่น ของใช้ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบ 5E (Inquiry Cycle) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1*. งานนิพนธ์ กศ.ม.(หลักสูตรและการสอน). ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2540). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ยุทธ ไกยวรรณ. (2545). *พื้นฐานการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- เยาวลักษณ์ ชื่นอารมย์. (2549). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ 5E*. สารนิพนธ์ กศ.ม.(สาขาวิชาการมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- รัชนี ทุมวงศ์. (2546). *การสร้างชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ตะพานน้ำ สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนโพธิ์สัมพันธ์พิทยาคาร*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(หลักสูตรและการสอน). ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ระจิต ตริ์พุทธรัตน์. (2534). *การสอนเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยวิธีสืบเสาะหาความรู้*. ขอนแก่น: ภาควิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- รติกร สุขเจริญ. (2547). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจในการปฏิบัติกิจกรรม ค่ายการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ เรื่อง ระบบนิเวศชายหาดของนักเรียนโรงเรียนคีรีวงค์ จังหวัด ภูเก็ต*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- รุ่งทิวา จักรกร. (2527). *วิธีการสอนทั่วไป*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- เรวดี ศุภมั่งมี. (2542). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตาม แนววงจรรการเรียนรู้*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- โรงเรียนคลองขามพิทยาคาร. (2550). *รายงานการพัฒนาคุณภาพการศึกษาประจำปี 2550 (SAR)*. กาฬสินธุ์.
- ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. (2536). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริม วิชาการ.

- วรรณทิพา รอดแรงคำ; และ พิมพ์พันธ์์ เดชะคุปต์. (2532). *กิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับครู*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพทางวิชาการ (พว.).
- วัฒนาพร กระจับทุกข์. (2542). *แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- วาสนา ซาวหา. (2525). *เทคโนโลยีทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ. อักษรสยามการพิมพ์.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2525). *พัฒนาสื่อการเรียนการสอนมิติใหม่*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- วิมล สำราญวานิช. (2532). *การสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา*. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วิมลพรรณ ดาวดาษ. (2552). *การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง ข้าวล้มตอซัง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดบัวสุวรรณประดิษฐ์*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วิไล รัตนพลที. (2548). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแบบชิปป่า*. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริพร ภูมิพันธุ์. (2547). *ผลของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในชุมชนตามกระบวนการ 5E เรื่องซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิตต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (ศึกษาศาสตร์-การสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สมจิต สวณไพบูลย์. (2535). *ธรรมชาติวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
- (2546). *การพัฒนาการสอนของครูวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตร และการสอนศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2546). *การวัดผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กอฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สมบัติ ทำยเรือคำ. (2551). *ระเบียบวิธีวิจัย สำหรับมนุษย์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กอฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สมบัติ การจนารักพงศ์; และคนอื่นๆ. (2549). *เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ที่เน้นพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง : กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: 21 เซ็นจูรี่.
- สมศักดิ์ พาหะมาก. (2550). *การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ สมเด็จพระเจ้าภคินีเธอ เจ้าฟ้าเพชรรัตนราชสุดาสิริโสภาพัฒน์วดี กรุงเทพมหานคร*. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- สันทัด ภิบาลสุข; และ พิมพีใจ ภิบาลสุข. (2524). *การใช้สื่อการสอน*. ขอนแก่น: ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สกาบ แสงอ่อน. (2546). *การพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง สับปะรดท้องถิ่นในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3*. ปรินญานินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.
- (2547). *หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน สสารและสมบัติของสาร กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.
- (2553). *พลังงานทดแทน : ไบโอดีเซล (biodiesel)*. สืบค้นเมื่อ 14 เมษายน 2553, จาก [www.ipst.ac.th/chemistry/articles11/biodeisel.pdf](http://www.ipst.ac.th/chemistry/articles11/biodeisel.pdf)
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2551). *เราไม่จ้อน้ำมัน*. กรุงเทพฯ: ฐานบุ๊คส์.
- สุวพร เข้มแข็ง. (2535, มกราคม-กันยายน). *การพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาจาก 2521-2535*. *วารสาร สสวท.* (20): 6-11.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักงานกฤษฎมนตรี. (2544). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545*. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.
- สำนักคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง. (2553). *วิธีการทดสอบคุณภาพของไบโอดีเซล*. สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2553, จาก [www.doeb.go.th/knowledge/data/test\\_biodiesel](http://www.doeb.go.th/knowledge/data/test_biodiesel)
- สำนักทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2551). สืบค้นเมื่อ 8 เมษายน 2553, จาก <http://www.niets.or.th/newmenu.php?bid=69>
- เสาวนีย์ ลิกขาบัณฑิต. (2528). *การเรียนการสอนรายบุคคล*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อนุชัย พรหมวังขวา; และ ชัยชาญ ฤทธิเกริกไกร. (2550, กรกฎาคม-กันยายน). "ไขประตูสู่ความรู้เรื่องไบโอดีเซล(3)". *วารสารโลกพลังงาน*. 10(37): 53-61.
- อธิพร ศรียมก. (2525). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้*. กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊คส์เซนเตอร์.

- อรุณญา สถิตไพบุลย์. (2550). การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อารีย์ พันธุ์มณี. (2546). จิตวิทยาสร้างสรรค์การเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: ไยใหม่เอ็ดดูเคท.
- อุทุมพร จามรมาน. (2540). ข้อสอบ : การสร้างและการพัฒนา. กรุงเทพฯ: ฟีนี.
- อัครเดช จำนงค์ธรรม. (2549). การศึกษาผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมอิเล็กทรอนิกส์. สารนิพนธ์ กศ.ม. (สาขาการมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อัญชณา ยอดเรืองวงศ์. (2545). คุณสมบัติของเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืชดิบโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน. วิทยานิพนธ์ วศ.ม.(วิศวกรรมพลังงาน). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Abraham, M.R.; & Renner, J.W.. (1986). The Sequence of Learning Cycle Activities in High School chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Phan, A. N.; & Phan, T. M. (2008). Biodiesel production from waste cooking oils. *Fuel*. 87 : 3490-3496.
- Bloom, Benjamin S. (1976). *Human characteristics and school learning*. New York: McGraw-Hill.
- Clefford, Edwards. (1975). Changing Teacher Behavior through Self-Instruction and Supervised Micro Teaching in a Competency Base Program. *Journal of Education Research*. 87(2): 25.
- Good, C. V. (1973). Dictionary of Education. 3<sup>rd</sup> ed. New York: McGraw-Hill. *Journal of Research in Science Teaching*.15 (3) : 153.
- Ingo, Eilks. (2002). Teaching Biodiesel: A Sociocritical and problem oriented approach To chemistry teaching and students' first View on it. *Chemistry Education: Research and Practice In Europe*. 3(1): 77-85.
- Marchetti, J.M.; Miguel, V.U.; & Errazu, A.F. (2007). Possible methods for biodiesel production. *Renewable Sustainable Energy Rev*. 11 : 1300-1311.
- Martin, Ralph E, Jr: Sexton, Colleen: Wagner Kay: & Gerlovich, Jack. (1994). *Teaching Science for All Science Children*. Massachusett: Allyn and Bacon.

- Olarinoye, Rappale Dale. (1979, February). A Comparative Study of the Effectiveness of Teaching a Secondary School. *Dissertation Abstracts International*. 39: 4848 – A.
- Perkes, Albert C. A Survey of Environment Knowledge and Attitude of Tenth and Twelfth Grade Students from Five Great Lakes and Six Far Western States. *Dissertation Abstract International*. 34 (February 1974): 4914 – 4915 A. Abstract.  
available: DIALOG file: ERIC [Accessed January 13, 2001].
- Pinto, Angelo C.; et al. (2005). Biodiesel: An Overview. *J Braz. Chem. Soc.* 16(6B): 1313-1330.
- Sun, R.B. and L.W. Trowbridge. (1973). *Teaching science by inquiry in the secondary school*. Ohio, Charles and Merrill Publishing, Co.







ภาคผนวก



ภาคผนวก ก  
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

## รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ดร. ศิรินุช ลอยหา

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเคมี

2. นางสาวจุฑาเดือน ไชยพิชิต

ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร

ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรการสอนและการสร้างชุดกิจกรรม

3. นางศิริพร ฉัตรศุภกุล

ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร

ผู้เชี่ยวชาญด้านสถิติ และการวิจัยทางการศึกษา



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแบบประเมินชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล



**แบบประเมินคุณภาพ**  
**ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล**  
**โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมี**

---

**คำชี้แจง**

แบบประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล มี 3 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย 4 ส่วน

- ส่วนที่ 1 จุดประสงค์
- ส่วนที่ 2 เนื้อหา
- ส่วนที่ 3 กิจกรรม
- ส่วนที่ 4 แบบทดสอบท้ายกิจกรรม

โปรดวิจารณ์และแสดงความคิดเห็น สำหรับเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซลทั้ง 3 ชุด โดยใส่เครื่องหมาย  $\surd$  ลงในช่องว่างในตัวเลข 5 4 3 2 และ 1 ตามความหมาย ดังนี้

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

**แบบประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล**  
**ชุดกิจกรรมที่ 2 มาผลิตไบโอดีเซลกันเถอะ**

โปรดวิจารณ์และแสดงความคิดเห็น สำหรับเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงชุดกิจกรรมเหล่านี้ โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ท่านต้องการ

หัวข้อ	ระดับคะแนน				
	5	4	3	2	1
1. จุดประสงค์					
1.1 จุดประสงค์กิจกรรมระบุชัดเจน					
1.2 มีความเป็นไปได้					
1.3 มีรายละเอียดเหมาะสม					
ข้อเสนอแนะ .....					
.....					
.....					
2. เนื้อหา					
2.1 เนื้อหามีความถูกต้อง สมบูรณ์					
2.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง					
2.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด					
2.4 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์					
2.5 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน					
2.6 การใช้ภาษาเข้าใจง่าย ไม่วกวน เหมาะสมกับระดับผู้เรียน					
2.7 ภาพประกอบมีความเหมาะสมกับเนื้อหา					
ข้อเสนอแนะ .....					
.....					
.....					

หัวข้อ	ระดับคะแนน				
	5	4	3	2	1
3. กิจกรรม					
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหา					
3.2 เวลาที่กำหนดมีความเหมาะสม					
3.3 มีความยากง่ายเหมาะกับระดับนักเรียน					
3.4 การเรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม					
3.5 ภาษาที่ใช้เหมาะสม ชัดเจน เข้าใจง่าย					
3.6 กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง					
3.7 กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้ค้นพบคำตอบด้วยตนเอง					
3.8 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในกิจกรรมมีความเหมาะสม					
3.9 กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เรื่องไบโอดีเซล					
3.10 กิจกรรมส่งเสริมการใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์					
4. แบบทดสอบท้ายกิจกรรม					
4.1 แบบฝึกหัดมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรม					
4.2 แบบฝึกหัดมีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับนักเรียน					
4.3 แบบฝึกหัดมีความครอบคลุมเนื้อหา					
4.4 จำนวนข้อคำถามมีความเหมาะสม					



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล



ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

## ชุดกิจกรรมที่ 2

### เรื่อง มาผลิตไบโอดีเซลกันเถอะ



ชื่อกลุ่ม..... ชั้น ม. .... / .....

สมาชิก

- 1..... เลขที่ .....
- 2..... เลขที่ .....
- 3..... เลขที่ .....
- 4..... เลขที่ .....
- 5..... เลขที่ .....
- 6..... เลขที่ .....



## ชุดกิจกรรมนี้มีอะไรบ้าง

### ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

- ชมวิดีโอ เรื่อง ชุดกิจโใบโอดีเซลที่ล่ำปลายมาศพัฒนา

### ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

- ค้นหำบ - การผลิตโใบโอดีเซล
  - การทดลองผลิตโใบโอดีเซลโดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน
  - ปัจจัยในการผลิตโใบโอดีเซลโดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

### ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

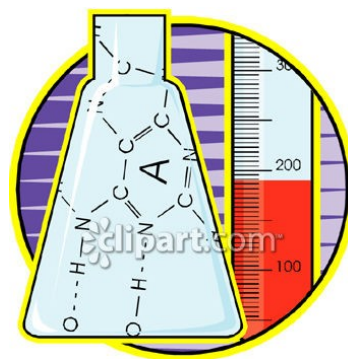
- กิจกรรมอภิปรายและสรุปความรู้

### ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

- กิจกรรมแสดงความคิดเห็น
- โใบโอดีเซลในระดับอุตสาหกรรม

### ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

- แบบทดสอบ



## จุดประสงค์การเรียนรู้

### ด้านความรู้ (K)

1. อธิบายความหมายของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันได้
2. อธิบายหลักการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันได้
3. อธิบายและเขียนลำดับขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันได้
4. อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันได้

### ด้านกระบวนการ (P)

1. ทำการทดลองผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันได้
2. ทดสอบคุณภาพเบื้องต้นของไบโอดีเซลได้
3. อภิปรายและนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลได้

### ด้านคุณลักษณะ (A)

1. มีความกระตือรือร้น
2. มีความรับผิดชอบ
3. มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนรู้

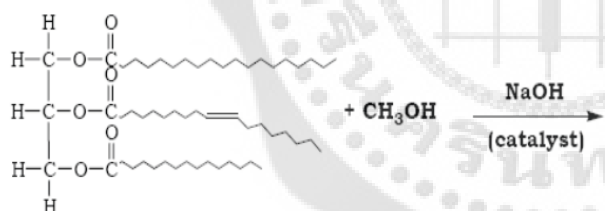


เวลาที่ใช้ 6 คาบ

## แบบทดสอบก่อนเรียน

- คำชี้แจง**
1. แบบฝึกหัดนี้ เป็นแบบปรนัย เลือกตอบจาก 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ เวลา 10 นาที
  2. เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 ข้อ โดยทำเครื่องหมาย **x** ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดหมายถึงปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน
  - ก. ปฏิกิริยาการเกิดสบู่
  - ข. ปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์
  - ค. ปฏิกิริยาย้อนกลับของปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน
  - ง. ปฏิกิริยาการเปลี่ยนรูปของสารเอสเทอร์ไปเป็นสารเอสเทอร์อีกรูปหนึ่ง
2. จากสมการเคมีต่อไปนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือข้อใด



- ก. สบู่และน้ำ
  - ข. ไขมันชนิดใหม่และน้ำ
  - ค. เมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรอล
  - ง. เมทิลเอสเทอร์และน้ำ
3. แอลกอฮอล์ชนิดใด **ไม่** นิยมนำมาใช้ผลิตไบโอดีเซล
    - ก. เมทานอล
    - ข. เอทานอล
    - ค. โพรพานอล
    - ง. ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์

4. เมื่อปฏิกิริยาการผลิตไบโอดีเซลเสร็จสมบูรณ์จะเกิดผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดแยกชั้นกันอยู่ ข้อใดถูกต้อง

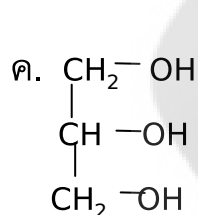
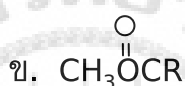
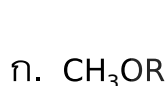
ก.	กลีเซอรอล
	ไบโอดีเซล

ข.	ไบโอดีเซล
	น้ำ

ค.	ไบโอดีเซล
	กลีเซอรอล

ง.	น้ำ
	ไบโอดีเซล

5. ข้อใดคือสูตรโครงสร้างทั่วไปของไบโอดีเซล



6 เหตุใดการผลิตไบโอดีเซลจึงต้องควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 70 องศาเซลเซียส

- ก. เพื่อไม่ให้น้ำมันพืชสลายตัว      ข. เพื่อไม่ให้น้ำในปฏิกิริยาระเหย  
ค. เพื่อไม่ให้แอลกอฮอล์ระเหย      ง. เพื่อไม่ให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วเกินไป

7. ข้อใดเรียงลำดับขั้นตอนในการผลิตไบโอดีเซลได้ถูกต้อง

- 1.วิเคราะห์หาปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา    2.ทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน  
3.แยกส่วนผลิตภัณฑ์                      4. ล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำ  
5.ทดสอบคุณภาพของไบโอดีเซล

ก. 1, 2, 3, 4, 5

ข. 1, 2, 5, 3, 4

ค. 2, 3, 1, 4, 5

ง. 3, 2, 4, 1, 3

8. เหตุใดจึงต้องวิเคราะห์หาปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาก่อนทำการผลิตไบโอดีเซล
- เพื่อป้องกันการเกิดสบู่
  - เพื่อให้สารทำปฏิกิริยากันเร็วขึ้น
  - เพื่อให้เพียงพอในการทำปฏิกิริยา
  - ถูกทั้งข้อ ก และ ค
9. นักเรียนจะอย่างไรถ้าไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีค่า pH มากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้
- ต้มใส่น้ำ
  - กรองตะกอน
  - ล้างด้วยน้ำอุ่น
  - เติมกรดเข้มข้น
10. ผลการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของไบโอดีเซลที่นักเรียนผลิตได้ แสดงดังตาราง

กลุ่มที่	ค่า pH	ค่าความ ถ่วงจำเพาะ
1	7.00	0.88
2	6.90	0.89
3	7.40	9.00
4	8.00	9.30

ไบโอดีเซลของกลุ่มใดที่ต้องปรับปรุงคุณภาพมากที่สุด

- กลุ่มที่ 1
- กลุ่มที่ 2
- กลุ่มที่ 3
- กลุ่มที่ 4



## กระดาษคำตอบ

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย **x** ลงในช่องว่างให้ตรงกับคำตอบที่นักเรียนเลือก

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

หนู ๆ แอบดูเฉลยหรือเปล่าจ๊ะ



พวกหนูทำด้วยตัวเองอย่างเต็ม  
ความสามารถคะคุณครู

คะแนนที่ได้



ขั้นสร้างความสนใจ

**คำชี้แจง** นักเรียนชมวีดิทัศน์ เรื่อง “ธุรกิจไบโอดีเซลที่ล้มปลายมาศพัฒนา” แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

1. ไบโอดีเซลผลิตจากอะไร

.....  
 .....

2. การผลิตไบโอดีเซลมีขั้นตอนอย่างไร

.....  
 .....

3. วิธีทดสอบไบโอดีเซลก่อนนำมาใช้งานมีอะไรบ้าง

.....  
 .....



ในวีดิทัศน์ไม่ได้กล่าวถึงปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ผลิตไบโอดีเซล นักเรียนคิดว่าการผลิตไบโอดีเซลนี้ใช้ปฏิกิริยาเคมีชนิดใด

.....  
 .....



## ขั้นสำรวจและค้นหา

**คำชี้แจง** นักเรียนร่วมกันศึกษาค้นคว้า และทำกิจกรรมที่กำหนดไว้ เพื่อหาคำตอบ



**น่าสงสัย! ...** การผลิตไบโอดีเซลต้องใช้ปฏิกิริยาเคมีชนิดใดนะ ?

### การผลิตไบโอดีเซล

ไบโอดีเซล คือสารเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นด้วยปฏิกิริยาทางเคมี ระหว่างน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ กับแอลกอฮอล์ การเรียกชื่อสารเอสเทอร์ ที่ได้ จะขึ้นอยู่กับชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เช่น เมื่อใช้ เมทิลแอลกอฮอล์ (เมทานอล) จะเรียกสารเอสเทอร์ที่ได้ว่า เมทิลเอสเทอร์ และเมื่อใช้เอทิลแอลกอฮอล์ (เอทานอล) จะเรียกสารเอสเทอร์ที่ได้ว่า เอทิลเอสเทอร์

ตามทฤษฎี การผลิตไบโอดีเซลหรือการสังเคราะห์สารเอสเทอร์จาก น้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ ทำได้ 3 วิธี ดังนี้

1. การทำปฏิกิริยาของน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ กับแอลกอฮอล์ โดยใช้ด่างหรือกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เรียกว่าปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification)
2. การทำปฏิกิริยาของน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ กับแอลกอฮอล์ที่ อุณหภูมิและความดันสูง โดยไม่ต้องใช้สารเร่งปฏิกิริยา เรียกว่า Supercritical reaction

3. การทำปฏิกิริยาที่เปลี่ยนน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ให้เป็นกรดไขมัน และให้กรดไขมันทำปฏิกิริยาต่อกับแอลกอฮอล์ เพื่อเปลี่ยนเป็นสารเอสเทอร์ โดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เรียกว่าปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification)

การผลิตไบโอดีเซลที่ใช้กันส่วนใหญ่ในปัจจุบันและเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวาง คือการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) โดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันแตกต่างจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่เคยเรียนมาแล้วอย่างไรครับ ?

.....

.....

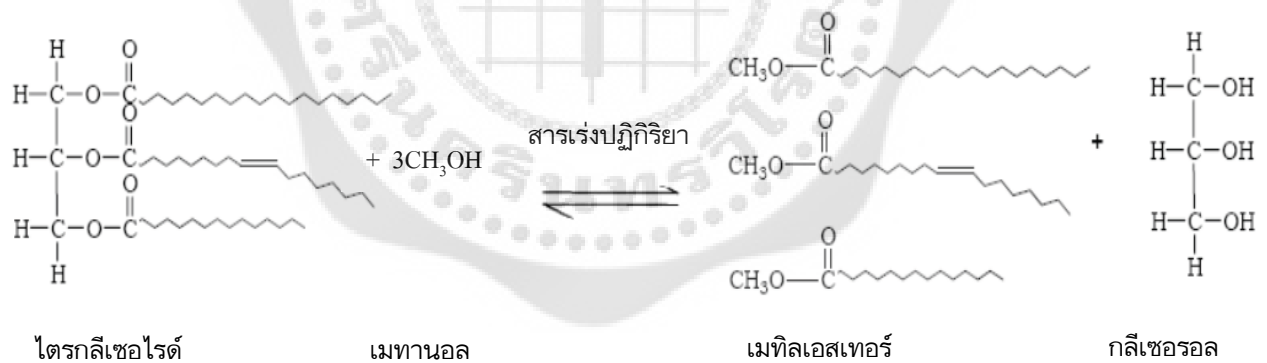
ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) เป็นปฏิกิริยาเคมีที่เปลี่ยนสารเอสเทอร์จากรูปหนึ่งไปเป็นสารเอสเทอร์อีกรูปหนึ่ง ดังสมการ



ส่วนปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน (Esterification) เป็นปฏิกิริยาการสังเคราะห์สารเอสเทอร์ ระหว่างสารพวกกรดอินทรีย์กับแอลกอฮอล์ ดังสมการ

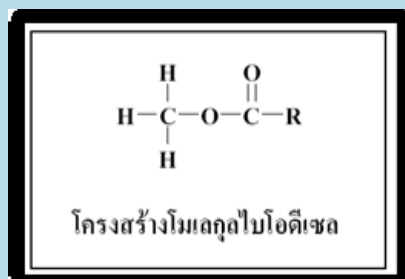


การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันอาศัยหลักการทำปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (เป็นสารพวกเอสเทอร์) ในน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ กับแอลกอฮอล์เช่น เมทานอลหรือเอทานอล โดยมีสารเร่งปฏิกิริยา เกิดเป็นไบโอดีเซล (สารอัลคิลเอสเทอร์) และมีกลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้ ดังสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาต่อไปนี้



**ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์**

### สูตรโครงสร้างทั่วไปของไบโอดีเซล



R คือ หมู่อัลคิลของกรดไขมัน

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับได้ จึงต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าช่วยให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า ซึ่งสารเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้เป็นสารเร่งปฏิกิริยาแบบต่าง คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือ โซดาไฟ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)

โดยทั่วไปแอลกอฮอล์ที่ใช้ทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันจะนิยมใช้เมทานอล (CH<sub>3</sub>OH) เนื่องจากมีราคาถูก มีโครงสร้างที่มีขั้วมากกว่าและโมเลกุลสั้นที่สุด จึงทำปฏิกิริยากับน้ำมันหรือไขมันได้รวดเร็ว



**น่าสงสัย!** ... ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ?

## ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน

การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันโดยใช้ต่างเป็นสารเร่งปฏิกิริยา เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ต้องคำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้

- 1. น้ำและกรดไขมันอิสระ** ในกรณีใช้ต่างเป็นสารเร่งปฏิกิริยา สารตั้งต้นต้องมีค่าความเป็นกรด (ค่าที่บอกถึงปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมัน) น้อยกว่า 1 และปราศจากน้ำ ถ้าสารตั้งต้นมีค่าความเป็นกรดมากกว่า 1 ต้องสะเทินด้วยด่าง (NaOH) ก่อน และสบู่ที่เกิดขึ้นจะปนกับเอสเทอร์และกลีเซอรินที่ได้ ทำให้สารละลายผสมทั้งสองมีความหนืดสูงขึ้น ส่งผลให้การแยกกลีเซอรินออกจากเอสเทอร์ทำได้ยากขึ้น
- 2. อัตราส่วนของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมัน** มีผลต่อปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้น ตามทฤษฎีปริมาณสารสัมพันธ์แอลกอฮอล์ 3 โมล จะทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ 1 โมล ได้ผลิตภัณฑ์ (อัลคิลเอสเทอร์) 1 โมล และกลีเซอรอล 1 โมล ในทางปฏิบัติต้องเพื่อให้ปริมาณของแอลกอฮอล์มากกว่าปริมาณตามทฤษฎี เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาและน้ำมันที่เป็นสารตั้งต้นด้วย ซึ่งโดยปกติจะใช้อัตราส่วนของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมันระหว่าง 6:1 ถึง 15:1
- 3. ชนิดของสารเร่งปฏิกิริยา** สารเร่งปฏิกิริยาที่ใช้กันมีทั้งที่เป็นกรดและด่าง แต่สารเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้คือ สารเร่งปฏิกิริยาแบบต่าง เนื่องจากมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูง และทำปฏิกิริยาได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่าการใช้กรดเป็นสารเร่งปฏิกิริยา  
 ในกรณีที่ต่างเป็นสารเร่งปฏิกิริยา ควรใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่สอดคล้องกับแอลกอฮอล์ เช่น ถ้าใช้เอทานอล สารเร่งปฏิกิริยาควรใช้

โซเดียมเมทอกไซด์หรือโซเดียมเอทอกไซด์ ซึ่งจะมีประสิทธิภาพมากกว่า โซเดียมไฮดรอกไซด์

**4. ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา** ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมจะมีค่าเหมาะสมที่ค่าหนึ่งเท่านั้น ในกรณีใช้ต่างเป็นสารเร่งปฏิกิริยาถ้ามี ปริมาณต่างมากเกินไปจะทำให้เกิดสบู่



ทำไม! เมื่อใช้ต่างเร่งปฏิกิริยาที่มากเกินไปจึงทำให้ไบโอดีเซลบางส่วนเกิดเป็นสบู่ ?

.....  
.....

### ยังจำได้ไหม ?

ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน (Saponification reaction) คือการนำน้ำมันพืชไปทำปฏิกิริยากับด่างแก่ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และให้ความร้อน เกิดเป็นสารที่ให้ฟอง เรียกว่าสบู่ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสบู่ นั่นเอง

เพราะต่างที่เกินมาจะทำปฏิกิริยากับน้ำมันเกิดปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน (Saponification) เกิดเป็นสบู่ปะปนกับไบโอดีเซลได้

**5. เวลาในการทำปฏิกิริยา** อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าสูงในระยะแรกของการเกิดปฏิกิริยา และจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมจึงจำเป็นในการผลิตไบโอดีเซล

**6. อุณหภูมิ** เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงช่วยให้แอลกอฮอล์ทำปฏิกิริยากับน้ำมันได้ง่ายขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินจุดเดือดของแอลกอฮอล์ จะทำให้แอลกอฮอล์ระเหยไประหว่างการทำปฏิกิริยา และอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลง นอกจากนี้อุณหภูมิที่เหมาะสมยังขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้ ชนิดของน้ำมัน ตัวเร่งปฏิกิริยา และอัตราส่วนของสารตั้งต้นอีกด้วย ตัวอย่างเช่น น้ำมันที่ใช้แล้วจะเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่อุณหภูมิ 50 – 60 องศาเซลเซียส

### แหล่งอ้างอิง

1. พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล; และคนอื่นๆ. (2552). *รอบรู้เรื่องราวไบโอดีเซล*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: พิมพ์พินิจการพิมพ์.
2. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *เราไม่ถือน้ำมัน*. กรุงเทพฯ: ฐานการพิมพ์ จำกัด.

มาผลิตไบโอดีเซลกันเถอะครับ !





## ห้องทดลอง

### การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน

#### จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันได้
2. ทดสอบคุณภาพเบื้องต้นของไบโอดีเซลได้
3. อธิบายการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันและการทดสอบคุณภาพเบื้องต้นของไบโอดีเซลที่ผลิตได้

#### อุปกรณ์การทดลอง



น้ำมันพืชใช้แล้ว	เมทิลแอลกอฮอล์	ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์
โซเดียมไฮดรอกไซด์	สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน	น้ำกลั่น
เทอร์โมมิเตอร์	เตาไฟฟ้า	บีกเกอร์
กรวยพลาสติก	กระดาษฟิเอช	ไฮโดรมิเตอร์
		ขวดพลาสติก ขนาด 1 ลิตร

#### ขั้นตอนการทดลอง



##### ตอนที่ 1 การไทเทรตวัดจุดดับเพื่อหาปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา

1. ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัม ลงในน้ำกลั่น 1 ลิตร จะได้สารละลายต่าง
 

**ข้อควรระวัง** โซเดียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์กัดกร่อน ถ้าหกหรือกระเด็นถูกมือควรล้างตาออกทันที
2. ละลายน้ำมันพืชใช้แล้ว 1 มิลลิลิตร ลงในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (โพรพานอล) 10 มิลลิลิตร คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน (ถ้าละลายยากให้อุ่น) จากนั้นหยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนลงไป 2-3 หยด สารละลายน้ำมันพืชจะเป็นสีเหลืองอ่อน
3. ไทเทรตสารละลายน้ำมันพืชด้วยสารละลายต่างที่เตรียมไว้ (สารละลายน้ำมันพืชจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างถาวร ซึ่งมีค่า pH 8-9 จึงหยุด)
4. บันทึกปริมาตรของสารละลายต่างที่ใช้



5. คำนวณหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่เหมาะสมในการเป็นสารเร่งปฏิกิริยาดังสูตร

ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา (กรัม) ต่อน้ำมัน 1 ลิตร = ปริมาตร (มล.) ของสารละลายต่าง + 3.5

## ตอนที่ 2 การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

1. นำน้ำมันพืชใช้แล้วมาจำนวน 1 ลิตร กรองเศษอาหารและกำจัดน้ำโดยนำไปต้มที่  $100^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลาประมาณ 20 นาที
2. ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวนตามที่คำนวณได้ในตอนที่ 1
3. ตวงเมทานอลจำนวน 25% ของปริมาตรน้ำมันพืช แล้วผสมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมไว้ คนให้ละลายเข้ากัน  
**ข้อควรระวัง** ห้ามเทเมทานอลลงในโซเดียมไฮดรอกไซด์เด็ดขาด เพราะจะทำให้เกิดความร้อนสูงและกระเด็นถูกร่างกายได้ ให้เทโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในเมทานอล คนให้ละลายจะได้ สารละลายเมทอกไซด์
4. อุ่นน้ำมันพืชใช้แล้วที่เตรียมไว้ให้ได้อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส แล้วเทลงในขวดพลาสติกที่เตรียมไว้
5. เทสารละลายเมทอกไซด์ ที่เตรียมไว้ลงในน้ำมันพืช เขย่า หรือกวน นาน 15 นาที
5. ทิ้งสารละลายผสมไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง สารจะเกิดการแยกตัวเป็น 2 ชั้น
6. แยกกลีเซอรินซึ่งอยู่ชั้นล่างออกมา แล้วล้างไปโอดีเซลด้วยน้ำสะอาดประมาณ 10% ของปริมาณสารทั้งหมด แต่ทุกครั้งต้องรอแยกเอาเฉพาะชั้นไปโอดีเซลมาล้าง

### ตอนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของไบโอดีเซล

1. ตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยกระดาษพีเอช โดยจุ่มกระดาษพีเอชลงในไบโอดีเซลแล้วนำมาเทียบสีเพื่ออ่านค่าพีเอชของสาร
2. ตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะ โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ที่เบากว่าน้ำ
  - 2.1 ใส่ไบโอดีเซลลงในกระบอกตวง
  - 2.2 วางไฮโดรมิเตอร์ลงในไบโอดีเซล แล้วอ่านค่าตรงกระเปาะให้ตรงกับระดับของเหลวในกระบอกตวง

### ตารางบันทึกข้อมูล



#### ตอนที่ 1

1. ปริมาตรสารละลายต่างที่ใช้ ..... มิลลิลิตร
2. ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ ..... กรัม

#### ตอนที่ 2

การทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้
ผสมน้ำมันพืชกับสารละลายเมทอกไซด์	
หลังเขย่าสารเป็นเวลา 15 นาที	
ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที	
ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง	

### ตอนที่ 3

1. ไบโอดีเซลมีค่าพีเอช .....
2. ไบโอดีเซลมีค่าความถ่วงจำเพาะ .....

### คำถามท้ายการทดลอง

1.นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าสารทำปฏิกิริยากันแล้ว อธิบายคำตอบโดยใช้สิ่งที่นักเรียนสังเกตได้

.....

.....

2.เหตุใดจึงต้องวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของน้ำมันพืช

.....

.....

3.ทำไมจึงต้องกำจัดน้ำออกจากน้ำมันพืชให้หมดก่อนทำปฏิกิริยากับด่าง

.....

.....

4.หากอุณหภูมิในขณะที่ทำปฏิกิริยาเกิน 70 องศาเซลเซียส จะเกิดอะไรขึ้น

.....

.....

5.เหตุใดไบโอดีเซลจึงแยกตัวและลอยอยู่บนชั้นของกลีเซอรอล

.....

.....

6.เหตุใดในขั้นตอนสุดท้ายเราจึงต้องล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำ และมีวิธีใดในการกำจัดน้ำในขั้นตอนการล้างออกจากผลิตภัณฑ์ให้หมด

.....

.....

### สรุปผล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

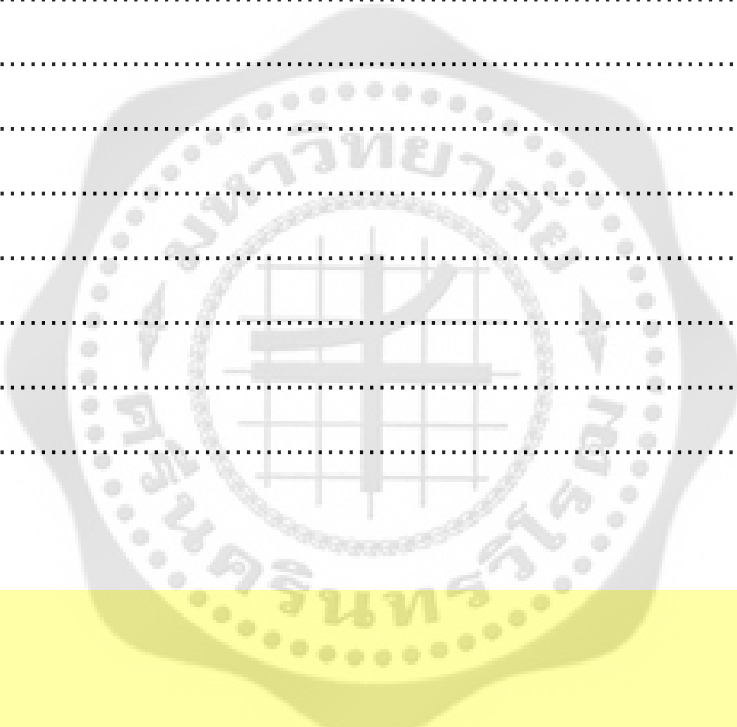
.....

.....

.....

.....

.....



# คำถามทบทวน

1. ให้นักเรียนเขียนสรุปขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลจากการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันต้องควบคุมปัจจัยใดบ้าง

.....

.....

3. ก่อนนำไบโอดีเซลที่ผลิตได้ไปใช้งานต้องทดสอบสิ่งใดก่อน

.....

.....

.....

.....

## ขั้นที่ 3

### ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

กิจกรรมการผลิตไบโอดีเซลในขั้นที่ 2 ที่นักเรียนได้ทำการทดลองไปแล้วนั้น เรียกว่า “กระบวนการผลิตไบโอดีเซลอย่างง่าย”



การผลิตไบโอดีเซลอย่างง่ายไว้ใช้เองไม่ใช่เรื่องยากเกินไป รัฐบาลจึงสนับสนุนให้มีการเผยแพร่ความรู้แก่ประชาชนให้สามารถผลิตไบโอดีเซลไว้ใช้เองในครัวเรือนและชุมชน รวมถึงการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น ก่อนนำไบโอดีเซลมาใช้งานได้อย่างปลอดภัยและมีคุณภาพ



โรงงานผลิตไบโอดีเซลชุมชน เป็นความร่วมมือกันของภาครัฐและชุมชน โดยมีเป้าหมายเพื่อการถ่ายทอดองค์ความรู้ เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลขึ้นใช้เอง โดยชุมชนเพื่อชุมชน

ที่มา : [http://www.siambioenergy.com/siambio/index.php?option=com\\_content&view=article&id=98&Itemid=219](http://www.siambioenergy.com/siambio/index.php?option=com_content&view=article&id=98&Itemid=219)

## กระบวนการผลิตไบโอดีเซลอย่างง่าย

ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน ดังนี้

### ขั้นที่ 1 ขั้นเตรียมการก่อนการผลิต

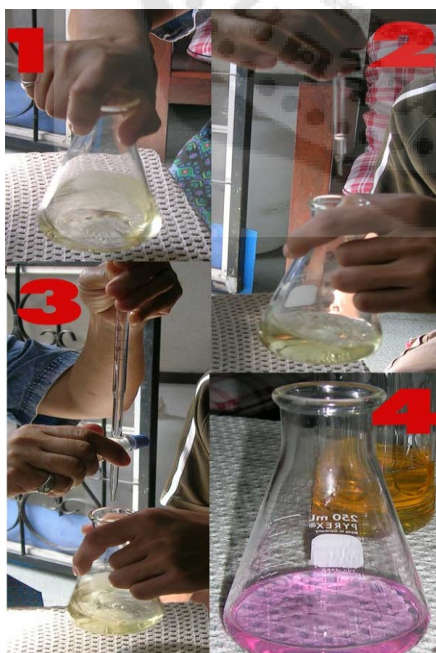
#### 1. การกำจัดสิ่งปนเปื้อนและน้ำ

สำหรับน้ำมันพืชที่ใช้แล้วมักมีเศษอาหารหรือน้ำเจือปนอยู่มาก จึงต้องกำจัดออกก่อนนำไปทำปฏิกิริยา โดยทั่วไปมักใช้ความร้อนช่วยในการกำจัดน้ำเช่น การต้ม



#### 2. การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด ก่อนทำการผลิตไบโอดีเซล

ต้องวัดค่าความเป็นกรด (Acid Value; A.V.) ของน้ำมันก่อนด้วยวิธีการไทเทรต (Titration) เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมและทำให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์โดยมีสารเร่งปฏิกิริยาเหลือน้อยที่สุด ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียไบโอดีเซลจากขั้นตอนการแยกสารปนเปื้อนอีกด้วย โดยปกติน้ำมันพืชใหม่หรือน้ำมันที่ผ่านการใช้งานมาแล้วจะมีค่าความเป็นกรดที่แตกต่างกัน



ที่มา : <http://www.vcharkarn.com/vcafe/60235/5>

การไทเทรตหาค่าความเป็นกรดในน้ำมันพืช

### ยังจำได้ไหม ?

การไทเทรต คือ วิธีการทางปริมาณวิเคราะห์ (Quantitative Analysis) ใช้ในการหาปริมาณของสารละลายมาตรฐาน (สารละลายที่เราทราบความเข้มข้นที่แน่นอนแล้ว) ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายอื่นซึ่งทราบปริมาตร แต่ยังไม่ทราบความเข้มข้น เพื่อนำค่าปริมาตรที่ได้มาคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายอื่นนั้น

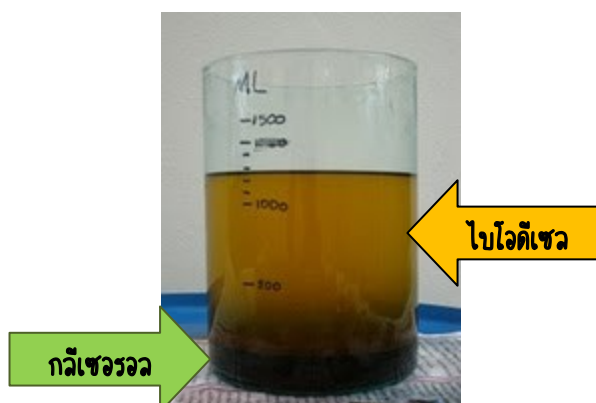
### 3. การเตรียมสารเร่งปฏิกิริยา

ผสมต่างกับเมทานอลในอัตราส่วนที่ได้จากการคำนวณ โดยทำให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันก่อน สารผสมที่ได้นี้หากใช้ต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์จะเรียกว่า สารละลายเมทอกไซด์ เพื่อเตรียมพร้อมในการทำปฏิกิริยากับน้ำมันพืช ในการเตรียมสารละลายเมทอกไซด์นั้นจะต้องคำนวณปริมาณต่างที่ต้องใช้ให้ในการทำปฏิกิริยา เพื่อให้น้ำมันมีค่าพีเอช (pH) เป็นกลาง รวมกับปริมาณของต่างที่ใช้เป็นสารเร่งปฏิกิริยาจริงๆ จึงจะเพียงพอสำหรับการทำปฏิกิริยาได้อย่างสมบูรณ์

#### ขั้นที่ 2 การทำปฏิกิริยาเพื่อผลิตไบโอดีเซล

การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันทุกครั้งจะต้องใช้อัตราส่วนของน้ำมันและสารเคมี รวมทั้งสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา คือ อุณหภูมิประมาณ 60 – 70 องศาเซลเซียส ตลอดจนเวลาในการผสมที่เพียงพอ เพื่อให้การทำปฏิกิริยาเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ซึ่งเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับปริมาณที่ผลิต

หลังการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันแล้วจะเกิดผลผลิต 2 ชนิด คือ สารเอสเทอร์ (ไบโอดีเซล) และกลีเซอรอล เมื่อปล่อยให้ทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นไบโอดีเซลจะอยู่ชั้นบน และกลีเซอรอลซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าจะตกตะกอนอยู่ชั้นล่าง จึงแยกไบโอดีเซลและกลีเซอรอลออกจากกัน



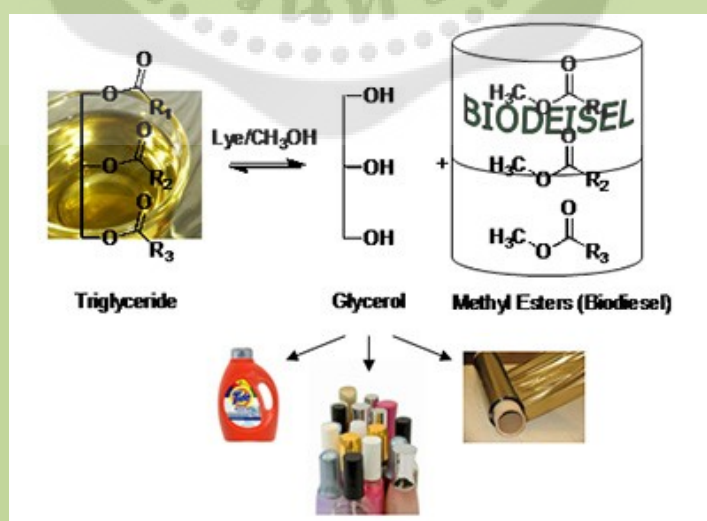


จากนั้นล้างไบโอดีเซลด้วย  
น้ำอุ่นอุณหภูมิประมาณ 50 องศา  
เซลเซียส เพื่อล้างสารเร่งปฏิกิริยาที่  
เหลืออยู่และสารปนเปื้อนต่างๆ  
เช่น เมทานอล สบู่ และกลีเซอรอล  
ออกให้หมด หลังจากการล้างด้วย  
น้ำแล้วไบโอดีเซลที่ได้ยังมีน้ำและ  
ตะกอนของสารเจือปนอยู่ สามารถ  
ทำให้บริสุทธิ์ขึ้นได้ด้วยการระเหย  
น้ำและผ่านการกรองตะกอนอีกครั้ง



### รู้หรือไม่ว่า !

กลีเซอรอล (Glycerol) เป็นสารประกอบอินทรีย์ในพวกแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่ง  
สูตรเคมีคือ  $C_3H_8O_3$  เป็นของเหลวข้น ไม่มีสี มีจุดเดือด  $290^{\circ}C$  ละลายน้ำได้ เป็นองค์ประกอบ  
สำคัญของไขมันหรือน้ำมัน เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กลีเซอริน (Glycerin) ใช้ในอุตสาหกรรม เครื่องสำอาง  
สบู่ และยา เป็นต้น



### ขั้นที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของไบโอดีเซล

การผลิตไบโอดีเซลอย่างง่ายเพื่อใช้ในครัวเรือน ก่อนมาใช้งานควรมีการตรวจสอบคุณภาพก่อน ซึ่งสามารถทำได้ง่าย ๆ ดังนี้

1. การตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้กระดาษลิตมัส ไบโอดีเซลที่ดีต้องมีค่าเป็นกลางหรือที่ pH 7 (6.8-7.3 สามารถยอมรับได้)

2. การตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะ โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ที่เบา กว่าน้ำ ไบโอดีเซลที่ดีควรมีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วง 0.86-0.89



← ตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะ  
โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์

ที่มา : [http://kru-paradee.blogspot.com/2009/02/blog-post\\_19.html](http://kru-paradee.blogspot.com/2009/02/blog-post_19.html)

เมื่อตรวจสอบได้ตามคุณภาพแล้วให้ทิ้งน้ำมันไว้หรือนำไปตากแดดอีก 1-2 วัน เพื่อให้น้ำมันตกตะกอน แล้วกรองให้สะอาดอีกครั้งก็สามารถนำไปใช้งานได้

ไบโอดีเซลที่ผลิตได้ต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานที่กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงานกำหนดไว้ จึงจะสามารถนำมาใช้งานได้โดยไม่เกิดผลเสียต่อเครื่องยนต์



ที่มา : <http://www.fatima.ac.th/2010/energy/energy3.php>

### แหล่งอ้างอิง

1. ไกรพัฒน์ จินขจร. (2551). *พลังงานหมุนเวียน*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย- ญี่ปุ่น).
2. พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล; และคนอื่นๆ. (2552). *รอบรู้เรื่องราวไบโอดีเซล*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: พิมพ์พินิจการพิมพ์.
3. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *เราไม่ใช้น้ำมัน*. กรุงเทพฯ: ฐานการพิมพ์ จำกัด.

## กิจกรรม

**คำชี้แจง** นักเรียนร่วมกันตอบคำถามต่อไปนี้เพื่ออภิปรายและสรุปความรู้ที่ได้จากการสำรวจและค้นหาคำตอบในขั้นที่ 2

1. จงอธิบายความหมายของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน

.....

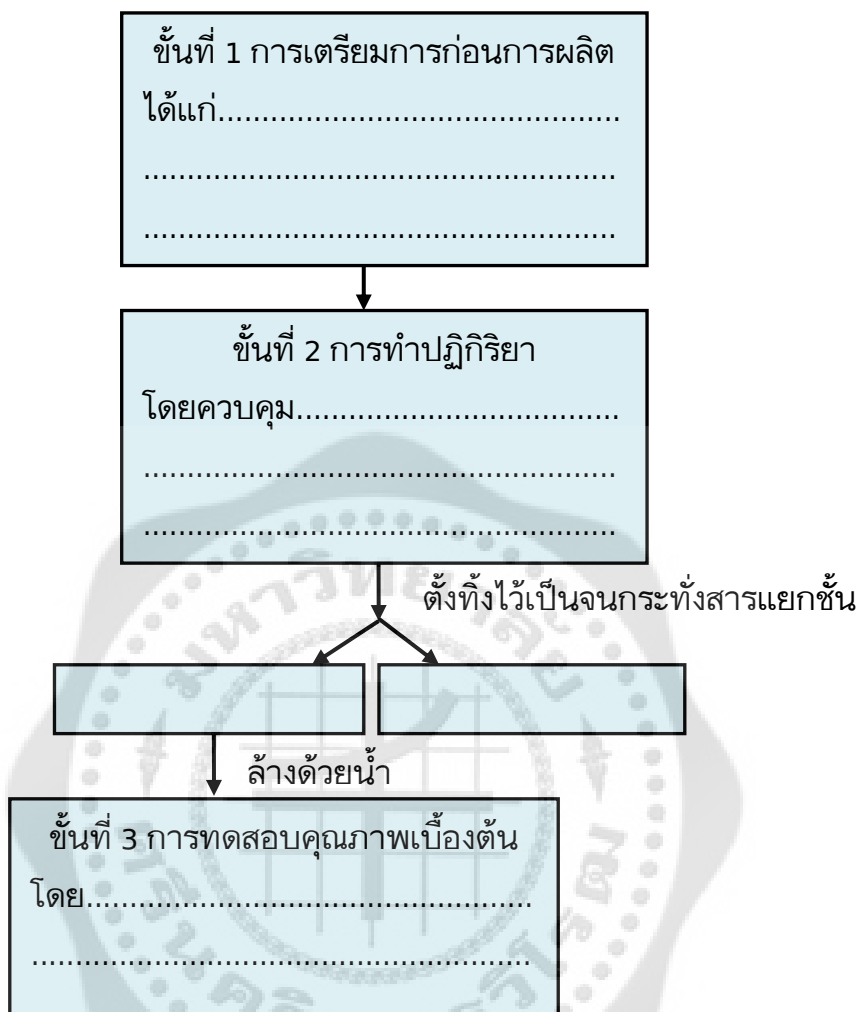
.....

2. จงอธิบายหลักการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน

.....

.....

### 3. จงเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลอย่างง่ายให้สมบูรณ์



4. ในการไทเทรตวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดในน้ำมันพืช ถ้าไม่มีสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน เราสามารถใช้สิ่งใดทดสอบค่า pH ของสารละลายน้ำมันพืชได้

.....

.....

5. หากไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีค่า pH 8 จะสามารถนำไปใช้ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด และนักเรียนจะมีวิธีแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นได้อย่างไร

.....  
.....

6. การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันต้องคำนึงถึงปัจจัยใดบ้าง

.....  
.....



สรุปให้เห็นภาพ

จงเขียนแผนที่แนวคิด (Concept map) เพื่อสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า





เด็กๆ รู้หรือไม่ครับว่าโรงงานผลิตไบโอดีเซลมีขั้นตอนการผลิตเหมือนหรือแตกต่างจากที่เราผลิตใช้เองอย่างไรบ้าง ?



## กระบวนการผลิตไบโอดีเซลในระดับอุตสาหกรรม

ประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมด 7 ขั้นตอนดังนี้

### ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมวัตถุดิบน้ำมันพืช

ก่อนทำการผลิตจะต้องวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด หรือปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันพืชก่อน เพื่อใช้คำนวณหาปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา โดยปกติแล้วน้ำมันพืชใหม่หรือน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้งานแล้วจะมีค่าความเป็นกรดที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดก่อนทำปฏิกิริยา จะทำให้การผลิตไบโอดีเซลเกิดปฏิกิริยาได้อย่างสมบูรณ์ ได้ผลผลิตสูง ลดการสูญเสียน้ำมัน และเหลือสารเร่งปฏิกิริยาน้อยที่สุด

### รู้หรือไม่ !



เมื่อน้ำมันได้รับความร้อน นอกจากจะเกิดควันแล้วความชื้นในอาหารและออกซิเจนในอากาศยังสาเหตุให้น้ำมันเสื่อมสภาพ โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ สี กลิ่น ฟอง และความหนืดของน้ำมันจะเพิ่มขึ้นและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ มีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น เกิดสารประกอบต่างๆ คือ สารไนลาร์ สารไนลิเมอร์ กรดไขมันทรานส์ และสารระเหยต่างๆ ที่เป็นสารก่อมะเร็งเกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้



น้ำมันพืชจะถูกป้อนเข้าไปในถังเตรียมวัตถุดิบ ซึ่งจะมีการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันอย่างทั่วถึงและควบคุมอุณหภูมิตามที่กำหนดไว้ โดยทั่วไปใช้อุณหภูมิการผลิตประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส

### **ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมสารเร่งปฏิกิริยา**

คำนวณสารเร่งปฏิกิริยาที่ต้องใช้ในการทำปฏิกิริยา ถ้าใช้ต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้ผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์กับเมทานอลในสัดส่วนที่ได้จากการคำนวณ โดยทำให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันก่อน สารผสมที่ได้เรียกว่าสารละลายเมทอกไซด์ จากนั้นป้อนสารละลายเมทอกไซด์เข้าถังพัก เพื่อเตรียมพร้อมในการป้อนเข้าทำปฏิกิริยากับน้ำมันพืชต่อไป

### **ขั้นตอนที่ 3 การทำปฏิกิริยาเพื่อผลิตไบโอดีเซล**

การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันทุกครั้งจะต้องใช้อัตราส่วนของน้ำมัน สารเคมี รวมทั้งสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา คือ อุณหภูมิ(ประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส) และเวลาในการผสมที่เพียงพอ เพื่อให้การทำปฏิกิริยาเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ควรมีการเก็บตัวอย่างจากถังปฏิกรณ์และตรวจสอบการเกิดปฏิกิริยาเป็นระยะ ๆ เพื่อให้แน่ใจว่าได้ไบโอดีเซลที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด

### **ขั้นตอนที่ 4 การนำเมทานอลกลับคืน**

โดยทั่วไปปฏิกิริยาการผลิตไบโอดีเซลมักใช้เมทานอลในปริมาณมากเกินไป เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ ดังนั้นหลังปฏิกิริยาสิ้นสุดลงจะมีเมทานอลเหลืออยู่ จึงควรนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ซึ่งทำได้โดยการกลั่นแยกเมทานอลกลับคืนก่อนขั้นตอนการแยกส่วนผลิตภัณฑ์ หรือหลังจากแยกผลิตภัณฑ์เป็นส่วนของไบโอดีเซลและกลีเซอรอลแล้วก็ได้ แต่ข้อควรระวังในการกลั่นแยกกลับคืนต้องไม่ให้น้ำปะปนในเมทานอล เพื่อให้เมทานอลที่หมุนเวียนมาใช้ใหม่มีประสิทธิภาพอย่างสูงสุด

## ขั้นตอนที่ 5 การแยกส่วนผลิตภัณฑ์

หลังการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันแล้วจะเกิดผลผลิต 2 ชนิด คือ สารเอสเทอร์ (ไบโอดีเซล) และกลีเซอรอล เมื่อปล่อยทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นไบโอดีเซลจะอยู่ชั้นบน และกลีเซอรอลซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าจะตกตะกอนอยู่ชั้นล่าง กลีเซอรอลจะถูกแยกออกทางส่วนล่างของถังแยกและส่งไปยังถังเก็บกลีเซอรอล ส่วนไบโอดีเซลในชั้นบนของถังแยกจะถูกส่งไปยังขั้นตอนการล้างด้วยน้ำต่อไป

## ขั้นตอนที่ 6 การล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำ

เมื่อไบโอดีเซลถูกส่งมายังถังล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำ จะทำการล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส เพื่อล้างสารเร่งปฏิกิริยา เมทานอล และสบู่ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาออกให้หมด เพื่อให้ได้ไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์สูง

หลังล้างน้ำแล้วไบโอดีเซลยังมีน้ำเจือปนอยู่เล็กน้อย สามารถกำจัดออกได้โดยผ่านเครื่องระเหยน้ำ และผ่านการกรองตะกอนตกค้างอีกครั้งหนึ่ง จึงส่งไบโอดีเซลเข้าถังเก็บไบโอดีเซล เพื่อรอการจำหน่ายต่อไป



ปี 2550 กระทรวงพลังงานให้เริ่มจำหน่ายไบโอดีเซล B5 ในเขตกรุงเทพมหานครและบางจังหวัดของภาคใต้ พร้อมทั้งขยายการจำหน่ายให้ได้ทั่วประเทศในปี 2554

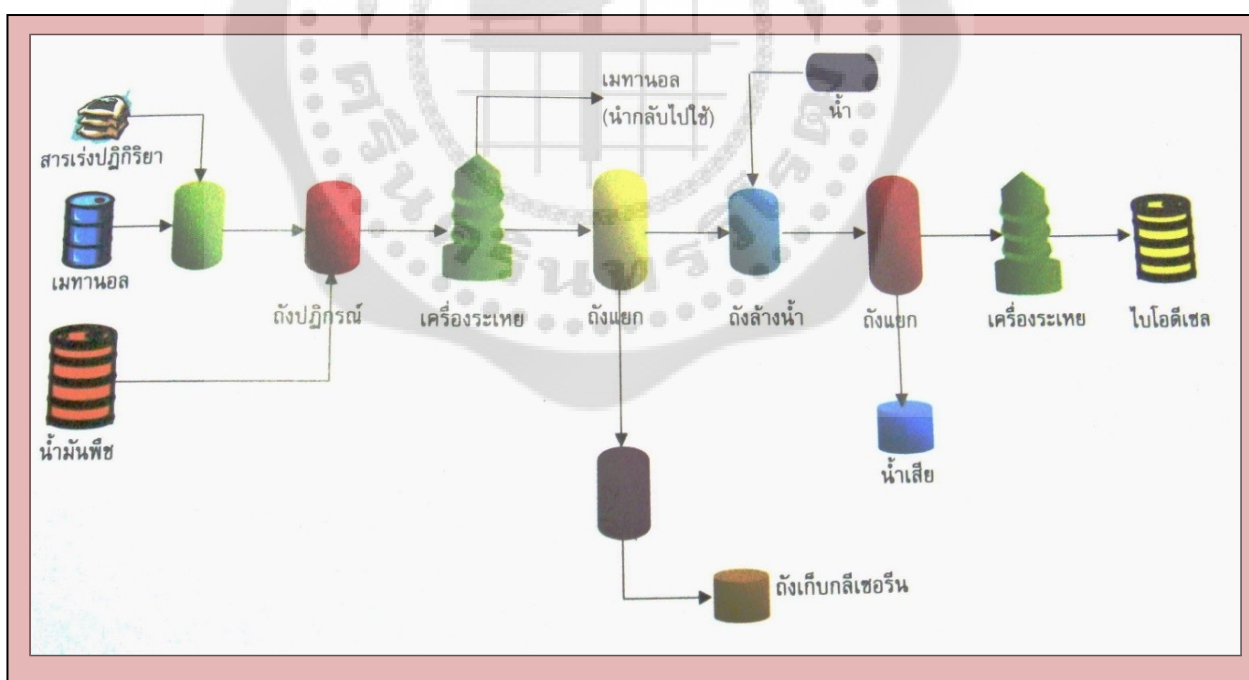
ที่มา : <http://demo.ecareasy.com/news/100000000823>

## ขั้นตอนที่ 7 การนำกลีเซอรอลกลับคืน

กลีเซอรอลที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตไบโอดีเซลจะมีน้ำผสมอยู่ด้วย ดังนั้นชั้นของกลีเซอรอลที่แยกออกมาจึงเรียกว่ากลีเซอริน

กลีเซอรินดิบที่แยกออกมามักมีความไม่บริสุทธิ์อยู่สูง มีน้ำ สารเร่งปฏิกิริยาและสบู่ที่เกิดจากปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันปะปนอยู่ด้วย จึงต้องแยกออกเพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ให้แก่กลีเซอรินดิบ

โดยทั่วไปวิธีแยกกลีเซอรอลออกจากสารปนเปื้อนต่างๆ จะใช้วิธีการทำปฏิกิริยากับกรด เช่น กรดเกลือ หรือ กรดฟอสฟอริก โดยสบู่จะถูกเปลี่ยนเป็นกรดไขมันและเกลือ เมื่อตั้งทิ้งไว้กรดไขมันจะแยกออกจากกลีเซอริน ทำให้ได้กลีเซอรินที่บริสุทธิ์ประมาณ 80-88 % จึงส่งเข้าถังเก็บกลีเซอรินต่อไป



ที่มา พิชมัย เจนวนิชปัญญกุล; และคนอื่นๆ. รอบรู้เรื่องราวไบโอดีเซล. (2552)

แผนผังการผลิตไบโอดีเซลในระดับอุตสาหกรรม

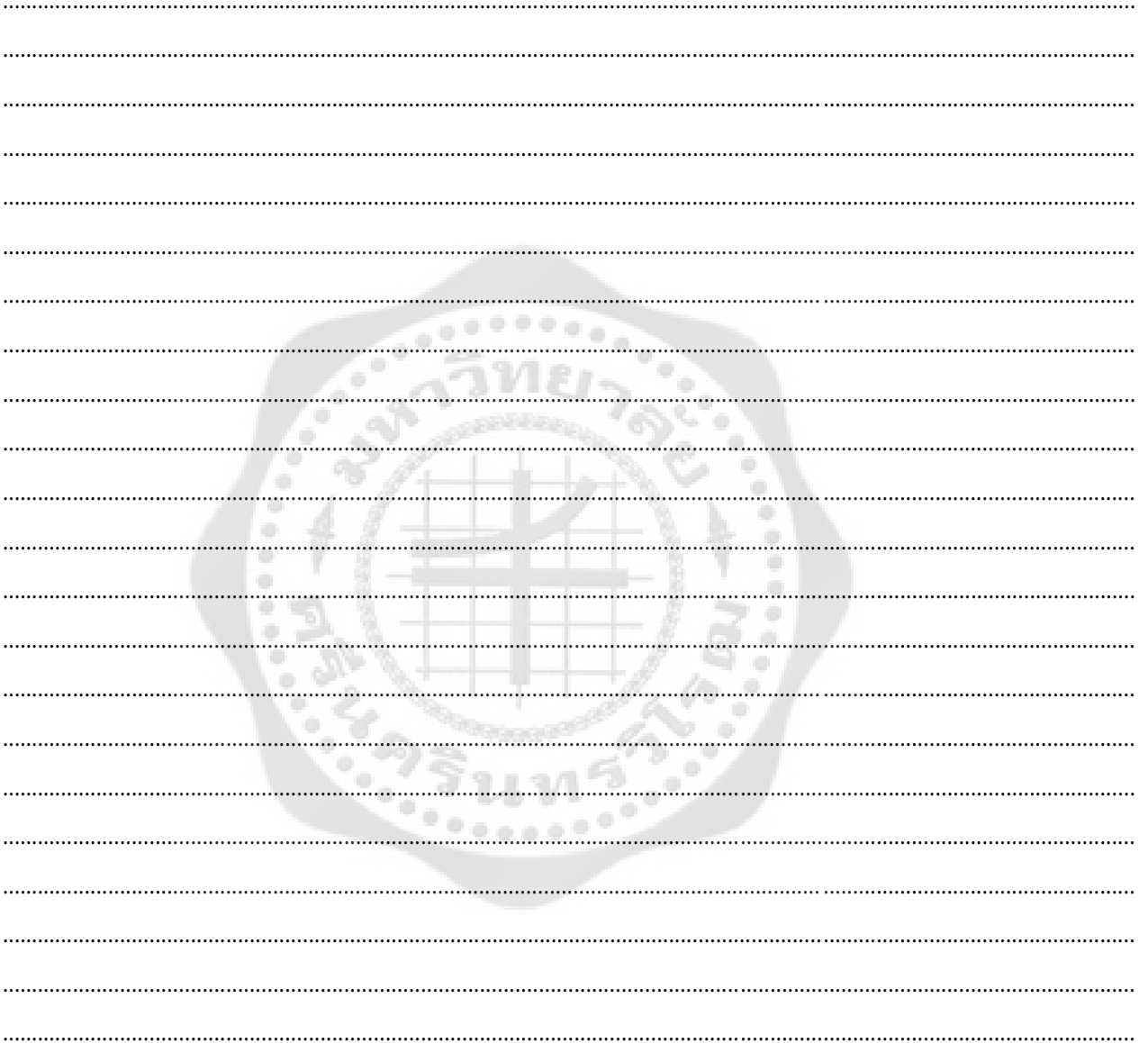
### แหล่งอ้างอิง

1. ไกรพัฒน์ จินขจร. (2551). *พลังงานหมุนเวียน*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย- ญี่ปุ่น).
2. พิสมัย เจนวนิชปัญญากุล; และคนอื่นๆ. (2552). *รอบรู้เรื่องราวไบโอดีเซล*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: พิมพ์พินิจการพิมพ์.
3. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *เราไม่ร้อนน้ำมัน*. กรุงเทพฯ: ฐานการพิมพ์ จำกัด.



# กิจกรรม

ให้นักเรียนเขียนสรุปขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลในระดับอุตสาหกรรม



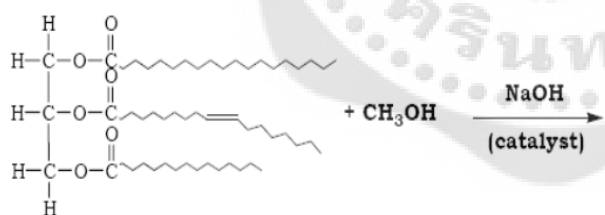
ขั้นที่ 5  
ขั้นประเมินผล



## แบบทดสอบหลังเรียน

- คำชี้แจง**
- แบบฝึกหัดนี้ เป็นแบบปรนัย เลือกตอบจาก 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ เวลา 10 นาที
  - เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 ข้อ โดยทำเครื่องหมาย ✕ ลงในกระดาษคำตอบ

- ข้อใดหมายถึงปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน
  - ปฏิกิริยาการเกิดสบู่
  - ปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์
  - ปฏิกิริยาย้อนกลับของปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน
  - ปฏิกิริยาการเปลี่ยนรูปของสารเอสเทอร์ไปเป็นสารเอสเทอร์อีกรูปหนึ่ง
- จากสมการเคมีต่อไปนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือข้อใด



- สบู่และน้ำ
  - ไขมันชนิดใหม่และน้ำ
  - เมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรอล
  - เมทิลเอสเทอร์และน้ำ
- แอลกอฮอล์ชนิดใดที่นิยมนำมาใช้ผลิตไบโอดีเซลมากที่สุด
    - เมทานอล
    - เอทานอล
    - โพรพานอล
    - ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์

4. เมื่อปฏิกิริยาการผลิตไบโอดีเซลเสร็จสมบูรณ์จะเกิดผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดแยกชั้นกันอยู่ ข้อใดถูกต้อง

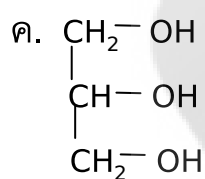
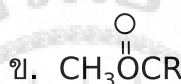
ก.	กลีเซอรอล
	ไบโอดีเซล

ข.	ไบโอดีเซล
	น้ำ

ค.	ไบโอดีเซล
	กลีเซอรอล

ง.	น้ำ
	ไบโอดีเซล

5. ข้อใดคือสูตรโครงสร้างทั่วไปของไบโอดีเซล



6 เหตุใดการผลิตไบโอดีเซลจึงต้องควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 70 องศาเซลเซียส

- ก. เพื่อไม่ให้น้ำมันพืชสลายตัว      ข. เพื่อไม่ให้น้ำในปฏิกิริยาระเหย  
ค. เพื่อไม่ให้แอลกอฮอล์ระเหย      ง. เพื่อไม่ให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วเกินไป

7. ข้อใดเรียงลำดับขั้นตอนในการผลิตไบโอดีเซลได้ถูกต้อง

- 1.วิเคราะห์หาปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา    2.ทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน  
3.แยกส่วนผลิตภัณฑ์                      4. ล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำ  
5.ทดสอบคุณภาพของไบโอดีเซล

ก. 1, 2, 3, 4, 5

ข. 1, 2, 5, 3, 4

ค. 2, 3, 1, 4, 5

ง. 3, 2, 4, 1, 3

8. เหตุใดจึงต้องวิเคราะห์หาปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาก่อนทำการผลิตไบโอดีเซล
- เพื่อป้องกันการเกิดสบู่
  - เพื่อให้สารทำปฏิกิริยากันเร็วขึ้น
  - เพื่อให้เพียงพอในการทำปฏิกิริยา
  - ถูกทั้งข้อ ก และ ค
9. นักเรียนจะอย่างไรถ้าไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีค่า pH มากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้
- ต้มใส่น้ำ
  - กรองตะกอน
  - ล้างด้วยน้ำอุ่น
  - เติมกรดเข้มข้น
10. ผลการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของไบโอดีเซลที่นักเรียนผลิตได้ แสดงดังตาราง

กลุ่มที่	ค่า pH	ค่าความ ถ่วงจำเพาะ
1	7.00	0.88
2	6.90	0.89
3	7.40	9.00
4	8.00	9.30

ไบโอดีเซลของกลุ่มใดที่ต้องปรับปรุงคุณภาพมากที่สุด

- กลุ่มที่ 1
- กลุ่มที่ 2
- กลุ่มที่ 3
- กลุ่มที่ 4





## กระดาษคำตอบ

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย **x** ลงในช่องว่างให้ตรงกับคำตอบที่นักเรียนเลือก

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				



## เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

- |      |       |
|------|-------|
| 1. ง | 2. ค  |
| 3. ก | 4. ค  |
| 5. ข | 6. ค  |
| 7. ก | 8. ง  |
| 9. ค | 10. ง |

ภาคผนวก ง  
เครื่องมือวัดผลประสิทธิผลการเรียนรู้ด้านต่างๆ ของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้  
เรื่อง ไบโอดีเซล



**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

**คำชี้แจง**

1. แบบทดสอบนี้ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 4 ด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์
2. แบบทดสอบมีทั้งหมด 30 ข้อ 30 คะแนน ใช้เวลา 60 นาที
3. แบบทดสอบนี้เป็นแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว โดยทำเครื่องหมายกากบาท (X) จากตัวเลือก ก ข ค และ ง ลงในช่องที่กำหนดในกระดาษคำตอบ

**ตัวอย่าง**

ข้อ	ก	ข	ค	ง
	<del>X</del>			

4. ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบใหม่ ให้ขีดขวางทับเครื่องหมายเดิมแล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ในช่องว่างที่คิดว่าถูกต้องที่สุด ดังตัวอย่าง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
	<del>X</del>		<del>X</del>	

## แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล

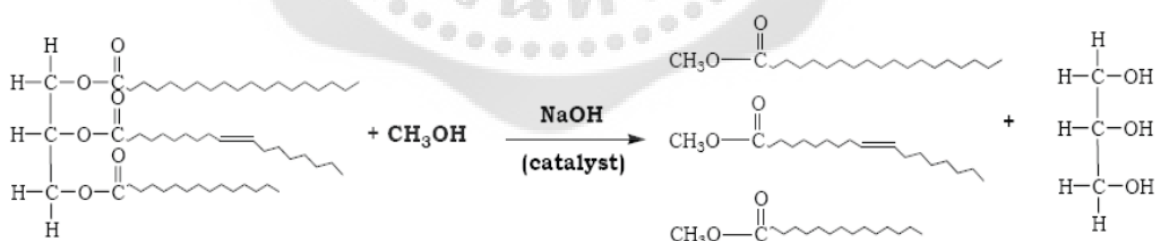
1. ไบโอดีเซลหมายถึงอะไร
  - ก. เชื้อเพลิงที่นำไปใช้ทดแทนน้ำมันปิโตรเลียม
  - ข. เชื้อเพลิงที่ผลิตจากพืชเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซล
  - ค. เชื้อเพลิงที่ได้จากการนำน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ไปผสมกับแอลกอฮอล์ เพื่อทดแทนน้ำมันดีเซล
  - ง. เชื้อเพลิงที่ได้จากการนำน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ไปผ่านกระบวนการทางเคมี เพื่อทดแทนน้ำมันดีเซล
  
2. การผสมไบโอดีเซลต่อน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 2:98 หมายถึงข้อใด
 

ก. B2	ข. B98
ค. E2	ง. E98
  
3. น้ำมันชนิดใดต่างจากพวก
 

ก. B100	ข. B2
ค. B50	ง. B10
  
4. ข้อใดคือสาเหตุสำคัญที่สุดที่ทำให้การใช้น้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์โดยตรง และไบโอดีเซลแบบถูกผสมมีผลเสียต่อเครื่องยนต์มากกว่าไบโอดีเซลเอสเทอร์
  - ก. เป็นไขเมื่ออากาศเย็น
  - ข. การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์
  - ค. ความหนืดที่มากกว่าดีเซล
  - ง. ให้พลังงานความร้อนน้อย
  
5. น้ำมันพืชในครัวสามารถใช้เติมเครื่องยนต์ชนิดใดได้โดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์
  - ก. รถไถนา เครื่องตัดหญ้า
  - ข. รถกระบะ รถตู้
  - ค. เรือโดยสาร รถบรรทุก
  - ง. รถมอเตอร์ไซด์ รถเก๋ง
  
6. ไขมันและน้ำมันเป็นสารอินทรีย์ประเภทใด
 

ก. อีเทอร์	ข. เอสเทอร์
ค. กรดอินทรีย์	ง. แอลกอฮอล์

7. ข้อใดทำให้สบู่ดำมีศักยภาพในการเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตไบโอดีเซล
- ให้ผลผลิตเร็ว
  - ให้ผลผลิตตลอดปี
  - ให้ปริมาณน้ำมันมาก
  - ปลูกได้ทั่วประเทศ
8. การปลูกสบู่ดำในปัจจุบันต้องการความช่วยเหลือในด้านใดมากที่สุด (การวิเคราะห์)
- การตลาด
  - การคมนาคม
  - การบำรุงพันธุ์พืช
  - การเพิ่มปริมาณผลผลิต
9. ข้อใดไม่เหมาะสมในการเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย
- ทานตะวัน
  - น้ำมันหมู
  - ปาล์มน้ำมัน
  - น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว
10. ข้อใดหมายถึงปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน
- ปฏิกิริยาการเกิดสบู่
  - ปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์
  - ปฏิกิริยาย้อนกลับของปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน
  - ปฏิกิริยาการเปลี่ยนรูปของสารเอสเทอร์ไปเป็นสารเอสเทอร์อีกกลุ่มหนึ่ง
11. จากสมการเคมี



ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือข้อใด

- สบู่และกลีเซอรอล
- เมทิลเอสเทอร์และน้ำ
- เมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรอล
- เอทิลเอสเทอร์และกลีเซอรอล

12. จุดประสงค์ของการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของวัตถุดิบ คือข้อใด
- เพิ่มคุณภาพของวัตถุดิบ
  - ป้องกันการเกิดออกซิเดชันของวัตถุดิบ
  - คำนวณหาปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม
  - คำนวณหาอัตราส่วนของวัตถุดิบกับแอลกอฮอล์
13. ลักษณะใดที่แสดงว่าน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์กำลังทำปฏิกิริยากัน
- ของเหลวเกิดการแยกชั้น
  - ของเหลวมีสีเหลืองใสขึ้น
  - ของเหลวเกิดสีเหลืองขุ่นเข้ม
  - เกิดฟองอากาศจำนวนมาก
14. ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (AV.) ของวัตถุดิบ 4 ชนิดเป็นดังนี้
- วัตถุดิบที่ 1 = 2.22 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ / กรัมไขมัน  
 วัตถุดิบที่ 2 = 3.80 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ / กรัมไขมัน  
 วัตถุดิบที่ 3 = 1.50 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ / กรัมไขมัน  
 วัตถุดิบที่ 4 = 5.67 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ / กรัมไขมัน
- การผลิตไบโอดีเซลด้วยวัตถุดิบใดจะใช้ปริมาณต่างเร่งปฏิกิริยาน้อยที่สุด
- วัตถุดิบที่ 1
  - วัตถุดิบที่ 2
  - วัตถุดิบที่ 3
  - วัตถุดิบที่ 4
15. ผลการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของไบโอดีเซลที่นักเรียนผลิตได้ แสดงดังตาราง

กลุ่มที่	ค่า pH	ค่าความถ่วงจำเพาะ
1	7.00	0.88
2	6.90	0.89
3	7.40	9.00
4	8.00	9.30

ไบโอดีเซลของกลุ่มใดที่ต้องปรับปรุงคุณภาพมากที่สุด

- กลุ่มที่ 1
- กลุ่มที่ 2
- กลุ่มที่ 3
- กลุ่มที่ 4





- ง. เเผาไหม้แล้วไม่เกิดเขม่า
22. สิ่งใดที่ทำให้ไบโอดีเซลมีคุณสมบัติต่างจากน้ำมันดีเซลมากที่สุด
- แหล่งที่มา
  - สารปนเปื้อน
  - ธาตุองค์ประกอบ
  - กระบวนการผลิต
23. ข้อใดเป็นผลเสียที่ร้ายแรงที่สุดต่อเครื่องยนต์จากการใช้ไบโอดีเซลที่ไม่มีคุณภาพ
- กำลังของเครื่องยนต์ลดลง
  - ระบบควบคุมไอเสียเสื่อมสภาพ
  - เครื่องยนต์สตาร์ทติดยากที่อุณหภูมิต่ำ
  - เกิดการกัดกร่อนของชิ้นส่วนในเครื่องยนต์
24. ไบโอดีเซลที่มีปริมาณกลีเซอรินอิสระเกินค่ามาตรฐานจะส่งผลอย่างไรต่อเครื่องยนต์ หากนำมาใช้งาน
- ระบบไอเสียเสื่อมสภาพ
  - กำลังของเครื่องยนต์ลดลง
  - เกิดการอุดตันภายในหัวฉีด
  - เกิดการกัดกร่อนของชิ้นส่วนในเครื่องยนต์
25. การผลิตไบโอดีเซลให้มีคุณภาพตามมาตรฐานขึ้นกับปัจจัยหลายด้าน ยกเว้น ข้อใด
- การขนส่งผลิตภัณฑ์
  - การกำจัดสารปนเปื้อน
  - การเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์
  - การเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ
26. ไบโอดีเซลที่มีคุณภาพตามประกาศ “กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภท เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ.2552” หมายความว่าอย่างไร
- ไบโอดีเซลที่นำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยตรง
  - ไบโอดีเซลที่ผลิตด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
  - ไบโอดีเซลที่มีจำหน่ายเฉพาะในสถานีบริการน้ำมันเท่านั้น
  - ไบโอดีเซลที่สามารถนำมาผสมกับดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ ได้ เช่น B2



## แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

**คำชี้แจง** เมื่อนักเรียนศึกษาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล จบแล้ว นักเรียนมีความคิดเห็นหรือความพึงพอใจในระดับใดโปรดเขียนเครื่องหมาย  $\surd$  ลงในช่องว่างตรงกับความพึงพอใจของนักเรียน

รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
<b>ด้านเนื้อหา</b>					
1. นักเรียนคิดว่าเนื้อหาของชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมกับระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมากน้อยเพียงใด					
2. นักเรียนคิดว่าการจัดลำดับเนื้อหาของชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมในระดับใด					
3. นักเรียนคิดว่ากิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์มากน้อยเพียงใด					
4. นักเรียนคิดว่าเนื้อหาในแต่ละกิจกรรมมีความเหมาะสม					
5. นักเรียนคิดว่าเนื้อหาของแต่ละกิจกรรมมีความต่อเนื่องสัมพันธ์กัน					
6. นักเรียนคิดว่าได้รับประโยชน์จากการเรียนด้วยชุดกิจกรรมมากน้อยเพียงใด					
7. นักเรียนคิดว่าความรู้ที่ได้จากการเรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง ไบโอดีเซล สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้มากน้อยเพียงใด					

รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
<b>ด้านกิจกรรม</b>					
8. นักเรียนคิดว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในชุดกิจกรรมช่วยให้นักเรียนทุกคนเป็นผู้ค้นพบคำตอบหรือทำกิจกรรมสำเร็จด้วยตนเอง หรือร่วมกันเป็นกลุ่มในระดับใด					
9. นักเรียนคิดว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในชุดกิจกรรมช่วยให้นักเรียนคิดแก้ปัญหา และใช้เป็นแนวทางไปสู่ความสำเร็จด้วยตนเอง หรือร่วมกันเป็นกลุ่มในระดับใด					
10. นักเรียนคิดว่ากิจกรรมมีความหลากหลายมากน้อยเพียงใด					
11. นักเรียนคิดว่าเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมเพียงใด					
12. นักเรียนคิดว่าวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้มีจำนวนที่เหมาะสมกับจำนวนนักเรียนเพียงใด					
13. นักเรียนคิดว่าการใช้ชุดกิจกรรมในการเรียนรู้ทำให้เกิดความสนใจที่จะเรียนมากน้อยเพียงใด					
14. นักเรียนคิดว่าชุดกิจกรรมนี้ส่งเสริมการทำงานทั้งเป็นหมู่คณะและเป็นรายบุคคลมากน้อยเพียงใด					
15. นักเรียนคิดว่าเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด					
<b>ด้านแบบทดสอบท้ายชุดกิจกรรม</b>					
16. นักเรียนคิดว่าจำนวนข้อสอบท้ายชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมเพียงใด					
17. นักเรียนคิดว่ารูปแบบของข้อสอบท้ายชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมเพียงใด					

รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
<b>ด้านการใช้ภาษาและอักษร</b> 18. นักเรียนคิดว่าคำอธิบาย และคำชี้แจงต่างๆ ในชุดกิจกรรมมีความชัดเจนเพียงใด					
19. นักเรียนคิดว่าการอธิบายเนื้อหาของชุดกิจกรรมมีความชัดเจนเพียงใด					
20. นักเรียนคิดว่ารูปแบบตัวอักษร และขนาดตัวอักษร มีความน่าสนใจมากน้อยเพียงใด					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....





ภาคผนวก จ

ผลการประเมินเครื่องมือวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง 10 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อคุณภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง  
ไบโอดีเซล ชุดที่ 1 ไบโอดีเซลนำรู้

รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ						แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	$\bar{X}$	S.D.	
	1	2	3				
<b>1. จุดประสงค์</b>							
1.1 จุดประสงค์กิจกรรมระบุชัดเจน	5	5	4	14	4.67	0.58	ดีมาก
1.2 มีความเป็นไปได้	5	4	4	13	4.33	0.58	ดี
1.3 มีรายละเอียดเหมาะสม	4	5	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
รวมข้อ 1	14	14	13	41	4.56	0.58	ดีมาก
<b>2. เนื้อหา</b>							
2.1 เนื้อหามีความถูกต้อง สมบูรณ์	4	4	3	11	3.67	0.58	ดี
2.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	4	4	13	4.33	0.58	ดี
2.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	4	3	12	4.00	1.00	ดี
2.4 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	5	4	13	4.33	0.58	ดี
2.5 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	4	13	4.33	0.58	ดี
2.6 การใช้ภาษาเข้าใจง่าย ไม่วกวนเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
2.7 ภาพประกอบมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	5	5	4	14	4.67	0.58	ดีมาก
รวมข้อ 2	32	32	27	91	4.33	0.56	ดี
<b>3. กิจกรรม</b>							
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหา	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
3.2 เวลาที่กำหนดมีความเหมาะสม	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี

## ตาราง 10 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ						
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	1	2	3				
3.3 มีความยากง่ายเหมาะกับระดับนักเรียน	3	4	4	11	3.67	0.58	ดี
3.4 การเรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี
3.5 ภาษาที่ใช้เหมาะสม ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	13	4.33	0.58	ดี
3.6 กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง	4	5	4	13	4.33	0.58	ดี
3.7 กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้ค้นพบคำตอบด้วยตนเอง	4	5	4	13	4.33	0.58	ดี
3.8 วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในกิจกรรมมีความเหมาะสม	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี
รวมข้อ 3	31	35	33	99	4.12	0.36	ดี
4. แบบทดสอบท้ายกิจกรรม							
4.1 แบบฝึกหัดมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรม	4	5	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
4.2 แบบฝึกหัดมีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับนักเรียน	3	4	4	11	3.67	0.58	ดี
4.3 แบบฝึกหัดมีความครอบคลุมเนื้อหา	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี
4.4 จำนวนข้อคำถามมีความเหมาะสม	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี
รวมข้อ 4	15	17	17	49	4.08	0.29	ดี



ตาราง 11 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อคุณภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง  
ไบโอดีเซล ชุดที่ 2 มาผลิตไบโอดีเซลกันเถอะ

รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ						แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	$\bar{X}$	S.D.	
	1	2	3				
<b>1. จุดประสงค์</b>							
1.1 จุดประสงค์กิจกรรมระบุชัดเจน	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี
1.2 มีความเป็นไปได้	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
1.3 มีรายละเอียดเหมาะสม	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
รวมข้อ 1	12	12	14	38	4.22	0.38	ดี
<b>2. เนื้อหา</b>							
2.1 เนื้อหามีความถูกต้อง สมบูรณ์	3	4	4	11	3.67	0.58	ดี
2.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	4	3	4	11	3.67	0.58	ดี
2.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	3	3	4	10	3.33	0.58	ดี
2.4 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	3	4	11	3.67	0.58	ดี
2.5 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี
2.6 การใช้ภาษาเข้าใจง่าย ไม่วกวนเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	4	14	4.67	0.58	ดีมาก
2.7 ภาพประกอบมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	5	4	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
รวมข้อ 2	28	26	29	83	3.95	0.49	ดี
<b>3. กิจกรรม</b>							
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหา	4	3	4	11	3.67		ดี
3.2 เวลาที่กำหนดมีความเหมาะสม	4	4	3	11	3.67		ดี

ตาราง 11 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ						
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	1	2	3				
3.3 มีความยากง่ายเหมาะกับระดับนักเรียน	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
3.4 การเรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี
3.5 ภาษาที่ใช้เหมาะสม ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
3.6 กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง	5	4	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
3.7 กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้ค้นพบคำตอบด้วยตนเอง	5	4	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
3.8 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในกิจกรรมมีความเหมาะสม	4	5	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
รวมข้อ 3	35	33	36	104	4.33	0.43	ดี
4. แบบทดสอบท้ายกิจกรรม							
4.1 แบบฝึกหัดมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรม	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
4.2 แบบฝึกหัดมีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับนักเรียน	3	4	3	10	3.33	0.58	ปานกลาง
4.3 แบบฝึกหัดมีความครอบคลุมเนื้อหา	4	5	4	13	4.33	0.58	ดี
4.4 จำนวนข้อคำถามมีความเหมาะสม	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
รวมข้อ 4	15	17	17	49	4.08	0.58	ดี

ตาราง 12 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อคุณภาพของชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง  
ไบโอดีเซล ชุดที่ 3 ทำไม่ต้องใช้ไบโอดีเซล

รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ						แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	$\bar{X}$	S.D.	
	1	2	3				
<b>1. จุดประสงค์</b>							
1.1 จุดประสงค์กิจกรรมระบุชัดเจน	5	4	4	13	4.33	0.58	ดี
1.2 มีความเป็นไปได้	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
1.3 มีรายละเอียดเหมาะสม	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
รวมข้อ 1	13	12	14	39	4.33	0.58	ดี
<b>2. เนื้อหา</b>							
2.1 เนื้อหามีความถูกต้อง สมบูรณ์	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
2.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	4	5	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
2.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	4	3	4	11	3.67	0.58	ดี
2.4 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
2.5 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	4	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
2.6 การใช้ภาษาเข้าใจง่าย ไม่วกวนเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
2.7 ภาพประกอบมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	5	4	5	14	4.64	0.58	ดีมาก
รวมข้อ 2	31	29	34	94	4.48	0.49	ดี
<b>3. กิจกรรม</b>							
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหา	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
3.2 เวลาที่กำหนดมีความเหมาะสม	3	4	4	11	3.67	0.58	ดี

ตาราง 12 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ						
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	1	2	3				
3.3 มีความยากง่ายเหมาะกับระดับนักเรียน	3	4	4	11	3.67	0.58	ดี
3.4 การเรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี
3.5 ภาษาที่ใช้เหมาะสม ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
3.6 กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
3.7 กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้ค้นพบคำตอบด้วยตนเอง	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
3.8 วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในกิจกรรมมีความเหมาะสม	4	5	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
รวมข้อ 3	33	36	37	106	4.42	0.29	ดี
4. แบบทดสอบท้ายกิจกรรม							
4.1 แบบฝึกหัดมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรม	4	5	4	13	4.33	0.58	ดี
4.2 แบบฝึกหัดมีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับนักเรียน	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
4.3 แบบฝึกหัดมีความครอบคลุมเนื้อหา	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
4.4 จำนวนข้อคำถามมีความเหมาะสม	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี
รวมข้อ 4	17	18	18	53	4.42	0.29	ดี

ตาราง 13 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ด้านความชัดเจน  
ของคำถามของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC		
	1	2	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	+1	+1	+1	3	1.00	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	3	1.00	ใช้ได้	
9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
11	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
12	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
13	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้	
14	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
15	+1	+1	+1	3	1.00	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	0	2	0.67	ใช้ได้	
21	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	

ตาราง 13 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3			
22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
30	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
32	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
38	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
40	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
41	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
42	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
43	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
44	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
45	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 13 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3			
46	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
47	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
48	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
49	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
50	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้



ตาราง 14 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ด้านความ  
เหมาะสมของตัวเลือกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไปโอดีเซล

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC		
	1	2	3				
1	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้	
2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
3	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้	
4	+1	0	+1	2	0.67	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	3	1.00	ใช้ได้	
9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
11	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
12	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
13	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
14	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
15	+1	+1	+1	3	1.00	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	



ตาราง 14 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3			
22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
38	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
41	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
42	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
43	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
44	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
45	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 14 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3			
46	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
47	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
48	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
49	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
50	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้



ตาราง 15 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ด้านความ  
สอดคล้องกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC		
	1	2	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	+1	0	+1	2	0.67	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	3	1.00	ใช้ได้	
9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
11	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
12	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
13	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
14	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
15	+1	+1	+1	3	1.00	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	

ตาราง 15 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3			
22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
26	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
38	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
41	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
42	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
43	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
44	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
45	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 15 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3			
46	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
47	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
48	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
49	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
50	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้



ตาราง 16 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบ  
ทำยชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ไบโอดีเซลน้ำอู

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC		
	1	2	3				
1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
3	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้	
4	+1	+1	+1	3	1.00	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	3	1.00	ใช้ได้	
9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	

ตาราง 17 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบ  
ทำยชุดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง มาผลิตไบโอดีเซลกันเถอะ

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC	
	1	2	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	+1	+1	+1	3	1.00	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	3	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
10	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้

ตาราง 18 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบ  
ทำยชุดกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ทำไมต้องใช้ไบโอดีเซล

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC		
	1	2	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	+1	+1	+1	3	1.00	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	3	1.00	ใช้ได้	
9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	



ตาราง 19 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัด  
ความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC		
	1	2	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	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
5	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้	
6	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
7	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
8	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
11	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
12	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
13	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
14	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
15	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
16	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้	
17	0	+1	+1	2	0.67	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	

ภาคผนวก ฉ  
ผลการพัฒนาและการใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล



ตาราง 20 คะแนนแบบทดสอบท้ายชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไปโอดีเซล ของนักเรียนที่ไม่ใช่  
กลุ่มตัวอย่าง (ชุดละ 10 คะแนน)

คนที่	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	รวม
1	6.0	7.0	9.0	22
2	8.0	8.0	9.0	24
3	8.0	7.0	8.0	23
4	9.0	8.0	10.0	27
5	8.0	9.0	9.0	26
6	10.0	10.0	9.0	29
7	10.0	9.0	9.0	28
8	8.0	9.0	9.0	26
9	10.0	9.0	10.0	29
10	9.0	8.0	9.0	26
11	10.0	8.0	8.0	26
12	8.0	8.0	10.0	26
13	9.0	9.0	10.0	28
14	9.0	7.0	9.0	25
15	10.0	9.0	10.0	29
16	10.0	8.0	10.0	28
17	9.0	8.0	9.0	26
18	9.0	8.0	9.0	26
19	8.0	8.0	9.0	25
20	9.0	6.0	8.0	23
21	8.0	7.0	8.0	23
22	8.0	7.0	7.0	22
23	9.0	7.0	8.0	24
24	9.0	6.0	7.0	23
25	8.0	7.0	8.0	25

ตาราง 20 (ต่อ)

คนที่	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	รวม
26	9.0	8.0	8.0	25
27	9.0	7.0	9.0	25
28	10.0	7.0	9.0	26
29	9.0	8.0	9.0	26
30	10.0	8.0	8.0	26
รวม	266	235	264	765
เฉลี่ย	8.867	7.833	8.800	25.500
ร้อยละ	88.67	78.33	88.00	85.00

ตาราง 21 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
เรื่อง ไบโอดีเซล

ข้อที่	p	r	ข้อที่เลือก	ข้อที่	p	r	ข้อที่เลือก
1	0.39	0.64	/	26	0.57	0.57	/
2	0.67	0.64	-	27	0.54	0.93	/
3	0.57	0.57	-	28	0.36	0.29	/
4	0.54	0.64	/	29	0.64	0.57	-
5	0.50	0.71	/	30	0.68	0.21	-
6	0.61	-0.07	-	31	0.50	0.57	/
7	0.43	0.71	/	32	0.32	0.50	/
8	0.43	0.43	/	33	0.64	0.57	-
9	0.61	0.36	-	34	0.57	0.57	-
10	0.54	0.36	/	35	0.54	0.79	/
11	0.39	0.36	-	36	0.29	0.29	-
12	0.54	0.50	-	37	0.57	0.86	/
13	0.64	0.71	-	38	0.39	0.64	/
14	0.61	0.64	-	39	0.36	0.43	/
15	0.61	0.79	/	40	0.82	0.36	-
16	0.46	0.21	/	41	0.64	0.67	/
17	0.64	0.57	/	42	0.39	0.50	-
18	0.25	0.36	/	43	0.46	0.36	/
19	0.57	0.57	/	44	0.50	0.43	/
20	0.50	0.71	/	45	0.57	0.71	-
21	0.54	0.64	/	46	0.32	0.36	/
22	0.39	0.21	-	47	0.61	0.64	-
23	0.61	0.79	/	48	0.61	0.64	-

ตาราง 21 (ต่อ)

ข้อที่	p	r	ข้อที่เลือก	ข้อที่	p	r	ข้อที่เลือก
24	0.57	0.71	-	49	0.39	0.50	/
25	0.36	0.43	/	50	0.39	0.64	/

นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไปโอดีเซล ที่ผ่านการคัดเลือก ( $p = 0.25-0.64$ ,  $r = 0.21$  ขึ้นไป) ทั้ง 30 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.88



ตาราง 22 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไบโอดีเซล ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เป็นกลุ่ม  
ตัวอย่าง

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	14	23	16	17	26
2	12	26	17	14	25
3	12	22	18	15	24
4	17	25	19	12	25
5	16	24	20	15	27
6	10	23	21	14	21
7	11	23	22	15	24
8	15	24	23	16	23
9	17	26	24	14	26
10	18	27	25	19	28
11	20	26	26	13	23
12	15	25	27	13	28
13	14	23	28	14	26
14	12	24	29	15	25
15	13	24	30	14	24

ตาราง 23 คะแนนประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 โดยทดสอบกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

คนที่	คะแนนแบบทดสอบท้ายชุดกิจกรรม				คะแนนแบบทดสอบ	
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	E1 (30)	หลังเรียน E2 (30)	
1	6.0	7.0	9.0	22	21	
2	8.0	8.0	9.0	24	25	
3	8.0	7.0	8.0	23	24	
4	9.0	8.0	10.0	27	25	
5	8.0	9.0	9.0	26	23	
6	10.0	10.0	9.0	29	28	
7	10.0	9.0	9.0	28	27	
8	8.0	9.0	9.0	26	25	
9	10.0	9.0	10.0	29	26	
10	9.0	8.0	9.0	26	22	
11	10.0	8.0	8.0	26	20	
12	8.0	8.0	10.0	26	24	
13	9.0	9.0	10.0	28	22	
14	9.0	7.0	9.0	25	24	
15	10.0	9.0	10.0	29	27	
16	10.0	8.0	10.0	28	26	
17	9.0	8.0	9.0	26	25	
18	9.0	8.0	9.0	26	23	
19	8.0	8.0	9.0	25	24	
20	9.0	6.0	8.0	23	24	
21	8.0	7.0	8.0	23	26	
22	8.0	7.0	7.0	22	23	
23	9.0	7.0	8.0	24	24	



ตาราง 23 (ต่อ)

คนที่	คะแนนแบบทดสอบท้ายชุดกิจกรรม				คะแนนแบบทดสอบ
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	E1 (30)	หลังเรียน E2 (30)
24	9.0	6.0	7.0	23	27
25	8.0	7.0	8.0	25	26
26	9.0	8.0	8.0	25	25
27	9.0	7.0	9.0	25	23
28	10.0	7.0	9.0	26	24
29	9.0	8.0	9.0	26	27
30	10.0	8.0	8.0	26	24
ค่าเฉลี่ย	8.867	7.833	8.800	25.500	24.467
ร้อยละ	88.67	78.33	88.00	85.00	81.56

$$E1 = 85.00$$

$$E2 = 81.56$$

$$E1/E2 = 85.00/81.56$$



ประวัติย่อผู้วิจัย

## ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวจินตวีร์ โยสีดา
วันเดือนปีเกิด	14 เมษายน 2525
สถานที่เกิด	อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	8/26 ถ.สนามบิน ต.กาฬสินธุ์ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ 46000
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครู อันดับ คศ.1
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนคลองขามวิทยาคาร อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์ สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัด กาฬสินธุ์
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2540	มัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ จ.กาฬสินธุ์
พ.ศ. 2543	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ จ.กาฬสินธุ์
พ.ศ. 2546	ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู จากมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
พ.ศ. 2547	วท.บ.เคมี จากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี
พ.ศ. 2554	กศ.ม.เคมี จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ