



รายงานการวิจัย

เรื่อง

การวิจัยเพื่อพัฒนาชุดการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการ

เคมีอินทรีย์ 2

THE RESEARCH FOR DEVELOPING  
THE MODULES ON ORGANIC CHEMISTRY  
LABORATORY II

รองศาสตราจารย์กฤษยา จันทร์อรุณ

พ.ศ. 2550

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ชื่อเรื่อง การวิจัยเพื่อพัฒนาชุดการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2

ผู้วิจัย รองศาสตราจารย์กุลยา จันทร์อรุณ

สาขาที่ทำการศึกษา เคมี

ทำการวิจัยเสร็จเรียบร้อย 2550

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ที่เน้นการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการ (Laboratory approach) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยได้ทำการสร้างบทเรียนสำเร็จรูป 5 ชุด เนื้อหาของชุดการเรียนการสอนสอดคล้องกับหลักสูตรมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พุทธศักราช 2550 โดยเป็นเนื้อหาส่วนหนึ่งในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 และได้นำชุดการเรียนนี้ทดลองใช้กับนักศึกษากลุ่มตัวอย่างในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 40 คน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอนทั้ง 3 ด้าน คือ ทางด้านเจตคติ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา และประสิทธิภาพของชุดบทเรียนสำเร็จรูป เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ชุดการเรียนการสอน แบบสอบถามวัดเจตคติ และแบบประเมินตนเองก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window

ผลการวิจัย พบว่า นักศึกษามีเจตคติที่ดีต่อบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดในทุก ๆ ด้านอยู่ในระดับดี (3.50 – 4.49) เช่น ด้านวัตถุประสงค์ เนื้อหากระชับ และชัดเจน ทำให้เกิดการเรียนรู้โดยใช้เหตุผลและความคิด การได้ใช้เครื่องมือ และได้ทำการทดลองด้วยตนเองทุกขั้นตอน ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความแตกต่างกัน โดยหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปนักศึกษามีการเรียนรู้ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด  $E_1 : E_2 = 75 : 75$  โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้  $\pm 5\%$  เมื่อ  $E_1$  เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนจากรายงานผลการศึกษานทเรียน  $E_2$  เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนจากแบบประเมินตนเองเมื่อสิ้นสุดการดำเนินงานกิจกรรมในบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุด

**Research Title :**           **The Research for Developing the Modules on Organic Chemistry Laboratory II**

**Author :**                   **Assoc. Prof. Kulaya Junarun**

**Field :**                     **Chemistry**

**Research Year :**         **2007**

### **Abstract**

The purpose of this research was to construct and develop the modules on Organic Chemistry Laboratory II emphasizing on laboratory approach and scientific skills. Five modules have been constructed. The contents of all modules corresponded to Pibulsongkram Rajabhat University curriculum 2007 cover Organic Chemistry Laboratory II.

Population in this study was 40 University undergraduates. This study was separated into three parts, first participants' attitude, second participants' achievements and third, the efficiency of the modules. The tools were attitude questionnaire and pre – test and post - test. SPSS for Window was used to analyze the data.

The findings showed that participants had positive towards all modules. Logical thinking was achieved through the process of module interaction. All modules helps create students ability to utilize the installed scientific equipment. Participants gained more knowledge from studying all modules at the level of 0.05 statistically significant. The efficiency of all modules were in the criteria  $E_1 : E_2 = 75 : 75$ . This was accepted for the error  $\pm 5\%$  where  $E_1$  was the 75 % average score from module study report  $E_2$  was the 75 % average score from the post – test.

## คำนำ

รายงานการวิจัย เรื่อง การวิจัยเพื่อพัฒนาชุดการเรียนรู้การสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย บทเรียนสำเร็จรูป 5 ชุด โดยมุ่งเน้นให้นักศึกษาได้ศึกษาและปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง โดยเน้นการเรียนการสอนแบบ Laboratory approach ทำให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนมีเจตคติ และกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีความชำนาญและเชี่ยวชาญในการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับผู้ศึกษาทางด้านเคมีอินทรีย์

กุลยา จันทร์อรุณ

(รองศาสตราจารย์กุลยา จันทร์อรุณ)

31 สิงหาคม 2550

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
Abstract	ii
คำนำ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	vi
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	2
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ	2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.6 สมมุติฐานการวิจัย	4
<b>บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>5</b>
2.1 การสอนแบบปฏิบัติการ	5
2.2 ชุดการเรียนรู้การสอน หรือโมดูล	7
2.3 การสร้างชุดการเรียนรู้การสอน	8
2.4 การสร้างชุดการเรียนรู้การสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2	12
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย</b>	<b>13</b>
3.1 ระเบียบวิธีวิจัย	13
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	13
3.3 การสร้างเครื่องมือ	13
3.4 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	18
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัย</b>	<b>19</b>
4.1 เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป	19
4.2 ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา	34

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป	35
<b>บทที่ 5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ</b>	<b>36</b>
5.1 สรุป	36
5.2 อภิปราย	37
5.3 ข้อเสนอแนะ	37
<b>บรรณานุกรม</b>	<b>39</b>
<b>ภาคผนวก</b>	<b>41</b>
ภาคผนวก ก การหาประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป	42
ภาคผนวก ข การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบประเมินตนเองก่อนเรียน และ หลังเรียน (แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)	58
ภาคผนวก ค เครื่องมือวิจัย	69
ภาคผนวก ง ตัวอย่างบทเรียนสำเร็จรูป และคู่มือการเขียนรายงาน	86

## สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 4.1	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อวัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูป	19
ตาราง 4.2	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป	20
ตาราง 4.3	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อโอกาสการใช้เครื่องมือในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป	21
ตาราง 4.4	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อความสนุกเพลิดเพลินของการทดลองในบทเรียนสำเร็จรูป	22
ตาราง 4.5	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผลของบทเรียนสำเร็จรูป	23
ตาราง 4.6	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อวิธีการนำเสนอเนื้อหาของชุดการเรียนรู้ในด้านความง่าย กระชับ และ ความชัดเจน	24
ตาราง 4.7	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อความเข้าใจเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป	25
ตาราง 4.8	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อความยากง่ายของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป	26
ตาราง 4.9	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อความยาวของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป	27
ตาราง 4.10	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อความยากของศัพท์ที่ใช้ในบทเรียนสำเร็จรูป	28
ตาราง 4.11	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อรูปภาพประกอบในชุดการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดความเข้าใจบทเรียนสำเร็จรูป	29
ตาราง 4.12	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูป และความสามารถตอบคำถามในบทเรียน สำเร็จรูป และความสามารถตอบคำถามในบทเรียนสำเร็จรูป	30

## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตาราง 4.13	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อคำสั่ง หรือคำสั่ง้แรงในบทเรียนสำเร็จรูป และความสามารถในการ ปฏิบัติตามคำสั่ง หรือคำสั่ง้แรงในบทเรียนสำเร็จรูป	31
ตาราง 4.14	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูป	32
ตาราง 4.15	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อแบบประเมินตนเองของบทเรียนสำเร็จรูป	33
ตาราง 4.16	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า $t$ ของผลสัมฤทธิ์ของ ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างก่อน และหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป	34
ตาราง 4.17	ค่าประสิทธิภาพและความก้าวหน้าในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป	35

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเรียนการสอนในสาขาวิชาเคมีอินทรีย์นั้น การปฏิบัติการทดลองนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เป็นพื้นฐานในการเรียนวิชาเคมีอินทรีย์ และเป็นแนวทางปลูกฝังให้นักศึกษาสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองจากการทดลอง การเรียนการสอนในสาขาเคมีนั้น การปฏิบัติการทดลองนับว่ามีความสำคัญมากจนอาจจะกล่าวได้ว่าเป็นหัวใจของการเรียนรู้ก็ได้ ดังนั้น การเรียนการสอนโดยการเปิดโอกาสให้นักศึกษาสามารถทำการทดลองได้ด้วยตนเอง โดยการใช้ชุดการเรียนการสอน ซึ่งประกอบด้วยบทเรียนสำเร็จรูป (Module) ชุดปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 จึงนับเป็นการเรียนรู้แบบ Laboratory approach ซึ่งจัดเป็นวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ที่ดีที่สุดวิธีหนึ่ง ที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองแบบสมบูรณ์แบบ ทั้งทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความคิดรวบยอด และการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) ในสาขาวิชาเคมีอินทรีย์นั้น การเรียนการสอนโดยวิธีการบรรยายโดยที่ผู้เรียนไม่ได้ปฏิบัติการทดลองเอง ถึงแม้ว่าผู้เรียนจะเกิดความคิดรวบยอดในเนื้อหาวิชาที่เรียน แต่อาจจะขาดทักษะทางด้านปฏิบัติการ ทำให้การพัฒนาการทางด้านการเรียนรู้ไม่สมบูรณ์แบบ ไม่ครบถ้วน และขาดทักษะความชำนาญทางด้านการเรียนรู้จากการทดลองและค้นคว้าด้วยตนเอง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยโดยการสร้างชุดเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 (Research for Development of Organic Chemistry Laboratory II) ซึ่งเป็นชุดการสอนแบบบทเรียนสำเร็จรูป (Module) เพื่อให้นักศึกษาได้มีโอกาสได้เรียนรู้ด้วยตนเองจากการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง โดยการใช้เพื่อหาแนวทางพัฒนาการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ผู้วิจัยมุ่งเน้นการสร้างชุดการเรียนแบบสำเร็จรูป (Module) เพื่อให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการทางด้านการเรียนรู้ให้นักศึกษาเกิดการพัฒนาได้ผลสมบูรณ์แบบทางด้านการเรียนรู้ดังกล่าวข้างต้น

บทเรียนสำเร็จรูปนี้ ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นส่วนหนึ่งของวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกเฉพาะเรื่องที่เหมาะสม จะนำมาสร้างเป็นบทเรียนสำเร็จรูป และเนื้อหา วิธีการทดลองที่เหมาะสมจะใช้เป็นพื้นฐานของวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ในรายวิชาอื่นด้วย ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

สำหรับบทเรียนชุดสำเร็จรูปที่สร้างขึ้นเพื่อให้นักศึกษาที่เรียนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ได้ใช้ในการเรียนทดลองปฏิบัติการได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ซึ่งประกอบด้วย บทเรียนสำเร็จรูป และคู่มือครูการเขียนรายงาน
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป และพัฒนาให้เป็นที่นำไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในด้าน
  - 2.1 เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป
  - 2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาภายหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป
  - 2.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

## 1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ได้ชุดการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ซึ่งเป็นบทเรียนสำเร็จรูป และคู่มือการเขียนรายงาน ซึ่งเป็นการสร้างความก้าวหน้าทางการคิดค้น เพิ่มสื่อการเรียนการสอนให้แก่ นักศึกษาในระดับอุดมศึกษา
2. ทำให้มีการพัฒนาการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2
3. ใช้เป็นแนวทางในการสอนวิชาเคมีในรายวิชาอื่น ๆ
4. ใช้เป็นแนวทางในการวิจัยทำโครงการวิจัยของนักศึกษา และผู้เกี่ยวข้องสามารถใช้เป็นคู่มือทำโครงการวิจัยได้

## 1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ชุดการเรียนการสอน (module) หมายถึง สื่อการเรียนที่จัดขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียน การสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ตามหลักสูตรมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พุทธศักราช 2550 แบ่งเป็น 5 ชุด แต่ละชุดการเรียน ประกอบด้วย บทเรียนสำเร็จรูปพร้อมทั้งคู่มือการเขียนรายงาน

2. ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป หมายถึง เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป ซึ่งใช้สัญลักษณ์  $E_1/E_2$  และการวิจัยนี้กำหนดเกณฑ์ไว้ 75/75 โดยมีค่าเทียบกันได้  $\pm 5\%$  เมื่อ  $E_1$  เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนน จากรายงานผลการศึกษามบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุด

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ค่าของการพัฒนาในการเรียนรู้ ซึ่งได้จากการศึกษาความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียนโดยใช้ค่าที (t-test) และคะแนนหลังเรียนต้องสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. เจตคติที่มีต่อการใ้บทเรียนสำเร็จรูป หมายถึง สภาพความรู้สึกรู้สึกนึกคิดที่มีต่อคุณภาพของบทเรียนสำเร็จรูปที่สร้างขึ้น ในด้านเนื้อหา กิจกรรม แบบทดสอบ รูปแบบการสร้าง และลักษณะการเรียนรู้

5. แบบประเมินตนเองก่อนเรียน และหลังเรียน หมายถึง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

### 1. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ศึกษาในสาขาวิทยาศาสตร์ในปีการศึกษา 2549

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาสาขาวิชาเคมี ชั้นปีที่ 2 และวิทยาศาสตร์การอาหาร ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 40 คน

### 2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

ชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้น ใช้เนื้อหาส่วนหนึ่งในเนื้อหาของรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ซึ่งเป็นรายวิชาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พุทธศักราช 2550 ประกอบด้วย บทเรียนสำเร็จรูป และคู่มือการเขียนรายงาน จำนวน 5 ชุด ได้แก่

**ชุดที่ 1** การสกัด และแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลาย (The Extraction and Separation of Chemical Compound from Herb by Solvent)

**ชุดที่ 2** การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคอินฟราเรด โครมาโทกราฟี คอลัมน์โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์เฟกชัน

โครมาโทกราฟี (The Preliminary Test of Chemical Compound from Herbs by Thin – Layer Chromatography (TLC) Column Chromatography (CC) and Separation and Purification of Compound by Preparative Thin – Layer Chromatography (PTLC) Technique)

ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง (The Extraction of Volatile Oil from Clove Oil)

ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท (The Synthesis of Isoamylacetate)

ชุดที่ 5 ปฏิกิริยาไนเตรชัน (Reaction of Nitration)

### 3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยกลุ่มตัวอย่าง

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549

### 4. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การใช้บทเรียนสำเร็จรูปในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ทั้งหมด 5 ชุด คือ ปฏิบัติการ เรื่อง การสกัดและแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลาย การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคอินดิเคเตอร์โครมาโทกราฟี คอลัมน์โครมาโทกราฟี การแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์เพนดิคูลาร์โครมาโทกราฟี การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท และปฏิกิริยาไนเตรชัน

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

- 1) ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป
- 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 3) เจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูป

### 1.6 สมมุติฐานการวิจัย

1. บทเรียนสำเร็จรูปมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/ 75
2. หลังจากการใช้บทเรียนสำเร็จรูปนักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นจากก่อนการทดลองใช้ บทเรียนสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
3. เจตคติของนักศึกษาที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดอยู่ในระดับดี (3.50 – 4.49)

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นพื้นฐานในการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 2.1 การสอนแบบปฏิบัติการ (Laboratory approach)

วิธีสอนแบบปฏิบัติการ เป็นวิธีหนึ่งที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรม การเรียนการสอนด้วยตนเองมากที่สุด ครูเปลี่ยนบทบาทจากผู้ออกมาเป็นผู้จัดสถานการณ์ จัดสื่อ การเรียนการสอนและให้คำแนะนำ จัดการเรียนการสอน โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ผู้เรียนเป็นผู้กระทำการทดลอง เป็นผู้แก้ปัญหา เป็นผู้ค้นคว้าแลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกัน ช่วยเหลือกัน ทำงานมากขึ้น การสอนแบบปฏิบัติการเป็นการสอนที่เกิดจากแนวคิดที่ว่า การเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งนั้น ถ้าจะให้รู้จริงต้องลงมือปฏิบัติจริง ถ้าผู้เรียนเรียนโดยการทำจริง ปฏิบัติจริง ศึกษาและสรุปกฎเกณฑ์ด้วยตนเอง จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจข้อสรุปเรื่องนั้น สามารถถ่ายทอดโดยนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นได้ และสามารถได้ความคิดรวบยอด หรือหลักที่สำคัญของเรื่องนั้น ๆ เจอร์โรม บรูเนอร์ (Jerome Bruner) ให้แนวคิดเกี่ยวกับการสอนให้เกิดการเรียนรู้ ต้องให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการต่าง ๆ การสอนแบบปฏิบัติการเป็นการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนทำการทดลองเรียนรู้ หลักการ กฎเกณฑ์ด้วยตนเอง (อุไรวรรณ วิจารณ์กุล และคณะ, 2543)

วิธีสอนแบบปฏิบัติการเป็นวิธีการสอนที่พัฒนามาจากความคิด และผลงานของนักการศึกษาในอดีต เช่น มอนเตสซอรี (Montessori) เกทเทกโน (Gattegno) เปสตาลอสซี (Pestalozzi) ดีนส์ (Dienes) และคิวอี้ (Dewey) การเรียนรู้เกิดจากการปฏิบัติจริง การสอนแบบปฏิบัติการได้ถูกนำไปใช้สอนในระดับประถมศึกษาในประเทศอังกฤษ โดยได้รับการสนับสนุนจากมูลนิธินัฟฟิลด์ (Nuffield Foundation) ซึ่งนำโดยอิดริสบิ๊กส์ (Edith Biggs) ในประเทศสหรัฐอเมริกา และเคนนาเคน คิดด์ (Kenneth Kidd) วิลเลียม ฟิทเจอร์รัลด์ (William Fitzgerald) เดวิด คลากสัน (David Clarkson) เป็นผู้เผยแพร่วิธีการนี้ โดยมีความเชื่อมั่นว่า การสอนแบบปฏิบัติการจะเป็นวิธีการที่ดีที่จะฝึกให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา (ลาวัลย์ พลกล้า, 2523) การสอนแบบปฏิบัติการ

เริ่มใช้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์ในการทดลองใช้สารเคมีเพื่อตรวจสอบวิเคราะห์ จนกลายมาเป็นวิธีสอนที่อาศัยการทดลองโดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ

ลาวัลย์ พลกล้า (2523) การสอนแบบปฏิบัติการเป็นวิธีการสอนที่ผู้เรียนได้เรียนจากการปฏิบัติการจริง เป็นการเรียนจากประสบการณ์ตรง นักเรียนได้ทดลองปฏิบัติ เสาะหาข้อมูล ค้นหาวิธีการ และกระบวนการด้วยตนเอง การสอนแบบปฏิบัติการมีลักษณะสำคัญ ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เป็นรูปธรรม มีการจดบันทึกข้อมูล ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด นักเรียนเป็นผู้กระทำ ส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ นักเรียนเรียนตามความสามารถ ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ การเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนมีหน้าที่ในการปฏิบัติกิจกรรมที่ครูเสนอแนะไว้ อันนำไปสู่การค้นพบกฎ สูตร ข้อมูลด้วยตนเอง ครูเป็นผู้จัดสื่อการเรียน แนะนำ และอำนวยความสะดวกให้

ลาวัลย์ พลกล้า (2523) ได้สรุปคุณค่าของการสอนแบบปฏิบัติการไว้ดังนี้

1. ช่วยให้นักเรียนเกิดข้อสรุปในเรื่องนั้น ๆ เกิดจินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ในการหากระบวนการและวิธีการต่าง ๆ
2. จากกิจกรรมที่ปฏิบัติจริง ทำให้เกิดข้อสรุปในเรื่องนั้น ๆ เกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ ทำให้เกิดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้
3. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ผู้เรียนทำกิจกรรมตลอดเวลา
4. การเรียนแบบปฏิบัติการทำให้ผู้เรียนไม่เคร่งเครียด ทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาที่เรียน
5. เปิดโอกาสในการนำปัญหาต่าง ๆ มาให้นักเรียนคิด เราให้เกิดความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหา

ยุพิน พิพิธกุล (2523) ได้เสนอข้อดีของวิธีการสอนแบบปฏิบัติการไว้ดังนี้

1. นักเรียนสนใจเพราะได้ทำในสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง
2. การเรียนแบบรูปธรรมไปสู่นามธรรม และการเรียนโดยการกระทำ
3. ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาได้ชัดเจนขึ้น และสามารถค้นพบความจริงด้วยตนเอง
4. ผู้เรียนมีอิสระในการทำงาน และมีพัฒนาการเป็นรายบุคคล ทำให้เกิดความเชื่อมั่นในตนเอง
5. ผู้เรียนประสานงานกันและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเมื่อทดลองเป็นกลุ่ม
6. เมื่อผู้เรียนทดลองแล้วประสบผลสำเร็จ ทำให้มีกำลังใจในการเรียน
7. ผู้เรียนจะใช้เครื่องมือได้คล่องแคล่วขึ้น เพราะจะต้องจับเครื่องมือหรือวัสดุ
8. ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาบางเรื่องได้ดีที่สุดจากการเรียนปฏิบัติการ

ในการวางแผนการสอนแบบปฏิบัติการ เริ่มต้นด้วยการเลือกเนื้อหาที่จะสอน กำหนดความสามารถที่ต้องการฝึก กำหนดสื่อการเรียนการสอน การจัดการ การรายงานผล และการประเมินผล วิธีการสอนแบบปฏิบัติการต้องอาศัยสื่อการเรียนการสอนเป็นหลัก ได้แก่ บทเรียนปฏิบัติการ (Laboratory lesson) เป็นสื่อการเรียนที่ให้ผู้เรียนได้เรียนตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องทำตามข้อปฏิบัติ (Laboratory direction) แล้วสรุปหาข้อเท็จจริง สูตร กฎเกณฑ์ต่างๆ จากข้อมูลต่างๆ เหล่านั้นด้วยตนเอง

## 2.2 ชุดการเรียนการสอน หรือโมดูล (Module)

### 1. ความหมายของชุดการเรียนการสอน

ลอเรนซ์ (Lawrence, 1973) ได้ให้ความหมายของโมดูลว่า โมดูล คือ หน่วยการสอนที่มีเนื้อหาจบในตัวเอง สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนเองมากกว่าจะใช้ครู โมดูลประกอบด้วยสื่อการเรียน และกระบวนการที่จะถ่ายทอดเรื่องราวอย่างใดอย่างหนึ่ง

ฮุสตัน และคณะ (Houston and others, 1972) สรุปลักษณะของบทเรียนโมดูลว่า บทเรียนสำเร็จรูป หรือ โมดูลเน้นตัวผู้เรียนเป็นสำคัญ มีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจนเป็นการเรียนรายบุคคลที่เน้นความสามารถของแต่ละบุคคลเลือกทำกิจกรรมได้ตามความสนใจ และเน้นที่กระบวนการ

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต (2528 : 18) ได้สรุปไว้ว่า บทเรียนโมดูล หมายถึง หน่วยการเรียนการสอนสำเร็จรูปในตัวเอง ผู้เรียนไม่จำเป็นต้องไปศึกษาค้นคว้าจากที่อื่นอีก ในบทเรียนโมดูลแต่ละหน่วยจะมีคำแนะนำ จุดมุ่งหมาย การทดสอบก่อนการเรียน กิจกรรมการเรียน และทดสอบหลังการเรียน

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต (2528 : 9 – 10) ได้กล่าวไว้ว่า อาเรนส์ และคณะได้เสนอรูปแบบของบทเรียนโมดูลว่ามีส่วนสำคัญ 7 ประการด้วยกัน

1. หลักการและเหตุผล (Rationale)
2. จุดมุ่งหมาย (Objectives)
3. ความรู้พื้นฐาน (Pre-requisite)
4. การประเมินผลเบื้องต้น (Pre-assessment)
5. กิจกรรมการเรียน (Instructional alternatives)
6. การประเมินผลหลังเรียน (Post-assessment)
7. การเรียนซ่อมเสริม (Remediation)

## 2.3 การสร้างชุดการเรียนรู้การสอน หรือโมดูล

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต (2528. 35 – 38, 54 – 56) ได้กล่าวว่า ในการสร้างบทเรียนโมดูล APEID ได้กล่าวไว้ว่า มี 3 ขั้นตอนดังนี้

### 1. ขั้นการวางแผน ในขั้นนี้ได้กำหนดรายละเอียดดังนี้

1.1 ต้องพิจารณาว่าผู้ใช้บทเรียนโมดูลคือใคร

1.2 ต้องพิจารณาเนื้อเรื่อง หรือเนื้อหาของบทเรียนโมดูลนั้นว่า เป็นเรื่องอะไร จะเขียนอย่างไร ใช้งบประมาณอย่างไร บุคลากรที่จะร่วมด้วยมีใครบ้าง ควรจัดวางแผนให้เหมาะสม และให้มีการยืดหยุ่นได้

2. ขั้นการเขียนต้นร่าง จะต้องตั้งวัตถุประสงค์ของบทเรียน โมดูล และคำนึงถึงสิ่งที่เป็นความรู้พื้นฐานที่ผู้เรียนน่าจะรู้มาก่อนที่จะเรียนบทเรียน โมดูลนั้น ภาษาที่ใช้ต้องให้ชัดเจนถูกต้อง และอ่านเข้าใจง่าย คำสั่งหรือคำแนะนำควรแจ่มชัด เขียนให้ถูกต้องตามรูปแบบ และส่วนประกอบของบทเรียน โมดูล

3. ขั้นทบทวน ในขั้นนี้จะพิมพ์ต้นฉบับ ตรวจสอบความถูกต้องตามรูปแบบของบทเรียน โมดูล แก้คำผิดให้ถูกต้อง แล้วพิมพ์ใหม่ ทำสำเนาอย่างน้อย 6 ชุด เพื่อทำการทดลอง โดยเก็บตัวต้นฉบับไว้ ทำสำเนา 2 ชุด เก็บไว้เพื่อการแก้ไข อีก 3 ชุด นำไปทดลองกับผู้เรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน แล้วปรับปรุงแก้ไขจนเป็นที่พอใจ จึงจะทำการพิมพ์หน่วยบทเรียน โมดูลนั้น

### สรุปขั้นตอนในการสร้างบทเรียนโมดูล

1. กำหนดผู้เรียน และเลือกหัวเรื่อง
2. เลือกเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่อง
3. วางแผนในการสร้างบทเรียน โมดูล
4. ตั้งจุดมุ่งหมายของบทเรียน โมดูลตามความต้องการที่จะให้ผู้เรียนสัมฤทธิ์ผลอะไรบ้าง
5. เลือกกิจกรรมให้ผู้เรียนกระทำเพื่อให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้
6. กำหนดรูปแบบและส่วนประกอบที่สำคัญของบทเรียน โมดูลนั้น
7. จัดทำต้นร่างหน่วยการเรียนรู้การสอน
8. ทบทวนแก้ไข
9. ทดลองกับผู้เรียนอย่างน้อย 3 คน โดยเลือกนักเรียนที่เรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน จากกลุ่มที่จะใช้บทเรียน โมดูลนั้น แล้วปรับปรุงแก้ไข

10. นำไปทดลองอีกครั้ง (อาจเน้นกลุ่มเล็กหรือกลุ่มใหญ่ก็ได้) แล้วปรับปรุงแก้ไข (ถ้ามีข้อบกพร่อง)

11. จัดทำบทเรียน โมดูลที่สมบูรณ์

### การหาประสิทธิภาพของหน่วยบทเรียนโมดูล

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต (2526. 54 -- 56) ได้กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพของหน่วยบทเรียนโมดูลว่า ก่อนที่จะนำบทเรียนโมดูลไปใช้ควรจะมีการประเมินผลตัวบทเรียนโมดูลนั้นมีคุณภาพเพียงใด โดยการนำหน่วยบทเรียนโมดูลไปทดลองใช้กับคนหลาย ๆ คน หลาย ๆ กลุ่มเกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพของหน่วยบทเรียนโมดูลนั้น อาจกำหนดเป็น 90/ 90 หรือ 85/ 85 หรือ 80/ 80 ขึ้นอยู่กับลักษณะวิชา

ในการกำหนดค่ามิใช่ตั้งขึ้นมาเองตามความพอใจของผู้สร้างหน่วยบทเรียนโมดูล แต่ควรจะให้เป็นผลจากการทดลองใช้ก่อน โดยปกติวิชาที่เป็นความรู้ ข้อเท็จจริง มักจะตั้งเกณฑ์ไว้ตั้งแต่ 90/ 90 ขึ้นไป ความหมายของตัวเลขดังกล่าว คือ 90 ตัวแรก เป็นคะแนนที่ได้จากการทำกิจกรรมการเรียน แบบฝึกหัดโดยเฉลี่ย 90 ส่วน 90 ตัวหลัง เป็นคะแนนที่ได้จากการทำแบบประเมินผลหลังการเรียนโดยเฉลี่ยร้อยละ 90

### การวิจัยที่เกี่ยวกับบทเรียนโมดูล

ประชา เลียบสื่อตระกูล (2540) ได้วิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชา วงจรไฟฟ้า 1 เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง จากการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูล และการสอนปกติ การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียน โมดูล เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ในวิชาวงจรไฟฟ้า 1 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2540 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนโมดูลกับการสอนปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนโมดูลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 6 บทเรียน และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยทดลองกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี การทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนโมดูล ดำเนินการเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 นำบทเรียนโมดูลทดลองกับนักศึกษา จำนวน 1 คน นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข ขั้นที่ 2 ทดลองกับนักศึกษาจำนวน 6 คน นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง

ขั้นที่ 3 ทดลองภาคสนามกับนักศึกษา จำนวน 20 คน นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนโมดูล หลังจากนั้น จึงดำเนินการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการวิเคราะห์กระแสไฟฟ้าตรง ระหว่างนักศึกษากลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน ที่เรียนจากการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูลกับนักศึกษากลุ่มควบคุม จำนวน 20 คน ที่เรียนจากการสอนปกติ ผลการวิจัยปรากฏว่าบทเรียนโมดูลที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.65/84.75 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองสูงกว่านักศึกษากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยในประเทศ พบว่า โมดูลที่สร้างขึ้นโดยผู้วิจัยหลายๆ ท่าน มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่วางไว้ อีกทั้ง พบว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนโมดูลมีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าการเรียนด้วยวิธีอื่น ๆ และยังพบอีกว่าผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียน และยังสามารถลดเวลาในชั้นเรียนได้อีกด้วย หากได้มีการส่งเสริมการใช้บทเรียนโมดูลอย่างจริงจัง ย่อมจะเป็นผลดีต่อการศึกษาเป็นส่วนรวม

เฮอร์ส (Hurst, 1973 : 1752 – A) ได้ศึกษาผลการใช้โมดูลเกี่ยวกับสมรรถภาพพื้นฐานของครูระดับประถมศึกษา โดยแบ่งนักศึกษออกเป็น 3 กลุ่ม สอนโดยใช้บทเรียนโมดูลเกี่ยวกับวิธีสืบค้นปัญหา (Probling Inquiry) กลุ่มทดลองที่ 1 สอนนักศึกษาเป็นรายบุคคล กลุ่มทดลองที่ 2 สอนนักเรียนเป็นกลุ่ม ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามปกติในวิชาภาษาศาสตร์ และการสอนคณิตศาสตร์ ผลปรากฏว่า กลุ่มทดลองที่สอนนักศึกษาเป็นรายบุคคล โดยใช้บทเรียนโมดูล ใช้เวลาน้อยกว่ากลุ่มทดลองที่สอนนักเรียนเป็นกลุ่มโดยใช้โมดูล แต่คะแนนเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มมีเจตคติที่ดีต่อบทเรียนโมดูล ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับของ ทูด (Todo, 1973 : 4078 – A) ได้ศึกษาผลการใช้บทเรียนโมดูลในระดับวิทยาลัย (The College Level) ผลปรากฏว่านักศึกษาที่ได้รับการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูลมีความสามารถตรงตามความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งต่างกับการสอนที่สอนกันอยู่เดิมในวิทยาลัย

เดล (Dale, 1973 : 6481 – A) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ในการเรียนระหว่างการสอนปกติ (Tradition Manner) กับการเรียนโดยใช้โมดูล (Learning Modules) ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่มหาวิทยาลัยวิสคอนซิน (The University of Wisconsin) ในวิชา Psychology of Experimental Child ปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนโมดูลดีกว่านักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนปกติ และเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการสอนของอาจารย์โดยใช้การสอนต่างกัน "ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ"

แฮทเชอร์ (Hatcher, 1973 : 4910 – A) ได้ศึกษาการใช้ Audiotutorial Modules ในการเตรียมตัวของอาจารย์ช่วยสอน (Graduate – Assistants) ในวิชา Microbiology โดยใช้วิธีสอน 2 กลุ่ม กลุ่มละ 9 คน กลุ่มหนึ่งให้ทำการสัมมนาโดยทำงานด้วยโมดูล (Modules) ส่วนอีกกลุ่มหนึ่ง

ใช้วิธีสัมมนาอย่างเดี่ยว และให้อาจารย์ทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในด้านความรู้ เนื้อหา เจตคติที่มีผลต่อการสอน และการทดลองของนักศึกษา

คอร์โคแมน (Corcoman, 1974 : 4976 – A) ได้ทดลองใช้บทเรียน โมดูลเพื่อปรับปรุง และทดสอบความสามารถของครูก่อนที่จะออกไปทำการสอนในโรงเรียนมัธยมศึกษา ซึ่งแต่ละโมดูล ประกอบด้วยเนื้อหา 6 หัวข้อ คือ วิธีแก้ปัญหา ทักษะในการแก้ปัญหา การประเมินผล การอภิปราย บทบาทของผู้นำการอภิปราย การใช้วิธีการสอน การเตรียมการสอน ผลการทดลองปรากฏว่า ผู้เรียนมีความสามารถในการเรียนตามจุดมุ่งหมาย

เดมอนด์ (Dedmond, 1974 : 5985 – A) ได้ทดลองใช้บทเรียนที่ได้ออกแบบขึ้น ใช้กับเครื่องเสียงในวิชา Informal Reading Diagnosis and Correction กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี และนักศึกษาที่จบปริญญาตรีแล้ว โดยให้นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่ม เรียนจากเครื่องเสียง 6 เครื่อง ผลจากการทดลองปรากฏว่านักศึกษาได้รับความรู้เพิ่มขึ้น โดยดูจากคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนและ หลังการเรียน โมดูล นอกจากนี้ แบบเรียนนี้ทำให้ผู้เรียนแต่ละคนได้เรียนตามความสามารถของตนเอง (Competency – based)

ตามที่ได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับบทเรียน โมดูลในต่างประเทศ จะพบว่า นอกจาก ส่งเสริมเพิ่มพูนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ว บทเรียน โมดูลมีประสิทธิภาพในกระบวนการเรียนการสอน ด้านอื่น ๆ อีกด้วย ซึ่งนับว่าเป็นเทคนิควิธีสอนที่มีคุณภาพอย่างหนึ่ง

จากการศึกษาผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศ พอสรุปได้ ดังนี้

1. บทเรียน โมดูลสามารถสร้างให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด
2. บทเรียน โมดูลสามารถสร้างได้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ
3. ผู้เรียนด้วยบทเรียน โมดูล ใช้เวลาเรียนน้อยกว่าเรียนปกติ
4. ผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียน โมดูล สามารถเรียนรู้ได้อย่างอิสระตามความสามารถของตนเอง ทำให้ผู้เรียนมีทัศนคติต่อบทเรียน โมดูล
5. บทเรียน โมดูลมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการเรียนปกติ
6. กิจกรรมเลือกหลาย ๆ ทาง ช่วยให้การเรียนด้วยบทเรียนมีประสิทธิภาพ

มากขึ้น

## 2.4 การสร้างชุดการเรียนรู้การสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2

การสร้างชุดหรือคู่มือปฏิบัติการวิชาเคมีอินทรีย์ มีความสำคัญและจำเป็นมากในการเรียนการสอนวิชาเคมี ซึ่งจะขาดไม่ได้สำหรับผู้เรียนและผู้สอนในทุกสถาบัน ดังเอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น

- คู่มือปฏิบัติการเคมีอินทรีย์, ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2538. นักศึกษาที่เรียนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ ควรทำความเข้าใจทฤษฎีทั้งในภาคบรรยาย และภาคปฏิบัติก่อนทดลองทุกครั้ง และยังให้ใช้ข้อมูลของเทคนิคต่าง ๆ ให้ทำความเข้าใจเพื่อให้ได้รับประโยชน์สูงสุดจากคู่มือในการทำปฏิบัติการแต่ละครั้ง คู่มือปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ เป็นคู่มือที่นักศึกษาปีที่ 1 และปีที่ 2 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ต้องใช้เรียน กลุ่มที่ต้องเรียน เช่น แพทยศาสตร์ พยาบาลศาสตร์ เกษศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เป็นต้น โดยแบ่งเนื้อหาเป็นสองส่วน คือ เทคนิคพื้นฐานในเคมีอินทรีย์ และอีกส่วนหนึ่งคือปฏิกิริยาของสารอินทรีย์เคมี โดยคู่มือนี้ใช้สำหรับประกอบการเรียนในภาคปฏิบัติการ

- ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์, สุภาพ บุญยะรัตเวช และ เกสร วีระชาติ, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536. การทดลองทางเคมีอินทรีย์ เป็นทั้งศิลปะและวิทยาศาสตร์ การที่นักวิทยาศาสตร์สามารถหาโครงสร้างของสารที่ซับซ้อนจากสารตัวอย่างเพียงไม่กี่มิลลิกรัมได้นั้น จำเป็นต้องรู้หลักในการแยกสาร การทำสารให้บริสุทธิ์รู้ปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ รู้เทคนิคและวิธีการในการระบุสารเป็นปัจจัยที่สำคัญ และจุดประสงค์ของการต้องทดลองปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ คือ เพื่อให้มีความสัมพันธ์กันระหว่างทฤษฎีและการปฏิบัติการเพื่อนำไปเห็นว่าทฤษฎีเป็นผลที่ได้มาจากการทดลองเพื่อค้นเกี่ยวกับสารอินทรีย์ การได้ลงมือปฏิบัติจริง ๆ จะทำให้คุ้นเคย มีความชำนาญในเทคนิคต่าง ๆ รวมทั้ง รู้จักใช้เครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ

- คู่มือปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ และชีวเคมีเบื้องต้น, ประดิษฐ์ มีสุข, 2538. หลักการเรียนรู้ในการเข้าห้องทดลอง จะต้องศึกษาคู่มือปฏิบัติการอย่างละเอียด เพื่อให้ทราบว่าจะดำเนินการทดลองตามลำดับก่อน หลังอย่างไร รวมทั้ง จะต้องสังเกตและระมัดระวังอย่างไร จะต้องจัดเตรียมอุปกรณ์อย่างไร จุดมุ่งหมายของการทดลองเฉพาะการทดลอง ศึกษาได้จากคู่มือปฏิบัติการ เพื่อให้มีทักษะในเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในวิชาเคมีอินทรีย์เบื้องต้น

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยมีความเห็นว่า การวิจัยเพื่อการสร้างชุดการเรียนรู้ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ให้ได้ผลสัมฤทธิ์ และมีประสิทธิภาพ โดยการประยุกต์และหาวิธีการใช้เครื่องมือในศูนย์วิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ นครราชสีมา เครื่องมือเครื่องใช้ในการเรียนการสอน จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องดำเนินการสร้างแบบชุดทดลองประกอบเนื้อหา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนต่อไป

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

การพัฒนาชุดการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 สรุปลงขั้นตอนดำเนินการ โดยย่อ ดังนี้

1. สร้างชุดการเรียนการสอน 5 ชุด
2. ตรวจสอบคุณภาพและทดสอบประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอน
3. สรุปลงผลการวิจัย
4. เขียนรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์และเผยแพร่รายงานวิจัย

#### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดการเรียนการสอนบทเรียนสำเร็จรูป
2. แบบทดสอบวัดเจตคติ
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

#### 3.3 การสร้างเครื่องมือ

##### 1. สร้างชุดการเรียนการสอน

การสร้างชุดการเรียนการสอนบทเรียนสำเร็จรูปมีขั้นตอนดังนี้

- 1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นพื้นฐานแนวความคิดในการสร้างบทเรียนสำเร็จรูป การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพของบทเรียน
- 2) การวิเคราะห์เนื้อหา

ผู้วิจัยได้สร้างชุดการเรียนบทเรียนสำเร็จรูปทั้งหมด 5 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย บทเรียนสำเร็จรูปและคู่มือการเขียนรายงาน โดยใช้หัวข้อเรื่องบางส่วนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ตามหลักสูตรมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พุทธศักราช 2550 มาเป็นแนวทางในการสร้างชุดดังกล่าวแล้ว

3) ดำเนินการสร้างบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุดในรูปแบบของบทปฏิบัติการ 5 ชุด ดังนี้

**ชุดที่ 1** มี 2 ตอน คือ

1. การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลาย

The Extraction and Separation of Chemical Compound from Herbs by Solvent) เวลา 3 คาบ

2. การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชด้วยไอน้ำ

The Isolation of Volatile Oil from Plants by System Distillation

แบ่งบทปฏิบัติการออกเป็น 2 การทดลองระยะเวลา รวม 6 คาบ คือ

บทปฏิบัติการที่ 1 การสกัดสารจากพืชด้วยตัวทำละลายเมทีนลิน  
คลอไรด์ เวลา 3 คาบ

บทปฏิบัติการที่ 2 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชด้วยไอน้ำ  
เวลา 3 คาบ

**ชุดที่ 2** การตรวจสอบสารเคมีจากพืชด้วยเทคนิคอินแลเยอร์ โครมาโทกราฟี  
คอลัมน์โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์เทรทีฟโครมาโทกราฟี

The Preliminary Test of Chemical Compound from Herbs by Thin – Layer Chromatography (TLC) Column Chromatography (CC) and Separation and Purification of Compound by Preparative Thin – Layer Chromatography (PTLC) Technique.

บทปฏิบัติการทดลอง แบ่งเป็น 4 การทดลอง ระยะเวลา รวม 12 คาบ คือ

- การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยเทคนิค TLC เวลา  
3 คาบ

- การแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยวิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟี  
เวลา 3 คาบ

- การตรวจสอบสารที่แยกได้จากคอลัมน์ ด้วย TLC เวลา 3 คาบ

- การแยกและการทำให้สารบริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์เทรทีฟโครมาโท-  
กราฟี เวลา 3 คาบ

### ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง

The Extraction of Volatile Oil from Clove Oil

แบ่งบทการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ระยะเวลารวม 6 คาบ คือ

1. การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง เวลา 3 คาบ
2. การทดลองแยกสารจากน้ำมันหอมระเหยจากน้ำมันกานพลู โดยใช้

เทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี เวลา 3 คาบ

### ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท

The Synthesis of Isoamylacetate

แบ่งบทการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ระยะเวลารวม 6 คาบ คือ

1. การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท เวลา 3 คาบ
2. การตรวจสอบสูตรโครงสร้างโดยใช้วิธีการทาง IR – Spectroscopy

เวลา 3 คาบ

### ชุดที่ 5 ปฏิกิริยาไนเตรชัน

Reaction of Nitration

การทดลองนี้มี 1 การทดลอง ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 6 คาบ

- 4) การตรวจสอบคุณภาพของบทรียนสำเร็จรูป โดยกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ

ที่ตรวจสอบ ดังนี้

รองศาสตราจารย์ฉัตรวรรณ บุญยะรัตน์ สาขาวิชาเคมี คณะ  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

รองศาสตราจารย์สุภาพ รณชัยพิกุล สาขาวิชาเคมี คณะ  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

รองศาสตราจารย์ประวิตร ชูศิลป์

- 5) นำบทรียนสำเร็จรูปมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

6) นำบทรียนสำเร็จรูปที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพ  
ตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/ 75 โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

ก. ทดลองใช้บทรียนสำเร็จรูปกับนักศึกษาเป็นรายบุคคล (1 : 1)  
ผู้สอน 1 คน กับนักศึกษา 1 คน โดยทดลอง 3 ครั้ง กับนักศึกษาอ่อน นักศึกษาปานกลาง และ  
นักศึกษาก่อน นำผลที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดและทำการปรับปรุงแก้ไขในเดือนมีนาคม 2549  
ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ข. ทดลองใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับนักศึกษาเป็นรายกลุ่ม จำนวน 10 คน โดยเลือกนักศึกษามีระดับสติปัญญาทั้งอ่อน ปานกลาง และเก่ง นำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด และปรับปรุงแก้ไขระหว่างเดือนเมษายน – มิถุนายน ปีการศึกษา 2549 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ค. ทดลองใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน ซึ่งมีระดับสติปัญญาแตกต่างกัน นำผลที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดระหว่างเดือนมิถุนายน – ตุลาคม ปีการศึกษา 2549 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ผลการทดลอง ปรากฏว่าบทเรียนสำเร็จรูปมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

7) การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

ก. สถิติการใช้หาประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป คำนวณจากสูตร  $E_1 : E_2$  (นิคม ทาแดง และคณะ, 2543)

ประสิทธิภาพของชุดการเรียนคำนวณ จากสูตร  $E_1/E_2$

$$E_1 = \frac{\sum X/n}{A} \times 100$$

เมื่อ  $E_1$  = ประสิทธิภาพของกระบวนการ  
 $\sum X$  = คะแนนรวมของรายงานผลการศึกษาบทเรียน  
 $A$  = คะแนนเต็มของรายงานผลการศึกษาบทเรียน  
 $n$  = จำนวนนักศึกษา

$$E_2 = \frac{\sum F/n}{B} \times 100$$

เมื่อ  $E_2$  = ประสิทธิภาพของผลลัพธ์  
 $\sum F$  = คะแนนรวมของผลสัมฤทธิ์หลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป  
 $B$  = คะแนนเต็มของผลสัมฤทธิ์หลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป  
 $n$  = จำนวนนักศึกษา

เกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ  $E_1 : E_2 = 75 : 75$  โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้  $\pm 5\%$

ข. สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

## 2. สร้างแบบทดสอบประเมินตนเองก่อนเรียน และหลังเรียน (แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

- 1) ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบ
- 2) สร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของการทดลองในแต่ละชุด จำนวน 5 ชุด รวม 100 ข้อ ที่มีลักษณะเป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก
- 3) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ดำเนินการดังนี้ (Content validite) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

คือ

รองศาสตราจารย์ฤดีวรรณ บุญยะรัตน์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

รองศาสตราจารย์สุภาพ รมณีย์พิกุล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

รองศาสตราจารย์ประวิตร ชุศลปี

ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะ เกี่ยวกับ

- ความชัดเจนของวิธีการขั้นตอน การทดลอง การตั้งคำถาม ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

- หาค่าความยากง่าย (Difficulty) ค่าอำนาจจำแนก (Item – total correlation) และค่าความเชื่อมั่น หรือความเที่ยงตรง (Reliability) ของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) คือ สูตร  $KR_{21}$  โดยการนำแบบทดสอบมาใช้กับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสาขาวิชาเคมี ชั้นปีที่ 2 จำนวน 15 คน และนักศึกษานักศึกษาศาสตร์การอาหาร ชั้นปีที่ 2 จำนวน 32 คน นักศึกษานักศึกษาสาขาเคมี มหาวิทยาลัยเพชรบูรณ์ จำนวน 3 คน รวม 50 คน และทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากพอเหมาะสม และมีค่าอำนาจจำแนกไม่ติดลบ ได้ข้อคำถามที่มีคุณภาพ 70 ข้อ มีค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.6600 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.22 – 0.66 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.24 – 0.60 (ดังแสดงในภาคผนวก) ซึ่งแสดงว่าแบบทดสอบมีความยากง่ายพอเหมาะสมมีค่าอำนาจจำแนก และมีความเชื่อถือได้ในระดับสูงพอสมควร

### 4) การรวบรวมข้อมูล

- ก. ให้นักศึกษากลุ่มตัวอย่างทำแบบประเมินตนเองก่อนใช้บทเรียนสำเร็จรูป
- ข. ให้นักศึกษาทำแบบประเมินตนเอง เมื่อสิ้นสุดการดำเนินกิจกรรมในบทเรียนสำเร็จรูป

5) สถิติอ้างอิงที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป ได้แก่ ค่าที (t – test)

การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหาได้จากผลต่างระหว่างแบบประเมินตนเองหลังเรียน และก่อนเรียน เกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ หลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป นักศึกษามีการเรียนรู้ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

### 3. แบบทดสอบวัดเจตคติ

มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งมี 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด มีจำนวน 15 ข้อ ใช้ตามแบบของ พล คำปึงสู และคณะ (พล คำปึงสู และคณะ, 2543) และได้นำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับนักศึกษาสาขาเคมี จำนวน 10 คน เพื่อศึกษาปัญหาในการใช้ และแก้ไขปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น

1) เกณฑ์การแปลผลมัธยิมเลขคณิต จากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติ ใช้เกณฑ์ ดังนี้

1.00 - 1.49	=	ระดับต่ำมาก หรือ ไม่มี
1.50 - 2.49	=	ระดับต่ำ
2.50 - 3.49	=	ระดับปานกลาง
3.50 - 4.49	=	ระดับดี
4.50 - 5.00	=	ระดับดีมาก

การวิจัยครั้งนี้ ต้องการให้การทดสอบวัดเจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป อยู่ในเกณฑ์ดี (3.50 - 4.49)

2) สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

3) การรวบรวมข้อมูลหลังจากการสิ้นสุดการเรียนให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามวัดเจตคติที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูป

### 3.4 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สาขาวิชา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะเกษตรและอุตสาหกรรม

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สาขา ชั้นปีที่ 2 และวิทยาศาสตร์การอาหาร ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 40 คน

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

ผลการวิจัยจากการใช้ชุดการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ผู้วิจัยได้นำเสนอการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป ส่วนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ส่วนที่ 3 ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

#### 4.1 เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

1. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อวัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูปในด้านความชัดเจน และความเข้าใจ ผลที่ได้แสดงดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อวัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ	3.9737	0.5921	ดี
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคอินฟราเรดโคโรมาโทกราฟี, คอลัมน์-โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์เพาเรทีฟโครมาโทกราฟี	3.7368	0.4463	ดี
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	3.8421	0.3695	ดี
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท	3.6579	0.4808	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาในเตรซัน	3.8158	0.5123	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวัตถุประสงค์ของทุกชุดบทเรียนแบบสำเร็จรูป นั่นคือ วัตถุประสงค์ของชุดการเรียนทุกชุดมีความชัดเจนดี และสามารถทำให้เกิดความเข้าใจได้ง่าย

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวัตถุประสงค์ของทุกชุดบทเรียนแบบสำเร็จรูป นั่นคือ วัตถุประสงค์ของชุดการเรียนทุกชุดมีความชัดเจนดี และสามารถทำให้เกิดความเข้าใจได้ง่าย

2. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้ชุดบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้ชุดบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ	3.8205	0.5793	ดี
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคอินฟราเรดโครมาโทกราฟี, คอลัมน์โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์ทีฟโครมาโทกราฟี	3.8333	0.5307	ดี
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	3.9610	0.4303	ดี
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท	3.8400	0.2867	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาในเตรชัน	3.8340	0.5300	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความชัดเจนของขั้นตอนของชุดบทเรียนสำเร็จรูป นั่นคือ ขั้นตอนในการใช้ชุดการเรียนของชุดการเรียนทุกชุดมีความชัดเจนดี

3. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้ชุดบทเรียนสำเร็จรูป แสดง  
ดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง  
ต่อโอกาสการใช้เครื่องมือในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพร ด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหย ด้วยไอน้ำ	3.8590	0.5748	ดี
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วย เทคนิคอินฟราเรดโครมาโทกราฟี, คอลัมน์- โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้ บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์ทีฟโครมาโทกราฟี	3.8611	0.5387	ดี
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	3.7945	0.5259	ดี
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท	3.9778	0.4314	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาในตรรกะ	3.8660	0.6220	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อโอกาสการใช้เครื่องมือในการทดลองของชุดบทเรียนสำเร็จรูป นั่นคือ  
ผู้เรียนมีโอกาใช้เครื่องมือในการทดลองของชุดการเรียนทุกชุดเป็นอย่างดี

4. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความสนุกสนานเพลิดเพลินในการใช้ชุดบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อความสนุกสนานเพลิดเพลินของการทดลองในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพร ด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหย ด้วยไอน้ำ	3.7800	0.5064	ดี
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วย เทคนิคโครมาโทกราฟี, คอลัมน์-โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์เททีฟโครมาโทกราฟี	4.0510	0.3520	ดี
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	3.7808	0.5068	ดี
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท	4.0518	0.3524	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาไนเตรชัน	3.9630	0.4202	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความสนุกสนานเพลิดเพลินกับการทดลองของชุดการเรียนทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนเกิดความสนุกสนานเพลิดเพลินกับการทดลองของชุดการเรียนทุกชุดเป็นอย่างดี

5. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผลของชุดบทเรียนสำเร็จรูป  
แสดงดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง  
ต่อการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผลของชุดบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ	3.9103	0.5822	ดี
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคอินฟราเรดโครมาโทกราฟี, คอลัมน์โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์เททีฟโครมาโทกราฟี	4.0556	0.5787	ดี
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	3.8904	0.5154	ดี
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท	3.9103	0.5822	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาในเตรชัน	3.9465	0.5171	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผลของชุดบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด  
นั่นคือ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผลจากชุดบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดเป็นอย่างดี

6. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการนำเสนอเนื้อหาของชุดบทเรียนสำเร็จรูปว่ามีความง่าย กระชับ และชัดเจน แสดงดังตาราง 4.6

ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อวิธีการนำเสนอเนื้อหาของชุดการเรียนในด้านความง่าย กระชับ และ ความชัดเจน

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ	4.1539	0.5828	ดี
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคอินฟราเรดโครมาโทกราฟี, คอลัมน์-โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์เพาเรทีฟโครมาโทกราฟี	4.3195	0.5261	ดี
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	4.0411	0.4229	ดี
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท	4.3704	0.6198	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาไนเตรชัน	3.9735	0.5920	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการนำเสนอเนื้อหาของชุดบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ การนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดทำให้เกิดความเข้าใจได้ง่ายมีความชัดเจน และกระชับดี

7. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความเข้าใจเนื้อหาของชุดบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.7

ตาราง 4.7 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความเข้าใจเนื้อหาของชุดบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ	4.0895	0.5390	ดี
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคซินเลเซอร์โครมาโทกราฟี, คอลัมน์-โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพปทาเรทีฟโครมาโทกราฟี	4.2500	0.6223	ดี
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	3.7671	0.5143	ดี
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซมิลอะซิเตท	4.2286	0.8844	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาไนเตรชัน	4.1333	0.7228	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความเข้าใจเนื้อหาที่น่าสนใจของชุดบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาที่น่าสนใจของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดเป็นอย่างดี

8. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยากง่ายของเนื้อหาของชุดบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.8

ตาราง 4.8 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความยากง่ายของเนื้อหาของชุดบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ	4.2175	0.6168	ดี
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคอินฟราเรดโครมาโทกราฟี, คอลัมน์โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์พาเรทีฟโครมาโทกราฟี	3.9861	0.7217	ดี
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	4.0959	0.5569	ดี
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท	4.3333	0.6108	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาไนเตรชัน	4.1067	0.6487	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความยากง่ายของชุดบทเรียนสำเร็จรูป นั่นคือ ผู้เรียนคิดว่าชุดการเรียนทุกชุดไม่ยากเกินกว่าที่จะทำความเข้าใจ

9. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยาวของเนื้อหาของชุดบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง  
ต่อความยาวของเนื้อหาของชุดบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพร ด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหย ด้วยไอน้ำ	3.9744	0.6237	ดี
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วย เทคนิคอินฟราเรดโครมาโทกราฟี, คอลัมน์- โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้ บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์พาทรีฟโครมาโทกราฟี	4.1111	0.6619	ดี
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	4.1644	0.7073	ดี
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท	4.2222	0.6309	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาไนเตรชัน	4.0667	0.5774	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความยาวของชุดบทเรียนสำเร็จรูป นั่นคือ บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความยาว  
เหมาะสมดี

10. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยากของศัพท์ที่ใช้ในบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.10

ตาราง 4.10 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง  
ต่อความยากของศัพท์ที่ใช้ในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ	4.0385	0.6731	ดี
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคอินฟราเรดโครมาโทกราฟี, คอลัมน์-โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์เททีฟโครมาโทกราฟี	3.8889	0.7970	ดี
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	4.2603	0.5780	ดี
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท	4.0741	0.7691	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาในตรรกะ	3.9733	0.5922	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความยากของศัพท์ที่ใช้ของชุดบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนคิดว่าคำศัพท์ที่ใช้ของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดไม่ยากเกินไป

11. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อรูปภาพประกอบในชุดการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดความเข้าใจบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.11

ตาราง 4.11 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อรูปภาพประกอบในชุดการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดความเข้าใจบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ	4.0895	0.5390	ดี
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคอินฟราเรดโครมาโทกราฟี, คลอโรฟอร์มโครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์เพอร์โครมาโทกราฟี	4.3195	0.5261	ดี
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	3.9630	0.4303	ดี
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท	3.8341	0.5305	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาไนเตรชัน	3.9600	0.4302	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อรูปภาพประกอบของบทเรียนสำเร็จรูป นั่นคือ รูปภาพประกอบของชุดการเรียนรู้ทุกชุด ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจดียิ่งขึ้น

12. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูป และความสามารถตอบคำถามในบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.12

ตาราง 4.12 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูป และความสามารถตอบคำถามในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ	4.5384	0.6257	ดี
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคอินฟราเรดโครมาโทกราฟี, กอลัมน์-โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์เพาเรทีฟโครมาโทกราฟี	4.0556	0.62548	ดี
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	4.0958	0.5700	ดี
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท	4.0740	0.7960	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาในเตรชัน	4.0800	0.6316	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ คำถามของบทเรียนสำเร็จรูปให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ง่าย และผู้เรียนสามารถหาคำตอบได้ดีทุกชุด

13. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความเข้าใจคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูป และความสามารถในการปฏิบัติตามคำสั่ง หรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.13

ตาราง 4.13 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความเข้าใจคำสั่ง หรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูป และความสามารถในการปฏิบัติตามคำสั่ง หรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ	4.0890	0.5385	ดี
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคอินฟราเรดโครมาโทกราฟี, คอลัมน์-โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์เพาเรทีฟโครมาโทกราฟี	4.3190	0.5260	ดี
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	4.2600	0.5779	ดี
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท	4.3700	0.6196	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาไนเตรชัน	3.9700	0.5920	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความเข้าใจคำสั่ง หรือคำชี้แจงของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ คำสั่งหรือคำชี้แจงของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่าย และสามารถปฏิบัติได้ดี

14. เจตคติของผู้เรียนที่มีเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.14

ตาราง 4.14 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพร ด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหย ด้วยไอน้ำ	4.3194	0.5827	ดี
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วย เทคนิคอินฟราเรดโครมาโทกราฟี, คอลัมน์-โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์เพอร์โทกราฟีโครมาโทกราฟี	4.3700	0.6196	ดี
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	3.9629	0.4302	ดี
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท	3.8340	0.5306	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาไนเตรชัน	3.7730	0.5805	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ เวลาที่กำหนดในการเรียนของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความเหมาะสมดี ไม่มากเกินไป หรือน้อยเกินไป

15. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อแบบประเมินตนเองของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.15

ตาราง 4.15 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง  
ต่อแบบประเมินตนเองของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพร ด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหย ด้วยไอน้ำ	4.14710	0.5748	ดี
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วย เทคนิคอินดิเคเตอร์โครมาโทกราฟี, คอลัมน์- โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้ บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์พาทรีฟโครมาโทกราฟี	4.2500	0.5502	ดี
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	4.1506	0.5444	ดี
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท	4.3700	0.6190	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาไนเตรชัน	4.0933	0.5736	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความเหมาะสมของแบบประเมินตนเองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด  
นั่นคือ แบบประเมินตนเองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความเหมาะสมดี

## 4.2 ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล และแปลความหมาย ใช้สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

n	=	จำนวนนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	=	คะแนนเฉลี่ย
S.D.	=	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	=	ค่าสถิติ

ในการทดสอบสมมติฐานใช้สถิติพื้นฐานค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้สถิติ t-test ผลการวิเคราะห์ข้อมูล การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อน และหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป ของนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง แสดงดังตาราง 4.16

ตาราง 4.16 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า t ของผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างก่อน และหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	การทดสอบ	n	$\bar{X}$	S.D.	t
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพร ด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหย ด้วยไอน้ำ	ก่อน	40	7.0	1.432	43.4229*
	หลัง	40	14.68	2.180	
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคอินฟราเรด โครมาโทกราฟี, คอลัมน์-โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์พาเรทีฟโครมาโทกราฟี	ก่อน	40	7.6	1.675	45.9821*
	หลัง	40	15.15	1.718	
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	ก่อน	40	7.47	2.416	41.0800*
	หลัง	40	14.65	2.280	
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท	ก่อน	40	8.95	2.860	30.0800*
	หลัง	40	15.30	2.622	
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาไนเตรชัน	ก่อน	40	7.57	2.725	25.72*
	หลัง	40	14.55	2.826	

หมายเหตุ \* หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตาราง 4.16 ผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาทุกชุดก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด พบว่า มีความแตกต่างกัน โดยหลังการใช้ชุดบทเรียนสำเร็จรูปนักศึกษามีการเรียนรู้ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

### 4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.17

ตาราง 4.17 ค่าประสิทธิภาพและความก้าวหน้าในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	ค่าประสิทธิภาพ $E_1 : E_2$
ชุดที่ 1 การสกัดและการแยกสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายและการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ	80.96 : 78.12
ชุดที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคอินฟราเรด โครมาโทกราฟี, คอลัมน์-โครมาโทกราฟี และการแยกและการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเพอร์พาเรทีฟโครมาโทกราฟี	85.95 : 84.83
ชุดที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง	75.48 : 71.12
ชุดที่ 4 การสังเคราะห์ไอโซอิมิลอะซิเตท	77.93 : 75.80
ชุดที่ 5 ปฏิกริยาในเตรชัน	80.00 : 72.28
รวม	80.06 : 76.43

จากตาราง 4.17 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด พบว่า อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด คือ  $E_1 : E_2 = 75 : 75$  โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้  $\pm 5\%$  เมื่อ  $E_1$  เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนจากรายงานผลการศึกษบทเรียน  $E_2$  เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนจากการประเมินตนเอง เมื่อสิ้นสุดการดำเนินกิจกรรมในบทเรียนสำเร็จรูป

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ซึ่งประกอบด้วยบทเรียนสำเร็จรูปและคู่มือการเขียนรายงาน ได้นำชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นไปใช้ทดลองกับนักศึกษากลุ่มตัวอย่างในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จำนวน 40 คน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอนทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านเจตคติผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาและประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบวัดเจตคติของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด พบว่านักศึกษามีเจตคติที่ดีต่อบทเรียนสำเร็จรูปในทุก ๆ ด้าน อยู่ในระดับดี (3.50 - 4.44) ตัวอย่างเช่น

- 1) วัตถุประสงค์การวิจัย ขั้นตอนการใช้บทเรียน การนำเสนอเนื้อหา วิธีการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูปมีความกระชับและชัดเจนดี
- 2) เนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปมีความเหมาะสม และมุ่งทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผล
- 3) ผู้เรียนมีโอกาสใช้เครื่องมือในทดลองได้เป็นอย่างดี เพราะใช้การเรียนการสอนแบบปฏิบัติการ (Laboratory approach)
- 4) คำชี้แจงและคำถามในบทเรียนสำเร็จรูปมีความชัดเจน เข้าใจและปฏิบัติได้
- 5) แบบประเมินตนเองมีความเหมาะสม

2. ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป พบว่า หลังจากการใช้บทเรียนสำเร็จรูปนักศึกษามีการเรียนรู้ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการใช้เครื่องมือสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปได้คำนวณโดยการหาประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_p$ ) และหาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ( $E_r$ ) และแปรความเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดคือ  $E_1 : E_2 = 75 : 75$  โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้  $\pm 5\%$  พบว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

## 5.2 อภิปรายผล

1. จากการศึกษาคะแนนหรือความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูปที่สร้างขึ้น พบว่า นักศึกษามีความคิดเห็นต่อบทเรียนสำเร็จรูปในระดับดี และสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ แสดงว่า บทเรียนสำเร็จรูปที่สร้างขึ้นมีคุณภาพดี และสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี

2. จากผลการวิจัย จากการทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังการใช้ บทเรียนสำเร็จรูป พบว่า หลังจากการใช้บทเรียนสำเร็จรูปแล้ว ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้ เพราะบทเรียนสำเร็จรูปที่สร้างขึ้น ได้รับการพัฒนาคุณภาพและปรับปรุงแก้ไข ไปจนมีคุณภาพดีแล้ว

3. จากการหาประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป พบว่า มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ  $E_1$  (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) เท่ากับ 80.06 และ  $E_2$  (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) เท่ากับ 76.43 ซึ่งหมายความว่าผลการทดลองระหว่างการใช้บทเรียนสำเร็จรูปได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 76.43 สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ เพราะบทเรียนสำเร็จรูปที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นได้สร้างอย่างมีระบบ ผ่านการทดลองและพัฒนาแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ แล้ว บทเรียนมีความชัดเจนใช้เวลาในการเรียน แต่ละบทเรียนเหมาะสม บทเรียนน่าสนใจ มีการใช้ความคิดหาเหตุผล มีโอกาสใช้เครื่องมือในการ ทดลอง

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) ชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาเคมีอินทรีย์ 2 ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้กับ นักศึกษาในมหาวิทยาลัยในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เพราะทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองเกิดการเรียนรู้ อย่างใช้ความคิดและเหตุผล เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และนักศึกษามีโอกาสใช้เครื่องมือ ได้อย่างหลากหลาย

2) ชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นใช้สารเคมีไม่มาก ไม่สิ้นเปลือง สามารถนำไปใช้ ในการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม

3) ควรมีการสัมมนาระหว่างอาจารย์ผู้สอนรายวิชานี้ เพื่อพัฒนาและปรับปรุงเป็นระยะ ๆ

## 2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

ในการปฏิบัติการแต่ละเรื่องสำหรับการทดลองเรื่องเดียวกันควรสร้างแบบทดลองไว้หลายแบบ เพื่อให้เลือกทดลองได้ตามความเหมาะสมของสารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือที่มีอยู่

## บรรณานุกรม

- ประชา เลียบสื่อตระกูล. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง จากการทดลองโดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนปกติ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2540.
- ประดิษฐ์ มีสุข. คู่มือปฏิบัติการเคมีอินทรีย์และชีวะเคมีเบื้องต้น. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร, 2538.
- พล คำปิงส์ และคณะ. คู่มือการรวบรวมข้อมูล (โครงการประเมินชุดการสอนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน). เลย สถาบันราชภัฏเลย, 2543.
- ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล, ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์, 2538.
- ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์, 2538.
- บุพิน พิพิธกุล. การเรียนการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ บพิธการพิมพ์, 2535.
- ลาวัลย์ พลกล้า. การสอนคณิตศาสตร์แบบปฏิบัติการ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2523.
- วิชัย ดิสสระ. การพัฒนาหลักสูตรและการสอน. กรุงเทพฯ สุวีริยาสาส์น, 2535.
- ศิริเพ็ญ มากบุญ. การพัฒนาแบบฝึกเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางการวิจัยสำหรับนักศึกษาครู. สถาบันราชภัฏเทพสตรี ลพบุรี, 2541.
- สุจิตรา สุขุমানนท์. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ : ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนคณิตศาสตร์แบบปฏิบัติการในโรงเรียนที่จัดชั้นเรียนแบบรวมชั้น. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2542.
- เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. โมดูล. ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ, 2528.
- สำนักมาตรฐานการศึกษา, สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ. หลักสูตรสถาบันราชภัฏ พุทธศักราช 2543. กรุงเทพฯ, 2543.
- เทอดศักดิ์ จันทร์อรุณ. การศึกษาการจัดการเรียนวิชาการและการตัดสินใจแบบชุดวิชา, 2545.
- อุไรวรรณ วิจารณกุล และคณะ. การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนโดยเน้นการปฏิบัติการ ลักษณะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในสถาบันราชภัฏ : ชุดการเรียนชีววิทยา. 2543.

Dennley, R.I. and Crum, J.D. Experimental Organic Chemistry, 2<sup>nd</sup> Printing, The Macmillan Company, 1969.

Fishel, D.L. and Fort, R.C. Modern Experimental Organic Chemistry, The Macmillan Company, 1971.

Hart, H. and Schuetz, R.C. Laboratory manual for Organic Chemistry, Houghton Mifflin Company, Company, 1967.

Houston and Others. Development Instruction Modules. Houston. Texas, College of Education, University of Texas, 1972.

Lawrence, C.A. "Curriculum - Marking in The United States" Teachers College Record, December, 1973.

Volgel, A.I.A. Text - Book of Practical Organic Chemistry, 3<sup>rd</sup> Edition, Longman Group Limited, 1973.

**ภาคผนวก**

ภาคผนวก ก

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

## บทเรียนสำเร็จรูปที่ 1

เรื่อง การสกัดสารเคมีจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายและ  
การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชด้วยไอน้ำ

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
1	10	16	18	6	36
2	9	16	18	7	49
3	7	16	18	9	81
4	9	16	18	7	49
5	7	12	16	5	25
6	7	16	18	9	81
7	9	18	20	9	81
8	9	18	20	9	81
9	9	18	20	9	81
10	7	16	18	9	81
11	8	16	18	8	64
12	7	16	18	9	81
13	8	16	18	8	64
14	8	17	20	9	81
15	7	14	17	7	49
16	6	12	16	6	36
17	6	14	17	8	64
18	5	14	17	8	64
19	5	14	17	8	64
20	6	12	16	6	36
21	6	14	17	8	64

กนท	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
22	10	18	20	8	64
23	6	12	16	6	36
24	6	14	16	8	64
25	11	20	20	9	81
26	6	12	14	6	36
27	6	14	16	8	64
28	6	14	16	8	64
29	4	14	16	8	64
30	6	14	16	8	64
31	6	14	16	8	64
32	6	14	18	8	64
33	6	14	16	8	64
34	6	14	16	8	64
35	6	12	16	6	36
36	6	14	16	8	64
37	6	12	14	6	36
38	6	12	16	6	36
39	6	14	18	8	64
40	6	14	18	8	64
<b>รวม</b>	<b>280</b>	<b>587</b>	<b>689</b>	<b>307</b>	<b>2405</b>

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

- ก = คะแนนก่อนเรียน  
 ล = คะแนนหลังเรียน  
 ข = คะแนนกระบวนการ

$$\bar{X}_n = \frac{280}{40} = 7.0$$

$$\bar{X}_a = \frac{587}{40} = 14.68$$

$$\bar{X}_u = \frac{689}{40} = 17.22$$

$$E_1 = \frac{17.22}{20} \times 100 = 86.10 \%$$

$$E_2 = \frac{14.68}{20} \times 100 = 73.40 \%$$

$$\text{ร้อยละความก้าวหน้า} = \frac{14.68 - 7}{20} \times 100 = 38.40 \%$$

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

$$t = \frac{307}{\sqrt{\frac{(40 \times 2405) - (307)^2}{40 - 1}}}$$

$$t = 43.4229$$

## บทเรียนสำเร็จรูปที่ 2

### เรื่อง การตรวจสอบสารด้วยเทคนิค Thin-layer Chromatography, Column Chromatography และ การแยกสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิค PTLC.

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
1	8	14	16	6	36
2	7	16	18	9	81
3	9	18	20	9	81
4	9	18	20	9	81
5	6	14	16	8	64
6	7	16	18	9	81
7	6	14	16	8	64
8	7	16	18	9	81
9	9	18	20	9	81
10	7	14	16	7	49
11	6	14	16	8	64
12	7	16	18	9	81
13	6	14	18	8	64
14	9	18	20	9	81
15	7	14	16	7	49
16	6	14	16	8	64
17	6	14	16	8	64
18	5	12	14	6	36
19	6	14	16	8	64
20	12	18	20	6	36

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
21	12	18	20	6	36
22	10	16	18	6	36
23	6	14	16	8	64
24	9	18	20	9	81
25	7	16	18	9	81
26	7	16	18	9	81
27	6	14	16	8	64
28	8	16	18	8	64
29	9	16	18	7	49
30	6	14	18	8	64
31	6	14	16	8	64
32	11	18	16	7	49
33	7	14	20	7	49
34	9	16	16	7	49
35	6	12	16	6	36
36	7	14	16	7	49
37	8	14	16	6	36
38	9	16	18	7	49
39	8	16	18	8	64
40	8	16	18	8	64
<b>รวม</b>	<b>305</b>	<b>614</b>	<b>678</b>	<b>309</b>	<b>2431</b>

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

- ก = คะแนนก่อนเรียน  
 ด = คะแนนหลังเรียน  
 ข = คะแนนกระบวนการ

$$\bar{X}_n = \frac{304}{40} = 7.6$$

$$\bar{X}_n = \frac{606}{40} = 15.15$$

$$\bar{X}_n = \frac{678}{40} = 16.95$$

$$F_1 = \frac{16.95}{20} \times 100 = 84.75 \%$$

$$E_2 = \frac{15.15}{20} \times 100 = 75.75 \%$$

$$\text{ร้อยละความก้าวหน้า} = \frac{15.15 - 7.6}{20} \times 100 = 37.75 \%$$

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

$$t = \frac{309}{\sqrt{\frac{(40 \times 2431) - (309)^2}{40 - 1}}}$$

$$t = 45.9821$$

### บทเรียนสำเร็จรูปที่ 3

#### เรื่อง การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
1	8	16	18	8	64
2	8	16	18	8	64
3	8	14	16	6	36
4	4	10	14	6	36
5	10	16	18	6	36
6	6	12	16	6	36
7	8	16	16	6	36
8	7	18	16	9	81
9	6	12	16	6	36
10	6	12	18	6	36
11	10	16	18	6	36
12	6	14	18	8	64
13	6	12	16	6	36
14	8	16	14	8	64
15	7	14	18	7	49
16	6	12	14	6	3646
17	6	14	16	8	64
18	8	16	18	8	36
19	10	16	18	6	36
20	6	12	16	6	81
21	7	16	18	9	64
22	8	16	18	8	64

กนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
23	8	16	18	8	64
24	10	16	18	6	36
25	6	14	16	8	64
26	10	18	20	8	64
27	6	12	14	6	36
28	10	16	18	6	36
29	6	12	16	6	36
30	8	14	16	6	36
31	10	16	16	6	36
32	12	18	18	6	36
33	8	18	18	8	64
34	4	12	14	8	64
35	12	18	18	6	36
36	4	10	14	6	36
37	10	18	18	8	64
38	8	16	16	8	64
39	4	12	16	8	64
40	8	16	18	8	64
<b>รวม</b>	<b>299</b>	<b>586</b>	<b>670</b>	<b>279</b>	<b>1991</b>

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

- ก = คะแนนก่อนเรียน
- ด = คะแนนหลังเรียน
- ข = คะแนนกระบวนการ

$$\bar{X}_n = \frac{299}{40} = 7.47$$

$$\bar{X}_a = \frac{586}{40} = 14.65$$

$$\bar{X}_v = \frac{670}{40} = 16.75$$

$$E_1 = \frac{16.75}{20} \times 100 = 83.75 \%$$

$$E_2 = \frac{14.65}{20} \times 100 = 73.25 \%$$

$$\text{ร้อยละความก้าวหน้า} = \frac{14.65 - 7.47}{20} \times 100 = 35.75 \%$$

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

$$t = \frac{279}{\sqrt{\frac{(40 \times 1991) - (279)^2}{40 - 1}}}$$

$$t = 41.0800$$

บทเรียนสำเร็จรูปที่ 4  
เรื่อง การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
1	10	18	19	8	64
2	14	18	19	4	16
3	12	16	18	4	16
4	6	12	16	6	36
5	10	16	18	6	36
6	12	18	18	6	36
7	8	14	18	6	36
8	6	12	16	6	36
9	12	18	18	6	36
10	14	18	17	4	16
11	8	14	18	6	36
12	12	16	18	4	16
13	8	16	18	8	64
14	8	16	18	8	64
15	6	14	17	8	64
16	4	10	17	6	36
17	6	12	18	6	36
18	6	14	17	8	64
19	10	16	18	6	36
20	8	18	18	8	36
21	12	12	18	6	36

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
22	6	10	18	6	36
23	4	10	17	6	36
24	6	12	18	6	36
25	14	18	18	4	16
26	8	16	18	8	64
27	10	18	18	6	36
28	10	18	19	8	64
29	10	18	19	8	64
30	8	16	18	8	64
31	10	16	18	6	36
32	10	18	18	8	64
33	10	16	18	6	36
34	10	16	18	6	36
35	12	16	18	4	16
36	4	10	12	6	36
37	8	16	18	8	64
38	10	16	18	6	36
39	4	10	16	6	36
40	12	18	18	6	36
<b>รวม</b>	<b>358</b>	<b>612</b>	<b>707</b>	<b>252</b>	<b>1656</b>

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

- ก = คะแนนก่อนเรียน  
 ก = คะแนนหลังเรียน  
 ข = คะแนนกระบวนการ

$$\bar{X}_a = \frac{358}{40} = 8.95$$

$$\bar{X}_b = \frac{612}{40} = 15.30$$

$$\bar{X}_c = \frac{707}{40} = 17.67$$

$$E_1 = \frac{17.67}{20} \times 100 = 88.35 \%$$

$$E_2 = \frac{15.30}{20} \times 100 = 76.50 \%$$

$$\text{ร้อยละความก้าวหน้า} = \frac{15.30 - 8.95}{20} \times 100 = 31.75 \%$$

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

$$t = \frac{252}{\sqrt{\frac{(40 \times 1656) - (252)^2}{40 - 1}}}$$

$$t = 30.0800$$

บทเรียนสำเร็จรูปที่ 5  
เรื่อง ปฏิบัติงานในตรชั้น

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
1	7	18	20	11	121
2	8	18	20	10	100
3	8	16	18	8	64
4	8	14	18	6	36
5	10	16	18	6	36
6	6	16	16	6	36
7	6	14	16	8	64
8	10	18	20	8	64
9	8	18	20	10	100
10	10	16	18	6	36
11	10	18	20	8	64
12	6	16	18	10	100
13	8	16	17	8	64
14	6	14	17	8	64
15	4	12	17	8	64
16	4	10	16	66	36
17	4	10	16	66	36
18	4	10	16	86	36
19	8	16	18	8	64
20	6	14	18	8	64
21	10	16	18	6	36
22	4	10	17	6	36

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
23	4	10	18	6	36
24	14	18	16	4	16
25	6	14	17	8	64
26	4	10	18	6	36
27	6	12	18	6	36
28	10	18	20	6	36
29	10	18	20	8	64
30	6	14	18	8	64
31	10	16	18	6	36
32	10	16	18	6	36
33	6	12	16	6	36
34	8	12	16	4	46
35	10	16	18	6	36
36	8	14	18	6	36
37	6	12	16	6	36
38	14	18	20	4	46
39	4	10	16	6	36
40	12	16	18	4	16
รวม	303	582	711	273	1973

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

- ก = คะแนนก่อนเรียน
- ล = คะแนนหลังเรียน
- ข = คะแนนกระบวนการ

$$\bar{X}_n = \frac{303}{40} = 7.57$$

$$\bar{X}_a = \frac{582}{40} = 14.55$$

$$\bar{X}_v = \frac{711}{40} = 17.77$$

$$E_1 = \frac{17.77}{20} \times 100 = 88.85 \%$$

$$E_2 = \frac{14.55}{20} \times 100 = 72.75 \%$$

$$\text{ร้อยละความก้าวหน้า} = \frac{14.55 - 7.57}{20} \times 100 = 34.90 \%$$

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

$$t = \frac{273}{\sqrt{\frac{(40 \times 1973) - (273)^2}{40 - 1}}}$$

$$t = 25.72$$

ภาคผนวก ข  
การตรวจสอบคุณภาพ  
แบบทดสอบประเมินตนเอง  
ก่อนเรียน และหลังเรียน  
(แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)

การคิดคำนวณจากการแปลความหมายจากผลการพิจารณา  
ของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน

แบบสอบถาม	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2	0	+1	+1	2	0.67	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	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
9	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
11	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
12	+12	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
14	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
15	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
19	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
20	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
23	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้

แบบสอบถาม	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
24	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
26	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
29	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
30	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
33	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
36	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
38	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
39	+1	+1	0	2	0.67	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	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
44	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
45	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
46	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
47	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
48	+1	+1	0	3	0.67	ใช้ได้
49	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
50	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

แบบสอบถาม	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
51	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
52	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
53	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
54	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
55	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
56	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
57	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
58	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
59	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
60	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
61	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
62	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
63	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
64	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
65	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
66	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
67	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
68	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
69	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
70	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
71	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
72	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
73	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
74	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
75	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
76	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
77	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

แบบสอบถาม	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
78	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
79	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
80	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
81	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
82	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
83	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
84	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
85	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
86	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
87	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
88	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
89	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
90	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
91	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
92	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
93	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
94	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
95	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
96	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
97	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
98	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
99	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
100	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

## คำนวณหาความยากง่าย และอำนาจจำแนกของตัวถูก

สูตรความยากง่าย (P)

$$p = \frac{P_H + P_L}{2n}$$

p = ระดับความยากของข้อสอบแต่ละข้อ

$P_H$  = จำนวนผู้ตอบข้อถูกในกลุ่มสูง

$P_L$  = จำนวนผู้ตอบข้อถูกในกลุ่มต่ำ

n = จำนวนคนในแต่ละกลุ่ม

สูตรการหาค่าอำนาจจำแนก (r) ของตัวถูก

$$r = \frac{P_H - P_L}{n}$$

### วิเคราะห์ความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) ของตัวถูก

ข้อที่	ตัวเลือก	กลุ่มสูง (P <sub>H</sub> )	กลุ่มต่ำ (P <sub>L</sub> )	$P = \frac{P_H + P_L}{2n}$	$r = \frac{P_H - P_L}{n}$
1	ก	15	6	0.62	0.36
2	จ	10	1	0.22	0.36
3	ง	14	8	0.44	0.24
4	ข	10	3	0.26	0.28
5	ง	13	6	0.38	0.28
6	ค	18	5	0.46	0.52
7	จ	16	6	0.38	0.52
8	ค	10	4	0.28	0.24
9	ก	12	2	0.28	0.40
10	ก	15	5	0.40	0.40
11	ง	15	6	0.42	0.36
12	ค	22	11	0.66	0.44
13	ค	16	4	0.40	0.48
14	จ	19	8	0.54	0.44
15	ค	18	9	2.54	0.36
16	จ	11	3	0.28	0.32
17	ค	17	3	0.40	0.56
18	จ	13	3	0.32	0.40
19	ค	16	7	0.46	0.36
20	ก	17	6	0.46	0.44
21	ก	14	5	0.38	0.36
22	ก	18	10	0.56	0.32
23	จ	18	6	0.48	0.48
24	ก	11	4	0.30	0.28
25	ก	20	13	0.66	0.28

ข้อที่	ตัวเลือก	กลุ่มสูง ( $P_H$ )	กลุ่มต่ำ ( $P_L$ )	$P = \frac{P_H + P_L}{2n}$	$r = \frac{P_H - P_L}{n}$
26	ข	16	6	0.44	0.40
27	ง	17	3	0.40	0.56
28	ค	18	10	0.56	0.32
29	ค	11	1	0.28	0.30
30	ค	15	6	2.42	0.36
31	ข	12	4	0.32	0.32
32	ง	21	9	0.60	0.48
33	ค	14	5	0.38	0.36
34	ก	11	4	0.30	0.28
35	ข	14	6	0.40	0.32
36	ข	18	9	0.54	0.36
37	ค	16	4	0.40	0.48
38	ก	13	4	0.34	0.36
39	ก	8	2	0.22	0.24
40	ง	15	8	0.46	0.28
41	ง	14	3	0.34	0.44
42	ค	16	5	0.42	0.44
43	ค	18	6	0.48	0.48
44	ข	16	6	0.44	0.40
45	ค	14	6	0.40	0.32
46	ก	13	4	0.34	0.36
47	ข	14	7	0.42	0.28
48	ก	17	8	0.50	0.36
49	ข	16	5	0.42	0.44
50	ค	14	7	0.42	0.28

ข้อที่	ตัวเลือก	กลุ่มสูง ( $P_H$ )	กลุ่มต่ำ ( $P_L$ )	$P = \frac{P_H + P_L}{2n}$	$r = \frac{P_H - P_L}{n}$
51	จ	16	5	0.42	0.44
52	ง	15	3	0.36	0.48
53	ค	13	5	0.36	0.32
54	ก	19	10	0.58	0.36
55	ค	18	3	0.42	0.60
56	ง	10	4	0.28	0.24
57	ค	18	4	0.44	0.56
58	ค	13	3	0.32	0.40
59	ค	14	4	0.36	0.40
60	ข	18	9	0.54	0.36
61	ข	16	5	0.42	0.44
62	ค	14	7	0.42	0.28
63	ข	13	16	0.38	0.28
64	ค	14	3	0.34	0.48
65	ก	18	4	0.44	0.56
66	ข	16	3	0.38	0.52
67	ข	18	4	0.44	0.56
68	ข	17	3	0.40	0.56
69	ค	19	5	0.48	0.56
70	ก	15	6	0.42	0.36

### วิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนของผู้ถูกทดสอบทั้งหมด

คนที่	คะแนนที่ได้รับ (X)	X <sup>2</sup>	คนที่	คะแนนที่ได้รับ (X)	X <sup>2</sup>
1	84	7056	26	50	2500
2	83	6889	27	50	2500
3	80	6450	28	50	2500
4	78	6084	29	50	2500
5	75	5625	30	50	2500
6	73	5329	31	50	2500
7	72	5184	32	49	2401
8	71	5041	33	49	2401
9	70	4900	34	48	2304
10	69	4761	35	48	2304
11	68	4624	36	48	2304
12	66	4356	37	47	2209
13	64	4096	38	47	2209
14	63	3469	39	47	2209
15	61	3721	40	46	2116
16	60	3600	41	46	2116
17	58	3364	42	46	2116
18	56	3136	43	45	2025
19	55	3025	44	44	1936
20	54	2916	45	44	1936
21	52	2704	46	43	1849
22	51	2601	47	42	1764
23	51	2601	48	41	1681
24	51	2601	49	40	1600
25	51	2601	50	39	1521
			<b>รวม</b>	<b>2,775</b>	<b>161,245</b>

$$\text{KR21 : } r_{xx} = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\bar{X}(k-\bar{X})}{kS_x^2} \right]$$

$r_{xx}$  = สัมประสิทธิ์แห่งความเที่ยง

$k$  = จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

$S_x^2$  = ความแปรปรวนของคะแนน

$$= \frac{\sum X^2}{N} - \left[ \frac{\sum X}{N} \right]^2$$

$\bar{X}$  = ค่ามัธยฐานเลขคณิตของคะแนนของผู้ถูกทดสอบทั้งหมด

$$r_{xx} = \frac{100}{99} \left[ 1 - \frac{\frac{2775}{50} \left( 100 - \frac{2775}{50} \right)}{100 \left( \frac{161245}{50} - \frac{7700625}{2500} \right)} \right]$$

= 0.6600

ภาคผนวก ค  
เครื่องมือวิจัย

## แบบสอบถามวัดเจตคติ

**คำชี้แจง**           หลังจากนักศึกษาเรียนจบบทเรียนนี้แล้ว โปรดแสดงความคิดเห็น  
โดยทำเครื่องหมาย **x** ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุดเพียงช่องเดียว

หัวข้อ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. วัตถุประสงค์ของการเรียนเข้าใจง่าย					
2. ขั้นตอนในการใช้ชุดการเรียนบอกไว้ชัดเจน					
3. ท่านมีโอกาสใช้เครื่องมือในการทดลอง					
4. ท่านเกิดความสนุกสนานเพลิดเพลินกับการทดลอง					
5. ชุดการเรียนนี้ช่วยให้ท่านเกิดการเรียนรู้อย่างใช้ความคิดและ เหตุผล					
6. การนำเสนอเนื้อหาว่าง่าย กระชับและชัดเจนดี					
7. ท่านเข้าใจเนื้อหาที่เสนอไว้ในชุดนี้ดี					
8. เนื้อหาไม่ยากเกินไป					
9. เนื้อหาไม่ยาวเกินไป					
10. ศัพท์ที่ใช้ไม่ยากเกินไป					
11. รูปภาพประกอบช่วยให้ท่านเกิดความเข้าใจดียิ่งขึ้น					
12. คำถามที่ใช้เข้าใจง่ายและสามารถหาคำตอบไป					
13. คำสั่งหรือคำชี้แจงในใบงานเข้าใจง่ายและท่านปฏิบัติได้					
14. เวลาที่กำหนดให้พอดี ไม่มากไม่น้อยเกินไป					
15. แบบวัดผลด้วยตนเองเหมาะสม					

หมายเหตุ           5 = มากที่สุด                           4 = มาก                               3 = ปานกลาง  
                          2 = น้อย                                   1 = น้อยที่สุด

## แบบทดสอบประเมินตนเองก่อนเรียน และหลังเรียน (แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)

ให้เลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

- การสกัดน้ำมันหอมระเหยควรใช้เทคนิคการสกัดแบบไหน
  - สกัดด้วยไอน้ำ
  - สกัดด้วยการกลั่นลำดับส่วน
  - สกัดด้วยกรด
  - สกัดด้วยค่าง
  - สกัดด้วยเกลือ
- น้ำมันหอมระเหยเป็นสารประเภทใด
  - ไขมัน
  - น้ำมัน
  - น้ำมันถั่ว
  - สารพวกอะลิฟาติก
  - สารพวกอะลิฟาติก หรืออะโรแมติก
- สารต่อไปนี้สารใดจัดเป็นน้ำมันหอมระเหย
  - น้ำมันหมู
  - น้ำมันพืช
  - น้ำมันถั่ว
  - น้ำมันตะไคร้หอม
  - น้ำมันมะพร้าว
- สารโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสใช้ทำอะไร
  - ทำปฏิกิริยากับน้ำมัน
  - ใช้ดูดน้ำ
  - ใช้เพิ่มน้ำ
  - ใช้เร่งปฏิกิริยา
  - ใช้หน่วงปฏิกิริยา
- ข้อความต่อไปนี้ข้อใดเป็นสมบัติของน้ำมันหอมระเหย
  - ส่วนมากละลายน้ำ
  - จุดเดือดต่ำ
  - ละลายน้ำ และมีจุดเดือดต่ำ
  - ส่วนมากไม่ละลายน้ำ และจุดเดือดสูง
  - ไม่แน่นอน
- การสกัดน้ำมันจากลูกจันทร์เทศ ควรใช้วิธีแบบไหน
  - การกลั่นลำดับส่วน
  - การต้ม
  - การกลั่นด้วยไอน้ำ
  - การเผา



จ. สารละลายตกตะกอน

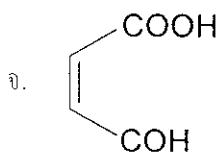
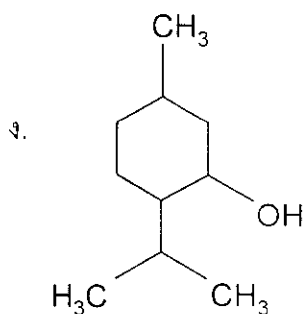
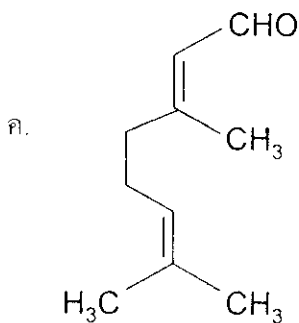
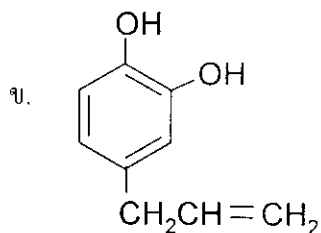
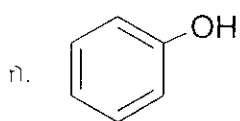
14. ตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับการใช้ในการสกัดควรมีสมบัติอย่างไร
- ก. ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกับสารที่ต้องการสกัด
  - ข. ละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี
  - ค. ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด
  - ง. ควรมีจุดเดือดต่ำระเหยง่าย
  - จ. ถูกทุกข้อ
15. ถ้าต้องการสกัดแบบประหยัดตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ควรเลือกใช้การสกัดวิธีใด
- ก. สกัดด้วยไอน้ำ
  - ข. สกัดโดยการอุ่นให้ร้อนก่อน
  - ค. สกัดแบบต่อเนื่อง
  - ง. สกัดแบบทำเป็นต่าง
  - จ. สกัดแบบทำเป็นกรด
16. น้ำมันหอมระเหยมีประโยชน์ใช้ทำอะไรได้บ้าง
- ก. สารแต่งกลิ่นอาหาร
  - ข. ทำเครื่องหอมเครื่องสำอาง
  - ค. ใช้ทางการแพทย์
  - ง. ใช้เป็นตัวทำละลาย
  - จ. ถูกทุกข้อ
17. วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ได้ผลดีประหยัดค่าการดำเนินการคือวิธีใด
- ก. บีบด้วยเครื่อง
  - ข. คั้นด้วยน้ำร้อน
  - ค. กลั่นด้วยไอน้ำ
  - ง. ปั่นด้วยเครื่องปั่น
  - จ. นึ่งด้วยไอน้ำ
18. น้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่มีองค์ประกอบ คือ
- ก. ไม่ละลายน้ำ
  - ข. มีจุดเดือดสูง
  - ค. ความดันไอพอสมควร
  - ง. ผิดทุกข้อ
  - จ. ถูกทุกข้อ
19. ขั้นตอนการแยกสารละลายโดยใช้กรวยแยก ปิดจุกแล้วเขย่ากรวย แล้วเปิดก๊อก การเปิดก๊อก เพื่อวัตถุประสงค์อะไร
- ก. ไล่ระบายกลิ่น
  - ข. ไล่ระบายสี
  - ค. ไล่ระบายความดัน
  - ง. ไล่สารไม่ต้องการ
  - จ. รับอากาศเข้า







36. น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกานพลู มีสูตรโครงสร้างตัวไหน



37.  จัดเป็นสารอินทรีย์ประเภทใด

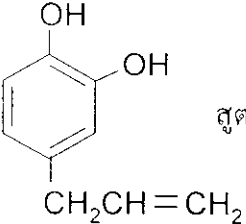
ก. เบนซีน

ข. อะโรเมติก

ค. ฟีนอล

ง. ไฮดรอกไซด์

จ. แอลคีน

38.  สูตรสารนี้จัดเป็นสารอินทรีย์ประเภทใดประเภทหนึ่งได้ทั้งสิ้น นอกจาก

ก. aldehyde

ข. Alcohol

ค. aromatic

ง. Alkene

จ. phenol



จ. ของแข็ง และแก๊ส

46. โครมาโทกราฟีแบบ TLC ความหนาของ Absorbent ที่เคลือบบนแผ่นกระจกหนาประมาณเท่าไร

ก. 0.25 – 1.0 มม.

ข. 1.0 – 2.0 มม.

ค. 2.0 – 4.0 มม.

ง. 4.0 – 5.0 มม.

จ. หนาเท่าไรก็ได้

47. แผ่นเคลือบแบบ PTLC ควรหนาประมาณเท่าไร

ก. 0.25 – 1.0 มม.

ข. 1.0 – 2.0 มม.

ค. 2.0 – 4.0 มม.

ง. 4.0 – 5.0 มม.

จ. 5.0 – 6.0 มม.

48. ค่า  $R_f$  ในการวิเคราะห์สารมีค่าเท่ากับอะไร

ก. ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ต่อระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่

ข. ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ต่อระยะทางที่สารเคลื่อนที่

ค. ระยะทางที่ตัวถูกละลายเคลื่อนที่ต่อตัวทำละลายเคลื่อนที่

ง. ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ต่อระยะทางที่ตัวถูกละลายเคลื่อนที่

จ. ระยะทางที่สารต่อสารเคลื่อนที่

49. ถ้าต้องการแยกสารผสมให้เป็นสารบริสุทธิ์ให้ได้ปริมาณที่มากเพียงพอ เพื่อนำไปเป็นสารตั้งต้นในการวิเคราะห์โครงสร้างต่อไป ควรเลือกใช้เทคนิคการแยกสารแบบไหน

ก. TLC

ข. PTLC

ค. CC

ง. GC

จ. HPLC

50. ถ้าท่านต้องการแยกกลอโรฟิลล์เอ และกลอโรฟิลล์บี ออกจากใบไม้ควรจะเลือกใช้เทคนิคการแยกโดยวิธีต่อไปนี้

ก. TLC

ข. PTLC

ค. CC

ง. GC

จ. HPLC

51. สารต่อไปนี้ชนิดใดจัดเป็นสารประกอบประเภทแอลกอฮอล์ชนิดใด

ก.  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CHO}$

ข.  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$

ค.  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COCH}_3$

ง.  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COOH}$

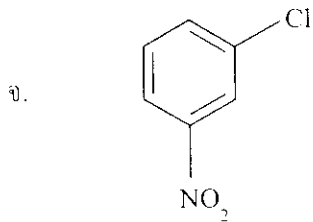
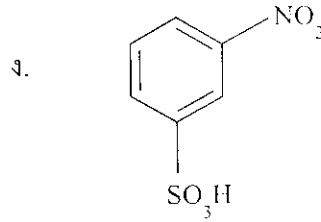
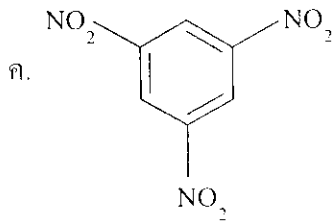
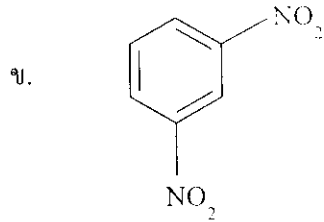
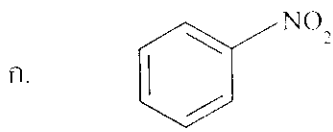
จ.  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$







68. สมการปฏิกิริยาไนเตรชัน ที่เกิดขึ้นจะมีปฏิกิริยาข้างเคียงเกิดขึ้นแต่จะเกิดสารจากปฏิกิริยาข้างเคียง น้อยมาก สารนั้นคือสารอะไร



69. บางครั้งสารจากการเตรียมไนเตรชันของเบนซีนที่เตรียมได้จะขุ่นเพราะอะไร

ก. เติม  $\text{HNO}_3$  มากเกินไป

ข. เติม  $\text{H}_2\text{SO}_4$  มากเกินไป

ค. คูณน้ำออกไม่หมด

ง. คูณน้ำออกมากเกินไป

จ. เกิดจากการเตรียม

70. ในการเตรียมสารไนโตรเบนซีนนั้นสารที่ได้จะอยู่ชั้นใดในกรวยแยก

ก. ชั้นบน

ข. ชั้นล่าง

ค. ผสมเป็นชั้นเดียว

ง. เป็นอิมัลชัน

จ. ไม่แน่นอน

## เฉลยข้อสอบ

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	ก	27	ง
2	จ	28	ค
3	ง	29	ก
4	ข	30	ค
5	ง	31	ข
6	ค	32	ง
7	จ	33	ค
8	ค	34	ก
9	ก	35	ข
10	ก	36	ข
11	ง	37	ค
12	ค	38	ก
13	ค	39	ก
14	จ	40	ง
15	ค	41	ง
16	จ	42	ค
17	ค	43	ค
18	จ	44	ข
19	ค	45	ค
20	ก	46	ก
21	ก	47	ข
22	ก	48	ก
23	จ	49	ข
24	ก	50	ค
25	ก	51	จ
26	ข	52	ง

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
53	ก	62	ก
54	ก	63	ข
55	ค	64	ก
56	ง	65	ก
57	ค	66	ข
58	ก	67	ข
59	ก	68	ข
60	ข	69	ก
61	ข	70	ก

**ภาคผนวก ง**  
**ตัวอย่างบทเรียนสำเร็จรูป**  
**และการเขียนรายงานกิจกรรม**

### บทเรียนสำเร็จรูปที่ 3

**The Extraction of Volatile Oil from Clove Oil**

**การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง**

โดย

**รองศาสตราจารย์ กุลยา จันทร์อรุณ**

**สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก**

**2549**

## คำแนะนำในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

1. ทำแบบทดสอบก่อนเรียนของบทเรียนสำเร็จรูป
2. ศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปสำหรับนักศึกษา บทเรียนนี้ ประกอบด้วย บทปฏิบัติการทดลอง
- 2 การทดลอง ใช้เวลาทั้งสิ้น 6 คาบ คือ
  - การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง
  - การทดลองแยกสารจากน้ำมันกานพลูโดยใช้เทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟีโดยศึกษาทีละเรื่องในระยะเวลาที่กำหนด ถ้าต้องการทราบรายละเอียดในเรื่องนั้น ๆ ให้ศึกษาเพิ่มเติมจากส่วนที่เป็นเนื้อหาท้ายบทเรียน
3. ปฏิบัติการทดลองตามกิจกรรมที่กำหนด
4. รายงานผลการทดลองตามกิจกรรมในบทเรียน
5. ตอบคำถามท้ายการทดลอง
6. ทำแบบทดสอบหลังจากเรียนจบชุดการเรียนรู้แล้ว
7. นักศึกษาสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากหนังสืออ่านประกอบที่เสนอแนะไว้ท้ายบทเรียน

## บทเรียนสำเร็จรูปที่ 3

### บทเรียนสำหรับนักศึกษา

#### ตอนที่ 3.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง

##### 3.1 น้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย (Essential Oil) เป็นน้ำมันที่มีอยู่ในส่วนต่างๆของพืช เช่น ใบ เปลือก ลำต้น ราก ดอก และผล น้ำมันหอมระเหยไม่ใช่ไขมันหรือน้ำมันพืช ซึ่งเป็นสารจำพวกไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) และกรดไขมัน (fatty acid) ซึ่งส่วนมากมีอยู่ในเมล็ด ส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหย มักจะเป็นสารประเภทอะลิฟาติก (aliphatic) หรืออะโรมาติก (aromatic) ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย พวกลเทอร์ปีน (terpene) และพวกลสารเทอร์ปีนที่มีออกซิเจน เช่น พวกลอัลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ คีโตน เอสเทอร์ ฟีนอล อีเทอร์ และเพอออกไซด์ เป็นต้น

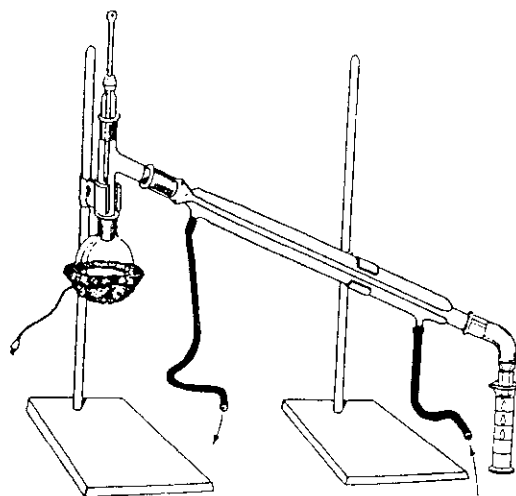
วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชมีหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้มากที่สุดคือ วิธีกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) วิธีนี้ใช้สกัดน้ำมันหอมระเหยได้หลายชนิด เพราะน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่ มีองค์ประกอบที่ไม่ละลายน้ำ มีจุดเดือดสูง แต่ความดันไอสูงพอสมควรจึงสามารถกลั่นออกมากับน้ำได้

##### 3.2 การทดลอง เรื่อง การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง (Clove Oil)

การทดลองที่ 1 การสกัดน้ำมันกานพลูจากดอกกานพลูโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ โดยวิธีกลั่น

###### วิธีการทดลอง

1. ชั่งดอกกานพลูแห้งประมาณ 30 กรัม นำมาบดหยาบๆ ใส่ลงในขวดกลั่น ขนาด 500 cm<sup>3</sup> เติมน้ำกลั่นลงไป 300 cm<sup>3</sup> นำไปกลั่นโดยวิธีกลั่นแบบธรรมดา โดยจัดเครื่องมือกลั่น ดังรูป



รูปที่ 3.1 การกลั่นด้วยไอน้ำแบบธรรมดา

2. กลั่นโดยใช้ไฟระดับกลาง ทำการกลั่นจนของเหลวเหลือประมาณ 150 cm<sup>3</sup> จึงหยุดกลั่น แยกกากออกให้เหลือแต่ของเหลว ซึ่งเป็นน้ำมันปนกับน้ำ (น้ำมันที่กลั่นได้มีความหนาแน่นประมาณ 1.05 กรัม/cm<sup>3</sup>) แยกส่วนที่เป็นน้ำมันออกโดยใช้กรวยแยก ในกรณีที่น้ำกับน้ำมันที่กลั่นได้ไม่แยกจากกันอย่างสมบูรณ์ ต้องใช้ตัวทำละลายแยกน้ำมันออกจากน้ำโดยวิธีการดังนี้ เทของเหลวที่กลั่นได้ลงในกรวยแยก แล้วเติมเมทิลลีนคลอไรด์ (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) ลงไป 20 cm<sup>3</sup> ปิดจุกเขย่ากรวย โดยการแกว่งกรวยให้หมุนของเหลวหมุนไปทางเดียวกัน สลับกับการเปิดจุกเพื่อระบายความดันในกรวย จนของเหลวในกรวยถูกสกัดด้วยตัวทำละลายหมด ตั้งทิ้งไว้ของเหลวในกรวยแยกชั้น แล้วไขกรวยแยกของเหลวชั้นล่างออกจากกรวย ลงในขวดแก้วปากแคบ ขนาด 50 cm<sup>3</sup> (Erlenmeyer flask) แล้วเติมโซเดียมซัลเฟตแอนไฮไดรอส (sodium sulphate anhydrous) ลงไป 2 ซ้อนแล้วแกว่งจนสารละลายในขวดใสและไม่มีหยดน้ำเกาะอยู่ รินเฉพาะสารละลายลงในบีกเกอร์ขนาด 50 cm<sup>3</sup>

3. นำสารละลายที่สกัดได้ไปทำ TLC โดยใช้ตัวเปรียบเทียบ คือ สาร Eugenol และ Caryophyllene โดยใช้ซิลิกาเจลเป็นตัวดูดซับ (adsorbent) และ CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> เป็น developing solvent โดยมีวิธีทำดังนี้

นำแผ่น TLC สำเร็จรูปขนาดกว้างประมาณ 2.5 cm ยาว 7.0 cm ใช้ปลายหลอด Capillary tube จุ่มสารละลายที่สกัดได้จุดลงบนแผ่น TLC จุดที่ 1 และสารมาตรฐาน Eugenol จุดที่ 2 สาร Caryophyllene จุดที่ 3 โดยให้แต่ละจุดห่างกันประมาณ 0.5 cm และสูงจากขอบล่างของแผ่น TLC ประมาณ 1 cm (การจุดสารให้จุดซ้ำๆกันแต่ละจุดประมาณ 2-3 ครั้ง) แล้วนำแผ่น TLC นี้ ไปใส่ในขวดปากกว้างที่บรรจุ developing solvent ที่กั้นขวด แล้วปิดฝาเมื่อตัวทำละลายซึมผ่านชั้นข้างบนจนถึงระยะห่างจากขอบบนพอสมควรจึงดึงแผ่นออกมาผึ่งให้แห้ง

แล้วนำไปทำโครมาโทแกรม (chromatogram) โดยการนำไปอบด้วยไอของไอโอดีนทำเครื่องหมายตำแหน่งที่ปรากฏก่อนที่จุดจะค่อยๆเลื่อนจางหายไป จากนั้นนำไปหาค่า R<sub>f</sub> ของจุดแต่ละจุดที่ปรากฏ

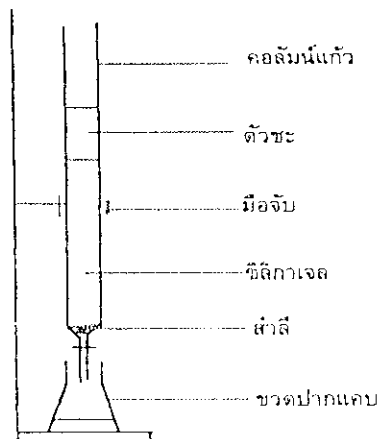
4. สารละลายที่เหลือ นำไประเหยตัวทำละลายออกให้หมดโดยใส่เม็ดกันเค็ดกลงไป 3 เม็ด แล้วนำไปตั้งบนไอน้ำเดือดจนของเหลวในบีกเกอร์หยุดเค็ดแสดงว่าตัวทำละลายส่วนใหญ่ระเหยไปหมด คูดน้ำมันใส่ขวดเก็บสารซึ่งน้ำหนัก หา % yield น้ำมันที่สกัดได้ เก็บน้ำมันไว้ทำการทดลองต่อไป

### ตอนที่ 3.2 การทดลองแยกสารผสมจากน้ำมันกานพลู โดยใช้เทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี

คอลัมน์โครมาโทกราฟี (column chromatograph) เป็นโครมาโทกราฟีแบบดูดซับ ซึ่งมีหลักการเหมือนโครมาโทกราฟีแบบเรซินแลร์เยอร์ แต่ใช้แยกปริมาณสารได้มากกว่าโดยใช้ตัวดูดซับ (adsorbent) เป็น stationary phase ปริมาณมากผสมกับตัวชะหรือ mobile phase อัดใส่คอลัมน์ซึ่งตั้งอยู่แนวตั้ง แล้วใส่สารผสมที่ต้องการแยกลงในคอลัมน์ จากนั้นใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมเป็น mobile phase ไล่ลงในคอลัมน์ ทำให้สารเคลื่อนที่ลงมาตามคอลัมน์

#### วิธีการทดลอง

1. ทำการทดลองแยกน้ำมันกานพลู (จากการทดลองครั้งที่แล้ว) โดยใช้เทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี โดยใช้ซิลิกาเจล (silica gel) เป็นตัวกลางหรือตัวดูดซับ ตัวทำละลายหรือตัวพา คือ เฮกเซน และเอทิลอะเซเตท
2. การจัดตั้งเครื่องมือคอลัมน์ ดังรูป



รูปที่ 3.2 ชุดทดลองโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์

ใช้ตัวทำละลายอะซิโตนฉีดตามข้างแก้วเพื่อไล่ความชื้นหรือน้ำในคอลัมน์ออก แล้วปิดก๊อกด้านล่างให้สนิท ใช้ลำลীগ้อนเล็ก ๆ ปั่นเป็นก้อนใส่ลงไป แล้วใช้แท่งแก้วดันลำลีให้ปิด

ตรงคอขวดของคอลัมน์ เติมเฮกเซนลงไปประมาณ 5 cm<sup>3</sup> แล้วใช้แท่งแก้วเขี่ยสำลีให้แนบกับคอลัมน์ ซึ่งซิลิกาเจลประมาณ 15 กรัม ผสมเฮกเซนประมาณ 40 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดรูปชมพู่ที่แห้งจนไม่มีฟองอากาศแล้วเทลงในคอลัมน์ ถ้ามีซิลิกาเจลติดอยู่ให้ใช้เฮกเซนจากคอลัมน์มาชะจนซิลิกาเจลลงไป ในคอลัมน์ทั้งหมด

3. ใช้ตัวทำละลายที่อยู่เหนือระดับซิลิกาเจลจนตัวทำละลายอยู่เหนือระดับซิลิกาเจลเพียงเล็กน้อย ปิดก๊อก แล้วใช้หลอดหยดที่แห้งคูดน้ำมันกานพลู 1.0 กรัม ใส่ลงในคอลัมน์ จากนั้นเปิดก๊อกด้านล่างเพื่อให้ น้ำมันกานพลูซึมลงในซิลิกาเจลจนหมด แล้วจึงปิดก๊อกคอลัมน์ ถ้ามีน้ำมันกานพลูติดอยู่ข้างแก้วให้ใช้หลอดหยดคูดเฮกเซนชะจนน้ำมันซึมลงไปหมด พร้อมทั้ง เปิดก๊อกให้ตัวทำละลายไหลออกมา ด้วยอัตราเร็วประมาณ 1 หยดต่อวินาที อย่าให้ผิวซิลิกาเจลด้านบนแห้ง โดยเติมตัวทำละลายเฮกเซนให้ท่วมผิวบนอยู่ตลอด ใช้ขวด conical flask รองรับสารละลายที่ไหลออกมาจนได้สารละลายประมาณ 50 cm<sup>3</sup> แล้วถ่ายสารละลายที่เก็บได้ใส่บีกเกอร์นำไปตั้งบน water bath อุณหภูมิตัวทำละลายจนสารละลายเหลือประมาณ 20 cm<sup>3</sup> เก็บไว้

4. เปลี่ยนตัวทำละลายจากเฮกเซนเป็นเอธิลอะซิเตท (ethyl acetate) หยดใส่ในคอลัมน์ ทำการทดลองโดยวิธีเดียวกันกับการทดลองที่ทดลองมาแล้ว เก็บสารละลายที่หยดออกมาที่ละหยดใส่ในขวดรูปชมพู่อีกใบหนึ่ง จนครบประมาณ 30 cm<sup>3</sup>

5. นำสารละลายทั้งสองส่วนที่แยกได้ (ข้อ 3, 4) มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับน้ำมันกานพลูส่วนที่เก็บไว้ก่อนแยกด้วยคอลัมน์ โดยใช้โครมาโทกราฟีแผ่นบาง (TLC) โดยใช้สภาวะ ดังนี้

ตัวกลาง (stationary phase) ใช้ซิลิกาเจล

ตัวพา (mobile phase) ใช้โทลูอีน (toluene)

น้ำยาพ่นโครมาโทแกรม ใช้ anisaldehyde – sulphuric acid reagent

#### โดยมีวิธีการทดลอง ดังนี้

นำแผ่น TLC สำเร็จรูป หรือที่ทำเอง ซึ่งทำได้โดยนำแผ่นกระจกมาเคลือบด้วยตัวกลางซิลิกาเจล แล้วนำไปอบจนแห้งดีแล้ว มา spot ด้วยน้ำมันกานพลู (จุดที่ 1) สารละลายที่ใช้เฮกเซนเป็นตัวชะ (จุดที่ 2) และสารละลายที่ใช้เอธิลอะซิเตท เป็นตัวชะ (จุดที่ 3) โดยแต่ละจุดที่ spot อยู่ห่างจากขอบล่างของแผ่น TLC ไม่ต่ำกว่า 1 cm จุดแรกให้ spot เพียงครั้งเดียว เพราะน้ำมันกานพลูเข้มข้น แต่จุดที่ 2 และจุดที่ 3 ให้ spot ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพราะสารละลายเจือจาง (ในการ spot แต่ละจุดใช้ capillary tube แยกจากกัน) จากนั้นเตรียม chromatography tank ใส่ตัวพา คือ โทลูอีน ลงไปให้สารละลายอยู่สูงจากระดับก้น chromatography tank ประมาณ 0.8 cm ปิดฝาให้สารละลายอิมมิด

ใน tank ก่อน จากนั้นนำแผ่น TLC ที่เตรียมไว้แล้ว ไป develop ด้วยตัวพา จากนั้นนำไปพ่นด้วยน้ำยาพ่น anisaldehyde -  $H_2SO_4$  ภายในตู้ควันจนทั่ว แล้วนำแผ่น TLC ที่พ่น reagent ไปวางบน hot plate จนโครมาโทแกรมปรากฏขึ้น จึงสืบออกมา ทำตำแหน่งและสีทุกจุดหาค่า  $R_f$  แต่ละจุดเปรียบเทียบกับ

6. การเตรียมสารละลาย แอนิแซลดีไฮด์ ในกรดซัลฟูริก

ละลายสารละลายแอนิแซลดีไฮด์  $1\text{ cm}^3$  ในกรด  $H_2SO_4$  เข้มข้น  $4\text{ cm}^3$  แล้วเติม  $C_2H_5-OH$   $95\text{ cm}^3$  คนให้เข้ากัน สารละลายต้องเตรียมแล้วใช้ทันที

## รายงานผลการทดลอง การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูแห้ง

ชื่อผู้รายงาน.....เลขที่.....กลุ่ม.....สาขาวิชา.....  
ผู้ร่วมงาน 1. ....เลขที่.....กลุ่ม.....สาขาวิชา.....  
2. ....เลขที่.....กลุ่ม.....สาขาวิชา.....  
3. ....เลขที่.....กลุ่ม.....สาขาวิชา.....  
วันที่.....เดือน..... พ.ศ. ....  
อาจารย์ผู้สอน.....

### 1. ผลการทดลอง

- 1.1 กลิ่นของสารละลายที่ได้จากการกลั่นด้วยไอน้ำ.....
- 1.2 กลิ่นของน้ำมันที่สกัดได้.....
- 1.3 น้ำหนักของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้.....
- 1.4 % yield = .....
- 1.5 น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ ประกอบด้วย  
.....  
.....
- 1.6 ผลการวิเคราะห์ด้วย TLC  
.....  
.....  
.....  
.....

## คำถามหลังการทดลอง

คำถาม 1      ทำไมของเหลวที่ได้จากการกลั่นจึงขุ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งของเหลวที่ได้จากการกลั่นตอนแรก ๆ

คำตอบ

คำถาม 2      จะมีวิธีการแยกสารที่ได้จากการกลั่นให้บริสุทธิ์ได้อย่างไร

คำตอบ

คำถาม 3      จะมีวิธีการตรวจสอบสูตรโครงสร้างของน้ำมันที่สกัดได้อย่างไร

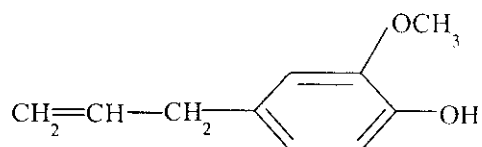
คำตอบ

คำถาม 4      ถ้าไม่มีเครื่องมือที่จะใช้ตรวจสอบสูตรโครงสร้าง ท่านจะใช้วิธีใดเพื่อตรวจสอบสูตรโครงสร้างได้

คำตอบ

## เอกสารอ่านเพิ่มเติม

Eugenol เป็นน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกานพลู มีสูตรโครงสร้างเป็นสารประกอบอะโรมาติก และมีหมู่ phenolic ether และ unsaturated side chain ดังสูตรโครงสร้าง



Eugenol เป็นเครื่องเทศที่มีสีและกลิ่นเฉพาะตัว ใช้ทำยา ยาสีฟัน และเป็นยาฆ่าเชื้อได้ Eugenol เป็นของเหลว มี b.p. 255 °C m.p. -9 °C ไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ เนื่องจากมีจุดเดือดสูงจึงสามารถสกัดโดยใช้ไอน้ำได้ดี

### การสกัด Eugenol จากดอกกานพลู

ในการสกัด Eugenol จากดอกกานพลูโดยใช้วิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) แล้วสกัดสารละลายที่ได้จากการกลั่นด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane) และพิสูจน์สูตรโครงสร้างได้โดยใช้วิธีการทาง IR และ <sup>1</sup>H-NMR spectroscopy

### วิธีการทดลอง

บดดอกกานพลูแห้งหยาบประมาณ 10 กรัม ในโถรงบด แล้วใส่ในขวดก้นกลม เติมน้ำกลั่นประมาณ 150 cm<sup>3</sup> นำไปกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) ระมัดระวังอย่าให้สารละลายล้นออกนอกขวดกลั่น กลั่นจนกระทั่งสารละลายเหลือประมาณ 100 cm<sup>3</sup> สังเกตสีและกลิ่นสารละลายที่ได้จากการกลั่น ทิ้งให้สารละลายที่ได้จากการกลั่นเย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วถ่ายสารละลายใส่ในกรวยแยกขนาด 150 cm<sup>3</sup> สกัด 3 ครั้ง ด้วย CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> ครั้งละ 10 cm<sup>3</sup> (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> ความหนาแน่นมากกว่าน้ำจะอยู่ชั้นล่าง) ถ่ายสารละลายที่สกัดได้รวมกันในขวดก้นกลมขนาด 100 cm<sup>3</sup> นำไปกลั่นจนกระทั่งสารละลายเหลืออยู่ประมาณ 5-7 cm<sup>3</sup> เรียกว่า crude residue ทิ้งให้เย็น แล้วถ่ายใส่ใน

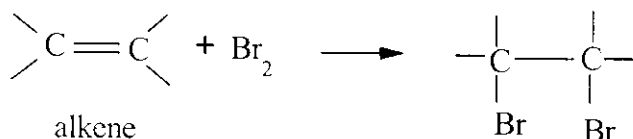
บีกเกอร์ขนาด 50 cm<sup>3</sup> ล้างกันขวดด้วย CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> ประมาณ 2-3 cm<sup>3</sup> แล้วเทใส่รวมกับสารในบีกเกอร์ แล้วนำไประเหยไล่ CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> บน water bath โดยทดลองในตู้ควัน จนกระทั่งเหลือน้ำมันที่สกัด จากดอกกานพลู ซึ่งมีสีเหลืองซีดประมาณ 500-750 มิลลิกรัม หลังจากนั้นนำสารที่สกัดได้ไปวิเคราะห์หาสูตรโครงสร้างด้วยวิธีทาง IR และ NMR spectroscopy หรือทำสอบโดยการทดสอบ หา carbon - carbon double bond และหา phenolic hydroxylgroup

## วิธีการทดสอบ carbon - carbon double bond

### โดยใช้วิธีการทดสอบด้วยสารละลายโบรมีน

#### วิธีทดลอง

หยด Eugenol ที่เตรียมได้ 3 หยด ลงในสารละลาย CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> ที่เตรียมไว้ 10 หยด แล้วค่อย ๆ หยดสารละลายโบรมีน ในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ หรือไดคลอโรมีเทน สังเกตผลของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบสีสารละลายโบรมีนก่อนและหลังการทดลอง สมการการเกิดปฏิกิริยา



(ไม่มีสี) (สีแดงก่อนไปทางสีน้ำตาล) ไม่มีสี

## วิธีการทดสอบ Phenol และ Enol ด้วย FeCl<sub>3</sub>

สารประกอบพวก Phenol และ Enol จะให้สีชมพู ม่วง หรือเขียว เมื่อทดสอบด้วยสารละลาย FeCl<sub>3</sub> โดยจะให้สีได้ขึ้นอยู่กับสูตรโครงสร้างของ Phenol และ Enol ของสารที่จะทดสอบ การเกิดสีเกิดจากการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน (coordination complex) กับเหล็ก แต่กับสารประกอบประเภทแอลกอฮอล์ (ordinary alcohol) จะไม่เกิดปฏิกิริยา การทดสอบด้วยวิธีนี้ เป็นวิธีที่ดีที่สุดที่จะแยกความแตกต่างระหว่างสารประกอบพวก ฟีนอลและแอลกอฮอล์

## วิธีทดลอง

เตรียมหลอดทดสอบ 5 หลอด หลอดที่ 1 และหลอดที่ 2 ใส่สารละลายหรือผลึกของสารพวกฟีนอลหรือสารพวกแอลกอฮอล์ หลอดที่ 3 ใส่ 2,4 – pentanedione หลอดที่ 4 ใส่ 2-propanol หลอดละ 2 หยด และเติมน้ำลงไปทุกหลอด ๆ ละ 5 cm<sup>3</sup> หลอดที่ 5 ใช้เปรียบเทียบ (ควบคุม) แล้วหยดสารละลาย 1 % FeCl<sub>3</sub> 3 หยดลงไปทุกหลอด เขย่าสังเกตและบันทึกผล

บทเรียนสำเร็จรูปที่ 4  
การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท  
The Synthesis of Isoamylacetate

โดย

รองศาสตราจารย์ กุลยา จันทร์อรุณ

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

2549

## คำแนะนำในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

1. ทำแบบทดสอบก่อนเรียนของบทเรียนสำเร็จรูป
2. ศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปสำหรับนักศึกษา บทเรียนนี้ประกอบด้วยบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท ใช้เวลาทั้งสิ้น 6 คาบ
3. ปฏิบัติการทดลองตามกิจกรรมที่กำหนด
4. รายงานผลการทดลองตามกิจกรรมในบทเรียน
5. ตอบคำถามท้ายการทดลอง
6. ทำแบบทดสอบหลังจากเรียนจบชุดการเรียนนี้แล้ว
7. นักศึกษาสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากหนังสืออ่านประกอบที่เสนอแนะไว้ท้ายบทเรียน

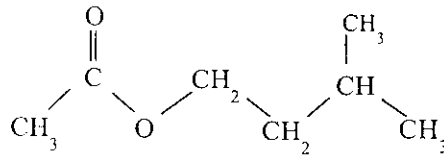
# บทเรียนสำเร็จรูปที่ 4

## บทเรียนสำหรับนักศึกษา

### การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท (Isoamylacetate)

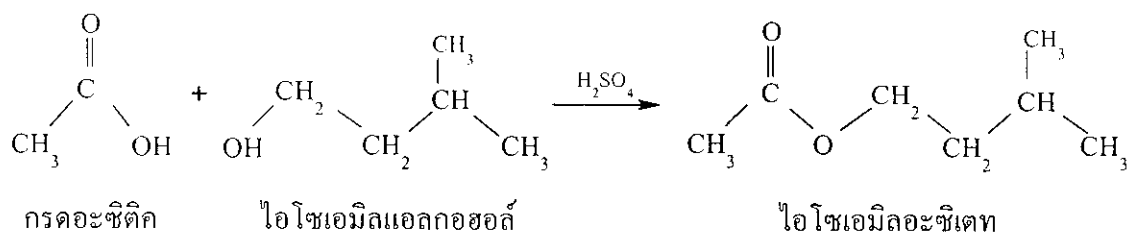
#### 4.1 การสังเคราะห์

ไอโซเอมิลอะซิเตท หรือ 3-methyl-1-butyl acetate มีสูตร คือ



เป็นสารประกอบประเภทเอสเทอร์ที่มีกลิ่นเฉพาะตัวที่มีองค์ประกอบหลักตัวหนึ่งที่ทำให้กลิ่นที่ผึ้งใช้สื่อสารถึงกันซึ่งเรียกสารสื่อสารนี้ว่าเฟอโรโมน (pheromone) ซึ่งไอโซเอมิลอะซิเตท เป็นองค์ประกอบหลักของเฟอโรโมนประเภท alarm pheromone ของผึ้ง ๆ จะใช้กลิ่นเฟอโรโมนชนิดนี้สื่อสารกัน เพื่อเตือนให้รู้กันถึงภัยอันตรายที่จะมาใกล้ ทดสอบได้โดยนำลำไส้ขุบสารไอโซเอมิลอะซิเตทไปไว้ใกล้ ๆ รังผึ้ง จะทำให้ผึ้งแตกตื่นและดุร้าย

ไอโซเอมิลอะซิเตทสังเคราะห์จากไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ (isoamyl alcohol) และกรดอะซิติก โดยใช้กรดกำมะถันและความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา นำสารผลผลิตไปทำให้บริสุทธิ์โดยการกลั่นที่ความดันบรรยากาศ



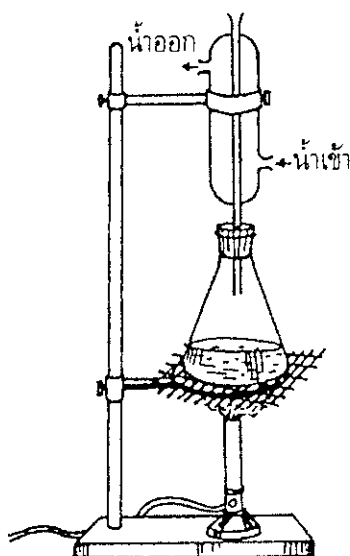
## 4.2 วัตถุประสงค์ หลังจากจบบทเรียนนี้แล้วนักศึกษามีความสามารถ ดังนี้

- 2.1 รู้กลไกการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดอินทรีย์กับแอลกอฮอล์
- 2.2 สามารถสังเคราะห์สารเอสเทอร์ไอโซเอมิลอะซิเตทได้
- 2.3 รู้จักเลือกและใช้เครื่องมือในการสังเคราะห์สารได้อย่างถูกต้อง

## 4.3 การทดลอง เรื่องการสังเคราะห์สารไอโซเอมิลอะซิเตท

### วิธีการทดลอง

1. ใช้กระบอกตวง ๆ ไอโซเอมิลแอลกอฮอล์  $20 \text{ cm}^3$  ใส่ในขวดก้นกลมขนาด  $100 \text{ cm}^3$  และกรดอะซิติก ชนิด glacial  $25 \text{ cm}^3$  (ทำในตู้ควัน) ใส่เม็ดเตี๊อด 2 - 3 เม็ดลงไปแล้วค่อย ๆ เติมกรดกำมะถันเข้มข้นทีละ  $1 \text{ cm}^3$  ลงไปประมาณ  $4 \text{ cm}^3$  พร้อมกับแกว่งขวดไปด้วย แล้วนำไปเสียบเครื่องควบแน่นเข้ากับขวดน้ำไปต้มแบบการกลั่นไหลกลับ (reflux) โดยใช้ไฟความร้อนปานกลาง และเปิดน้ำเข้าเครื่องอย่างแรงเกินไป เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปล่อยให้ของเหลวเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง



รูปที่ 4.1 การกลั่นไหลกลับ

2. ถ่ายของเหลวที่เย็นแล้วลงในกรวยแยกเติมน้ำเย็น 60 cm<sup>3</sup> เติมน้ำเย็นอีก 15 cm<sup>3</sup> ล้างสารผสมที่อาจค้างอยู่ในขวดก้นกลม แล้วเทรวมในกรวยแยก ปิดจุกกรวยแยกแกว่งสารละลายไปทางเดียวกัน ทิ้งให้สารผสมแยกชั้นไขแยกชั้นน้ำ (ชั้นล่าง) ออก เก็บชั้นสารอินทรีย์ไว้ในกรวยแยกค่อย ๆ เติมสารละลาย 5 % NaHCO<sub>3</sub> 25 cm<sup>3</sup> แกว่งกรวยเบา ๆ จนไม่มีฟองแก๊สปิดจุกแกว่งกรวยวนไปทางเดียวกันเบา ๆ จนไม่มีฟองแก๊สเกิดขึ้น ระบายความดันออกทางก๊อกเปิดก๊อกไขเอาชั้นล่างออกสกัดซ้ำด้วย 5 % NaHCO<sub>3</sub> 25 cm<sup>3</sup> แล้วตรวจสอบสารละลายที่ไขออกมาว่ามีฤทธิ์เป็นเบสหรือไม่ ถ้ายังไม่เป็นให้สกัดซ้ำตามวิธีเดิมจนกระทั่งชั้นน้ำที่แยกออกมามีฤทธิ์เป็นเบส ไขชั้นน้ำทิ้ง

3. เติมน้ำ 25 cm<sup>3</sup> และน้ำเกลืออิ่มตัว 5 cm<sup>3</sup> แกว่งเบา ๆ แล้วแยกชั้นล่างทิ้งไปเทชั้นบนใส่ขวดรูปกรวย เติมนิกนีสีชมพูซัลเฟตแอนไฮดรัส 2 กรัม ลงในขวดเพื่อดูคือน้ำ แกว่งขวดจนของเหลวในขวดมีลักษณะใส ถ้ายังไม่ใสเติมลงไปอีกเล็กน้อย

4. กรองของเหลวในขวดใส่ขวดก้นกลมที่แห้งขนาด 50 cm<sup>3</sup> เติมน้ำเดือด 2-3 เม็ด (boiling ship) นำไปกลั่นด้วยชุดกลั่นแบบธรรมดา โดยเสียบเทอร์โมมิเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิของไอที่กลั่นได้ เก็บของเหลวที่กลั่นได้ช่วงอุณหภูมิจุดเดือดประมาณ 136-143 °C หย่ากลั่นจนของเหลวแห้งซึ่งน้ำหนักของเหลวที่กลั่นได้ นำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ yield เก็บสารผลิตภัณฑ์ที่กลั่นได้ส่งเพื่อตรวจสอบต่อไปโดยใช้ IR - spectrometer ศึกษา spectrum ที่ได้

5. นำผลิตภัณฑ์ที่กลั่นได้ไปหา สเปกตรัมของไอโซเอมิลอะซิเตท โดยใช้วิธีการทาง IR - spectrophotometry

6. ส่งสารผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้พร้อมรายงานผลการทดลอง

#### 4.4 ข้อควรระวัง

1. เครื่องแก้วที่ใช้กลั่นต้องแห้ง ถ้าไม่แห้งใช้อะซิโตนฉีดล้างก่อน
2. ในการกลั่นไม่ควรใช้เปลวไฟร้อนแรงเกินไป และใส่น้ำเดือดตลอดทุกครั้ง

## รายงานผลการทดลอง การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท

ชื่อผู้รายงาน.....เลขที่.....กลุ่ม.....สาขาวิชา.....

ผู้ร่วมงาน 1. ....เลขที่.....กลุ่ม.....สาขาวิชา.....

2. ....เลขที่.....กลุ่ม.....สาขาวิชา.....

3. ....เลขที่.....กลุ่ม.....สาขาวิชา.....

วันที่.....เดือน..... พ.ศ. ....

อาจารย์ผู้สอน.....

### 1. ผลการทดลอง

1.1 จุดเดือดของของเหลวที่สังเคราะห์ได้.....°C

1.2 % yield ของผลิตภัณฑ์ที่ได้.....

1.3 สารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์ คือ .....

1.4 สารผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ คือ.....

มีสูตรทางเคมี.....

1.5 น้ำหนักสูงสุดของสารผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้ประมาณ.....

1.6 สเปกตรัมที่ได้จากการศึกษาด้วย IR - spectrometer คือ.....

### 2. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

## คำถามหลังจากการทดลอง

### เรื่อง การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท

คำถาม 1            ในขั้นตอนการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต แก๊สที่เกิดขึ้น คือ แก๊สอะไร

ตอบ

คำถาม 2            เขียนสมการการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างไอโซเอมิลแอกอฮอล์กับ กรดอะซิติก

ตอบ

คำถาม 3            ในขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันทำไมต้องใส่กรดกำมะถันเข้มข้นลงไป

ตอบ

คำถาม 4            ในการกลั่นทำไมต้องใส่เม็ดเดือดทุกครั้ง

ตอบ

คำถาม 5            ในการกลั่นควรจัดตำแหน่งของเทอร์มอมิเตอร์อยู่ในระดับใดจึงเหมาะสม เพราะเหตุใด

ตอบ

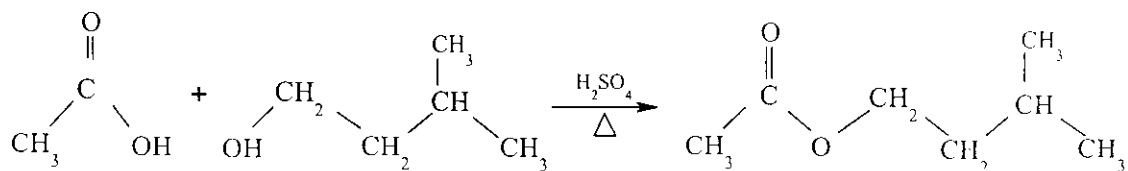
## เอกสารอ่านเพิ่มเติม

### การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท

การสังเคราะห์สาร หมายถึง การทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกับสารใด ๆ ภายใต้อาการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ต้องการมากที่สุดและได้ผลผลิตที่ไม่ต้องการน้อยที่สุด สถานะการควบคุมได้แก่สิ่งเร้าที่กระทำจากภายนอก ระบบ เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความเข้มข้น 80 และสาร เป็นต้น การควบคุมสถานะเหล่านี้เหมาะสมและเท่าที่จำเป็น จะทำให้ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นดำเนินไปอย่างมีขอบเขต และได้ผลผลิตจากการสังเคราะห์ตามที่ต้องการ การสังเคราะห์สารมีประโยชน์มากในทางเคมี ซึ่งสรุปได้เป็นใจความสำคัญหลายประการดังนี้ คือ ทำให้ได้สารประกอบที่ไม่มีในธรรมชาติ หรือถึงจะมีแต่หายาก ทำให้สามารถเตรียมสารประกอบที่ต้องการได้ในปริมาณครั้งละมาก ๆ และทำให้ได้สารมาตรฐานที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบในการใช้พิสูจน์เอกลักษณ์ของสารนั้น ๆ ที่ได้มาจากแหล่งกำเนิดหรือแหล่งผลิตอื่น ๆ

### การสังเคราะห์ไอโซเอมิลอะซิเตท

ไอโซเอมิลอะซิเตท เป็นสารประกอบประเภทเอสเทอร์ที่เกิดจากการสังเคราะห์จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน (esterification) ระหว่างไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ (isoamyl alcohol) หรือ (3-methylbutane - 1 - ol) กับกรดอะซิติก (glacial acetic acid) โดยใช้กรดกำมะถันเข้มข้น ( $H_2SO_4$  conc.) และความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา กรดอะซิติกมีราคาถูกจึงเลือกใช้กรดอะซิติกให้มากเกินพอ เพื่อผลักดันให้เกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างสมบูรณ์ หลังจากเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์แล้วจึงนำสารที่สังเคราะห์ได้ไปทำให้บริสุทธิ์โดยการกลั่นแบบไหลกลับ (reflux) ที่ความดันบรรยากาศ ปฏิกิริยาการเกิดดังสมการ



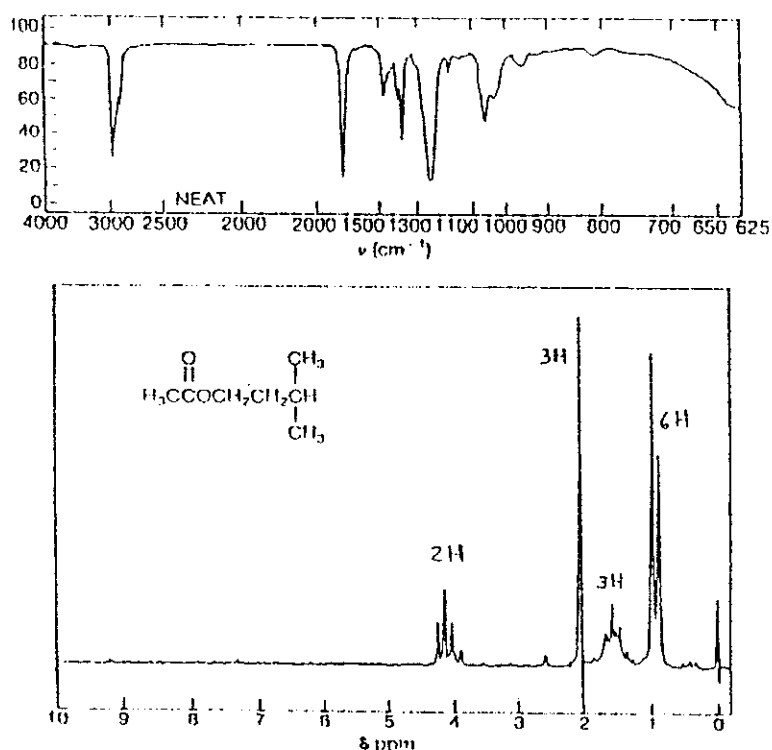
สารไอโซเอมิลอะซิเตทที่สังเคราะห์ได้จะมีกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักตัวหนึ่งของสารให้กลิ่นที่ผึ้งใช้สื่อสารถึงกัน ซึ่งเรียกว่า เฟอโรโมน (Pheromone) โดยจัดเป็นประเภท alarmpheromone โดยผึ้งจะใช้กลิ่นของเฟอโรโมนประเภทนี้สื่อสารกันเพื่อเตือนให้รู้ถึงอันตรายของศัตรูที่มาใกล้ สารไอโซเอมิลอะซิเตทมีจุดเดือดที่  $142^\circ\text{C}$  ปริมาณที่สังเคราะห์ได้ หา % yield โดยใช้สูตร

$$\begin{aligned} \% \text{ yield} &= \frac{\text{ปริมาณสารผลผลิตคิดเป็นร้อยละของปริมาณสารผลผลิตสูงสุดที่เป็นไปได้}}{\text{ปริมาณสารผลผลิตสูงสุดที่เป็นไปได้}} \times 100 \\ &= \frac{\text{น้ำหนักของสารผลผลิตที่ได้}}{\text{น้ำหนักสูงสุดของสารผลผลิตที่เป็นไปได้}} \times 100 \end{aligned}$$

น้ำหนักสูงสุดของสารผลผลิตที่เป็นไปได้คิดได้จากสมการ

$$= \frac{\text{จำนวนโมลของสารผลผลิตจากสมการ} \times \text{น้ำหนักโมเลกุลของสารผลผลิต} \times \text{น้ำหนักสารตั้งต้นที่ใช้}}{\text{จำนวนโมลของสารตั้งต้น} \times \text{น้ำหนักโมเลกุลของสารตั้งต้น}}$$

การพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารที่สังเคราะห์ได้โดยวิธีการทางสเปกโทรสโกปี (spectroscopy) เปรียบเทียบกับสเปกตรัม (spectrum) ของสารมาตรฐานของไอโซเอมิลอะซิเตท โดยใช้สเปกตรัมจาก IR – spectrophotometry และ NMR – spectrophotometry



รูปที่ 4.2 IR และ NMR สเปกตรัมของไอโซเอมิลอะซิเตท

ที่มา (ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์, ภาควิชาเคมีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542, p .65.)

**บทเรียนสำเร็จรูปที่ 5**  
**ปฏิกิริยาไนเตรชัน**  
**Reaction of Nitration**

โดย

**รองศาสตราจารย์ กุลยา จันทร์อรุณ**

**สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**  
**มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก**

**2549**

## คำแนะนำในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

1. ทำแบบทดสอบก่อนเรียนของบทเรียนสำเร็จรูป
2. ศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปสำหรับนักศึกษา บทเรียนนี้ ประกอบด้วย บทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง ไนเตรชัน ใช้เวลาทั้งสิ้น 6 คาบ
3. ปฏิบัติการทดลองตามกิจกรรมที่กำหนด
4. รายงานผลการทดลองตามกิจกรรมในบทเรียน
5. ตอบคำถามท้ายการทดลอง
6. ทำแบบทดสอบหลังจากเรียนจบชุดการเรียนรู้แล้ว
7. นักศึกษาสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากหนังสืออ่านประกอบที่เสนอแนะไว้ท้ายบทเรียน

# บทเรียนสำเร็จรูปที่ 5

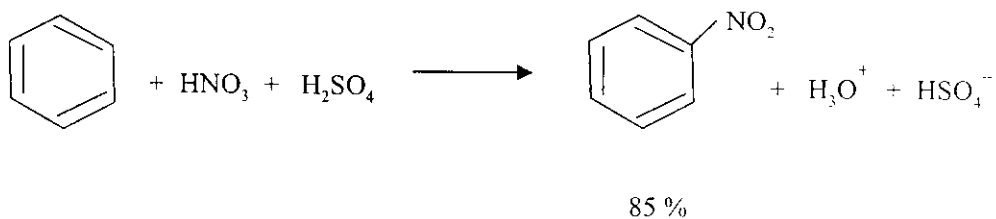
## บทเรียนสำหรับนักศึกษา

### ปฏิกิริยาในเตรซัน

#### (Nitration of Aromatic Compound)

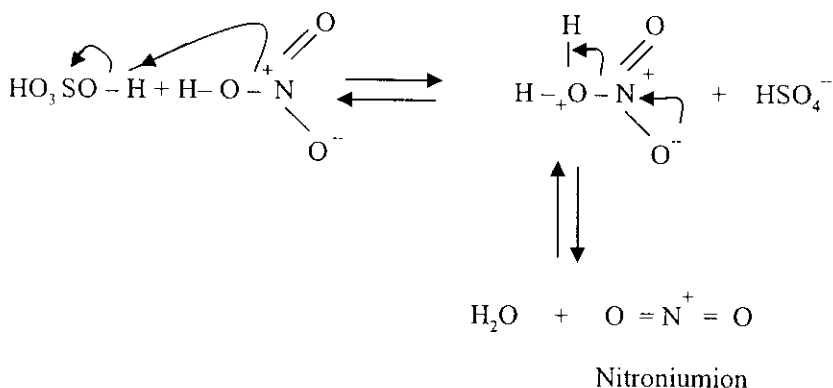
##### 5.1 ปฏิกิริยาในเตรซัน

เป็นปฏิกิริยาแทนที่แบบอิเล็กโตรฟิลิก (electrophilic substitution) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่สำคัญของสารประกอบอะโรมาติก (aromatic) ที่มีวงเบนซีน (benzene ring) เป็นองค์ประกอบในเตรซัน คือ ปฏิกิริยาที่มีหมู่ไนโตร (-NO<sub>2</sub>) เข้าแทนที่ไฮโดเจนในวงเบนซีน โดยเบนซีนทำปฏิกิริยากับกรดไนตริกและกรดซัลฟิวริกเข้มข้นและร้อนจะได้ไนโตรเบนซีนเป็นผลิตภัณฑ์ ดังปฏิกิริยา

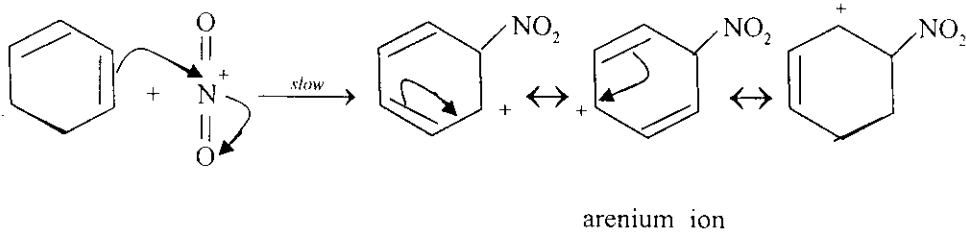


กลไกของปฏิกิริยา ดังนี้

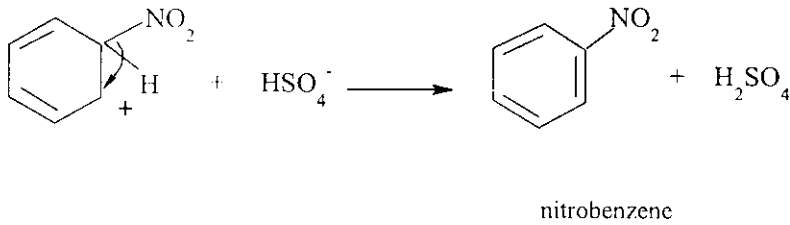
ขั้นที่ 1 กรดไนตริกและกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ทำปฏิกิริยากันได้ ไนโตรเนียมไอออน (nitronium ion, NO<sub>2</sub><sup>+</sup>) เป็นผลิตภัณฑ์



ขั้นที่ 2 ไนโตรเนียมไอออนทำหน้าที่เป็นอิเล็กโตรไฟล์ เข้าแทนที่ไฮโดรเจนที่วงเบนซีน ให้แอรินียมไอออนเกิดขึ้น



ขั้นที่ 3 ขจัดไฮโดรเจนของแอรินียมไอออนได้ในโตรเบนซีน



## 5.2 วัตถุประสงค์

หลังจากจบบทเรียนนี้แล้วนักศึกษามีความสามารถดังนี้

- 2.1 สามารถเตรียมไนโตรเบนซีนได้
- 2.2 รู้จักเลือกและใช้เครื่องมือและสารเคมีในการเตรียมสารได้อย่างถูกต้อง
- 2.3 อธิบายผลการทดลองและเขียนกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ถูกต้อง
- 2.4 สามารถพิสูจน์ได้ว่าสารที่เตรียมได้ คือ ไนโตรเบนซีน

## 5.3 การทดลอง เรื่อง การเตรียมไนโตรเบนซีน

### วิธีทดลอง

1. ใส่กรดกำมะถันเข้มข้น 20 cm<sup>3</sup> ลงในขวดรูปกรวย ขนาด 100 cm<sup>3</sup> แล้วค่อย ๆ เติมกรดไนตริกเข้มข้น 17 cm<sup>3</sup> ทีละน้อย ๆ เขย่าขวดและทำให้เย็นโดยสลับแช่ในน้ำ จนกระทั่งสารที่ผสมกันเย็นลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง

2. ใส่เบนซีน 15 cm<sup>3</sup> ลงในขวดก้นกลมขนาด 150 cm<sup>3</sup> แล้วค่อย ๆ รินกรดที่ผสมลงในขวดใส่เบนซีนครั้งละประมาณ 5 cm<sup>3</sup> ผสมของเหลวให้เข้าทำปฏิกิริยากัน โดยการแกว่งขวดเป็นวงไปทางเดียวกัน พร้อมกับวัดอุณหภูมิของสารในขวดตลอดเวลา ถ้าอุณหภูมิสูงเกิน 60 °C ให้นำไปแช่ในน้ำเย็นไม่ให้เกิน 60 °C เมื่ออุณหภูมิลดลงไม่ต่ำกว่า 50 °C ค่อย ๆ เติมกรดลงไปอีกครั้ง ๆ ละประมาณ 5 cm<sup>3</sup> จนกระทั่งกรดหมด เมื่อเติมกรดผสมหมดให้เขย่าขวดต่อไปโดยไม่ต้องแช่ในน้ำเย็นอีกเพื่อให้ของเหลวทำปฏิกิริยากันโดยสมบูรณ์จนอุณหภูมิลงจนเย็น

3. เทของเหลวที่เย็นลงในกรวยแยก ไซชั่นล่างซึ่งเป็นชั้นของกรดผสมทิ้ง ล้างชั้นของเหลวอินทรีย์ที่เตรียมได้ด้วยน้ำกลั่น 25 cm<sup>3</sup> แล้วล้างด้วย 0.5 M NaOH 25 cm<sup>3</sup> แล้วล้างอีกครั้งด้วยน้ำอีก 25 cm<sup>3</sup> แยกชั้นน้ำทิ้ง นำสารละลายไนโตรเบนซีนใส่ขวดรูปกรวยเติม anhydrous CaCl<sub>2</sub> ลงไปเพื่อดูดน้ำประมาณ 3 กรัม อุณหภูมิละลายบน water bath พร้อมเขย่าขวดเบา ๆ บ่อย ๆ จนสารละลายใส นำสารละลายมากรองด้วยกรวยแก้ว ใส่ของเหลวในขวดกลั่นขนาด 50 cm<sup>3</sup> กลั่นเก็บส่วนที่กลั่นได้ที่อุณหภูมิประมาณ 206 – 212 °C

4. นำสารที่เตรียมได้มาวิเคราะห์ด้วย TLC เทียบกับสารละลายไนโตรเบนซีนมาตรฐาน โดยใช้สภาวะในการทำ TLC ดังนี้ stationary phase ใช้ silicagel mobile phase ใช้ ethylacetate : petroleum ether อัตราส่วน 1 : 9 ดูโครมาโทแกรมภายใต้แสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 nm ทำเครื่องหมายตำแหน่งและขนาดของจุด หรือนำแผ่น TLC ไปพ่นด้วย 3 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> แล้วนำไปอังบน hotplate จนมีจุดปรากฏ บันทึกผลวาดรูปโครมาโทแกรมและหาค่า R<sub>f</sub>

## 5.4 ข้อควรระวัง

1. ในการแยกชั้นไนโตรเบนซีน ซึ่งมี ก.พ.1.2 มักจะเกิดอิมันชันให้ล้างกรดออกให้หมด จึงกลั่นเบนซีนที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาจะกลั่นออกมาก่อน ส่วนไนโตรเบนซีนจะกลั่นออกมาที่ 211 °C

2. อย่านำกลิ่นของเหลวในขวดกลั่นแห้ง เพราะในการเตรียมมี m – dinitrobenzene ปนอยู่ จะระเบิดได้ เมื่ออุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของไนโตรเบนซีน

## รายงานผลการทดลอง การเตรียมไนโตรเบนซีน

ชื่อผู้รายงาน.....เลขที่.....กลุ่ม.....สาขาวิชา.....

ผู้ร่วมงาน 1. ....เลขที่.....กลุ่ม.....สาขาวิชา.....

2. ....เลขที่.....กลุ่ม.....สาขาวิชา.....

3. ....เลขที่.....กลุ่ม.....สาขาวิชา.....

วันที่.....เดือน..... พ.ศ. ....

อาจารย์ผู้สอน.....

### 1. ผลการทดลอง

1.1 จุดเดือดของไนโตรเบนซีน..... °C

1.2 % yield ของผลิตภัณฑ์ที่ได้.....

1.3 ค่า  $R_f$  ที่ได้จากการทดลอง.....

1.4 กลไกการลดปฏิกิริยา คือ

1.5 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลอง คือ

### 2. วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ รองศาสตราจารย์กุลยา จันทร์อรุณ

**Assoc.Prof. Kulaya Junarun**

รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ : รหัส 38 – 30 – 0039

### ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2511	กศ.บ. (เคมี) วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร
พ.ศ. 2524	วท.ม. (การสอนเคมี) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ. 2530	Cert in Food Processing, Canada
พ.ศ. 2540	Cert in Application of Spectroscopy of Organic Compound University of Newcastle, Australia

### ความสนใจ และความชำนาญ

- สาขาการอบแห้ง : Drying Technology
- การอนุรักษ์พลังงาน
- อินทรีย์เคมี ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ