

การพัฒนาศักยภาพปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี

ปริญญานิพนธ์
ของ
พรทิพย์ วงษ์นาป่า

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
กุมภาพันธ์ 2548
ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี

28 เม.ย. 2548

บทคัดย่อ
ของ
พรทิพย์ วงษ์นาป่า

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
กุมภาพันธ์ 2548

๒ ๒๖๔๕๕๔

พรทิพย์ วงษ์นาป่า. (2548). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ ดร. ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์, รองศาสตราจารย์ ดร. สุนิตย์ สุขสำราญ, อาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย 3 ประการคือ 1) เพื่อศึกษาวิธีการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด และทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ เพื่อนำผลจากการทดลองไปสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) เพื่อพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด 3) เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลองและเจตคติของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

การวิจัยนี้ ได้ดำเนินการ 3 ขั้นตอน คือ

1. การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

2. การพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 บท ได้แก่

1) เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด 2) เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ 3) เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ และ 4) เรื่อง การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่

3. การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 30 คน กลุ่มทดลองเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กลุ่มควบคุมเรียนโดยวิธีการสอนแบบปกติ ใช้แบบแผนการวิจัยแบบ Randomized control group post-test only design และ One group pretest post-test design การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ t-test แบบ Independent และแบบ Dependent

ผลการวิจัย ปรากฏดังนี้

1. ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นไปตามทฤษฎีที่ได้ศึกษาค้นคว้าและสามารถนำไปพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ได้

2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 4 บท มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

3. นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

4. นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลองและเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

A DEVELOPMENT OF SCIENCE LABORATORY DIRECTIONS ON EXTRACTION AND
ISOLATION OF XANTHONES FROM MANGOSTEEN FRUITS FOR TWELFTH GRADE
STUDENTS IN CHANTHABURI PROVINCE

AN ABSTRACT
BY
PORNTIP WONGNAPA

Presented in partial fulfillment of requirements
for the Master of Education degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
February 2005

Porntip Wongnapa. (2005). *A Development of Science Laboratory Directions on Extraction and Isolation of Xanthoness from Mangosteen Fruits for Twelfth Grade Students in Chanthaburi Province*. Master thesis, M.Ed.(Science Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Dr. Natthapong Charoenpit, Assoc. Prof. Dr. Sunit Suksamrarn, Dr. Sompratana Wongboonnuk.

The purposes of this research were threefold: 1) to extract and isolate xanthoness from mangosteen fruits and to inspect properties of the extracted xanthoness for consecutive application in developing science laboratory directions, 2) to develop and investigate qualities of science laboratory directions on extraction and isolation of xanthoness from mangosteen fruits, and 3) to study learning achievement of sampled students on knowledge, scientific skills, experimental abilities and attitudes towards the developed directions.

The procedure of the research consisted of 3 parts; namely: 1) performing the scientific experiments in laboratory 2) developing and investigating the qualities of the science laboratory directions which comprised 4 chapters: a) Extraction and Isolation of Xanthoness from Mangosteen Fruits, b) Purification of Xanthoness by Means of Paper Chromatography, c) Inspection of Properties of Xanthoness, d) Application of the Extracted Xanthoness in Making Soap 3) experimental teaching, utilizing 60 twelfth grade students of Benjamarachutis School in Chanthaburi Province, as sample with the innovated directions, the sampled students were divided into 2 groups as experimental and control groups, each of 30 students. The experimental group exposed to the developed directions whereas the control group to a regular teaching manual. Research design of the study was the Randomized Control Group Post-Test Only design and the One Group Pretest Post-Test design. Basic quantitative data were statistically analyzed by means of t-test for Independent and Dependent Samples.

The results of this research were as follows:

- 1) the results gained from the experiments performed in the laboratory agreed with the underlied theories studied and were applicable for innovating the science laboratory directions,
- 2) all of the four science laboratory directions developed were highly qualified,
- 3) the post-test scores of the experimental group were significantly higher than those of the control group

4) the experimental group showed significantly higher average post-test scores on knowledge, scientific skills, experimental abilities and the attitudes towards the developed directions.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การพัฒนาศักยภาพปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแทนโตนจากผลมังคุด
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี

ของ
นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

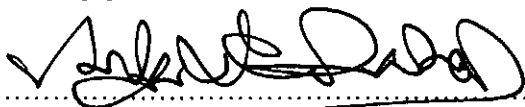
/๒๕๖๓

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)

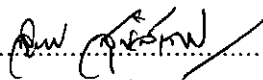
วันที่ ๔ เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๓

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์



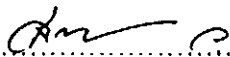
.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์)



.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุนิตย์ สุขสำราญ)



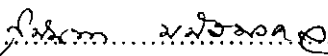
.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก)



.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ ดร. สอนง ทองปาน)



.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ ดร. สุนันทา มนัสมงคล)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้เพราะได้รับความกรุณาเป็นอย่างดียิ่งจาก
รองศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.
สุนิตย์ สุขสำราญ และอาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก กรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณา
อุทิศเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการทำวิจัยตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆมา
โดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. สอน ทองปาน และ อาจารย์ ดร. สุนันทา
มนัสมงคล ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์ รองศาสตราจารย์ ดร.
พนิตี ระตะนากุล อาจารย์ ดร. ศิริกานต์ ผาสุข อาจารย์ธานีรินทร์ ปัญญาวัฒนากุล และ
อาจารย์สุจินต์ ประเสริฐภักดิ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ เกษร พะลัง รองศาสตราจารย์ ดร. จินดา
แต่้มบรรจง อาจารย์ นิรันดร์ พงษ์พันธ์ุ ที่กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือในด้านวิชาเคมี

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี ตลอดจน
คณาจารย์ทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และนักเรียนชั้นมัธยม
ศึกษาปีที่ 6 ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการเก็บข้อมูลเพื่อ
การวิจัย

ขอขอบพระคุณมารดา พี่สาว อาจารย์ไชแลนด์ วงษ์นาป่า อาจารย์เอนก ท่าม่วง
อาจารย์นัครินทร์ เหมกิตติวัฒน์ อาจารย์ธีรเดช สุพรรณสุด คุณพรรณรัตน์ อาภรณ์พิศาล
เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมี ตลอดจนน้องๆ นิสิตระดับปริญญาโทคณะวิทยาศาสตร์
ภาควิชาเคมีและวิทยาศาสตร์ศึกษา ที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก และให้กำลังใจ
แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ อันเกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่อง
บูชาพระคุณของแผ่นดิน บิดามารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

พรทิพย์ วงษ์นาป่า

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	4
ตอนที่ 2 การพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	6
ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
สมมติฐานในการวิจัย.....	11
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	12
2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด.....	14
มังคุด ลักษณะ ฤทธิ์และประโยชน์ทางยา.....	14
สารประกอบแซนโทน.....	15
ความหมายและแหล่งของสารประกอบแซนโทน.....	15
สารประกอบแซนโทนที่แยกได้จากมังคุด.....	16
ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสารประกอบแซนโทน.....	21
การสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมี.....	22
การสกัดสารด้วยตัวทำละลาย.....	22
การทำให้สารสกัดเข้มข้น.....	28
การแยกส่วนผสม.....	28
การแยกสารด้วยวิธีการตกผลึก.....	29
การแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี.....	30
กระบวนการสำคัญในการแยกสารโดยเทคนิคโครมาโทกราฟี.....	30
เทคนิคโครมาโทกราฟีที่ทำได้ง่ายและไม่ต้องใช้เครื่องมือราคาแพง....	32
การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทน.....	37
การทดสอบสมบัติทางกายภาพของสารประกอบแซนโทน.....	38
การทดสอบสมบัติทางเคมีของสารประกอบแซนโทน.....	39

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
การนำเสนอประกอบแผนท่อนที่สกัดได้จากผลมั่งคุดไปใช้ทำสบู่.....	41
ความหมาย การเตรียมและปฏิบัติการการเตรียมสบู่.....	41
โครงสร้างของสบู่.....	42
วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมสบู่.....	43
การทำงานของสบู่ในการซักล้าง.....	45
เอกสารเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	47
ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	47
จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	48
องค์ประกอบของการสอนแบบปฏิบัติการทดลอง.....	48
กิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	49
ขั้นตอนในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	51
ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	52
เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้.....	54
การประเมินผลการเรียนรู้ด้วยการใช้แบบทดสอบปรนัย.....	56
การประเมินผลการเรียนรู้ด้วยการใช้แบบทดสอบอัตนัย.....	57
การประเมินผลการเรียนรู้ด้วยการตรวจพิจารณาผังมโนทัศน์.....	59
ความหมายของผังมโนทัศน์.....	59
โครงสร้างของผังมโนทัศน์.....	60
ลักษณะสำคัญของผังมโนทัศน์.....	60
ประเภทของผังมโนทัศน์.....	61
การสร้างผังมโนทัศน์.....	63
การนำผังมโนทัศน์มาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน.....	64
เอกสารเกี่ยวกับความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	67
ความหมาย.....	67
ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	68
เอกสารเกี่ยวกับความสามารถในการทำการทดลอง.....	74

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2 (ต่อ)		
	เอกสารเกี่ยวกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	78
	ความหมายของเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	78
	ลักษณะทั่วไปของเจตคติ.....	80
	องค์ประกอบของเจตคติ.....	80
	การประเมินผลการเรียนรู้ด้านของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์.....	81
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	84
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	84
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้และผังมโนทัศน์.....	86
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	91
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการทำการทดลอง.....	93
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	95
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	98
	ขั้นตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	98
	ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	103
	ขั้นตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน.....	110
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	110
	ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสอน.....	111
	เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	111
	เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน.....	112
	แบบทดสอบและแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้.....	113
	แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	118
	แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง.....	120
	แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	122
	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	123
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	125
	สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	126

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	132
ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	132
ตอนที่ 2 การพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	137
ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน.....	139
5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	147
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	147
สมมติฐานการวิจัย.....	147
วิธีดำเนินการวิจัย.....	148
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	149
สรุปผลการวิจัย.....	150
อภิปรายผล.....	154
ข้อเสนอแนะ.....	170
บรรณานุกรม.....	173
ภาคผนวก.....	188
ภาคผนวก ก.....	189
รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย.....	190
ตัวอย่างสำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย.....	191
ภาคผนวก ข.....	198
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	199
คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	266
ภาคผนวก ค.....	293
ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการ	
วิทยาศาสตร์.....	294
ตารางสรุปการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการ	
วิทยาศาสตร์.....	302
ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบ	
ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (แบบทดสอบปรนัย).....	303

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก (ต่อ)	
ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบ ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (แบบทดสอบอัตนัย).....	309
ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมิน คำตอบแบบทดสอบอัตนัย.....	311
ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมิน ผังมโนทัศน์.....	313
ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมิน ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	316
ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมิน ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง.....	322
ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	328
ภาคผนวก ง.....	331
ตารางแสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน.....	332
ตารางสรุปผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน.....	340
ตารางแสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของ แบบทดสอบปรนัย.....	341
ตารางแสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเบี่ยงเบน มาตรฐานของแบบทดสอบอัตนัย.....	345
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้และค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบอัตนัยเรียงตามกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ.....	346
ตารางแสดงคะแนนและค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินผลการเรียนรู้ ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มย่อย 15 คนหลังเรียน.....	348
ตารางแสดงคะแนนและค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้าน ความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คนหลังเรียน	350
ตารางแสดงคะแนนและค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน หลังเรียน.....	353

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก (ต่อ)	
ภาคผนวก จ.....	355
แบบทดสอบผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้.....	356
แบบทดสอบปรนัย.....	356
แบบทดสอบอัตนัยและแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย.....	377
แบบทดสอบและประเมินผังมโนทัศน์.....	395
แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทาง	
วิทยาศาสตร์.....	402
แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง.....	410
แบบวัดเจตคติต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	420
ภาคผนวก ฉ.....	424
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คน	
และ 9 คน.....	425
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน.....	427
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการ	
ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คนก่อนและหลังเรียน.....	429
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทาง	
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 9 คน และ 15 คนก่อนเรียน.....	431
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง	
ของนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คน 9 คน และ 15 คนก่อนเรียน.....	432
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง	
ของนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คน หลังเรียน.....	434
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทาง	
วิทยาศาสตร์ของนักเรียน 9 คน โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 1.....	436
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทาง	
วิทยาศาสตร์ของนักเรียน 9 คน โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 2.....	437
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทาง	
วิทยาศาสตร์ของนักเรียน 9 คน โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 3.....	438
ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของร่วมผู้ประเมิน	
พฤติกรรมด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	439

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก (ต่อ)	
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ของนักเรียน 9 คน โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 1.....	440
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ของนักเรียน 9 คน โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 2.....	442
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ของนักเรียน 9 คน โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 3.....	444
ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของผู้ร่วมประเมิน พฤติกรรมด้านความสามารถในการทำการทดลอง.....	446
ตารางแสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มย่อย 3 คนและ 9 คนก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	447
ตารางแสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มย่อย 3 คนและ 9 คนหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	449
ตารางแสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มย่อย 15 คนก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	451
ภาคผนวก ข.....	453
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียน กลุ่มทดลอง.....	454
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียน กลุ่มควบคุม.....	455
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ที่เป็นผังมโนทัศน์ ของนักเรียนกลุ่มทดลอง.....	456
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ที่เป็นผังมโนทัศน์ ของนักเรียนกลุ่มควบคุม.....	457
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียน.....	458
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน.....	459
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียน.....	461

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก (ต่อ)	
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน.....	463
ตารางแสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มทดลองก่อนเรียน.....	465
ตารางแสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มทดลองหลังเรียน.....	467
ตารางแสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน.....	469
ตารางแสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน กลุ่มทดลองหลังเรียน.....	470
ตารางแสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของเจตคติต่อ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน.....	471
ภาคผนวก ข.....	472
ประมวลภาพประกอบการวิจัย.....	473
ภาคผนวก ฉ.....	480
ผลงานนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	481
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	499

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 สารประกอบแซนโทนบางชนิดที่แยกได้จากมังคุด.....	16
2 สมบัติของตัวทำละลายบางชนิดที่ใช้ในการสกัดด้วยสารละลาย.....	25
3 ค่าความมีขั้วของตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ.....	36
4 ปริมาณต่างที่ทำปฏิกิริยากับไขมันจำนวน 100 g สบู่ที่ได้มีไขมันประมาณ 5-8%.....	44
5 แสดงข้อเสนอแนะและการแก้ไขปรับปรุงจากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อย จำนวน 3 คน.....	108
6 แสดงข้อเสนอแนะและการแก้ไขปรับปรุงจากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อย จำนวน 9 คน.....	109
7 แสดงข้อเสนอแนะและการแก้ไขปรับปรุงจากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อย จำนวน 15 คน.....	110
8 แสดงการใช้ระยะเวลาในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	112
9 แสดงการจำแนกแบบทดสอบปรนัยของพฤติกรรม 4 ด้าน.....	113
10 แสดงการจำแนกแบบทดสอบอัตนัยของพฤติกรรม 4 ด้าน.....	115
11 แสดงแบบแผนการวิจัยในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1.....	123
12 แสดงแบบแผนการวิจัยในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2, 3 และ 4.....	124
13 แสดงผลการแยกสารประกอบแอลฟาแมงโกสตินจากสารสกัดหยาบ.....	133
14 แสดงผลการทดลองและน้ำหนักเฉลี่ยของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้.....	133
15 แสดงอัตราส่วนของระบบที่ใช้และค่า R_f ที่ใช้แยกสารประกอบแซนโทนและ สารประกอบแอลฟาแมงโกสติน.....	134
16 แสดงค่า R_f และสีขององค์ประกอบที่แยกได้ของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ เปรียบเทียบกับสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน.....	134
17 แสดงสมบัติการละลายและความเป็นกรด เบสของสารประกอบแซนโทนใน ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ.....	135
18 แสดงผลการทดสอบหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทน.....	136
19 แสดงผลการทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาไซยานิดีน.....	136
20 แสดงจุดหลอมเหลวและช่วงจุดหลอมเหลวของสารประกอบแซนโทน.....	137
21 แสดงค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัด และแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	138
22 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของ นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	140

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
23 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (ปรนัย) ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	140
24 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (อัตนัย) ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	141
25 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (ผังมโนทัศน์) ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	142
26 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนและหลังเรียน.....	143
27 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถ ในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน.....	144
28 แสดงคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนเรียนและหลังเรียน.....	145
29 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	294
30 สรุปการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์....	302
31 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลการเรียนรู้ ด้านความรู้ (แบบทดสอบปรนัย).....	303
32 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลการเรียนรู้ ด้านความรู้ (แบบทดสอบอัตนัย).....	309
33 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินคำตอบ แบบทดสอบอัตนัย.....	311
34 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผังมโนทัศน์.....	313
35 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	316
36 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ ด้านความสามารถในการทำการทดลอง.....	322
37 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	328
38 แสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน	332
39 สรุปผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน	340

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
40 แสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบปรนัย	341
41 แสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของ แบบทดสอบอัตนัย.....	345
42 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้และค่าความเชื่อมั่นของ แบบทดสอบอัตนัยเรียงตามกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ.....	346
43 แสดงคะแนนและค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คนหลังเรียน.....	348
44 แสดงคะแนนและค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถ ในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คนหลังเรียน.....	350
45 แสดงคะแนนและค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน หลังเรียน.....	353
46 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คนและ 9คน.....	425
47 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน.....	427
48 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คนก่อนและหลังเรียน.....	429
49 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มย่อย 9 คนและ 15 คนก่อนเรียน.....	431
50 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน กลุ่มย่อย 3 คน 9 คนและ 15 คนก่อนเรียน.....	432
51 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน กลุ่มย่อย 3 คน หลังเรียน.....	434
52 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน 9 คน โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 1.....	436
53 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน 9 คน โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 2.....	437
54 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน 9 คน โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 3.....	438
55 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของผู้ร่วมประเมินพฤติกรรม ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	439

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
56 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน 9 คน โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 1.....	440
57 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน 9 คน โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 2.....	442
58 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน 9 คน โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 3.....	444
59 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของผู้ร่วมประเมินพฤติกรรม ด้านความสามารถในการทำการทดลอง.....	446
60 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คน และ 9 คนก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	447
61 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คน และ 9 คนหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	449
62 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน ก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	451
63 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลอง.....	454
64 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มควบคุม.....	455
65 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ที่เป็นผังมโนทัศน์ของนักเรียน กลุ่มทดลอง.....	456
66 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ที่เป็นผังมโนทัศน์ของนักเรียน กลุ่มควบคุม.....	457
67 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียน.....	458
68 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน.....	459
69 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน กลุ่มทดลองก่อนเรียน.....	461
70 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน กลุ่มทดลองหลังเรียน.....	463
71 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนเรียน.....	465

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
72 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง หลังเรียน.....	467
73 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง หลังเรียน.....	469
74 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน.....	470
75 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของเจตคติต่อบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน.....	471

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 สูตรโครงสร้างหลักของสารประกอบแซนโทน.....	15
2 ผังมโนทัศน์เกี่ยวกับมนุษย์และองค์ประกอบ.....	61
3 ลักษณะโครงสร้างของแผนทึ่มโนทัศน์ชนิดที่ 2-5.....	62

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นวัฒนธรรมพื้นฐานของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ เนื่องจากวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคนทั้งในการดำรงชีวิตประจำวันและในการทำงาน ช่วยพัฒนาคนให้มีความสมดุลทั้งความรู้ ความคิด ความสามารถ ความดีงามและความรับผิดชอบต่อสังคม รวมทั้งมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมต่างๆทางเทคโนโลยี ด้วยเหตุนี้รัฐจึงได้กำหนดนโยบายที่ให้ความสำคัญกับการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับพื้นฐาน เพื่อเตรียมประชาชนให้มีความรู้พื้นฐานและกระบวนการคิดแบบวิทยาศาสตร์ เป็นการเตรียมทรัพยากรบุคคลที่มีคุณภาพ สำหรับสร้างผลงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเพิ่มสมรรถนะของชาติทางเศรษฐกิจและการแข่งขันของประชาคมโลก (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2544 หน้า 1-4) รัฐได้กำหนดนโยบายพื้นฐานในรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2540 ในเรื่องการจัดการศึกษาตามมาตรา 81 โดยจะต้องจัดการศึกษาให้เกิดความรู้คู่คุณธรรมสอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม สนับสนุนการค้นคว้าวิจัยในศิลปวิทยาการต่างๆ เร่งรัดพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาประเทศ (คณิน บุญสุวรรณ. 2541 : 292) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 ได้กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนความเข้มแข็งทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยมีการปฏิรูประบบการศึกษาและพัฒนาระบบการเรียนรู้ เพื่อสร้างความเข้มแข็งทางปัญญาโดยจัดให้มีการปฏิรูปการศึกษาเป็น 5 ด้าน เรียกว่า ปัญจปฏิรูป คือ 1) ปฏิรูประบบการศึกษา 2) ปฏิรูปการเรียนรู้ 3) ปฏิรูประบบการบริหาร และการจัดการศึกษา 4) ปฏิรูปครูคณาจารย์และบุคลากรทางการศึกษา และ 5) ปฏิรูประบบทรัพยากรและการลงทุนเพื่อการศึกษา (สำนักงานปฏิรูปการศึกษา. 2545 : 3) นอกจากนี้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ได้กำหนดแนวทางในการจัดสาระและหลักสูตรด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เน้นผู้เรียนสำคัญที่สุดเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้คู่คุณธรรม ผู้เรียนต้องมีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ต้องจัดสาระให้เหมาะกับผู้เรียน ฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ ให้คิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น ต้องฝึกปฏิบัติจริงเพื่อให้การเรียนรู้เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต มีการประสานความร่วมมือกับพ่อแม่ผู้ปกครองบุคคลในชุมชน เพื่อร่วมกันพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ สถานศึกษาชั้นพื้นฐานทำหลักสูตรได้เอง สอดคล้องกับท้องถิ่นและหลักสูตรแกนกลาง (สিপพนท์ เกตุทัต. 2543 : คำนำ)

การจัดการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าหลักสูตรเน้นที่เนื้อหา หลักการ ทฤษฎี ที่ขาดความเชื่อมโยงกับชีวิตจริงและท้องถิ่นของผู้เรียน ซึ่งไม่เอื้อต่อการเรียนรู้ ขาดโอกาสในการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิด ทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลองและการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นหัวใจของการเรียนวิทยาศาสตร์ตลอดจนขาด

การปลูกฝังทัศนคติทางวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอ เนื่องจากการเรียนการสอนมุ่งเน้นเนื้อหาเพื่อ การสอบเข้าในระดับอุดมศึกษา จะเห็นว่าการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนมักเน้นการอภิปราย หรือการสาธิตเป็นหลัก เพื่อให้ผู้เรียนอ่าน จดและท่องจำไม่มีการฝึกปฏิบัติ โดยมีเหตุผลว่าการเรียน การสอนแบบนี้สามารถวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ด้วยการออกข้อสอบได้อย่างชัดเจน และแม่นยำ นักเรียนที่ท่องได้ก็สอบได้ นักเรียนไม่สามารถสังเคราะห์และบูรณาการความรู้ต่าง ๆ ใน การทำความเข้าใจธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมรอบตัว ขาดความสัมพันธ์กับโลกภายนอก (สำนักงาน คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544 : 34 - 35)

ดังนั้นการจัดการศึกษาในปัจจุบันจึงมีการจัดหลักสูตรการเรียนการสอนที่เชื่อมโยง เนื้อหา แนวคิดและกระบวนการที่เป็นสากลสอดคล้องกับชีวิตจริง มีความยืดหยุ่นหลากหลายสนองตอบ ผู้เรียนที่มีความถนัดและความสนใจแตกต่างกัน สอดคล้องกับสภาพปัญหาในชุมชน (กรมวิชาการ. 2544 : บทนำ) มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนพัฒนาความคิด ทั้ง ความคิดแบบวิทยาศาสตร์ พัฒนาความสามารถทางสติปัญญา และพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการแก้ ปัญหา สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและตรวจสอบได้ มีทักษะในการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลและการจัดการ มีการใช้แหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่น มุ่ง ส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้สามารถเรียนรู้ตลอดชีวิต มีเจตคติ คุณธรรมจริยธรรม ค่านิยมที่เหมาะสมต่อวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมุ่งเน้นให้ ผู้เรียนได้เป็นผู้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด สอดคล้องกับสภาพจริงในชีวิตโดยใช้แหล่ง เรียนรู้หลากหลายในท้องถิ่น เพื่อส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้หลาย ๆ ด้าน เน้นความ รู้แบบองค์รวมซึ่งจะนำไปสู่การสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ และพัฒนาคุณภาพชีวิต มีความสามารถในการ จัดการและร่วมดูแลรักษาสมดุลธรรมชาติอย่างยั่งยืน ดังนั้นครูจึงควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ฝึกให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น มีความรับผิดชอบ เป็นการพัฒนาผู้เรียนไปสู่การเป็นคนดี คนเก่ง มีความสุขและสามารถนำความรู้ ที่เรียนไปใช้ในชีวิตจริง อันจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อท้องถิ่น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี. 2544 : 1 - 4)

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมการเรียนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือทดลองด้วย ตนเอง ใช้ผลการทดลองเป็นหลักในการนำไปสู่การเรียนรู้ วิธีสอนจะเน้นให้ผู้เรียนรู้จักคิดค้นด้วยตน เอง รู้จักนำเอาวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปเป็นเครื่องมือในการค้นคว้าหาความรู้ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้ เกิดความคิดอย่างวิทยาศาสตร์ รู้จักการแก้ปัญหา มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการ ใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลอง มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ มี การวัดและประเมินผลตามสภาพจริง (authentic assessment) โดยครูเป็นผู้ดูแลให้คำปรึกษาควบคุม ไปกับกระบวนการเรียนการสอนทั้งในด้านความรู้หรือความจริง ด้านความสามารถหรือความงาม ด้านการแสดงออกหรือความดี (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2546 : 19) และการบูรณาการเนื้อหาให้

สอดคล้องกับชีวิตจริงของผู้เรียนเพื่อตอบสนองความต้องการของท้องถิ่น การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ มีความหลากหลายแตกต่างกันด้วยการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดจันทบุรีมีการเพาะปลูกผลไม้มากมายหลายชนิดเป็นอาชีพหลัก ผลไม้ที่เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งก็คือมังคุด *Garcinia mangostana* Linn. ซึ่งได้ชื่อว่าเป็นราชินีแห่งผลไม้ เพราะนอกจากจะใช้ผลรับประทานแล้วยังมีประโยชน์ทางยาสมุนไพร เยทส และชเทาท์ (Yates; & Stout. 1958 : abstract) สามารถสกัดสารประกอบแซนโทนคือ สารประกอบแมงโกสทินจากเปลือกผล เปลือกต้นและยางมังคุด และงานวิจัยของ มหาบุษราคัม วิริยะจิตรา และพงษ์ไพจิตร (Mahabusarakam; Wiriyachitra; & Phongpaichit. 1986 : abstract) ทำการศึกษาฤทธิ์ด้านแบคทีเรียของสารประกอบแมงโกสทิน ผลการวิจัยพบว่าสารจำพวกแซนโทนหลายชนิดในเปลือกผลมังคุดมีฤทธิ์ด้านเชื้อ *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นสาเหตุการเกิดหนอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ พงษ์ไพจิตร และคณะ (Phongpaichit; et al. 1994 : abstract) ที่ศึกษาสารประกอบแมงโกสทินในสารประกอบแซนโทน และพบว่าสารประกอบแมงโกสทิน เป็นสารที่มีสมบัติดีที่สุดในการลดการอักเสบ จึงนำสารประกอบแมงโกสทินมาใช้ทำเครื่องสำอาง โดยผสมในเจลสบู่ล้างหน้า และครีมป้องกันผิว (Yamaguchi; et al. 1997 : abstract)

เมื่อศึกษาการติดผลของมังคุดพบว่า ผลมังคุดส่วนใหญ่จะร่วงเมื่อผลอ่อนมีอายุ 5-8 สัปดาห์ ผู้วิจัยคิดว่าน่าจะนำผลอ่อนที่ร่วงนี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนำมาสกัดสารประกอบแซนโทนและนำไปใช้ทำสบู่ สารความรู้ดังกล่าวนี้สามารถนำมาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ จากประสบการณ์การสอนของผู้วิจัยพบว่า การจัดการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์รายวิชาเคมีสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดจันทบุรี เช่น โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี มุ่งเน้นการสอนที่เป็นเนื้อหา ทฤษฎีและหลักการ เพื่อการสอบเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ขาดการเชื่อมโยงสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับชีวิตจริงและแหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่นของผู้เรียน ทำให้การพัฒนาผู้เรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ และความสามารถในการทำการทดลองลดน้อยลง ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่เห็นความสำคัญ จึงไม่เกิดความซาบซึ้งในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มากไปกว่าการนำความรู้ไปใช้ในการสอบเข้าศึกษาต่อ ทำให้เกิดความเบื่อหน่าย มีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร โดยนำเนื้อหา ทฤษฎีและหลักการทางเคมีมาบูรณาการเชื่อมโยงกับชีวิตจริงของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างสาเหตุกับผลและเกิดความเข้าใจโดยการประยุกต์ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นของตนมาสัมพันธ์กับบทเรียน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลองและเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการรู้จักนำความรู้ไปใช้ในชีวิตเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ท้องถิ่นของตนต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด รวมทั้งทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ เพื่อนำผลจากการทดลองไปสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
2. เพื่อพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด
3. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจันทบุรี ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ใน 3 ด้าน คือ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลอง และเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

ความสำคัญของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผลการวิจัยที่ได้มีประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. ได้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 เรื่องสารและสมบัติของสาร เป็นบทปฏิบัติการที่บูรณาการภายในสาระใช้แหล่งเรียนรู้เชื่อมโยงกับชีวิตจริงและท้องถิ่นของนักเรียน
2. ส่งเสริมนักเรียนให้เกิดความรู้ มีความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลอง และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เมื่อเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. ส่งเสริมนักเรียนให้มีความรู้และสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อท้องถิ่น
4. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่เน้นความสามารถของนักเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลอง และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การวิจัยตอนที่ 1 ซึ่งได้ทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ศึกษาการสกัดสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

1.1 นำผลสดของมังคุดอ่อนอายุ 5-8 สัปดาห์ ที่ปั่นให้ละเอียดแล้วหนัก 500 g มาสกัดด้วยเอทานอล 95 % ปริมาตร 500 cm³ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทิ้งให้กากนอนก้น กรองสารละลายที่สกัดได้ จากนั้นนำกากที่เหลือมาสกัดซ้ำด้วยเอทานอล 95 % ปริมาตร 500 cm³ อีก 1 ครั้ง กรองสารละลายที่สกัดได้ รวมสารละลายที่กรองได้ (filtrate) ทั้ง 2 ครั้งเข้าด้วยกัน

1.2 นำสารละลายที่กรองได้ปริมาตร 725 cm³ มาระเหยเอทานอลออกโดยใช้ rotary evaporator จนแห้ง พบว่าได้สารสกัดหยาบ (crude) ของสารประกอบแซนโทนเป็นของแข็งสีเหลือง ปนน้ำตาลเกิดขึ้น

2. การแยกและทำสารให้บริสุทธิ์

2.1 การแยกสารประกอบด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางเพื่อหาระบบที่เหมาะสมในการแยกสารประกอบแอลฟาแมงโกสทิน (α -mangostin) อย่างน้อย 2 ระบบตัวละ นำระบบที่เหมาะสมไปใช้เป็นตัวละ ในการแยกสารประกอบแซนโทนด้วยโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์

2.2 การแยกสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินจากสารสกัดหยาบที่ได้ในข้อ 1.2 โดยนำสารสกัดหยาบมาแยกหาสารประกอบแอลฟาแมงโกสทิน ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ เก็บสารละลายที่ผ่านออกมาจากคอลัมน์ มาตรวจสอบด้วยโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง หาตำแหน่งของสารในแผ่นโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง เปรียบเทียบกับสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินบริสุทธิ์

2.3 ทดลองเตรียมสารประกอบแซนโทนในบทปฏิบัติการที่ 1 โดยนำผลมังคุดอ่อนปั่นละเอียดหนัก 25 g สกัดด้วยเอทานอล 95% ปริมาตร 100 cm³ ในขวดรูปกรวย ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไประเหยเอทานอลในอ่างน้ำร้อน (water bath) อุณหภูมิ 60-80 °C จนสารละลายลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาตรเดิม ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น หยดน้ำลงไปทีละหยดจนสารละลายเริ่มขุ่น แล้วจึงเติมเอทานอลลงไปทีละหยดจนสารละลายใสพอดีอีกครั้ง (ส่วนผสมระหว่างน้ำ : เอทานอล ประมาณ 1 : 20) ตั้งสารละลายทิ้งไว้จะได้ส่วนผสมของสารประกอบแซนโทนออกมา ทำการกรองและผึ่งสารประกอบแซนโทนให้แห้ง ชั่งหาน้ำหนัก

2.4 การแยกสารประกอบแซนโทนโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

2.4.1 การหาระบบตัวพา (mobile phase) ที่เหมาะสมในการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

2.4.2 นำระบบที่เหมาะสมคือสารละลายผสมที่หาได้ ใช้เป็นตัวพาในการแยกสารประกอบแซนโทนโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

2.4.3 ทดลองแยกสารประกอบแซนโทนโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ และคำนวณหาค่าอัตราการเคลื่อนที่ของสาร (R_f) ของสารประกอบแซนโทนที่ได้

ผู้วิจัยพบว่า การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์ สามารถทำได้ไม่ยากโดยใช้วิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีแยกสารนี้มาทำเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

3. การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทน โดยนำสารประกอบแซนโทนที่ได้จากข้อ 2.3 มาทดสอบดังนี้

3.1 ทดสอบสมบัติการละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกัน ได้แก่ เฮกเซน เอทิลเอซีเตต เอทานอลและน้ำ

3.2 ทดสอบค่าความเป็นกรด เบสของสารประกอบแซนโทนและความสามารถในการละลายในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 5% และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5%

3.3 ทดสอบหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทน ได้แก่ ตรวจสอบสารประกอบจำพวกฟีนอล (phenolic compound) ทดสอบหมู่คาร์บอนิล

3.4 การทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาไซยานิดิน (cyanidin reaction)

4. การหาจุดหลอมเหลวของสารประกอบแซนโทน

นำสารประกอบแซนโทน และสารประกอบแอลฟาแมงโกสตินบริสุทธิ์ บรรจุลงในหลอดเคปิลลารีปลายปิด นำไปมัดติดกับเทอร์มอมิเตอร์ แล้วจุ่มลงในอ่างน้ำมัน ให้ความร้อนช้าๆ และคนตลอดเวลา บันทึกอุณหภูมิที่สารเริ่มหลอมเหลวและอุณหภูมิที่สารหลอมเหลวหมด

5. การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่

นำโซเดียมไฮดรอกไซด์มาละลายในน้ำ ตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 40 °C ผสมน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันปาล์มเข้าด้วยกันแล้วผสมลงในน้ำมันมะกอก ให้ความร้อนและคนให้เข้ากัน เทสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในน้ำมัน คนโดยให้ความร้อนอ่อนๆ ตลอดเวลา เมื่อสบู่เริ่มจับตัวเหนียวขึ้น ใส่สารละลายของสารประกอบแซนโทนในเอทานอลลงไป คนจนสบู่จับตัวเหนียวขึ้น นำสบู่ส่วนหนึ่งเทลงในแม่แบบที่เตรียมไว้ ทิ้งไว้ค้างคืนจนสบู่จับตัวเป็นก้อนจึงนำออกจากแม่แบบ นำสบู่อีกส่วนหนึ่งมาทดสอบการละลายน้ำและทดสอบค่า pH ด้วยกระดาษ pH ยูนิเวอร์ซัล

ตอนที่ 2 ขอบเขตการพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การวิจัยในขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยนำผลการทดลองที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 ไปสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุดสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 4 บทปฏิบัติการ ดังนี้

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้

โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 เรื่อง การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่

จากนั้น นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปผ่านการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

ตอนที่ 3 ขอบเขตของการนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน การวิจัยตอนที่ 3 พัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการแล้ว จึงนำไปทดลองสอน ดังนี้

1. แหล่งข้อมูล

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจันทบุรี ที่มีจิตลักษณะคล้ายคลึงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 จำนวนทั้งสิ้น 24 โรงเรียน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้จากการสุ่มแบบเจาะจงเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 จำนวน 2 ห้องเรียนๆ ละ 30 คน การจัดห้องเรียนเป็นแบบคละกัน มีทั้งนักเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน อยู่ในห้องเดียวกัน กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ห้องเรียน ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบจัดกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จากนักเรียนทั้งหมด 4 ห้องเรียน จากนั้นจับฉลากเลือก 1 ห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลอง และอีก 1 ห้องเรียนเป็นกลุ่มควบคุม ซึ่งกลุ่มทดลองเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและกลุ่มควบคุมเรียนโดยวิธีการสอนแบบปกติ

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษาในขั้นตอนที่ 3 ขึ้นทดลองสอน

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

2.2.2 ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถ

- ความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- ความสามารถในการทำการทดลอง

2.2.3 เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สารที่ 3 สารและสมบัติของสาร ช่วงชั้นที่ 4 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 บท

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองสอนนักเรียน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รายวิชาเคมี ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 คาบ คาบละ 60 นาที

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด หมายถึง เอกสารหรือเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติโดยกำหนดแนวทางในการทำการทดลองที่นำความรู้ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทน มาสร้างเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในสาระเพิ่มเติม โดยมีองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หลักการหรือแนวคิด จุดประสงค์การทดลอง สมมติฐาน อุปกรณ์และสารเคมี วิธีดำเนินการทดลอง ตารางบันทึกผลการทดลอง สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 4 บท ดังนี้

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้

โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไป

ใช้ทำสบู่

2. การพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง การสร้างบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ให้มีคุณภาพอยู่ในระดับดี โดยศึกษาจากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งพิจารณาเป็น 3 ส่วน คือ 1) ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ 3) เอกสารรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการ ซึ่งผู้วิจัยหาคุณภาพของบทปฏิบัติการโดยใช้แบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวของลิเคิร์ท (Likert scale) คือ 5 4 3 2 และ 1 หมายถึง ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และต้องปรับปรุง ตามลำดับ

3. การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด หมายถึง การเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้จากการได้ทดลองด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำและมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการทำการทดลอง โดยนักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนในบทปฏิบัติการทั้ง 4 บท ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการเรียนดังกล่าวกับนักเรียนกลุ่มทดลอง

4. การเรียนโดยวิธีการสอนแบบปกติ หมายถึง การเรียนการสอนที่ใช้เนื้อหาเช่นเดียวกับในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ทั้ง 4 บทปฏิบัติการ แต่ใช้วิธีการสอนแบบบรรยายและการสาธิต โดยใช้สื่อการสอนที่ทำด้วยโปรแกรมพาวเวอร์พอยท์ (power point) ประกอบการเรียน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการเรียนดังกล่าวกับนักเรียนกลุ่มควบคุม

5. การประเมินตามสภาพจริง หมายถึง การประเมินที่สะท้อนผลการเรียนรู้อย่างแท้จริงของนักเรียน โดยการประเมินด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความสามารถ ด้านผลการทํางานภาระงาน ด้านกระบวนการทํางานจากการได้ปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่างๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และประเมินอย่างต่อเนื่องครอบคลุมควบคู่ไปกับการเรียนการสอนและการเรียนรู้ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยประเมินตามสภาพจริงของนักเรียนระหว่างการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการประเมิน 3 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้หรือความจริง จากการใช้แบบทดสอบแบบปรนัย และแบบทดสอบแบบอัตนัยที่นักเรียนได้สะท้อนความคิดและจัดลำดับความรู้ความคิดอย่างเป็นระบบ ตลอดจนการประเมินความรู้ในเชิงภาพรวม โดยนักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ขึ้นเองจากผังมโนทัศน์ 2) ด้านความสามารถ หรือความงาม ความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทํางานทดลอง โดยใช้แบบประเมินที่มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับ และ 3) ด้านการแสดงออก หรือความดี โดยสะท้อนความรู้สึกรักใคร่ หรือเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยประเมินโดยใช้แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามแบบของลิเคิร์ต เกณฑ์การให้คะแนนเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

6. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ หมายถึง ผลการเรียนรู้ของนักเรียนภายหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนด้วยผลมังคุด โดยวัดพฤติกรรม 4 ด้านคือ 1) ความรู้-ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4) การนำความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ โดยประเมินจากแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ แบบทดสอบอัตนัยหรือแบบทดสอบแบบเขียนตอบจำนวน 16 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้แนวการตั้งคำถามของเมห์เรนซ์และเลห์แมน และการวัดความรู้เชิงภาพรวมในแต่ละบทปฏิบัติการของนักเรียน จากการตรวจพิจารณาจากผังมโนทัศน์ที่ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ขึ้นเองหรือขยายองค์ความรู้จากองค์ความรู้เดิม โดยใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย ผู้วิจัยได้ใช้แบบประเมินการให้คะแนนแบบทดสอบอัตนัยและผังมโนทัศน์ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับตามแนวของ ญัตฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 55-74) แล้วนำผลการประเมินทั้ง 3 ส่วนมารวมกัน เป็นผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

7. ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง วิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยการปฏิบัติฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบจนเกิดความชำนาญ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตได้ เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกด้านความสามารถ (ความงาม) ของการเป็นนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัย

ดัดแปลงมาจากแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของ ญัฎฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 87-98) ประกอบด้วยทักษะต่างๆ 7 ทักษะ ดังนี้ 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการวัด 3) ทักษะการตั้งสมมติฐาน 4) ทักษะการคำนวณ 5) ทักษะการทดลอง 6) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลและ 7) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 7 ทักษะได้จากการวิเคราะห์บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 4 บทปฏิบัติการ ทำการวัดผลโดยใช้แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีค 5 ระดับ มีการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นรายบุคคล

8. ความสามารถในการทำการทดลองหรือทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

หมายถึง พฤติกรรมเชิงความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกโดยตรงจากการปฏิบัติการทดลอง เป็นความสามารถหลักของผู้เรียนในการเข้าสู่ความเป็นนักวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ 1) การวางแผนการทดลอง 2) การปฏิบัติการทดลอง 3) การจัดทำรายงานผลการทดลอง ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวัดความสามารถในการทำการทดลอง โดยได้ดัดแปลงมาจากแบบประเมินความสามารถในการทำการทดลองของ ญัฎฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 134-135) มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีค 5 ระดับ ซึ่งครูผู้สอนทำการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนเป็นรายบุคคลก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ระหว่างปฏิบัติการทดลอง และภายหลังปฏิบัติการทดลองในแต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

9. เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดเห็น และความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ในเชิงนิมาน และนิเสธที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยพฤติกรรม 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านแสดงความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 3) ด้านการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ไปใช้โดยครูผู้สอนทำการประเมินผลนักเรียนเป็นรายบุคคลก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ

10. การสกัดสารจากผลมังคุด หมายถึง การใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม อาจเป็นตัวทำละลายชนิดเดียวหรือตัวทำละลายผสม สกัดสารอินทรีย์ที่ต้องการออกจากมังคุดได้

11. การแยกสารให้บริสุทธิ์ หมายถึง การใช้เทคนิคทางเคมีแยกสารอินทรีย์ที่ผสมกันอยู่ออกจากกัน เทคนิคที่ใช้ เช่น โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ (paper chromatography) โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ (column chromatography) โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง (thin layer chromatography)

12. มังคุด หมายถึง ผลมังคุดที่มีอายุประมาณ 5–8 สัปดาห์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลประมาณ 2 เซนติเมตร ขึ้นไป ที่ร่วงหล่นตามธรรมชาติเพื่อลดการติดผลของมังคุด

13. สารประกอบแซนโทน หมายถึง สารสีเหลือง จัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ซึ่งเป็นสารในกระบวนการสร้างและสลายทุติยภูมิ (secondary metabolite) ที่เกิดขึ้นในพืชและสิ่งมีชีวิตบางชนิด พบได้หลายชนิดขึ้นอยู่กับชนิดของหมู่แทนที่ที่ตำแหน่งต่างๆ ในโครงสร้างหลัก ส่วนมากพบในธรรมชาติ ในพืชหลายชนิด เช่น พืชวงศ์ Clusiaceae เช่น มังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) เป็นต้น

14. สารประกอบแอลฟาแมงโกสติน (α -mangostin) หมายถึง สารประกอบแซนโทนชนิดหนึ่งที่พบปริมาณมากที่สุดในเปลือกมังคุด เป็นของแข็งสีเหลือง มีจุดหลอมเหลว 182–183 °C ค่า $R_f = 0.45$ (10% เอทิลแอสีเตตในคลอโรฟอร์ม)

15. การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทน หมายถึง การทดสอบสมบัติการละลายของสารประกอบแซนโทนในตัวทำละลายชนิดต่างๆ และการทดสอบสมบัติความเป็นกรด เบสของสารประกอบแซนโทนโดยทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส การทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดและเบส การทดลองหาจุดหลอมเหลวของสารประกอบแซนโทน การทดสอบหมู่ฟังก์ชันและการทดสอบปฏิกิริยาเฉพาะของสารประกอบแซนโทน

16. การนำสารประกอบแซนโทนไปใช้ทำสบู่ หมายถึง การนำสารประกอบแซนโทนไปเป็นส่วนผสมในปฏิกิริยาการทำสบู่ (saponification) จากน้ำมันพืชกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทดสอบสมบัติการละลายน้ำ และค่า pH ของสบู่ที่ได้

17. จิตลักษณะ หมายถึง มีสมบัติเฉพาะตัวในด้านความรู้ ความสามารถ และความรู้สึกรู้สึกนึกคิด

สมมติฐานในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดสมมติฐานไว้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติ

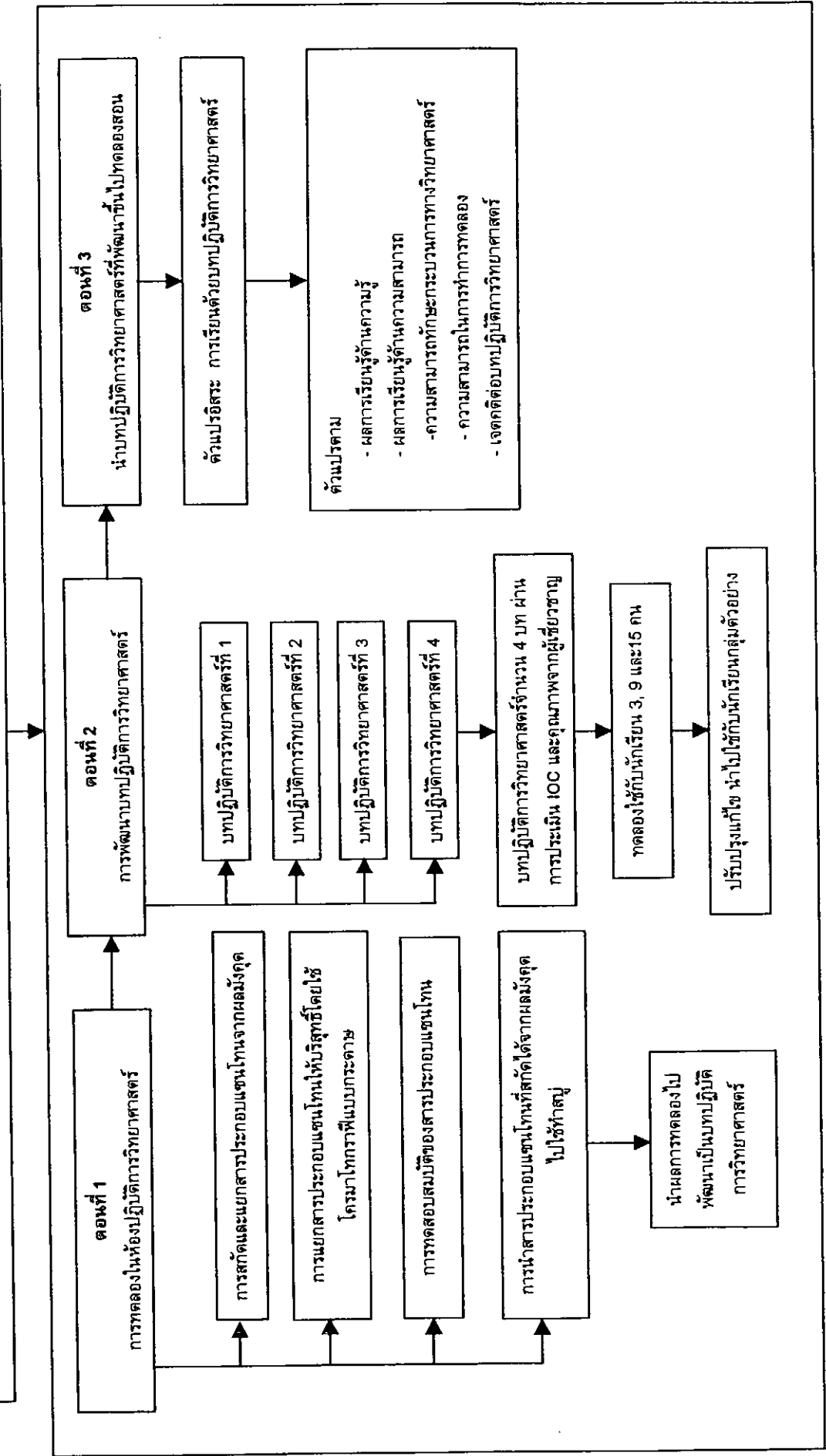
2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุดมีความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีความสามารถในการทำการทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอในหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารเกี่ยวกับการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด
 - 1.1 มังคุด ลักษณะ ฤทธิ์ และประโยชน์ทางยา
 - 1.2 สารประกอบแซนโทน
 - 1.2.1 ความหมาย และแหล่งของสารประกอบแซนโทน
 - 1.2.2 สารประกอบแซนโทนที่แยกได้จากมังคุด
 - 1.2.3 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาบางประการของสารประกอบแซนโทน
 - 1.3 การสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมี
 - 1.4 การแยกสารด้วยวิธีการตกผลึก
 - 1.5 การแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี
 - 1.6 การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทน
 - 1.7 การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่
2. เอกสารเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หรือความจริง
4. เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
5. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง
6. เอกสารเกี่ยวกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ และผังมโนทัศน์
 - 7.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 7.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการทำการทดลอง
 - 7.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

1.1 มังคุด ลักษณะ ฤทธิ์และประโยชน์ทางยา

มังคุด (mangosteen) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Garcinia mangostana* Linn. เป็นพืชในวงศ์ Clusiaceae หรือ Guttiferae ปลุกกันมากทางภาคตะวันออกและภาคใต้ เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ลำต้นตั้งตรง ผิวลำต้นเรียบสีน้ำตาลถึงดำ ทุกส่วนมียางสีเหลือง ใบเดี่ยวเป็นมันมีสีเขียวเข้ม ดอกออกที่ยอดหรือปลายกิ่ง ดอกเป็นดอกเดี่ยวหรือออกเป็นคู่ที่บริเวณซอกใบหรือใกล้ปลายกิ่ง กลีบดอกนํ้าสีชมพู กลีบเลี้ยงคงทนอยู่จนกระทั่งเป็นผล ผลค่อนข้างกลม ผิวผลเกลี้ยงเงา หลังจากมังคุดติดผลแล้ว 11-12 สัปดาห์นับจากดอกบานก็จะเก็บเกี่ยวได้ ผลเมื่อยังอ่อนมีสีเขียวแต่เมื่อสุกจะมีสีม่วงแดงเข้ม มีเมล็ด 5-8 เมล็ด เมล็ดมีกร (aril) สีขาวหุ้มอยู่ มังคุดมีถิ่นกำเนิดที่คาบสมุทรมหาลมมาเลเซีย แต่ได้นำไปปลูกในหลายส่วนของโลกที่มีอากาศร้อนและกึ่งร้อน (sub-tropics) เช่น ไทย อินโดนีเซีย มาเลเซีย พม่า ศรีลังกา ฯลฯ (พร้อมจิต ศรลัมพ์; และคนอื่นๆ. 2535 : 114)

ส่วนของผลมังคุด ส่วนที่กินเป็นอาหารคือรอกหุ้มเมล็ดมีรสหวานอมเปรี้ยว ประกอบด้วยน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่และกรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก (citric acid) เป็นส่วนน้อย น้ำตาลที่พบมีซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส นอกจากนี้ยังประกอบด้วยธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก และอื่นๆ (เพียร์ เหมือนวงษ์ญาติ; และคนอื่นๆ. 2534 : 139) เปลือกผลมีเพคตินในปริมาณสูง มีแทนนิน 7-14 % เมล็ดมีไขมัน 3% บริเวณลำต้นและเปลือกผลพบเรซิน (resin) ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบแซนโทนหลายชนิด เช่น แอลฟาแมงโกสทิน บีตาแมงโกสทิน สารจำพวกสเตอรอล (sterol) และน้ำมันระเหยง่าย (volatile oil) (นิจิติรี เรื่องรังษี; และพยอม ดันติวัฒน์. 2534 : 47-48)

ฤทธิ์และประโยชน์ทางยาของมังคุด

1. สารแมงโกสทิน มีฤทธิ์ช่วยลดอาการอักเสบ และต้านเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดหนอง ได้ดีจึงใช้รักษาแผลพุพอง และแผลที่เป็นหนองได้ ช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น ปัจจุบันได้มีการนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดจากเปลือกมังคุด เช่น สารแมงโกสทิน ไอโซแมงโกสทิน และการทำนินเป็นต้น โดยเฉพาะสารแมงโกสทินเป็นสารที่มีฤทธิ์และมีสมบัติลดการอักเสบได้ดีที่สุด นำมาใช้ผสมในเครื่องสำอาง ได้แก่ เจล สบู่ล้างหน้า ครีมบำรุงผิว และครีมป้องกันผิว (วันดี กฤษณพันธ์. 2536 ข : 317) จีเดออิน; และคนอื่นๆ (Gedouin; et al. 1998 : 12) ได้ผสมสารแอลฟาแมงโกสทิน 20% ลงในผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดด พบว่ามีค่าดัชนีในการป้องกันแสงแดด (sun protective factor, SPF) เท่ากับ 10.4 กองวิจัยการแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้ศึกษา และรายงานว่สารในเปลือกมังคุดไม่มีพิษเฉียบพลัน แต่ควรระวังเรื่องขนาดการใช้เพราะมีฤทธิ์กดประสาทส่วนกลาง และเพิ่มความดันโลหิต (จรรูญ มีชนอน; และคนอื่นๆ. 2530 : 134)

2. ช่วยระงับการเจริญเติบโตของเชื้อราที่เป็นสาเหตุของกลาก สารประกอบแซนโทนหลายชนิด เช่น แมงโกสทิน ไอโซแมงโกสทิน เป็นต้น มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคผิวหนัง และกลาก ใช้รักษาแผลน้ำกัดเท้าได้ (วันดี กฤษณพันธ์. 2541 : 175)

3. แทนนินในเปลือกผลมังคุดมีฤทธิ์สมานแผลช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น ใช้แก้ท้องเสีย แก้ท้องร่วงเรื้อรัง โรคเกี่ยวกับลำไส้ และบิด (วันดี ทัศนพันธ์. 2541 : 175)

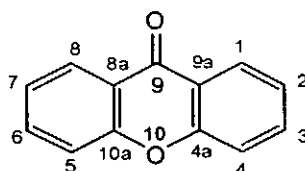
4. เปลือกผลเมื่อนำไปแช่น้ำเกลือความเข้มข้น 6 % ส่วนของฝาดจะถูกสกัดออกไปสามารถนำมาเตรียมเยลลี่ที่มีคุณภาพดีได้ (นิจศิริ เรืองรังษี และ พยอม ตันติวัฒน์. 2534 : 48)

5. เปลือกของผลให้สีน้ำตาล เปลือกของลำต้นให้สีเหลืองใช้ย้อมผ้า (พีรศักดิ์ วรสุนทรโรสถ; และคนอื่นๆ. 2544 : 16)

1.2 สารประกอบแซนโทน (xanthenes)

1.2.1 ความหมายและแหล่งของสารประกอบแซนโทน

สารประกอบแซนโทน เป็นสารสีเหลือง จัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ซึ่งเป็นสารประกอบจำพวกโพลีฟีนอล (polyphenolic compound) ในธรรมชาติจะอยู่ในรูปอิสระ หรือในรูปไกลโคไซด์ (glycoside) พบในส่วนต่าง ๆ ของพืช สารประกอบแซนโทน มีโครงสร้างพื้นฐานเป็น xanthene-9-one มีตำแหน่งของ C ดังภาพ (นริศรา สุวรรณโกชน. 2545 : 5)



ภาพประกอบ 1 สูตรโครงสร้างหลักของสารประกอบแซนโทน

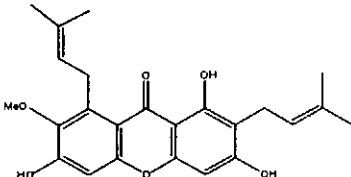
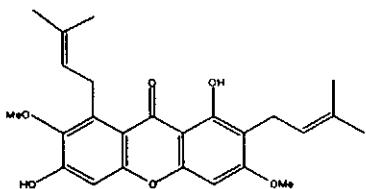
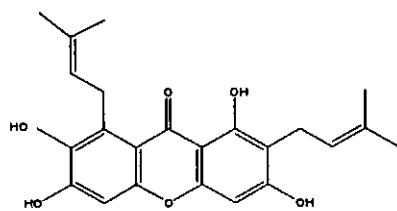
ที่มา : นริศรา สุวรรณโกชน. (2545) สารประกอบแซนโทนจากเปลือกมังคุดดิบ : หน้า 5

สารประกอบแซนโทนพบได้หลายชนิดขึ้นอยู่กับชนิดของหมู่แทนที่ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในโครงสร้างหลัก ชนิดของหมู่แทนที่ที่พบ ได้แก่ เมทอกซิล (methoxyl) ไฮดรอกซิล (hydroxyl) ไอโซพรีนิล (isoprenyl) หรือ น้ำตาล พบในพืชหลายชนิดในวงศ์

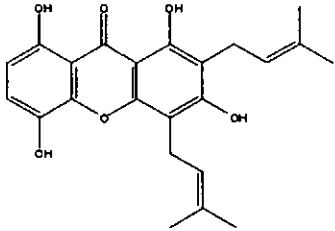
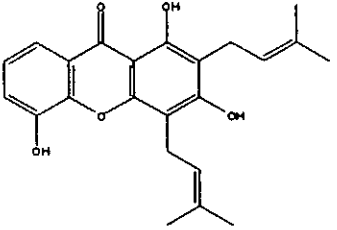
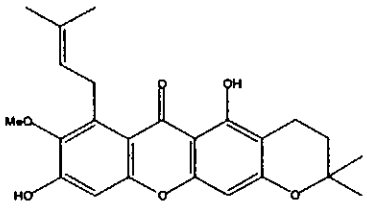
1. Clusiaceae มี 23 สกุล (genus) 84 ชนิด (species) พืชในวงศ์นี้มีหลายชนิด เช่น มังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) กระทิง (*Calophyllum inophyllum* Linn.)
2. Gentianaceae มี 12 สกุล 72 ชนิด พืชในวงศ์นี้มีหลายชนิด เช่น จัตรพระอินทร์ (*Exacum bicolor* Roxb.) ไฟเดือนห้า (*Excoecaria* nr. *Oppositifolia* Griff.)
3. Moraceae มี 4 สกุล 8 ชนิด พืชวงศ์นี้กระจายอยู่ทั่วไปในเขตร้อนชื้น ไม่ค่อยพบในเขตอบอุ่น เช่น โพธิ์ (*Ficus religiosa* L.) ขนุน (*Artocarpus heterophyllus* Lam.)
4. Polygalaceae มี 3 สกุล 7 ชนิด พืชวงศ์นี้มีมากในเขตอบอุ่นและเขตร้อน เช่น พวงชมพู (*Antigonon leptopus* Hook. & Arn.) เอื้องเพชรม้า (*Polygonum tomentosum* Willd.) (นริศรา สุวรรณโกชน. 2545 : 5; อ้างอิงจาก Peres, Nagem; & Oliveira. 2000 : 683-710)

1.2.2 สารประกอบแซนโทนที่แยกได้จากมังคุด

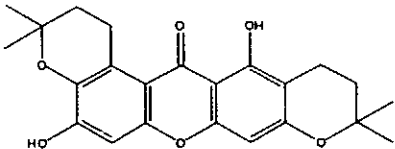
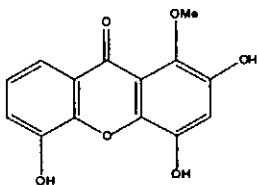
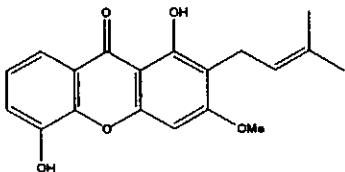
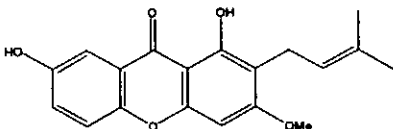
ตาราง 1 สารประกอบแซนโทนบางชนิดที่แยกได้จากมังคุด

สารประกอบ	ลักษณะทางกายภาพ	เอกสารอ้างอิง
α-mangostin 	ของแข็งสีเหลือง $C_{24}H_{26}O_6$ จุดหลอมเหลว 182–183 °C	เยทส และชเทอร์ (Yates; & Stout. 1958 : 1691-1700)
β-mangostin 	ของแข็งสีเหลือง $C_{25}H_{28}O_6$ จุดหลอมเหลว 175-176 °C	เยทส และแบท (Yates; & Bhat. 1968 : 3770-3772)
γ-mangostin 	ของแข็งสีเหลือง $C_{23}H_{24}O_6$ จุดหลอมเหลว 207 °C	เจฟเฟอสัน และคนอื่นๆ (Jefferson; et al. 1970 : 2539-2543)

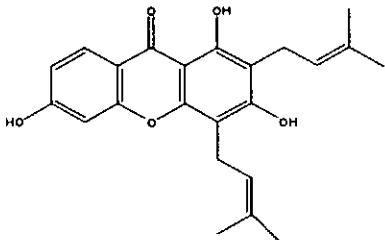
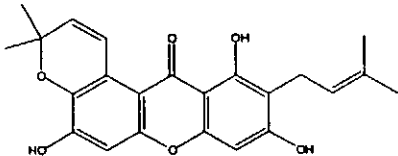
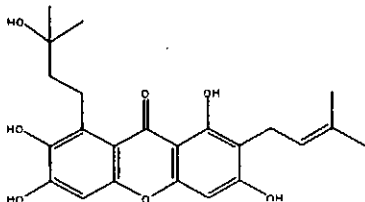
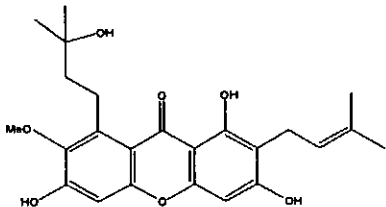
ตาราง 1 (ต่อ)

สารประกอบ	ลักษณะทางกายภาพ	เอกสารอ้างอิง
gartanin 	ของแข็งสีเหลืองรูปเข็ม $C_{23}H_{24}O_6$ จุดหลอมเหลว 167 °C	โกวินดาชารี; และคนอื่นๆ (Govindachari; et al. 1971 : 3919-3926)
8-deoxygartanin 	ของแข็งสีเหลืองคล้ายขนนก $C_{23}H_{24}O_5$ จุดหลอมเหลว 165.5 °C	โกวินดาชารี; และคนอื่นๆ (Govindachari; et al. 1971 : 3919-3926)
3-isomangostin 	ของแข็งสีเหลือง $C_{24}H_{24}O_6$ จุดหลอมเหลว 155-160°C	มหาบุษราคัม; วิริยะจิตรา; และ เทย์เลอร์ (Mahabusarakam; Wiriya-chitra & Taylor. 1987 : 474-478)

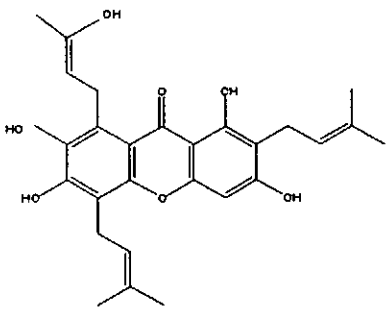
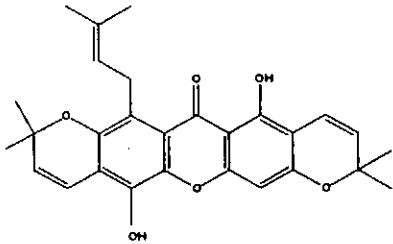
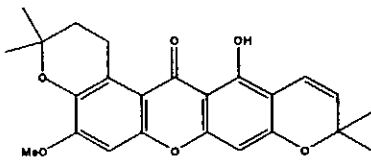
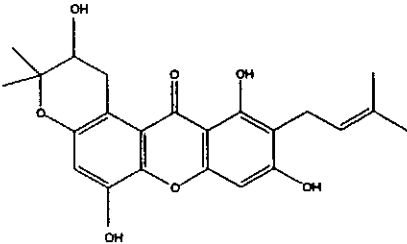
ตาราง 1 (ต่อ)

สารประกอบ	ลักษณะทางกายภาพ	เอกสารอ้างอิง
BR-xanthone A 	ของแข็งสีเหลืองอ่อน $C_{23}H_{24}O_6$ จุดหลอมเหลว 181-182 °C	บาลาซับรมามาเนียน; และราชาโกपालาน (Balasubramanian; & Rajagopalan. 1988 : 1152-1154)
BR-xanthone B 	ของแข็งสีเหลืองเขียว $C_{14}H_{10}O_6$ จุดหลอมเหลว 308-310 °C	บาลาซับรมามาเนียน; และราชาโกपालาน (Balasubramanian; & Rajagopalan. 1988 : 1152-1154)
1,5-dihydroxy-2-(3-methylbut-2-enyl)-3-methoxyxanthone 	ของแข็งสีเหลือง $C_{19}H_{18}O_5$ จุดหลอมเหลว 242-244 °C	เซน; และคนอื่นๆ (Sen; et al. 1981 : 183-185)
1,7-dihydroxy-2-(3-methylbut-2-enyl)-3-methoxyxanthone 	ของแข็งสีเหลือง $C_{19}H_{18}O_5$ จุดหลอมเหลว 220-222 °C	เซน; และคนอื่นๆ (Sen; et al. 1981 : 183-185)

ตาราง 1 (ต่อ)

สารประกอบ	ลักษณะทางกายภาพ	เอกสารอ้างอิง
garcinone A 	ของแข็งสีเหลือง $C_{23}H_{24}O_5$ จุดหลอมเหลว $224-225^{\circ}C$	เซน; และคนอื่นๆ (Sen; et al. 1982 : 1747-1750)
garcinone B 	ของแข็งสีเหลือง $C_{23}H_{22}O_6$ จุดหลอมเหลว $190-192^{\circ}C$	เซน; และคนอื่นๆ (Sen; et al. 1982 : 1747-1750)
garcinone C 	ของแข็งสีเหลือง $C_{23}H_{26}O_7$ จุดหลอมเหลว $216-218^{\circ}C$	เซน; และคนอื่นๆ (Sen; et al. 1982 : 1747-1750)
garcinone D 	ของแข็งสีเหลือง $C_{24}H_{28}O_7$ จุดหลอมเหลว $202-204^{\circ}C$	เซน; และคนอื่นๆ (Sen; et al. 1986 : 1157-1158)

ตาราง 1 (ต่อ)

สารประกอบ	ลักษณะทางกายภาพ	เอกสารอ้างอิง
garcinone E 	$C_{28}H_{32}O_6$ จุดหลอมเหลว 152.5-155.5 °C	ดัททา; และคนอื่นๆ (Dutta; et al. 1987 : 281-282)
garcimangosone A 	ของแข็งสีเหลือง $C_{28}H_{25}O_6$ จุดหลอมเหลว 143-145 °C	ฮวง; และคนอื่นๆ (Haung; et al. 2001 : 903-906)
garcimangosone B 	ของแข็งสีเหลือง $C_{24}H_{24}O_6$ จุดหลอมเหลว 136-138 °C	ฮวง; และคนอื่นๆ (Haung; et al. 2001 : 903-906)
garcimangosone C 	ของแข็งสีเหลือง $C_{23}H_{24}O_7$ จุดหลอมเหลว 260-262 °C	ฮวง; และคนอื่นๆ (Haung; et al. 2001 : 903-906)

1.2.3 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาบางประการของสารประกอบแซนโทน

1) กดการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง (CNS depressant)

สารประกอบแซนโทนและสารประกอบในกลุ่มของแซนโทน ที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด เมื่อนำมาทดสอบฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในสัตว์ทดลองพบว่า สารอนุพันธ์ในกลุ่มของสารประกอบแซนโทน คือ 3-โอ-เมทิลแมงโกสติน (3-O-methyl mangostin) 1-ไอโซแมงโกสติน (1-isomangostin) แมงโกสตินไตรแอซีเตต (mangostin triacetate) มีฤทธิ์ในการกดการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง โดยเมื่อให้สารเหล่านี้ในสัตว์ทดลอง พบว่าสัตว์เหล่านี้จะมีอาการง่วงนอน (sedation) การทำงานของระบบประสาทย่นดลง (decrease motoractivity) เสริมฤทธิ์ของเพนโทบาร์บิทัล (pentobarbital) ทำให้หลับนานขึ้น

2) ผลต่อการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต

เมื่อใช้สารอนุพันธ์ในกลุ่มของสารประกอบแซนโทน คือ แมงโกสติน-6,6-ได-โอ-ไกลโคไซด์ (mangostin-6,6-di-O-glucoside) ทดลองในกบและสุนัขพบว่า สารนี้กระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจและทำให้ความดันโลหิตเพิ่มขึ้น ฤทธิ์นี้จะถูกยับยั้งโดยโพรพานอลอล (propanolol) ซึ่งเป็นสารต้านตัวจับกับตัวรับ (receptor) ชนิดบีตา (β -receptor antagonist)

3) ฤทธิ์ด้านการอักเสบ

สารแมงโกสติน 1-ไอโซแมงโกสติน แมงโกสตินไตรแอซีเตต มีฤทธิ์ในการด้านการอักเสบในหนูขาว ทำการศึกษาโดยการให้สารเหล่านี้ทั้งทางปาก (oral) และฉีดเข้าช่องท้อง (intraperitoneal) ผลการศึกษาพบว่า ไม่ว่าจะใช้วิธีการเหนี่ยวนำให้เกิดการอักเสบโดยวิธีการฉีดคาร์ราจีนิ (carragenin) วิธี cotton pellet implantation หรือวิธี granuloma pouch technique พบว่า สารนี้ยังสามารถด้านการอักเสบได้ แม้แต่ในหนูที่มีการตัดต่อมหมวกไตออกแล้วก็ตาม

4) ผลการรักษาแผล (antiulcer)

สารแมงโกสตินในสารประกอบแซนโทน มีฤทธิ์ในการรักษาแผลในกระเพาะอาหาร (antiulcer activities) ของหนูขาวได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Shankaranarayan; Gopalakrishnan; & Kameswaran. 1979 : 257-269)

5) ผลด้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

สารประกอบแซนโทนในเปลือกมังคุด ซึ่งสกัดด้วยเบนซีน มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อ *Staphylococcus aureus* ซึ่งทำให้เกิดหนอง เมื่อทดสอบในอาหารเลี้ยงเชื้อ (agar plate) โดยนำสารแมงโกสติน 8-ดีออกซีการ์ทานิน (8-deoxygartanin) และสารสกัดหยาบชั้นเมทานอลจากเปลือกผลมังคุดพบว่า แมงโกสตินเป็นสารที่ออกฤทธิ์ได้ดีที่สุดในการต้านแบคทีเรียทั้งสายพันธุ์ปกติและสายพันธุ์ดื้อเพนนิซิลิน (Mahabusarakum; Wiriyachitra; & Taylor. 1987 : 474-477)

6) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ฟ่าน และซู (Fan; & Su. 1997 : 540-551) พบว่า สารแอลฟาแมงโกสติน (α -mangostin) และแกมมาแมงโกสติน (γ -mangostin) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant)

7) ฤทธิ์ต้านเชื้อวัณโรค

สารประกอบพรีนิลแซนโทนซึ่งแยกได้จากเปลือกผล เนื้อและเมล็ดของมังคุด พบว่ามีฤทธิ์ในการต้านเชื้อวัณโรค *Mycobacterium tuberculosis* และสารที่ออกฤทธิ์ต้านเชื้อวัณโรค ได้ดีที่สุดคือ แอลฟาแมงโกสติน บีตาแมงโกสติน และการซิโนน บี (สุนิตย์ สุขสำราญ; และคนอื่นๆ. 2546 : 857-859)

1.3 การสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมี

1.3.1 การสกัดสารด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction)

การสกัดด้วยตัวทำละลายมีประโยชน์มากในการแยกสารและทำสารให้บริสุทธิ์ เช่น แยกสารประกอบออกจากของผสมที่เกิดในธรรมชาติ แยกสารประกอบออกจากของผสมที่ได้จากการสังเคราะห์ สกัดแอลคาลอยด์ (alkaloid) ออกจากใบไม้หรือเปลือกไม้ สกัดน้ำมันหอมจากดอกไม้ เป็นต้น ตัวทำละลายที่ใช้มากในการสกัด ได้แก่ อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เบนซีน บีโตรเลียมอีเทอร์ เมทิลลีนคลอไรด์ อะซีโตน และเอทานอล เป็นต้น

การสกัดสารด้วยตัวทำละลาย หมายถึง การแยกสารออกจากสารผสมโดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม

ในทางปฏิบัติการแยกสารอินทรีย์โดยการสกัดนิยมให้ของผสมละลาย หรือแขวนลอย (suspend) อยู่ในน้ำในกรวยแยก (separatory funnel) แล้วเขย่าสารละลายหรือสารแขวนลอยนั้นกับตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ที่ไม่ปนเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ แต่ละลายสารอินทรีย์ที่ต้องการแยกได้ ตั้งสารละลายไว้ให้แยกกันเป็นสองชั้น สารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีในของผสมจะละลายอยู่ทั้งในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์และชั้นน้ำตามอัตราส่วนของการละลายของมันในตัวทำละลายทั้งสอง (เกลืออนินทรีย์ต่างๆ จะอยู่ในชั้นน้ำเป็นส่วนใหญ่ เพราะแตกตัวเป็นไอออนได้ในน้ำ หรือสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ส่วนสารอินทรีย์ที่ไม่มีขั้วจะอยู่ในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว เช่น อีเทอร์ เบนซีน เป็นต้น โดยทั่วๆ ไปพบว่าในตัวทำละลายคู่หนึ่งๆ สารตัวหนึ่งจะละลายในตัวทำละลายทั้งสองชั้นนั้นเป็นอัตราส่วนที่คงที่ที่อุณหภูมิอันหนึ่ง อัตราส่วนอันนี้เรียกว่า สัมประสิทธิ์การแจกแจง (distribution coefficient) หรือสัมประสิทธิ์การแบ่งส่วน (partition coefficient) ด้วยย่อว่า K ถ้าให้ X เป็นสารที่ต้องการแยกออกจากของผสมจะเขียนได้ดังนี้

$$K = \frac{\text{ความเข้มข้นของ X ในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์ (g/cm}^3\text{)}}{\text{ความเข้มข้นของ X ในชั้นน้ำ (ต่อ cm}^3\text{)}} \quad \text{เมื่ออุณหภูมิคงที่}$$

สำหรับอนินทรีย์ ค่า K ตามสมการข้างบนเกือบเป็น 0 หรือสารอนินทรีย์เกือบทั้งหมดอยู่ในชั้นน้ำ

การหาค่า K ที่แท้จริงทำได้โดย การละลายตัวถูกละลายในตัวทำละลายแต่ละชนิดที่อุณหภูมิเดียวกัน แล้วเอาความเข้มข้นของตัวถูกละลายในตัวทำละลาย (เป็น g/cm³) ทั้งสองมาเข้าอัตราส่วนกันก็จะได้ค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งส่วนอย่างประมาณและในการสกัดสารจริงๆ นั้น สารที่ถูก

สัปดาห์จะละลายเข้าไปอยู่ในชั้นตัวทำละลายทั้งสองตามอัตราส่วนอันนี้ (สุภาพ บุญยะรัตเวช; และ เกษร วีระชาติ. 2540 : 23)

ตัวทำละลายที่ดีควรมีคุณสมบัติ ดังนี้

- 1) ควรจะละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี (ค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งส่วนสูง)
- 2) ไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป
- 3) ไม่ควรละลายสิ่งเจือปนหรือสารที่ไม่ต้องการ
- 4) ควรจะแยกออกจากตัวถูกละลายได้ง่ายภายหลังที่สกัดแล้ว
- 5) ไม่ควรทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัดในทางที่ไม่พึงปรารถนา
- 6) มีราคาถูก ไม่เป็นพิษและถ้าใช้ตัวทำละลายที่ไวไฟก็ต้องระวังไม่จุดตะเกียงใน

ขณะสกัดสาร

ในการเลือกใช้ตัวทำละลายเราอาศัยหลักเกณฑ์ต่อไปนี้คือ

- 1) สารที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันย่อมละลายในตัวทำละลายที่คล้ายคลึงกัน
- 2) ตัวทำละลายอินทรีย์จะละลายตัวละลายอินทรีย์
- 3) นำใช้เป็นตัวทำละลายสารประกอบอินทรีย์รวมทั้งเกลือของกรดและเบสอินทรีย์
- 4) กรดอินทรีย์ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ และสามารถสกัดโดยใช้สารละลายเบส

เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต หรือ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ก็ได้

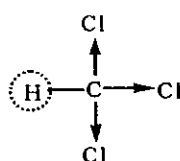
- 5) แรง (force) แรงซึ่งเกี่ยวข้องในการละลายที่สำคัญคือ

5.1) แรงกระจายลอนดอน (London dispersion force) เกิดจากการที่โมเลกุลของตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วเกิดมีขั้วชั่วคราว แล้วไปเหนี่ยวนำโมเลกุลข้างเคียงให้มีขั้ว พวกตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วจะประกอบด้วยโมเลกุลซึ่งเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ทำให้พวกสารที่ไม่มีขั้วเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างโมเลกุลได้ง่าย

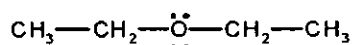
5.2) แรงไดโพล-ไดโพล (dipole-dipole force) เป็นแรงที่พบในตัวทำละลายที่มีขั้ว เกิดการเหนี่ยวนำในโมเลกุลเกิดเป็นขั้วบวกและขั้วลบ ทำให้โมเลกุลของตัวทำละลายที่มีขั้วจับกันแน่น พวกสารซึ่งไม่มีขั้วจะแทรกตัวเข้าไปได้ยาก

5.3) พันธะไฮโดรเจน (H-bonding) สารที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับตัวทำละลายได้ดีก็จะละลายได้ดี สารซึ่งสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ แบ่งออกเป็น

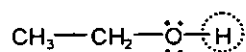
5.3.1) สารซึ่งมีไฮโดรเจนว่องไว (active hydrogen) แต่ไม่มีอะตอมผู้ให้ (donor atom) เช่น CHCl_3



5.3.2) สารที่มีอะตอมผู้ให้ แต่ไม่มีไฮโดรเจนวงว

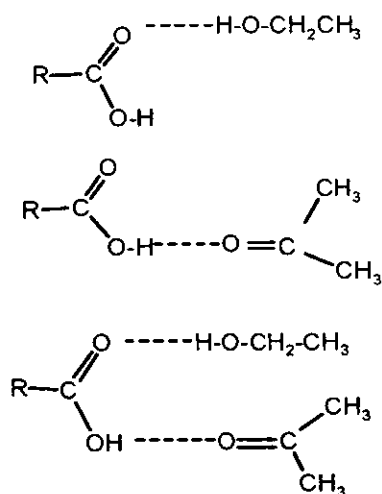


5.3.3) สารที่มีทั้งอะตอมผู้ให้ และไฮโดรเจนวงว

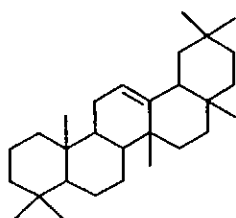


5.3.4) สารที่สามารถจับตัวต่อเนื่องกันเป็นร่างแห (network of bonding)

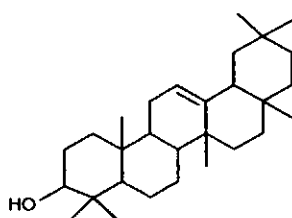
เกิดเป็นโมเลกุลใหม่ ได้แก่ น้ำ โพลีฟีนอล และ กรดไฮดรอกซี (hydroxy acids) โดยทั่วไปแล้ว ตัวทำละลายที่มีขั้วเหมาะสมกับสารที่มีขั้ว และตัวทำละลายไม่มีขั้วเหมาะสมกับสารที่ไม่มีขั้ว การผสมระหว่างตัวทำละลายที่มีขั้วและไม่มีขั้วอาจทำให้การละลายดีขึ้น เช่น กรดสามารถละลายได้ทั้งในเอทานอล แอซีโตน และส่วนผสมของตัวทำละลายทั้ง 2 ดังแสดง



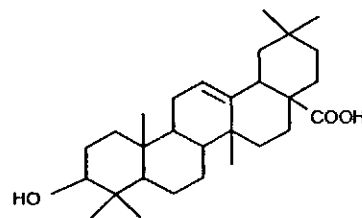
บางครั้งการเลือกใช้ตัวทำละลาย อาจอาศัยการพิจารณาสูตรโครงสร้างทางเคมีของสาร เช่น บีตาอะไมรีน (β -amyrene) บีตาอะไมรีน (β -amyrin) และกรดโอเลียโนลิก (oleanolic acid) มีสูตรโครงสร้างคล้ายคลึงกันดังภาพ แต่การละลายจะแตกต่างกันคือ บีตาอะไมรีนจะละลายได้ดีในเฮกเซนเพราะเป็นสารที่ไม่มีขั้ว บีตาอะไมรีนซึ่งมี $-\text{OH}$ เพิ่มขึ้นจะละลายได้ดีในคลอโรฟอร์มและอีเทอร์เพราะมีขั้วเพิ่มขึ้น ส่วนกรดโอเลียโนลิกมีทั้ง $-\text{COOH}$ และ $-\text{OH}$ จึงต้องใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วมากขึ้น เช่น เอทิลแอซีเตต และแอซีโตน



บีตาอะไมรีน



บีตาอะไมรีน



กรดโอเลียโนลิก

ตัวทำละลายเรียงตามลำดับความมีขั้วจากน้อยไปมากได้ดังนี้ ไฮโดรเจนคาร์บอเนตเตตระคลอไรด์ เบนซีน อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม แอซีโตน เอทิลแอซีเตต เอทานอล เมทานอล น้ำ กรด และเบส (วันดี กฤษณพันธ์. 2536 : 136-139; ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. 2544 : 92-93)

ตาราง 2 สมบัติของตัวทำละลายบางชนิดที่ใช้ในการสกัดสารละลาย

ตัวทำละลาย	สมบัติ
ไดเอทิลอีเทอร์	เป็นตัวทำละลายที่ดี ดูนํ้าได้ 1.5 % สามารถเกิดเป็นเปอร์ออกไซด์ได้ง่าย
เมทิลีนคลอไรด์	เกิดเป็นอิมัลชัน แต่ทำให้แห้งได้ง่าย
ปิโตรเลียมอีเทอร์	เป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับสารที่โมเลกุลไม่มีขั้ว ทำให้แห้งได้ง่าย
เบนซีน	เกิดอิมัลชัน
เอทิลแอซีเตต	เป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับสารที่โมเลกุลมีขั้ว ดูนํ้าได้ดี
2-บิวทานอล	เป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับสารที่โมเลกุลมีขั้ว ทำให้แห้งได้ง่าย
เตตระคลอโรมีเทน	เป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับสารที่โมเลกุลไม่มีขั้ว ทำให้แห้งได้ง่าย
คลอโรฟอร์ม	เกิดอิมัลชัน ทำให้แห้งได้ง่าย ถ้าใช้สกัดสารซึ่งเป็นด่างแก่อาจจะสลายตัวให้กรดเกลือ
ไดไอโซโพรพิลอีเทอร์	เกิดเป็นสารพวกเปอร์ออกไซด์ได้ง่าย
เฮกเซน	เป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับสารที่โมเลกุลไม่มีขั้ว ใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับกำจัดไขมันจากสมุนไพร ราคาถูก
แอลกอฮอล์	ใช้มากคือเมทานอล และเอทานอล เป็นตัวทำละลายที่มีความสามารถในการละลายได้ดี (all purpose solvent) เนื่องจากมีอำนาจการละลายกว้างมาก

ที่มา : วันดี กฤษณพันธ์. (2536). ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เล่ม 1. 136-139;
ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. (2544) เทคนิคทางเคมี. 92-93

1.3.2 การสกัดสารจากพืช

การสกัดสารจากพืชอาจทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่สกัด คุณสมบัติของสารในการทนต่อความร้อน ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อจำกัด วิธีเหล่านี้ได้แก่

1) การสกัดโดยการหมักพืชกับตัวทำละลายในภาชนะปิด (maceration) เช่น ขวดปากกว้าง ขวดรูปกรวย เป็นต้น ตั้งทิ้งไว้ หมั่นเขย่าหรือคนบ่อยๆ เมื่อครบกำหนดเวลาจึงค่อย ๆ รินเอาสารสกัดออก พยายามบีบเอาสารละลายออกจากกาก (marc) ให้มากที่สุด รวมสารสกัดที่ได้นำไปกรอง การสกัดถ้าจะสกัดให้หมดจด (exhausted) อาจจำเป็นต้องสกัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง วิธีนี้มีข้อดีที่สารไม่ถูกความร้อนแต่สิ้นเปลืองตัวทำละลายมาก

2) เพอโคลาชัน (percolation) เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญแบบต่อเนื่อง โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เพอโคลาเตอร์ (percolator) นำพืชสมุนไพรหรือสารมาหมักกับตัวทำละลายพอชื้น ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เพื่อให้พองตัวเต็มที่ แล้วค่อย ๆ บรรจุสารที่ละเอียดเป็นชั้นลงในเพอโคลาเตอร์ เติมตัวทำละลายลงไปให้สูงเหนือสารประมาณ 0.5 cm ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จึงเริ่มไขเอาสารสกัดออกโดยค่อย ๆ เติมตัวทำละลายเหนือสาร อย่าให้แห้ง เก็บสารสกัดจนการสกัดสมบูรณ์ บีบกากเอาสารสกัดออกให้มากที่สุด นำสารสกัดที่เก็บได้ทั้งหมดรวมกันนำไปกรอง

3) การสกัดด้วยซอกซ์เลต (soxhlet extractor) เป็นวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำ การสกัดทำได้โดยใช้ความร้อนทำให้ตัวทำละลายในขวดรูปกรวย ระเหยขึ้นไป แล้วกลั่นตัวลงมาในภาชนะบรรจุสาร (thimble) ที่จะสกัดไว้ เมื่อตัวทำละลายในถังสกัดสาร (extracting chamber) สูงถึงระดับจะเกิดกาลักน้ำ สารสกัดจะไหลกลับลงไปในขวดรูปกรวย ด้วยวิธีการกาลักน้ำ ขวดรูปกรวยได้รับความร้อนจากหม้ออังไอน้ำ (heating mantle) ตัวทำละลายจึงระเหยขึ้นไป ทั้งสารสกัดไว้ในขวดรูปกรวย ตัวทำละลายเมื่อกระทบกับเครื่องควบแน่น (condenser) จะกลั่นตัวกลับลงมาสกัดสารใหม่วนเวียนเช่นนี้จนกระทั่งการสกัดสมบูรณ์ การสกัดด้วยวิธีนี้ใช้ความร้อนด้วยจึงอาจทำให้สารเคมีบางชนิดสลายตัว

4) การสกัดสารจากสารละลายซึ่งเป็นของเหลว (liquid – liquid extraction) ลงในตัวทำละลายอีกชนิดหนึ่งซึ่งไม่ผสมกับตัวทำละลายชนิดแรก แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

4.1) ตัวทำละลายที่ใช้สกัดเบากว่าตัวทำละลายที่ใช้แยกสาร (extractant lighter)

4.2) ตัวทำละลายที่ใช้สกัดหนักกว่าตัวทำละลายที่ใช้แยกสาร (raffinate lighter)

5) การสกัดน้ำมันหอมระเหย (extraction of volatile oil)

5.1) วิธีการดูดซับ (resorption) เป็นวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีดูดซับ โดยมากใช้สกัดกลีบดอก นำกลีบดอกไม้ไปต้มกับไขมันที่อุณหภูมิต่ำ ๆ แล้วกรองเอากลีบดอกออก นำไขมันไปสกัดเอาน้ำมันหอมระเหยด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม

5.2) การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) เป็นการสกัดน้ำมันหอมระเหย โดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม เช่น สกัดน้ำมันกานพลูโดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์

5.3) การบีบอัดด้วยเครื่อง (mechanical expression) เป็นการสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีบีบ เช่น นำเปลือกผลส้มไปบีบจะได้มีลชันของน้ำในน้ำมัน water-in-oil emulsion ซึ่งแยกน้ำมันหอมระเหยออกโดยวิธีการหมุนเหวี่ยง (centrifugation)

5.4) การกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) เป็นการกลั่นโดยผ่านไอน้ำไปบน

พืชสมุนไพรซึ่งบรรจุไว้ในขวดรูปกรวยพร้อมกับน้ำ ให้น้ำจะพาเอาน้ำมันหอมระเหยไปยังเครื่องควบแน่น แล้วกลั่นตัวเป็นของเหลว เมื่อทิ้งไว้ น้ำมันจะแยกตัวออกจากน้ำ

5.5) การกลั่นด้วยน้ำ (water distillation) เป็นวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร โดยต้มกับน้ำ เมื่อน้ำและน้ำมันหอมระเหยระเหยขึ้นไปถึงเครื่องควบแน่นจะกลั่นตัว แล้วจึงนำของเหลวที่ได้ไปแยกน้ำมันหอมระเหยจากชั้นน้ำ

6) การสกัดน้ำมันพืช

อาจทำโดยใช้ความร้อนหรือไม่ใช้ความร้อน การบีบโดยใช้ความร้อนจะได้น้ำมันออกมามากกว่าแต่จะบริสุทธิ์น้อยกว่า เครื่องมือที่ใช้บีบน้ำมันทางอุตสาหกรรมที่นิยมกันคือ เครื่องบีบชนิดเกลียว (screw press หรือ expeller) เมื่อหมุนเกลียวเข้าไปจะเกิดแรงกดทำให้เมล็ดพืชแตกออก ให้น้ำมันไหลออกมาทางหนึ่ง ส่วนกากจะไหลออกมาอีกทางหนึ่ง กากที่ได้จากการบีบมักจะยังมีน้ำมันค้างอยู่ประมาณ 2-4 % ในทางอุตสาหกรรมจึงมักจะนำไปสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน อีกครั้งหนึ่ง (วันดี กฤษณพันธ์. 2536 : 132-136)

7) การสกัดด้วยกรดและด่าง

เป็นวิธีที่ดีที่สุดในวิธีหนึ่งสำหรับแยกสารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง หรือกรดออกจากของผสม ในบางกรณีทำให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเกลือที่ละลายได้ในน้ำแต่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ตัวอย่างเช่น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ทำปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ (carboxylic acid) ได้เกลือโซเดียมของกรดที่ละลายได้ในน้ำ ส่วนสารประกอบจำพวกฟีนอล (phenolic compound) ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต แต่ทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วได้เกลือโซเดียมที่ละลายได้ในน้ำ ดังนั้นถ้ามีกรดอินทรีย์ผสมอยู่กับสารประกอบจำพวกฟีนอล อาจแยกออกจากกันได้โดยสกัดสารผสมนั้นด้วยสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต จะได้เกลือโซเดียมของกรดที่ละลายในชั้นน้ำ ส่วนสารประกอบจำพวกฟีนอล ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยาจะไม่อยู่ในชั้นน้ำก็แยกออกจากกันได้ แล้วจึงนำเอาชั้นน้ำนี้ไปเติมกรดซัลฟิวริกหรือกรดเกลือจนสารละลายมีฤทธิ์เป็นกรดจะได้กรดอินทรีย์แยกออกมา

ในการแยกสกัดสารอย่างง่าย ๆ เครื่องมือที่ใช้สกัดสารคือกรวยแยก (separatory funnel) ซึ่งต้องคอยตรวจตราอยู่เสมอ ให้จุก (stopper) และก๊อกปิดเปิด (stopcock) ปิดแน่นพอดีไม่รั่ว และทาวาสลินบาง ๆ เพื่อให้หมุนได้ง่าย

ในขณะที่สกัดเมื่อใส่ตัวทำละลายสำหรับสกัดแล้ว ต้องถือกรวยให้มั่นคงด้วยมือทั้งสอง มือหนึ่งจับปากกรวยกันไม่ให้จุกกระเด็นออกมา อีกมือหนึ่งจับก้นกรวยให้พอเหมาะที่จะหมุนก๊อกปิดเปิดได้สะดวก เอียงกรวยคว่ำลง เปิดก๊อกปิดเปิดเพื่อลดความดัน ปล่อยให้ของผสมแยกออกเป็นสองชั้นโดยชัดเจน (ถ้าของผสมเป็นอิมัลชันไม่แยกเป็นสองชั้น) อาจทำให้แตกได้โดย เขย่ากรวยแบบแกว่งเป็นวง (swirl) ขณะที่กรวยตั้งตรงกววนอิมัลชันด้วยแท่งแก้ว หมุนเหวี่ยงหรือเซนตริฟิวจ์ ใส่เกลือแกง (NaCl) ลงไปจนชั้นน้ำอิมัลชันวิธีนี้เรียกว่า การแยกด้วยเกลือ (salting out) ช่วยให้ตัวถูกละลายและตัวทำละลายที่นำมาสกัดละลายในน้ำได้น้อยลง นำบีกเกอร์มาวางรองข้างใต้กรวย

แยก ไซสารละลายชั้นล่างลงทางรูที่มีในก๊อกปิดเปิดและเทสารละลายชั้นบนออกทางปากกรวยเพื่อไม่ให้แต่ละชั้นสกปรก

การที่ชั้นน้ำหรือชั้นตัวทำละลายอินทรีย์จะอยู่ข้างบนหรือข้างล่างนั้น ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นสัมพัทธ์ของของเหลวทั้งสอง ของเหลวที่มีความหนาแน่นสัมพัทธ์สูงกว่าจะอยู่ชั้นล่าง ในกรณีที่ไม่ทราบความหนาแน่น ทดสอบโดยลองละลายของเหลวแต่ละชั้น 2-3 หยดในน้ำ 2-3 cm³ ในหลอดทดลองถ้าละลายเป็นเนื้อเดียวกันน้ำก็เป็นชั้นน้ำ ถ้าไม่ละลายในน้ำแสดงว่าเป็นชั้นตัวทำละลายอินทรีย์ ทางที่ดีควรฝึกให้เป็นนิสัย คือ เก็บสารละลายไว้ทั้งสองชั้นจนกว่าจะได้ทดสอบว่าถูกต้องแน่นอนแล้วจึงค่อยเททิ้ง (สุภาพ บุญยรัตเวช; และ เกษร วีระชาติ. 2540 : 25-26)

1.3.3 การทำให้สารสกัดเข้มข้น

เมื่อสกัดสารด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมแล้ว การสกัดจะมีปริมาณมากและเจือจางจึงจำเป็นต้องทำให้เข้มข้นเสียก่อนที่จะนำไปแยกส่วน อาจทำได้หลายวิธี คือ

1) การระเหยให้แห้งโดยใช้ความร้อน (free evaporation) จากหม้ออังไอน้ำ (water bath) หรือเตาไฟฟ้า (hot plate) บางครั้งอาจจะเป่าอากาศร้อนลงไปในสารสกัดด้วยเพื่อให้ระเหยได้เร็วขึ้น

2) การกลั่นลดความดัน (vacuum distillation) เป็นวิธีการระเหยแห้งโดยการกลั่นตัวทำละลายออกที่อุณหภูมิต่ำ และลดความดันลงจนเกือบเป็นสุญญากาศโดยใช้เครื่องสูบอากาศออก (vacuum pump) เครื่องมือนี้เรียกว่า เครื่องระเหยสารโดยการลดความดัน (rotary evaporator) ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ขวดกลั่น (distillation flask) เครื่องควบแน่น (condenser) และขวดรับสาร (receiving flask) ซึ่งขวดกลั่นจะหมุนอยู่ตลอดเวลาที่ทำงาน และแช่อยู่ในหม้ออังไอน้ำเพื่อให้การกระจายของความร้อนทั่วถึงและสม่ำเสมอ เครื่องที่ดีจะต้องมีระบบการทำสุญญากาศที่ดีระหว่างขวดกลั่นและเครื่องควบแน่นสัน และมีระบบทำความสะอาดของเครื่องควบแน่นที่ดี

3) การแช่แข็ง (freezing) ถ้าเป็นการสกัดด้วยน้ำใช้ตัวทำแห้งเยือกแข็ง (lyophilizer หรือ freeze dryer) แต่ถ้าเป็นตัวทำละลายอื่นเฉพาะตัวทำละลายเท่านั้นที่แข็ง ซึ่งเราแยกจากสารสกัดเข้มข้น (concentrated extract) โดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge)

4) อัลตราฟิเตรชัน (ultrafiltration) เป็นการทำให้สารสกัดด้วยน้ำให้เข้มข้นโดยใช้เมมเบรน (membrane) มักใช้กับสารที่มีน้ำหนักโมเลกุล (molecular weight) สูงกว่า 5,000

1.3.4 การแยกส่วนผสม

เพื่อให้การสกัดได้สารสำคัญที่บริสุทธิ์ จำเป็นต้องอาศัยวิธีการแยกโดยใช้เทคนิคและอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1) การแยกโดยอาศัยคุณสมบัติและปฏิกิริยาทางเคมี (chemical means) เราสามารถแยกสารออกจากกันได้ เช่น

1.1) ความเป็นด่าง (basicity) เช่น การสกัดแยกพวกเอมีนจากสารอื่นด้วย

กรด

1.2) ความเป็นกรด (acidity) แยกกรดออกโดยใช้ต่าง

1.3) สารประกอบคาร์บอนิล สามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายอิมตัวของ โซเดียมไบซัลไฟต์ (sodium bisulfite) ได้เป็นไบซัลไฟต์ (bisulfite) ซึ่งสารประกอบนี้เมื่อนำไปทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น จะได้สารประกอบคาร์บอนิลกลับมาใช้ เป็นวิธีแยกสารชนิดนี้จากสารอื่น

1.4) เราสามารถแยกประเภทของเอมีนออกจากกันโดยอาศัยคุณสมบัติในการละลาย เอมีนปฐมภูมิ (primary amine) ละลายในต่าง แต่เอมีนทุติยภูมิ (secondary amine) ไม่ละลาย ถ้าเอาเอมีนทั้ง 2 ชนิด ไปทำปฏิกิริยากับ พารา-โทลูอินซัลโฟนิลคลอไรด์ (p-toluenesulphonyl chloride) แล้วกลั่นแยกเอาอนุพันธ์เอมีนนี้ ออกด้วยไอน้ำ

1.5) การแยกสารออกจากกันได้โดยเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสาร (fractional liberation) เช่น การเปลี่ยนเกลือของแอลคาลอยด์ให้เป็นแอลคาลอยด์ ซึ่งเมื่อสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ แอลคาลอยด์จะละลายออกมา หรือการแยกส่วนผสมของเกลือของกรดโดยใช้กรด เป็นต้น

2) การแยกสารออกจากกันโดยอาศัยคุณสมบัติทางฟิสิกส์ (physical means) อาจใช้วิธีการต่างๆ คือ การกลั่น การกลั่นด้วยไอน้ำ การระเหิด (sublimation) การแยกด้วยตัวทำละลาย (solvent separation) การตกตะกอน (precipitation) โครมาโทกราฟี (chromatography) การกลั่นแยกลำดับส่วน (fractional distillation) การตกผลึก (crystallization) การแยกสารผ่านเยื่อ (dialysis) การเคลื่อนที่ด้วยไฟฟ้า (electrophoresis) และ การหมุนเหวี่ยง (centrifugation) (วันดี กฤษณพันธ์. 2536 : 139-140)

1.4 การแยกสารด้วยวิธีการตกผลึก

การแยกสารด้วยวิธีการตกผลึก เป็นการแยกสารที่เป็นของแข็งที่ละลายได้ในของเหลว โดยทำให้สารละลายเป็นสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิสูง เมื่อทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงของแข็งจะแยกตัวออกมาเป็นรูปผลึก รูปผลึกของสารแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป สารที่มีสภาพการละลายได้ต่างกันมากผสมกันอยู่สามารถแยกออกจากกันได้โดยอาศัยการตกผลึก ถ้าผลึกที่ได้ไม่บริสุทธิ์พอจะต้องตกผลึกซ้ำเพื่อให้ได้ผลึกที่บริสุทธิ์ตามต้องการ

การเลือกตัวทำละลายให้ยึดหลักที่ว่าสารที่มีสมบัติคล้ายกันย่อมละลายซึ่งกันและกันได้ ตามกฎ like dissolves like นั่นคือ ตัวถูกละลายที่ไม่มีขั้วจะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว และตัวถูกละลายที่มีขั้วจะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น เบนซีนละลายในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ เพราะเป็นสารประกอบไม่มีขั้วทั้งคู่ หรือสารประกอบไอออนิกละลายน้ำแต่ไม่ละลายในสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น

ตัวทำละลายที่ดีมีสมบัติ ดังนี้

1) ละลายสารที่ต้องการตกผลึกได้มากขณะร้อน แต่ละลายได้น้อยมากในขณะเย็น

- 2) ไม่ควรละลายสิ่งเจือปนเมื่อร้อน หรือควรละลายสิ่งเจือปนได้ดีเมื่อเย็น
- 3) จุดเดือดไม่สูงเกินไป เพื่อจะได้กำจัดออกได้ง่ายขณะที่ทำให้ผลึกแห้ง
- 4) ต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการตกผลึก
- 5) หาง่าย ไม่เป็นพิษ และราคาถูก

สารบางชนิดอาจละลายในตัวทำละลายได้ดีเกินไป จนไม่สามารถใช้ตัวทำละลายนั้นเพียงชนิดเดียวในการตกผลึก จำเป็นต้องเติมตัวทำละลายอีกชนิดหนึ่งที่ละลายได้ในตัวทำละลายชนิดแรก แต่ไม่ละลายสารที่ต้องการตกผลึก วิธีนี้เรียกว่า การตกผลึกโดยใช้ตัวทำละลายผสม (mixed solvent)

การใช้ตัวทำละลายผสมในการตกผลึก ให้ละลายสารที่ต้องการตกผลึกในตัวทำละลายที่สารนั้นละลายได้ดีก่อน ต้มให้เดือด กรองสารเจือปนที่ไม่ละลายออกขณะร้อน เติมตัวทำละลายที่สารนั้นละลายได้น้อยหรือไม่ละลายลงไปทีละหยดจนสารละลายเริ่มขุ่น (แสดงว่ามีสารบางส่วนตกตะกอนออกมา) แล้วเติมตัวทำละลายชนิดแรกลงไปอีกจนสารละลายใส ตั้งทิ้งไว้ให้ตกผลึก กรองผลึกที่เกิดขึ้น

การตรวจความบริสุทธิ์ของผลึก ทำได้โดยการหาจุดหลอมเหลว โดยปกติผลึกครั้งแรกมักจะบริสุทธิ์ ถ้าปรากฏว่าผลึกที่ได้ไม่บริสุทธิ์พอดังต้องตกผลึกซ้ำ (สุภาพ บุญยะรัตเวช; และเกษร จีระชาโต. 2540 : 13-18)

1.5 การแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี

โครมาโทกราฟี เป็นเทคนิควิธีการแยกสารผสมออกจากกัน และแยกสารหนึ่งออกจากสิ่งเจือปน (ทำสารให้บริสุทธิ์) นอกจากนี้ยังสามารถใช้พิสูจน์สารได้ด้วย โดยอาศัยหลักการกระจายตัวของสารในระหว่างวัฏภาค (phase) 2 ชนิด ซึ่งไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน คือ วัฏภาคอยู่นิ่ง (stationary phase) และวัฏภาคเคลื่อนที่ (mobile phase) สารที่ทำหน้าที่เป็นวัฏภาคอยู่นิ่ง เรียกชื่อรวมๆ ว่า ตัวดูดซับ (sorbent) อาจมีสถานะเป็นของแข็งหรือของเหลว ส่วนสารที่ทำหน้าที่เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ เรียกว่า ตัวชะ (eluent) อาจมีสถานะเป็นของเหลวหรือก๊าซ เนื่องจากส่วนใหญ่ใช้ของเหลวหรือตัวทำละลายเป็นตัวชะ ดังนั้น บางครั้งจะเรียกตัวชะว่าโซลเวน (solvent) การที่ตัวชะเคลื่อนที่ผ่านวัฏภาคอยู่นิ่ง เรียกว่า การชะ (elution หรือ developing)

1.5.1 กระบวนการสำคัญในการแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี คือ

1) กระบวนการดูดซับ (adsorption process) เป็นกระบวนการแยกสารโดยอาศัยสมบัติการดูดซับของสารที่จะแยกกับวัฏภาคอยู่นิ่งหรือตัวดูดซับ ตัวดูดซับซึ่งมีสถานะเป็นของแข็ง ตัวชะอาจมีสถานะเป็นของเหลวหรือก๊าซ การที่สารแต่ละชนิดในของผสมจะดูดซับกับตัวดูดซับมากน้อยเพียงใดขึ้นกับความมีขั้ว และขนาดของสารที่จะแยก สารที่ดูดซับกับตัวดูดซับได้ดี เมื่อผ่านตัวชะก็จะถูกชะออกมาได้ช้ากว่าสารที่ดูดซับกับตัวดูดซับได้ไม่ดี หรือดูดซับได้น้อยกว่า ทำให้สามารถแยกสารออกจากกันได้

2) กระบวนการแบ่งส่วนการละลาย (partition process) เป็นกระบวนการแยกสาร โดยอาศัยการแบ่งส่วนการละลายของสารที่จะแยก กับวัฏภาคอยู่หนึ่ง และวัฏภาคเคลื่อนที่ สารที่ใช้เป็นวัฏภาคอยู่หนึ่ง และวัฏภาคเคลื่อนที่อาจมีสถานะเดียวกันได้ แต่ต้องไม่ละลายซึ่งกันและกัน สถานะของสารที่ใช้เป็นวัฏภาคอยู่หนึ่ง ส่วนใหญ่เป็นของเหลวที่เคลือบบนผิวของของแข็ง ที่ทำหน้าที่เป็นสารค้ำจุน (supporter) ส่วนสถานะของสารที่เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่อาจเป็นของเหลวหรือก๊าซ สารในของผสมที่สามารถแบ่งส่วนการละลายในวัฏภาคเคลื่อนที่ได้มากกว่าวัฏภาคอยู่หนึ่ง และมากกว่าสารอื่นๆ ในของผสมก็จะถูกชะออกมาได้เร็วกว่า

การแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี อาจมีทั้งสองกระบวนการเกิดขึ้นพร้อมกันได้ กระบวนการใดเกิดมากกว่า จะถือว่าเป็นกระบวนการหลัก (จินดา แต้มบรรจง. 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

เราสามารถแบ่งโครมาโทกราฟีอย่างกว้างๆ ได้เป็น 2 พวก ตามลักษณะของวัฏภาคที่เกี่ยวข้อง คือ

โครมาโทกราฟีแบบดูดซับ (adsorption chromatography) ในกรณีวัฏภาคอยู่หนึ่งเป็นของแข็ง เช่น อะลูมินา หรือ ซิลิกาเจล ส่วนวัฏภาคเคลื่อนที่อาจเป็นก๊าซหรือของเหลวก็ได้ ได้แก่ โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ (column chromatography) โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง (thin layer chromatography) และก๊าซ-ของแข็ง โครมาโทกราฟี (gas-solid chromatography)

โครมาโทกราฟีแบบแบ่งส่วนการละลาย (partition chromatography) ในกรณีนี้วัฏภาคอยู่หนึ่งเป็นของเหลว ส่วนมากเป็นน้ำซึ่งถูกพุงด้วยของแข็ง (supporter) ที่พรุน เช่น เซลลูโลส (cellulose) ไคเซลกัวร์หรือดินเบา (kieselguhr) ส่วนวัฏภาคเคลื่อนที่อาจเป็นก๊าซหรือของเหลวก็ได้ ได้แก่ โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ (paper chromatography หรือ PC) ก๊าซ-ของเหลว โครมาโทกราฟี (gas-liquid chromatography) (สุภาพ บุญะรัตเวช. 2522 : 49)

ขั้นตอนการแยกสารด้วยเทคนิคทางโครมาโทกราฟี

- 1) การเตรียมสารตัวอย่าง (sample) โดยทั่วไปเป็นของเหลวหรือสารละลาย
- 2) การเตรียมวัฏภาคอยู่หนึ่ง
- 3) การเตรียมวัฏภาคเคลื่อนที่
- 4) การนำใส่ (load หรือ apply) สารตัวอย่างบนวัฏภาคอยู่หนึ่ง
- 5) การชะสารตัวอย่าง (developing)
- 6) การตรวจสอบตำแหน่งของสารที่แยกออกมาได้ (visualization)
- 7) การบันทึกข้อมูล สมบัติทางกายภาพของสารที่แยกได้
- 8) การทดสอบความบริสุทธิ์ และชนิดของสารที่แยกได้ (จินดา แต้มบรรจง. 2546 :

ไม่ปรากฏเลขหน้า)

1.5.2 เทคนิคทางโครมาโทกราฟีที่สามารถทำการทดลองได้ง่ายและไม่ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง ได้แก่ โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง และ โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์

โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ (paper chromatography : PC)

โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ เป็นโครมาโทกราฟีแบบดูดซับ อาศัยคุณสมบัติที่สารผสมละลายในตัวทำละลาย 2 ชนิด ซึ่งไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ต่างกัน ประกอบด้วย

1) วัฏภาคอยู่นิ่ง เป็นน้ำที่กระดาษกรองดูดซับไว้จากอากาศ อยู่ในช่องว่างของเซลล์ลูโลสของกระดาษ หรือสารเคมีที่เป็นของเหลวที่เคลือบ (impregnate) บนกระดาษกรอง ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับ

2) วัฏภาคเคลื่อนที่ เป็นตัวทำละลายหรือสารละลายที่เหมาะสมในการแยกสารออกจากของผสม วัฏภาคเคลื่อนที่หรือตัวชะ อาจเคลื่อนที่ได้ 2 แบบ คือ

2.1) แบบดีเซนดิง (descending) คือ วัฏภาคเคลื่อนที่ จะเคลื่อนที่ผ่านวัฏภาคอยู่นิ่ง จากด้านบนสู่ด้านล่างของภาชนะที่บรรจุ ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก

2.2) แบบแอสเซนดิง (ascending) คือ วัฏภาคเคลื่อนที่ จะเคลื่อนที่ผ่านวัฏภาคอยู่นิ่งจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนของภาชนะที่บรรจุด้วยแรงการซึมตามรูเล็ก (capillary action)

ปริมาณสารตัวอย่างที่ใช้ประมาณ 0.5 % จุดที่ละ 10 μ l (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 mm) การจุด (spot) อาจใช้ คะปิลลารี (capillaries) ไมโครซริงก์ (micro syringes) ไมโครบัลบีเปตต์ (micro bulb pipette) ไมโครแคปสูลาทิงลูป (microcaps platin loop) หรือ แกรดีวเอทไมโครปิเปตต์ (graduated micropipette)

การชะสาร (development) โดยนำกระดาษที่จุดสารตัวอย่าง แล้วไปชะ (develop) ในถังแช่ซึ่งอิ่มตัว (pre saturated) ด้วยตัวทำละลายที่ใช้ในการชะ อาจใช้กระดาษกรองวางแนบไปกับผนังของภาชนะที่ใช้ จะช่วยในการอิ่มตัวได้เร็วขึ้น

วัตถุประสงค์ในการทำโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ส่วนใหญ่ใช้หาจำนวนองค์ประกอบในสารตัวอย่างมากกว่าการศึกษาในเชิงปริมาณวิเคราะห์

ในการตรวจสอบตำแหน่งของสารที่แยกได้ (visualization) ทำได้ 2 วิธี ดังนี้

การตรวจสอบที่สารที่แยกได้ยังคงสภาพเดิม (nondestructive development)

การตรวจสอบที่ใช้สารเคมีเปลี่ยนสารที่แยกได้ (destructive development)

เป็นสารใหม่ และไม่สามารถทำกลับให้เหมือนเดิมได้

สำหรับสารที่มีสี ใช้ดินสอวงตำแหน่งสาร ส่วนที่ไม่มีสีอาจหาตำแหน่งได้ โดยการ spray ด้วยสารเคมีที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดสารที่มีสี สำหรับสารที่ดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตสามารถตรวจสอบด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต แล้วใช้ดินสอวงตำแหน่งของสารที่เห็น จากนั้นวัดระยะทางจากจุดเริ่มต้น (starting point) จนถึงจุดกึ่งกลางของวงที่เป็นตำแหน่งสาร และระยะทางจากจุดเริ่มต้นจนถึงแนวตัวทำละลาย นำมาคำนวณหาค่า R_f (rate of flow)

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางจากจุดเริ่มต้นถึงตำแหน่งของสาร}}{\text{ระยะทางจากจุดเริ่มต้นถึงแนวตัวทำละลาย}}$$

ปัจจัยที่มีผลต่อค่า R_f คือ

- 1) ชนิดของสารตัวอย่าง
- 2) ระบบที่ใช้แยกสาร เช่น เลือกใช้ระบบตัวทำละลายชนิดใด อัตราส่วน ระยะเวลาที่เตรียม และปริมาณที่ใช้
- 3) สภาวะที่ทำการทดลอง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน ความอึดตัวของไอของตัวทำละลายในถังแซ่ เป็นต้น
- 4) ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัฏภาคเคลื่อนที่ ว่าเป็นแบบใด

ในการแยกสารนั้น อาจใช้เทคนิคการแยกมิติเดียว (one-dimension) การแยก 2 มิติ (two-dimension) หรือ การแยกเป็นรัศมี (radial separation) ก็ได้ เนื่องจากใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากและการดูดซับบนวัฏภาคอยู่เนิ่นมีมาก ทำให้การแยกไม่แยกจากกันอย่างชัดเจน จึงไม่ค่อยนิยม แต่ยังใช้แยกน้ำตาลและสารซึ่งมีขั้ว เช่น ฟลาโวนอยด์ (สุลลี จันทรกระจ่าง; และ คนอื่นๆ. 2528 : 23-35 ; สุภาพ บุญยะรัตเวช; และ เกษร วีระชาติ. 2540 : 63-64 ; และ จินดา แท้มบรรจง. 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง (thin layer chromatography : TLC)

โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง เป็นเทคนิคที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางเพราะนอกจากจะใช้ศึกษาจำนวนองค์ประกอบของสารในของผสมยังสามารถใช้แยกสารให้บริสุทธิ์ เพื่อนำมาใช้ต่อหรือศึกษาเชิงปริมาณวิเคราะห์ได้ หลักการแยกสารอาจแยกโดยกระบวนการดูดซับ หรือแบ่งส่วนการละลายก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่จะแยก ชนิดของวัฏภาคอยู่เนิ่น ชนิดของวัฏภาคเคลื่อนที่ และขึ้นอยู่กับชนิดของตัวดูดซับ ซึ่งวัฏภาคอยู่เนิ่นโดยมากเป็นพวกของแข็งที่เป็นผงละเอียด ทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับซึ่งเคลือบ (coat) ติดอยู่กับตัวยึดที่เป็นแผ่น (supporting medium) โดยมากเป็นแผ่นแก้ว อีกส่วนหนึ่งเป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ ซึ่งอาจเป็นตัวทำละลายเดี่ยว (single solvent) หรือตัวทำละลายผสม (mixed solvents) ก็ได้ เรียกว่า ตัวชะ วัฏภาคเคลื่อนที่จะทำหน้าที่ชะสารออกจากจุดเริ่มให้เคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร็วต่างๆ กัน ขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายของสารที่มีต่อตัวชะ สารที่ละลายได้ดีในตัวชะก็จะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับตัวชะได้เร็ว ส่วนสารที่ถูกตัวดูดซับ ดูดซับไว้ได้ดีก็จะถูกยึดไว้หรือเคลื่อนที่ช้า ระยะทางที่วัฏภาคเคลื่อนที่ เคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุดบนแผ่นโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง เรียกว่า แนวตัวทำละลาย ระยะทางที่สารประกอบต่างๆ เคลื่อนที่ออกมาจากจุดเริ่มต้นจะแตกต่างกัน และต่ำกว่าระดับของแนวตัวทำละลาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่า R_f ของสารแต่ละชนิด ซึ่งจะมีค่า R_f คงที่ในสภาวะหนึ่งๆ เช่น เมื่อใช้ตัวดูดซับชนิดเดียวกัน ใช้ระบบตัวทำละลายที่เหมือนกัน ที่อุณหภูมิและภาวะเดียวกัน

ปัจจัยที่มีผลต่อค่า R_f

ค่า R_f ของสารแต่ละชนิด จะมีค่าเฉพาะตัวในสภาวะหนึ่งๆ เสมอ แต่ก็มีปัจจัยหลายอย่างที่มีอิทธิพลและส่งผลต่อค่า R_f ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่

1) ระบบตัวทำละลาย ที่เลือกใช้ว่าประกอบด้วยชนิดไหน อัตราส่วน ระยะเวลาที่เตรียม ปริมาณที่ใช้

2) ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัฏภาคเคลื่อนที่ว่าเป็นแบบไหน

3) ระยะเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติ

4) ถังแช่มีการอ้อมตัวด้วยไอระเหยของวัฏภาคเคลื่อนที่ มากน้อยแค่ไหน

5) ความชื้นของแผ่นโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง หรือของบรรยากาศภายในภาชนะ

6) อุณหภูมิของระบบขณะกำลังปฏิบัติ

7) ความเข้มข้นมากหรือน้อยของสารตัวอย่างที่ใช้

8) ธรรมชาติและคุณสมบัติของโครงสร้างของสารตัวอย่างชนิดนั้นๆ

วิธีการปฏิบัติ

ใช้หลอดคะปิลลารี (capillary) จุดสารตัวอย่างลงบนแผ่นโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง โดยห่างจากขอบล่างประมาณ 1 cm แต่ละจุดห่างกันประมาณ 0.5 cm ให้มีจุดขนาดเล็กที่สุดที่จะเล็กได้ ถ้าจุดใหญ่เมื่อทำการชะสารแล้วจะมองเห็นไม่ชัด เพราะจุดที่อยู่ใกล้กันจะทับกัน เมื่อจุดครั้งแรกหนึ่งแล้ว ถ้าต้องการให้สารแต่ละจุดเข้มข้น ทำได้โดยปล่อยให้จุดแห้งก่อน แล้วจึงจุดทับลงไปอีก จากนั้นนำมาจุ่มลงในถังแช่ที่มีวัฏภาคเคลื่อนที่อยู่ และมีปริมาณสูงจากก้นภาชนะประมาณ 1 cm วางแผ่นโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางในแนวตั้ง และให้ปลายขอบของแผ่นโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางด้านที่หยดสารตัวอย่างไว้จุ่มอยู่ในวัฏภาคเคลื่อนที่ ปิดฝาถังแช่ และปล่อยให้วัฏภาคเคลื่อนที่เคลื่อนตัวขึ้นมาตามผิวบางของวัฏภาคอยู่จนถึงแนวตัวทำละลาย ทำให้เกิดการแยกของสารผสมในหยดสารตัวอย่างออกจากกันเป็นจุด ๆ ที่ระยะทางต่างๆ กัน ถ้าเป็นสารที่มีสีก็สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ถ้าเป็นสารที่มีสีไม่ชัดเจนหรือไม่มีสีอาจใช้วิธีดูในรังสีอัลตราไวโอเล็ต หรือทาด้วยสารเคมี (developing reagent) เพื่อช่วยให้มองเห็นว่าจุดเหล่านั้นอยู่ในตำแหน่งใด (Prochazka, Z.; et al. 1979 : 112-115 ; Okerho, Lin R.A.; 1980 : 69-78 ; สุวลี จันทรกระจ่าง; และคนอื่นๆ. 2528 : 36-38 ; สุภาพ บุญยะรัตเวช; และ เกษร วีระชาติ. 2540: 60-62)

ตัวดูดซับ (adsorbent)

ในการเลือกใช้ตัวดูดซับ ที่ใช้เป็นวัฏภาคที่อยู่กับที่ ต้องคำนึงถึงสมบัติในการละลายของสาร ว่าสารที่จะแยกมีสมบัติมีขั้วหรือไม่มีขั้ว ความเป็นกรด เบส หรือกลางของสารที่จะแยก และปฏิกิริยาเคมีระหว่างตัวดูดซับ กับสารที่จะแยก หรือสารกับตัวทำละลาย

ตัวดูดซับ ที่นิยมใช้ในโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง ได้แก่

ซิลิกาเจล (silica gel : SiO_2) เป็นสารอนินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียด ทำจาก

กรดซิลิซิก (silicic acid) ผสมกับตัวยึด (binder) เช่น แคลเซียมซิลเฟต ขนาดที่นิยมใช้ในโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง คือ ขนาด 15 μM หรืออยู่ในช่วง 5-40 μM ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการแยกสารและชนิดของสารที่จะแยก ซิลิกาเจลมีความเป็นกรดเล็กน้อยเหมาะกับการแยกสารที่มีสมบัติเป็นกรด หรือเป็นกลาง หากใช้แยกสารที่มีความเป็นกลางควรใช้วัสดุภาคเคลื่อนที่ประเภทตัวทำละลายอินทรีย์ ถ้าใช้แยกสารที่มีความเป็นกรดควรเติมกรดแอซิติกลงไปในวัสดุภาคเคลื่อนที่เล็กน้อย แต่หากใช้แยกสารที่มีความเป็นเบส ควรเติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ลงไปเล็กน้อย การเตรียมสารชั้นหนึ่ยว (slurry) จะใช้อัตราส่วนของซิลิกาเจล ต่อน้ำในปริมาณ 1 : 2

อะลูมินา (alumina, aluminium oxide : Al_2O_3) เป็นสารอินทรีย์ที่นิยมใช้รองลงมาจากซิลิกาเจล เป็นสารผสมของอะลูมิเนียมออกไซด์กับตัวยึด เช่น แคลเซียมซิลเฟต มีสมบัติเป็นเบส จึงเหมาะกับการใช้แยกสารที่มีความเป็นเบส การเตรียมสารชั้นหนึ่ยว จะใช้อัตราส่วนของอะลูมินาต่อน้ำ ปริมาณ 30 : 40

ดินเบาหรือไคเซลกัวร์ (kieselguhr) เป็นสารอินทรีย์จากดินเบา (diatomaceous earths) ลักษณะเป็นผงละเอียด มีสมบัติคล้ายซิลิกาเจล คือมีสมบัติในการดูดซับได้เล็กน้อย นิยมใช้สำหรับแยกสารที่มีโมเลกุล ชนิดมีขั้วมากๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน เป็นต้น

เซลลูโลส เป็นสารอินทรีย์ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของคาร์โบไฮเดรต มีลักษณะเป็นผงทำจากเซลลูโลสของพืช มีสมบัติดูดซับน้ำได้ดี การใช้อาจจะต้องผสมตัวยึดก็ได้ นิยมใช้สำหรับการแยกสารชนิดมีขั้ว เช่น โปรตีน กรดอะมิโน น้ำตาล เป็นต้น

วัสดุภาคเคลื่อนที่

เป็นของเหลวอาจเป็นตัวทำละลายบริสุทธิ์ชนิดเดียวหรือตัวทำละลายผสม การเลือกใช้ วัสดุภาคเคลื่อนที่จึงเป็นสิ่งสำคัญของการทำโครมาโทกราฟี ดังนั้นในการเลือกใช้วัสดุภาคเคลื่อนที่จึงควรพิจารณาดังนี้

พิจารณาจากค่าความมีขั้วของตัวทำละลาย (elutropic series of solvent)

(ตาราง 3) ถ้าสารตัวอย่างเป็นสารประกอบชนิดมีขั้วควรเลือกใช้ตัวทำละลายชนิดมีขั้ว และถ้าสารตัวอย่างเป็นสารประกอบไม่มีขั้วก็ควรเลือกใช้ตัวทำละลายชนิดไม่มีขั้วเป็นวัสดุภาคเคลื่อนที่ การเพิ่มความมีขั้วของวัสดุภาคเคลื่อนที่อาจทำได้โดยการผสมกันระหว่างตัวทำละลายชนิดมีขั้วสูง กับตัวทำละลายชนิดที่มีขั้วต่ำกว่าในอัตราส่วนต่างๆ กัน

พิจารณาถึงกลไกที่เกิดขึ้นในโครมาโทกราฟีนั้นๆ ว่าเป็นชนิดดูดซับหรือชนิดแบ่งส่วนสารละลาย ทำให้สามารถเลือกวัสดุภาคเคลื่อนที่ที่เหมาะสมได้ (ศิริกานต์ ภาสข. 2543 : 34-36)

ตาราง 3 ค่าความมีขั้วของตัวทำละลายชนิดต่างๆ (elutropic series of solvents)

ตัวทำละลาย (solvent)	dielectric constant (at 25 °C)
เฮกเซน (hexane)	1.89
ไซโคลเฮกเซน (cyclohexane)	2.02
1,4-ไดออกเซน (1,4-dioxane)	2.21
คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (carbon tetrachloride)	2.24
เบนซีน (benzene)	2.28
โทลูอิน (toluene)	2.38
แอสिटไนไตรล์ (acetonitrile)	3.88
ไดเอทิลอีเทอร์ (diethyl ether)	4.34
คลอโรฟอร์ม (chloroform)	4.87
กรดฟอร์มิก (formic acid)	5.0
2-เมทิลบิวเทน-2-อล (2-methylbutan-2-ol)	5.82
เอทิลแอสिटเตต (ethyl acetate)	6.02
กรดแอสिटิก (acetic acid, glacial)	6.15
เตตระไฮโดรฟูแรน (tetrahydrofuran)	7.58
ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane)	9.14
2-เมทิลโพรเพน-2-อล (2-methylpropan-2-ol)	10.9
ไพรีดีน (pyridine)	12.3
บิวเทน-2-อล (butan-2-ol)	15.8
2-เมทิลโพรเพน-1-อล (2-methylpropan-1-ol)	17.7
บิวเทน-1-อล (butan-1-ol)	17.8
โพรเพน-2-อล (propan-2-ol)	18.3
โพรเพน-1-อล (propan-1-ol)	20.1
แอสिटอน (acetone)	20.7
เอทานอล (ethanol)	24.3
เมทานอล (methanol)	33.6
น้ำ (water)	78.3

ที่มา : Braithwaite, A.; & Smith, F.J. (1996). *Chromatographic Methods*. Fifth Edition. p.72.

โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ (column chromatography : CC) (เฟด็จ สิทธิสุนทร; และคนอื่นๆ. 2539 : 26-29 และ สุภาพ บุญยะรัตเวช; และ เกษร วีระชาติ. 2540 : 56-59)

เป็นโครมาโทกราฟีชนิดที่มีวัฏภาคอยู่หนึ่ง บรรจุอยู่ในคอลัมน์แก้วทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับ ซึ่งชุ่มอยู่ด้วยตัวทำละลายชนิดหนึ่ง เอาสารผสมที่ต้องการจะแยกซึ่งละลายอยู่ในตัวทำละลายชนิดเดียวกันกับข้างต้นมาหยดลงบนตัวดูดซับ แล้วจึงเติมตัวทำละลายตามลงมา ตัวทำละลายจะค่อยๆ ชะสารที่ต้องการจะแยกให้เคลื่อนที่ลงไป ด้วยอัตราเร็วต่างกัน จนในที่สุดจะให้แถบสี (color band) ของแต่ละสารแยกออกจากกัน (ในกรณีที่สารเหล่านั้นมีสีในตัวเอง) แต่ถ้าสารเหล่านั้นไม่มีสี เราจำเป็นต้องใช้วิธีอื่นเพื่อหาว่าแต่ละแถบสีอยู่ตรงไหนของคอลัมน์ เช่น ตรวจด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต (ในกรณีที่รังสีนี้ทำให้สารนั้นเรืองแสงได้) หรือสเปรย์ด้วยรีเอเจนต์บางชนิดไปบนตัวดูดซับสำหรับตรวจหาสาร หรือเคลือบตัวดูดซับด้วยสารฟลูออเรสเซนต์ เมื่อสารอยู่ที่ตำแหน่งใดตรงนั้นจะมีสี เพราะสารไปบังการเรืองแสง เป็นต้น

การที่สารในสารผสมแยกออกจากกันได้ก็เนื่องจากแต่ละสารถูกดูดซับไว้โดยตัวดูดซับในอัตราที่ไม่เท่ากัน สารที่ถูกดูดซับไว้มากกว่า ย่อมเคลื่อนลงมาช้ากว่าสารที่ถูกดูดซับน้อยกว่า จากหลักการนี้เราสามารถแยกสารที่มีขั้วต่างกันออกจากกันได้

ตัวดูดซับที่ใช้ส่วนมาก คือ อะลูมินา หรือซิลิกาเจล ซิลิกาเจลใช้ได้กับสารเกือบทุกชนิด (โดยเฉพาะสารที่เป็นกรดเป็นกลางหรือเป็นเบสที่อ่อนมาก) ส่วนอะลูมินาใช้ได้กับสารที่เป็นเบส ตัวดูดซับอื่นๆ ที่ใช้ได้ก็มีอีก เช่น แมกเนเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมซัลเฟต แคลเซียมคาร์บอเนต โซเดียมคาร์บอเนต แป้ง ซูโครส เป็นต้น ตัวดูดซับเป็นผงละเอียดมีพื้นที่ผิวมาก ซึ่งทำให้มีปริมาณพื้นที่ผิวที่มีขั้วมากที่จะดูด หรือยึดตัวถูกละลายที่มีจำนวนน้อย ไว้ด้วยแรงดึงดูดแบบไฟฟ้าสถิต

ตัวทำละลายที่ใช้ได้มีมาก ตัวทำละลายแต่ละชนิดจะทำให้อัตราเร็วในการแยกสารต่างๆ ออกจากตัวดูดซับหรืออำนาจการชะ (eluting power) ไม่เท่ากัน ตัวทำละลายที่มีขั้วมากจะยิ่งพาสารต่างๆ เคลื่อนที่ได้เร็วมาก ดังนั้นเรามักจะเลือกตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วหรือมีขั้วน้อย สำหรับแยกสารที่ถูกดูดน้อยออกมาก่อน แล้วเลือกตัวทำละลายที่มีขั้วมากขึ้น สำหรับแยกสารที่ถูกดูดดีขึ้นตามลำดับ ถ้าต้องการตัวทำละลายที่มีอำนาจการชะพอเหมาะ อาจต้องผสมตัวทำละลายสองชนิดหรือมากกว่าเข้าด้วยกัน

ในการทำโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์นั้น ต้องทำการเลือกกระบวนตัวชะก่อน โดยได้จากการทำโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง แล้วจึงลงมือทำการแยกสารโดยโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ต่อไป

1.6 การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทน (สุภาพ บุญยะรัตเวช. 2522 : 173-190 ; มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2537 : 34-46 ; สุภาพ บุญยะรัตเวช; และ เกษร วีระชาติ. 2540 : 226-239 และ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2545 : 74-86)

การวิเคราะห์สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุด โดยการทดสอบสมบัติทางกายภาพ ทดสอบหมู่ฟังก์ชันและทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทน

ขั้นตอนในการวิเคราะห์สารประกอบแซนโทน ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

- 1) ศึกษาสมบัติทางกายภาพของสารตัวอย่าง ได้แก่ สถานะ สี กลิ่น การละลาย ความเป็นกรด-เบส จุดหลอมเหลว
- 2) วิเคราะห์เพื่อจำแนกชนิดของหมู่ฟังก์ชันในสารตัวอย่าง
- 3) ทดสอบทางเคมีด้วยปฏิกิริยาเฉพาะ ซึ่งจะทำให้ทราบว่าสารตัวอย่างเป็นสารประกอบพวกแซนโทน
- 4) ทำนายโครงสร้างหรือหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทนจากข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองร่วมกับข้อมูลจากเอกสาร
- 5) เพื่อให้แน่ใจ นำสารประกอบแซนโทนที่เตรียมได้ไปหาจุดหลอมเหลวและเปรียบเทียบกับจุดหลอมเหลวที่ได้จากข้อมูลจากการวิจัย

1.6.1 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของสารประกอบแซนโทน

นำส่วนผสมของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้มาสังเกตและบันทึกสถานะ สี การละลาย ทดสอบความเป็นกรดเบส แล้วนำไปหาจุดหลอมเหลว ถ้าจุดหลอมเหลวมีช่วงกว้าง แสดงว่าสารไม่บริสุทธิ์ ต้องนำไปตกผลึกซ้ำหรือแยกสารให้บริสุทธิ์โดยวิธีโครมาโทกราฟีต่อไป

1) ทดสอบการละลาย

สารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันที่มีขั้ว และมวลโมเลกุลต่ำ จะละลายในน้ำ สารที่โมเลกุลไม่มีขั้วจะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ ได้แก่ เฮกเซน อีเทอร์ นอกจากนี้การละลายในสารละลายที่เป็นกรดหรือเบสจะเป็นแนวทางให้ทราบถึงสมบัติเฉพาะของหมู่ฟังก์ชัน เช่น กรดเบนโซอิกไม่ละลายในน้ำแต่ละลายได้ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% เนื่องจากเกิดเป็นเกลือโซเดียมเบนโซเอตที่ละลายน้ำได้ ดังนั้นสารที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% เป็นข้อมูลที่ยืนยันว่าสารนั้นมีหมู่ฟังก์ชันที่มีสมบัติเป็นกรดแก่หรือกรดอ่อน แต่ถ้ากรดอ่อนจะไม่ละลายในสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 5% เป็นต้น

ตัวทำละลายที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เฮกเซน เอทิลแอลกอฮอล์ เอทานอล น้ำ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% และสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 5% จากการทดสอบการละลายของสารประกอบแซนโทนในตัวทำละลายเหล่านี้จะทำให้ทราบสมบัติความเป็นกรด เบส เป็นกลาง หรือเป็นเกลือ

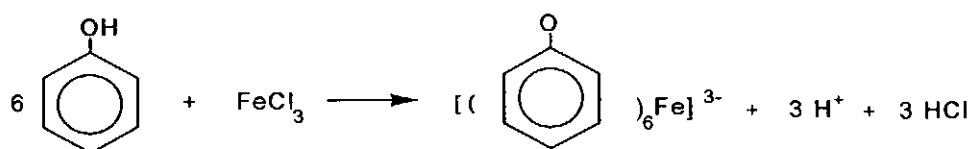
2) การหาจุดหลอมเหลว (melting point) (มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2545 : 27-28)

จุดหลอมเหลว คือ อุณหภูมิที่สภาวะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวภายใต้ความดัน 1 บรรยากาศ หรือคืออุณหภูมิที่ของแข็งและของเหลวอยู่ในสภาวะสมดุลซึ่งกันและกันที่ความดัน 1 บรรยากาศ ซึ่งค่าจุดหลอมเหลวเป็นค่าคงที่ทางกายภาพของสารแต่ละชนิด

จุดหลอมเหลวใช้ตรวจสอบความบริสุทธิ์ของสารโดยดูจากช่วงจุดหลอมเหลว (melting point range) ถ้าเป็นสารบริสุทธิ์จะมีช่วงจุดหลอมเหลวแคบประมาณ $0.5\text{--}1^{\circ}\text{C}$ เท่านั้น

1.2) การทดสอบด้วยสารละลายเฟอริกคลอไรด์ หรือไอร์ออน (III) คลอไรด์ (FeCl_3)

นำส่วนผสมของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ ขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5 mg) ละลายในเอทานอล ปริมาตร 1 cm^3 แล้วหยดสารละลายไอร์ออน (III) คลอไรด์ 1% ลงไป 3 หยด ถ้าสารที่ทดสอบมีหมู่ฟีนอล จะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีเฉพาะตัว คือ สีน้ำเงิน ม่วง เขียว น้ำตาลแดง ทำการทดลองซ้ำโดยใช้ เอทานอล ฟีนอล เบนซีน และแอซีโตน อย่างละ 1 cm^3 (เปรียบเทียบผลการทดลองในหลอดแรกกับเอทานอล) ปฏิกริยาเกิดขึ้นดังสมการ :



1.3) การทดสอบด้วยซีริกไนเตรตรีเอเจนต์ (ceric nitrate reagent)

นำส่วนผสมของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ ขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5 mg) ละลายในแอซีโตน ปริมาตร 1 cm^3 แล้วหยดสารละลายซีริกไนเตรตรีเอเจนต์ หรือสารละลายแอมโมเนียมเฮกซะไนเตรโตซีเรียม (IV) (ammonium hexanitratoceric (IV)) ชื่อสามัญ : ซีริกแอมโมเนียมไนเตรด (ceric ammonium nitrate) ลงไปในหลอดทดลอง 5 หยด ถ้าเป็นสารประกอบจำพวกฟีนอล จะให้ตะกอนสีน้ำตาลจนถึงสีน้ำตาลแกมเขียว ถ้าเป็นแอลกอฮอล์จะให้สารละลายสีแดง ทำการทดลองซ้ำโดยใช้ เอทานอล ฟีนอล เบนซีน และแอซีโตน อย่างละ 1 cm^3 (เปรียบเทียบผลการทดลองในหลอดแรกกับแอซีโตน) ปฏิกริยาเกิดขึ้นดังสมการ :



สีเหลือง

สีแดง

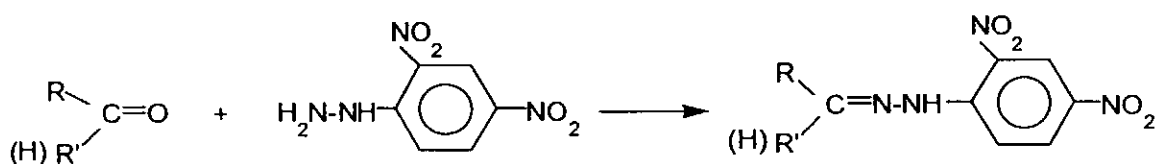
แอมโมเนียมเฮกซะไนเตรโตซีเรียม (IV)

หรือ ซีริกไนเตรตรีเอเจนต์

2) การทดสอบหมู่คาร์บอนิล

การทดสอบหมู่คาร์บอนิลด้วยสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน (2,4-dinitrophenylhydrazine) นำส่วนผสมของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ ขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5 mg) ละลายในเอทานอล ปริมาตร 1 cm^3 ใส่สารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน ลงในหลอดทดลอง 3 หยด เขย่าแรงๆ ถ้าไม่เกิดปฏิกิริยาให้อุ่นในอ่างน้ำร้อน นาน 5 นาที ตั้งทิ้ง

ไว้ 15 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลง ถ้าเป็นสารประกอบที่มีหมู่คาร์บอนิลจะได้ตะกอนสีเหลืองส้มเกิดขึ้น ทำการทดลองซ้ำโดยใช้ เอทานอล ฟีนอล เบนซีน และแอซีโตน อย่างละ 1 cm³ (เปรียบเทียบผลการทดลองในหลอดแรกกับเอทานอล) ปฏิกริยาเกิดขึ้นดังสมการ :



แอลดีไฮด์ หรือคีโตน 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน

2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราโซน

3) การทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาไซยานิดิน (cyanidin reaction) (อ้อมบุญ ล้วนรัตน์. 2536 : 109)

นำส่วนผสมของสารประกอบแซนโทนขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5mg) ละลายในเอทานอลปริมาตร 1 cm³ ในหลอดทดลอง ใส่แมกเนเซียม 3-4 ชิ้น (0.1 g) เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 3-5 หยด สังเกตสีส้มถึงสีแดงที่เกิดขึ้น ทำให้หลอดเย็น เติมน้ำกลั่นลงไปปริมาตรเท่ากับสารละลายที่มีอยู่ในหลอดทดลอง เติมออกทานอล (octanol) หรือ เฮกซานอล (hexanol) 1 cm³ เขย่า ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นสังเกตสีแต่ละชั้น สารประกอบแซนโทนจะให้สีแดงจนถึงม่วงแดง

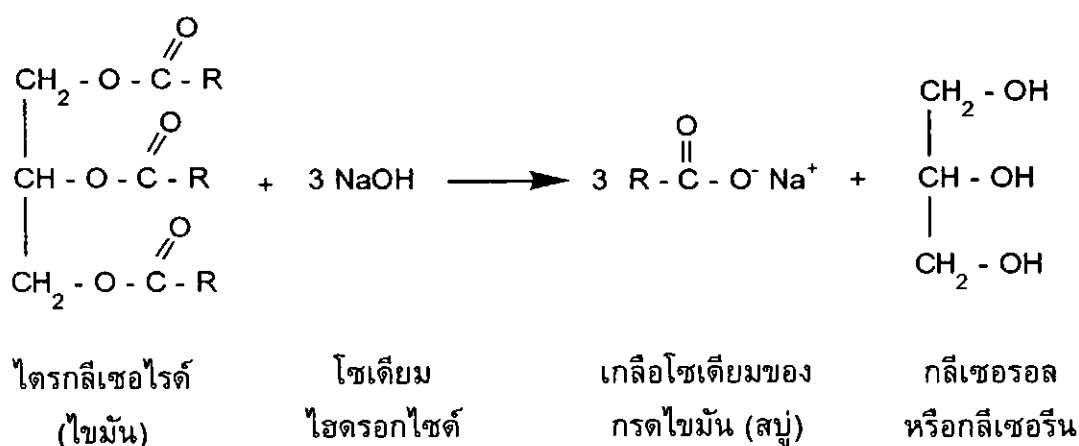
1.7 การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่

สำหรับเนื้อหาเกี่ยวกับการนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดมาใช้ทำสบู่ ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องจากผลการศึกษาของนักวิชาการ (เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. 2532 : 38-42 ; มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2537 : 76-79 และ กระทรวงสาธารณสุข. 2545 : 8-17) สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1.7.1 ความหมาย การเตรียมสบู่และปฏิกิริยาการเตรียมสบู่

สบู่ ตามความหมายในพจนานุกรมไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2542 (2546 : 1122) หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นโดยนำไขมันสัตว์ เช่น ไขวัว หรือน้ำมันพืช เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะกอก ไปต้มกับด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะได้สบู่แข็งหรือนำไปต้มกับด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ จะได้สบู่อ่อน ใช้ชำระล้างและซักฟอก

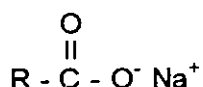
สบู่ที่เรารู้จักกันและใช้กันอยู่เป็นประจำทุกวันนี้ ได้จากการนำไขมันสัตว์หรือไขมันพืชมาต้มกับด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากไขมันมีสารที่เรียกว่าไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาแซพอนิฟิเคชัน (saponification) ไตรกลีเซอไรด์จะเปลี่ยนเป็นเกลือโซเดียมของกรดไขมันซึ่งก็คือสบู่ นั่นเอง มีสมการการเกิดปฏิกิริยาทั่วๆ ไปดังนี้



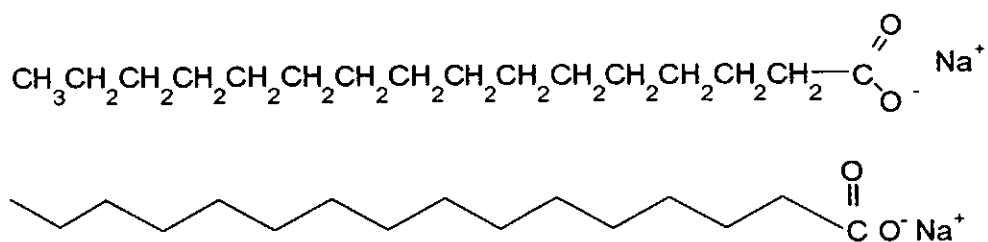
ไขมันจากพืชหรือสัตว์แต่ละชนิดแตกต่างกันที่ชนิดของไตรกลีเซอไรด์ (หมู่แอลคิลซึ่งมีจำนวนคาร์บอนแตกต่างกัน) นั่นคือทำให้ได้โมเลกุลสบู่ที่มีจำนวนคาร์บอนต่างกัน ถ้าใช้ไขมันของพืชและสัตว์คนละชนิด เช่น ไขมันจากสัตว์ชนิดหนึ่งมีไตรกลีเซอไรด์ ที่ชื่อว่า ไตรสเตียริน (tristearin) ซึ่งที่หมู่แอลคิล มีจำนวนคาร์บอน 17 อะตอม สบู่ที่เกิดขึ้น คือ โซเดียมสเตียเรตในโมเลกุล จะมีจำนวนคาร์บอน 17 อะตอม

1.7.2 โครงสร้างของสนับ

สูตรโครงสร้างทั่วไปของสบู่



จะเห็นว่าโมเลกุลของสบู่ที่เกิดขึ้น จะประกอบด้วยสองส่วนที่แตกต่างกันคือ ส่วนหนึ่งเป็นไฮโดรคาร์บอนซึ่งไม่มีขั้ว และอีกส่วนหนึ่งเป็นส่วนที่มีขั้ว มีประจุลบของคาร์บอกซิเลตไอออน (carboxylate ion)



ส่วนที่ไม่มีขั้ว
หมู่ไฮโดรคาร์บอน
(ละลายในน้ำมัน)

ส่วนที่มีขั้ว
หมู่คาร์บอกซิลเลต
(ละลายในน้ำ)

1.7.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำสบู่ (กระทรวงสาธารณสุข. 2545 : 107-116)

ส่วนประกอบหลัก

1) ไขมัน หรือน้ำมัน

ไขมันที่ใช้ มีหลายชนิด มีทั้งน้ำมันชนิดระเหยยาก (fixed oil) และไขมัน (fat and wax) ไขมันแต่ละชนิดประกอบด้วย กรดไขมันของกรดไขมันมากกว่า 1 ชนิด กรดไขมันแต่ละชนิด เมื่อรวมตัวกับด่างแล้ว จะให้สบู่ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น กรดลอริก (lauric acid) เป็นกรดไขมันที่ทำปฏิกิริยากับด่างแล้วให้สารที่มีฟองมาก เป็นต้น ดังนั้นจึงควรศึกษาคุณสมบัติของสบู่ที่ได้จากไขมันต่างชนิดกัน ดังนี้

1.1) ไขมันวัว

สบู่ที่ผลิตจากไขมันจะแข็ง มีสีขาว มีฟองน้อยทนนานแต่นุ่มนวล มีคุณสมบัติชะล้างสิ่งสกปรกได้ดีส่วนใหญ่มักจะต้องผสมกับน้ำมันอื่นๆ ด้วยเพื่อให้สบู่มีฟองมากขึ้น

1.2) น้ำมันมะพร้าว

สบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวจะมีเนื้อแข็งกรอบ แตกง่าย สีขาวขุ่น มีฟองมาก เป็นครีมให้ฟองที่คงทนพอควร แต่มักทำให้ผิวแห้ง จึงนิยมใช้ในส่วนผสมไม่เกินร้อยละ 30 ต้องใช้น้ำมันอื่นๆ ร่วมด้วย เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้น

1.3) น้ำมันปาล์ม

สบู่ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มจะแข็งเล็กน้อย ให้ฟองน้อย แต่ฟองคงทน อยู่ยาวนาน มีคุณสมบัติในการชะล้างได้ดี แต่ทำให้ผิวแห้งเหมือนกับน้ำมันมะพร้าว เป็นไขมันที่สามารถใช้ทดแทนไขมันสัตว์ได้ดี แต่ผลิตเองได้ยาก เพราะต้องอาศัยเครื่องบีบคั้นเอาน้ำมัน น้ำมันที่ขายในท้องตลาดส่วนใหญ่ผลิตจากโรงงานในประเทศไทย

1.4) น้ำมันละหุ่ง

สกัดจากเมล็ดละหุ่ง ต้องใช้วิธีบีบโดยไม่ให้ความร้อนเพื่อหลีกเลี่ยงโปรตีนอันตรายที่จะออกมาพร้อมน้ำมันหากบีบโดยใช้ความร้อน เป็นน้ำมันที่ใช้เพิ่มคุณสมบัติความชุ่มชื้นและนุ่มผิวแก่สบู่ ช่วยให้ผิวนุ่ม น้ำมันละหุ่งทำให้สบู่มีฟองขนาดเล็กจำนวนมาก

1.5) น้ำมันมะกอก

น้ำมันมะกอกทำให้ได้สบู่ที่แข็งใช้ได้นาน มีฟองเป็นครีมนุ่มนวลมาก ให้ความชุ่มชื้น ไม่ทำให้ผิวแห้ง เป็นน้ำมันที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ มีราคาแพง

1.6) น้ำมันรำข้าว

เป็นแหล่งที่ให้วิตามินซีมาก จึงผสมเพิ่มเติมให้สบู่มีความชุ่มชื้น

1.7) น้ำมันงา

เป็นน้ำมันที่ให้วิตามิน อี และให้ความชุ่มชื้น รักษาผิว แต่มักกลิ่นเฉพาะตัว

1.8) น้ำมันเมล็ดทานตะวัน

เป็นที่นิยมใช้ในเครื่องสำอางหลายชนิด ช่วยทำให้สบู่ชุ่มชื้น แต่ฟองน้อย

1.9) น้ำมันถั่วเหลือง

ให้วิตามิน อี และทำให้ผิวหนังชุ่มชื้น แต่มักเกิดฟองมากขณะทำปฏิกิริยา และทำให้เนื้อสบู่เป็นรูพรุนดูไม่สวยงาม

2) ต่าง

ต่างที่ใช้ในการทำสบู่ทั่วไป มี 2 ชนิด คือ

2.1) โซดาไฟ (sodium hydroxide) ทำให้ได้สบู่ก้อนแข็ง

2.2) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide) ทำให้ได้สบู่เหลว ปริมาณต่างที่ใช้ทำปฏิกิริยา

สบู่ที่ดี ควรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 8-10 เพื่อให้ผิวหนังที่สัมผัสสบู่ ภายหลังล้างออก สามารถปรับสภาพกลับเช่นเดิมอย่างรวดเร็ว ไม่รู้สึกระคายเคือง ดังนั้นการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันและด่างจึงต้องให้ด่างและไขมันหมดพอดี หรือต่างทำปฏิกิริยาหมดแต่มีไขมันเหลือ จากการศึกษาดังกล่าวทางวิทยาศาสตร์เราสามารถคำนวณปริมาณต่างที่ใช้ให้พอดี แต่ในทางปฏิบัตินิยมคำนวณปริมาณต่างที่ใช้้น้อยกว่าพอดี เพื่อให้เหลือไขมัน 5-8 เปอร์เซ็นต์ หลังทำปฏิกิริยา (ตาราง 4)

ตาราง 4 แสดงปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ทำปฏิกิริยากับ

ไขมันหรือน้ำมันชนิดต่าง ๆ จำนวน 100 g สบู่ที่ได้มีไขมันเหลือประมาณ 5-8 %

ชื่อน้ำมัน	ชื่อน้ำมันภาษาอังกฤษ	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (g)	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (g)
น้ำมันมะพร้าว	coconut oil	16.92	23.74
น้ำมันปาล์ม	palm oil	13.06	18.32
น้ำมันรำข้าว	rice bran oil	12.33	17.30
น้ำมันถั่วเหลือง	soybean oil	12.46	17.48
น้ำมันงา	sesame oil	12.66	17.76
น้ำมันมะกอก	olive oil	12.46	17.48
น้ำมันละหุ่ง	castor oil	11.83	16.59
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	sunflower oil	12.56	17.62
ขี้ผึ้ง	beeswax	6.17	-
ไขมันวัว	tallow	12.92	18.12
ไขมันหมู	lard	12.76	17.90

ที่มา : กระทรวงสาธารณสุข. (2545). คู่มือผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเพื่อเศรษฐกิจชุมชน. หน้า 110.

ส่วนประกอบเพิ่มเติมในสบู่

1) น้ำหอม อาจทำเองโดยใช้กลีบดอกไม้แห้งน้ำมัน 2-3 วัน กรองเอากากทิ้ง ทำซ้ำหลายครั้ง จนได้ไขมันที่มีกลิ่นดอกไม้หรือผลไม้ แล้วนำน้ำมันมาใช้ วิธีนี้ได้ทดลองกับไขมันจำนวนเล็กน้อย ได้สบู่กลิ่นอ่อนๆ

2) สารกันหืน ใช้เฉพาะกรณีที่ต้องทิ้งไว้เป็นเวลานาน หากผลิตเพื่อใช้เองในชุมชน น่าจะผลิตใช้ในระยะเวลาสั้นไม่จำเป็นต้องใส่

3) สารเพิ่มคุณภาพสบู่

กลีเซอริน เติมกลีเซอริน เพื่อให้ความชุ่มชื้น ดังที่ทราบแล้วว่าหลังจากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมัน และด่าง จะได้สบู่ และกลีเซอริน ในการผลิตสบู่ระดับอุตสาหกรรม บริษัทผู้ผลิตจะแยก เนื้อสบู่มาทำเกล็ดสบู่ (soap chip) และแยกขายกลีเซอริน ฉะนั้น หากผลิตสบู่เอง อาจไม่จำเป็นต้องเติมกลีเซอริน เพราะเป็นผลพลอยได้ อยู่แล้วในการทำปฏิกิริยา แต่หากต้องการคุณสมบัติเพิ่มขึ้น อาจเติมได้ 5-10 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังได้มีการเติมสารเพิ่มการทำ ความสะอาด ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) โซเดียมฟอสเฟต (Na_3PO_4) ลงไปในสบู่ที่ใช้ซักล้าง

สารฆ่าเชื้อโรค เช่น ไตรโคลคาร์เบน (triclocarban)

สมุนไพร เช่น สารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ขมิ้น ว่านหางจระเข้ และ ขิง เป็นต้น

1.7.4 การทำงานของสบู่ในการซักล้าง (เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. 2532 :

40-42 และ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2537 : 79)

การที่สบู่สามารถชำระล้างสิ่งสกปรก น้ำมันหรือไขมันที่ติดอยู่กับเสื้อผ้าหรือเครื่องใช้ต่างๆ ได้นั้นเป็นเพราะเมื่อโมเลกุลของสบู่อยู่ในน้ำ ส่วนที่มีขั้วของโมเลกุลสบู่ คือคาร์บอกซิเลตไอออน จะละลายอยู่ในน้ำ และส่วนที่ไม่มีขั้วคือส่วนไฮโดรคาร์บอนจะละลายในน้ำมันที่ติดอยู่กับเสื้อผ้าเครื่องใช้ต่างๆ ทำให้สิ่งสกปรกนี้หลุดออกได้ง่ายและยิ่งในการซักล้างทำความสะอาดจำเป็นต้องซักขยี้ผ้า หรือทำให้ผืนผ้ามีการเคลื่อนไหวอยู่เสมอ ก็จะทำให้สิ่งสกปรก เช่น น้ำหรือไขมันหลุดออกมา แล้วกระจายออกไปอยู่ในน้ำโดยมีโมเลกุลของสบู่ล้อมรอบ ทำให้เสื้อผ้าและผิววัสดุต่าง ๆ สะอาดได้

ข้อเสียของการใช้สบู่ในการซักล้าง

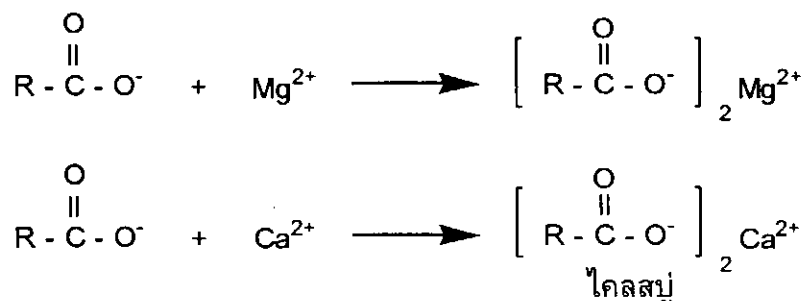
ถ้าใช้สบู่ชำระล้างในสารละลายที่มีสภาพเป็นกรด จะทำให้ประสิทธิภาพของสบู่ลดลงได้ เพราะกรดจะทำให้ส่วนที่มีขั้วของโมเลกุลสบู่เสียสภาพไป ทำให้เสียสมบัติในการซักล้าง

ดังสมการ



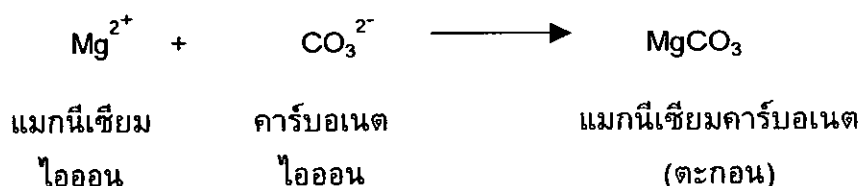
ดังนั้น สบู่ที่ใช้ซักล้างจึงมักเติมสารพวกคาร์บอเนต ฟอสเฟตและซิลิเกต เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

ถ้าใช้สบู่กับน้ำกระด้าง สบู่จะเกิดตะกอนที่ไม่ละลายน้ำกับไอออนของแคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) เรียกว่า ไคลสบู่ (scum) ดังสมการ

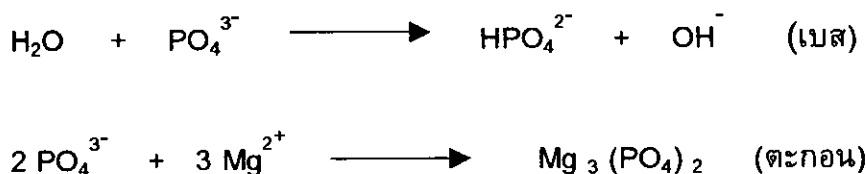


ตะกอนที่เกิดขึ้นมีลักษณะเหนียว สามารถเกาะติดเป็นคราบในเสื้อผ้า เวลาซักล้างจะไม่หลุดออกไปจนหมด ทำให้เสื้อผ้าไม่ค่อยสะอาด จึงไม่เหมาะที่จะใช้สบู่กับน้ำกระด้าง

การแก้ปัญหาเกี่ยวกับข้อเสียดังกล่าวสามารถทำได้ โดยการใช้สารประกอบบางอย่าง เช่น โซเดียมคาร์บอเนต สารนี้จะทำให้น้ำมีความเป็นเบสเพิ่มขึ้นและทำให้น้ำอ่อนโดยที่คาร์บอเนตไอออนจากสารนี้จะทำปฏิกิริยากับแคลเซียม และแมกนีเซียมไอออน เกิดตะกอนคาร์บอเนต ดังสมการ



หรืออาจใช้โซเดียมฟอสเฟตก็ได้ ก็เกิดปฏิกิริยาเหมือนกับโซเดียมคาร์บอเนต ดังสมการ



ข้อดีของการใช้สบู่ในการซักล้าง

สบู่ใช้ได้ดีมากในน้ำที่อ่อน และที่สำคัญไม่เป็นพิษ สามารถถูกย่อยได้ง่ายโดยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ จึงไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเนื้อหาเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร มาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด จำนวน 4 บทปฏิบัติการ ดังนี้ บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์

โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ และบทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องการนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่ โดยผู้วิจัยได้นำบทปฏิบัติการที่ได้ไปทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ แล้วพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียน จากนั้นนำไปประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของบทปฏิบัติการ แล้วนำไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อย และหาคุณภาพของบทปฏิบัติการก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง ซึ่งบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น เพื่อมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองจริง สามารถสร้างองค์ความรู้จากสิ่งที่ได้ปฏิบัติด้วยตนเอง ให้เกิดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลอง และมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สูงขึ้นรวมทั้งสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อท้องถิ่นตนได้

2. เอกสารเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คำว่า “ปฏิบัติการ” หมายถึง ที่ทดลอง เพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริงตามทฤษฎี หรือฝึกงานเพื่อให้เกิดความชำนาญ (ราชบัณฑิตยสถาน. 2546 : 647) ส่วนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นั้น ยังไม่นับนักการศึกษาให้คำนิยามไว้อย่างแน่ชัดมีแต่ให้ความหมายในลักษณะของวิธีการสอนวิธีหนึ่งที่ใช้การศึกษาวิทยาศาสตร์ดังนี้

บุญชุม ศรีสะอาด (2528 : 278) ได้ให้ความหมายการสอนแบบปฏิบัติการว่า เป็นการสอนที่ให้ผู้เรียนกระทำกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้การแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด โดยทำการทดลองปฏิบัติ ฝึกการใช้ทฤษฎีโดยผ่านการสังเกต การทดลองภายใต้สภาพที่ควบคุมไว้ ซึ่งการสอนแบบปฏิบัติการ เป็นการให้ผู้เรียนมีโอกาสได้ปฏิบัติเพื่อพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้ศึกษามาแล้วในชั้นเรียน มีโอกาสใช้หรือรู้จักใช้เครื่องมือเครื่องใช้ในสายวิชาชีพนั้น ในการค้นคว้าวิจัย หรือค้นพบสิ่งใหม่สำหรับผู้เรียน

อรรถัย วิเศษสกุล (2534 : 11) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบปฏิบัติการไว้ว่า หมายถึง การสอนวิทยาศาสตร์โดยให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้จากการทดลองด้วยตนเอง เพื่อมุ่งให้นักเรียนมีเสรีภาพทางความคิด และได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากกิจกรรมการทดลองด้วยตนเอง โดยมีครูให้คำแนะนำ และบทปฏิบัติการเสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จัดขึ้น เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองโดยมีครูให้คำแนะนำ

เปรมจิตร์ บุญสาย (2541 : 145) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบปฏิบัติการว่า หมายถึง การสอนวิทยาศาสตร์โดยให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้จากการทดลองด้วยตนเอง เพื่อมุ่งให้นักเรียน

ได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงการที่นักเรียน ได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากกิจกรรมการทดลองด้วยตนเอง โดยมีครูให้คำแนะนำปรึกษา

จำรัส อินทลาภาพร (2545 : 40) ได้ให้ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชุดกิจกรรมที่เน้นการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง กิจกรรม หรือการทดลองที่สร้างขึ้น เพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้จากการได้ทดลองด้วยตนเองโดยมีครูเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำ พร้อมทั้งมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลอง การนำความรู้และความสามารถที่เกิดขึ้นไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมหรือท้องถิ่นของตนได้

2.2 จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

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

- 1) เพื่อปลูกฝังให้เกิดความสนใจ เจตคติ ความพึงพอใจ ความมีใจกว้าง และความอยากรู้อยากเห็นในวิชาวิทยาศาสตร์
- 2) เพื่อพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และความสามารถในการแก้ปัญหา
- 3) เพื่อส่งเสริมความคิดแบบวิทยาศาสตร์ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์
- 4) เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ และความสามารถทางสติปัญญา
- 5) เพื่อพัฒนาความสามารถทางการปฏิบัติ

สรุปได้ว่า จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อมุ่งพัฒนาและส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดแบบวิทยาศาสตร์ มีความอยากรู้อยากเห็น มีความพึงพอใจ และสามารถนำทักษะ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

2.3 องค์ประกอบของการสอนแบบปฏิบัติการทดลอง

เปรมจิตร์ บุญสาย (2541 : 145-146) ได้สรุปองค์ประกอบของการสอนแบบปฏิบัติการทดลองไว้ดังนี้

- 1) สถานที่ฝึกปฏิบัติจะต้องมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย และเนื้อหาวิชาที่จะฝึกปฏิบัติ ปกติสถานที่ฝึกปฏิบัติมีความแตกต่างกันตามรูปแบบ และวิธีการสอนแต่ละลักษณะ แต่ควรมีความเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายการเรียน และวิธีการสอน มีความพร้อมด้านการใช้สอย ความยินดี และเต็มใจของเจ้าของสถานที่ เป็นสถานที่ที่มีความยืดหยุ่น และควรเป็นแบบฉบับที่ดีได้

- 2) อุปกรณ์และเครื่องมือ นับว่าเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง เพื่อให้การปฏิบัติงานอยู่ในสภาพใกล้เคียงหรือเป็นสภาพความเป็นจริงมากที่สุด เครื่องมือ และอุปกรณ์จึงต้องเพียงพอกับจำนวนผู้เรียนรวมถึงพาหนะสำหรับการศึกษานอกสถานที่ หากการบริการด้านนี้บกพร่อง จะเป็นอุปสรรคสำคัญของ

การสอน ซึ่งผู้สอนหรือสถาบันการศึกษาต้องหาทางแก้ไข ปัญหานี้ให้ได้ นอกจากนี้ควรจะอยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้งานได้ทันที โดยไม่จำกัดเวลา หรือเปิดเวลาให้กว้างมากที่สุด โดยสามารถยืดหยุ่นได้ และอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ถ้าเป็นไปได้ควรเป็นของที่ทำ ซื่อ หรือปรับปรุงขึ้นภายในประเทศ เพื่อฝึกนิสัยและทัศนคติให้คุ้นเคยกับการใช้ของที่ผลิตภายในประเทศของตน

3) เอกสารการฝึกปฏิบัติ เอกสารการฝึกปฏิบัตินี้จะประกอบด้วย คู่มือการฝึกปฏิบัติ เอกสารและคำแนะนำอื่น

3.1) คู่มือการฝึกปฏิบัติ ถือเป็นสิ่งสำคัญที่สุด เนื่องจากมีรายละเอียดบอกให้รู้ว่า ฝึกอะไร เพื่ออะไร และอย่างไร ส่วนประกอบของคู่มืออาจมีมากหรือน้อยแล้วแต่แบบของการฝึกปฏิบัติ แต่ควรมีเนื้อหาในแต่ละหัวข้ออย่างละเอียด

3.2) เอกสารประกอบ หมายถึง เนื้อหาทฤษฎี หรือหลักการ ที่ช่วยให้ผู้ฝึกปฏิบัติมีความรู้ ความเข้าใจ และยังช่วยให้ผู้ฝึกปฏิบัติแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการฝึกปฏิบัติด้วย

3.3) เอกสารคำแนะนำอื่นๆ คือ เอกสารประกอบเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจสถานที่ฝึก ปฏิบัติรวมทั้งเอกสารอื่นที่ผู้สอนเลือก เพื่อช่วยให้การดำเนินการฝึกดี มีประสิทธิภาพมากขึ้น

4) การเตรียมตัวของผู้สอน ผู้เรียน ผู้สอนต้องเข้าใจวัตถุประสงค์ของการฝึกและขั้นตอนต่างๆ เช่น กำหนดเนื้อหา เตรียมเอกสาร เครื่องมือ อุปกรณ์ สถานที่ เวลา ตลอดจนศึกษาเทคนิคการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในขณะปฏิบัติ ด้านผู้เรียน ควรทำความเข้าใจขั้นการฝึก ซึ่งบางอย่างอาจต้องใช้ความรู้ ทักษะพื้นฐานประกอบ การเตรียมตัวของผู้สอน และผู้เรียนให้พร้อมจึงเป็นสิ่งสำคัญ

5) การอภิปราย และประเมินผล อาจจะมีระหว่างการฝึกและหลังการฝึก เพื่อประโยชน์ในการทราบถึงความก้าวหน้า และการบรรลุถึงผลสำเร็จของจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ในตอนต้น

สรุปได้ว่า องค์ประกอบของการสอนแบบปฏิบัติการทดลองประกอบด้วยสถานที่ฝึกปฏิบัติ อุปกรณ์และเครื่องมือ เอกสารการฝึกปฏิบัติ และคู่มือการฝึกปฏิบัติ การเตรียมตัวของผู้สอนและผู้เรียน การอภิปราย และประเมินผล เพื่อทราบถึงความก้าวหน้าของการฝึกว่าบรรลุจุดมุ่งหมายที่ได้ตั้งไว้

2.4 กิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สเปียร์ และโซลแมน (Spear and Zollman. 1977 : 34-35) ได้กล่าวว่าการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ว่าสามารถทำได้ 2 แบบ ดังนี้

1) การทดลองแบบสำเร็จรูป (structured laboratory) ในการทดลองแบบนี้จะมีคำสั่งและวิธีปฏิบัติการทดลองมาให้นักเรียน และเป็นการปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์หลักการ บทเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว

2) การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (unstructured laboratory) เป็นระบบที่อยู่บนพื้นฐานของการสืบสวน (inquiry model) ซึ่งเน้นให้นักเรียนได้สืบค้น และสืบสวนในหลักการที่กำลังวิเคราะห์ วิจารณ์กันในห้องเรียน

สวัณก์ นิยมคำ (2517 : 143-144) ได้กล่าวถึงการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ว่าสามารถทำได้ 2 แบบดังนี้

1) การทดลองแบบสำเร็จรูป (structured laboratory) การทดลองแบบนี้ ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา บอกวิธีการแก้ปัญหาและอื่นๆ ไว้เสร็จ นักเรียนเพียงแต่ทำตามคำชี้แจงในคู่มือการทดลอง

2) การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (unstructured laboratory) การทดลองแบบนี้ นักเรียนเป็นผู้ค้นหาคำตอบ โดยครูกำหนดปัญหาให้ เมื่อได้แนวทางแล้ว จึงแยกย้ายกันทำการทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาอภิปรายหน้าชั้นอีกครั้งหนึ่ง การทดลองแบบนี้เป็นการส่งเสริมสมรรถภาพทางด้านความคิด ควรให้นักเรียนวางแผนการทดลองก่อน แล้วจึงลงมือทำการทดลอง ตามแบบที่กำหนดไว้ การวางแผนการทดลอง ครูอยู่ในฐานะเป็นพี่เลี้ยง ซึ่งการวางแผนการทดลองประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน และการสร้างแบบการทดลองตามลำดับ

ในการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนที่ผ่านมา เป็นการจัดการทดลองแบบสำเร็จรูป ซึ่งทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กำหนดวิธีปฏิบัติการทดลองมาให้นักเรียน ปัจจุบันเพื่อให้สอดคล้องกับการปฏิรูปการศึกษาจึงส่งเสริมการจัดกระบวนการเรียนรู้ทั้งการทดลองแบบสำเร็จรูป และการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง เพื่อให้ผู้เรียนได้สืบค้น เสาะหา และค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

สุวิมล เขียวแก้ว (2527 : 85-87) ได้เสนอขั้นตอนการทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 แบบไว้ดังนี้

1) ขั้นตอนของการทำปฏิบัติการแบบสำเร็จรูปหรือแบบกำหนดแนวทางมีดังนี้

- 1.1) ครูเสนอแนะวิธีการรวบรวมข้อมูลหรือใช้วิธีการตามที่ระบุไว้ในแบบเรียน
- 1.2) นักเรียนลงมือปฏิบัติการเพื่อรวบรวมข้อมูลตามวิธีการที่ได้รับการเสนอแนะ
- 1.3) นักเรียนจัดทำตารางแสดงข้อมูลเขียนกราฟตามที่ระบุไว้ในบทปฏิบัติการ
- 1.4) นักเรียนตอบคำถามของครู โดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง
- 1.5) นักเรียนและครูช่วยกัน รวบรวมคำตอบเพื่อสรุปเป็นความคิดรวบยอด

2) ขั้นตอนของการทำปฏิบัติการแบบไม่มีกำหนดแนวทางมีดังนี้

2.1) ครูตั้งปัญหาให้หรืออาจจะให้นักเรียนเลือกปัญหาที่อยากศึกษา ซึ่งนักเรียนไม่อาจคาดหมายผลการศึกษาได้ล่วงหน้า

2.2) นักเรียนช่วยกันนิยามปัญหาอย่างชัดเจน

2.3) นักเรียนเสนอวิธีการทดลอง โดยอาจจะใช้เวลาระยะหนึ่งในการค้นคว้า วางแผนการทดลอง ซึ่งอาจจะกำหนดวิธีการค้นคว้าที่เป็นไปได้ประมาณ 2-3 วิธี

2.4) นักเรียนทำการทดลองโดยสามารถปรับระยะเวลาได้

2.5) นักเรียนสังเกต และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งผลการทดลองอาจจะมีคำตอบที่ถูกต้องได้มากกว่า 1 คำตอบ

2.6) การทดลองอาจก่อให้เกิดปัญหาในการแสวงหาคำตอบต่อไปนอกชั้นเรียน

2.7) นักเรียนปรึกษาเกี่ยวกับผลการทดลองกับเพื่อนๆ ซึ่งทำให้เกิดความภาคภูมิใจ

ใจในผลงานของเขา

2.8) ครูอาจตั้งคำถามในตอนท้าย เพื่อให้นักเรียนสรุปหลักเกณฑ์ จากข้อมูลที่รวบรวมได้และใช้หลักเกณฑ์เหล่านี้ทำนายผลการทดลองที่เกี่ยวข้อง

สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สามารถทำได้ 2 แบบ คือ การทดลองแบบสำเร็จรูป หรือแบบกำหนดแนวทาง โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาหรือวิธีการทดลอง ส่วนการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางเป็นการทดลองที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการทดลอง โดยครูเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำ เป็นการสอนที่เน้นให้นักเรียนค้นหาความรู้ด้วยตนเอง หรือที่เรียกกันว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

2.5 ขั้นตอนในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สมจิต สวธน์ไพบูลย์ (2541 : 61) กล่าวว่า ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ควร มีลำดับขั้นตอนการสอนดังนี้

1) ขั้นเตรียมการ เป็นขั้นตอนที่ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาถึงหัวข้อที่จะทำการทดลอง มีการแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ อธิบายถึงระเบียบในการปฏิบัติการทดลอง ให้นักเรียนอ่านสรุปปฏิบัติการมาล่วงหน้าและอธิบายให้นักเรียนรู้จักอุปกรณ์และการใช้อุปกรณ์ชนิดต่างๆ โดยครูควรให้คำแนะนำเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น

2) ขั้นดำเนินการทดลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลอง ตามที่ได้เตรียมการไว้ โดยครูคอยดูแลอย่างใกล้ชิด และพยายามให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมอย่างทั่วถึง

3) ขั้นสรุปและประเมินผลการทดลอง เป็นขั้นตอนที่ครู และนักเรียนร่วมกันอธิบายสรุปผลของการทดลอง โดยนักเรียนนำข้อมูลที่บันทึกไว้มารายงาน ครูแนะนำในสิ่งที่ยังบกพร่องรวมถึงร่วมกันประเมินวิธีการทำงานร่วมกัน การเก็บรักษาเครื่องมือ และประโยชน์ที่ได้รับจากการทดลอง

การเรียนการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการสอนแบบทดลอง ซึ่งเป็น การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้วิธีหนึ่ง โดยอาศัยกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้ (สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546 : 219-220)

1) ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่มีซึ่งเกิดขึ้นจากความสงสัย ความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจมาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ได้เรียนมา เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือ กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็น หรือคำถามที่ครู กำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อนักเรียนยอมรับคำถามหรือประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกัน กำหนดขอบเขตและรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็น หรือคำถามที่

สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อสร้างสถานการณ์จำลอง(simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) เมื่อได้ข้อมูลเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือวาดรูป สร้างตาราง การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างองค์ความรู้และช่วยให้การเกิดการเรียนรู้ได้

4) ขั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม นำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5) ขั้นประเมิน (evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนมีความรู้ะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ

สรุปได้ว่า ขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เริ่มจากการกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน ดำเนินการทดลองค้นหา อภิปรายและลงข้อสรุป ขยายความรู้ การนำไปใช้ และการประเมินผล ซึ่งก็คือวิธีการทางวิทยาศาสตร์

2.6 ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ภัทรา ไชยเวช (เปรมจิตร์ บุญสาย. 2541 : 153-154 ; อ้างอิงจาก ภัทรา ไชยเวช.

ม.ป.ป. : 36) ได้กล่าวถึงคุณค่าของการจัดการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) เด็กได้รับประสบการณ์ตรง มีโอกาสฝึกทักษะในการทดลองและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา

2) ขั้นตอนในการสอนปฏิบัติการ มีแนวโน้มในการเตรียมประสบการณ์ตรงมากกว่าวิธีอื่น ๆ

3) เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง

4) กิจกรรมในการทดลองหนึ่งๆ สามารถจัดเตรียมได้หลายรูปแบบ เพื่อตอบสนองความสนใจ และความต้องการของนักเรียนได้อย่างทั่วถึง

5) สามารถสร้างให้เด็กได้ค้นพบ การสืบเสาะ โดยที่หลังจากการทดลองแล้ว นักเรียน

สามารถวิเคราะห์เหตุผล สมมติฐาน และสรุปอย่างมีเหตุผล

6) เป็นการเตรียมนักเรียนแต่ละคนให้มีโอกาสแสดงความคิดในการแก้ปัญหาทั้ง ปัญหาเดิม และปัญหาต่อเนื่องจากปัญหาเดิม

7) ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง และจดจำได้นาน

8) เป็นสื่อในการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน และสามารถนำไปสู่การศึกษาระดับสูงต่อไป

9) ทำให้เด็กมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ และต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ บุญชม ศรีสะอาด (2528 : 278-279) ได้สรุปประโยชน์ของการสอนปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) สามารถจัดกิจกรรมการทดลองให้กับผู้เรียนเป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่ม

2) ผู้เรียนสามารถศึกษากิจกรรม วิธีปฏิบัติจากสื่อที่เรียนด้วยตนเอง

3) ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสืบค้นความรู้ และค้นพบความรู้ด้วยตนเอง

4) ส่งเสริมให้ผู้เรียน มีทักษะในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

5) ช่วยพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 171) ได้สรุปประโยชน์ของการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา

2) นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอน และได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรง

3) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นพบหลักการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง

4) ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง และจดจำได้นาน

5) ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ และการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

จากประโยชน์ดังกล่าวสรุปได้ว่า การสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีประโยชน์ คือ ช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ฝึกความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลอง และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง มีเจตคติที่ดีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและท้องถิ่นของตนได้

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด จำนวน 4 บท โดยในแต่ละบทปฏิบัติการได้มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นปฏิบัติการทดลอง โดยกำหนดวิธีการทดลองไว้ในบทปฏิบัติการ ซึ่งส่วนหนึ่งให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามวิธีทดลองที่กำหนดไว้ในบทปฏิบัติการ และสามารถนำความรู้ที่ได้รับมาแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ในชีวิตประจำวัน เพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและท้องถิ่นของนักเรียนซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนอย่างแท้จริงนักเรียนได้รับประสบการณ์

ตรง ได้ฝึกความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลอง มีเจตคติที่ดีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และสามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและท้องถิ่นของตนได้อีกด้วย

3. เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ หรือความจริง จัดเป็นการวัดผลประเมินผลในระดับชั้นเรียนที่กำหนดขึ้นตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 ผู้วิจัยได้ให้ความหมายของผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หรือความจริงตามแนวความคิดของ ญัฎฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 46-49) ดังนี้

ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ หรือความจริง หมายถึง พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัยอันเป็นผลมาจากการใช้สมองรับรู้ และขบคิดตามเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้าน ได้แก่

1) ความรู้-ความจำ (knowledge) หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง นิยามศัพท์ หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือแนวคิดที่สำคัญทางด้านวิทยาศาสตร์ซึ่งสามารถจำแนกได้ ดังนี้

- 1.1) ความรู้เกี่ยวกับความจริงเฉพาะอย่าง (specific facts)
- 1.2) ความรู้เกี่ยวกับศัพท์ และนิยามทางวิทยาศาสตร์ (scientific terminologies)
- 1.3) ความรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ (concept of science)
- 1.4) ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง (conventions)
- 1.5) ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้ม และลำดับขั้น (trends and sequences)
- 1.6) ความรู้เกี่ยวกับการจำแนก การจัดประเภท และเกณฑ์ (classifications,

categories and criteria)

1.7) ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีดำเนินการทางวิทยาศาสตร์ (scientific techniques and procedures)

1.8) ความรู้เกี่ยวกับหลักการ และกฎทางวิทยาศาสตร์ (scientific principles and laws)

1.9) ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีต่างๆ หรือแนวคิดที่สำคัญ (theories or Major conceptual schemes)

2) ความเข้าใจ (comprehension) หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความ หรือจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในความรู้ใหม่ และสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่ง ไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง ซึ่งเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งกว่าความรู้ความจำ โดยจำแนกได้ดังนี้

2.1) ความสามารถในการจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ (identification of knowledge in a new context)

2.2) ความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง (translation of knowledge from one symbolic form to another)

3) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (process of scientific inquiry) ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย ดังนี้

3.1) การสังเกตและการวัด (observing and measuring)

3.2) การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา (seeing a problem and seeking ways to solve it)

3.3) การแปลความหมายข้อมูลและการสรุป (interpreting data and formulating generalizations)

3.4) การสร้าง การทดสอบ การปรับปรุงแบบจำลอง หรือทฤษฎีต่างๆ (building testing and revising a theoretical model)

4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (application of scientific knowledge and skills) หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้ และการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา กล่าวได้ว่า การนำความรู้ไปใช้เป็นพฤติกรรมที่ลึกซึ้งที่สุด เพราะการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้นั้นจำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจอย่างดีเสียก่อนซึ่งจำแนกเป็นพฤติกรรมย่อย ดังนี้

4.1) การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน

4.2) การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์ต่างสาขา

4.3) การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สรุปได้ว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ เป็นพฤติกรรมที่พึงประสงค์ในการเรียน วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้านด้วยกัน คือ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การนำความรู้ และกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ไปใช้ และผลการเรียนรู้เชิงภาพรวมเพื่อสะท้อนความรู้ความคิดของผู้เรียนออกมาใน ภาพรวม การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้หรือความจริง สามารถกระทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยม มากคือการสอบ ทั้งการสอบข้อเขียนและการสอบสัมภาษณ์ ในที่นี้ผู้วิจัยขอกล่าวถึงผลการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ด้วยการสอบข้อเขียน การสอบข้อเขียนที่นิยมกันมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบ เขียนตอบ (อัตนัย) กับแบบเลือกตอบ (เช่น แบบถูก-ผิด หรือแบบหลายตัวเลือก) หรือแบบทดสอบ ปรนัย และการประเมินผลการเรียนรู้เชิงภาพรวมจากการทำผังมโนทัศน์ตามแนวคิดของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 55-83) ดังนี้

1. การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ด้วยการใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก หรือแบบทดสอบปรนัย

แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (multiple choices type) เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดหนึ่งซึ่งประกอบด้วยตัวคำถาม (stem) และตัวเลือก (choices) โดยกำหนดให้มีตัวเลือกหลายตัว โดยทั่วไปตัวเลือกที่เป็นคำตอบ (ที่ถูกต้อง) มีตัวเดียวเรียกว่า ตัวเฉลยหรือตัวถูก (keyed choice) ส่วนที่เหลือเป็นตัวเลือกที่ไม่ใช่คำตอบที่ถูกต้องเรียกว่า ตัวลวง (distractors)

การสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบควรคำนึงถึงหลักการดังต่อไปนี้

- 1) คำถามควรเป็นประโยคที่สมบูรณ์เพื่อความชัดเจนและสื่อความได้สมบูรณ์
- 2) หลีกเลี่ยงข้อความที่เป็นประโยคปฏิเสธโดยเฉพาะคำปฏิเสธซ้อนกัน 2 คำ แต่

หากจำเป็นควรขีดเส้นใต้คำปฏิเสธนั้นให้ชัดเจน

- 3) เน้นประเด็นที่ถามให้ชัดเจนเพื่อให้แบบทดสอบมีความเป็นปรนัย

- 4) คำถามควรสั้นและกะทัดรัด แต่ได้ใจความและมีความหมาย

- 5) ตัวเลือกควรสั้นและกะทัดรัด แต่ได้ใจความและมีความหมาย

6) ตัวเลือกควรมีความยาวเท่าๆกัน ถ้ามีความยาวไม่เท่ากันก็ควรจัดเรียงให้สวยงาม ซึ่งโดยทั่วไปนิยมเรียงจากสั้นไปหายาว แต่ถ้าตัวเลือกเป็นคำที่คล้องปากก็ควรเขียนตามลำดับความคล้องปากนั้น ถ้าตัวเลือกเป็นจำนวนเลขก็ควรเรียงจากน้อยไปหามาก

- 7) ตัวเลือกต้องไม่ถูกเด่นผิดโง่ง (ตัวถูกไม่ถูกชัดเจนและตัวผิดไม่ผิดชัดเจนจนเห็นได้ง่าย)

- 8) คำถามต้องไม่ใช่แค่คำตอบ

- 9) ตัวเลือกต้องเป็นเอกพันธ์ (homogeneity)

- 10) การใช้ตัวเลือกประเภทปลายปิดปลายเปิดว่า ถูกทุกข้อ ผิดทุกข้อ หรือสรุปแน่นอนไม่ได้ ต้องใช้อย่างระมัดระวัง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้วยการ ใช้แบบทดสอบปรนัย โดยวัดพฤติกรรมของผู้เรียนทั้ง 4 ด้าน คือ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ โดยดัดแปลงจากอนันต์ ศรีโสภะ; ประทุม อัดชู; เกษม สาหร่ายทิพย์ และ นิทโค (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2546 : 65-72 ; อ้างอิงจาก อนันต์ ศรีโสภะ. 2520. การวัดและประเมินผลการศึกษา. หน้า 125-139 ; ประทุม อัดชู. 2535. การสร้างแบบทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์. หน้า 53 ; เกษม สาหร่ายทิพย์. 2539. การวัดผลการศึกษาและและทฤษฎีการทดสอบ. หน้า 35-43 ; และ Nitko. 1996.

Educational Assessment of Students. pp. 142-151) จำนวน 50 ข้อ โดยนำไปหาค่า IOC ค่าความยากง่าย และค่าความเชื่อมั่น ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ด้วยการใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบ หรือแบบทดสอบอัตนัย

แบบทดสอบแบบเขียนตอบบางครั้งเรียกว่าแบบความเรียง (essay type) หรือแบบทดสอบอัตนัย (subjective test) เป็นแบบทดสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้สอบตอบได้อย่างมีอิสระค่อนข้างมาก โดยสามารถจัดระบบและจัดลำดับความรู้ความคิดของตนแล้วเรียบเรียงเสนอในรูปของการเขียนตอบเป็นความเรียง

การสร้างแบบทดสอบแบบเขียนตอบ มีหลักปฏิบัติที่สำคัญดังต่อไปนี้ โดยดัดแปลงจาก ประทุม อัทธู; เกษม สาหร่ายทิพย์ และ นิทโค (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2546 : 56 ; อ้างอิงจาก ประทุม อัทธู. 2535. การสร้างแบบทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์. หน้า 45; เกษม สาหร่ายทิพย์. 2539. การวัดผลการศึกษาและทฤษฎีการทดสอบ. หน้า 43 ; และ Nilko. 1996 *Educational Assessment of Students*. p. 165)

- 1) ควรแจ้งผู้เรียนล่วงหน้าว่าจะใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบเพื่อประโยชน์ในการเตรียมตัว
- 2) ควรมีคำชี้แจงเพื่ออธิบายวิธีการตอบข้อสอบให้มีความชัดเจน เช่น จำนวนข้อ เวลาที่จะใช้ตอบ คะแนนเต็ม (ทั้งคะแนนรวมและคะแนนแต่ละข้อ) เป็นต้น
- 3) ควรถามในประเด็นที่สำคัญ มีความครอบคลุมวัตถุประสงค์และเนื้อหาสาระในวงกว้าง
- 4) ควรถามเพื่อวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับสูง เช่น การอภิปราย การวิจารณ์ การเสนอทัศนะหรือวิธีการ การสรุปสาระสำคัญ ฯลฯ
- 5) ไม่ควรให้มีการเลือกตอบเพียงบางข้อ เพราะจะทำให้วัดได้ไม่ครอบคลุมเนื้อหา และ วัตถุประสงค์ และการแปลความหมายของคะแนนอาจขาดความสมบูรณ์

แนวทางการตั้งประเด็นคำถามสำหรับข้อสอบแบบเขียนตอบ (อัตนัย)

การตั้งประเด็นคำถามสำหรับข้อสอบแบบเขียนตอบ (อัตนัย) ผู้วิจัยใช้แนวการตั้งคำถามตามแนวการตั้งคำถามของเมห์เรนซ์และเลห์แมน (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2546 : 56-58 ; อ้างอิงจาก Mehrens. & Lehman. 1984. *Measurement and Evaluation in Education and Psychology*. p. 208) ดังนี้

- 1) ถามการระลึกถึงเหตุการณ์ที่สำคัญในอดีต (selective recall) เช่น จงเล่าถึงเหตุการณ์ที่สมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวทรงพยากรณ์การเกิดสุริยุปราคา ฯลฯ
- 2) ถามการระลึกถึงในเชิงประเมินค่า (evaluating recall) เช่น พระราชกรณียกิจเกี่ยวกับการพยากรณ์การเกิดสุริยุปราคาของสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว มีผลต่อการปลุกมโนสำนึกด้านวิทยาศาสตร์แก่ชาวไทยอย่างไรบ้าง จงอธิบาย ฯลฯ
- 3) ถามการเปรียบเทียบของสองสิ่งบนพื้นฐานเดียวกัน (comparison of two things on a single basis) เช่น จงเปรียบเทียบผลงานด้านดาราศาสตร์ของกาลิเลโอกับของนิวตัน ฯลฯ

4) การเปรียบเทียบของสองสิ่งทั่วไป (comparison of two things in general) เช่น เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพืชกับสัตว์ ฯลฯ

5) การตัดสินใจเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้าน (decision for support or against) เช่น นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับคำกล่าวที่ว่า “นักวิทยาศาสตร์ควรทำการทดลองทางวิศวกรรมศาสตร์กับพืชมากกว่ากับสัตว์” ฯลฯ

6) สาเหตุหรือผล (causes or effects) เช่น จงอธิบายถึงผลดีและผลเสียที่มนุษย์ได้รับจากการใช้คอมพิวเตอร์ ฯลฯ

7) การให้อธิบายเกี่ยวกับคำ วลี หรือข้อความ (explanation of the use or exact meaning of some phrases or statements in a passage) เช่น จงอ่านบทความที่กำหนดให้แล้วเลือกอธิบายความหมายของคำที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์มา 5 คำ ฯลฯ

8) การให้ย่อความ (summary of some unit of the text or some article read) เช่น จากบทความที่อ่าน จงสรุปผลกระทบที่มนุษย์ได้รับจากการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ ฯลฯ

9) การวิเคราะห์ (analysis) เช่น ก๋วยเตี๋ยวน้ำหรือน้ำพริกผัดต้ม มีสารอาหารอะไรบ้าง จงเรียงลำดับตามปริมาณจากมากไปน้อยให้ครบถ้วน ฯลฯ

10) การหาความสัมพันธ์ (statement of relationships) เช่น น้ำพริกผัดต้มกับสลัดผักสดมีสารอาหารเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง จงเปรียบเทียบให้เห็นชัดเจน ฯลฯ

11) การให้อธิบายความหรือยกตัวอย่างหลักการทางวิทยาศาสตร์ (illustrations or examples of principles in science) เช่น จงอธิบายหลักการสำคัญของเครื่องยนต์แรงประเภทดiesel พร้อมทั้งยกตัวอย่างเครื่องใช้ประจำวันของชาวบ้านที่จัดว่าเป็น “คาน” มา 5 ชนิด ฯลฯ

12) การจัดประเภท (classification) เช่น ตะเกียบกับก้อนจืดเป็นเครื่องผ่อนแรงประเภทเดียวกันหรือไม่ จงอธิบาย ฯลฯ

13) การประยุกต์ใช้ (application of rules or principles in new situations) เช่น เพราะเหตุใดผลไม้สุกที่ปลิดจากต้นไม้ใหม่ๆ จึงมีรสหวานน้อยกว่าเมื่อทิ้งไว้สักช่วงเวลาหนึ่ง ฯลฯ

14) การอภิปราย (discussion) เช่น จงอภิปรายเรื่อง “ประโยชน์ด้านปัจจัยสี่ที่มนุษย์ได้รับจากป่าไม้” ฯลฯ

15) การระบุจุดประสงค์หรือหลักการ (statement of aims) เช่น จงอธิบายโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ว่า รัฐบาลมีจุดประสงค์เช่นไรจึงส่งเสริมให้เกษตรกรทำการเกษตรตามทฤษฎีใหม่ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ฯลฯ

16) การวิจารณ์ (criticism of a printed statement) เช่น จงวิจารณ์คำกล่าวที่ว่า “การปลูกพืชโดยใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ทำลายความหลากหลายทางชีวภาพ” ฯลฯ

17) การกำหนดโครงร่าง (outline) เช่น จงบอกลำดับขั้นตอนการทำงานของกังหันชัยพัฒนาเป็นข้อๆ ฯลฯ

18) การจัดระเบียบข้อเท็จจริงขึ้นใหม่ (reformulation) เช่น จงบอกขั้นตอนที่ทำให้น้ำใต้ดินสะอาดได้ตามธรรมชาติเช่นเดียวกับการใช้เครื่องกรองน้ำ ฯลฯ

19) การถามการสร้างปัญหาขึ้นใหม่ (formulation of new questions) เช่น นักเรียนมีหลักการอย่างไรที่จะทำให้ผลไม้ออกผลนอกฤดูกาล ฯลฯ

20) การถามการหากระบวนการใหม่ (new procedures) เช่น ให้เสนอวิธีการเดิมออกซิเจนเพื่อนำบัดน้ำเสียในแม่น้ำสาครลงโดยใช้พลังงานน้อยที่สุดมา 2 วิธี

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้วยการใช้แบบทดสอบอัตนัยโดยวัดพฤติกรรมของผู้เรียนทั้ง 4 ด้าน คือ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้และใช้แนวการตั้งคำถามของเมท์เรนซ์ และเลห์แมน ในการตรวจให้คะแนนนั้นผู้วิจัยได้ใช้แบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย ใช้เกณฑ์รูปรีค 5 ระดับ ดัดแปลงมาจากแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัยของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 59)

3. การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ด้วยการตรวจพิจารณาผังมโนทัศน์

3.1 ความหมายของผังมโนทัศน์หรือกรอบมโนทัศน์

ผังมโนทัศน์ (concept mapping) คือ ยุทธวิธีการเรียนรู้ขั้นสูง เป็นแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ มีลำดับ เป็นระบบ (Cliburn. 1987; West; Farmer., & Wolff. 1991) มโนทัศน์เหล่านั้นจะมีความสัมพันธ์โดยมีคำเชื่อม (Novak. 1984) โดยมีมโนทัศน์ที่เจาะจงอยู่ข้างบนสุด เรียงลำดับลงมาข้างล่างสุดจะเป็นมโนทัศน์ที่เจาะจง (Smith; & Dywer. 1995 : 25-31) เพื่อแสดงให้เห็นการจัดมโนทัศน์ของวิชาใดวิชาหนึ่ง หรือเนื้อหาส่วนใดส่วนหนึ่งของวิชา ซึ่งอาจมีทิศทางเดียวหรือ 2 ทิศทางหรือมากกว่าก็ได้ (Moriera. 1979 : 283-286) (สุกานดา ส. มนัสทวีชัย. 2540 : 9 ; อ้างอิงจาก Cliburn. 1987; West; Farmer; & Wolff. 1991; Novak. 1984; Smith; & Dywer. 1995 : 25-31; & Moriera. 1979 : 283-286)

สุกานดา ส. มนัสทวีชัย (2540 : 9) ให้ความหมายไว้ว่า กรอบมโนทัศน์หรือผังมโนทัศน์ หมายถึง แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์อย่างมีความหมายของมโนทัศน์เรื่องใดเรื่องหนึ่ง ที่ถูกจัดวางอย่างมีลำดับชั้น โดยมีคำหรือข้อความเชื่อมความสัมพันธ์ของมโนทัศน์เหล่านั้น มโนทัศน์ที่มีความหมายกว้างที่สุดจะวางไว้บน เรียงลำดับลงมา จนถึงมโนทัศน์ที่มีความหมายแคบที่สุด

มนัส บุญประกอบ (2543 : 47) กล่าวถึง แผนภูมิมโนทัศน์ หรือผังมโนทัศน์ ว่าเป็นการสรุปรวมความคิดเกี่ยวกับสิ่งหนึ่ง ทำให้แจ่มแจ้งประเภทได้ สิ่งดังกล่าวอาจเป็นวัตถุสิ่งของ แนวความคิด หรือเหตุการณ์ เช่น ปากกา มนุษย์ ทฤษฎีการเรียนรู้ วาดภัย เป็นต้น และมโนทัศน์อาจเขียนแทนด้วยชื่อ หรือสัญลักษณ์ มโนทัศน์อาจเป็นรูปธรรมจับต้องได้ (เช่น ปากกา) หรือนามธรรม (เช่น ทฤษฎีการเรียนรู้)

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 73) กล่าวถึง ผังมโนทัศน์ ว่าเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาอีกอย่างหนึ่งที่มีประโยชน์หลายประการ ทั้งในด้านการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ และด้านการประเมินผลการเรียนรู้

สรุปได้ว่า ผังมโนทัศน์ หรือกรอบมโนทัศน์ เป็นการสรุปรวมความคิดเกี่ยวกับสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ที่ถูกจัดวางอย่างเป็นลำดับขั้น จากมโนทัศน์ที่มีความหมายกว้างสุด ไปสู่มโนทัศน์ที่มีความหมายแคบสุด ซึ่งผังมโนทัศน์นี้สามารถนำมาใช้ทั้งในกิจกรรมการเรียนการสอน และการประเมินผลการเรียนรู้ได้

โนแวก (Joseph. D. Novak 1984; 1993) เป็นผู้ริเริ่มประยุกต์แนวความคิด ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (meaningful verbal learning theory) ของออสซูเบล ทั้งแนวคิดของไลว พักขาว (สุกานดา ส. มนัสวีชัย. 2540 : 10-11 ; อ้างอิงจาก Ausubel. 1969 : unpagged; Joseph. D. Novak. 1984; 1993; และ ไลว พักขาว. 2536 : ไม่ปรากฏเลขหน้า) ซึ่งเน้นถึงการเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมที่มีอยู่ของผู้เรียน แล้วก่อให้เกิดเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายในรูปแบบของผังมโนทัศน์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแผนภูมิอย่างง่าย ที่มุ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ระดับต่างๆ โดยผู้สอนจะสอนสิ่งที่มีความสัมพันธ์กับความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ ความรู้ที่มีอยู่เดิมนี้จะอยู่ในโครงสร้างทางปัญญา (cognitive structure) ซึ่งเป็นข้อมูลที่สะสมอยู่ในสมอง และมีการจัดระบบไว้เป็นอย่างดี มีการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่อย่างมีลำดับขั้น ดังนั้นการเรียนรู้ที่มีความหมาย (meaningful verbal learning) จะเกิดขึ้นเมื่อความรู้ใหม่เชื่อมโยงมโนทัศน์ที่อยู่ในโครงสร้างของความรู้เดิมที่มีอยู่ในสมอง ซึ่ง ออสซูเบล เรียกว่า กระบวนการดูดซึม (subsumption) และเรียกมโนทัศน์ที่เกิดจากการเชื่อมโยงนั้นว่า ซับซุมเมอร์ (subsumer) แต่ถ้าไม่ได้นำความรู้ใหม่ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่จะเป็นการเรียนรู้แบบท่องจำ (rote learning)

3.2 โครงสร้างของผังมโนทัศน์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญดังนี้

- 1) คำมโนทัศน์ ซึ่งอาจเขียนแทนด้วยคำสามัญนาม (common noun) หรือวลี (phrase)
- 2) คำเชื่อมโยง มักใช้คำกริยาหรือวลีโดยเขียนกำกับไว้บนแนวเส้นเชื่อมโยงแต่บางทีก็ไม่จำเป็นต้องเขียนกำกับไว้เสมอไป
- 3) เส้นเชื่อมโยง ใช้ลากโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ด้วยเส้นตรง หรือเส้นโค้ง บางทีอาจแสดงทิศทางความสัมพันธ์ด้วยหัวลูกศรทางเดียว หรือสองทิศทางกำกับไว้ด้วย

3.3 ลักษณะสำคัญของผังมโนทัศน์ สรุปได้ดังนี้

- 1) คำมโนทัศน์หลักอาจเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับเจตนาของผู้เขียนผังมโนทัศน์
- 2) ผังมโนทัศน์มีลักษณะของการสรุปรวมเนื้อหาสาระเรื่องใดเรื่องหนึ่ง จึงช่วยให้ผู้อ่านทำความเข้าใจภาพรวมของเรื่องนั้นๆ ได้อย่างสะดวกรวดเร็วและสามารถเขียนออกมาเป็นข้อความที่มีความหมายได้ด้วย

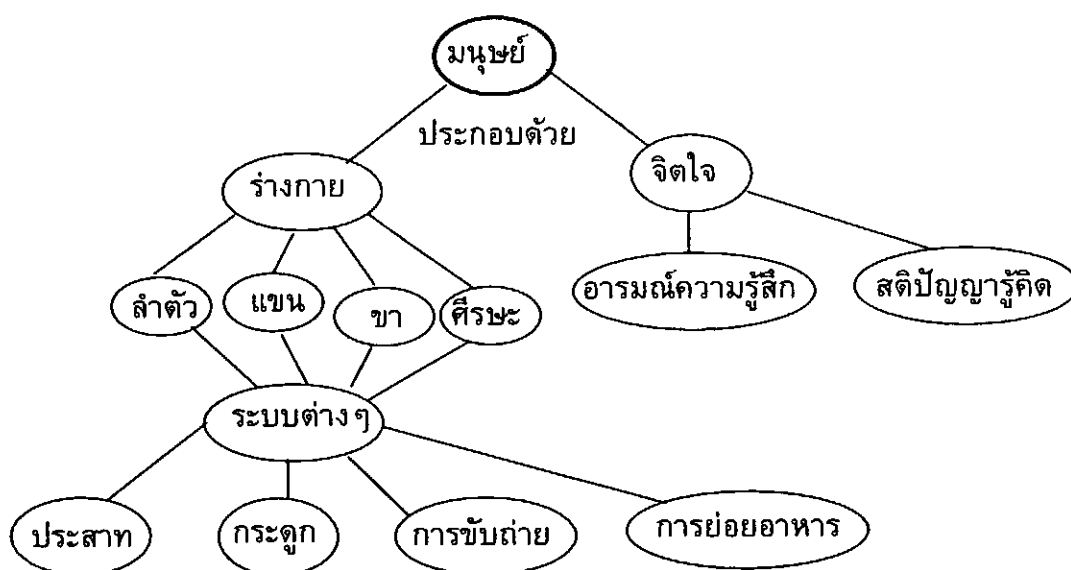
3) ผังมโนทัศน์แสดงถึงการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ ทั้งทางตรงหรือทางอ้อม ได้โดยไม่จำกัดทิศทางซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะเนื้อหาสาระเป็นสำคัญ

3.4 ประเภทของผังมโนทัศน์ มีการจัดแบ่งประเภทโดยใช้เกณฑ์ต่างกันไปหลายแนวคิด แต่ในที่นี้ขอนำเสนอเพียงสองแนวคิดที่สำคัญ ดังนี้

3.4.1 มินท์เซส; วอนเดอร์ซี; และ โนแวก (Mintzes; Wndersee; & Novak. 1998 : unpaged) ได้แบ่งผังมโนทัศน์ออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1) ผังมโนทัศน์หลัก (macro map) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่สำคัญๆ เท่านั้น

2) ผังมโนทัศน์ย่อย (micro map) แสดงรายละเอียดเพิ่มเติม เฉพาะมโนทัศน์องค์ประกอบของแผนภูมิหลัก จุดแผนที่โลกและแผนที่เฉพาะประเทศ



ภาพประกอบ 2 : ผังมโนทัศน์เกี่ยวกับมนุษย์ และองค์ประกอบ

ที่มา : มนัส บุญประกอบ. (2542, กันยายน). แผนภูมิมโนทัศน์กับการสร้างสุข จิต ปลูก วรรณสาร
บัณฑิตศึกษา. 3(3) : 47

3.4.2 เมิร์ลตัน (มนัส บุญประกอบ. 2542 : 49 ; อ้างอิงจาก Merle, Tan. 2532 : unpaged) แห่งมหาวิทยาลัยฟิลิปปินส์ ได้แบ่งผังมโนทัศน์ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1) ชนิดปลายเปิด มีการแตกกิ่งก้านสาขาลงไปเรื่อยๆ จากบนลงล่าง ดัง

ภาพประกอบ 2

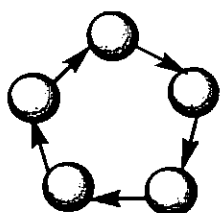
2) ชนิดปลายปิดหรือเป็นวงปิด เช่น วัฏจักรของน้ำในธรรมชาติ

3) ชนิดเชื่อมโยงข้ามชุด คล้ายกับชนิดที่ 1 หากแต่มีการเขียนเส้นเชื่อมโยงข้ามกลุ่มทิศทางใดทิศทางหนึ่ง

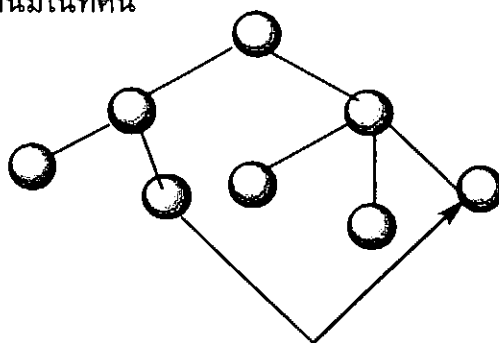
4) ชนิดกระจายออกจากมโนทัศน์หลัก โดยเขียนแตกออกไปทุกทิศทาง ซึ่งบางแห่งเรียกว่า spidergram หรือ spider map หรือ mind mapping

5) ชนิดผสมผสาน โดยมีการเขียนปนกันมากกว่าหนึ่งรูปแบบในผังมโนทัศน์ภาพหนึ่งๆ ดังตัวอย่างโครงสร้างของผังมโนทัศน์ข้างล่างนี้

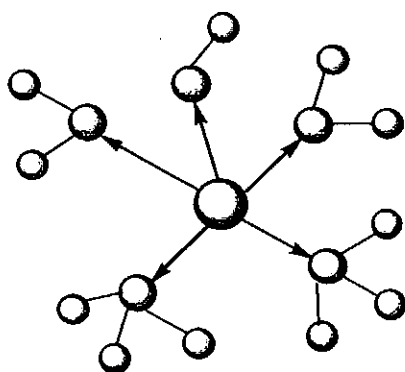
● ปุ่มปม (node) แทนมโนทัศน์



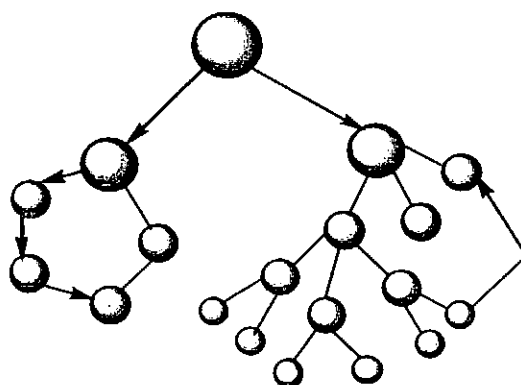
ผังมโนทัศน์ชนิดปลายปิด
ชนิดที่ 2



ผังมโนทัศน์ชนิดปลายเปิด
ชนิดที่ 3



ผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก
ชนิดที่ 4



ผังมโนทัศน์ชนิดผสมผสาน
ชนิดที่ 5

ภาพประกอบ 3 ลักษณะโครงสร้างของแผนภูมิโนทัศน์ชนิดที่ 2-5

ที่มา : มนัส บุญประกอบ. (2542, กันยายน). แผนภูมิโนทัศน์กับการสร้างสุ จิ ปุ ลิ วารสาร
บัณฑิตศึกษา. 3(3) : 49-50

สรุปได้ว่า ผังมโนทัศน์ประกอบด้วยส่วนที่เป็นมโนทัศน์ คำเชื่อม และเส้นเชื่อมโยง ซึ่งแสดงถึงการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ ประกอบด้วยมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์ย่อย มีหลายรูปแบบทั้งแบบปลายเปิด ปลายปิด ชนิดกระจายออกจากมโนทัศน์หลัก และชนิดผสมผสาน ขึ้นอยู่กับลักษณะเนื้อหาสาระเป็นสำคัญ

3.5 การสร้างผังมโนทัศน์

คลาก (Clarke. 1990 : unpagged) ได้เสนอแนะวิธีการสร้างผังมโนทัศน์ไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 หามโนทัศน์หลัก โดยส่วนมากในตำรานั้นมโนทัศน์หลักหรือมโนทัศน์ที่สำคัญมักปรากฏอยู่ในหัวข้อ หัวข้อย่อย และในประโยคนำของย่อหน้า

ขั้นที่ 2 นามโนทัศน์ต่างๆ ที่หาได้ ไปเขียนลงในกระดาษ จัดเรียงลำดับมโนทัศน์ที่กว้างที่สุดไปหามโนทัศน์ที่แคบที่สุด มโนทัศน์ที่สำคัญจะวางไว้บนสุดของกระดาษ ตามมาด้วยมโนทัศน์ที่สำคัญรองลงมา มโนทัศน์ที่เป็นตัวอย่างจะอยู่ล่างสุด

ขั้นที่ 3 เชื่อมมโนทัศน์ที่จัดวางแล้วด้วยคำเชื่อม คำเชื่อมนั้นอาจจะเป็นคำกริยา (เช่น เป็น อยู่ คือ) คำสันธาน (เช่น แต่ และ) คำบุพบท (เช่น ที่ ใน ได้แก่) เป็นต้น

ขั้นที่ 4 แยกแยะมโนทัศน์ในแต่ละความสัมพันธ์ ซึ่งอาจจะเป็นคำจำกัดความ คำอธิบาย และเหตุการณ์จริง ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการแนะนำบทเรียน

ขั้นที่ 5 เชื่อมมโนทัศน์ต่างชุดกัน (cross link) เพื่อช่วยวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ที่เพิ่มเข้ามา

โนแวก (Novak. 1984 : unpagged) ได้เสนอแนะวิธีการสร้างผังมโนทัศน์เป็นขั้นตอนไว้เช่นกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) คัดเลือกบทเรียนจากหนังสือที่ไม่ยากจนเกินไป ควรเป็นเนื้อหาสั้นๆ และประกอบด้วยมโนทัศน์ที่ไม่ยากจนเกินไป

2) วิเคราะห์มโนทัศน์ที่มีความสำคัญด้วยการเขียนมโนทัศน์แต่ละมโนทัศน์ลงบนกระดาษ

3) จัดลำดับหรือแยกแยะมโนทัศน์ โดยดูว่ามโนทัศน์เป็นมโนทัศน์ที่กว้างและครอบคลุม มโนทัศน์ใดเป็นมโนทัศน์รอง มโนทัศน์ใดเป็นมโนทัศน์ที่เฉพาะเจาะจง

4) เรียงลำดับมโนทัศน์ ให้มโนทัศน์ที่กว้างและครอบคลุมอยู่บนสุด และลดหลั่นลงมาด้วยมโนทัศน์รอง จนกระทั่งถึงมโนทัศน์ที่เฉพาะเจาะจง

5) ลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ต่างๆ จากนั้นหาคำหรือข้อความมาเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ เพื่อให้มโนทัศน์เหล่านั้นสัมพันธ์กัน

6) ตรวจสอบกรอบมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นอย่างเป็นลำดับขั้น

มนัส บุญประกอบ (2542 : 51-54) ได้เสนอแนะวิธีการสร้างผังมโนทัศน์เป็นขั้นตอนไว้ดังนี้

- 1) เลือกหรือคิดหาคำมโนทัศน์ (คำสามัญนามหรือวลี) ที่ต้องการใช้
- 2) จัดลำดับความสำคัญของคำในข้อที่ 1 ได้แก่ คำมโนทัศน์หลัก คำมโนทัศน์รอง คำมโนทัศน์ย่อย คำมโนทัศน์เจาะจง และตัวอย่าง ตามลำดับ
- 3) จัดวางคำมโนทัศน์ แล้วเขียนเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างคำมโนทัศน์เหล่านั้นได้เป็นร่างแผนภูมิ หรือผังมโนทัศน์รูปแบบใดรูปแบบหนึ่งที่ต้องการ
- 4) อาจจัดเป็นกลุ่มคำมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องตามลำดับเหตุผลและความถูกต้องเชิงเนื้อหาสาระหรือความรู้อื่นๆ
- 5) อาจเขียนคำเชื่อมโยง (คำกริยา หรือวลี) กำกับไว้ที่แนวเส้นเชื่อมโยงตามความจำเป็นและเหมาะสมเพื่อการเข้าใจที่ตรงกัน
- 6) ตรวจสอบแก้ไขความถูกต้องของร่างแผนภูมิมโนทัศน์อีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะเขียนจริง อัลท์ (Ault. 1985 : 38-44) ได้เสนอวิธีการสร้างผังมโนทัศน์ โดยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน

ดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือก การเลือกเรื่องที่จะสร้างผังมโนทัศน์ อาจนำมาจากตำรา สมุดจำคำบรรยาย คำอธิบายก่อนการปฏิบัติการ เริ่มจากการอ่านข้อความนั้นอย่างน้อย 1 ครั้ง แล้วระบุมโนทัศน์ที่สำคัญโดยขีดเส้นใต้คำหรือประโยคที่สำคัญ ซึ่งอาจเป็นวัตถุหรือเหตุการณ์ แล้วลอกมโนทัศน์เหล่านั้นลงในกระดาษเล็กๆ เพื่อความสะดวกในการจัดความสัมพันธ์

ขั้นที่ 2 จัดลำดับ นำมโนทัศน์ที่สำคัญ ซึ่งได้เขียนลงในกระดาษเล็กๆ แล้วนำมาจัดลำดับจากมโนทัศน์ที่กว้างไปสู่มโนทัศน์ที่ครอบคลุม

ขั้นที่ 3 จัดกลุ่ม นำมโนทัศน์มาจัดกลุ่มเข้าด้วยกัน โดยมีเกณฑ์ 2 ข้อ คือ

- 1) จัดกลุ่มมโนทัศน์ที่อยู่ในระดับเดียวกัน
- 2) จัดกลุ่มมโนทัศน์ที่มีความเกี่ยวข้องกันอย่างใกล้ชิด

ขั้นที่ 4 จัดระบบ เมื่อจัดกลุ่มมโนทัศน์แล้ว นำมโนทัศน์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมาจัดระบบตามลำดับความเกี่ยวข้อง ซึ่งในขั้นนี้ยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้ หรืออาจหามโนทัศน์อื่นๆ มาเพิ่มเติมได้อีก

ขั้นที่ 5 เชื่อมโยงมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กัน เมื่อจัดระบบมโนทัศน์ที่สำคัญแล้วนำมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กันมาเชื่อมโยงกัน โดยลากเส้นเชื่อมโยงกัน และมีคำเชื่อมระบุความสัมพันธ์ไว้ทุกเส้น หลังจากใส่คำเชื่อมแล้ว สามารถอ่านเป็นประโยคได้ เส้นที่ลากเชื่อมโยงนี้อาจเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ชุดเดียวกัน หรือเชื่อมโยงระหว่างชุดของมโนทัศน์ที่ต่างกัน

3.6 การนำผังมโนทัศน์มาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน

โนแวก (Novak. 1980 : 937-949) ได้เสนอวิธีการสอนให้ผู้เรียนสร้างผังมโนทัศน์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) ผู้สอนสร้างผังมโนทัศน์ที่จะทำการสอน และนำมาเป็นตัวอย่างให้ผู้เรียนศึกษา ควบคู่กับการทำความเข้าใจเนื้อหาที่จะสอน
- 2) เลือกเนื้อหาที่จะให้ผู้เรียนสร้างผังมโนทัศน์ ซึ่งควรประกอบด้วยมโนทัศน์ที่ผู้เรียน เข้าใจได้ง่ายก่อน
- 3) สอนให้ผู้เรียนทำการวิเคราะห์ห้มโนทัศน์ที่สำคัญในบทเรียนนั้น แล้วให้ผู้เรียนจัด ลำดับมโนทัศน์ในบทเรียนนั้นตามความสำคัญของมโนทัศน์ของเนื้อหาที่ได้รับ
- 4) ในบางครั้งผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสร้างผังมโนทัศน์บนกระดานดำ หรือบนเครื่อง ฉายภาพข้ามศีรษะ (overhead projector)
- 5) ให้ผู้เรียนแบ่งกลุ่มแล้วร่วมกันสร้างผังมโนทัศน์
- 6) เมื่อผู้เรียนมีความชำนาญในการสร้างผังมโนทัศน์แล้ว ผู้สอนเริ่มตรวจผังมโนทัศน์ และข้อความเชื่อม ที่นำมาใช้ในการสร้างผังมโนทัศน์

อัลท์ (Ault. 1982 : 38-44) ได้เสนอแนะการนำผังมโนทัศน์มาใช้ในการสอน ได้หลายวิธี ได้แก่

- 1) ใช้ผังมโนทัศน์ร่วมกับการสอนบรรยาย และผังมโนทัศน์รวบรวมความรู้ในการ บรรยายหลายๆ ครั้ง
- 2) ใช้ผังมโนทัศน์ในการอภิปราย ช่วยในการแสดงลำดับของการอภิปรายได้ เพื่อ อำนวยความสะดวกในการอภิปราย
- 3) ใช้ผังมโนทัศน์รายงานผลในการปฏิบัติการได้ ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยง มโนทัศน์เข้ากับวิธีการปฏิบัติ

โนแวก และโกวิน (Novak and Gowin. 1984 : unpagged) ได้กล่าวถึง การนำ ผังมโนทัศน์มาใช้ในการศึกษา ดังนี้

- 1) ผังมโนทัศน์จะช่วยให้เตรียมการสอน ดังนี้
 - 1.1) วิเคราะห์ห้มโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องในเนื้อหา
 - 1.2) วิเคราะห์ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่สอน
 - 1.3) ช่วยเหลือข้อความเชื่อมที่เหมาะสมหรือเปลี่ยนแปลงระดับมโนทัศน์ใหม่ ตามความเหมาะสม
 - 1.4) แยกข้อแตกต่างระหว่างวัตถุ เหตุการณ์ และมโนทัศน์ได้ชัดเจน
- 2) ผังมโนทัศน์สามารถสร้างให้มีเนื้อหาตลอดทั้งภาคการศึกษา หรือมีเฉพาะเนื้อหา ในช่วง 2-3 สัปดาห์ เพื่อให้ให้นักเรียนเห็นรายละเอียดมากขึ้น การสร้างผังมโนทัศน์ช่วยให้ครู และ นักเรียนรู้ว่าได้เรียนอะไรไปแล้ว เรียนถึงเรื่องไหน กำลังเรียนอะไร โดยครูติดผังมโนทัศน์ที่ทำขึ้นไว้ ในห้องเรียน
- 3) ช่วยสรุปประเด็นสำคัญจากตำราเรียน ย่อสรุปเนื้อหา และช่วยให้มองเห็นความสัมพันธ์ของมโนทัศน์อย่างเป็นลำดับขั้นแบบกว้างๆ ก่อนจะอ่านตำรา ทำให้ประหยัดเวลาในการ อ่าน และการอ่านจากตำราช่วยให้เข้าใจความหมายได้ดีขึ้น และเข้าใจว่ามโนทัศน์ใดเป็นมโนทัศน์ที่

ผิดจากความเป็นจริง (misconception) เพราะการอ่านจากตำราบางครั้ง วลี คำ ทำให้เกิดปัญหาในการอ่านได้ การให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์อย่างเป็นลำดับขั้น เพื่อรายงานผลจากการอ่านงานที่กำหนด จะทำให้นักเรียนทำความเข้าใจเนื้อเรื่องได้ดี

การฝึกเขียนผังมโนทัศน์ในชั้นเรียนนั้น มีขั้นตอนดังนี้ (มนัส บุญประกอบ. 2542 : 52-53)

1) การเตรียมการขั้นต้น เป็นการเตรียมความพร้อมให้นักเรียน ซึ่งครูจำเป็นต้องให้ความรู้โดยชักจูงให้นักเรียนได้เข้าใจและมองเห็นคุณค่า ความสำคัญของผังมโนทัศน์ที่นักเรียนจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายทั้งที่เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ การคิด การเขียน การอ่าน การฟัง และการเตรียมทำกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน

2) การลงมือปฏิบัติ โดยการฝึกการเขียนไปพร้อมกับการอธิบายยกตัวอย่างของครูผู้สอน จากนั้นฝึกให้เขียนเป็นกลุ่มย่อยด้วยการให้ตัวอย่างคำมโนทัศน์ และคำเชื่อมโยง กับให้ลองเลือกหาคำเหล่านั้นด้วยตนเองเป็นกลุ่ม และลองเขียนเป็นแผนภูมิอย่างง่ายๆ จนพอเข้าใจจึงควรเพิ่มจำนวนคำให้มากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเนื้อหาวิชาและความยากง่ายด้วย วิธีที่ง่ายต่อการทำอีกวิธีหนึ่ง คือ ให้เขียนคำมโนทัศน์ลงในบัตรคำแผ่นละหนึ่งคำ แล้วให้นำมาลองจัดเรียงตามความเกี่ยวข้องของคำเหล่านั้น เมื่อแน่ใจแล้วจึงเขียนลงแผ่นกระดาษเปล่าเป็นผังมโนทัศน์ ส่วนอีกวิธีหนึ่งอาจกระทำได้โดยให้นักเรียนเขียนเรียงลำดับคำมโนทัศน์ในตารางการฝึกปฏิบัติทางด้านหนึ่ง และลองเขียนร่างผังมโนทัศน์ทางด้านตรงข้ามเมื่อตรวจแก้ไขความถูกต้องเรียบร้อยแล้วจึงเขียนเป็นผังมโนทัศน์ที่จะใช้งานจริง

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 73) ได้กล่าวถึงการนำผังมโนทัศน์มาใช้ในการเรียนการสอนไว้ว่า การมอบหมายให้ผู้เรียนจัดทำผังมโนทัศน์ เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ขึ้นเองหรือขยายองค์ความรู้จากองค์ความรู้เดิม เช่น ในการเรียนบทเรียนต่างๆ ผู้สอนอาจมอบหมายให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมจากใบความรู้ เอกสารประกอบการเรียนหนังสือ ตำรา แหล่งเรียนรู้ตามธรรมชาติ สื่อสารมวลชน ตัวบุคคลอื่นๆ (เช่น วิทยากร ภูมิปัญญาท้องถิ่น) ตลอดจนสื่อสมัยใหม่ เช่น เว็บไซต์ต่างๆ แล้วนำมาจัดทำเป็นผังมโนทัศน์ เสนอต่อผู้สอนเพื่อเป็น "งาน" ของบทเรียนนั้นๆ ผู้สอนจึงสามารถนำมาประเมินได้ ซึ่งผลการเรียนรู้ส่วนหนึ่งที่อาจประเมินได้จากการพิจารณาผังมโนทัศน์ก็คือ "ความรู้" โดยเฉพาะความรู้ที่เกิดจากการขยายองค์ความรู้ หรือสร้างองค์ความรู้ขึ้นเอง

สรุปได้ว่า การสร้างผังมโนทัศน์นั้น เริ่มจากการวิเคราะห์เนื้อหา จัดทำมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ย่อย ใช้เส้นและคำเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์เหล่านั้น ดังนั้นในการเรียนการสอน ครูต้องให้ความรู้ในการเขียนมโนทัศน์แก่นักเรียน ฝึกหัดให้นักเรียนเขียนจากมโนทัศน์ง่ายๆ ไปยังมโนทัศน์ที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น ได้มีการนำผังมโนทัศน์มาใช้ในการสรุปสาระสำคัญของเนื้อหาในการเรียนการสอน ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ขึ้นเอง หรือขยายองค์ความรู้ใหม่จากองค์ความรู้เดิม หรือนำมาใช้ประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียน

องค์ประกอบของเกณฑ์การให้คะแนนผังมโนทัศน์ (ศิริพร ทิพย์สิงห์. 2545 :

143-144)

- 1) มีการจัดเรียงหัวข้อมโนทัศน์อย่างต่อเนื่อง
- 2) แผนผังความคิดที่สร้างขึ้นถูกต้องตรงตามเนื้อหา
- 3) มีการลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์และแสดงความสัมพันธ์ได้อย่างสมเหตุสมผล
- 4) มีการจัดเรียงรูปแบบมโนทัศน์เหมาะสม เข้าใจง่าย ไม่สับสน วุ่นวาย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ จากพฤติกรรมที่พึงประสงค์ในการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ด้วยแบบทดสอบปรนัย แบบทดสอบอัตนัย และแบบประเมินผังมโนทัศน์ โดยให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่นักเรียนได้รับแต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตลอดจนแหล่งเรียนรู้ที่นักเรียนใช้ศึกษาค้นคว้าประกอบการเรียนการสอน โดยผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบและแบบประเมินผังมโนทัศน์ซึ่งดัดแปลงมาจาก ศิริพร ทิพย์สิงห์ (2545 : 143-144) และตามแนวคิดของ ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 73-83) โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับ

4. เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้ สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2527 : 20) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการได้ฝึกฝนความคิดอย่างมีเหตุผล และมีระบบ พฤติกรรมนี้จะสะสมในตัวผู้เรียนในขณะที่ทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวิชาอื่นได้อย่างกว้างขวาง

วรรณทิพา รอดแรงคำ และจิต นวนแก้ว (2532 : 5) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual skills) ที่นักวิทยาศาสตร์ และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ

สุนีย์ คล้ายนิล (2535 : 10) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการหรือกิจกรรมที่ใช้ปฏิบัติจนเกิดความชำนาญ เกิดทักษะในกิจกรรมนั้น ๆ ในทางวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2540 : ค) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการต่างๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนก การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็น การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปอย่างคล่องแคล่ว ถูกต้องและแม่นยำ

สรศักดิ์ แพรด้า (2542 : 23) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนก การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็น การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปอย่างคล่องแคล่ว ถูกต้องและแม่นยำเพื่อการเสาะแสวงหาความรู้หรือแก้ปัญหาอันเกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบ

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 14) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติ และฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ ซึ่งเป็นกระบวนการทางปัญญา (Intellectual skills) เช่น ฝึกการสังเกต การบันทึกข้อมูล การตั้งสมมติฐาน และการทำการทดลอง เป็นต้น

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 86) กล่าวถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่าเป็นทักษะพื้นฐานของพฤติกรรมเชิงความสามารถของการเป็นนักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเป็นทักษะสำหรับการประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตอย่างมีระบบ และมีประสิทธิภาพ

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง วิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่แสดงออกด้านความสามารถ หรือความงามของการเป็นนักวิทยาศาสตร์ โดยการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบจนเกิดเป็นความชำนาญ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตได้

4.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คณะกรรมการการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Commission of Science Education) ของสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science - AAAS) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น 13 ทักษะ โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้ (สวัณท์ นิยมถ้ำ. 2531 : 160-256 ; วีระชาติ สวนไพรินทร์. 2531 : 7-15 ; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2537 : 68-86 และ ภพ เลหาไพบูลย์. 2542 : 14-30)

4.2.1 ทักษะขั้นพื้นฐาน (basic science process skills) มี 8 ทักษะ ได้แก่

- 1) ทักษะการสังเกต
- 2) ทักษะการวัด
- 3) ทักษะการคำนวณ
- 4) ทักษะการจำแนกประเภท
- 5) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส และสเปสกับเวลา
- 6) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
- 7) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล
- 8) ทักษะการพยากรณ์

4.2.2 ทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ (integrated science process skills) มี 5 ทักษะ ได้แก่

- 1) ทักษะการตั้งสมมติฐาน
- 2) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
- 3) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
- 4) ทักษะการทดลอง
- 5) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

1. ทักษะการสังเกต (observation)

ทักษะการสังเกต หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ หลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนังเข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ โดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมี 3 ประเภทคือ

-ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะ และสมบัติของสิ่งที่สังเกต เกี่ยวกับรูปร่าง กลิ่น รส เสียง การสัมผัส ซึ่งเป็นลักษณะหรือคุณสมบัติที่ไม่สามารถระบุออกมาเป็นตัวเลขแสดงปริมาณพร้อมหน่วยวัดมาตรฐานได้

-ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นข้อมูลที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณของวัตถุได้ โดยการกะประมาณ และบอกหน่วยมาตรฐานได้

-ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการปฏิสัมพันธ์ของสิ่งนั้นกับสิ่งอื่น จะช่วยให้การสังเกตครอบคลุมข้อมูลได้อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

1.1 ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุหรือสถานการณ์ โดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม

1.2 บรรยายถึงสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุ โดยการกะประมาณ

1.3 บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2. ทักษะการวัด (measurement)

ทักษะการวัด หมายถึง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือ และการใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด โดยมีหน่วยกำกับเสมอ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

2.1 เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด

2.2 บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

2.3 บอกวิธีจัดและวิธีใช้เครื่องมือได้

2.4 ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก และอื่นๆ

ได้ถูกต้อง

2.5 ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

3. ทักษะการคำนวณ (using numbers)

ทักษะการคำนวณ หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุ และนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร หรือ การหาค่าเฉลี่ย เป็นต้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

3.1 การนับ ได้แก่ นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ และตัดสินใจว่าสิ่งของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน

3.2 การคำนวณ ได้แก่ บอกวิธีคำนวณได้ คิดคำนวณได้ถูกต้อง และแสดงวิธีการคิดคำนวณได้

3.3 การหาค่าเฉลี่ย ได้แก่ บอกวิธีการหาค่าเฉลี่ย หาค่าเฉลี่ย และแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย

4. ทักษะการจำแนกประเภท (classification)

ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง ความสามารถในการจัดจำแนกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่ โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาจัดจำแนก คือ ความเหมือน (similarities) ความแตกต่างกัน (differences) และความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งร่วมกันอยู่ (interrelationships)

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

4.1 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้

4.2 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้

4.3 บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา (space/space relationship and space/time relationship)

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติ สิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏในกระจกเงาจะเป็นซ้ายขวาของกันและกันอย่างไร ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่ง กับอีกวัตถุหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้นคือ

5.1 วาดรูป 3 มิติของวัตถุจริงทั่วไปได้

5.2 บอกจำนวนเส้นสมมาตรของรูป 2 มิติและระนาบสมมาตรของรูป 3 มิติได้

5.3 บอกความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติและรูป 3 มิติได้

5.4 ระบุความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏในกระจกเงาได้

5.5 ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง กล่าวคือ บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง

5.6 ระบุความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา

6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (organizing data and communication)

ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำเสียใหม่โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น อาจนำเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ เป็นต้น โดยคำนึงถึงความสมบูรณ์ (completeness) ความชัดเจน (clearness) ความถูกต้องแม่นยำ (accuracy) ไม่กำกวม (unambiguous) และความกระชับรัดกุม (conciseness)

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

6.1 เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม

6.2 บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้

6.3 ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้

6.4 เปลี่ยนแปลงข้อมูลใหม่ให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจดีขึ้นได้

6.5 บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสม กระทั่งจัดจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

6.6 บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของภาพจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (inferring)

ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลที่มีอาจได้จากการสังเกต การวัดหรือการทดลอง คำอธิบายนั้นเป็นสิ่งที่ได้จากความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้สังเกตที่พยายามโยงบางส่วนของความรู้หรือประสบการณ์เดิมให้มาสัมพันธ์กับข้อมูลที่ตนเองมีอยู่

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะขึ้น คือ สามารถอธิบายหรือสรุปเรื่องหนึ่งๆ โดยการเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. ทักษะการพยากรณ์ (prediction)

ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าโดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย การทำนายอาจทำได้ภายในขอบเขตของข้อมูล (interpolating) และภายนอกขอบเขตข้อมูล (extrapolating)

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

8.1 ทำนายผลที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้

8.2 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

8.3 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (formulating hypothesis)

ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนจะได้ดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้นๆ ต่อไป

สมมติฐาน เป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเนซึ่งอาจเป็นคำอธิบายของสิ่งที่ไม่สามารถตรวจสอบตัวแปรตาม ข้อความของสมมติฐานนี้สร้างขึ้นโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐานสมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจจะถูกหรือผิดก็ได้ จึงจำเป็นจะต้องมีการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

9.1 สร้างสมมติฐานซึ่งเป็นการหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิม

9.2 สามารถสร้างหรือแสดงให้เห็นวิธีที่จะทดสอบสมมติฐาน

9.3 สามารถปรับปรุงแก้ไขสมมติฐานแล้วนำไปทดสอบโดยการทดลองเมื่อมีความรู้ใหม่

10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (defining operationally)

ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่างๆ ให้เข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตและวัดได้

คำนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นความหมายคำศัพท์เฉพาะ เป็นภาษาง่ายๆ ชัดเจน ไม่กำกวม ระบุสิ่งที่จะสังเกตได้และระบุการกระทำซึ่งอาจเป็นการวัด ทดสอบ การทดลองไว้ด้วย

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่างๆ ให้สังเกตและวัดได้

11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (indentifying and controlling variables)

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถที่จะชี้บ่งได้ว่า ตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรใดเป็นตัวแปรควบคุมในการหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรในสมมติฐานหนึ่งๆ หรือปรากฏการณ์หนึ่ง

ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (independent variable) เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษาหรือเป็นตัวแปรที่ต้องการทดลองดูว่าจะก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม (dependent variable) เป็นตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนไป ตัวแปรตามจะเปลี่ยนตามไปด้วย

ตัวแปรควบคุม (controlled variable) เป็นตัวแปรต้นอื่นๆ ที่ยังไม่สนใจศึกษาที่อาจจะมีผลต่อตัวแปรตามในขณะนั้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ ชีบ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุมได้

12. ทักษะการทดลอง (experimenting)

ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการตรวจสอบสมมติฐาน โดยการทดลอง โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ ตลอดจนการใช้วัสดุ อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและการบันทึกผลการทดลอง

การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีดำเนินการทดลอง ซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ต้องการใช้ในการทดลอง

การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง ๆ

การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจจะเป็นผลของการสังเกต การวัด และอื่นๆ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

12.1 กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสม โดยคำนึงถึง ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม รวมถึงการระบุอุปกรณ์หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองได้

12.2 ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง เหมาะสม

12.3 บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (interpreting data and conclusions)

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำและอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือรูปภาพต่างๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติ และสามารถลงข้อสรุปโดยการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมด สรุปให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตของการทดลองนั้นๆ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

13.1 แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ เช่น การตีความหมายจากกราฟ การตีความหมายข้อมูลที่สำคัญทักษะการคำนวณ เป็นต้น

13.2 บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ ทักษะขั้นพื้นฐาน ได้แก่ ทักษะที่ 1-8 และทักษะขั้นบูรณาการ ได้แก่ ทักษะที่ 9-13

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 7 ทักษะ ซึ่งได้จากการวิเคราะห์หัตถปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าว ประกอบด้วยทักษะขั้นพื้นฐาน 4 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ และทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะขั้นบูรณาการ 3 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความสามารถ(ความงาม) ของนักเรียน ได้ทำการประเมินโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีค 5 ระดับ โดยดัดแปลงจากแบบประเมินความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของ ญัณฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 87-98) ทำการวิเคราะห์ทักษะที่ใช้ในหัตถปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยจัดเรียงพฤติกรรมตามลำดับขั้นในกระบวนการของหัตถปฏิบัติการควบคู่ไปกับการจัดเรียงลำดับตามความถี่ของพฤติกรรมนั้นๆ

5.เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการ

ทดลอง

ในการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวปฏิรูปการศึกษา ได้กำหนดสาระสำคัญของการประเมินเป็น 3 ด้าน คือ ด้านความรู้หรือความจริง ด้านความสามารถหรือด้านความงาม และด้านการแสดงออกหรือด้านความดี สำหรับในด้านความสามารถนั้น ญัณฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 18-19) ได้จำแนกผลการเรียนรู้ด้านความสามารถออกเป็น ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถด้านการใช้อุปกรณ์ ความสามารถในการทำโครงงาน และความสามารถในการทำการทดลองหรือทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการทำการทดลอง เป็นความสามารถที่สำคัญยิ่งในกลุ่มการเรียนรู้ด้านความสามารถ เพราะเป็นความสามารถหลักของผู้เรียนในการเข้าสู่ความเป็นนักวิทยาศาสตร์ จึงควรส่งเสริมผู้เรียนให้ทำการทดลอง และได้รับการประเมินด้วยวิธีที่เหมาะสม ซึ่งความสามารถในการทำการทดลองควรได้รับการประเมินจากการปฏิบัติจริง โดยมีการกำหนดองค์ประกอบและเกณฑ์ในการประเมิน ซึ่งองค์ประกอบที่พิจารณา ได้แก่ ความสามารถในการวางแผนการทดลอง ด้านการปฏิบัติการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง สำหรับวิธีการให้คะแนนอาจใช้การให้คะแนนแบบมาตราประมาณค่า หรือใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีค (ญัณฐพงษ์ เจริญพิทย์ 2546 : 134-135) นักวิชาการได้ให้ความหมายของความสามารถในการทำการทดลอง หรือทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

ความหมายทักษะปฏิบัติการ

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531 : 299-322) กล่าวถึงทักษะการปฏิบัติจากการจำแนกพฤติกรรม การเรียนรู้ ตามแนวคิดของบลูม (Bloom. 1956 : 7) ดังนี้ ทักษะการปฏิบัติ หมายถึง ความสามารถ และมีทักษะในการใช้อวัยวะเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ เข้าไปปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ความสามารถด้านนี้

คือ ความสามารถทางกาย เช่น ทักษะในการเขียน (เขียนเร็ว เขียนคล่องแคล่วและเขียนถูกต้อง) ทักษะในการพิมพ์ดีด (พิมพ์เร็ว พิมพ์คล่อง และพิมพ์ถูกต้อง) ทักษะในการวาดรูป (วาดเร็ว วาดคล่องแคล่ว ถูกต้องและประณีต) ทักษะในการพูด (พูดเร็ว พูดคล่อง พูดได้ใจความ) ทักษะในการเล่นดนตรี ทักษะในการเล่นกีฬา ทักษะในการติดตั้งเครื่องมือ ทักษะในการใช้เครื่องมือ ทักษะในการกระทำการทดลอง เป็นต้น

พฤติกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของดาเว่ (Dave') ในหนังสือ Development in Educational Testing กล่าวว่า ทักษะการปฏิบัติ หมายถึง พฤติกรรมที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อที่แสดงปฏิกิริยาออกมาให้เห็น ซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมของจิต โดยมีการประสานสัมพันธ์ระหว่างประสาทสัมผัส สมอง และประสาทกล้ามเนื้อ โดยแบ่งทักษะการปฏิบัติออกเป็น 5 ระดับ (Karlheing Ingenkamp. 1969 : 208-210) ดังนี้ 1) ทักษะระดับการเลียนแบบ (imitation) 2) ทักษะระดับการปฏิบัติตามแบบได้ (manipulation) 3) ทักษะระดับการกระทำได้อย่างถูกต้องและประณีต (precision) 4) ทักษะระดับการกระทำได้อย่างซ้ำของ (articulation) 5) ทักษะระดับการกระทำได้อย่างธรรมชาติ (naturalization) และพฤติกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของแกนเย่ (Robert M. Gagne') ได้กล่าวไว้ดังนี้ ทักษะการปฏิบัติ (motor skill) หมายถึง การใช้อวัยวะภายนอกของร่างกายในส่วนที่เคลื่อนไหวได้เข้ากระทำการ หรือปฏิบัติกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งด้วยความรวดเร็ว คล่องแคล่ว กระฉับกระเฉงและถูกต้อง เช่น การขับรถยนต์ พิมพ์ดีด ประกอบเครื่องมือวิทยาศาสตร์ เป็นต้น เป็นความสามารถที่ได้จากการปฏิบัติงานที่ต้องอาศัยกล้ามเนื้อภายในระยะเวลาที่กำหนด

วัฒนาพร ระบุทฤษฏี (2542 : 55) ได้กล่าวถึง ความสามารถในทางปฏิบัติว่า เป็นสมรรถภาพที่มุ่งเน้นไปที่การกระทำ การปฏิบัติงาน หรือภารกิจหน้าที่ด้วยการใช้สติปัญญา ความรอบรู้ ความเฉลียวฉลาด ความสุขุมรอบคอบ ตามขีดความสามารถและศักยภาพแต่ละบุคคลที่มีอยู่ได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนิชำนาญและสำเร็จลุล่วงได้ดีในช่วงเวลาอันสั้น โดยได้แสดงออกให้เห็นปรากฏชัดในรูปของการวางแผนการดำเนินการ การบังคับควบคุมให้เป็นไปตามที่ต้องการ การจัดการ การบริหารงาน ในรูปของผลงานและผลผลิต ซึ่งความสามารถของผู้เรียนทั้งหมดต้องอยู่ภายใต้สถานการณ์และเงื่อนไขที่สอดคล้องกับสภาพจริงมากที่สุด

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 82) ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติ หมายถึง พฤติกรรมเกี่ยวกับกลไกและการปฏิบัติซึ่งมุ่งผลที่ความคล่องแคล่ว และชำนาญ

สรุปได้ว่า ความสามารถในการทำการทดลองหรือทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมด้านความสามารถของผู้เรียนที่แสดงออกได้จากการปฏิบัติการทดลอง การวางแผน การดำเนินการ การตัดสินใจ การแก้ปัญหาได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนิชำนาญ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดผลการเรียนรู้ด้านความสามารถและสามารถนำไปใช้ในชีวิตรประจำวันได้อย่างเป็นธรรมชาติ ผู้วิจัยทำการประเมินความสามารถในการทำการทดลอง โดยการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงและใช้แบบประเมินด้วยการให้คะแนนตามเกณฑ์รูปรีค 5 ระดับ

โครงสร้างของพฤติกรรมการทำการทดลอง

เนื่องจากบริบทด้านเนื้อหาของทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มีความกว้างขวางมาก ส่วนหนึ่งมีเนื้อหาเป็นการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยโดยตรง ได้แก่ ความมุ่งหมายของการจัดห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หลักการจัดห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ลักษณะทั่วไปของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การดำเนินงานในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และข้อควรปฏิบัติในการทดลอง ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือวัดผลด้านทฤษฎีเกี่ยวกับการปฏิบัติการได้ ส่วนบริบทที่เหลือ ได้แก่ การเก็บรักษาวัสดุอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การใช้ตู้และชั้นเก็บวัสดุอุปกรณ์ การเก็บรักษาสารเคมี การเก็บรักษาเครื่องแก้วและการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ สามารถนำมาใช้เป็นเนื้อหาของเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดในวงกว้างได้ ดังนั้น เพื่อให้ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในกรอบความคิดที่แคบลง จึงเน้นเฉพาะทักษะด้านการทำการทดลองหรือความสามารถในการทำการทดลอง ซึ่งเป็นทักษะปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนเป็นการเฉพาะ (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 86-87)

ในด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมที่เป็นเป้าหมายหลักของการวัดผลมักเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับการทำการทดลอง ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กำหนดกรอบพฤติกรรมที่ต่อเนื่องกันไว้ 3 ด้าน (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 87-88 ; อ้างอิงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538 : 25) คือ 1) การวางแผนการทดลอง 2) การปฏิบัติการทดลอง 3) การจัดทำรายงานการทดลอง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การวางแผนการทดลอง การวางแผนการทดลองประกอบด้วยพฤติกรรม หรือตัวชี้วัดที่ต้องพิจารณา ดังนี้

- 1.1 มีการปรึกษาหารือ (กับผู้เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง
- 1.2 มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม
- 1.3 มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้กับผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมและชัดเจน
- 1.4 มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทำการทดลองอย่างเหมาะสมแก่

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

- 1.5 มีความตั้งใจ และทำงานอย่างมีความสุข

2. การปฏิบัติการทดลอง การปฏิบัติการทดลองมีขอบเขตครอบคลุมพฤติกรรมหลัก 3 ด้าน คือ 1) ด้านเทคนิคการทดลอง 2) ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง 3) ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ แต่ละด้านมีพฤติกรรมย่อย ดังนี้

- 2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง พฤติกรรมย่อยประกอบด้วย
 - 1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอนไม่สับสน
 - 2) ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม
 - 3) อ่านค่า และตรวจสอบความได้ถูกต้อง

4) ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและปลอดภัย

5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข

2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง พฤติกรรมย่อยประกอบด้วย

1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว

2) ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์

3) มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการ

4) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด

5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข

2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ พฤติกรรมย่อยประกอบด้วย

1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ

2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง

3) จัดเก็บอุปกรณ์ เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี

4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาด และเรียบร้อย

5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข

3. การจัดทำรายงานผลการทดลอง พิจารณาจากความถูกต้อง สมบูรณ์ของเนื้อหาสาระตามหัวข้อต่อไปนี้

3.1 ชื่อการทดลองหรือปัญหาที่ศึกษา

3.2 จุดประสงค์การทดลอง

3.3 สมมติฐาน

3.4 อุปกรณ์สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.5 วิธีทดลอง

3.6 การบันทึกผลการทดลอง

3.7 การจัดกระทำกับข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล

3.8 การอภิปรายและสรุปผลการทดลอง

3.9 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

3.10 เอกสารอ้างอิง

หมายเหตุ หัวข้อรายงานการทดลองเบื้องต้น มีความสอดคล้องกับขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการทำโครงการวิทยาศาสตร์หรือการวิจัย ดังนั้นครูผู้สอนจึงควรให้ความสนใจเป็นพิเศษในการตรวจรายงานการทดลองโดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียน

สรุปได้ว่า องค์ประกอบของพฤติกรรมที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ประกอบด้วยพฤติกรรม 3 ด้าน คือ การวางแผนการทดลอง การปฏิบัติการทดลองและการจัดทำรายงานผลการทดลอง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบประเมิน

ผลการเรียนรูวิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของ ฌ็องฌูฟงซ์ เจริญพิทย์ (2546 : 137-139) ซึ่งดัดแปลงจากกรอบกำหนดของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 25) ในการประเมินพฤติกรรมด้านการวางแผนการทดลองและการปฏิบัติการทดลอง ครูผู้สอนทำการประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคลขณะปฏิบัติการทดลอง ส่วนในด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง ครูผู้สอนทำการประเมินเป็นรายบุคคลหลังจากนักเรียนปฏิบัติการทดลองเสร็จสิ้นในแต่ละบทปฏิบัติการ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับ

6. เอกสารเกี่ยวกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

6.1 ความหมายของเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เจตคติหรือทัศนคติ (attitude) ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2542 หมายถึง ท่าทีหรือความรู้สึกของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (ราชบัณฑิตยสถาน. 2546 : 321)

เจตคติ เป็นคำมาจากรากศัพท์ ภาษาละตินว่า "aptus" แปลว่า โน้มเอียงเหมาะสม (Allport. 1967 : 3) ได้มีนักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้ความหมายไว้แตกต่างกัน ดังนี้

นิวคอมบ์ (ทวิช แจ่มจรัส. 2545 : 39 ; อ้างอิงจาก Newcomb. 1950 *Social Psychology* : p.128) กล่าวว่า เจตคติเป็นความรู้สึกรับรู้และการกระตุ้นของจิตใจที่มีต่อประสบการณ์ที่เราได้รับ เจตคติแสดงออกได้ 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ การแสดงออกในลักษณะเข้าหา คือ เกิดความพอใจ ชอบหรือเห็นด้วยลักษณะเช่นนี้ เรียกว่า เจตคติเชิงนิมานหรือเจตคติเชิงบวก (positive attitude) อีกลักษณะหนึ่ง คือ การแสดงออกในลักษณะที่หลีกเลี่ยงเมื่อเกิดความไม่พอใจ ไม่ชอบหรือไม่เห็นด้วย ลักษณะเช่นนี้ เรียกว่าเจตคติเชิงนิเสธหรือเจตคติเชิงลบ (negative attitude)

เทรนดิส (Triandis. 1971 : 2-3) ได้กล่าวว่า เจตคติ หมายถึงความพร้อมในการที่จะตอบสนองและเป็นความสม่ำเสมอในการตอบสนองของบุคคลอื่นหรือสภาพทางสังคม ซึ่งมีองค์ประกอบพื้นฐาน 3 ประการดังนี้

1) องค์ประกอบด้านความรู้ความเข้าใจ (cognitive component) เป็นการตอบสนองของบุคคล รับรู้และวินิจฉัยข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับทำให้เกิดเจตคติซึ่งแสดงออกมาในแนวคิดที่ว่าอะไรถูก อะไรผิด

2) องค์ประกอบด้านความรู้สึก (affective component) เป็นลักษณะทางอารมณ์ของบุคคลที่คล้อยตามความคิด ถ้าบุคคลมีความคิดที่ดีต่อสิ่งใดก็จะมีความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งนั้น เจตคติสามารถแสดงออกในลักษณะของความชอบ ไม่ชอบ พพอใจ ไม่พอใจ

3) องค์ประกอบด้านพฤติกรรม (behavioral component) เป็นความพร้อมที่จะกระทำอันเป็นผลเนื่องมาจากความคิดและความรู้สึก ซึ่งจะแสดงออกมาในรูปของการยอมรับหรือปฏิเสธ

แอทกินสัน และฮิลการ์ด (Atkinson; & Hillgard. 1983 : 543) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึงความรู้สึกหรือพฤติกรรมที่เกิดขึ้นต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ความคิดหรือสถานการณ์ใดๆ โดยจะแสดงความ

รู้สึกต่อสิ่งนั้นในทางเข้าหาหรือถอยหนีและความพร้อมที่จะตอบสนองครั้งต่อไปในทางเอนเอียงไปในลักษณะเดิมเมื่อพบกับสถานการณ์ดังกล่าวอีก

กมลรัตน์ หล้าสูงษ์ (2523 : 239) กล่าวว่า เจตคติหรือทัศนคติ หมายถึง ความพร้อมของร่างกายและจิตใจที่มีแนวโน้มจะตอบสนองต่อสิ่งเร้าหรือสถานการณ์ใดๆ ด้วยการเข้าหาหรือถอยหนีออกไป

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย (2542 : 113-116) ได้กล่าวถึง พฤติกรรมด้านจิตพิสัย ซึ่งเป็นคุณลักษณะหนึ่งในการพัฒนาเชิงการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับความสนใจ ความซาบซึ้ง เจตคติและค่านิยม โดยเน้นเจตคติ 2 กลุ่ม คือ เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งพฤติกรรมด้านจิตพิสัยมีความสอดคล้องกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ มากกว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพราะเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีธรรมชาติเป็น “อารมณ์” และโน้มเอียงไปในเชิง “ศิลปะ” ในขณะที่เจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีธรรมชาติโน้มเอียงไปในทาง “เหตุผล” และ “ศาสตร์”

สุรางค์ ไคว์ตระกูล (2544 : 366) กล่าวว่า เจตคติหรือทัศนคติ เป็นอักษณาสัย (disposition) หรือแนวโน้มที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมสนองตอบต่อสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งเร้าอาจเป็นไปในทางบวกหรือลบ ถ้าบุคคลที่เจตคติบวกต่อสิ่งใดก็จะมีพฤติกรรมที่จะเผชิญกับสิ่งนั้น ถ้ามีเจตคติลบก็จะหลีกเลี่ยง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545 : 73) ให้ความหมายของ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (attitude toward sciences) หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลต่อวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย ความรู้สึกดังกล่าว เช่น ความสนใจ ความชอบ การเห็นความสำคัญและคุณค่า

กานต์รวี ใจงาม (2545 : 38) กล่าวว่า เจตคติต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง สภาพความรู้สึกของบุคคลที่มุ่งมั่น มีความกระตือรือร้น ในการที่จะเกิดการเรียนรู้ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยประสบการณ์และความพร้อมที่จะแสดงพฤติกรรม ตอบสนองต่อสิ่งต่างๆ ในทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์และมีศิลปะ

พรยมล บัวศิริ (2546 : 53) กล่าวถึง เจตคติกับการเรียนการสอนว่า เจตคติหรือจิตพิสัย เป็นคุณลักษณะอย่างหนึ่งของบุคคลที่เกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิดที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งจัดเป็นพฤติกรรมด้านหนึ่งทางการศึกษาโดยเฉพาะในการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีพฤติกรรมการเรียนรู้ ทั้งด้านความรู้ ด้านทักษะปฏิบัติ เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่แฝงไปด้วยพฤติกรรมความรู้สึกนึกคิดที่แสดงออกจากการปฏิบัติ

ดังนั้น เจตคติต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิดของผู้เรียนทั้งในทางบวกและทางลบ อันเป็นผลจากการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ด้วยกิจกรรมปฏิบัติการทดลองและสาระที่เชื่อมโยงกับท้องถิ่นของผู้เรียน โดยอาศัยความพร้อมและประสบการณ์ของผู้ที่เรียน ที่จะแสดงพฤติกรรมตอบสนองในทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ถึงผลของสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือได้ปฏิบัติ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาพฤติกรรมด้านความรู้สึกนึกคิดหรือเจตคติของนักเรียนที่มีต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ประกอบไปด้วยพฤติกรรม 3 ด้าน คือ 1) ด้านแสดงความรู้สึกนึก

คิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ 3) ด้านการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ไปใช้

6.2 ลักษณะทั่วไปของเจตคติ

กมลรัตน์ หล้าสูงษ์ (2523 : 240) ได้กล่าวถึงลักษณะทั่วไปของเจตคติไว้ ดังนี้

- 1) เจตคติเป็นสิ่งที่เกิดจากการเรียนรู้หรือการได้รับประสบการณ์ มิใช่สิ่งที่มีติดตัวมาแต่กำเนิด
- 2) เจตคติเป็นดัชนีที่ชี้แนวทางในการแสดงพฤติกรรม กล่าวคือ ถ้ามีเจตคติที่ดี ก็มีแนวโน้มที่จะเข้าหาหรือแสดงพฤติกรรมนั้นๆ ตรงกันข้าม ถ้ามีเจตคติไม่ดีก็มีแนวโน้มที่จะไม่เข้าหา โดยการถอยหนีหรือต่อต้านการแสดงพฤติกรรมนั้นๆ เช่น เด็กชอบครูสอนทำให้อยากเรียนวิชาที่ครูสอน ถ้าเด็กไม่ชอบวิชานั้นๆ หรือไม่ชอบครูคนนั้นก็พยายามหลีกเลี่ยงไม่เรียนวิชานั้น เป็นต้น
- 3) เจตคติสามารถถ่ายทอดจากบุคคลหนึ่งไปสู่บุคคลหนึ่งได้ เช่น บิดามารดาไม่ชอบบุคคลหนึ่ง ย่อมมีแนวโน้มทำให้เด็กไม่ชอบบุคคลนั้นด้วย
- 4) เจตคติสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากเป็นสิ่งที่ได้รับจากการเรียนรู้หรือประสบการณ์ของแต่ละบุคคล ถ้าการเรียนรู้หรือประสบการณ์นั้นเปลี่ยนแปลงไป เจตคติดีย่อมเปลี่ยนแปลงไปด้วย

6.3 องค์ประกอบของเจตคติ

งามตา วนิทนันท์ (2534 : 212-214) ได้สรุปองค์ประกอบของเจตคติไว้ดังนี้

- 1) องค์ประกอบทางการรู้คิด (cognitive component) เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวกับความรู้หรือความเชื่อทางด้านที่ว่าสิ่งนั้นดีเลว มีคุณหรือมีโทษ มากน้อยเพียงใด
- 2) องค์ประกอบทางความรู้สึก (affective component) เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวกับความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบ พอใจหรือไม่พอใจสิ่งหนึ่ง
- 3) องค์ประกอบทางการพร้อมกระทำ (action tendency component) เป็นความพร้อมที่จะกระทำการ ให้สอดคล้องกับความรู้สึกของตนต่อสิ่งนั้นด้วย

โครงสร้างของพฤติกรรมด้านเจตคติตามกรอบความคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 29-30) เสนอไว้ ดังนี้

- 1) พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิดซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรม
 - 1.1) ความพอใจในประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
 - 1.2) ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์
 - 1.3) เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 - 1.4) ตระหนักในคุณและโทษของการใช้เทคโนโลยี
- 2) พฤติกรรมในระดับการแสดงออกซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยอีก 2 ส่วน คือ
 - 2.1) การแสดงออกในระดับการศึกษาเล่าเรียนประกอบด้วยพฤติกรรม

- 2.1.1) ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
- 2.1.2) เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน
- 2.1.3) เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ
- 2.2) การแสดงออกในระดับการนำไปใช้ ได้แก่
 - 2.2.1) ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม
 - 2.2.2) ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญไตร่ตรองถึง

ผลดีและผลเสีย

หรือท้องถิ่นตน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาเกี่ยวกับเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นการประเมินด้านการแสดงออก (ความดี) ของนักเรียน ผู้วิจัยได้ดัดแปลงพฤติกรรมกรรมการประเมินด้านเจตคติ ตามกรอบความคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านแสดงความรู้สึกรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และด้านการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ไปใช้ เนื่องจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแทนโตนจากผลมังคุด เป็นการนำทฤษฎีและหลักการทางเคมีมาบูรณาการกับชีวิตจริงของนักเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนรู้จักการประยุกต์ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่น มาสัมพันธ์กับบทเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงแยกพฤติกรรมกรรมการแสดงออกในระดับการนำไปใช้ออกมาอย่างชัดเจน

6.4 การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งผลการเรียนรู้ด้านการแสดงออก หรือความดี การวัดผลเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นการวัดพฤติกรรมที่แสดงออกตามความเป็นจริง (typical performance) มีความเป็นนามธรรมสูงเนื่องจากเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับจิตใจและความรู้สึกของมนุษย์ มิใช่เป็นการวัดความสามารถสูงสุดที่มีอยู่ (maximum performance) อันเป็นจุดเน้นตามปกติของการวัดความรู้ความสามารถทั้งหลาย แต่เดิมการวัดผลด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์จะเป็นแบบแผนของพฤติกรรม ซึ่งบ่งชี้ว่าบุคคลมีการแสดงออกไปในทิศทางอย่างไร (คือ สนับสนุน วางเฉย หรือคัดค้าน) หรือแสดงออกในระดับใด (มาก ปานกลาง น้อย ฯลฯ) ลักษณะโดยภาพรวมของเครื่องมือประเภทนี้จึงอยู่ในรูปของมาตราส่วนประมาณค่า (rating scales) เครื่องมือตามรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่าที่นิยมใช้กันอยู่โดยทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี คือ 1) วิธีของเธอร์สโตน (Thurstone) 2) วิธีของลิเคิร์ต (Likert) และ 3) วิธีของออสกู๊ด (Osgood) ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีของ ลิเคิร์ต เป็นเครื่องมือวัด โดยมีรายละเอียด ดังนี้

แบบวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert)

มีลักษณะเป็นการวัดเจตคติแบบมาตราส่วนประมาณค่าเชิงประมวล (summated rating scale) มีขั้นตอนการสร้างที่ง่ายกว่าวิธีของเธอร์สโตน ข้อความในเครื่องมือวัด มีความครอบคลุม

ประเด็นหรือสาระที่ต้องการประเมิน ซึ่งประกอบด้วยข้อความเชิงนิมิต (positive) และข้อความเชิงนิเสธ (negative) เกล้าละกัน (แต่ไม่จำเป็นต้องมีจำนวนเท่ากัน) ข้อความแต่ละข้อกำหนดให้ตอบตามช่วงของมาตรประมาณค่า (ที่นิยม 5 ช่วง) คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2546 : 188 ; อ้างอิงจาก Sax; & Newton. 1997 : 499) มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้ (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 125-130 ; อ้างอิงจาก ประทุม อัคร. 2535 : 93-95)

1) สร้างข้อความที่เกี่ยวกับการแสดงเจตคติที่ต้องการศึกษาให้มากพอ และครอบคลุม ครอบคลุม ลักษณะข้อความจะเป็นทางบวกหรือนิมิต และทางลบหรือนิเสธเท่านั้น ข้อความกลางๆ จะไม่นำมาใช้ในการสร้าง การเขียนข้อความให้ปฏิบัติ ดังนี้

- 1.1) เป็นข้อความสั้นๆ มีความเป็นปรนัย (ชัดเจน มีความหมายแน่นอน ไม่คลุมเครือ)
- 1.2) ควรเป็นข้อความที่เป็นปัจจุบัน
- 1.3) ไม่ควรใช้ข้อความปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ
- 1.4) ไม่ควรใช้ข้อความที่มีแนวโน้มว่าคนส่วนใหญ่จะเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย
- 1.5) หลีกเลี่ยงข้อความที่ทราบข้อเท็จจริง (fact) ของเรื่องนั้นๆ
- 1.6) เป็นข้อความที่จัดไว้เป็นส่วนตัวมากกว่าข้อความทั่วไป
- 1.7) ข้อความทั้งหมดควรครอบคลุมเรื่องที่ศึกษา

2) กำหนดมาตรวัดคำตอบของข้อความแต่ละข้อความ(ทั้งเห็นด้วยและไม่เห็นด้วย) เป็น 5 ระดับ คือ

- 2.1) เห็นด้วยอย่างยิ่ง (strongly agree)
- 2.2) เห็นด้วย (agree)
- 2.3) ไม่แน่ใจ (uncertain)
- 2.4) ไม่เห็นด้วย (disagree)
- 2.5) ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (strongly disagree)

3) กำหนดคะแนนเป็นค่าประจำระดับของแต่ละระดับความเห็น

4) นำข้อความและมาตรวัดมาจัดเป็นแบบวัดเจตคติตามรูปแบบตาราง 2 มิติ

5) นำไปทดลองใช้เพื่อให้ผู้ตอบตอบความรู้สึกที่แท้จริง และตรงกับความเห็นของผู้ตอบมากที่สุด (ไม่คำนึงถึงความถูกต้องหรือข้อเท็จจริง) กลุ่มตัวอย่าง หรือแหล่งข้อมูลที่ทดลองใช้ควรมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างหรือแหล่งข้อมูลที่ใช้จริง โดยมีจำนวนผู้ตอบไม่น้อยกว่า 5 เท่าของข้อความ

6) นำคำตอบของผู้ตอบแต่ละคนมาให้คะแนนโดยพิจารณาอย่างระมัดระวังว่าทิศทางของข้อความใดเป็นนิมิต หรือนิเสธเนื่องจากคะแนนจะสวนทางหักล้างกัน คะแนนเจตคติของผู้ตอบแต่ละคนได้จากการรวมคะแนนของแต่ละข้อจนครบทุกข้อ

7) หากค่าอำนาจจำแนกของข้อความแต่ละข้อความ เพื่อให้ได้ข้อความที่สามารถแยกผู้ตอบที่มีเจตคติสูงออกจากผู้ที่มีเจตคติต่ำ

8) เลือกข้อความที่มีอำนาจจำแนกมาใช้เป็นข้อความวัดเจตคติ (อาจเรียกว่าแบบทดสอบฉบับร่าง) โดยมีจำนวนข้อความเชิงนิมานและเชิงนิเสธพอๆ กัน

9) นำแบบทดสอบฉบับร่างไปหาค่าความเชื่อมั่นหรือค่าความเที่ยง เครื่องมือวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่เสนอเพิ่มเติม โครงสร้างของเครื่องมือประเภทนี้อาจจัดให้อยู่ในรูปของการเสนอข้อเร้า หรือกิจกรรมที่เข้าร่วมแล้วให้ผู้เรียนประเมินตนเองโดยใช้รูปแบบของตาราง 2 มิติ ซึ่งประกอบด้วย 1) พฤติกรรมเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และ 2) ระดับของพฤติกรรม ดังนี้

1) กรณีการใช้ข้อเร้า

สิ่งที่กำหนด : กำหนดข้อเร้า

รูปแบบการตอบ : ให้ผู้ตอบระบุระดับพฤติกรรมอันเป็นผลจากการได้รับการเร้าจากข้อเร้าโดยแจกแจงตามพฤติกรรมเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

วิธีตอบ : ให้ตอบโดยกาคำตอบลงในตาราง

หมายเหตุ ข้อเร้าที่กำหนด (ให้ระบุข้อเร้าอย่างใดอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้อง) เช่น จากการอ่านบทความ จากการอ่านชีวประวัติ ฯลฯ

2) กรณีการเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ

สิ่งที่กำหนด : กิจกรรมที่เข้าร่วม

รูปแบบการตอบ : ให้ผู้ตอบระบุระดับพฤติกรรมอันเป็นผลจากการได้รับการเร้าจากข้อเร้าโดยแจกแจงตามพฤติกรรมเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

วิธีตอบ : ให้ตอบโดยกาคำตอบลงในตาราง

หมายเหตุ กิจกรรมที่กำหนดให้ระบุชื่อกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งที่ผู้เรียนเข้าร่วม เช่น การอภิปรายทางวิทยาศาสตร์ การเล่นเกมวิทยาศาสตร์ การทดลองปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ฯลฯ

สรุปได้ว่า การสร้างเครื่องมือสำหรับใช้ในการวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีหลายวิธีซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการสร้างเครื่องมือวัดผลด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามแบบของลิเคิร์ต โดยดัดแปลงจากณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 :130) โดยพิจารณาความคิดเห็นหรือความรู้สึก 3 ด้าน ดังนี้ คือ ด้านที่ 1 การแสดงความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และด้านที่ 3 ด้านการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ไปใช้ ซึ่งมีเนื้อหาของข้อคำถามทั้งเชิงนิมานและเชิงนิเสธ ด้านละ 10 ข้อ รวม 30 ข้อ โดยประเมินผลแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับคือ 5 4 3 2 และ 1

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จัดเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งในการเรียนการสอนวิชา

วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน เพื่อให้เกิดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ความสามารถด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลอง และเจตคติที่ดี ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

อรอุมา ละมุล (2541 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษา การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะ ใช้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นักเรียนโรงเรียนโคกกะเทียมวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี จำนวน 30 คน ทำการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทั้งหมด 7 บทปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80.11/80.27 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สูงขึ้นและมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

ศิริกานต์ ผาสุข (2543 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เรื่อง การสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมีจากพืชสมุนไพรในท้องถิ่น สำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของสถาบันราชภัฏ ผลการวิจัยพบว่า สามารถสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมีคือ น้ำมันหอมระเหย ฟลาโวนอยด์ แทนนิน ซาโปนิน คาร์ดิแอกกลัยโคไซด์แอน ทราควิโนน แอลคาลอยด์ และสเตอรอยด์จากพืชสมุนไพรในท้องถิ่น จากผลการทดลองได้นำมาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการเพื่อการเรียนการสอน 8 บทปฏิบัติการ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับเนื้อหา วัตถุประสงค์กับวิธีการทดลองและวัตถุประสงค์กับคำถามท้ายการทดลองระหว่าง 0.56 ถึง 1.00 แสดงว่าบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสำหรับนำไปใช้ทางด้านการเรียนการสอนได้

สุรพล วิหคไพบุลย์ (2543 : บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดรางบัว กรุงเทพมหานคร จำนวน 35 คน โดยพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการเพื่อการเรียนการสอน 7 บท ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพในระดับมาก และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80.57/80.06 นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังการสอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กานต์รวี ใจงาม (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น ในการวิจัยได้แบ่งการดำเนินการเป็น 4 ระยะ คือ ระยะที่ 1 สรรวจข้อมูลพื้นฐาน ระยะที่ 2 ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ ระยะที่ 3 สร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และระยะที่ 4 หาประสิทธิภาพของ

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอุทุมพร จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 45 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 บท มีประสิทธิภาพ กล่าวคือ นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพในด้านความรู้ 79.15/82.79 มีประสิทธิภาพด้านทักษะปฏิบัติ 84.54/86.70 และนักเรียนร้อยละ 75 มีความพึงพอใจในการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

จันทร์จิรา จุมพลหล้า (2546 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตและการตรวจสอบสารอาหารในเห็ดภูฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติฯ สกลนคร อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการทั้ง 4 บทปฏิบัติการมีคุณภาพในระดับดีมาก นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 81.24 และมีความสามารถในการนำเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยร้อยละ 83.27

งานวิจัยต่างประเทศ

คลาก (Klag. 1990 : 2989-A) ได้ศึกษาผลการฝึกใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ วิทยาศาสตร์ที่มีต่อเจตคติและความชำนาญในการนำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ กลุ่มตัวอย่างเป็นครูฝึกสอนซึ่งได้รับการฝึกใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ โดยใช้กิจกรรม 252 กิจกรรม และบทเรียนเป็นจำนวนมากที่เกี่ยวกับการฝึกใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ครูฝึกสอนที่ได้รับการสอนโดยฝึกใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ มีความชำนาญในการนำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้นและมีคุณภาพในการปฏิบัติจริงในห้องเรียนสูงขึ้น

โอเคบูโกลา (Okebukola. 1985 : 221-231) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ กับทักษะการทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชีววิทยา ระดับ 11 จำนวน 600 คน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงมาจากแบบวัดเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของ เอวี ฮอฟสไตน์ และคนอื่น ๆ (Avi Hofstein; & et al.) พบว่า พฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับทักษะการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันทางบวก

7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้และผังมโนทัศน์

ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ซึ่งเดิมเป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ใช้ผังมโนทัศน์เป็นส่วนหนึ่งในการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ และผังมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องไว้ดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

บุญยิ่ง วรณศิริกุล (2540 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2538 โรงเรียนชินโรรสวิทยาลักษณ์ กรุงเทพมหานคร จำนวน 70 คน จำแนกเป็นกลุ่มทดลอง 35 คน ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์และกลุ่มควบคุม 35 คน ได้รับการสอนตามปกติ จากผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เปรมจิตร์ บุญสาย (2541 : บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง โดยได้สร้างบทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพได้ 5 สาขา 20 บทปฏิบัติการ แยกเป็นสาขาเทคโนโลยีการหมัก 7 บทปฏิบัติการ สาขาเทคโนโลยีของเสีย 3 บทปฏิบัติการ สาขาเทคโนโลยีการสร้างแหล่งวัตถุดิบใหม่ 4 บทปฏิบัติการ สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม 4 บทปฏิบัติการ และสาขาวิศวกรรมเอนไซม์ 2 บทปฏิบัติการ ได้นำหลักสูตรที่พัฒนาไปจัดประชุมปฏิบัติการให้ครูผู้สอนและนำไปทดลองสอนเป็นเวลา 1 ภาคเรียน โดยใช้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 90 คน ของโรงเรียนปราจีนราษฎร์บำรุง จังหวัดปราจีนบุรี เป็นกลุ่มตัวอย่าง ผลปรากฏว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้น มีผลการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ) และด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ภายหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองและนักเรียนกลุ่มทดลองมีผลการเรียนหกด้านดังกล่าวสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรเดิมของ สสวท.

วิโรจน์ เฉลยสุข (2541 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนเรณูนครวิทยานุกูล จังหวัดนครพนม จำนวน 72 คน เป็นกลุ่มทดลอง 36 คนและกลุ่มควบคุม 36 คน กลุ่มทดลองได้รับ

การสอนด้วยแบบปฏิบัติการทดลอง กลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่สอนแบบปกติ

บัญชา เพียรชนะ (2542 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนโดยวิธีการเรียนรู้ด้วยตนเองกับการสอนโดยวิธีแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนเซนต์คาเบรียล จำนวน 120 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 60 คน กลุ่มควบคุมได้รับการสอนด้วยวิธีแบบปกติ ส่วนกลุ่มทดลองได้รับการสอนด้วยวิธีการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการเรียนรู้ด้วยตนเอง กับวิธีการสอนแบบปกติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันในทุกด้าน และผลการเรียนก่อนได้รับการสอนกับหลังการสอนด้วยวิธีการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันในด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันทุกด้าน แต่เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน และผลการเรียนก่อนได้รับการสอนกับหลังได้รับการสอนด้วยวิธีแบบปกติพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันในทุกด้าน เจตคติทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันในด้านความอยากรู้ อยากเห็นเพียงด้านเดียว ส่วนเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

สุวณธ์ เย็นจะบก (2542 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะเป็นกลุ่มที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดพระพุทธรบาทน้อย มิตรภาพที่ 69 อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2541 จำนวน 32 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทุกคนมีคะแนนผ่านเกณฑ์การปฏิบัติกิจกรรมตามใบงาน การสอบจุดประสงค์ นักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 96.69 การเขียนผังมโนทัศน์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 95.31 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นักเรียนผ่านเกณฑ์การปฏิบัติกิจกรรมตามใบงานร้อยละ 94.84 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

งานวิจัยต่างประเทศ

เดวิส (Davis. 1976 : 4164-A) ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยการค้นพบแนะแนวทางกับการสอนแบบครูบอกให้รู้ตามตำราที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทัศนคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาจำนวน 103 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 50 คน ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และค้นพบชี้แนะแนวทาง กลุ่มควบคุม 53 คน ได้รับการสอนแบบครูบอกความรู้ตามตำรา ผลการทดลองพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

อัล รูวาชิด (Al-Ruwashid. 1984 : 135-A) ได้ทำการศึกษาผลของการเรียนการสอนวิชาเคมีที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว และที่ใช้การบรรยายกับการทำบทปฏิบัติการ ที่มีต่อเจตคติเชิง

วิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักศึกษาในวิทยาลัย วิทยาลัยราชภัฏ ประเทศซาอุดีอาระเบีย ตัวอย่างประชากรประกอบด้วย นักศึกษาที่เรียนวิชาเคมี 041 ที่วิทยาลัยราชภัฏ จำนวน 128 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่สอนโดยการบรรยายอย่างเดียว 62 คน และกลุ่มที่สอนโดยการบรรยายกับการทำบทปฏิบัติการ 66 คน เวลาที่ใช้ในการทดลอง 1 ภาคเรียน เครื่องมือที่ใช้คือ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและแบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ให้ นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่มทำแบบทดสอบและแบบวัดก่อนและหลังการเรียน จากผลการวิจัยพบว่า

1. การเรียนการสอนที่ใช้การบรรยายกับการทำบทปฏิบัติการ มีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเพิ่มมากกว่าการเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายกับการทำบทปฏิบัติการ มีผลทำให้เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักศึกษา เพิ่มมากกว่าการเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งงานวิจัยในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศเกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พบว่า การเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นปฏิบัติการทดลอง สามารถพัฒนาผลการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถ ทั้งความสามารถด้าน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนให้สูงขึ้น นักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และต่อวิทยาศาสตร์ในทางที่ดี สามารถนำความรู้ไป ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและท้องถิ่นของตนได้

สมิท (Smith. 1994 : 2528-A) ได้ศึกษาผลของวิธีการสอนที่มีต่อเจตคติ และผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาเกรด 7 โดย แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกได้รับการสอนแบบบรรยาย กลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนแบบ ให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและกลุ่มที่ 3 ได้รับการสอนทั้งแบบบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เครื่องมือที่ใช้เป็นวิธีทดสอบภาคสนาม ซึ่งเรียกว่าการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการ ปฏิบัติกิจกรรมแบบบูรณาการ (IASA) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบให้ลงมือ ปฏิบัติด้วยตนเองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนทั้งแบบบรรยายและให้ลง มือปฏิบัติด้วยตนเองและสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยาย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งงานวิจัยในประเทศ และงานวิจัยต่างประเทศเกี่ยวกับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ พบว่า การจัด กิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ให้สูงขึ้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองภายหลังการเรียนด้วยบท

ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้ผังมโนทัศน์ ใช้แบบทดสอบทั้งแบบปรนัยและแบบอัตนัยที่นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นเพื่อผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียน

งานวิจัยที่เกี่ยวกับผังมโนทัศน์

งานวิจัยในประเทศ

หทัยรัช รังสุวรรณ (2539 : บทคัดย่อ) ศึกษาผลการสอนโดยใช้แผนที่มโนมิตีที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพต้านมโนมิตี และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมศิลป์ โรงเรียนกัลยาณี ศรีธรรมราช อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2539 จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 30 คน กลุ่มทดลองสอนโดยใช้แผนที่มโนมิตี กลุ่มควบคุมสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ต้านมโนมิตีทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการจำแนกของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แผนที่มโนมิตี กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แผนที่มโนมิตีกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุกานดา สมณัสทวีชัย (2540 : 50-52) ศึกษาผลการใช้กรอบมโนทัศน์ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความคงทนในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขามสะแกแสง จังหวัดนครราชสีมา ปีการศึกษา 2540 จำนวน 40 คน แบ่งเป็นกลุ่มละ 20 คน กลุ่มทดลองที่ 1 เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่คอมพิวเตอร์เป็นผู้นำเสนอกรอบมโนทัศน์ กลุ่มทดลองที่ 2 เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างกรอบมโนทัศน์ ผลการวิจัยพบว่า ความคงทนในการเรียนของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มทดลองที่ 2 ซึ่งเรียนด้วยบทเรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างกรอบมโนทัศน์เอง มีความคงทนในการเรียนสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 ซึ่งเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่คอมพิวเตอร์เป็นผู้นำเสนอกรอบมโนทัศน์ให้

ชุติมา พรหมรักษา (2542 : บทคัดย่อ) การเปรียบเทียบความคงทนในการจำของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีความบกพร่องทางการได้ยินที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีการเสนอกรอบมโนทัศน์ในตำแหน่งที่ต่างกัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2542 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 54 คน จาก 2 โรงเรียน คือ โรงเรียนเศรษฐเสถียรและโรงเรียนโสตศึกษา นนทบุรี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน ซึ่งเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่มีตำแหน่งการเสนอกรอบมโนทัศน์ก่อนและหลังจบบทเรียน จะมีความคงทนในการจำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อำไพ ลัคนาอนุสรณ์ (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาการเปรียบเทียบความเข้าใจในการอ่านและความสามารถทางการเขียนภาษาไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์ กับการสอนตามคู่มือครู กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแพรกษา อำเภอมะนัง จังหวัดสมุทรปราการ แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 30 คน ได้รับการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์ และกลุ่มควบคุม 30 คน ได้รับการสอนตามคู่มือครูของกรมวิชาการ ผลการวิจัยพบว่าความเข้าใจในการอ่านภาษาไทยและความสามารถทางการเขียนภาษาไทยของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ ความเข้าใจในการอ่านภาษาไทยและความสามารถทางการเขียนภาษาไทยของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ก่อนการทดลองและหลังการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศิริพร ทิพย์สิงห์ (2545 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาชุดการเรียนรู้การสอนเรื่อง “ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม” โดยใช้ประโยชน์จากแหล่งประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ บริเวณชุมชนวัดประดิษฐาราม กรุงเทพมหานคร ทดลองใช้สอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 โรงเรียนมัธยมสาธิตสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร จำนวน 40 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างใช้ชุดการเรียนรู้การสอนจำนวน 5 หน่วยการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนรู้การสอนที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดี นักเรียนมีพฤติกรรมการทำงานกลุ่มและผลการเรียนรู้รายบุคคลอยู่ในระดับดี

งานวิจัยในต่างประเทศ

โบโดลัส (Bodolus. 1987 : 3387-A) ได้ศึกษาวิธีการใช้ผังมโนทัศน์เพื่อช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายของนักเรียนเกรด 9 ในวิชาวิทยาศาสตร์ ในด้านการเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงเจตคติ โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ได้รับการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์ กลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนแบบปกติ และกลุ่มที่ 3 ไม่ได้รับการสอนแบบปกติและไม่ได้ใช้ผังมโนทัศน์ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์กับการสอนแบบปกติมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการสอนแบบปกติและไม่ได้ใช้ผังมโนทัศน์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์มีคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติเพียงเล็กน้อย

ฟอลด์ไซด์ (ศุภลักษณ์ ทองสนธิ. 2536 : 49, อ้างอิงจาก Faldsin. 1988.) ได้ศึกษาการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิชาเคมีทั่วไป โดยใช้วิธีวิจัยแบบกรณีศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน 4 คน จากวิทยาลัยบรูม (Broom) ในรัฐนิวยอร์ก การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการนำผังมโนทัศน์ไปใช้ เพื่อพัฒนาการเชื่อมความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ที่เรียน การวิจัยเริ่มโดยการให้แนวทางในการสร้างผังมโนทัศน์แก่นักเรียน แล้วจัดให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์จากที่เรียน และเพิ่มความซับซ้อนขึ้น จนกระทั่งให้นักเรียนสร้างแผนภูมิผังมโนทัศน์ด้วยตนเอง จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยพิจารณาจากผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นจากการสัมภาษณ์นักเรียนและคะแนนผลการสอบของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า การสร้างผังมโนทัศน์

สามารถนำมาใช้ในวิชาเคมี ทำให้ครูทราบว่านักเรียนเกิดความเข้าใจบทเรียนและทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่สมบูรณ์ จึงสามารถใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องประเมินได้ดี

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งงานวิจัยในประเทศ และงานวิจัยต่างประเทศเกี่ยวกับผังมโนทัศน์หรือแผนที่ความคิด พบว่าเมื่อนักเรียนเรียนด้วยผังมโนทัศน์ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียนดีขึ้นและแตกต่างจากการเรียนแบบปกติ ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลการเรียนรู้ในเชิงภาพรวมของนักเรียนจากการทำผังมโนทัศน์ โดยนำมาเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ขึ้นเองหรือขยายองค์ความรู้เพิ่มขึ้นจากองค์ความรู้เดิม ทำให้ผลการเรียนรู้ด้านความรู้สูงขึ้น

7.3 งานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งในประเทศและต่างประเทศไว้ดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

เนื่อทอง น่ายี (2544 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับการสอนโดยมีครูเป็นผู้สอน ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสนใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 โรงเรียนบ้านธรรมรัตน์ อำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 กลุ่มละ 28 คน โดยกลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 13 ชุด แต่ละชุดได้คะแนนตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ส่วนกลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนโดยครูเป็นผู้สอน ผลการวิจัยพบว่าความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับการสอนโดยครูเป็นผู้สอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสนใจทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 นักเรียนกลุ่มทดลองที่ 1 มีความสนใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก ส่วนกลุ่มทดลองที่ 2 มีความสนใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง

พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544 : บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 โรงเรียนคงทองวิทยา จังหวัดนครปฐม จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 81.19/80.33 นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก

ชลิตา พันธุ์อ่อน (2545 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตและการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาหมึก ทำการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 7 บทปฏิบัติการ มีคุณภาพดีมาก ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีผลการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก และมีความสามารถในการนำเสนอ ผลงานทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 87.90

จำรัส อินทลาภาพร (2545 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ทำการพัฒนา บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 บทปฏิบัติการ ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปี การศึกษา 2545 โรงเรียนห้วยวัง กรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียน มีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมากและมีความสามารถในการนำเสนอ ผลงานทางวิทยาศาสตร์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

งานวิจัยในต่างประเทศ

ไรลีย์ (Riley. 1975 : 5152-A) ได้ศึกษาผลของการฝึกทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ต่อความรู้ความเข้าใจในทักษะกระบวนการเรียนวิทยาศาสตร์ และทัศนคติต่อการฝึก แบบสืบสวน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนฝึกสอนออกเป็น 3 กลุ่ม สองกลุ่มแรกคือกลุ่ม ทดลอง ซึ่งได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการปฏิบัติจริงกลุ่มหนึ่งและด้วยการ เรียนรู้เฉพาะทฤษฎีอีกกลุ่มหนึ่ง ส่วนกลุ่มที่สามเป็นกลุ่มควบคุมได้รับการสอนโดยให้ทำกิจกรรม วิทยาศาสตร์ทั่วๆ ไป หลังจากนั้นให้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 5 แบบ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่ม ทดลองทั้งสองกลุ่มได้คะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุมในด้านความรู้ ความเข้าใจในทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ

เกเบิล และ รับบา (Gable & Rubba. 1977 : 503-511) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการ สอนและประสบการณ์ของการฝึกสอนที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากร เป็นนักศึกษาครู แผนกวิชาประถมศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 58 คน เครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัย คือ แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาครู ที่ได้รับการฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในห้องปฏิบัติการเพิ่มเติม จะมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ใน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกเพิ่มเติม

พาดิลลา; โอเค และ ดิลลาเชอร์ (Padilla; Okey & Dillashaw. 1983 : 239-246) ได้ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับความสามารถในการคิด ตัวอย่าง ประชากรเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาในระดับ 7-12 ระดับละประมาณ 80 คน รวม 492 คน เครื่องมือที่ใช้ เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบทั้งสองชุด ผลการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับ ความสามารถในการคิดมีความสัมพันธ์ในระดับสูง ($r = 0.73$)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งงานวิจัยในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศ เกี่ยวกับความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พบว่า ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถฝึกฝนพัฒนาและส่งเสริมให้เกิดขึ้นในตัวของผู้เรียนได้ โดยผู้สอนต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้การสอน ได้ลงมือปฏิบัติ การทดลองเพื่อค้นหาองค์ความรู้ด้วยตนเอง รู้จักการทำงานเป็นกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกัน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ในแต่ละบทปฏิบัติการ

7.4 งานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการทำการทดลอง

สำหรับความสามารถในการทำการทดลองหรือทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ได้มีงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ ดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

จิรพรรณ ทะเขียว (2543 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01

วิรัช แจ่มจรัส (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น : กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี ได้ทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำนวน 6 บทปฏิบัติการ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 6 บทปฏิบัติการมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 86.75 และมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

ฉัตรชัย วายูวรรณะ (2546 : บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้ประโยชน์จากฟางข้าว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ทำการสำรวจข้อมูล และพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำนวน 4 บทปฏิบัติการ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองขาวโกวิทพิทยาคม จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก 2) นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความ

รู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70) และผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี 3) นักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

งานวิจัยต่างประเทศ

ชาร์ล (Charles. 1987 : 891-A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านปฏิบัติการทดลองการพัฒนาศติปัญญา และกลวิธีการสอน ของนักเรียนที่เรียนชีววิทยา ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนที่เรียนชีววิทยา ระดับ 9 ในโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยเทมเพิล ผลการวิจัยพบว่าความรู้ด้านปฏิบัติการ ระดับการพัฒนาศติปัญญาและกลวิธีการสอนมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ กลวิธีการสอนที่แตกต่างกันทำให้การพัฒนาศติปัญญาต่างกันและกลวิธีการสอนที่เลือกใช้การปฏิบัติการทดลองทำให้เพิ่มความรู้อย่างเข้าใจมากขึ้น

เฮิร์ล (Hearle. 1974 : 7074-A) ได้ทำการวิจัยเพื่อตรวจสอบทักษะในการปฏิบัติการทดลองเคมีของนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

- 1) ตรวจสอบทักษะในการปฏิบัติการทดลองที่ต้องการให้เกิดขึ้นในการทดลองเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา
- 2) เพื่อสร้างเครื่องมือเพื่อวัดทักษะในการปฏิบัติการทดลอง
- 3) เพื่อศึกษาว่าหลักสูตรวิชาเคมี และเพศของนักเรียนมีผลต่อทักษะปฏิบัติการทดลองหรือไม่
- 4) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ในเนื้อหาวิชาเคมีกับทักษะปฏิบัติการทดลอง

ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนจากโรงเรียนใกล้เคียงมหาวิทยาลัยแห่งรัฐแมรี่แลนด์ แบ่งตัวอย่างประชากรเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เรียนหลักสูตร ไอ เอ ซี (Interdisciplinary Approach to Chemistry) กับกลุ่มที่ไม่ได้เรียนหลักสูตรดังกล่าว ก่อนทำการสอน 2 สัปดาห์ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบก่อนเรียน และเมื่อจบบทเรียนแล้วได้ทำการทดสอบหลังเรียน เครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อวัดทักษะการทดลอง มีความตรงตามเนื้อหาและมีความเที่ยงสูง ผลการวิจัยพบว่า

- 1) นักเรียนที่เรียนหลักสูตร ไอ เอ ซี มีทักษะปฏิบัติการทดลองสูงกว่านักเรียนที่ไม่เรียนหลักสูตรดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญ
- 2) นักเรียนที่เรียนหลักสูตร ไอ เอ ซี มีทักษะปฏิบัติการทดลอง สูงกว่าทักษะการคิด
- 3) นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีความสามารถทางทักษะปฏิบัติการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
- 4) ความสามารถในการเรียนรู้เนื้อหา กับความสามารถทางทักษะปฏิบัติการทดลอง และทักษะการคิด มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ

บีสลีย์ (Beasley. 1979 : 5428-5436A) ได้ศึกษาผลของการฝึกทักษะปฏิบัติโดยวิธีปฏิบัติจริงและวิธีการคิดต่อการปฏิบัติการทดลองเคมีของนักเรียนที่เรียนวิชาเคมีพื้นฐาน เพื่อศึกษาผลของ

การฝึกทักษะด้วยการปฏิบัติการทดลองอย่างเดียว ผลของการฝึกทักษะด้วยการคิดอย่างเดียวและผลของการฝึกทักษะด้วยการทดลองและการคิดรวมกัน ผู้วิจัยแบ่งนักเรียนออกเป็น กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยกลุ่มทดลองแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย เพื่อศึกษาผลของการฝึกทักษะทั้ง 3 แบบ เกณฑ์ในการประเมินมี 2 เกณฑ์ คือความถูกต้องแม่นยำ ความคงที่แน่นอน ผลการวิจัยพบว่า ทักษะปฏิบัติการทดลองของนักเรียนที่ได้รับการฝึกแบบต่างๆ ทั้ง 3 กลุ่มย่อยไม่แตกต่างกัน

นักเรียนที่ได้รับการฝึกทักษะปฏิบัติการทดลอง แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งงานวิจัยในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศ เกี่ยวกับ ทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์หรือความสามารถในการทำการทดลอง ดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การเรียนการสอนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (เคมี) โดยใช้กิจกรรมปฏิบัติการทดลอง วิทยาศาสตร์ สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งในด้านความรู้ ความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในทางบวก ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนจึงควรเน้นปฏิบัติการทดลองโดยให้นักเรียนได้ลงมือทดลองปฏิบัติจริง เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเองและนำผลการเรียนรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมหรือท้องถิ่นตน

7.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษา และรวบรวมงานวิจัยในด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิดที่มีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นเจตคติที่สอดคล้องกับการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

อรพรรณ เหมภัทรสุวรรณ (2532 : 67-71) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์เจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติทางเคมี และความรู้ด้านปฏิบัติการเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2531 โรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดกรมสามัญศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติทางเคมี และกับความรู้ด้านปฏิบัติการเคมี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.77 และ 0.67 ตามลำดับ เจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติทางเคมีมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความรู้ด้านปฏิบัติการเคมี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.94

จิตฐิพร ศิริตานนท์ (2542 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาผลของการประเมินด้วยพอดโฟลีโอที่มีต่อความรับผิดชอบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา 2 กรุงเทพมหานคร จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 30 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความรับผิดชอบและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการประเมินด้วย

พอดโฟลิโอ และการประเมินแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนทั้ง 2 กลุ่มมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มที่ได้รับการประเมินด้วยพอดโฟลิโอมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการประเมินแบบปกติ นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นหลังจากได้รับการประเมินด้วยพอดโฟลิโอและการประเมินแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

รัชนิกร ฤดีรัชต์ (2546 : บทคัดย่อ) การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 3 โดยใช้บทปฏิบัติการในค่ายอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดหอมเกร็ด อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 25 คน และกลุ่มทดลองจำนวน 25 คน โดยให้กลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มการเรียนรู้ตามปกติ กลุ่มทดลองดำเนินการทดลองภาคสนามโดยใช้บทปฏิบัติการในค่ายอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนการสอนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยใช้บทปฏิบัติการในค่ายอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มการเรียนรู้ตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่ากลุ่มการเรียนรู้ตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พรยมล บัวศิริ (2546 : บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนามาตรฐานบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนท่ามะกาวิทยาคม อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 30 คน สุ่มจากประชากรโดยวิธีการสุ่มแบบจัดกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 77.75/79.33 นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าระดับดี

งานวิจัยในต่างประเทศ

ฮอฟสไตน์ และคนอื่นๆ (Hofstein; & et.al. 1976 : 401–411) ได้ทำการศึกษาวัดความสนใจในกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนเคมีในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายของอิสราเอล ระดับ 10, 11 และ 12 จำนวน 505 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบวัดความสนใจและเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับของลิเคิร์ท ประกอบด้วยข้อความ 62 ข้อความ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนระดับ 12 มีเจตคติต่อกิจกรรมการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในทางบวกน้อยกว่านักเรียนระดับ 10 และ 11 นักเรียนชายกับนักเรียนหญิง มีเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บัทซาว; ลินซ์; และ เดรก (Butzow; Linz; & Drake. 1977 : 45–49) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักศึกษาระดับวิทยาลัยที่เรียนวิชาเคมี โดยการใช้โสตทัศนูปกรณ์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักศึกษาชาย จำนวน 103 คน ที่เรียนวิชา

เคมีพื้นฐานที่สถาบัน เมน แมริไทม์ (Maine Maritime Academy) เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี แบบวัดเจตคติต่อวิธีการสอนและแบบวัดเจตคติรวม ให้นักศึกษาทำก่อนและหลังการสอน สำหรับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ใช้เกรดที่ได้จากการสอนวิชาเคมี พื้นฐานเมื่อเรียนจบวิชา จากผลการวิจัยพบว่า เจตคติต่อวิชาเคมี เจตคติต่อวิธีการสอนและเจตคติรวมทั้งหมดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีมีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญ

แมคมิลลัน และ เมย์ (Mcmillans; & May. 1979 : 217–229) ได้ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อเจตคติในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ของโรงเรียนในเขตชานเมืองเดนเวอร์ รัฐโคโลราโด ผลปรากฏว่า สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการเกิดเจตคติในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมากที่สุดคือ ครู รองลงมาคือ กิจกรรมในชั้นเรียนและการมีส่วนร่วมในการทำงานของนักเรียน ส่วนการให้เกรดเป็นรางวัลหรือการเสริมแรงแทบจะไม่มีผลต่อการเกิดเจตคติในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเลย

ฮัฟ และ ปีเปอร์ (Hough; & Piper. 1982 : 33–38) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนระดับ 4, 5 และ 6 จำนวน 583 คน จากผลการวิจัยพบว่า เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งงานวิจัยในประเทศ และงานวิจัยต่างประเทศเกี่ยวกับเจตคติต่อบทบาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลาย มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็น ตัดสินใจ การประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำจะมีผลต่อเจตคติของนักเรียนในทางที่ดี ดังนั้นครูผู้สอนนอกจากจะสามารถสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนของนักเรียนแล้ว การที่ครูจัดกิจกรรมที่หลากหลายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริงของนักเรียน จะมีผลต่อเจตคติของนักเรียนตลอดจนผลสัมฤทธิ์ทั้งในด้านความรู้ ความสามารถของนักเรียนอีกด้วย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนารูปแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด เพื่อนำไปใช้ในการทดลองสอนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เลือกเรียนกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี โดยสรุปขั้นตอนการวิจัยได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 การพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การวิจัยตอนที่ 1 ผู้วิจัยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ซึ่งจะนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีในห้องปฏิบัติการของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยดำเนินการทดลองดังนี้

วัสดุ สารเคมี และอุปกรณ์/เครื่องมือ

วัสดุและสารเคมี

1. พืชที่ใช้ในการวิจัย คือ ผลมังคุดอ่อนสด อายุ 5-8 สัปดาห์ ของจังหวัดจันทบุรี
2. ตัวทำละลายอินทรีย์
3. ซิลิกาเจลสำหรับโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ (silica gel 60 Merck 70-30 mesh)
4. แผ่นซิลิกาสำเร็จรูป (Merck 1.05554)
5. developing reagent (anisaldehyde : conc. H_2SO_4 : glacial acetic acid : methanol ในอัตราส่วน 0.50 : 8.00 : 10.00 : 85.00)
6. สารละลายโบรมีนในน้ำ
7. สารละลายไอโอรอน (III) คลอไรด์ 5 %
8. สารละลายซีริกในเตรตรีเอเจนต์
9. 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน
10. ออกทานอล หรือ เฮกซานอล
11. ลวดแมกเนเซียม
12. กระดาษกรอง เบอร์ 1
13. กระดาษลิตมัสสีน้ำเงิน - แดง และกระดาษ pH ยูนิเวอร์ซัล
14. หลอดคะปิลลารี

อุปกรณ์และเครื่องมือที่สำคัญ

1. คอลัมน์แก๊วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 cm ความยาว 40 cm
2. เครื่องซังทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Precisa 240A)
3. หลอดอัลตราไวโอเลต (spectroline ENF-260C/F)
4. เครื่องหาจุดหลอมเหลว (Griffin)
5. glass drying oven (Buchi B-580)
6. เครื่องระเหยสารโดยการลดความดัน (Buchi rotavapor R-114)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาการสกัดสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

1.1 นำผลสดของมังคุดอ่อนอายุ 5-8 สัปดาห์ ที่ป็นให้ละเอียดแล้ว หนัก 500 g มาสกัดด้วยเอทานอล 95 % ปริมาตร 500 cm³ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทิ้งให้กากนอนก้น กรองสารละลายที่สกัดได้ จากนั้นนำกากที่เหลือมาสกัดซ้ำด้วยเอทานอล 95 % ปริมาตร 500 cm³ อีก 1 ครั้ง กรองสารละลายที่สกัดได้ รวมสารละลายที่กรองได้ทั้ง 2 ครั้งเข้าด้วยกัน

1.2 นำสารละลายที่กรองได้ 725 cm³ มาระเหยเอทานอลออกโดยใช้เครื่องระเหยสารโดยการลดความดันจนแห้ง พบว่าได้สารสกัดหยาบของสารประกอบแซนโทนเป็นของแข็งสีเหลืองปนน้ำตาลเกิดขึ้น 26.63 g

2. การแยกและทำสารให้บริสุทธิ์

2.1 การหาระบบตัวชะของสารประกอบแซนโทนและสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน ใช้วิธีโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง เพื่อนำไปใช้เป็นระบบตัวชะของวิธีโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์

2.1.1 นำสารสกัดหยาบที่ได้ในข้อ 1.2 และสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน บริสุทธิ์มาอย่างละประมาณ 5 mg ละลายในเอทานอล 95 % ปริมาตร 1 cm³

2.1.2 ใช้หลอดคละปิลลารี่จุ่มลงในสารละลายแต่ละชนิด แล้วนำไปจุดบนแผ่น ซิลิกาเจลสำเร็จ (silica gel 60GF₂₅₄) ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วนำไปจุ่มในภาชนะที่อ้อมตัวด้วยไอของตัวทำละลายผสม โดยเริ่มจากตัวทำละลายไม่มีขั้วและค่อยๆ เพิ่มขั้วของตัวทำละลายขึ้นตามลำดับ เพื่อหาระบบที่เหมาะสมในการแยกสารประกอบแอลฟาแมงโกสตินอย่างน้อย 2 ระบบ

2.1.3 นำระบบที่เหมาะสมคือเอทิลแอซีเตต:เฮกเซน (30 : 70 ถึง 10 : 90) ไปใช้เป็นตัวชะ ในการแยกสารประกอบแซนโทนด้วยโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์

2.2 การแยกสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน จากสารสกัดหยาบที่สกัดได้ในข้อ 1.2 โดยนำสารสกัดหยาบ 1.05 g มาแยกหาสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 cm ยาว 40 cm ที่บรรจุด้วยซิลิกาเจล 60 (70-230 mesh) 25 g ชะด้วยเฮกเซนเพิ่มความเข้มข้นขั้วด้วยเอทิลแอซีเตต ตั้งแต่ 5% ไปจนถึง 50 % ปริมาตรของตัวชะที่ใช้ในแต่ละครั้งของการเพิ่มขั้ว 150 cm³ เก็บสารละลายที่ผ่านออกมาจากคอลัมน์ครั้งละ 7 cm³ นำกลุ่มย่อยที่ได้มาตรวจสอบด้วยโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง ใช้ระบบตัวทำละลายเอทิล

แอซีเตต:เฮกเซน (1 : 2) หาดำแหน่งของสารในโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง เปรียบเทียบกับสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินบริสุทธิ์ ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต ความยาวคลื่น 254 nm และใช้ สารเคมี (developing reagent) ทาบนแผ่นโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 3 นาที จะปรากฏเป็นสีเหลือง แล้วเปลี่ยนเป็นสีเขียวและม่วงตามลำดับ รวมส่วนย่อยส่วนที่ให้ผลโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางเหมือนกันเข้าด้วยกัน นำส่วนย่อยแต่ละกลุ่มไประเหิดตัวทำละลายออกให้แห้ง จะได้ของแข็งสีเหลืองนำไปชั่งหาน้ำหนักได้เท่ากับ 0.28 g

2.3 ทดลองตกผลึกสารประกอบแซนโทนในบดปฏิบัติการณ์ที่ 1 โดยนำผลมั่งคุดปั่นละเอียดหนัก 25 g สกัดด้วยเอทานอล ปริมาตร 100 cm³ ใส่ในขวดรูปชมพู่ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง กรอง นำสารละลายที่กรองได้ไประเหิดเอทานอลในอ่างน้ำร้อน อุณหภูมิ 60-80 °C จนสารละลายลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาตรเดิม ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น หยดน้ำลงไปทีละหยดจนสารละลายเริ่มขุ่น แล้วจึงเติมเอทานอลลงไปทีละหยด จนสารละลายใสพอดีอีกครั้ง (ส่วนผสมระหว่างน้ำ:เอทานอล ประมาณ 1 : 20) ตั้งสารละลายทิ้งไว้จะได้ส่วนผสมของสารประกอบแซนโทนออกมากรอง ผึ่งสารประกอบแซนโทนให้แห้ง ชั่งหาน้ำหนัก

2.4 การแยกสารประกอบแซนโทนโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

2.4.1 การหาระบบตัวพาที่เหมาะสม เตรียมสารละลายของสารประกอบแซนโทนในเอทานอลเข้มข้นประมาณ 0.5% แล้วหยดสารนี้ลงบนกระดาษกรองขนาด 1.5 cm x 6 cm จุ่มลงในภาชนะที่อ้อมตัวด้วยไอของตัวทำละลายผสมโดยเริ่มจากตัวทำละลายไม่มีขั้วและค่อยๆ เพิ่มขั้วของตัวทำละลายขึ้นตามลำดับ เพื่อหาระบบที่เหมาะสมของตัวทำละลายที่ใช้เป็นตัวพา (mobile phase) ในการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

2.4.2 นำระบบที่เหมาะสมคือสารละลายผสม ใช้เป็นตัวพาในการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

2.4.3 ใช้กระบอกตวงที่แห้งและสะอาด ตวงสารละลายผสม เอทานอล:เฮกเซน (6 : 94) ค่อย ๆ เทลงในขวดแก้วใสขนาด 125 cm ระดับของเหลวสูงไม่เกิน 1 cm ปิดปากขวดเพื่อให้ภายในขวดอ้อมตัวด้วยไอของตัวทำละลาย นำกระดาษกรองขนาด 1.5 cm x 6 cm ใช้ดินสอด่าขีดเส้นเริ่มต้น (starting line) โดยห่างจากขอบด้านล่างขึ้นมา 1.5 cm จุดสารบนเส้นตรงนี้ 2 จุดห่างกัน 0.5 cm จุดที่ 1 จุดสารละลายของสารประกอบแอลฟาแมงโกสทิน ที่สกัดได้จากข้อ 2.2 และจุดที่ 2 จุดสารละลายของสารประกอบแซนโทนที่ได้จากข้อ 2.3 ลากเส้นแนวตัวทำละลาย (solvent front) จากด้านบนของกระดาษกรองลงมา 0.5 cm เจาะรูเล็กๆ ตรงกลางกระดาษเหนือแนวตัวทำละลาย นำกระดาษที่จุดสารเรียบร้อยแล้วไปคล้องกับหลอดที่ติดไว้ที่ฝาขวด นำไปใส่ลงในขวด ปิดปากขวดให้สนิท ปล่อยให้ระดับของตัวทำละลายซึมขึ้นมาจนถึงแนวตัวทำละลาย นำกระดาษกรองออกจากขวด ผึ่งให้แห้ง นำไปดูภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลตความยาวคลื่น 254 nm จากนั้นนำกระดาษกรองจุ่มลงในขวดที่อ้อมตัวด้วยไอของไอโอดีนประมาณ 10-15 วินาที แล้วรีบนำออก ใช้

ดินสอวงรอบจุดสีที่ปรากฏบนกระดาษกรองทันที วัดระยะจากเส้นเริ่มต้นจนถึงจุดกึ่งกลางสารและวัดระยะจากเส้นเริ่มต้นจนถึงแนวตัวทำละลาย ค่าวนหาค่า R_f จากสูตร

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่สารเคลื่อนที่}}{\text{ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่}}$$

คำนวณหาค่า R_f ของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ และค่า R_f ของสารประกอบแอลฟาแมงโกสตินบริสุทธิ์ที่สกัดได้จากโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์

3. การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทน โดยนำสารประกอบแซนโทนที่ได้จากข้อ

2.3 มาทดสอบดังนี้

3.1 ทดสอบสมบัติการละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกัน ได้แก่ เฮกเซน

เอทิลแอซีเตต เอทานอล และน้ำ นำสารประกอบแซนโทนขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5 mg) ใส่ลงในแต่ละตัวทำละลายปริมาตร 2 cm³ สังเกตการละลาย บันทึกผล

3.2 ทดสอบค่าความเป็นกรด เบสของสารประกอบแซนโทน โดยนำสารละลายในข้อ

3.1 มาทดสอบกับกระดาษลิตมัสสีน้ำเงินและแดง นำส่วนผสมของสารประกอบแซนโทนขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5 mg) ละลายในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 5% และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% อย่างละ 2 cm³ ถ้าสารละลายได้ดีในสารละลายเบสแสดงว่าสารนั้นมีหมู่ที่ทำหน้าที่มีสมบัติเป็นกรด ในทางกลับกัน ถ้าสารนั้นละลายได้ดีในสารละลายกรดก็แสดงว่าสารนั้นมีหมู่ที่ทำหน้าที่มีสมบัติเป็นเบส

3.3 ทดสอบหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทน

3.3.1 การตรวจสอบสารประกอบจำพวกฟีนอล

3.3.1.1 การทดสอบด้วยน้ำโบรมีน นำส่วนผสมของสารประกอบแซนโทนขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5 mg) ละลายในเอทานอลปริมาตร 1 cm³ แล้วหยดสารละลายโบรมีนในน้ำลงไปทีละหยด จนสีของโบรมีนไม่ถูกทำลายอีก คือได้สารละลายที่มีสีเหลืองอ่อน ถ้าได้ตะกอนสีขาวเกิดขึ้นแสดงว่ามีหมู่ฟีนอล ทำการทดลองซ้ำโดยใช้เอทานอล ฟีนอล เบนซีน และแอซีโตน อย่างละ 1 cm³ บันทึกผล (เปรียบเทียบผลการทดลองในหลอดแรกกับเอทานอล)

3.3.1.2 การทดสอบด้วยสารละลายเฟร์ริกคลอไรด์ หรือไอโรออน (III)

คลอไรด์ (FeCl₃) นำส่วนผสมของสารประกอบแซนโทนขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5 mg) ละลายในเอทานอลปริมาตร 1 cm³ แล้วหยดสารละลายไอโรออน (III) คลอไรด์ 5% ลงไป 3 หยด ถ้าสารที่ทดสอบมีหมู่ฟีนอล จะเปลี่ยนเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน ม่วง เขียว หรือน้ำตาลแดง ทำการทดลองซ้ำโดยใช้ เอทานอล ฟีนอล เบนซีน และแอซีโตน อย่างละ 1 cm³ บันทึกผล (เปรียบเทียบผลการทดลองในหลอดแรกกับเอทานอล)

3.3.1.3 การทดสอบด้วยซีริกไนเตรตรีเอเจนต์

นำส่วนผสมของสารประกอบแซนโทนขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5 mg) ละลายในแอซีโตน ปริมาตร 1 cm³

5. การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่ โดยมีส่วนผสมและวิธีทำดังนี้

5.1 ส่วนผสม

น้ำมันมะพร้าว	12.5	cm ³
น้ำมันปาล์ม	9.0	cm ³
น้ำมันมะกอก	23.0	cm ³
โซเดียมไฮดรอกไซด์	2.8	g
น้ำสะอาด	7.0	cm ³
สารประกอบแซนโทน	50.0	mg

5.2 วิธีทำ

5.2.1 เตรียมแม่แบบสบู่ตามขนาดและรูปร่างที่ต้องการ

5.2.2 ค่อยๆ เทโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในน้ำมันผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิ ลดลงเหลือ 40 °C

5.2.3 ผสมน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันปาล์มเข้าด้วยกันแล้วผสมลงในน้ำมันมะกอก ให้ความร้อนและคนให้เข้ากันจนได้อุณหภูมิ 40 °C ยกออกจากไฟ

5.2.4 ค่อยๆ เทสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ในข้อ 5.2.2) ลงในน้ำมัน (ในข้อ 5.2.3) คนไปเรื่อยๆ โดยให้ความร้อนอ่อนๆ ตลอดเวลา เมื่อสบู่เริ่มจับตัวเหนียวขึ้น นำ สารประกอบแซนโทน 50 mg ละลายในเอทานอลปริมาตร 1 cm³ ใส่ลงไป คนจนสบู่จับตัวเหนียวขึ้น นำสบู่ส่วนหนึ่งเทลงในแม่แบบที่เตรียมไว้ ทิ้งไว้ค้างคืนจนสบู่จับตัวเป็นก้อนจึงนำออกจากแม่แบบ

5.2.5 นำสบู่ที่เตรียมได้อีกส่วนหนึ่งมาทดสอบการละลายน้ำและทดสอบค่า pH ด้วยกระดาษ pH ยูนิเวอร์ซัล ค่า pH ของสบู่ที่ดี ควรอยู่ระหว่าง 8-10

ตอนที่ 2 การพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยก สารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

1. การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ได้จากตอนที่ 1 มาดำเนินการ พัฒนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

ในขั้นตอนนี้ได้พัฒนาและสร้างเครื่องมือเป็นเอกสาร 2 ชุด คือ บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ และคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องได้แก่ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 คู่มือการจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานของสถาบันส่งเสริม

การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพุทธศักราช 2545 ผังมโนทัศน์สาระการเรียนรู้พื้นฐานกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 4 (ม.4 - ม.6) และสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

2. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการบูรณาการภายในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ (เคมี) ทำการวิเคราะห์สาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ในแต่ละบทปฏิบัติการ

3. ศึกษาข้อมูลทางสถิติจากสำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี ศูนย์ส่งเสริมการส่งออกเกี่ยวกับปริมาณผลผลิตและการส่งออกมังคุด

4. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้งด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทดลอง และวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อกำหนดจุดประสงค์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง การวัดและประเมินผล วิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการทดลองของแต่ละบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้น

5. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด เพื่อใช้ประกอบในการกำหนดเนื้อหา จุดประสงค์ กิจกรรม การวัดและประเมินผลของการสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

6. กำหนดขอบเขตของการดำเนินการทดลอง และทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนของบทปฏิบัติการ เพื่อนำมาสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 บท

7. นำผลการทดลองที่ได้เสนอต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท และเตรียมสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

8. สร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4 บท ซึ่งเกี่ยวข้องกับสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมและสาระการเรียนรู้พื้นฐาน สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ในช่วงชั้นที่ 4 ดังนี้

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด สาระการเรียนรู้เพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของสาร

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ สาระการเรียนรู้เพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีกับชีวิต และสาระพื้นฐาน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีและสารชีวโมเลกุล

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ สาระการเรียนรู้เพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของสาร สถานะของสาร และปริมาณสัมพันธ์ เคมีกับชีวิต อัตราการเกิดปฏิกิริยาและสมดุลเคมี และสาระพื้นฐาน เรื่อง สารชีวโมเลกุล พันธะเคมีและปฏิกิริยาเคมี

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 เรื่อง การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่ สาระการเรียนรู้เพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีกับชีวิต และสาระพื้นฐาน เรื่อง สารชีวโมเลกุลและปฏิกิริยาเคมี

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบทมีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ชื่อบท

ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย แนวคิดหรือหลักการ จุดประสงค์การทดลอง เวลาที่ใช้ สมมติฐาน อุปกรณ์และสารเคมี และวิธีการทดลอง ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลอง คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ข้อผิดพลาดและข้อเสนอแนะ

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการเรียนการสอน โดยดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 คู่มือการจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พุทธศักราช 2545 ผังมโนทัศน์สาระการเรียนรู้ พื้นฐานกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 4 (ม.4 - ม.6) และสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

2. ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 4 ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง คำอธิบายรายวิชา และแผนการจัดการเรียนรู้สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร รวมทั้งเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการสร้างคู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

3. จัดทำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยแต่ละบทมีองค์ประกอบ ดังนี้ 1) ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) จุดประสงค์การทดลอง 3) อุปกรณ์และสารเคมี 4) เวลาที่ใช้ 5) การเตรียมตัวล่วงหน้า 6) การอภิปรายก่อนการทดลอง 7) แนวการตั้งปัญหา 8) แนวการตั้งสมมติฐาน 9) ผลการทดลอง 10) การอภิปรายหลังการทดลอง 11) แนวการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ 12) คำแนะนำเพิ่มเติม

4. นำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

2. การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านซึ่งประกอบด้วย ผู้สอนวิชาเคมีที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปี จำนวน 3 ท่าน นักวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปี จำนวน 1 ท่าน และผู้สอนวิชาการวัดและประเมินผลที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปี จำนวน 1 ท่าน โดยนำเสนอเป็นลำดับ ดังนี้ รองศาสตราจารย์ ดร. พินิติ รตะนานุกูล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีวิทยาเขตกรรณ อาจารย์สุจินต์ ประเสริฐภักดิ์ โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี อาจารย์ธำนิษฐ์ ปัญญาวัฒนกุล มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต และ

รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กับองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข ซึ่งกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง ดังนี้

+1 หมายถึง	สอดคล้อง
0 หมายถึง	ไม่แน่ใจ
-1 หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

องค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดมี 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ในความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้แก่

- 1) ความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้
- 2) การใช้ภาษามีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน

ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้แก่

- 1) หลักการ
- 2) จุดประสงค์การทดลอง
- 3) อุปกรณ์และสารเคมี
- 4) วิธีการทดลอง

ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้แก่

- 1) เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม
- 2) สรุปผลการทดลองเหมาะสม สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง
- 3) คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - คำถามสอดคล้องกับการทดลองในบทปฏิบัติการ
 - คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง
 - คำถามสอดคล้องกับกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
 - ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่าบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง 0.98 – 0.99 (ดูภาคผนวก ค)และนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อให้สมบูรณ์ และเหมาะสมยิ่งขึ้น โดยสรุปข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

- 1) เนื้อหาในบทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ยาวเกินไปควรตัดบางหัวข้อออก
- 2) เนื้อหาในบทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่ ควรเพิ่มเติมเนื้อหาสมุนไพรชนิดอื่นๆ ที่สามารถนำมาใช้ทำสบู่ได้ นอกเหนือจากมังคุด

3) ควรระบุจำนวนอุปกรณ์ และปริมาณสารเคมีที่ใช้ (จำนวน/กลุ่ม) ในหัวข้ออุปกรณ์ และสารเคมีให้ชัดเจน ควรหลีกเลี่ยงการใช้ชื่อการค้า แต่ให้ระบุคุณภาพแทน เช่น กระดาษกรอง เบอร์ 1

4) เพื่อให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนี้ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็นมากขึ้น จึงควรเสนอแนะในข้อแนะนำเพิ่มเติมในคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ให้ นักเรียนศึกษาและทดลองเพิ่มเติมจากการทำโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้พืชสมุนไพรที่มีในท้องถิ่น ของนักเรียน

5) ควรปรับปรุงภาพประกอบการทดลองให้น่าสนใจและเพิ่มรูปภาพประกอบใน ใบความรู้ เพื่อให้บทเรียนน่าสนใจยิ่งขึ้น

6) คำถามท้ายการทดลองบางข้อ ควรแยกถามเป็นรายข้อ

7) การแปลชื่อเฉพาะที่เป็นศัพท์ technical terms ควรคำนึงถึงรากศัพท์เดิม เช่น functional group ควรจะแปลเป็น หมู่ฟังก์ชัน

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามข้อเสนอแนะของผู้ เชี่ยวชาญ แล้วนำไปประเมินคุณภาพ

3. การประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปประเมินคุณภาพองค์ประกอบ ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ที่เป็นชุดเดียวกับการตรวจสอบความเที่ยงตรง เชิงเนื้อหา ซึ่งประเมินองค์ประกอบของบทปฏิบัติการโดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยกำหนดระดับความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนมีความหมาย ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก

ระดับ 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

นำคะแนนประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ย โดย ให้ความหมายของค่าเฉลี่ยเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.21 – 5.00 หมายถึง ดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.41 – 4.20 หมายถึง ดี

ค่าเฉลี่ย 2.61 – 3.40 หมายถึง ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.81 – 2.60 หมายถึง พอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.80 หมายถึง ควรปรับปรุง

ผลการประเมินคุณภาพองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นโดยผู้เชี่ยว ชาญ ทุกบทมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก (ดูภาคผนวก ง)

4. การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง

4.1 นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 คน เพื่อดูความเหมาะสมในด้านองค์ประกอบของบทปฏิบัติการในส่วนต่างๆ คือ ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากการสังเกตของผู้วิจัยและการสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน ได้ข้อเสนอแนะซึ่งผู้วิจัยได้แก้ไขปรับปรุง ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงข้อเสนอแนะและการแก้ไขปรับปรุงจากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อยจำนวน 3 คน

ข้อเสนอแนะและข้อสังเกตจากผู้วิจัย	การแก้ไขปรับปรุง
1. นักเรียนไม่ได้เรียนเรื่องการแยกสารเพิ่มเติมในระดับชั้น ม. ปลาย จึงมีพื้นฐานแค่ระดับม. ต้น 2. คำถามในบทปฏิบัติการที่ 1 ข้อ 1 และข้อ 2 เนื้อหาเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน 3. นักเรียนขาดทักษะปฏิบัติการทดลองพื้นฐานที่ถูกต้องโดยเฉพาะการใช้อุปกรณ์ต่างๆ 4. นักเรียนไม่คุ้นเคยกับบทปฏิบัติการที่ให้คิดตัดสินใจด้วยตนเองในการเลือกใช้อุปกรณ์ และแก้ปัญหาที่เกิดจากการทดลอง จึงมักถามบ่อยๆ 5. นักเรียนขาดทักษะในการทำข้อสอบอัตนัย 6. ในการทดสอบก่อนเรียนนักเรียนไม่ตอบหรือตอบผิดหมด 7. หน่วยในบทปฏิบัติการไม่เขียนอยู่ในรูปแบบเดียวกัน โดยผู้วิจัยคำนึงถึงผู้เรียนจึงยึดการเขียนเป็นภาษาไทย ซึ่งบางครั้งถูกจำกัดด้วยรูปภาพทำให้หลากหลาย	1. ผู้วิจัยให้ความรู้เพิ่มเติมก่อนสอนในแต่ละบทปฏิบัติการ 2. รวมคำถามข้อ 1 และ 2 เป็นข้อเดียวกัน 3. ผู้วิจัยแนะวิธีการใช้อุปกรณ์ก่อนทำการทดลอง และให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเองจากวีดิทัศน์ 4. ให้นักเรียนตัดสินใจและแก้ปัญหาด้วยตนเองเพื่อฝึกความมั่นใจในตนเอง 5. ผู้วิจัยจัดทำเอกสารการให้คะแนนคำตอบแบบทดสอบอัตนัย และแนะนำการตอบคำถามในบทปฏิบัติการที่ผ่านมา 6. ปรับแก้เกณฑ์การให้คะแนนอัตนัยให้มี 0 ได้ 7. ปรับแก้หน่วยในบทปฏิบัติการให้เป็นแบบเดียวกัน เช่น g , mg , cm³ , °C เป็นต้น

4.2 โดยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 กลุ่มๆ ละ 3 คน รวม 9 คน เพื่อดูความเหมาะสมในด้านองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ นำข้อบกพร่องต่างๆ มาปรับปรุงแก้ไข ผลจากการสังเกตของผู้วิจัยได้ข้อเสนอแนะซึ่งผู้วิจัยได้แก้ไขปรับปรุง ดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงข้อเสนอแนะและการแก้ไขปรับปรุงจากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อยจำนวน 9 คน

ข้อเสนอแนะและข้อสังเกตจากผู้วิจัย	การแก้ไขปรับปรุง
1. นักเรียนทดลองในบทปฏิบัติการที่ 3 การทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาไฮยานิดิน พบว่าปฏิกิริยาเกิดช้า	1. แนะนำให้นักเรียนขัดลวดแมกเนเซียมให้สะอาด และตัดให้เป็นชิ้นละเอียดแทนการตัดเป็นชิ้นเล็กๆ 2 - 3 ชิ้น
2. นักเรียนไม่มีพื้นฐานเรื่องการแยกสาร	2. ผู้วิจัยจัดทำสื่อการสอนด้วยโปรแกรมพาวเวอร์พอยท์ สอนเพิ่มเติมก่อนเรียนด้วยบท ปฏิบัติการ
3. ผลการทดลองในบทปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมักบันทึกผลเข้าข้างตนเอง	3. ให้นักเรียนนำแผ่นโครมาโทแกรมที่ทดลองได้ส่งพร้อมกับรายงานด้วย โดยให้ทำทุกคนแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย
4. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนในด้านความสามารถในการทำการทดลอง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ไม่ตรงกับความเป็นจริง	4. ใช้วิธีสัมภาษณ์ และสังเกตจากการทดลองในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 เพิ่มเติมจากแบบประเมินที่นักเรียนตอบ

4.3 นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 5 กลุ่มๆ ละ 3 คน รวม 15 คน เพื่อดูความเหมาะสมในด้านองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ เพื่อนำข้อบกพร่องต่างๆ มาปรับปรุงแก้ไข ผลการสังเกตของผู้วิจัยพบข้อบกพร่องต่างๆ และได้แก้ไขปรับปรุง ดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงข้อเสนอแนะและการแก้ไขปรับปรุงจากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อยจำนวน 15 คน

ข้อเสนอแนะและข้อสังเกตจากผู้วิจัย	การแก้ไขปรับปรุง
1. การทดลองในบทปฏิบัติการที่ 4 นักเรียนใช้เวลาในการทดลองมาก และเสียเวลาขณะเปลี่ยนคาบ 2. สารเคมีที่ใช้ในบทปฏิบัติการที่ 2 บางตัว เช่น เอทิลแอลกอฮอล์ ที่มีในห้องปฏิบัติการของโรงเรียนบางเขตไม่ได้มาตรฐานทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน	1. ควรใช้เวลา 3 คาบ (3 ชั่วโมง) ติดต่อกัน (ในการทดลองกลุ่ม 3 , 9 คน ไม่เกิดปัญหาเพราะทำนอกเวลาเรียน) 2. เช็คสารเคมีก่อนทดลองทุกครั้ง และทุกขวด หรือจัดซื้อสารเคมีเกรดคุณภาพวิเคราะห์

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

การวิจัยตอนที่ 3 เมื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรียบร้อยแล้วนำไปทดลองสอนดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจันทบุรี ที่มีจิตลักษณะคล้ายคลึงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 จำนวนทั้งสิ้น 24 โรงเรียน ซึ่งเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้จากการสุ่มแบบเจาะจงของโรงเรียนในจังหวัดจันทบุรี ที่มีคุณภาพทางการศึกษาอยู่ในระดับปานกลาง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 จำนวน 2 ห้องเรียนๆ ละ 30 คน การจัดห้องเรียนเป็นแบบคละกัน มีทั้งนักเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน อยู่ในห้องเดียวกัน กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ห้องเรียน ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบจัดกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จากนักเรียนทั้งหมด 4 ห้องเรียน จากนั้นจับฉลากเลือก 1 ห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลอง และอีก 1 ห้องเรียนเป็นกลุ่มควบคุม

กลุ่มทดลอง นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

กลุ่มควบคุม นักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติ

3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสอน

3.2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

3.2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

3.2.2.1 ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

3.2.2.2 ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถ

- ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- ความสามารถในการทำการทดลอง

3.2.2.3 เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

3.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 (ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6) เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ซึ่งประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4 บท

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 เรื่อง การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองสอน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองสอนนักเรียน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 รวม 15 คาบ ๆ ละ 60 นาที

ตาราง 8 แสดงการใช้ระยะเวลาในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ครั้งที่	จำนวน คาบ	บทปฏิบัติการที่	การประเมินขณะปฏิบัติการ
1	2	การสกัดและแยกสารประกอบ แซนโทนจากผลมังคุด	1. ความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2. ความสามารถในการทำการทดลอง
2	2		1. ความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2. ความสามารถในการทำการทดลอง 3. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (แบบทดสอบอัตนัย และ แบบประเมินผังมโนทัศน์)
3	2	การแยกสารประกอบแซนโทนให้ บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟี แบบกระดาษ	1. ความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2. ความสามารถในการทำการทดลอง
4	2		1. ความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2. ความสามารถในการทำการทดลอง 3. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (แบบทดสอบอัตนัย และ แบบประเมินผังมโนทัศน์)
5	2	การทดสอบสมบัติของสาร ประกอบแซนโทนที่สกัดได้	1. ความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2. ความสามารถในการทำการทดลอง
6	2		1. ความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2. ความสามารถในการทำการทดลอง 3. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (แบบทดสอบอัตนัย และ แบบประเมินผังมโนทัศน์)
7	3	การนำสารประกอบ แซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุด ไปใช้ทำสบู่	1. ความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2. ความสามารถในการทำการทดลอง 3. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (แบบทดสอบอัตนัย และ แบบประเมินผังมโนทัศน์)

เครื่องมือที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนมีดังนี้

1. แบบทดสอบและแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
 - 1.1 แบบทดสอบปรนัย
 - 1.2 แบบทดสอบอัตนัย และแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย
 - 1.3 แบบประเมินผังมโนทัศน์
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง
4. แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การสร้างเครื่องมือสำหรับงานวิจัย ดำเนินการดังนี้

1. แบบทดสอบ และแบบประเมินวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

1.1 แบบทดสอบปรนัย มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผลการสร้างข้อสอบวิทยาศาสตร์ การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัยของ ญัตติพงษ์ เจริญพิทย์. (2542 : 40-81) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. จัดทำตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้เนื้อหา ลำดับความสำคัญ นำมาสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ เป็นข้อสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือกจำนวน 100 ข้อ โดยแบ่งพฤติกรรมที่วัดเป็น 4 ด้าน คือ

- 1) ด้านความรู้-ความจำ
- 2) ด้านความเข้าใจ
- 3) ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- 4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ตาราง 9 แสดงการจำแนกแบบทดสอบปรนัยของพฤติกรรม 4 ด้าน

จุดประสงค์การเรียนรู้		พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านที่ *				% ข้อสอบ	รวม ข้อ	ลำดับ ความสำคัญ
		1	2	3	4			
1. ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับการสกัดสารด้วยตัวทำละลาย และแยกสารโดยการตกผลึกได้		1	3	4	1	18	9	2
2. อธิบาย และยกตัวอย่างการนำหลักการการสกัดและแยกสารไปใช้ใน ชีวิตประจำวันได้		-	1	-	3	8	4	5
3. ทดลอง และอธิบายหลักการแยกสารให้บริสุทธิ์โดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษได้		1	3	3	3	19	10	1
4. ทดลอง และคำนวณหาค่า R_f ของสารได้		1	3	3	1	16	8	3
5. อธิบาย และทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีบางประการของสารประกอบแซนโทน และสารประกอบของคาร์บอนบางชนิดได้		1	2	4	2	18	9	2
6. อธิบาย และทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาเฉพาะได้		-	1	1	1	6	3	6
7. ทดลอง และอธิบาย พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการเตรียมสบู จากไขมันได้		1	1	2	1	10	5	4
8. อธิบาย และทดสอบสมบัติของสบู่ได้		-	1	1	-	5	2	7
รวม	จำนวนข้อ	5	15	18	12	100	50	-
	% ข้อสอบ	10	30	35	25			

* พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด 1) ด้านความรู้-ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 4) ด้านการนำความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

3. นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 5 ปี จำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับชุดที่ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ของแบบทดสอบ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างคำถามกับพฤติกรรมการเรียนรู้ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข (ดูภาคผนวก ค)

4. นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี จำนวน 110 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างแล้วนำผลมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อโดยใช้เทคนิค 27 % ของจุดเต็ม (ดูภาคผนวก ง)

5. คัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 50 ข้อ

6. นำแบบทดสอบที่คัดเลือกแล้วมาหาค่าความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) โดยใช้สูตร K-R 20 ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.80 (ดูภาคผนวก ง)

7. นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

1.2 แบบทดสอบอัตนัย และแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย

1.2.1 แบบทดสอบอัตนัย หรือแบบทดสอบแบบเขียนตอบ

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผล การสร้างข้อสอบวิทยาศาสตร์ การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัยของณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 40-81) การสร้างแบบทดสอบแบบเขียนตอบ (อัตนัย) และแนวทางในการตั้งคำถามของเมห์เรนซ์ และ เลห์แมน (ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2546 : 56-58 ; อ้างอิงจาก Mechrensis; & Lehman. 1984 *Measurement and Evaluation in Education and Psychology* p. 208)

2. ทำการวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบท และนำมาสร้างแบบทดสอบอัตนัย ซึ่งวัดพฤติกรรม 4 ด้าน จำนวน 16 ข้อ โดยแบ่งพฤติกรรมที่วัดออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

- 1) ด้านความรู้-ความจำ
- 2) ด้านความเข้าใจ
- 3) ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- 4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ตาราง 10 แสดงการจำแนกแบบทดสอบอัตนัยของพฤติกรรม 4 ด้าน

บทปฏิบัติการที่	จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อที่	ลำดับข้อสอบ	เวลา (นาที)	คะแนน	พฤติกรรมที่วัด
1	1	1	5	5	ความเข้าใจ
		2	5	5	ความรู้-ความจำ
	2	3	5	5	การนำไปใช้
		4	5	5	การนำไปใช้
2	3	1	5	5	ความเข้าใจ
		2	5	5	ความรู้-ความจำ
	4	3	5	5	ความเข้าใจ
		4	5	5	การนำไปใช้
3	5	1	5	5	ความเข้าใจ
		2	5	5	ความเข้าใจ
	6	3	5	5	การนำไปใช้
		4	5	5	กระบวนการฯ
4	7	1	5	5	ความเข้าใจ
		2	5	5	ความเข้าใจ
	8	3	5	5	กระบวนการฯ
		4	5	5	การนำไปใช้

3. นำแบบทดสอบอัตนัยที่สร้างขึ้น เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับที่ประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ และความถูกต้องชัดเจนของคำถาม โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างความชัดเจนของคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบอัตนัย ดังนี้

+1 หมายถึง ข้อสอบข้อนั้นมีความสอดคล้องระหว่างความชัดเจนของคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นมีความสอดคล้องระหว่างความชัดเจนของคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้

-1 หมายถึง ข้อสอบข้อนั้นไม่มีความสอดคล้องระหว่างความชัดเจนของคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่า แบบทดสอบอัตนัยทั้ง 16 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.8-1.0 (ดูภาคผนวก ค) และมีการแก้ไขเกี่ยวกับการใช้ภาษา ให้สละสลวยขึ้น

4. นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 คน เพื่อดูความเหมาะสมของแบบทดสอบ และแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย (ดูภาคผนวก จ) ทำการปรับปรุงแก้ไขจากนั้นนำไปใช้กับนักเรียน 9 คน และ 15 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach 's alpha coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.77 มีค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.21-0.72 (ดูภาคผนวก ง)

5. นำแบบทดสอบอัตนัย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

1.2.2 แบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้เพื่อกำหนดรูปแบบการประเมินและเกณฑ์การให้คะแนน

2. วิเคราะห์เนื้อหาและศึกษาผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้ และนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาสร้างแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย

3. สร้างแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย โดยดัดแปลงมาจาก ญัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2546 : 58-59) มีการกำหนดเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้ 1) ตอบถูกต้องตรงประเด็น ครบคลุม 2) ยกตัวอย่าง และขยายรายละเอียด และ 3) ใช้ภาษาได้ถูกต้อง เข้าใจง่าย

กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนคำตอบแบบทดสอบอัตนัยของนักเรียน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับ คือ 5 4 3 2 และ 1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ระดับคะแนน 5 หมายถึง มีผลงานอยู่ในระดับดีมาก

ระดับคะแนน 4 หมายถึง มีผลงานอยู่ในระดับดี

ระดับคะแนน 3 หมายถึง มีผลงานอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายถึง มีผลงานอยู่ในระดับพอใช้

ระดับคะแนน 1 หมายถึง มีผลงานอยู่ในระดับต้องปรับปรุง

4. นำแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัยและแบบทดสอบอัตนัยที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมของเกณฑ์การพิจารณาคำตอบแบบทดสอบอัตนัย กับเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับ โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ผลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่า แบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.0 (ดูภาคผนวก ค) แล้วนำข้อเสนอมาปรับปรุงแก้ไข

5. นำแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คน พบว่า ควรเพิ่มเกณฑ์การให้คะแนนคำตอบแบบทดสอบอัตนัย 0 คะแนน สำหรับนักเรียนที่ไม่เขียนตอบ หรือตอบผิดทั้งหมด จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อย 9 คน และ 15 คน แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างพร้อมกับแบบทดสอบอัตนัย

1.3 แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ที่เป็นผังมโนทัศน์ (concept mapping)

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลและการประเมินผลการเรียนรู้ที่ได้จากการทำผังมโนทัศน์ เพื่อกำหนดรูปแบบการประเมินและเกณฑ์การให้คะแนน

2. วิเคราะห์เนื้อหาและศึกษาจุดประสงค์การทดลองของบทปฏิบัติการ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของสาระเพิ่มเติมและสาระพื้นฐาน เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาสร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้

3. สร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่เป็นผังมโนทัศน์
กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งพิจารณาผลงานผังมโนทัศน์ของนักเรียนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับ จัดแปลงมาจาก ศิริพร ทิพย์สิงห์ (2545 : 143-144)

กำหนดองค์ประกอบของเกณฑ์การพิจารณาผังมโนทัศน์ ดังนี้

- 1) มีการจัดเรียงหัวข้อมโนทัศน์อย่างต่อเนื่อง
- 2) ผังมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นถูกต้องตรงตามเนื้อหา
- 3) มีการลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์และแสดงความสัมพันธ์ได้อย่างสมเหตุสมผล
- 4) มีการจัดเรียงรูปแบบมโนทัศน์เหมาะสม เข้าใจง่าย ไม่สับสน วุ่นวาย
- 5) บอกแหล่งเรียนรู้จากการค้นคว้าเพิ่มเติมครบถ้วน

เกณฑ์การให้คะแนนแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ 5 4 3 2 และ 1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ระดับคะแนน 5 หมายถึง มีผลงานอยู่ในระดับดีมาก

ระดับคะแนน 4 หมายถึง มีผลงานอยู่ในระดับดี

ระดับคะแนน 3 หมายถึง มีผลงานอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายถึง มีผลงานอยู่ในระดับพอใช้

ระดับคะแนน 1 หมายถึง มีผลงานอยู่ในระดับต้องปรับปรุง

4. นำแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่เป็นผังมโนทัศน์ ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมขององค์ประกอบของเกณฑ์การให้คะแนนผังมโนทัศน์ กับเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับ โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ผลจากการ

ประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่า แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่เป็นผังมโนทัศน์ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.0 (ดูภาคผนวก ก)

5. นำแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่เป็นผังมโนทัศน์ ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียน กลุ่มย่อย 3 คน 9 คน และ 15 คน ตามลำดับแล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ดูภาคผนวก ฉ)

ในการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้นั้น ผู้วิจัยได้ทำการประเมินนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นรายบุคคล โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยและแบบทดสอบผังมโนทัศน์ ประเมินนักเรียนภายหลังเรียนจบในแต่ละบทปฏิบัติการ แล้วใช้แบบทดสอบปรนัยหลังเรียนจบทุกบทปฏิบัติการ นำคะแนนเฉลี่ยทั้ง 3 ส่วนมารวมกัน แล้วนำคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานข้อ 1 (ดูภาคผนวก ช)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม สำหรับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลอง และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นั้น ผู้วิจัยได้ทำการประเมินเฉพาะนักเรียนกลุ่มทดลองเท่านั้น เพื่อศึกษาผลของความก้าวหน้าจากการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน โดยนักเรียนกลุ่มควบคุมไม่ได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง จึงไม่สามารถวัดผลการเรียนรู้ด้านความสามารถและเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

2. แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของ สุวัฒน์ นิยมคำ (2531 : 160-256) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2537 : 68-86) ภพ เลหาไพบุลย์ (2542 : 14-30) ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 186-100) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อการประเมินตามสภาพจริง โดยอิงเกณฑ์รูบริก (rubric) ของญัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 86-98))

3. สร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบประเมินตามสภาพจริง โดยกำหนดคะแนนแบบรูบริก (rubric scoring) 5 ระดับ โดยมีคะแนน 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งผู้วิจัยดัดแปลงจากแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของ ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 86-98) ประกอบด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 7 ทักษะ ดังนี้ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด

ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการคำนวณ ทักษะการทดลอง ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมาย ข้อมูล และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

เกณฑ์การให้คะแนน

- ระดับคะแนน 5 หมายถึง ปฏิบัติครบทุกข้อ
- ระดับคะแนน 4 หมายถึง ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 1 แห่ง
- ระดับคะแนน 3 หมายถึง ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 2 แห่ง
- ระดับคะแนน 2 หมายถึง ปฏิบัติไม่ครบข้อแต่ไม่มีการสลับขั้นตอน
- ระดับคะแนน 1 หมายถึง ปฏิบัติไม่ครบทุกข้อและมีการสลับขั้นตอน

การบันทึกผลการประเมิน ดำเนินการดังนี้

1) ทำการประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนประเมินตนเอง และจากการสังเกตและสัมภาษณ์ของครูผู้สอนเป็นรายบุคคล

2) ทำการประเมินโดยครูผู้สอนและผู้ร่วมประเมิน 2 ท่าน ขณะปฏิบัติการทดลอง และภายหลังการทดลองของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ดูภาคผนวก จ)

3) บันทึกผลร่วมกันลงในแบบบันทึกการประเมิน

4) รวมคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน นำคะแนนเฉลี่ยไปวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2

4. นำแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมของความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับเกณฑ์การประเมินและพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่า แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.8-1.0 (ดูภาคผนวก ค)

5. นำแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 คน และ 9 คน เพื่อดูความเหมาะสมในการใช้ (ดูภาคผนวก จ) แล้วนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินโดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach ' s alpha coefficient) พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79 (ดูภาคผนวก ง)

6. นำแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ดูภาคผนวก ข)

3. แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการ

ทดลอง

การสร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความสามารถในการทำการทดลองของ ญัฎฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 134-141) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อการประเมินตามสภาพจริง โดยอิงเกณฑ์รูปรีด 5 ระดับของ ญัฎฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 137-139) โดยประเมินพฤติกรรม 3 ด้าน คือ ด้านการวางแผนการทดลอง ด้านการปฏิบัติการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง

3. สร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองเป็นแบบประเมินตามสภาพจริง โดยกำหนดคะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับ ซึ่งมีคะแนน 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ ผู้วิจัยได้ดัดแปลงจากแบบสังเกตและบันทึกผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของ ญัฎฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 134-141) โดยแยกประเมินพฤติกรรม 3 ด้านคือ

1. ด้านการวางแผนการทดลอง มีประเด็นการประเมินดังนี้

1.1 มีการปรึกษาหารือ(กับผู้ที่เกี่ยวข้อง)เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการ

ทดลอง

1.2 มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม

1.3 มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้กับผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสม

และชัดเจน

1.4 มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทดลองอย่างเหมาะสม

1.5 มีความตั้งใจ และทำงานอย่างมีความสุข

2. ด้านการปฏิบัติการทดลอง แบ่งเป็น

2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง มีประเด็นการประเมินดังนี้

- ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอนไม่สับสน
- ใช้อุปกรณ์ต่างๆได้อย่างถูกต้อง
- อ่านค่าและตรวจสอบความได้ถูกต้อง
- ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและปลอดภัย
- มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข

2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง มีประเด็นการประเมินดังนี้

- ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว
- ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์
- มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง

- ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด
- มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข

2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ มีประเด็นการประเมินดังนี้

- จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ
- จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง
- จัดเก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี
- ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย
- มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข

3. ด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง โดยประเมินองค์ประกอบของรายงาน

ดังนี้

1. จุดประสงค์การทดลอง
2. สมมติฐานการทดลอง
3. ผลการทดลอง
4. สรุปผลการทดลอง
5. คำถามท้ายการทดลอง

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคะแนน 5	หมายถึง	ปฏิบัติครบทุกข้อ
ระดับคะแนน 4	หมายถึง	ปฏิบัติ 4 ข้อ
ระดับคะแนน 3	หมายถึง	ปฏิบัติ 3 ข้อ
ระดับคะแนน 2	หมายถึง	ปฏิบัติ 2 ข้อ
ระดับคะแนน 1	หมายถึง	ปฏิบัติ 1 ข้อ

การบันทึกผลการประเมิน ดำเนินการดังนี้

1) ทำการประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนประเมินตนเองและจากการสังเกตและสัมภาษณ์ของครูผู้สอนเป็นรายบุคคลทั้ง 3 ด้าน

2) ทำการประเมินโดยครูผู้สอนและผู้ร่วมประเมิน 2 ท่านขณะปฏิบัติการทดลองและภายหลังการทดลองของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ดูภาคผนวก จ)

3) บันทึกผลร่วมกันลงในแบบบันทึกการประเมิน

4) รวมคะแนนพฤติกรรมทั้ง 3 ด้านของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนเรียนและหลังเรียน นำคะแนนเฉลี่ยไปวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3

4. นำแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทและผู้อำนวยการ 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมของความสามารถในการทำการทดลองกับเกณฑ์การประเมินและพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดย

พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่า แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.0 (ดูภาคผนวก ค)

5. นำแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 คน และ 9 คน เพื่อดูความเหมาะสมในการใช้ (ดูภาคผนวก จ) แล้วนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน เพื่อหาความเชื่อมั่นของแบบประเมิน โดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 (ดูภาคผนวก ง)

6. นำแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ดูภาคผนวก ช)

4. แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1. ศึกษา ค้นคว้ารวบรวมเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผล การสร้างแบบวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert scale) และการวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของ ญัญฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 118-146; 2546 : 190-194) และพวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543 : 107-108)

2. สร้างแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยดัดแปลงจากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของ ญัญฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542 : 144-146) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ที่มีระดับความคิดเห็นคือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยพิจารณาความคิดเห็นหรือความรู้สึก 3 ด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ

วิทยาศาสตร์

ด้านที่ 3 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ไปใช้แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีเนื้อหาของข้อคำถามทั้งเชิงบวกและเชิงลบ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ข้อคำถามเชิงนิมาน

ระดับความคิดเห็น 5 หมายความว่า เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ระดับความคิดเห็น 4 หมายความว่า เห็นด้วย

ระดับความคิดเห็น 3 หมายความว่า ไม่แน่ใจ

ระดับความคิดเห็น 2 หมายความว่า ไม่เห็นด้วย

ระดับความคิดเห็น 1 หมายความว่า ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ข้อคำถามเชิงนิเสธ

ระดับความคิดเห็น 5 หมายความว่า ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ระดับความคิดเห็น 4 หมายความว่า ไม่เห็นด้วย

ระดับความคิดเห็น 3 หมายความว่า ไม่แน่ใจ

ระดับความคิดเห็น 2 หมายความว่า เห็นด้วย

ระดับความคิดเห็น 1 หมายความว่า เห็นด้วยอย่างยิ่ง

3. นำแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทและปริญญาตรี 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยประเมินความสอดคล้อง และความเหมาะสมของข้อคำถามกับพฤติกรรมความคิดเห็น หรือความรู้สึกที่ต้องการวัด โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่า แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.6-1.0 แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข (ดูภาคผนวก ค)

4. นำแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 คน และ 9 คน เพื่อดูความเหมาะสมในการใช้ (ดูภาคผนวก ง) แล้วนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85 (ดูภาคผนวก ง)

5. นำแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ไปใช้กับกลุ่มทดลองก่อนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ดูภาคผนวก ข)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในขั้นตอนการทดลองสอนมีแบบแผนการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 มีรูปแบบการวิจัยที่มีกลุ่มควบคุมแบบสุ่มและมีการสอบหลังการทดลองอย่างเดียว (Randomized control group post-test only design) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 65) ดังตาราง 11

ตาราง 11 แสดงแบบแผนการวิจัยในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
RE	-	X	T ₂
RC	-	~X	T ₂

เมื่อ	E แทน	กลุ่มทดลอง (Experimental group)
	C แทน	กลุ่มควบคุม (Control group)
	R แทน	การกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม
	X แทน	การเรียนรู้จากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบ แซนโทนจากผลมังคุด
	~X แทน	การเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบปกติ
	T ₂ แทน	การทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้าน ความรู้

2. ในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2, 3 และ 4 มีรูปแบบเป็นกลุ่มเดี่ยว ทดสอบก่อนและ
สอบหลังการทดลอง (One group pretest post-test design) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 60-61)
ดังตาราง 12

ตาราง 12 แสดงแบบแผนการวิจัยในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2, 3 และ 4

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	T ₁	X	T ₂

เมื่อ	E แทน	กลุ่มทดลอง (Experimental group)
	X แทน	การเรียนรู้จากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบ แซนโทนจากผลมังคุด
	T ₁ แทน	การทดสอบก่อนเรียนโดยใช้แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความ สามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการ ทดลอง และแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
	T ₂ แทน	การทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความ สามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการ ทดลอง และแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. ติดต่อผู้บริหารโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี เพื่อขอความร่วมมือในการทำ
วิจัย
2. ทำการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง โดยให้นักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน ทำแบบ
แบบประเมินความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความสามารถในการ

ทำการทดลองและแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อนำคะแนนที่ได้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน

3. ทำการสอนนักเรียนกลุ่มควบคุม จำนวน 30 คน เก็บข้อมูลผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยและแบบประเมินผังมโนทัศน์ ภายหลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเก็บข้อมูลภายหลังเรียนจบทุกบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ที่เป็นแบบทดสอบปรนัย

4. ทำการสอนนักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน เก็บข้อมูลผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการทำการทดลอง โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลองขณะเรียนทุกบทปฏิบัติการ และเก็บข้อมูลผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยและแบบประเมินผังมโนทัศน์ ภายหลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

5. เมื่อนักเรียนกลุ่มทดลองเรียนครบทุกบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลหลังการทดลองสอน โดยให้ทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้โดยใช้แบบทดสอบปรนัยและแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

6. นำคะแนนที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1.1 วิเคราะห์หาความเที่ยงตรง และองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ แบบประเมินความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง และแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

1.2 วิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

1.3 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้จากแบบทดสอบปรนัย แบบคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) โดยใช้สูตร K-R 20

1.4 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (แบบทดสอบอัตนัย) แบบประเมินความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง และแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค

1.5 วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยจากผลการประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน และนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน

1.6 วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ภายหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ t-test (Independent samples)

1.7 วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลอง และด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองโดยใช้สถิติ t-test (Dependent samples) และคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถและเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนคิดเป็นร้อยละ

2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

2.1 วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ t-test (Independent samples)

2.2 วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลอง และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ t-test (Correlated samples or Dependent samples) และคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถและเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนคิดเป็นร้อยละ

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้กระทำโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.0 for Windows (Statistical Package for the Social Sciences) และ Microsoft Excel 2000

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบของกลุ่มทดลองโดยคำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 138)

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

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

1.2 หาค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 142) โดย
คำนวณจากสูตร

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

เมื่อ	S^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของคะแนน
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละค่ายกกำลังสอง
	n	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
แบบประเมินความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความสามารถในการ
ทำการทดลองและแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง
(ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 235)

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้อง
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบในรายข้อ (ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 215)
โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$p = \frac{R_H + R_L}{N_H + N_L}$$

เมื่อ	p	แทน	ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบแต่ละข้อ
	R_H	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มสูงที่ตอบถูก
	R_L	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มต่ำที่ตอบถูก
	N_H	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มสูง
	N_L	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มต่ำ

$$r = \frac{R_H - R_L}{N_H}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	R_H	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มสูงที่ตอบถูก
	R_L	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มต่ำที่ตอบถูก
	N_H	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มสูง

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

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

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	p	แทน	สัดส่วนผู้ตอบถูกต้องผู้เข้าสอบทั้งหมด (n)
	q	แทน	สัดส่วนผู้ตอบผิดต่อผู้เข้าสอบทั้งหมด (n) หรือ 1-p
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวม

2.4 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้แบบประเมินความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง และแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach's alpha Coefficient) (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย. 2542 : 226) โดยใช้สูตรดังนี้

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum s_i^2}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	k	แทน	จำนวนข้อของแบบสอบถาม
	$\sum s_i^2$	แทน	คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ
	S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของแบบสอบถามทั้งฉบับ

2.5 หาดัชนีค่าความง่าย (P_E) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (แบบทดสอบอัตนัย) ของวิทย์ และเชเบอร์ (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543 : 199-200; อ้างอิงจาก Whitney; & Saber. 1970 : unpagged)

$$P_E = \frac{S_U + S_L - (2NX_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	P_E	แทน	ดัชนีค่าความง่าย
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

2.6 หาดัชนีค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (แบบทดสอบอัตนัย) ของวิทย์ และเซเบอร์ (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543 : 201; อ้างอิงจาก Whitney; & Saber. 1970 : unpagged)

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	D	แทน	ดัชนีค่าอำนาจจำแนก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 โดยใช้สถิติ t-test (Independent samples)

แบบ Pooled variance (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 162) โดยใช้สูตรดังนี้

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left\{ \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right\} \left\{ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right\}}}$$

เมื่อ	df	=	$n_1 + n_2 - 2$
	$\bar{X}_1$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่มทดลอง
	$\bar{X}_2$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่มควบคุม
	n_1	แทน	จำนวนนักเรียนของคะแนนกลุ่มทดลอง
	n_2	แทน	จำนวนนักเรียนของคะแนนกลุ่มควบคุม
	S_1^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มทดลอง
	S_2^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มควบคุม

การทดสอบดังกล่าวใช้ระดับ .05 เป็นระดับนัยสำคัญในการทดสอบ

3.2 ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2, 3 และ 4 โดยใช้สถิติ t-test (Dependent samples)
(กัลยา วานิชย์บัญชา. 2546 : 250) โดยใช้สูตรดังนี้

$$t = \frac{\bar{d} - d_0}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}}$$

เมื่อ	df	=	n - 1
t	แทน	ค่าสถิติทดสอบของการทดสอบสมมติฐาน	
$\bar{d}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของค่าแตกต่างของคะแนนที่เข้าคู่กัน	
s_d	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแตกต่าง	
d_0	แทน	ค่าคงที่	
n	แทน	จำนวนคู่	

การทดสอบดังกล่าวใช้ระดับ .05 เป็นระดับนัยสำคัญในการทดสอบ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี มีการดำเนินการวิจัยเป็น 3 ตอน คือ

- ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - ตอนที่ 2 การพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน
- ในแต่ละขั้นตอนปรากฏผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาดังนี้

- 1. ศึกษาการสกัดสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด
- 2. การแยกและทำสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์
- 3. การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทน
- 4. การหาจุดหลอมเหลวของสารประกอบแซนโทน
- 5. การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่

ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ปรากฏดังนี้

- 1. ศึกษาการสกัดสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

ผลการสกัดสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุดอ่อนด้วยเอทานอล 95 % พบว่าได้สารสกัดหยาบของสารประกอบแซนโทน มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลืองปนน้ำตาลหนัก 26.63 g

- 2. การแยกและทำสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์

2.1 การหาระบบตัวชะของสารประกอบแซนโทน และสารประกอบแอลฟาแมงโกสทิน ใช้วิธีโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง เพื่อนำไปใช้เป็นระบบตัวชะของโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ ผลการทดลอง พบว่า สารประกอบแซนโทนและสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินบริสุทธิ์ ในสารละลายผสมของเอทิลแอซีเตต:เฮกเซน (30 : 70 ถึง 10 : 90) เมื่อดูด้วยตาเปล่าพบจุดสีเหลือง 1 จุด เมื่อนำไปไว้ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร พบว่าจุดสีเหลืองที่เห็นด้วยตาเปล่าจะเห็นเป็นจุดทึบแสงและเมื่อทาด้วยสารเคมี แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 3 นาที จะปรากฏเป็นจุดเดี่ยวซึ่งสีเปลี่ยนจากสีเหลือง เป็นสีเขียวและสีม่วง ตามลำดับ

2.2 การแยกสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินจากสารสกัดหยาบด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ น้ำหนักสารสกัดหยาบที่ใช้ 1.05 กรัม สามารถแยกสารได้เป็นแถบสีเหลือง สีเหลืองเข้ม และสีน้ำตาล โดยชะด้วยเฮกเซนและเพิ่มความเข้มข้นด้วยเอทิลแอซีเตต ตั้งแต่ 5% ไปจนถึง

50 % ปริมาตรของตัวตะที่ใช้ในแต่ละระบบ 150 cm³ เก็บสารละลายที่ผ่านออกมาจากคอลัมน์ครึ่งละ 7 cm³ นำมาตรวจสอบด้วยโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง ใช้ระบบตัวทำละลายเอทิลแอซีเตต:เฮกเซน (1 : 2) เปรียบเทียบกับสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินบริสุทธิ์ เพื่อรวมส่วนย่อยที่ให้ผลโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางเหมือนกัน นำส่วนย่อยที่ให้ผลการทดสอบเช่นเดียวกับสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินไประเหยแห้ง จะได้สารประกอบแอลฟาแมงโกสทินมีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลืองมีน้ำหนัก 0.28 g

ตาราง 13 แสดงผลการแยกสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินจากสารสกัดหยาบ

ตัวทำละลาย	อัตราส่วน	น้ำหนัก (g)	ลักษณะสาร
เอทิลแอซีเตต:เฮกเซน	15 : 85	0.28	ของแข็งสีเหลืองสด

จากตาราง 13 พบว่า สามารถแยกสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินบริสุทธิ์จากสารสกัดหยาบได้ เมื่อชะด้วยตัวทำละลายผสมเอทิลแอซีเตต:เฮกเซน (15 : 85) เมื่อนำไประเหยแห้งจะได้สารประกอบแอลฟาแมงโกสทิน มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลืองสดหนัก 0.28 g

2.3 ทดลองตกผลึกสารประกอบแซนโทนในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่องการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด โดยสกัดผลมังคุดอ่อนปั่นละเอียดหนัก 25 g ด้วยเอทานอล 95 % ปริมาตร 100 cm³ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วทำให้ตกผลึกในตัวทำละลายผสมระหว่างน้ำ:เอทานอล (ประมาณ 1 : 20) ได้น้ำหนักเฉลี่ยของสารประกอบแซนโทน ดังนี้

ตาราง 14 แสดงผลการทดลองและน้ำหนักเฉลี่ยของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้

ตัวทำละลาย	ผลการทดลองที่สังเกตได้		น้ำหนักของสารประกอบแซนโทน(g)					
			ครั้งที่					เฉลี่ย
	การสกัด	การแยกสาร	1	2	3	4	5	
เอทานอล	สารละลายสีเหลือง	-	-	-	-	-	-	-
เอทานอลและน้ำ	-	ของแข็งสีเหลือง	0.44	0.38	0.39	0.24	0.33	0.36

จากตาราง 14 พบว่าเมื่อสกัดผลมังคุดด้วยเอทานอลจะได้สารละลายสีเหลือง และเมื่อนำไปตกผลึกในตัวทำละลายผสมระหว่างเอทานอลและน้ำจะได้สารประกอบแซนโทนมีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลือง มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.36 g

2.4 การแยกสารประกอบแซนโทนโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

2.4.1 การหาระบบตัวพาที่เหมาะสมในการแยกสารประกอบแซนโทนโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ได้ผลการทดลองดังนี้

ตาราง 15 แสดงอัตราส่วนของระบบที่ใช้ และค่า R_f ที่ใช้แยกสารประกอบแซนโทนและสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน

ระบบที่ใช้แยก	อัตราส่วน	ค่า R_f	
		สารประกอบแซนโทน	สารประกอบแอลฟาแมงโกสติน
แอสีโตน:เฮกเซน	1.5 : 8.5	0.53	0.58
เอทิลแอสีเตต:เฮกเซน	1.7 : 8.3	0.56	0.59
เอทานอล:เฮกเซน	0.6 : 9.4	0.22	0.24

จากตาราง 15 พบว่า การทดลองเพื่อหาระบบที่ใช้แยกสารประกอบแซนโทนโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษได้ 3 ระบบ คือ สารละลายแอสีโตน:เฮกเซน (1.5 : 8.5) สารละลายเอทิลแอสีเตต:เฮกเซน (1.7 : 8.3) และสารละลายเอทานอล:เฮกเซน (0.6 : 9.4)

2.4.2 เลือกระบบที่เหมาะสมคือสารละลายเอทานอล:เฮกเซน (0.6 : 9.4) หรือสารละลาย 6% เอทานอลในเฮกเซนใช้เป็นตัวพา นำมาใช้ในการแยกสารประกอบแซนโทนโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ เนื่องจากเป็นสารที่ไม่อันตราย หาง่ายและราคาถูกเหมาะสมที่จะใช้กับนักเรียน

2.4.3 ทดลองแยกสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้และคำนวณหาค่า R_f ของสารประกอบแซนโทน และสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 เรื่องการแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ได้ผลการทดลองดังนี้

ตาราง 16 แสดงค่า R_f และสีขององค์ประกอบที่แยกได้ของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้เปรียบเทียบกับสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน

สารตัวอย่าง	สีขององค์ประกอบที่แยกได้	ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ (cm)	ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ (cm)	ค่า R_f
สารประกอบแซนโทน	สีเหลือง	0.80	4	0.20
สารประกอบแอลฟาแมงโกสติน	สีเหลือง	0.90	4	0.23

จากตาราง 16 พบว่า สารที่แยกได้จากสารประกอบแซนโทน มีจุดสีเหลืองเพียงจุดเดียว หรือองค์ประกอบเดียว และมีค่า R_f เท่ากับหรือใกล้เคียงกับสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน

3. การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3

3.1 ทดสอบสมบัติการละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกัน

3.2 ทดสอบความเป็นกรด เบสของสารประกอบแซนโทน ให้ผลการทดลองดังนี้

ตาราง 17 แสดงสมบัติการละลายและความเป็นกรด เบสของสารประกอบแซนโทนในตัวทำละลาย ชนิดต่างๆ

ชนิดของตัวทำละลาย	ความสามารถในการละลาย	ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส	
		สีน้ำเงิน	สีแดง
1. เฮกเซน	ไม่ละลาย	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน
2. เอทิลแอลกอฮอล์	ละลาย ได้สารละลายสีเหลืองใส	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน
3. เอทานอล	ละลาย ได้สารละลายสีเหลืองใส	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน
4. น้ำ	ไม่ละลาย	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน
5. กรดไฮโดรคลอริก 5%	ไม่ละลาย	-	-
6. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5%	ละลาย ได้สารละลายสีเหลืองใส	-	-

จากตาราง 17 พบว่า สารประกอบแซนโทนละลายได้ในตัวทำละลายเอทิลแอลกอฮอล์ เอทานอล แต่ไม่ละลายในเฮกเซนและน้ำ ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสทั้งสีน้ำเงินและแดง สามารถละลายได้ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% แต่ไม่ละลายในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 5%

3.3 ทดสอบหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทน

3.3.1 การทดสอบสารประกอบจำพวกฟีนอล

3.3.2 การทดสอบหมู่คาร์บอนิล

ให้ผลการทดสอบดังนี้

ตาราง 18 แสดงผลการทดสอบหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทน

สารที่ใช้ทดสอบ	ผลการทดสอบ			
	น้ำโบรมีน	ไอโรออน (III) คลอไรด์	ซีริกไนเตรต รีเอเจนต์	2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน
1. สารประกอบแซนโทน	ตะกอนสีขาว	สารสีน้ำเงินหรือม่วง	ตะกอนสีน้ำตาล	ตะกอนสีเหลือง
2. เอทานอล	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	สารละลายสีแดง	ไม่เปลี่ยนแปลง
3. ฟีนอล	ตะกอนสีขาว	สารสีน้ำเงินหรือม่วง	ตะกอนสีน้ำตาล	ไม่เปลี่ยนแปลง
4. เบนซีน	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
5. แอซีโตน	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ตะกอนสีเหลือง

จากตาราง 18 พบว่า เมื่อทำการทดสอบสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดด้วยน้ำโบรมีน สารละลายไอโรออน (III) คลอไรด์ สารละลายซีริกไนเตรตรีเอเจนต์ และสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน จะได้ผลการทดสอบเป็นบวกเช่นเดียวกับสารละลายฟีนอลและแอซีโตน

3.4 ทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาไซยานิดิน ให้ผลการทดสอบดังนี้

ตาราง 19 แสดงผลการทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาไซยานิดิน

สารที่ใช้ทดสอบ	ผลการทดลองที่เกิดขึ้น	
	เติมโลหะ Mg + HCl เข้มข้น	เติมน้ำ + ออกทิลแอลกอฮอล์
สารประกอบแซนโทน	มีฟองก๊าซเกิดขึ้น สารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้ม จนถึงสีแดง มีการคายความร้อน	สารละลายแยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนมีสีแดง จนถึงสีม่วงแดง ชั้นล่างใสไม่มีสี หรือสีเหลืองอ่อน

จากตาราง 19 พบว่า เมื่อทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาไซยานิดินจะให้ผลการทดสอบเป็นบวก ได้สารละลายสีแดงจนถึงม่วงแดง

4. การหาจุดหลอมเหลวของสารประกอบแซนโทน ให้ผลการทดลองดังนี้

ตาราง 20 แสดงจุดหลอมเหลวและช่วงจุดหลอมเหลวของสารประกอบแซนโทน

สาร	อุณหภูมิ(°C)		ช่วงจุดหลอมเหลว(°C)	จุดหลอมเหลว(°C)
	เริ่มหลอม	หลอมหมด		
สารประกอบแซนโทน	163	167	4	165

จากตาราง 20 พบว่า สารประกอบแซนโทนมีจุดหลอมเหลวสูง และมีช่วงจุดหลอมเหลวกว้างเป็นสารไม่บริสุทธิ์ แสดงว่า สารประกอบแซนโทนเป็นสารไม่บริสุทธิ์ประกอบด้วยสารประกอบแซนโทนหลายชนิด

5. การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4

5.1 นำน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะกอก มาผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ความร้อนโดยใช้อ่างน้ำร้อนจนสบู่เริ่มจับตัวเหนียวข้น จึงเติมสารละลายแซนโทนในเอทานอลลงไป จนสบู่จับตัวเป็นก้อน ตั้งทิ้งไว้ จะได้สบู่มีลักษณะเป็นของแข็ง มีสีเหลืองอ่อน

5.2 ทดสอบสมบัติของสบู่ที่เตรียมได้ โดยนำไปละลายน้ำ พบว่า ละลายน้ำได้ดี เขย่าจะเกิดฟองมาก จับดูรู้สึกลื่นมือ เมื่อทดสอบด้วยกระดาษ pH ยูนิเวอร์ซัล จะมีค่า pH 8-10

ตอนที่ 2 การพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

ผู้วิจัยได้นำผลการทดลองที่ได้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำนวน 4 บท ในแต่ละบทปฏิบัติการประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ใ้ความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้แก่

1) หลักการ

2) จุดประสงค์การทดลอง

3) อุปกรณ์และสารเคมี

4) วิธีการทดลอง

ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด จำนวน 4 บท มีดังนี้

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่อง การสกัด และแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 เรื่อง การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาเคมี การวัดและประเมินผลและวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวน 5 ท่าน ประเมินคุณภาพโดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งมีน้ำหนักคะแนน ตั้งแต่ 1 - 5 ผู้วิจัยนำคะแนนประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยในแต่ละส่วนและจัดลำดับตามค่าเฉลี่ยเป็น 5 ระดับ คือ

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.21 – 5.00 หมายถึง ดีมาก

3.41 – 4.20 หมายถึง ดี

2.61 – 3.40 หมายถึง ปานกลาง

1.81 – 2.60 หมายถึง พอใช้

1.00 – 1.80 หมายถึง ควรปรับปรุง

ค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จากผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏดังผลตาราง 21

ตาราง 21 แสดงค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด โดยผู้เชี่ยวชาญ

บทปฏิบัติการที่	รายการประเมิน			$\bar{X}$	S.D.	ระดับการประเมิน
	ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการฯ	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์			
1	4.87	4.85	4.75	4.82	0.06	ดีมาก
2	4.87	4.82	4.75	4.81	0.06	ดีมาก
3	4.87	4.83	4.73	4.81	0.07	ดีมาก
4	4.87	4.83	4.78	4.83	0.05	ดีมาก
ภาพรวม	4.87	4.83	4.75	4.82	0.01	ดีมาก

จากตาราง 21 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 บท โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านเพื่อหาคุณภาพขององค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ใน ส่วนของใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เอกสารรายงาน ผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พบว่า ผลการประเมินทั้ง 3 ส่วน ในแต่ละ บทปฏิบัติการอยู่ในระดับดีมาก

ตอนที่ 3 นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผล มังคุด ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี เพื่อศึกษาดังนี้

1. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้
2. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความสามารถทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์

3. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความสามารถในการทำการทดลอง
4. เจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลดังนี้

1. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้ โดย วัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือกและแบบทดสอบอัตนัย ซึ่งวัดพฤติกรรม 4 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้-ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ และการวัดความรู้เชิงภาพรวมของนักเรียน จากการตรวจพิจารณาจากผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยเปรียบเทียบผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติ ปรากฏผลดังตาราง

ตาราง 22 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียน
กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ชนิดของ แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	กลุ่มทดลอง (n=30)		กลุ่มควบคุม (n=30)		t	df	p
		$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s			
1. ปรนัย	50	35.93	5.03	28.33	7.24	4.721*	58	.000
2. อัตนัย	80	57.93	5.61	52.73	6.35	3.358*	58	.001
3. ผังมโนทัศน์	20	16.00	2.31	15.53	0.81	1.039	58	.151
ภาพรวม	150	109.87	8.88	96.60	10.84	5.184*	58	.000

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 22 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ด้วยการใช้แบบทดสอบปรนัย แบบทดสอบอัตนัยและโดยภาพรวมของนักเรียนกลุ่มทดลอง และนักเรียนกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (โดยมีค่า $p=.000$.001 และ .000 ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้เชิงภาพรวม ด้วยการตรวจพิจารณาผังมโนทัศน์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p=.151$) แสดงว่าผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้เชิงภาพรวม ด้วยการตรวจพิจารณาผังมโนทัศน์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด กับนักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการทำนอกเวลาเรียน นักเรียนได้มีโอกาสศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่เรียนได้เต็มความสามารถของนักเรียนจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย

ตาราง 23 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (ปรนัย) ของ
นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

พฤติกรรมการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	กลุ่มทดลอง (n=30)		กลุ่มควบคุม (n=30)		t	df	p
		$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s			
1. ความรู้ – ความจำ (5 ข้อ)	5	4.23	0.97	3.07	1.31	3.916*	58	.000
2. ความเข้าใจ (15 ข้อ)	15	12.53	1.99	9.83	2.91	4.188*	58	.000
3. กระบวนการฯ (18 ข้อ)	18	11.43	1.97	9.60	2.31	3.300*	58	.001
4. การนำไปใช้ (12 ข้อ)	12	7.73	1.46	5.83	1.84	4.430*	58	.000
ภาพรวม (50 ข้อ)	50	35.93	5.03	28.33	7.24	4.721*	58	.000

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 23 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ด้วยการใช้แบบทดสอบปรนัยของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม ในด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ และโดยภาพรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (โดยมีค่า $p=.000$, .000, .001, .000 และ .000 ตามลำดับ) แสดงว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ด้าน และโดยภาพรวมสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติ

ตาราง 24 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (อัตนัย) ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

พฤติกรรมการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	กลุ่มทดลอง (n=30)		กลุ่มควบคุม (n=30)		t	df	p
		$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s			
1. ความรู้ – ความจำ (2 ข้อ)	10	6.77	1.19	6.10	1.27	2.095*	58	.021
2. ความเข้าใจ (7 ข้อ)	35	25.60	4.01	23.93	3.39	1.737*	58	.044
3. กระบวนการฯ (2 ข้อ)	10	7.30	0.95	6.13	2.24	2.626*	58	.006
4. การนำไปใช้ (5 ข้อ)	25	18.27	2.77	16.57	3.46	2.098*	58	.020
ภาพรวม (16 ข้อ)	80	57.93	5.61	52.73	6.35	3.358*	58	.001

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 24 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ด้วยการใช้แบบทดสอบอัตนัยของนักเรียนกลุ่มทดลอง และนักเรียนกลุ่มควบคุม ในด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ และโดยภาพรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (โดยมีค่า $p=.021$, .044, .006, .020 และ .001 ตามลำดับ) แสดงว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ด้านสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติ

ตาราง 25 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (ผังมโนทัศน์) ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

เกณฑ์การพิจารณา	คะแนนเต็ม	กลุ่มทดลอง (n=30)		กลุ่มควบคุม (n=30)		t	df	p
		$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s			
1. จัดเรียงหัวข้อมโนทัศน์อย่างต่อเนื่อง	5	1.00	0.00	0.99	0.04	1.000	58	.161
2. มีความถูกต้องตรงตามเนื้อหา	5	0.75	0.24	0.74	0.29	0.242	58	.405
3. มีการลากเส้นเชื่อมโยงและแสดงความสัมพันธ์อย่างสมเหตุสมผล	5	0.89	0.16	0.84	0.19	1.071	58	.145
4. รูปแบบเหมาะสมเข้าใจง่าย ไม่สับสน วุ่นวาย	5	0.97	0.13	0.95	0.09	0.288	58	.387
5. บอกแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม	5	0.53	0.29	0.52	0.29	0.110	58	.457
ภาพรวม (4 ข้อ)	20	16.00	2.31	15.53	0.81	1.039	58	.151

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 25 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้เชิงภาพรวม ด้วยการตรวจพิจารณาผังมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม จากเกณฑ์การพิจารณาผังมโนทัศน์ ขององค์ประกอบในแต่ละด้าน คือ การจัดเรียงหัวข้อมโนทัศน์อย่างต่อเนื่อง ผังมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นถูกต้องตรงตามเนื้อหา การลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์และแสดงความสัมพันธ์ได้อย่างสมเหตุสมผล การจัดเรียงรูปแบบมโนทัศน์เหมาะสม เข้าใจง่าย ไม่สับสน วุ่นวาย บอกแหล่งเรียนรู้จากการค้นคว้าเพิ่มเติมครบถ้วน และโดยภาพรวม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (โดยมีค่า $p=.161, .405, .145, .387, .457$ และ $.151$ ตามลำดับ) แสดงว่าผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้เชิงภาพรวม ด้วยการตรวจพิจารณาผังมโนทัศน์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด กับนักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการทำนอกเวลาเรียน นักเรียนได้มีโอกาสศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่เรียนได้เต็มความสามารถของนักเรียนจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย

2. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด โดยประเมินทักษะต่างๆ 7 ทักษะ ดังนี้ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการคำนวณ ทักษะการทดลอง ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป ประเมินเป็นรายบุคคลในแต่ละบทปฏิบัติการโดยใช้แบบประเมินความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีค 5 ระดับ ปรากฏผลดังตาราง 26

ตาราง 26 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน

ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	คะแนน เต็ม	คะแนนความสามารถ (n=30)				$\bar{d}$	s_d	t	df	p
		ก่อนเรียน		หลังเรียน						
		$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s					
1. ทักษะการสังเกต	5	2.57	0.62	3.48	0.27	0.91	0.67	7.378 [*]	29	.000
2. ทักษะการวัด	5	2.63	0.85	3.49	0.35	0.86	0.81	5.776 [*]	29	.000
3. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	5	2.50	0.86	3.20	0.28	0.70	0.85	4.461 [*]	29	.000
4. ทักษะการคำนวณ	5	3.93	1.39	4.36	1.03	0.43	1.30	1.819 [*]	29	.000
5. ทักษะการทดลอง	5	2.73	0.94	3.46	0.46	0.73	0.88	4.586 [*]	29	.000
6. ทักษะการจัดกระทำข้อมูล	5	2.37	0.55	3.12	0.30	0.75	0.67	6.077 [*]	29	.000
7. ทักษะการตีความหมาย และการลงข้อสรุป	5	2.47	0.73	3.45	0.30	0.98	0.82	6.528 [*]	29	.000
	5	2.33	0.88	3.27	0.43	0.94	0.80	6.443 [*]	29	.000
ภาพรวม	40	21.53	1.99	27.11	3.99	5.57	4.17	7.316 [*]	29	.000

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 26 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการคำนวณ ทักษะการทดลอง ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และโดยภาพรวมของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (โดยมีค่า $p=.000$, .000, .000, .000, .000, .000, .000 และ .000 ตามลำดับ) แสดงว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ

วิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น (และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนพบว่ามีค่าร้อยละ 67.75)

3. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความสามารถในการทำการ

ทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนขณะเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ต้องการประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการวางแผนการทดลอง ด้านปฏิบัติการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง ซึ่งเป็นแบบประเมินตามสภาพจริง และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็นแบบรูปรีค 5 ระดับ โดยครูผู้สอนเป็นผู้ประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคลก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ปรากฏผลดังตาราง 27

ตาราง 27 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน

ความสามารถในการ ทำการทดลอง	คะแนน เต็ม	คะแนนความสามารถ (n=30)				$\bar{d}$	S_d	t	df	p
		ก่อนเรียน		หลังเรียน						
		$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s					
ด้านที่ 1 การวางแผนการทดลอง	5	2.47	0.51	3.48	0.46	1.01	0.29	19.058 [*]	29	.000
ด้านที่ 2 การปฏิบัติการทดลอง										
2.1 เทคนิคการทดลอง	5	2.60	0.50	3.58	0.30	0.98	0.32	16.484 [*]	29	.000
2.2 ความคล่องแคล่วในการ ทดลอง	5	2.57	0.50	3.50	0.41	0.93	0.28	18.387 [*]	29	.000
2.3 ความสะอาดและความเป็น ระเบียบ	5	2.53	0.51	3.79	0.34	1.26	0.30	23.195 [*]	29	.000
ด้านที่ 3 การจัดทำรายงานผล การทดลอง	5	3.95	0.32	4.12	0.20	0.17	0.21	4.492 [*]	29	.000
ภาพรวม	25	14.11	1.76	18.46	1.39	4.35	0.69	34.410 [*]	29	.000

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 27 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทดลองของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ในแต่ละด้าน ได้แก่ ด้านการวางแผนการทดลอง ด้านปฏิบัติการทดลอง ด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง และโดยภาพรวม พบว่า มีความแตกต่าง

กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (โดยมีค่า $p=.000, .000, .000, .000, .000$, และ $.000$ ตามลำดับ) แสดงว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความสามารถในการทำการทดลองสูงขึ้น (และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองหลังเรียนพบว่ามีค่าร้อยละ 73.84)

4. เจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำนวน 30 ข้อ ซึ่งพิจารณาความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียน 3 ด้าน ดังนี้ ด้านแสดงความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และด้านการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ไปใช้ แล้วหาค่าเฉลี่ยของคะแนนแต่ละด้าน โดยใช้การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ 5 4 3 2 และ 1 ปรากฏผลดังตาราง 28

ตาราง 28 แสดงคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน

เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนด้านที่	คะแนน เต็ม	คะแนน (n=30)				$\bar{d}$	S_d	t	p
		ก่อนเรียน		หลังเรียน					
		$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s				
1. ด้านการแสดงความรู้สึกนึกคิดต่อบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	50	38.70	3.19	41.70	3.26	3.00	3.71	4.424*	.000
2. ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนรู้ การสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	50	40.00	3.41	43.00	3.29	3.00	3.15	5.214*	.000
3. ด้านการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติ การวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ไปใช้	50	40.40	3.15	44.10	2.70	3.70	3.09	6.566*	.000
ภาพรวม	150	119.10	7.63	128.80	7.55	9.70	7.31	7.266*	.000

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 , df = 29

จากตาราง 28 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ในด้านการแสดงความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการ และโดยภาพรวมพบว่า นักเรียนมีเจตคติก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

หรือเจตคติของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (โดยมีค่า $p=.000$, .000, .000 และ .000 ตามลำดับ) แสดงว่า การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุดที่พัฒนาขึ้น ทำให้นักเรียนมีเจตคติตอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สูงขึ้น (และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของเจตคติตอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนหลังเรียนพบว่ามีค่าร้อยละ 85.87)

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ให้มีคุณภาพเพื่อใช้ในการศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทดลอง และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจันทบุรี ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถสรุปสาระสำคัญ และผลการศึกษาค้นคว้าได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด รวมทั้งทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ เพื่อนำผลจากการทดลองไปสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
2. เพื่อพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด
3. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจันทบุรี ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ใน 3 ด้าน คือ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลองและด้านเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติ
2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีความสามารถในการทำการทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินการเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ ผู้วิจัยนำผลการศึกษามาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 บท ให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้พื้นฐาน และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

ตอนที่ 2 การพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

จากผลการทดลองที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา กับองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ในขั้นตอนนี้ได้พัฒนาและสร้างเครื่องมือ 2 ชุด คือ

2.1 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด จำนวน 4 บท

2.2 คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด เพื่อใช้สำหรับเป็นแนวทางในการสอน

ตอนที่ 3 นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจันทบุรี ที่มีจิตลักษณะคล้ายคลึงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 จำนวนทั้งสิ้น 24 โรงเรียน ซึ่งเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 จำนวน 2 ห้องเรียนๆ ละ 30 คน ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบจัดกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จากนักเรียนทั้งหมด 4 ห้องเรียน จากนั้นจับฉลากเลือก 1 ห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลอง และอีก 1 ห้องเรียนเป็นกลุ่มควบคุม

3.2 เครื่องมือที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน มีดังนี้

1) แบบทดสอบ และแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

1.1) แบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ จำนวน 50 ข้อ

1.2) แบบทดสอบอัตนัยจำนวน 16 ข้อ และแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบ

อัตนัย

1.3) แบบประเมินผังมโนทัศน์

2) แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับ

3) แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับ

4) แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

3.3 การดำเนินการทดลอง

1) ติดต่อผู้บริหารโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี เพื่อขอความร่วมมือในการทำวิจัย

2) ทำการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง โดยให้นักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน ทำแบบประเมินความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง และแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อนำคะแนนที่ได้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน

3) ทำการสอนนักเรียนกลุ่มควบคุม จำนวน 30 คน เก็บข้อมูลผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยและแบบประเมินผังมโนทัศน์ ภายหลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเก็บข้อมูลภายหลังเรียนจบทุกบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ที่เป็นแบบทดสอบปรนัย

4) ทำการสอนนักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน เก็บข้อมูลผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการทำการทดลอง โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง ในขณะที่เรียนทุกบทปฏิบัติการ และเก็บข้อมูลผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยและแบบประเมินผังมโนทัศน์ ภายหลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

5) เมื่อนักเรียนกลุ่มทดลองเรียนครบทุกบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลหลังการทดลองสอน โดยให้ทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ที่เป็นแบบทดสอบปรนัยและแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

6) นำคะแนนที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย

1.1 วิเคราะห์หาความเที่ยงตรงและองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ แบบประเมินความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลองและแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

1.2 วิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

1.3 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้าน ความรู้ (แบบทดสอบปรนัย) แบบคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) โดยใช้สูตร K-R 20

1.4 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความ รู้ (แบบทดสอบอัตนัย) แบบประเมินความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมิน ความสามารถในการทำการทดลอง แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรหาค่า สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach ' s alpha coefficient)

1.5 วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย จากผลการประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน และนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน

1.6 วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ภายหลังเรียนด้วยบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ t-test (Independent samples)

1.7 วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความสามารถทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลอง และด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองโดยใช้สถิติ t-test (Dependent samples) คะแนน ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถและเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียน คิดเป็นร้อยละ

2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

2.1 วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ หลังเรียนระหว่างนักเรียน กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ t-test (Independent samples)

2.2 วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความสามารถทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลองและเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ก่อน เรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ t-test (Correlated samples or Dependent samples) คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถและเจตคติต่อบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์หลังเรียนคิดเป็นร้อยละ

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยแต่ละขั้นตอน สรุปได้ดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษา

1. ศึกษาการสกัดสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ผลการทดลองพบว่าสามารถสกัด สารประกอบแซนโทนจากผลมังคุดอ่อนได้โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดมีขั้ว เช่น เอทานอล ซึ่ง

เป็นตัวทำลายที่สามารถละลายสารประกอบแซนโทนได้ดี ไม่เป็นอันตราย และสามารถแยกออกจากสารที่สกัดได้ง่าย

2. การแยกและทำให้สารบริสุทธิ์

2.1 การหาระบบตัวชะของสารประกอบแซนโทน พบว่า เมื่อแยกสารประกอบแซนโทนด้วยสารละลายผสมเอทิลแอลกอฮอล์:เฮกเซน (30 : 70 ถึง 10 : 90) เปรียบเทียบกับสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินบริสุทธิ์ สามารถแยกสารได้ชนิดละ 1 จุดอย่างชัดเจน ดังนั้นสารละลายผสมเอทิลแอลกอฮอล์:เฮกเซน (30 : 70 ถึง 10 : 90) จึงเหมาะที่จะใช้เป็นตัวชะในการแยกสารประกอบแซนโทนโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์

2.2 การแยกสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินจากสารสกัดหยาบ โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ ผู้วิจัยได้นำสารสกัดหยาบที่สกัดได้จากผลมังคุดอ่อนมาแยกด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ ชะด้วยเฮกเซนเพิ่มความเป็นขั้วด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ตั้งแต่ 5% ไปจนถึง 50% พบว่า ตัวทำลายผสมเอทิลแอลกอฮอล์:เฮกเซน (15 : 85) สามารถแยกสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินบริสุทธิ์ออกจากสารประกอบแซนโทนได้

2.3 การแยกสารประกอบแซนโทนด้วยการตกผลึกในบัพปฏิบัติการที่ 1 พบว่า สามารถแยกสารประกอบแซนโทนออกจากสารละลาย ด้วยการตกผลึกในตัวทำลายผสมระหว่างเอทานอลและน้ำ เนื่องจากสารประกอบแซนโทนละลายได้ดีในเอทานอลแต่ไม่ละลายน้ำ โดยทำให้สารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิสูง เมื่อทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลง สารประกอบแซนโทนจะแยกตัวออกมาเป็นของแข็งสีเหลือง

2.4 การแยกสารประกอบแซนโทนโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ พบว่า ระบบตัวพาที่เหมาะสมใช้ในโครมาโทกราฟีแบบกระดาษเพื่อแยกสารประกอบแซนโทน คือ สารละลายผสม 6% เอทานอลในเฮกเซน (เอทานอล:เฮกเซนอัตราส่วน 0.6 : 9.4) เนื่องจากให้ผลการทดลองที่ชัดเจน เป็นสารที่หาง่าย ราคาถูก และไม่เป็นอันตราย เมื่อนำไปทดลองแยกสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้เปรียบเทียบกับสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินบริสุทธิ์ พบว่า สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้มีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว และมีค่า R_f เท่ากับ หรือใกล้เคียงกับสารประกอบแอลฟาแมงโกสทิน แสดงว่าสารประกอบแซนโทนมีสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินเป็นองค์ประกอบหลัก และมีสารอื่นปนอยู่ แต่มีปริมาณน้อยและเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วใกล้เคียงกันมาก หรืออาจมีองค์ประกอบของสารอื่นที่ไม่มีสีปนอยู่ด้วย

3. การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทน ในบัพปฏิบัติการที่ 3

3.1 ทดสอบสมบัติการละลายในตัวทำลายต่างชนิดกัน พบว่า สารประกอบแซนโทนละลายได้ดีในตัวทำลายที่มีขั้ว เช่น เอทานอล เอทิลแอลกอฮอล์ แต่ไม่ละลายในเฮกเซนและน้ำ แสดงว่าสารประกอบแซนโทนเป็นสารที่มีขั้วจึงไม่ละลายในเฮกเซน แต่ความมีขั้วไม่สูงมากนักจึงไม่ละลายน้ำ

3.2 ทดสอบความเป็นกรด เบสของสารประกอบแซนโทน พบว่า สารประกอบแซนโทนมีสมบัติเป็นกรดอ่อน สามารถละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% ได้ แต่ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสทั้งสีน้ำเงินและสีแดง

3.3 ทดสอบหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทน พบว่า สารประกอบแซนโทนเป็นสารประกอบจำพวกฟีนอล เพราะให้ผลการทดสอบเป็นบวกกับ น้ำโบรมีน สารละลายไอโอรอน (III) คลอไรด์ สารละลายซีริกในเตรตรีเอเจนต์ นอกจากนี้ยังมีหมู่คาร์บอนิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน เพราะสามารถให้ผลการทดสอบเป็นบวกกับสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน ได้เช่นเดียวกับ แอลดีไฮด์และคีโตน

3.4 ทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาไซยานิดิน พบว่า สารประกอบแซนโทนให้ผลการทดสอบเป็นบวกกับปฏิกิริยาไซยานิดินได้สารละลายสีแดงจนถึงม่วงแดง แสดงว่าสารที่สกัดจากผลมังคุดเป็นสารประกอบพวกแซนโทน

4. การหาจุดหลอมเหลวของสารประกอบแซนโทน จากการทดลองพบว่า สารประกอบแซนโทนมีจุดหลอมเหลวสูงและมีช่วงจุดหลอมเหลวกว้าง แสดงว่า สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไม่ใช่สารบริสุทธิ์เพียงชนิดเดียว แต่ประกอบด้วยสารประกอบแซนโทนหลายชนิดปนกันอยู่ สารประกอบแซนโทนที่พบปริมาณมากที่สุดคือ สารประกอบแอลฟาแมงโกสตินมีจุดหลอมเหลว 182 – 183 °C สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน

5. การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่ ในบทปฏิบัติการที่ 4 ผลการทดลองพบว่า สามารถนำสารประกอบแซนโทนไปเป็นส่วนประกอบของสบู่เพื่อเพิ่มคุณภาพของสบู่ได้ สบู่ที่ได้มีสมบัติละลายน้ำได้ดี มีฟองมาก และมีค่า pH 8 - 10

จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของผู้วิจัย สรุปได้ว่า ผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ศึกษาค้นคว้า สามารถนำไปพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนได้

ตอนที่ 2 การพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ผู้วิจัยได้นำผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำนวน 4 บท โดยในแต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ทั้ง 4 บท ที่พัฒนาขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประเมินคุณภาพและความเหมาะสม

ในการนำไปใช้สำหรับสอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการประเมิน พบว่า ค่าเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 บท ทั้งในด้านภาพรวมและในแต่ละส่วนประกอบของบทปฏิบัติการอยู่ในระดับดีมาก

จึงสรุปได้ว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 4 บท มีคุณภาพและความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการเรียนการสอนอยู่ในระดับดีมาก

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน เพื่อศึกษา

1. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ โดยวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน จากการทำแบบทดสอบปรนัยและอัตนัยประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้-ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ในพฤติกรรมทั้ง 4 ด้าน สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติ ส่วนผลการเรียนรู้ในเชิงภาพรวมด้วยการตรวจพิจารณาผังมโนทัศน์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติ

2. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 7 ทักษะ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน พบว่ามีค่าร้อยละ 67.75 (ดูภาคผนวก ข)

3. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง โดยใช้แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน ในด้านการวางแผนการทดลอง และด้านการปฏิบัติการทดลองประเมินพฤติกรรมขณะปฏิบัติการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลองประเมินผลหลังการทดลอง พบว่า คะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมแต่ละด้าน และโดยภาพรวมของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบ

แซนโทนาจากผลมังคุด มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองหลังเรียน พบว่ามีค่าร้อยละ 73.84 (ดูภาคผนวก ข)

4. เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยเจตคติที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนาจากผลมังคุด ในด้านแสดงความรู้สึกรักนึกถึงต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ไปใช้ และโดยภาพรวมทั้ง 3 ด้านพบว่า เจตคติที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียน พบว่ามีค่าร้อยละ 85.87 (ดูภาคผนวก ข)

อภิปรายผล

การอภิปรายผล ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัย 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ศึกษาการสกัดสารประกอบแซนโทนาจากผลมังคุด จากการทดลองพบว่า การสกัดสารประกอบแซนโทนาจากผลมังคุดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย เป็นการสกัดสารด้วยตัวทำละลาย ซึ่งมีหลักการว่า สารที่ต้องการสกัดจะต้องละลายได้ในตัวทำละลายหรือตัวทำละลายพาสานั้นออกมาได้ มีประโยชน์ในการแยกสารประกอบออกจากของผสมที่เกิดในธรรมชาติหรือเกิดจากการสังเคราะห์ (สุภาพ บุญยะรัตเวช และ เกษร วีระชาติ. 2540 : 23) การเลือกเอทานอลเป็นตัวทำละลายนั้น ยึดหลักที่ว่าสารละลายและตัวทำละลายมีสมบัติความมีขั้วคล้ายคลึงกัน สามารถละลายสารที่ต้องการออกมามากที่สุด และละลายสารที่ไม่ต้องการออกมาน้อยที่สุด ไม่ระเหยง่าย หรือยากเกินไป ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด สามารถแยกออกจากตัวถูกละลายได้ง่าย มีราคาถูก ไม่เป็นพิษ (วันดี กฤษณะพันธ์. 2536 : 136-139)

2. การแยกและทำให้สารบริสุทธิ์ จากการทดลองแยกสารประกอบแซนโทนาและสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินบริสุทธิ์ ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางเพื่อหาระบบตัวชะ ซึ่งนำไปใช้กับวิธีโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ พบว่า ตัวทำละลายผสมของเอทิลแอซีเตต:เฮกเซน (30 : 70 ถึง 10 : 90) สามารถแยกสารประกอบแซนโทนาและสารประกอบแอลฟาแมงโกสทิน ได้ชนิดละ 1 องค์ประกอบอย่างชัดเจน จึงนำไปใช้เป็นระบบตัวชะในโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์เพื่อแยกสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินออกจากสารสกัดหยาบ พบว่า ตัวทำละลายผสมของเอทิลแอซีเตต:เฮกเซน (15 : 85) สามารถแยกสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินบริสุทธิ์ ออกจากสกัดหยาบที่สกัดจากผลมังคุดได้ ซึ่งในผลมังคุดประกอบด้วยสารประกอบแซนโทนาหลายชนิดที่มีปริมาณมากที่สุดคือสารประกอบแอลฟาแมงโกสทิน สอดคล้องกับงานวิจัยของ นริศรา สุวรรณโกษณ์ (2545 : 39)

ศึกษาสารประกอบแซนโทนจากเปลือกมังคุดดิบ พบว่า เมื่อแยกสารประกอบแซนโทนจากเปลือกมังคุดดิบ พบสารประกอบแซนโทนหลายชนิดและที่มีปริมาณมากที่สุดคือ สารประกอบแอลฟาแมงโกสติน

การทดลองตกผลึกสารประกอบแซนโทนในบทปฏิบัติการที่ 1 ผลการทดลองพบว่า สามารถแยกสารประกอบแซนโทนออกจากสารละลายได้ โดยให้ตกผลึกในตัวทำละลายผสมระหว่างเอทานอลและน้ำ สอดคล้องกับหลักการตกผลึกของ สุภาพ บุญยรัตเวช; และเกษร วีระชาติ (2540 : 13-18) ที่กล่าวไว้ว่า การตกผลึกเป็นการแยกสารที่เป็นของแข็งที่ละลายได้ในของเหลวโดยทำให้สารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิสูง เมื่อทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลง ของแข็งจะแยกตัวออกมาเป็นรูปผลึก การเลือกตัวทำละลายยึดหลักที่ว่า สารที่มีสมบัติละลายกันยอมละลายซึ่งกันและกันได้ตามกฎหมาย like dissolves like ตัวทำละลายที่ใช้ อาจเป็นตัวทำละลายชนิดเดียวหรือตัวทำละลายผสม สารที่มีสภาพการละลายได้ต่างกันมากผสมกันอยู่สามารถแยกออกจากกันได้โดยอาศัยการตกผลึก

การแยกสารประกอบแซนโทนโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 ผลการทดลองพบว่า ระบบตัวพาที่เหมาะสมใช้ในโครมาโทกราฟีแบบกระดาษเพื่อแยกสารประกอบแซนโทนคือ สารละลายผสม 6% เอทานอลในเฮกเซน เมื่อนำระบบไปทดลองแยกสารประกอบแซนโทนและสารประกอบแอลฟาแมงโกสตินโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ พบว่า แยกได้องค์ประกอบเพียงชนิดเดียวและมีค่า R_f เท่ากัน หรือใกล้เคียงกับสารประกอบแอลฟาแมงโกสตินแสดงว่า สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้เป็นสารไม่บริสุทธิ์ มีสารประกอบแอลฟาแมงโกสตินเป็นองค์ประกอบหลัก และมีสารอื่นปนแต่มีปริมาณน้อยและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ นิจศิริ เรืองรังษี และพยอม ดันติวัฒน์ (2534 : 47-48) ที่พบว่า ในเปลือกผลมังคุดประกอบด้วยสารประกอบแซนโทนหลายชนิด เช่น สารประกอบแอลฟาแมงโกสติน สารประกอบบีตาแมงโกสติน เป็นต้น ในการแยกสารด้วยโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ อาศัยสมบัติการละลายหรือการแบ่งส่วนการละลายของสารที่แยกในตัวทำละลายและตัวดูดซับ และสมบัติการถูกดูดซับของสารโดยตัวดูดซับ ถ้าสารละลายในตัวทำละลายได้ดีจะถูกดูดซับได้น้อย ทำให้เคลื่อนที่บนตัวดูดซับได้เร็ว (จินดา แทมบรรจง. 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า) สารผสมที่แยกได้หลายส่วนแสดงว่า เป็นสารไม่บริสุทธิ์ แต่ถ้าแยกได้สารเดียวอาจเป็นสารบริสุทธิ์หรือเป็นของผสมที่ให้ค่า R_f เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน พบว่าสารหนึ่งๆ จะมีค่า R_f คงที่ ถ้าใช้ระบบตัวทำละลายชนิดเดียวกัน ทำที่สภาวะเดียวกัน (อัจฉนา วงศ์ชัยสุวัฒน์; ศิริรัตน์ วงศ์ศิริ; และ จำลอง มังคละมณี. 2534 : 27-29)

3. การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทน ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 ในการทดสอบสมบัติการละลายของสารประกอบแซนโทนในตัวทำละลายชนิดต่างๆ ผลการทดลองพบว่า สารประกอบแซนโทนเป็นสารประกอบชนิดมีขั้วละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว ไม่ละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว แต่ความมีขั้วของสารประกอบแซนโทนไม่สูงมากจึงไม่ละลายน้ำ ซึ่งประเสริฐ

ศรีไพโรจน์ (2544 : 92) กล่าวว่า สารที่มีสมบัติคล้ายกันย่อมจะละลายซึ่งกันและกันได้ โดยทั่วไปแล้ว ตัวทำละลายที่มีขั้วเหมาะสมกับสารที่มีขั้วและตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วเหมาะสมกับสารที่ไม่มีขั้ว วันดี กฤษณพันธ์. (2536ก : 137-138) กล่าวว่า แรงเกี่ยวข้องในการละลายของสารในตัวทำละลาย สารที่มีทั้งอะตอมผู้ให้และไฮโดรเจนว่องไว สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับตัวทำละลายได้ดีก็จะละลายได้ดี

ทดสอบความเป็นกรด เบสของสารประกอบแซนโทน ผลการทดลองพบว่า สารประกอบแซนโทนมีสมบัติเป็นกรดอ่อน ละลายได้ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% และไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส พบว่า สารประกอบแซนโทนเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารจำพวกโพลีฟีนอล (วันดี กฤษณพันธ์. 2536ก : 89) มีสมบัติคล้ายสารจำพวกฟีนอล ซึ่งมีสมบัติเป็นกรดอ่อน ละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แต่ไม่ละลายในสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (สุภาพ บุญะรัตเวช. 2522 : 123-124)

ทดสอบหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทน ผลการทดลองพบว่า สารประกอบแซนโทนให้ผลการทดสอบเป็นบวกกับน้ำโบรมีน สารละลายไอโรอน(III)คลอไรด์ และสารละลายซิริกในเตรตริเอเจนต์ นอกจากนี้ให้ผลการทดสอบเป็นบวกกับสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน เช่นเดียวกับแอลดีไฮด์และคีโตน แสดงว่า สารประกอบแซนโทนเป็นสารจำพวกฟีนอลและมีหมู่คาร์บอนิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน สอดคล้องกับการศึกษาของ วันดี กฤษณพันธ์. (2536ก : 89) และ นริศรา สุวรรณโกษณ์ (2545 : 5) ที่พบว่าสารประกอบแซนโทนเป็นสารจำพวกโพลีฟีนอล มีโครงสร้างพื้นฐานเป็น xanthene - 9 - one สารประกอบแซนโทนพบได้หลายชนิดขึ้นอยู่กับชนิดของหมู่แทนที่ที่ตำแหน่งต่างๆ ในโครงสร้างหลัก ชนิดของหมู่แทนที่ที่พบได้แก่เมทอกซิล ไฮดรอกซิล ไอโซพรีนิล เป็นต้น

ทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาไซยานิดิน เมื่อนำสารสกัดจากผลมังคุดมาทำปฏิกิริยากับโลหะแมกเนเซียม และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น พบว่ามีฟองก๊าซเกิดขึ้น และสารละลายมีสีส้มถึงแดง เมื่อเติมน้ำ และออกทานอล สารละลายแยกเป็น 2 ชั้นๆ บนมีสีแดงจนถึงสีม่วงแดง แสดงว่า สารสกัดจากผลมังคุดเป็นสารประกอบแซนโทน ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของวันดี กฤษณพันธ์ (2536ก : 93-94) และ อ้อมบุญ ล้วนรัตน์ (2536 : 109) ที่พบว่าการตรวจสอบสารประกอบแซนโทนโดยใช้ปฏิกิริยาไซยานิดิน เพื่อใช้ทดสอบแกมมา-เบนโซไพโรนนิวเคลียส (γ -benzopyrone nucleus) ของพวกสารประกอบแซนโทน ซึ่งให้ผลการทดสอบเป็นบวกได้สารละลายสีแดงจนถึงม่วงแดง

การหาจุดหลอมเหลวของสารประกอบแซนโทน จากการทดลองพบว่า สารประกอบแซนโทนมีจุดหลอมเหลวสูง และมีช่วงจุดหลอมเหลวกว้าง แสดงว่าไม่ใช่สารบริสุทธิ์เพียงชนิดเดียว แต่ประกอบด้วยสารประกอบแซนโทนหลายชนิดปนกันอยู่ สารประกอบแซนโทนที่พบปริมาณมากที่สุดคือ สารประกอบแอลฟาแมงโกสทินมีจุดหลอมเหลว 182-183 °C สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าสารประกอบแอลฟาแมงโกสทิน ซึ่งเป็นไปตามหลักการที่ว่า สารบริสุทธิ์จะ

มีจุดหลอมเหลวคงที่แน่นอนและช่วงของจุดหลอมเหลวจะแคบ (ไม่เกิน 2°C) ส่วนสารไม่บริสุทธิ์จะมีช่วงของจุดหลอมเหลวกว้างและจะหลอมเหลวหมดที่อุณหภูมิต่ำกว่า จุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์ (สุภาพ บุญยะรัตเวช. 2522 : 9-10)

การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่ในบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่ 4 ผลการทดลองพบว่า สามารถนำสารประกอบแซนโทนไปเป็นส่วนประกอบของสบู่ เพื่อเพิ่มคุณภาพของสบู่ได้ สบู่ที่ได้มีสมบัติชำระล้างได้ดีมีฟองมาก มีค่า pH 8-10 สอดคล้องกับผล การศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2545 : 109) ที่พบว่าสบู่ที่ดีควรมีค่า pH 8-10 เพื่อให้ผิวหนังที่สัมผัสสบู่ ภายหลังล้างออกสามารถปรับสภาพกลับเช่นเดิมอย่างรวดเร็ว ไม่รู้สึก ระคายเคือง การทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันและด่างจึงต้องทำให้กรดไขมันและด่างทำปฏิกิริยา หมดพอดี หรือด่างทำปฏิกิริยาหมดและมีไขมันเหลือเล็กน้อยประมาณ 5-8% สอดคล้องกับการ ศึกษาของ วันดี กฤษณพันธ์. (2536ข : 317) กล่าวว่าสารประกอบแซนโทนที่สกัดจากเปลือกมังคุด มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Staphylococcus aureus* ซึ่งทำให้เกิดหนองโดยเฉพาะสารประกอบแมงโกสทิน เป็นสารที่มีฤทธิ์ และมีสมบัติลดการอักเสบได้ดีที่สุด นำมาใช้ผสมในเครื่องสำอาง ได้แก่ เจล และสบู่ ล้างหน้า ครีมบำรุงผิว และครีมป้องกันผิว

ตอนที่ 2 การพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัด และแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

ผู้วิจัยได้นำผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด จำนวน 4 บท ในแต่ละบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 เป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และส่วนที่ 3 เป็นเอกสารรายงานผลการ ทดลอง สรุปผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แล้วนำบทปฏิบัติการที่ พัฒนาขึ้นไปประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พบว่าผลการประเมินคุณภาพของบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก การพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสาร ประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ทั้ง 4 บท ได้พัฒนาจากพื้นฐานการทดลองในห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของการทดลอง เวลาที่ใช้ทดลอง การใช้อุปกรณ์และสาร เคมีที่เหมาะสมกับระดับชั้นที่ใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งรูปแบบของการทดลองในแต่ละบทปฏิบัติ การ มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เน้นการทดลองด้วยตนเอง มีการทำงานเป็นกลุ่ม ฝึกให้ นักเรียนคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ (อรทัย วิเศษสกุล. 2534 : 11) ในแต่ละบทปฏิบัติการเน้นบูรณาการระหว่างหลักการและทฤษฎีในสาระพื้นฐาน สาระที่ 3 สาร และสมบัติของสาร กับการนำทรัพยากรในห้องถิ่นมาประยุกต์ใช้อย่างสอดคล้องลงตัวกับสภาพและ ความต้องการของท้องถิ่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวิช แจ่มจำรัส (2545 : 86) ที่ได้ศึกษาและ

พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง นำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในห้องถิ่น ซึ่งสอดคล้องกับสภาพการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน ที่ส่งเสริมให้นำความรู้ในห้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน และนักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ที่มีในห้องถิ่น สามารถนำวัสดุที่เหลือใช้เหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ นักเรียนสามารถถ่ายโยงความรู้ที่ได้จากการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชน และท้องถิ่นของตน ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ อมร รักษาสัตย์ (2537 : 7) และอารีรัตน์ วัฒนสิน (2534 : 2) ที่กล่าวว่าหลักสูตรวิทยาศาสตร์จะต้องบรรจุเนื้อหาที่เป็นประโยชน์ต่อท้องถิ่น และมีการปฏิบัติจริง (เปรมจิตร บุญสาย. 2541 : 384; อ้างอิงจาก อมร รักษาสัตย์. 2537 : 7 และ อารีรัตน์ วัฒนสิน. 2534 : 2)

ประการที่สอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด โดยใช้ข้อมูลจากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นไปตามหลักการ ทฤษฎี และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยในแต่ละบทปฏิบัติการ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งทั้งสองส่วนนักเรียนมีส่วนร่วมในการศึกษาและลงมือปฏิบัติทดลองจริง ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นส่วนที่นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเอง จะเห็นว่าทุกส่วนประกอบมีความเหมาะสม ชัดเจนและต่อเนื่องเป็นลำดับช่วยให้นักเรียนได้คิดเป็น ทำเป็น ซึ่งแต่ละบทปฏิบัติการได้ผ่านการตรวจสอบแก้ไขตามข้อเสนอแนะของประธาน และกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท และได้ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาขององค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก จากนั้นนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนี้ไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่มีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมในด้านองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อย 9 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเครื่องมือที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน ปรับแก้แล้วนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริกานต์ ผาสุข (2543 : 235) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เรื่องการสกัด และแยกองค์ประกอบทางเคมีจากพืชสมุนไพรในห้องถิ่นจำนวน 8 บทปฏิบัติการ ประเมินโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องความคิดเห็นเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 3 ส่วน พบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพสามารถนำมาใช้ประกอบการสอนได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้เป็นอย่างดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทรจิรา จุมพลผล (2546 : 110) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตและตรวจสอบสารอาหารในเห็ดภูฐาน ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น 4 บทปฏิบัติการ ที่ผ่านการประเมินมีคุณภาพระดับดีมากและเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ประการที่สาม บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทน จากผลมังคุด เป็นบทปฏิบัติการที่นักเรียนได้ทดลองด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนได้ฝึกความสามารถ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการทำการทดลองให้สูงขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียนสูงขึ้น และนักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ โดยรูปแบบการทดลองของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนได้สร้างองค์ ความรู้รวมจากการได้ทดลองด้วยตนเองโดยมีครูเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำ รู้จักการทำงานเป็นกลุ่ม และรับผิดชอบงานร่วมกัน มีการประเมินผลตามสภาพจริงควบคู่ไปกับการเรียนการสอน เพื่อให้ นักเรียนเกิดความรู้ ความสามารถ และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อท้องถิ่น สอดคล้องกับแนวคิดของ ฌ็องรูฟงซ์ เจริญพิทย์ (2546 : 5-6) กล่าวว่า หลักสูตรแบบอิงมาตรฐานที่ ใช้ในปัจจุบันให้ความสำคัญกับผลการเรียนรู้ ที่เป็นแก่นสารอันพึงจะเกิดขึ้นในฝ่ายผู้เรียนตามหลัก การผู้เรียนสำคัญที่สุด โดยเน้นให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ในลักษณะเชื่อมโยงต่อเนื่อง กันระหว่างประเด็นสาระต่างๆ และต่อยอดให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้นภายในประเด็นสาระเดียวกันตามหลักการ ของหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนแบบเกลียวสว่าน (spiral approach) ที่มุ่งพัฒนานักเรียน ให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทั้งในด้านความจริง (ความรู้) ความงาม (ความสามารถ) และความดี (การแสดงออก) สอดคล้องกับการศึกษาของ ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 171) กล่าวว่า การสอนด้วย บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการ เรียนการสอน ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดความรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ และการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ โอเคบูโคลา (Okebukola. 1985 : 221-231) พบว่า พฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ กับทักษะการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการทาง วิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันทางบวก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรุมา ละมุล (2541 : 123) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะ ที่ใช้ สอนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์สูงขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าวทำให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบ แซนโทนจากผลมังคุด ทั้ง 4 บท มีคุณภาพ และความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเรียนการสอน สำหรับนักเรียนอยู่ในระดับดีมาก

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้ โดยวัดผลการเรียนรู้ของ

นักเรียนจากการทำแบบทดสอบปรนัย และแบบทดสอบอัตนัย ประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้-ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ และผลการเรียนรู้ในเชิงภาพรวมด้วยการตรวจพิจารณาผังมโนทัศน์ของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เน้นการปฏิบัติการทดลอง ยึดการเรียนรู้ที่เกิดจากการกระทำ ให้ผู้เรียนได้ค้นพบด้วยตนเองเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายสำหรับผู้เรียน และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ สอดคล้องกับงานการศึกษาของ บรูเนอ (สฺวรงค์ ไควตระกูล, 2544 : 215; อ้างอิงจาก Bruner, 1960 : 182) ที่ว่าในกิจกรรมการเรียนการสอน ควรยึดการเรียนรู้ที่เกิดจากนักเรียนเป็นผู้กระทำหรือเป็นผู้แก้ไขปัญหาเอง เป็นการเพิ่มพลังทางสติปัญญาแก่นักเรียน ทำให้รู้จักการแก้ปัญหาด้วยการค้นพบ สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ นักเรียนจะจำสิ่งที่เรียนรู้ได้ดีและได้นาน ซึ่งกิจกรรมปฏิบัติการทดลองในบทปฏิบัติการจะช่วยส่งเสริมให้ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลอง และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของเปรมจิตร์ บุญสาย (2541 : บทคัดย่อ) ที่ศึกษาการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้น มีผลการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ) และด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ภายหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง และนักเรียนกลุ่มทดลองมีผลการเรียนหกด้านดังกล่าวสูงกว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรเดิมของ สสวท. สอดคล้องกับงานวิจัยของ กานต์รวี ใจงาม (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น พบว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 บทที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพในด้านความรู้ 79.15/82.79 มีประสิทธิภาพด้านทักษะปฏิบัติ 84.54/86.70 และนักเรียนร้อยละ 75 มีความพึงพอใจในการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรพล วิหคไพบูลย์ (2543 : บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนามบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพในระดับมาก และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80.57/80.06 นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังการสอนแตกต่างกัน

ประการที่สอง การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุดนั้น ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่านักเรียนเรียนอย่างสนุกสนาน มีความ

กระตือรือร้น สนใจต่อการเรียนเป็นอย่างมาก เนื่องจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงอย่างเป็นขั้นตอน ฝึกการทำงานเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน มีการนำทรัพยากรในห้องถิ่นมาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับความรู้พื้นฐานของนักเรียน ทำให้เป็นบทเรียนที่มีความหมายใกล้ตัวผู้เรียน มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงทั้งเนื้อหาและกระบวนการ ในขั้นตอนของการเรียนด้วยบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนมีโอกาสดูฝึกความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการคำนวณ ทักษะการทดลอง ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป รวมทั้งความสามารถในการทำการทดลอง ฝึกให้นักเรียนรู้จักการวางแผนการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง การจัดทำรายงานผลการทดลองและตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการทดลอง นักเรียนมีโอกาสดูฝึกการทำงานเป็นกลุ่มและเป็นรายบุคคล ด้วยเหตุนี้ทำให้นักเรียนได้พัฒนาทั้งในด้านความคิดและความสามารถ จึงเห็นได้ว่าการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถสูงขึ้น ส่งผลให้ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้สูงขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อัล รูวาชิด (Al-Ruwashid, 1984 : 1357-A.) พบว่า การเรียนการสอนที่ใช้การบรรยายกับการทำบทปฏิบัติการ มีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเพิ่มมากกว่าการเรียนการสอนที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว สอดคล้องกับผลการวิจัยของ สมิต (Smith, 1994 : 2528-A) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนทั้งแบบบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยายอย่างเดียว สอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญยิ่ง วรรณศิริกุล (2540 : 81) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติ และสอดคล้องกับงานวิจัยของวิโรจน์ เฉลยสุข (2541 : 75) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่สอนแบบปกติ

ประการที่สาม จากการศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ จากการทำแบบทดสอบปรนัย และแบบทดสอบอัตนัย ประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้-ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ในพฤติกรรมทั้ง 4 ด้าน สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนโดยวิธีการสอนแบบปกติ แต่เมื่อพิจารณาผลการเรียนรู้ในเชิงภาพรวม ด้วยการตรวจพิจารณาผังมโนทัศน์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันเนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการสอนนักเรียนกลุ่มควบคุมโดยใช้เนื้อหา และขั้นตอนการเรียนการสอนแบบเดียวกับ การสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพียงแต่นักเรียนไม่ได้ลงมือทดลองจริง แต่ใช้การสาธิตการทดลองและบรรยายโดยใช้สื่อที่ทำจากโปรแกรมพาวเวอร์พอยท์ที่น่าสนใจ นักเรียนได้ลงมือบันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และตอบปัญหาท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองเช่นเดียวกับ

นักเรียนกลุ่มทดลอง ขาดแต่การฝึกด้านความสามารถ ดังนั้นนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีผลการเรียนรู้เชิงภาพรวมใกล้เคียงกัน อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มทำผังมโนทัศน์นอกเวลาเรียนเป็นรายบุคคล นักเรียนจึงมีเวลาที่จะใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดความคิดรวบยอดจนสามารถสรุปออกมาเป็นผังมโนทัศน์ได้ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทำให้ผลการเรียนรู้เชิงภาพรวมของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเวลาผ่านไปนักเรียนกลุ่มทดลองจะมีความทนในการเรียนได้นานกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม สอดคล้องกับงานวิจัยของ ไฮน์ซ์ และโนแวก (Heinze; & Novak.. 1990 : 461-472) ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยมีการใช้ผังมโนทัศน์และนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยไม่ใช้ผังมโนทัศน์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสองกลุ่ม เมื่อวัดผลการเรียนรู้ในครั้งแรก เมื่อทำการทดสอบภายหลังจากนั้น 2 สัปดาห์ และ 6 สัปดาห์ พบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยมีการใช้ผังมโนทัศน์จะมีความทนในการเรียน และประสิทธิภาพของการเรียนจะแตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ โบโดลัส (Bodolus. 1987 : 3387-A) ได้ศึกษาวิธีการใช้ผังมโนทัศน์เพื่อช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ ในด้านการเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงเจตคติ พบว่า กลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์กับการสอนแบบปกติมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการสอนแบบปกติ และไม่ได้ใช้ผังมโนทัศน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์ มีคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ นิมิตร มาศเกษม (2517 : 34-35) ที่ได้ทดลองสอนวิทยาศาสตร์กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยวิธีสาธิตและวิธีปฏิบัติการทดลอง ผลปรากฏว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติและสอดคล้องกับงานวิจัย ของบัญญัติ เพ็ญระนะ (2542 : 61) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนโดยวิธีการเรียนรู้ด้วยตนเองกับการสอนโดยวิธีแบบปกติ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันในทุกด้าน

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาผลการเรียนรู้อัตตาธิปไตยด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งนักเรียนกลุ่มควบคุมเรียนโดยวิธีการสอนแบบปกติ ไม่ได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้ไม่ได้รับการฝึกความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการทำการทดลอง ทำให้เสียเปรียบนักเรียนกลุ่มทดลองเนื่องจากแบบทดสอบปรนัยเน้นการวัดพฤติกรรมด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ และด้านความรู้-ความจำ ตามลำดับ ซึ่งโน้มเอียงไปทางนักเรียนกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบทดสอบอัตนัยที่เน้นพฤติกรรม ด้านความเข้าใจ ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ด้านความรู้-ความจำ และด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตามลำดับ เน้นการวัดพฤติกรรมกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากแหล่งเรียนรู้ ในการวัดผลเชิงภาพรวมด้วยการทำผังมโนทัศน์ นอกจากนี้ในแบบทดสอบปรนัยไม่ได้เจาะลึกในเรื่องสารประกอบแขนโทน แต่เน้นทฤษฎีและหลักการที่เป็นสาระ

พื้นฐาน สารที่ 3 สารและสมบัติของสาร โดยผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ และผ่านการทดลองใช้กับนักเรียน 110 คน ซึ่งไม่ใช่เรียนกลุ่มตัวอย่าง และมีค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.76 และมีค่าความเชื่อมั่น 0.80 ซึ่งเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้เป็นอย่างดี ดังนั้นเมื่อทำการประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แบบทดสอบปรนัย แบบทดสอบอัตนัย และการทำผังมโนทัศน์ จึงสามารถวัดพฤติกรรมของนักเรียนทั้งสองได้อย่างครอบคลุม

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติ

2. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 7 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการคำนวณ ทักษะการทดลอง ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยของทักษะทุกด้าน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และเมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน พบว่ามีค่าร้อยละ 67.75 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ที่พัฒนาขึ้นเน้นการปฏิบัติทดลองจากการนำทรัพยากรในห้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ดังนั้นในแต่ละบทปฏิบัติการมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน คล่องแคล่ว ถูกต้อง และแม่นยำ (วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540 : ค) เริ่มจากการกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน ปฏิบัติการทดลอง บันทึกผลการทดลองสรุปผลการทดลองและตอบคำถามท้ายการทดลอง เพื่อให้นักเรียนเกิดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ควบคู่ไปกับผลการเรียนรู้ด้านความสามารถ (ความงาม) สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้ในแต่ละบทปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง เล็งเห็นประโยชน์ของการนำทรัพยากรในห้องถิ่นมาสัมพันธ์กับบทเรียน จากการเริ่มสกัดสาร การแยกสาร การทดสอบสมบัติ และการนำสารที่สกัดได้ไปใช้ประโยชน์ นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ฝึกปฏิบัติทดลอง การใช้เครื่องมืออุปกรณ์ ฝึกการแก้ปัญหาและสามารถค้นพบหลักการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน (ภพ เลหาไพบุลย์. 2542 : 171) จากการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการประเมินความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน โดยให้นักเรียนประเมินตนเองและจากการสังเกตพฤติกรรมขณะทำการทดลองในบทปฏิบัติการแรก ทำการประเมินภายหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการ

วิทยาศาสตร์โดยผู้วิจัยและผู้ร่วมประเมิน 2 ท่าน ประเมินนักเรียนขณะปฏิบัติการทดลองและภายหลังการทดลอง ทำให้สังเกตเห็นพัฒนาการของนักเรียนด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องในแต่ละบทปฏิบัติการ และเห็นความสนใจใฝ่รู้ที่เกิดขึ้นในตัวของผู้เรียน ส่งผลให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น มีความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ เกเบิล และรับบา (Gable; & Rubba. 1977 : 503-511) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการสอนและประสบการณ์ของการฝึกสอนที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักศึกษาคูที่ได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการเพิ่มเติม จะมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกเพิ่มเติม สอดคล้องกับงานวิจัยของ พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544 : 58) ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชลิตา พันธุ์อ่อน (2545 : 134) ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตและการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาหมึก พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีผลการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จำรัส อินทลาภาพร (2545 : บทคัดย่อ) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ประการที่สอง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยทำการประเมินความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบประเมินความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับ ในแต่ละทักษะมีการประเมินเป็นขั้นตอน ดังนั้นการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จึงเป็นการฝึกให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติทดลองด้วยตนเองอย่างเป็นขั้นตอน นักเรียนได้ฝึกความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ที่เป็นทักษะขั้นพื้นฐาน ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ และทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะขั้นบูรณาการ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป อย่างต่อเนื่องในแต่ละบทปฏิบัติการ เป็นการฝึกความคิดอย่างมีระบบเพื่อแสวงหาความรู้และนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 14) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ ซึ่งเป็นกระบวนการทางปัญญา ดังนั้นนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้ จึงได้รับการฝึกฝนพฤติกรรมด้านความสามารถ หรือความงามของการเป็นนักวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในตัวของผู้เรียนขณะทำการทดลองในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องกันไปทุกบทปฏิบัติการซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 86) ที่กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะพื้นฐานของพฤติกรรมเชิงความสามารถของการเป็นนักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเป็นทักษะสำหรับการประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตอย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ

แนวคิดของ สุวิมล เขียวแก้ว (2527 : 20) ที่ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการได้ฝึกฝนความคิดอย่างมีเหตุผลและมีระบบ พฤติกรรมนี้จะสะสมขึ้นในตัวผู้เรียนในขณะที่ทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวิชาอื่นได้อย่างกว้างขวาง ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษนั้น แตกต่างจากบทปฏิบัติการอื่นตรงที่มีทักษะการคำนวณ พบว่านักเรียนมีทักษะการคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละหลังเรียนสูงถึงร้อยละ 87.20 เนื่องจากการเป็นคำถามอย่างง่าย นักเรียนเคยผ่านการฝึกมาแล้วในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า ความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 7 ทักษะของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนี้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน พบว่ามีค่าร้อยละ 67.75 หรือระดับปานกลาง ทั้งนี้จากการสังเกตและประเมินผลก่อนเรียนของผู้วิจัย พบว่า นักเรียนมีความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานไม่เท่าที่ควร แต่เมื่อเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิโรจน์ เฉลยสุข (2541 : 71) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่สอนแบบปกติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ เนื้อทอง น่ายี (2544 : 83) พบว่าความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการสอนโดยครูเป็นผู้สอนแตกต่างกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวิช แจ่มจำรัส (2545 : 77) ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น : กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน หรือนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ ของผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนพบว่ามีค่าร้อยละ 67.75 อยู่ในระดับปานกลาง

3. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง โดยใช้แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน ในด้านการวางแผนการทดลอง และด้านการปฏิบัติการทดลองประเมินพฤติกรรมขณะปฏิบัติการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลองประเมินผลหลังการทดลอง เมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมแต่ละด้านและใน

ภาพรวมทั้ง 3 ด้าน ของทุกบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความสามารถในการทำการทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองหลังเรียน พบว่ามีค่าร้อยละ 73.84 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 3 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก กิจกรรมการเรียนการสอนในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัด และแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ฝึก คิดและลงมือปฏิบัติทดลองด้วยตนเองอย่างเป็นระบบ มีกระบวนการอย่างต่อเนื่อง และมีการทำงาน ร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยกำหนดกรอบพฤติกรรมไว้ 3 ด้าน คือ 1) ด้านการวางแผนการทดลอง นักเรียน ต้องมีการปรึกษาหารือเพื่อทำความเข้าใจขั้นตอนการทดลอง มีการวางแผนการทดลอง แบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบกันภายในกลุ่ม และสามารถปรับปรุงแนวทางการทำการทดลองได้อย่างเหมาะสม ก่อนลงมือปฏิบัติการทดลอง 2) ด้านปฏิบัติการทดลอง ในการปฏิบัติการทดลองนักเรียนจะต้องลง มือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งประกอบด้วยเทคนิคการทดลอง ความคล่องแคล่วในการทดลอง ความสะอาดและความเป็นระเบียบ และ 3) ด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ประเมินความสามารถในการทำการทดลอง ก่อนเรียนโดยให้นักเรียนประเมินตนเองและจากการสัมภาษณ์ สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในบท ปฏิบัติการแรก ทำการประเมินภายหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้วิจัยและผู้ร่วม ประเมิน 2 ท่าน ประเมินในขณะที่ปฏิบัติการทดลองและภายหลังการทดลอง ผู้วิจัยพบว่าในบทปฏิบัติ การแรกนั้นนักเรียนไม่มีการวางแผนหรือแบ่งงานกันทำ ไม่ศึกษาบทปฏิบัติการล่วงหน้าก่อนเรียน ขาดทักษะการใช้อุปกรณ์และปฏิบัติการทดลองพื้นฐานที่ถูกต้อง จากผลการประเมินในบทปฏิบัติ การที่ 1 ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ และพยายามปรับปรุงพฤติกรรมปฏิบัติการทดลองให้ดีขึ้น ส่งผลให้ การทดลองในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ต่อมาประสบความสำเร็จดีขึ้น โดยแสดงออกได้จากการ ปฏิบัติการทดลอง การวางแผน การดำเนินการ การตัดสินใจและแก้ปัญหาได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนิชำนาญ สอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของแกนนีย์ (สรวงศ์ ใ้วตระกูล. 2544 : 282; อ้างอิงจาก Gagne'. 1985 : unpagged) กล่าวว่า ทักษะปฏิบัติ (motor skills) เป็นการใช้อยวัยวะ ภายนอกของร่างกายในส่วนที่เคลื่อนไหวได้ ปฏิบัติกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งด้วยความรวดเร็ว คล่องแคล่ว กระฉับกระเฉง และถูกต้อง สอดคล้องกับแนวคิดของ ฌ็องฌูฟงซ์ เจริญพิทย์ (2542 : 82) กล่าวว่าพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติ หรือความสามารถในการทำการทดลองเป็นพฤติกรรม เกี่ยวกับกลไกและการปฏิบัติมุ่งผลที่ความคล่องแคล่วและชำนาญ ดังนั้นในกิจกรรมการเรียนการ สอนจึงควรจัดกิจกรรมแบบปฏิบัติการทดลอง ซึ่งเหมาะสมที่จะส่งเสริมความรู้ให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียน เพราะเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้ และทักษะปฏิบัติทดลองวิทยาศาสตร์จะทำให้ผล สัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงขึ้น (ศิริกานต์ ผาสุข. 2543 : 251; อ้างอิงจาก Gagne'. 1986 : 154; ราเมศ เสียบสื่อตระกูล. 2530 : บทคัดย่อ) ดังนั้นการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในครั้งนี้ จึงส่งผลให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีการฝึกความ สามารถด้านทักษะปฏิบัติการทดลอง และเกิดการเรียนรู้จากการได้ปฏิบัติจริง ซึ่งสอดคล้องกับงาน

วิจัยของบีสลีย์ (Beasley. 1979 : 5428-5436A) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการฝึกทักษะปฏิบัติการทดลองแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับงานวิจัยของ จีรพรณ์ ทะเขียว (2543 : 82) พบว่า ทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรยมล บัวศิริ (2546 : 92) พบว่า การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ทุกบทปฏิบัติการทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

ประการที่สอง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนี้สอดคล้องกับแนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในปัจจุบันที่เน้นกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง ให้นักเรียนได้ฝึกคิดและลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง รู้จักการแก้ปัญหา มีความรับผิดชอบ เป็นการพัฒนานักเรียนไปสู่การเป็นคนดี คนเก่งและมีความสุข สามารถนำความรู้ที่เรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันอันจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อท้องถิ่น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2544 : 1-4) และสอดคล้องกับหลักสูตรที่ต้องการเชื่อมโยงบูรณาการเนื้อหาในบทเรียน ให้สอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียนเพื่อตอบสนองความต้องการของท้องถิ่น ด้วยการนำทรัพยากรในท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์ เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ เป็นบทเรียนที่มีความหมายต่อนักเรียน ทำให้นักเรียนสนใจกระตือรือร้นที่จะเรียน นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองได้ดีและแสดงพฤติกรรมด้านความสามารถในการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนิชำนาญ และแสดงออกได้อย่างอัตโนมัติ จนสามารถสร้างองค์ความรู้ขึ้นได้เอง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของBruner (สรวงศ์ ไคว้ตระกูล. 2544 : 215; อ้างอิงจาก Bruner. 1960 : 182) ที่เน้นการเรียนรู้โดยให้นักเรียนเป็นผู้กระทำ หรือแก้ปัญหาเองด้วยการค้นพบและสามารถนำไปใช้ได้ ทำให้นักเรียนสามารถจำสิ่งที่เรียนรู้ได้ดีและได้นาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชาร์ล (Charles. 1987 : 891-A) ผลการวิจัยพบว่า ความรู้ด้านปฏิบัติการระดับการพัฒนาสติปัญญา และกลวิธีการสอนมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ และกลวิธีการสอนที่เลือกใช้การปฏิบัติการทดลองทำให้เพิ่มความรู้ความเข้าใจมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวิช แจ่มจำรัส (2545 : 78) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในห้องดินมีทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 86.75 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฉัตรชัย วายูวรรณ (2546 : 80) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้ประโยชน์จากฟางข้าว มีผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน หรือนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความสามารถในการทำการทดลองสูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองหลังเรียนพบว่ามีค่าร้อยละ 73.84 อยู่ในระดับดี

4. เจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีเจตคติในด้านความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ไปใช้ และโดยภาพรวมทั้ง 3 ด้าน พบว่า เจตคติที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนพบว่ามีค่าร้อยละ 85.87 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทน จากผลมังคุดที่พัฒนาขึ้นมีเนื้อหาและกิจกรรมเป็นที่พึงพอใจของนักเรียน เนื่องจากมีเนื้อหา และวิธีการทดลองที่แปลกใหม่ไม่เหมือนกับที่นักเรียนเคยเรียนมาก่อน นักเรียนรู้จักการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างถูกต้อง คล่องแคล่ว และปลอดภัย ทำให้สนุกสนาน ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ กมลรัตน์ ก้องหล้า (2523 : 242) กล่าวว่า การจัดสิ่งแวดล้อมหรือประสบการณ์ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจ และสนุกสนาน นักเรียนได้ลงมือกระทำเอง และมีส่วนรับผิดชอบต่อสิ่งนั้น ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ ภาคภูมิใจต่อบทเรียนนั้นๆ ส่งผลให้เกิดเจตคติในทางบวก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จำรัส อินทลาภาพร (2545 : 127) พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นม มีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรยมล บัวศิริ (2546 : 105) พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร มีเจตคติด้านความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น สูงกว่าระดับดี

ประการที่สอง กิจกรรมการเรียนการสอนในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด เน้นการทดลองซึ่งเป็นหัวใจของวิชาเคมี นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ค้นคว้าด้วยตนเอง เป็นการฝึกทักษะปฏิบัติควบคู่กับการฝึกคิด นักเรียนมีโอกาสได้อภิปรายแสดงความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ร่วมกันทำงานเป็นกลุ่ม ทำให้รู้สึกสนุกกับการฝึกปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง มีความสุขที่ได้ร่วมทดลองกับเพื่อน นักเรียนมีความชอบ มีความพอใจ และอยากเข้าไปมีส่วนร่วมทำกิจกรรมในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีการนำหลักการ ทฤษฎีทางเคมีมาใช้ ช่วยให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในข้อเท็จจริง หลักการ มโนทัศน์ และข้อสรุปต่างๆ ของวิทยาศาสตร์ ดังนั้นเมื่อนักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ก็ย่อมส่งผลให้มีความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาวิชาด้วย (Richardson. 1957 : 70-73) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จอห์น ดับบลิว เรนเนอร์; ไมเคิล อาร์ อับราฮาม; และ ไฮเวิร์ด เอช เบอร์นี (อรพรรณ เหมภัทรสุวรรณ. 2532 : 70; อ้างอิงจาก Renner; Abraham; & Birnie. 1985 : pp. 649-663) ที่ว่าการปฏิบัติการทดลองทำให้เกิดเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการทดลองในทางบวก ทำให้จดจำและเข้าใจเนื้อหาดีขึ้น มีความคิดรวบยอด ทำให้ประสบความสำเร็จในการเรียนมากขึ้นด้วย

สอดคล้องกับการวิจัยของกองวิจัยทางการศึกษากรมวิชาการ (2541 : 58) พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรรถพรณ เหมภัทรสุวรรณ. (2532 : 69-70) พบว่าเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติทางเคมี มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความรู้ด้านปฏิบัติการเคมีของนักเรียน และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.67 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ในระดับสูง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัชนิกร ฤทธิรัชต์ (2546 : บทคัดย่อ) พบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนการสอนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยใช้บทปฏิบัติการในค่ายอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มการเรียนรู้ตามปกติ และมีเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่ากลุ่มการเรียนรู้ตามปกติ

ประการที่สาม ความรู้ที่นักเรียนได้รับจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และทรัพยากรในท้องถิ่นของนักเรียน มีการนำทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาสัมพันธ์กับบทเรียน ทำให้นักเรียนสนใจกระตือรือร้นที่จะศึกษา เพราะเห็นความสำคัญ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวิช แจ่มจำรัส (2545 : 89) ที่กล่าวว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น ที่พัฒนาขึ้น เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับชุมชนและท้องถิ่นของนักเรียน เมื่อนักเรียนได้เรียนแล้วสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน สามารถผลิตน้ำสกัดชีวภาพใช้ได้ด้วยตนเอง และเป็นการนำวัสดุที่เหลือใช้ที่มีอยู่ในชุมชน ท้องถิ่น มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ กานต์วี ใจงาม (2545 : 4) กล่าวว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น เป็นการพัฒนาความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ที่ทันสมัย เห็นคุณค่าของทรัพยากรในท้องถิ่น มีแนวคิดในการที่จะอนุรักษ์และประยุกต์ใช้ทรัพยากรต่างๆ ในท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด สามารถพัฒนาศักยภาพของนักเรียนในด้านความรู้ ทักษะปฏิบัติและเจตคติ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ จัตรชัย วายูวรรณะ (2546 : 77-80) กล่าวว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้ประโยชน์จากฟางข้าว เป็นบทปฏิบัติการที่เน้นการจัดกิจกรรมกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น เพื่อให้ นักเรียนเห็นคุณค่าของฟางข้าว ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของท้องถิ่นและมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตประจำวัน ส่งผลให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้สูงขึ้น มีผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี และมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีเจตคติด้านความรู้สึกรักนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และด้านการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ไปใช้สูงขึ้น เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมทั้ง 3 ด้าน พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือนักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนเฉลี่ยคิด

เป็นร้อยละของเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนพบว่ามีค่าร้อยละ 85.87 อยู่ในระดับดีมาก

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทน จากผลมังคุด ไปใช้ในการเรียนการสอนควรใช้ควบคู่กับคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ครูควรศึกษารายละเอียด ทุกขั้นตอน จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และทำการทดลองก่อนสอนทุกครั้ง ครูควรชี้แจงให้นักเรียนได้ศึกษาทำความเข้าใจในการใช้บทปฏิบัติการล่วงหน้าทุกครั้ง ในขั้นตอนอภิปรายก่อนการทดลองควรแนะนำการใช้อุปกรณ์และสารเคมี ขั้นตอนการทดลอง ตลอดจนการเขียนรายงานผลการทดลองและการจัดเก็บอุปกรณ์อย่างละเอียดเพื่อให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ขณะนักเรียนปฏิบัติการทดลองครูควรดูแลอย่างใกล้ชิด คอยแนะนำให้นักเรียน ระมัดระวังอันตรายในการใช้สารเคมี โดยเฉพาะในบทปฏิบัติการที่ 3 การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทน ซึ่งสารเคมีบางตัวมีความเข้มข้นสูงและเป็นอันตราย ควรวางสารไว้ในตู้ควั่นหรือที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก

1.3 ในบทปฏิบัติการนี้ตัวทำละลายที่ใช้เป็นสารไวไฟ ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการนำสารไปตั้งบนไฟโดยตรง ควรให้นักเรียนทำในอ่างน้ำร้อน ดังนั้นเพื่อความสะดวกและปลอดภัยครูควรเตรียมเตาไฟฟ้าหรืออ่างน้ำร้อนไว้ให้นักเรียนทดลอง

1.4 ในการทดลองทุกบทปฏิบัติการ โดยเฉพาะในบทปฏิบัติการที่ 2 การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ครูควรชี้แจงเน้นย้ำให้นักเรียน บันทึกผลการทดลองตามที่ทดลองได้จริง ไม่ควรสำเียงหรือบันทึกผลการทดลองตามความคิดของนักเรียน จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้

1.5 ในการแยกสารแอลฟาแมงโกสทินให้บริสุทธิ์ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 นั้น ครูผู้สอนควรตรวจสอบที่แยกได้ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเล็ต หรือทาด้วยสารเคมี เพื่อเป็นการตรวจสอบให้แน่ชัดว่าเป็นสารชนิดใด ทั้งนี้เพราะสารแต่ละชนิดให้ผลการทดสอบในลักษณะของตำแหน่งที่ปรากฏ และการเปลี่ยนแปลงของสีที่แตกต่างกัน

1.6 ครูผู้สอนอาจเลือกนำบทปฏิบัติการแต่ละบทไปประยุกต์ใช้เป็นกิจกรรมปฏิบัติการทดลองในการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้พื้นฐานหรือในช่วงชั้นอื่นได้ เนื่องจากผู้วิจัยไม่ได้มุ่งหวังเพียงให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 บท ใช้ในการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมเท่านั้น เพราะเนื้อหาแต่ละบทปฏิบัติการอาศัยหลักการ และทฤษฎีทางเคมีเฉพาะเรื่อง สามารถเรียนรู้จบเป็นบทๆ หรือเชื่อมโยงต่อเนื่องทุกบทก็ได้

1.7 ผู้วิจัยพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด สำหรับใช้ในการเรียนการสอน เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการ และทฤษฎีทางเคมีตามที่หลักสูตรกำหนด อาจไม่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เท่าที่ควร เพราะต้องทำตามวิธีการทดลองที่กำหนดไว้ในบทปฏิบัติการเพื่อให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนด ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ และคิดเป็น ครูควรแนะนำให้นักเรียนศึกษาค้นคว้า และทดลองเพิ่มเติมโดยการนำพืชสมุนไพรชนิดอื่นที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาศึกษาในรูปแบบของโครงงานวิทยาศาสตร์

1.8 ในการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการทดลอง ซึ่งใช้การประเมินผลการเรียนรู้เป็นรายบุคคล โดยการให้คะแนนแบบรูปรีค 5 ระดับ ซึ่งลำพังผู้วิจัยเพียงคนเดียวไม่สามารถประเมินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นเพื่อให้ผลการประเมินเชื่อถือได้ควรมีผู้ร่วมประเมินด้วย และควรจะศึกษาการให้คะแนนให้อยู่ในเกณฑ์เดียวกันก่อนนำไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งในความเป็นจริงทำได้ยาก เนื่องจากการเรียนการสอนในสภาพจริงนั้นมีครูสอนเพียงคนเดียว ดังนั้นครูผู้สอนอาจประเมินภาพรวมเป็นรายกลุ่มแทนได้ หรือให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน หรืออาจนำแบบประเมินนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแข่งขันกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เพื่อคัดเลือกนักเรียนเป็นตัวแทนโรงเรียน

1.9 ในการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ในกรณีที่มีกลุ่มควบคุมนั้น ควรสร้างแบบทดสอบให้ครอบคลุมทุกพฤติกรรม และให้ความสำคัญของทุกพฤติกรรมเท่าเทียมกัน เพื่อไม่ให้กลุ่มควบคุมเสียเปรียบ

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการวิจัยเกี่ยวกับสารประกอบแซนโทนในพืชชนิดอื่นที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่น ชะมวง ส้มแขก หรือทำการสกัดและแยกสารประกอบชนิดอื่นๆ เช่น แทนนิน แอนโธไซยานิน ปีเปอร์รีน ในพืชชนิดอื่นๆ เช่น เงาะ หว้า ส้มรอม และพริกไทย เป็นต้น

2.2 ควรทำการวิจัยเกี่ยวกับพืชชนิดอื่นๆ ที่มีอยู่ในท้องถิ่น นอกเหนือจากพืชสมุนไพรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น ยารักษาโรค สารกำจัดศัตรูพืช สีธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจากธรรมชาติ เป็นต้น

2.3 ควรศึกษาวิจัยถึงการนำสารประกอบแอลฟาแมงโกสทิน หรือสารประกอบแซนโทนตัวอื่น หรือสารประกอบชนิดอื่นๆ ที่สกัดได้จากพืชสมุนไพร ไปใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง อาหาร เครื่องดื่ม สีธรรมชาติ สารกำจัดศัตรูพืช หรือยารักษาโรค และทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์ หรือหาส่วนประกอบที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์นั้นๆ ให้มีคุณภาพดี เพื่อประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมควบคู่ไปกับการศึกษาวิจัยทางวิชาการ ในการค้นคว้าหาสารชนิดใหม่ๆ หรือศึกษาสมบัติการออกฤทธิ์ของสารนั้นๆ ในลักษณะครบวงจร แต่พึงระวังการนำสารสกัดจากพืชมาใช้รับประทาน ควรทำการศึกษาข้อมูลให้แน่ชัดก่อน เพราะพืชสมุนไพรบางชนิดไม่สามารถนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่เป็นอาหารและเครื่องดื่มได้

2.4 ควรศึกษาในด้านความเสถียรของสารที่สกัดได้แต่ละชนิด และปริมาณของสารที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ศึกษาความเหมาะสมในสัดส่วนของสารประกอบแอลฟาแมงโกสตินที่ใช้ในผลิตภัณฑ์สบู่ และศึกษาการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ที่วิจัยนั้น

2.5 ควรมีการศึกษาถึงผลการเรียนรู้ ความสามารถ ทักษะที่สำคัญของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับตัวแปรอื่นๆ เช่น ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการตัดสินใจ ความคิดวิเคราะห์ ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ ความคิดอย่างเป็นเหตุผล ความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ความคิดวิพากษ์วิจารณ์ เป็นต้น

2.6 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2-3 ตัว และความสัมพันธ์ของตัวแปรเหล่านี้กับผลการเรียนรู้ของนักเรียน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กมลรัตน์ หล้าสูงษ์. (2528). จิตวิทยาการศึกษาฉบับปรับปรุงใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการแนะแนวและจิตวิทยาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- กรมวิชาการ. (2544). หลักสูตรสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- (2545). เทคนิคการวัดผลและประเมินผลในชั้นเรียน ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. (แผ่นพับ). กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.
- กฤษฎา ชูติมา. (2539). หลักเคมีทั่วไป เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กฤษฎา รุ่งเรืองสวัสดิ์; และ คนอื่นๆ. (2521). ปฏิบัติการและหลักเบื้องต้นในวิชาชีวเคมี. กรุงเทพฯ: คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2546). การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: ธรรมสาร.
- กานต์วี ใจงาม. (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการผลิตก๊าซไฮดรอกซิดจากพืชในท้องถิ่น. ปรินซิปีนพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เขมิกาญจน์ ทองมา. (2540). การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์ คอมพิวเตอร์กับการสอนตามแนวการสอนของสสวท. ปรินซิปีนพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์. (2525). ชุดการเรียนรู้ การสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ: ทบวงมหาวิทยาลัย.
- คณะอนุกรรมการปฏิรูปการเรียนรู้. (2543). ปฏิรูปการเรียนรู้ผู้เรียนสำคัญที่สุด. กรุงเทพฯ: คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ กระทรวงศึกษาธิการ.
- คณิน บุญสุวรรณ. (2541). คู่มืออ่านรัฐธรรมนูญฉบับใหม่: โครงสร้างและหลักการของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2540. กรุงเทพฯ: อัมรินทร์วิชาการ.
- งามตา วานิชานนท์. (2534). เอกสารประกอบการสอนวิชาจิตวิทยาสังคม. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- จันจิรา จุมพลหล้า. (2546). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตและการตรวจสอบสารอาหารในเห็ดภูฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินูญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จำรัส อินทลาภาพร. (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินูญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จำรูญ มีขนอน; และ คนอื่นๆ. (2530). สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานสำหรับบุคลากรสาธารณสุข กรุงเทพฯ: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- จิรพรรณ ทะเขียว. (2543). การเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินูญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จิตฐิพร ศิริตานนท์. (2542). การศึกษาผลของการประเมินด้วยพอดโฟลีโอที่มีต่อความรับผิดชอบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปรินูญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จินดา แด้มบรรจง. (2546). สรุปคำบรรยายวิชาเทคนิคการแยกสาร. (เอกสารคำสอน). กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. จัดสำเนา.
- ฉัตรชัย วายุวรรณะ. (2546). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการใช้ประโยชน์จากฟางข้าว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. ปรินูญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชวาล แพร่ตกุล. (2520). เทคนิคการเขียนข้อสอบ. กรุงเทพฯ: พัทธกิจอักษร.
- ชลสิทธิ์ จันทาสี. (2543). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการตัดสินใจอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินูญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (การสอนมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชิตชนก ชมพฤกษ์. (2545). พืชผักสมุนไพร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: มติชน.

- ชุดิมา พรหมรักษา. (2542). การเปรียบเทียบความคงทนในการจำของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 2 ที่มีความบกพร่องทางการได้ยินที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชา
วิทยาศาสตร์ที่มีการเสนอกรอบมโนทัศน์ในตำแหน่งที่ต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญา
ครุศาสตรมหาบัณฑิต. (โสตทัศนศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- เชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์. (2520). การวัดทัศนคติและบุคลิกภาพ. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทาง
การศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2526). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก.
- (2542). การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ.
- (2546). การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวการปฏิรูปการศึกษา.
กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ดวงเดือน พันธุมนาวิน. (2529). เอกสารประกอบการฝึกอบรม การวิจัยขั้นสูงทาง
พฤติกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ
- ทวิช แจ่มจำรัส. (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุ
เหลือใช้ในท้องถิ่น : กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี. วิทยานิพนธ์
การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ทศนา แหมมณี. (2545). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี.
กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เทพจันทร์ แสงสุนทร. (2357). คู่มือเตรียมสอบเคมี ม. 5 เล่ม 4 ว 033. กรุงเทพฯ: ภูมิบัณฑิต.
- เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. (2532, กรกฎาคม – ธันวาคม). สบู่และผงซักฟอก. วารสาร
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม. 8(2) : 38 – 42.
- ธงชัย ชิวปรีชา; ณรงค์ศิลป์ รูปพนม; และ ปรีชาญ เดชศรี. (2526). การวัดผลและประเมินผล
การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. ในเอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์หน่วยที่
8 – 15. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ธัญญา พรหมศร. (2544). การศึกษาเภสัชจลนศาสตร์ของสารแมงโกสตินที่แยกได้จากเปลือก
ผลมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) ในหนูขาว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์
มหาบัณฑิต. (เคมีชีวภาพ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ถ่ายเอกสาร.
- นันทวัน บุญยะประภัศร. (2529). ก้าวไปกับสมุนไพร. กรุงเทพฯ: ศูนย์ข้อมูลสมุนไพร
คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

- นริศรา สุวรรณโกษณ์. (2545). สารประกอบแซนโทนจากเปลือกมังคุดดิบ. ปรินูญานินพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. (เคมีชีวภาพ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นิจศิริ เรืองรังษี; และ พยอม ดันติวัฒน์. (2534). พืชสมุนไพร. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- นิมิตร มาศเกษม. (2518). การเปรียบเทียบการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสวนระหว่างวิธีสาธิตและ วัิปฏิบัติกาทดลอง. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- เนื่อทอง น่ายี. (2544). ผลการใช้ชุดกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการสอน โดยครูเป็นผู้สอนที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสนใจทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินูญานินพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บราวน์, ซีโอดอร์ แอล; เลอเมย์; และ เบิร์สเทน. (2545). เคมี : วิชาแกนทางวิทยาศาสตร์ 1. แปลโดย สุนันทา วิบูลย์จันทร์. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.
- บัญชา เพียรชนะ. (2542). การเปรียบเทียบผลการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนโดยวิธีการเรียนรู้ด้วยตนเองกับการสอนโดยวิธีแบบปกติ. ปรินูญานินพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). การพัฒนาการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- ประวิตร ชูศิลป์. (2524). หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่ ในเอกสารการนิเทศการศึกษา ฉบับที่ 223. กรุงเทพฯ: ภาคพัฒนาตำราและเอกสาร หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมฝึกหัดครู.
- ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. (2544). เทคนิคทางเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ประกายพริก.
- เปรมจิตร บุญสาย. (2541). การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสาร เหลือทิ้ง. ปรินูญานินพนธ์การศึกษาคณะศึกษาศาสตร์. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เผด็จ สิทธิสุนทร; และคนอื่น ๆ. (2539). คู่มือปฏิบัติการเคมีอินทรีย์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เพยาร์ เหมือนนวงษ์ญาติ; และ คนอื่น ๆ. (2534). น้ำสมุนไพร. กรุงเทพฯ: เมดิคัลมีเดีย.
- พรมมล บัวศิริ. (2546). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับ นักเรียนช่วงชั้นที่ 3. ปรินูญานินพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พร้อมจิตร ศรีลัมพ์; และ คนอื่น ๆ. (2535). สมุนไพรสวนสิริรุกชาติ. กรุงเทพฯ: อัมรินทร์ พรินต์ติ้งกรุ๊ป.

- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. (2544). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปรินูญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พิมพ์พร ลีลาพรพิสิฐ. (2544). *เครื่องสำอางธรรมชาติผลิตภัณฑ์สำหรับผิว Natural Cosmetics Products of Skin*. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พิรศักดิ์ วรสุนทรโรสถ; และคนอื่นๆ (2544). *ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 3 : พืชที่ให้สีย้อมและแทนนิน*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง)*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- มนีรัตน์ เกตุไสว. (2540). *ผลการจัดกิจกรรมการทดลองที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ด้านมโนคติทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. ปรินูญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- มนัส บุญประกอบ. (2533, มกราคม - มีนาคม). ยุทธศาสตร์ใหม่ทางการศึกษา : แผนภูมิ มโนทัศน์. *วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 18(69) : 26-29.
- (2533, กรกฎาคม - กันยายน). แผนภูมิมโนทัศน์ การนำไปใช้ในชั้นเรียน. *วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 18(71) : 15 - 25.
- (2542, กันยายน). แผนภูมิมโนทัศน์กับการสร้างสุจิต. *วารสารบัณฑิตศึกษา*. 3(3) : 46 - 55.
- มหาวิทยาลัยมหิดล. คณะเภสัชศาสตร์. (2533). *ยาจากสมุนไพร*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะวิทยาศาสตร์. (2537). *ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฯ.
- คณะมนุษยศาสตร์. (2543). *สารสนเทศและการศึกษาค้นคว้า*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยฯ.
- (2545). *ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ คม 294*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฯ.
- บัณฑิตวิทยาลัย. (2546). *คู่มือการจัดทำปรินูญานิพนธ์และสารนิพนธ์*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยฯ.

- รัชนี้ ศาสตราจารย์บูรณศิลป์. (2531). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนเอกชน ที่มีขนาดต่างกัน เขตกรุงเทพมหานคร ที่สอนโดยการสาธิตการทดลองกับการปฏิบัติการทดลอง. ปรินุณยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- รัชนิกร ฤทธิรัชต์. (2546). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 3 โดยใช้บทปฏิบัติการในค่ายอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม. ปรินุณยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). ศัพท์วิทยาศาสตร์ อังกฤษ-ไทย ไทย-อังกฤษ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- รุ่ง แก้วแดง. (2542). ปฏิบัติการการศึกษาไทย. กรุงเทพฯ: พิมพ์เนศ พรินต์ติ้งเซ็นเตอร์.
- ไรอัน, ลอว์รี. (2543). เคมี: Chemistry for you. แปลโดย จินดา อุดชาชน; และคนอื่นๆ. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2540). การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพทางวิชาการ.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ; และ จิต นวลแก้ว. (2532). กิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพทางวิชาการ.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ; และ พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2542). การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้นท์
- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2542). แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: แอล ที เพรส.
- วันดี ฤกษ์ณพันธ์. (2536ก). เกสซ์วินิจฉัย ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เล่ม 1. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- (2536ข). เกสซ์วินิจฉัย ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เล่ม 2. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- (2537). เกร็ดความรู้สมุนไพร. กรุงเทพฯ: ที.พี.พรินท์.
- (2541). สมุนไพรน่ารู้. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2543). วิสัยทัศน์การศึกษา. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- วิสินี จันท์มเหสเถียร. (2539). การศึกษาทางพฤกษเคมีของเปลือกต้นมะพูด. วิทยานิพนธ์
ปริญญาเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต. (เภสัชเวท). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิโรจน์ เฉลยสุข. (2541). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองกับ
การสอนแบบปกติ. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริกานต์ ผาสุษ. (2543). การพัฒนาทปฏิบัติการวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเรื่องการสกัดและ
แยกองค์ประกอบทางเคมีจากพืชสมุนไพรในท้องถิ่นสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของ
สถาบันราชภัฏ. วิทยานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ:
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริพร ทิพย์สิงห์. (2545). การพัฒนาชุดการเรียนการสอนเรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม โดยใช้
ประโยชน์จากแหล่งประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์บริเวณชุมชนวัดประดิษฐาราม
กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ:
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สดุดี งามภูพันธ์. (2542). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความตระหนัก
ต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยการใช้เกม
สิ่งแวดล้อมประกอบการเรียนการสอนกับการสอนตามคู่มือครู. วิทยานิพนธ์การศึกษา
มหาบัณฑิต. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2535). คู่มือครูวิชาเคมี เล่ม 3 ว 032
ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- . (2535). คู่มือครูวิชาเคมี เล่ม 4 ว 033 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์
คุรุสภา.
- . (2535). หนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 3 ว 032 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ:
โรงพิมพ์คุรุสภา.
- . (2538). แนวคิดในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ในเอกสาร
ประกอบการประชุมปฏิบัติการเพื่อเตรียมวิทยากรแกนนำ. กรุงเทพฯ: สถาบันฯ.
- . (2540). หนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 1 ว 0431 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. พิมพ์ครั้งที่ 7
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- . (2543). คู่มือครูวิชาเคมี เล่ม 1 ว 432 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. พิมพ์ครั้งที่ 2
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- . (2543). หนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 4 ว 033 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. พิมพ์ครั้งที่ 8
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). เอกสารรายงานผลการรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำแผนแม่บทระยะยาวและแผนแม่บท พ.ศ. 2545 – 2549. กรุงเทพฯ.
- (2544). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- (2545). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- (2546). คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมเคมี เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- (2546). หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- สมเกียรติ แก้วจรัสสุสันติ. (2544). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาเคมีสภาวะแวดล้อม เรื่อง ปริมาณตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสีในผัก สำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตของสถาบันราชภัฏ. ปรียญานิพนธ์มหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมจิต สวชนไพบูลย์. (2535). ธรรมชาติวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- (2541). เอกสารคำสอนวิชา กว 571 ประชุมปฏิบัติการการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมพร ภูதியานันต์. (2542). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการแพทย์แผนไทยว่าด้วยสมุนไพรกับการแพทย์แผนไทย. กรุงเทพฯ: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- สมศักดิ์ ภูวิภาดาธรรม. (2544). การยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการประเมินตามสภาพจริง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: The Knowledge Center.
- สรศักดิ์ แพรดำ. (2542). รายงานการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในหน่วยฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู. อุบลราชธานี: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.
- (2544). ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. อุบลราชธานี: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.
- สามารถ สุขาวงศ์. (2537). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพฤติกรรมกลุ่มสาระชุดวิชาสารัตถะและวิธีทางวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 12. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2545). คู่มือผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเพื่อเศรษฐกิจชุมชน. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ: สามเจริญพาณิชย์.

- สำนักงานปฏิรูปการศึกษา. (2545). *ปัจจัยปฏิรูปการศึกษา : แนวทางสู่การปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดี.
- สำราญ พงษ์สุนทร. (2534). *เคมี ม. 4 เล่ม 1 ฉบับสมบูรณ์* 431. กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา.
- สุกานดา ส.มนัสทวีชัย. (2546). *การใช้กรอบมโนทัศน์ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความคงทนในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต. (โสตทัศนศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สุนีย์ คล้ายนิล; และคนอื่นๆ. (2535). *เอกสารประกอบการอบรมครูผู้สอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตเนื้อหาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการประถมศึกษาแห่งชาติ กรมการฝึกหัดครู.
- สุนทรี สิงห์บุตร. (2535). *สรรพคุณสมุนไพร 200 ชนิด*. กรุงเทพฯ: คุณ 39.
- สุพจน์ แสงมณี; และ ชานนท์ มุลวรรณ. (2546). *กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4*. กรุงเทพฯ: ประสานมิตร.
- สุภาพ บุญยะรัตเวช. (2522). *ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สุภาพ บุญยะรัตเวช; และ เกษร วีระชาติ. (2540). *ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรพล วิหคไพบุลย์. (2543). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุวคนธ์ เบ็นจะบก. (2542). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการ: ผลการใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะเป็นกลุ่มที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2*. ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต. (การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุวิมล เขียวแก้ว. (2527). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา*. ปัตตานี: ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุวิมล ทรัพย์วโรบล. (2540). *ผลของแขนงโทนที่สกัดจากเปลือกมังคุดในเซลล์ตับอิสระที่แยกได้จากหนูขาว*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. (เภสัชวิทยา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊กเซนเตอร์.
- เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528). *เทคโนโลยีการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม และวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

- หทัยรัช รังสุวรรณ. (2539). ผลการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา
วิทยาศาสตร์กายภาพด้วยมโนทัศน์ และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. ปริญญาโทมหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อรทัย วิเศษสกุล. (2534). ผลของบทปฏิบัติการเสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนโพธิ์ทองวิทยายน จังหวัดร้อยเอ็ด.
วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- อรพรรณ เหมภัทรสุวรรณ. (2532). ความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อ
กิจกรรมปฏิบัติการเคมี และความรู้ด้านปฏิบัติการเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.
ปริญญาโทครุศาสตรมหาบัณฑิต. (มัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- อรอุมา ละมุล. (2541). พัฒนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความสามารถของวัสดุธรรมชาติใน
การดูดซับโลหะหนักที่ใช้สอนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 6. ปริญญาโทมหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อ้อมบุญ ล้วนรัตน์. (2536). การสกัด และตรวจสอบสารสำคัญจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ. กรุงเทพฯ:
ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- อัจฉนา วงศ์ชัยสุวัฒน์; ศิริรัตน์ วงศ์ศิริ; และ จำลอง มังละมณี. (2534). คู่มือ ว 431 เคมี
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. กรุงเทพฯ: ประสานมิตร.
- อาร์ดลีย์ นิล. (2542). พจนานุกรมวิทยาศาสตร์. แปลโดย ยวดี เชี่ยววัฒนา; และคนอื่นๆ.
กรุงเทพฯ: แพรวเยาวชน.
- อารีย์ แก้วอ่อนเรือน; และคนอื่นๆ. (2535). แบบฝึกการเรียนวิชาเคมี ม. 4 เล่ม 1 ว 431.
กรุงเทพฯ: มัลติมีเดีย.
- อำไพ ลัดนาอนุสรณ์. (2545). การเปรียบเทียบความเข้าใจในการอ่าน และความสามารถทาง
การเขียนภาษาไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์
กับการสอนตามคู่มือครู. ปริญญาโทมหาบัณฑิต. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ:
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- Al-Ruwashid, M. S. A. (1984, November). The Effects of a Lecture - Only and Lecture –
Laboratory Approach on Riyadh Junior College, Saudi Arabia Chemistry Students
Achievement and Attitudes. *Dissertation Abstracts International*. 45(5) : 1357-A.
- Balasubramanian, K.; & Rajagopalan K. (1988). Novel Xanthoness from *Garcinia*
mangostana, Structure of BR-xanthone A and BR-xanthone B. *Phytochemistry*.
27(5) : 1552-1554.

- Beasley, W. F.; & Heibkinen, H. W. (1983, June). Mental Practice as a Technique to Improve Laboratory Skill Development. *Journal of Chemical Education*. 60(1) : 88-89 .
- Bodolus, J. E. (1987, March). The Use of a Concept Mapping Strategy to Facilitate Meaningful Learning for Ninth Grade Students in Science. *Dissertation Abstracts International*. 47(9) : 3387-A.
- Braithwaite, A.; & Smith, F. J. (1996). *Chromatographic Methods*. 5th ed. Glasgow : Chapman and Hall.
- Butzow, J. W.; Linz, L. W.; & Drake, R. A. (1977, January). A Study of Attitude and Achievement Measures in an Audio – Tutorial College Chemistry Course. *Journal of Research in Science Teaching*. 14 : 45-49.
- Charles, R. K. (1987, October). Relationships Among Cognitive Performance Developmental Level and Instructional Strategy, in a Group of Ninth Grade Biology Students. *Dissertation Abstracts International*. 48(4) : 891-A
- Daniel, R. P. (2000). *Experimental Organic Chemistry*. U.S.A. : John Wiley & Sons.
- Fried, B.; & Sherma, J. (1994). *Thin-Layer Chromatography : Techniques and Applications*. New York : Marcel Dekker.
- Gable, D. L.; & Rubba P. A. (1977, October-December). "The Effect of Early Teaching and Training Experience on Physics Achievement, Attitude Toward Science and Science Teaching and Process Skill Proficiency". *Science Education*. 61 : 503-511.
- Gedouin, J.; & Valle, R. (1998). Sunscreen composition containing mangostin. *Chemical Abstracts*. 129 : 45128.
- Govindachari, T. R.; et al. (1971). Xanthonenes of *Garcinia mangostana* Linn. *Tetrahedron*. 27(16) : 3919-3926.
- Hamilton, R.; & Hamilton, S. (1987). *Thin Layer Chromatography*. London : ACOL.
- Harris, D. C. (1999). *Quantitative Chemical Analysis*. 5th ed New York: W. H. Freeman.
- Hearle, R. J. (1974, May). The Identification and Measurement of High School Chemistry Laboratory Skills. *Dissertation Abstracts International*. 34 : 7067-A.
- Heinze-Fry, J. A.; & Novak, J. D. (1990, July). "Concept Mapping Bring Long-term Movement Toward Meaningful Learning." *Science Education*. 74(4) : 461-472.

- Hofstein, A.; Ruth, B. Z.; & Samuel D. (1976, July - September). "The Measurement of the Interest in, and Attitude to Laboratory Work amongst Israeli High School Chemistry Students." *Science Education*. 60 : 401-411.
- Hofstein, A.; & Lunetta, V. N. (1982, February). The Roles of the Laboratory in Science Teaching : Neglected Aspect of Research. *Review of Education Research*. 52 : 201-221.
- Hough, L. W.; & Piper, M. K. (1982, January). The Relationship Between Attitudes Toward Science and Science Achievement. *Journal of Research in Science Teaching*. 19 : 33-38.
- Huang, Y.; et al. (2001) Three Xanthones and a Benzophenone from *Garcinia mangostana*. *Journal of Natural Products*. 64(7) : 903-906.
- Jefferson, A.; et al. (1970). Studies in the Xanthone Series. *Australia Journal Chemical*. 23(12) : 2539-2543.
- Kagan, J.; & Haveman, E. (1968). *Psychology : An Introduction*. New York : Hartcourt Brace & World.
- Klag, W. P. (1990, December). Effect of Science Materials and Equipment Instruction on Preservice Elementary Teachers' Attitude, Knowledge, and Use of Science. *Dissertation Abstracts International*. 51(6) : 1989-A.
- Mahabusarakum, W.; Wiriyachitra, P.; & Phongpaichit, S. (1986). Antimicrobial Activities of Chemical Constituents from *Garcinia mangostana* Linn., *Journal Science Society Thailand*. 12(4) : 239-242.
- Mahabusarakum, W.; Wiriyachitra, P.; & Taylor, W. C. (1987). Chemical Constituents of *Garcinia mangostana* Linn., *Journal of Natural Products*. 50 (3) : 474-478.
- Mcmillans, J. H.; & May, M. J. (1979, May). A Study of Factors Influencing Attitudes Toward Science of Junior High School Students. *Journal of Research In Science Teaching*. 16 : 217-229.
- Morrison, R.T.; & Boyd, R.N. (1987). *Organic Chemistry*. 5th ed. Boston : Allyn and Bacon.
- Napier, J. D.; & Riley, J. P. (1985, April). Relationship between Affective Determinants and Achievement in Science for Seventeen - Year - Olds. *Journal of Research in Science Teaching*. 22(4) : 365-383.
- Novak, J. D.; & Gowin, D. B. (1984). *Learning How to Learn*. London : Cambridge University Press.

- Okebokola, P. A. (1985, November). Cooperative Learning and Students' Attitudes Towards Laboratory Work. *School Science and Mathematics*. 86(7) : 582-590.
- Okerholm, R. A. (1980). *Chromatography; Remington's Pharmaceutical Science*. Pennsylvania : Mack Publishing Company Easton.
- Padilla, M. J.; Okey, J. R.; & Dillashaw, F. G. (1983, March). The Relationship Between Science Process Skill and Formal Thinking Abilities. *Journal of Research in Science Teaching*. 20 : 239-246.
- Peres, V.; Nagem, T. J.; & Oliveira, F. F. (2000). Tetraoxygenated Naturally Occurring Xanthenes. *Phytochemistry*. 55(7) : 683-710.
- Prochazka, Z.; et al. (1979). *Paper Chromatography; Laboratory Handbook of Chromatography and Allied Methods*. New York : Ellis Horwood.
- Rashed, A. S. M. (1988, September). Saudi and Non - Saudi Arab Male Students' Attitudes Toward Science and Science Achievement in Secondary School, Riyadh, Saudi Arabia. *Dissertation Abstracts International*. 49 : 472-A.
- Richardson, J. S. (1957). *Science Teaching in Secondary School*. New Jersey : Prentice-Hall Inc.
- Riley, J. P. (1975, February). The Effect of Science Process Training on Preservice Elementary Teachers' Process Skill Abilities, Understanding of Science, and Attitudes Toward Science and Science Teaching. *Dissertation Abstracts International*. 35 : 5152-A.
- Sen, A.; et al. (1981). Minor Xanthenes of *Garcinia mangostana*. *Phytochemistry*. 20(1) : 183-185.
- (1982). The Structures of Garcinone A, B and C : Three New Xanthenes from *Garcinia mangostana*. *Phytochemistry*. 21(7) : 1747-1750.
- (1986). Garcinone - D, a New Xanthone from *Garcinia mangostana* Linn. *Indian Journal of Chemistry*. 25B : 1157-1158.
- Shankaranarayan, D.; Gopalakrishnan C.; & Kameswaran L. (1979). Pharmacological Profile of mangostin and its derivatives. *Archives Internationals de Pharmacodynamie et de Therapie*. 239(2) : 257-269.
- Smith, P. (1994, January). "Instructional Method Effects on Student Attitude and Achievement." *Dissertation Abstracts International*. 54(7) : 2528-A.
- Suksamrarn, S.; et al. (2003). Antimycobacterial Activity of Prenylated Xanthenes from The Fruits of *Garcinia mangostana*. *Chemical Pharmaceutical Bulletin*. 51(7) : 857-859.

- Sherma, J.; & Fried, B. (1991). *Handbook of Thin - Layer Chromatography*. New York : Marcel Dekker.
- Spear, J.; & Zollman, D. (1997, January). The Influences of Structure Versus Unstructured Laboratory on Students' Understanding the Process of Science. *Journal of Research in Science Teaching*. 14 : 34-35.
- Triandis, H. C. (1971). *Attitude and Attitude Change*. New York : John Wiley and Sons.
- Yates, P.; & Bhat, H. B. (1968). Structure of β -mangostin. *Canadian Journal of Chemistry* 46(23) : 3770-3772.
- Yates, P.; & Stout, G. H. (1958). The Structure of Mangostin. *Journal of American Chemical Society*. 80(7) : 1691-1699.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย
2. ตัวอย่างสำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการแนะนำ ตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์
ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ
2. รองศาสตราจารย์ ดร. พินิติ รตะนานุกูล
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีวิทยาสงกรณ์
4. อาจารย์ธำนิษฐ์ ปัญญาวัฒนากุล
ศูนย์ธนาสงกรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
5. อาจารย์สุจินต์ ประเสริฐภักดิ์
โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย นสว โทร. 5731, 5618

ที่ สธ 0519.12/4744

วันที่ 19 เมษายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

เนื่องด้วย นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนารูปแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี” โดยมี รองศาสตราจารย์ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ รองศาสตราจารย์สุนิษฐ์ สุขสำราญ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผล การเรียนรู้ด้านความรู้ แบบประเมินความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมิน ความสามารถในการทำการทดลอง และ แบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบแบบทดสอบ บทปฏิบัติการ และแบบประเมินให้ นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า และขอขอบพระคุณ เป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์นภาพรณี หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5731, 5618

ที่ ศธ 0519.12/4445

วันที่ 17 เมษายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

เนื่องด้วย นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า นิติระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี”
โดยมี รองศาสตราจารย์ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย์ รองศาสตราจารย์อุทิศ สุขสำราญ และ อาจารย์สมปรารถนา
วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ
รองศาสตราจารย์พนิตี รตะนานุกูล เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผล
การเรียนรู้ด้านความรู้ แบบประเมินความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมิน
ความสามารถในการทำการทดลอง และ แบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ
ตรวจสอบแบบทดสอบ บทปฏิบัติการ และแบบประเมินให้ นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า และขอขอบพระคุณ
เป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์ภากรณ์ หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ที่ ศธ 0519.12/4443

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

19 เมษายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณะบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาเขต

สิ่งที่ส่งมาด้วย บทปฏิบัติการ แบบทดสอบ และแบบประเมิน

เนื่องด้วย นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแทนโตนจากผลมังคุด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี” โดยมี รองศาสตราจารย์ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย์ รองศาสตราจารย์สุนิษฐ์ สุขสำราญ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ศิริกานต์ ผาสุก เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ แบบประเมินความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง และ แบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบแบบทดสอบ บทปฏิบัติการ และแบบประเมินให้ นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5731, 5618

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 039-311170 มือถือ 01-7564914

ที่ ศธ 0519.12/ว-46



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

14/ เมษายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏสวนดุสิต

สิ่งที่ส่งมาด้วย บทปฏิบัติการ แบบทดสอบ และแบบประเมิน

เนื่องด้วย นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า นิติระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี” โดยมี รองศาสตราจารย์ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ รองศาสตราจารย์สุนิษฐ์ สุขสำราญ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ชานินทร์ ปัญญาวัฒนากุล เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ แบบประเมินความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง และ แบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจแบบทดสอบ บทปฏิบัติการ และแบบประเมินให้ นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ณภัทรณ์ หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5731, 5618

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 039-311170 มือถือ 01-7564914



ที่ ศธ 0519.12/4444

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

19 เมษายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการ โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย บทปฏิบัติการ แบบทดสอบ และแบบประเมิน

เนื่องด้วย นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแทนนินจากผลมังคุด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี” โดยมี รองศาสตราจารย์ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ รองศาสตราจารย์สุนิษฐ์ สุขสำราญ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์สุนิษฐ์ ประเสริฐภักดิ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ ด้านความรู้ แบบประเมินความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความสามารถ ในการทำการทดลอง และ แบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบแบบทดสอบ บทปฏิบัติการ และแบบประเมินให้ นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า และขอขอบพระคุณ เป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภภรณ์ หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5731, 5618

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 039-311170 มือถือ 01-7564914

ที่ ศธ 0519.12/52 31



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑/ พฤษภาคม 2547

เรื่อง ขอกความอนุเคราะห์เพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ บทปฏิบัติการ และแบบประเมิน

เนื่องด้วย นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนามาตรปฏิบัติการศึกษา เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด” โดยมี รองศาสตราจารย์ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ รองศาสตราจารย์สุนิษฐ์ สุขสำราญ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย โดยขอใช้ห้องปฏิบัติการเพื่อให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 150 คน ทดสอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด และทำแบบทดสอบการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด และขอให้อาจารย์ผู้สอนวิชาเคมี เป็นผู้ตอบประเมินความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง และแบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ในระหว่างเดือนพฤษภาคม - สิงหาคม 2547

จึงเรียนมาเพื่อขอกความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า ได้เก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 039-313558 มือถือ 01-7564914



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๔ / พฤษภาคม 2547

ที่ ศธ 0519.12/5๖3๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ บทปฏิบัติการ และแบบประเมิน

เนื่องด้วย นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนามาตรปฏิบัติการศึกษา เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด” โดยมี รองศาสตราจารย์ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ รองศาสตราจารย์สุนิตย์ สุขสำราญ และ อาจารย์สมปราวณา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขอใช้ห้องปฏิบัติการเพื่อให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 150 คน ทดสอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด และทำแบบทดสอบการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด และขอให้อาจารย์ผู้สอนวิชาเคมี เป็นผู้ตอบประเมินความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง และแบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ในระหว่างเดือน พฤษภาคม - สิงหาคม 2547

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า ได้เก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญศิริ จีระเชชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 039-313558 มือถือ 01-7564914

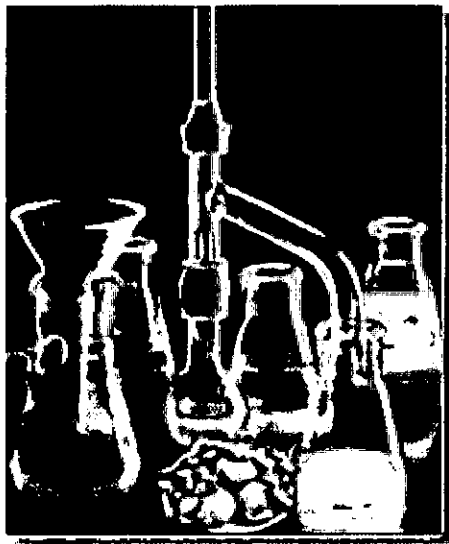
ภาคผนวก ข

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด
2. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เรื่อง

การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด



พัฒนาโดย

นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า

นิสิตปริญญาโท วิทยาศาสตร์ศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ดร. ภัฏฐพงษ์ เจริญพิทย

รศ. ดร. สุนิตย์ สุขสำราญ

ดร. สมปารภนา วงศ์บุญหนัก

คำแนะนำในการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

การใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีข้อควรปฏิบัติและทำความเข้าใจดังต่อไปนี้

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร (สาระเพิ่มเติม) ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนศึกษาสมบัติ ตลอดจนวิธีการสกัดและแยกสารสำคัญในพืชชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในห้องเรียนของผู้เรียนมาใช้ประโยชน์เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนให้เกิดความรู้ ความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลองและมีเจตคติที่ดีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ ใช้เวลา 15 คาบ คาบละ 60 นาที ประกอบด้วยบทปฏิบัติการจำนวน 4 บทปฏิบัติการ ดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด
จำนวน 4 คาบ (240 นาที)

บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ จำนวน 4 คาบ (240 นาที)

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้
จำนวน 4 คาบ (240 นาที)

บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่ จำนวน 3 คาบ (180 นาที)

3. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้เหมาะสำหรับการสอนสาระเพิ่มเติมของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผู้สอนอาจนำแต่ละบทปฏิบัติการไปประยุกต์ใช้สอนสาระพื้นฐาน สาระการเรียนรู้ที่ 3 สารและสมบัติของสารได้

4. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ควรใช้ควบคู่กับเอกสารประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดังนี้

4.1 คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

4.2 แบบทดสอบและแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

1) แบบทดสอบปรนัย

2) แบบทดสอบอัตนัยและแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย

3) แบบทดสอบและแบบประเมินผังมโนทัศน์

4.3 แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4.4 แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง

4.5 แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

5. ควรดำเนินการสอนโดยเรียงลำดับจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 ไปจนถึงบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4

6. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา ผู้สอนอาจนำพืชชนิดอื่นๆ ที่มีสมบัติสำคัญที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในท้องถิ่นของผู้เรียนมาใช้แทนมั่งคุดได้

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1

เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

สาระสำคัญ

มังคุด (mangosteen) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Garcinia mangostana* Linn. เป็นพืชในวงศ์ Clusiaceae หรือ Guttiferae

ลักษณะ และแหล่งที่ปลูก

ปลูกกันมากทางภาคตะวันออก และภาคใต้ เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ลำต้นตั้งตรง ผิวลำต้นเรียบสีน้ำตาลถึงดำ ทุกส่วนมียางสีเหลือง ใบเดี่ยวเป็นมันมีสีเขียวเข้ม ดอกเป็นดอกเดี่ยวออกที่บริเวณซอกใบหรือใกล้ปลายกิ่ง กลีบดอกนํ้าสีชมพู กลีบเลี้ยงคงทนอยู่จนกระทั่งเป็นผล ผลค่อนข้างกลม ผิวผลเกลี้ยงเงา หลังจากมังคุดติดผลแล้ว 11-12 สัปดาห์นับจากดอกบานก็จะเก็บเกี่ยวได้ ผลเมื่อยังอ่อนมีสีเขียวแต่เมื่อสุกจะมีสีม่วงแดงเข้ม มีเมล็ด 5-8 เมล็ด เมล็ดมีรก (Aril) สีขาวหุ้มอยู่

ส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์

รกรวมเมล็ด เปลือกผล เปลือกลำต้น และเมล็ด

สารสำคัญที่พบ

ส่วนที่ใช้กินเป็นอาหาร คือ รกรวมเมล็ด มีรสหวานอมเปรี้ยว ประกอบด้วยน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ และกรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก (citric acid) เป็นส่วนน้อย น้ำตาลที่พบมี ซูโครส (sucrose) กลูโคส (glucose) ฟรุคโตส (fructose) และประกอบด้วยธาตุแคลเซียม

ฟอสฟอรัส เหล็ก และอื่นๆ เปลือกผลมีเพคติน (pectin) ในปริมาณสูง มีแทนนิน (tannin) 7-14 % เมล็ดมีไขมัน (fatty oil) 3% บริเวณลำต้น และเปลือกผลพบเรซิน (resin) ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบแซนโทนหลายชนิด เช่น แอลฟาแมงโกสติน (α -mangostin) บีตาแมงโกสติน (β -mangostin) เป็นต้น

ฤทธิ์ และประโยชน์ทางยาของมังคุด

1. สารประกอบแซนโทนที่สกัดจากเปลือกมังคุด เช่น แมงโกสติน ไอโซแมงโกสติน และการทานิน เป็นต้น มีฤทธิ์ช่วยลดอาการอักเสบ ด้านเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดหนองจึงใช้รักษาแผลพุพอง และแผลที่เป็นหนองได้ ช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น ปัจจุบันได้มีการนำแมงโกสตินเป็นสารที่มีฤทธิ์ และมีสมบัติลดการอักเสบได้ดีที่สุดมาใช้ผสมในเครื่องสำอาง ได้แก่ เจล และสบู่อ่อนนุ่ม บำรุงผิว และครีมป้องกันผิว



ภาพประกอบ 1 แสดงผลมังคุดสุก

2. ช่วยระงับการเจริญเติบโตของเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคผิวหนัง และกลาก ใช้รักษาแผลน้ำกัดเท้าได้
3. แทนนินในเปลือกผลมังคุดมีฤทธิ์ฝาดสมาน ช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น ใช้แก้ท้องเสีย แก้ท้องร่วงเรื้อรัง โรคเกี่ยวกับลำไส้ และบิด
4. เปลือกผลเมื่อนำไปแช่น้ำเกลือความเข้มข้น 6 % ส่วนของฝาดจะถูกสกัดออกไป จึงนำมาเตรียมเป็นเยลลี่ที่มีคุณภาพดีได้
5. เปลือกของผลให้สีดำแกมน้ำตาล เปลือกของลำต้นให้สีเหลืองใช้ย้อมผ้า



ดอกมังคุดเมื่อเริ่มออก



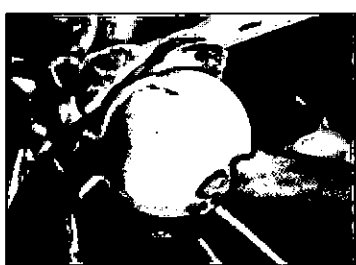
ดอกมังคุดขณะตูม



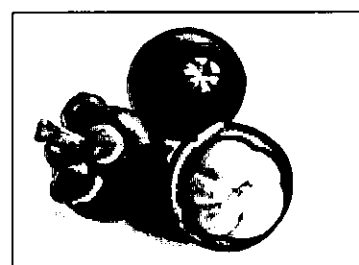
ดอกมังคุดขณะบาน



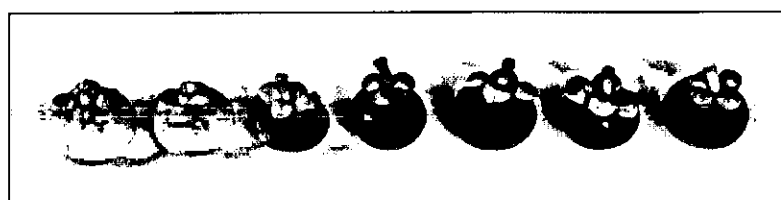
ผลมังคุดเมื่อเริ่มติดผล



ผลมังคุดอ่อน อายุ 5-8 สัปดาห์



ผลมังคุดสุก



การสุกของผลมังคุดที่ระยะต่างๆ

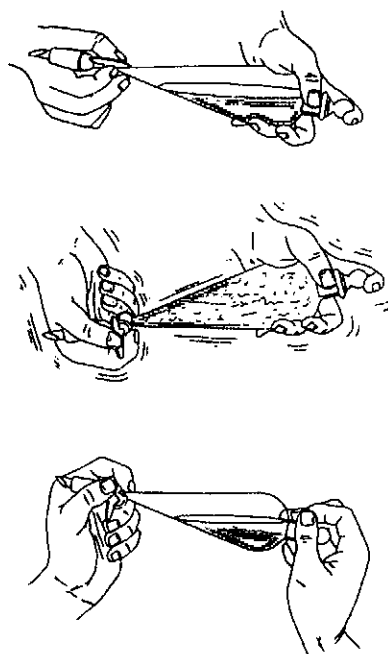
ภาพประกอบ 2 แสดงการเจริญของผลมังคุดในระยะต่างๆ

การสกัดสารด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction)

การสกัดด้วยตัวทำละลายมีประโยชน์มากในการแยกสารและทำสารให้บริสุทธิ์ เช่น แยกสารประกอบออกจากของผสมที่เกิดในธรรมชาติ แยกสารประกอบออกจากของผสมที่ได้จากการสังเคราะห์ สกัดแอลคาลอยด์ออกจากใบไม้หรือเปลือกไม้ สกัดน้ำมันหอมจากดอกไม้ เป็นต้น

การสกัดสารด้วยตัวทำละลาย หมายถึง การแยกสารออกจากสารผสมโดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม

ในทางปฏิบัติการแยกสารอินทรีย์โดยการสกัด นิยมให้ของผสมนั้นละลายหรือแขวนลอย (suspend) อยู่ในน้ำในกรวยแยก (separatory funnel) แล้วเขย่าสารละลายหรือสารแขวนลอยนั้นกับตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ที่ไม่ปนเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ แต่ละลายสารอินทรีย์ที่ต้องการแยกได้ ตั้งสารละลายไว้ให้แยกกันเป็นสองชั้น สารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีในของผสมจะละลายอยู่ทั้งในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์ และชั้นน้ำตามอัตราส่วนของการละลายของมันในตัวทำละลายทั้งสอง เกลืออินทรีย์ต่างๆ จะอยู่ในชั้นน้ำเป็นส่วนใหญ่ เพราะแตกตัวเป็นไอออนได้ในน้ำหรือสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ส่วนสารอินทรีย์ที่ไม่มีขั้วจะอยู่ในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน เบนซีน เป็นต้น โดยทั่วๆ ไปพบว่าในตัวทำละลายคู่หนึ่งๆ สารตัวหนึ่งจะละลายในตัวทำละลายทั้งสองชั้นนั้นเป็นอัตราส่วนที่คงที่ที่อุณหภูมิหนึ่ง



ภาพประกอบ 3 แสดงการใช้กรวยแยกในการสกัดสาร

ที่มา : Daniel C. Harris. (1999). *Quantitative Analysis fifth Edition*. color plate. 21.;

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (2545). *ปฏิบัติการอินทรีย์เคมี* 249. หน้า 10.

ตัวทำละลายที่ดีควรมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. ละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี
2. ไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป
3. ไม่ละลายสิ่งเจือปนหรือสารที่ไม่ต้องการ
4. สามารถแยกออกจากตัวถูกละลายได้ง่ายภายหลังที่สกัดแล้ว
5. ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัดในทางที่ไม่พึงปรารถนา
6. มีราคาถูก ไม่เป็นพิษ และถ้าใช้ตัวทำละลายที่ไวไฟก็ต้องระวังไม่จุดตะเกียงใน

ขณะสกัดสาร

ในการเลือกใช้ตัวทำละลายเราอาศัยหลักเกณฑ์ต่อไปนี้คือ

1. สารที่มีสมบัติคล้ายคลึงกันย่อมละลายในตัวทำละลายที่คล้ายคลึงกัน
2. ตัวทำละลายอินทรีย์จะละลายตัวละลายอินทรีย์
3. น้ำใช้เป็นตัวทำละลายสารประกอบอนินทรีย์รวมทั้งเกลือของกรดและเบสอินทรีย์
4. กรดอินทรีย์ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์และสามารถสกัดโดยใช้สารละลายเบส

เช่น NaOH Na_2CO_3 หรือ NaHCO_3 ก็ได้

5. แรง (force) แรงซึ่งเกี่ยวข้องในการละลายที่สำคัญคือ

5.1 แรงกระจายลอนดอน (London dispersion force) เกิดจากการที่โมเลกุลของตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เกิดมีขั้วชั่วคราว แล้วไปเหนี่ยวนำโมเลกุลข้างเคียงให้มีขั้ว พวกตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วจะประกอบด้วยโมเลกุลซึ่งเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ทำให้สารพวกที่ไม่มีขั้วเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างโมเลกุลได้ง่าย

5.2 แรงไดโพล-ไดโพล (dipole-dipole force) เป็นแรงที่พบในตัวทำละลายที่มีขั้ว เกิดการเหนี่ยวนำในโมเลกุลเกิดเป็นขั้วบวกและขั้วลบ ทำให้โมเลกุลของตัวทำละลายที่มีขั้วจับกันแน่น พวกสารซึ่งไม่มีขั้วจะแทรกตัวเข้าไปได้ยาก

5.3 พันธะไฮโดรเจน (H-bonding) สารที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับตัวทำละลายได้ดีก็จะสามารถละลายในตัวทำละลายได้ดี

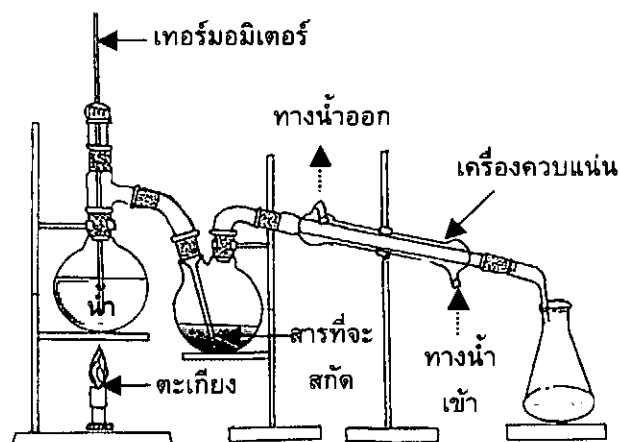
ตัวทำละลายเรียงตามลำดับสภาพขั้ว (polarity) จากน้อยไปมากได้ดังนี้ เฮกเซน ไชโคล เฮกเซน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ เบนซีน อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เอทิลแอลกอฮอล์ เมทิลลีนคลอไรด์ แอซีโตน เอทานอล เมทานอล น้ำ กรดและเบส

การสกัดสารจากพืช

การสกัดสารจากพืชอาจทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่สกัด คุณสมบัติของสารที่สกัด ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ แต่ละวิธีมีข้อดี และข้อจำกัด จึงขอกล่าวถึงเฉพาะเพียงบางวิธี ดังนี้

1. การสกัดโดยการหมักพืชกับตัวทำละลายในภาชนะที่ปิด (maceration) เช่น ขวดปากกว้าง ขวดรูปกรวย เป็นต้น ตั้งทิ้งไว้ หมั่นเขย่าหรือคนบ่อยๆ เมื่อครบกำหนดเวลาจึงค่อยๆ ริน

3. การสกัดน้ำมันหอมระเหย (extraction of volatile oil) มีทั้งใช้วิธีดูดซับ โดยนำไปต้มกับไขมันที่อุณหภูมิต่ำ กรอง แล้วนำไขมันไปสกัดเอาน้ำมันหอมระเหยออกด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม หรือการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม เช่น สกัดน้ำมันกานพลูโดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ เป็นต้น หรือการสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีบีบ หรือการสกัดโดยใช้การกลั่นด้วยไอน้ำ

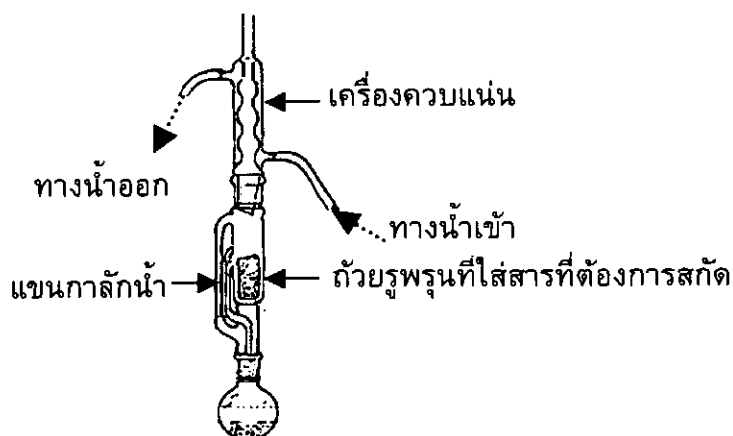


โดยผ่านไอน้ำไปบนพืชที่ต้องการสกัดซึ่งบรรจุไว้ในขวดรูปกรวย ไอน้ำจะพาเอาน้ำมันหอมระเหยไปยังเครื่องควบแน่น (condenser) แล้วกลั่นตัวเป็นของเหลว เมื่อทิ้งไว้ น้ำมันจะแยกตัวออกจากน้ำ หรือการสกัดโดยใช้วิธีต้มกับน้ำ เมื่อน้ำและน้ำมันหอมระเหยระเหยขึ้นไปถึงเครื่องควบแน่น จะกลั่นตัว แล้วจึงนำของเหลวที่ได้ไปแยกน้ำมันหอมระเหยจากชั้นน้ำ

ภาพประกอบ 6 แสดงเครื่องมือสำหรับกลั่นด้วยไอน้ำ

ที่มา : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (2545). ปฏิบัติการอินทรีย์เคมี คม 249. หน้า 36.

4. การสกัดสารโดยใช้เครื่องสำเร็จซอกซ์เลต (soxhlet extractor) เป็นวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำ และปริมาณน้อย เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้สกัดสารแล้วจะถูกทำให้ระเหย และควบแน่นกลับมาใช้สกัดได้อีกเป็นลักษณะหมุนเวียน (ดังรูป) จนกระทั่งการสกัดสมบูรณ์ วิธีนี้ใช้ความร้อนด้วยจึงอาจทำให้สารบางชนิดสลายตัวได้



ภาพประกอบ 7 แสดงการสกัดสารโดยใช้เครื่องสำเร็จซอกซ์เลต (soxhlet extractor)

ที่มา : สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2540) หนังสือคู่มือครูวิชาเคมี เล่ม 1 ว 431 : หน้า 34.

5. การสกัดสารจากสารละลายซึ่งเป็นของเหลวลงในตัวทำละลายอีกชนิดหนึ่งซึ่งไม่ผสมกับตัวทำละลายชนิดแรก (liquid – liquid extraction) ซึ่งตัวทำละลายที่ใช้สกัดอาจเบากว่าหรือหนักกว่าตัวทำละลายที่ใช้แยกสาร

6. การสกัดน้ำมันพืช ใช้วิธีการบีบให้น้ำมันออกมา หรือใช้การสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน แล้วทำการแยกเฮกเซน และสารเจือปนอื่น เช่น โซยาไบนด์ อะฟลาทอกซิน ออกมาให้หมด

การทำให้สารสกัดเข้มข้น ได้แก่

1. การระเหยแห้งโดยใช้ความร้อนจากอ่างน้ำ (water bath) หรือใช้เตาไฟฟ้า (hot plate)
2. การระเหยแห้งโดยการกลั่นตัวทำละลายออกที่อุณหภูมิต่ำ และลดความดันลงจนเกือบเป็นสุญญากาศ เรียกว่า เครื่องระเหยสารโดยการลดความดัน (rotary evaporator)



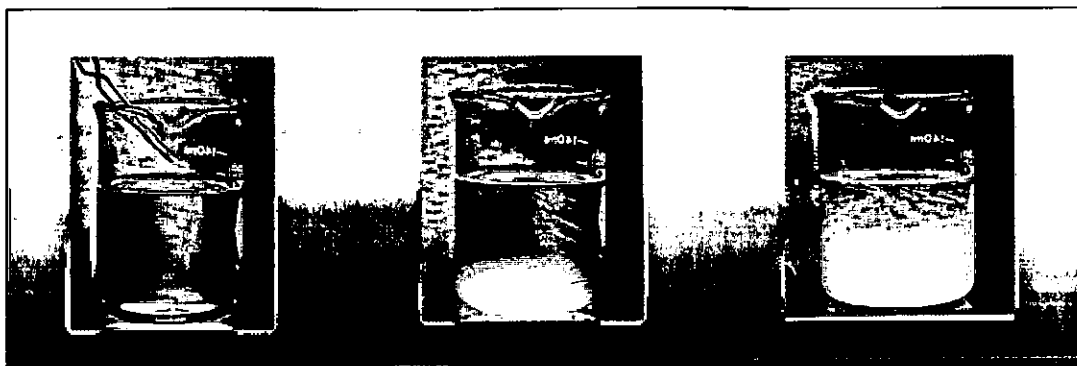
ภาพประกอบ 8 แสดง เครื่อง rotary evaporator

การแยกส่วนผสม

1. การแยกสารโดยอาศัยสมบัติ และปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ความเป็นกรด เบส สมบัติเฉพาะของหมู่ฟังก์ชัน เป็นต้น
2. การแยกสารโดยอาศัยสมบัติทางฟิสิกส์ หรือกายภาพ เช่น การกลั่น การแยกโดยใช้ตัวทำละลาย โครมาโทกราฟี การตกผลึก เป็นต้น

การแยกสารด้วยวิธีการตกผลึก (crystallization) เป็นการแยกสารที่เป็นของแข็งที่ละลายได้ในของเหลว โดยทำให้สารละลายเป็นสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิสูง เมื่อทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงของแข็งจะแยกตัวออกมาเป็นรูปผลึก รูปผลึกของสารแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป สารที่มีสภาพการละลายได้ต่างกันมากผสมกันอยู่สามารถแยกออกจากกันได้โดยอาศัยการตกผลึก ถ้าผลึกที่ได้ไม่บริสุทธิ์พอ จะต้องตกผลึกซ้ำเพื่อให้ได้ผลึกที่บริสุทธิ์ตามต้องการ

การเลือกตัวทำละลายให้ยึดหลักที่ว่าสารที่มีสมบัติคล้ายกันย่อมละลายซึ่งกันและกันได้ ตามกฎ like dissolves like นั่นคือ ตัวถูกละลายที่ไม่มีขั้วจะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว และตัวถูกละลายที่มีขั้วจะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น เบนซีนละลายในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ เพราะเป็นสารประกอบไม่มีขั้วทั้งคู่ หรือสารประกอบไอออนิกละลายน้ำแต่ไม่ละลายในสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น



ภาพประกอบ 9 แสดงการตกผลึกของสารในสารละลายอิ่มตัว

ที่มา : บราวน์, ริโอเตอร์ แอล; เลอเมย์; และ เบิร์สเทน. (2545). เคมี : วิชาแกนทาง
วิทยาศาสตร์ 1. แปลโดย สุนันทา วิบูลย์จันทร์. หน้า 399.

ตัวทำละลายที่ดีมีสมบัติ ดังนี้

1. ละลายสารที่ต้องการตกผลึกได้มากขณะร้อน แต่ละลายได้น้อยมากในขณะเย็น
2. ไม่ควรละลายสิ่งเจือปนเมื่อร้อน หรือควรละลายสิ่งเจือปนได้ดีเมื่อเย็น
3. จุดเดือดไม่สูงเกินไป เพื่อจะได้กำจัดออกได้ง่ายขณะที่ทำให้ผลึกแห้ง
4. ต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการตกผลึก
5. หาง่าย ไม่เป็นพิษ และราคาถูก

สารบางชนิดอาจละลายในตัวทำละลายได้ดีเกินไป จนไม่สามารถใช้ตัวทำละลายนั้นเพียงชนิดเดียวในการตกผลึก จำเป็นต้องเติมตัวทำละลายอีกชนิดหนึ่งที่ละลายได้ในตัวทำละลายชนิดแรก แต่ไม่ละลายสารที่ต้องการตกผลึก วิธีนี้เรียกว่า การตกผลึกโดยใช้ตัวทำละลายผสม (mixed solvent)

การใช้ตัวทำละลายผสมในการตกผลึก ให้ละลายสารที่ต้องการตกผลึกในตัวทำละลายที่สารนั้นละลายได้ดีก่อน ต้มให้เดือด กรองสารเจือปนที่ไม่ละลายออกขณะร้อน เติมตัวทำละลายที่สารนั้นละลายได้น้อยหรือไม่ละลายลงไปทีละหยดจนสารละลายเริ่มขุ่น (แสดงว่ามีสารบางส่วนตกตะกอนออกมา) แล้วเติมตัวทำละลายชนิดแรกลงไปอีกจนสารละลายใส ตั้งทิ้งไว้ให้ตกผลึก กรองผลึกที่เกิดขึ้น

การตรวจความบริสุทธิ์ของผลึก ทำได้โดยการหาจุดหลอมเหลว โดยปกติผลึกครั้งแรกมักจะบริสุทธิ์ ถ้าปรากฏว่าผลึกที่ได้ไม่บริสุทธิ์พอ ต้องตกผลึกซ้ำ

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1

เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

หลักการ

การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction)

การสกัดด้วยตัวทำละลาย หมายถึง การแยกสารออกจากสารผสมโดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม ซึ่งมีประโยชน์มากในการแยกสาร และการทำให้สารบริสุทธิ์ เช่น การแยกสารประกอบออกจากของผสมที่เกิดในธรรมชาติ หรือจากการสังเคราะห์ การสกัดสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกไม้ เป็นต้น

ตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการสกัด ได้แก่ เฮกเซน ไชโคลเฮกเซน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ เบนซีน อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เอทิลแอซีเตต เมทิลลีนคลอไรด์ แอซีโตน เอทานอล เมทานอล น้ำ กรดและเบส เป็นต้น

การสกัดด้วยตัวทำละลายมีหลักการว่า สารที่ต้องการสกัดจะต้องละลายได้ในตัวทำละลายหรือตัวทำละลายพาสารนั้นออกมาได้ เช่น การสกัดสีเหลืองจากขมิ้น การสกัดกลิ่นจากขิง เป็นต้น ดังนั้นการเลือกใช้ตัวทำละลายต้องเหมาะสม เพื่อให้สามารถสกัดสารที่ต้องการได้ในปริมาณมาก เพราะสารแต่ละชนิดจะละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกันได้ ปริมาณที่ต่างกัน และในกรณีที่สารละลายมีตัวถูกละลายหลายชนิด เราสามารถแยกตัวถูกละลายออกจากกันได้ โดยเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมไปสกัดสารที่ต้องการ

การแยกสารด้วยวิธีการตกผลึก

การแยกสารด้วยวิธีการตกผลึก เป็นการแยกสารที่เป็นของแข็งที่ละลายได้ในของเหลว โดยทำให้เป็นสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิสูง เมื่อทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลง ของแข็งจะแยกตัวออกมาเป็นรูปผลึก รูปผลึกของสารแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ตัวทำละลายที่ใช้ อาจเป็นตัวทำละลายชนิดเดียวหรือตัวทำละลายผสม สารที่มีสภาพการละลายได้ต่างกันมากผสมกันอยู่สามารถแยกออกจากกันได้โดยอาศัยการตกผลึก ถ้าผลึกที่ได้ไม่บริสุทธิ์พอ จะต้องตกผลึกซ้ำเพื่อให้ได้ผลึกที่บริสุทธิ์ขึ้น

จากการศึกษาพบว่าในผลมังคุดมีสารประกอบพวกแซนโทนที่มีฤทธิ์และประโยชน์ทางยามากมาย นักเรียนจะมีวิธีสกัด และแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุดได้อย่างไร

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการสกัดสารประกอบแซนโทนด้วยตัวทำละลาย และแยกสารโดยการตกผลึกได้
2. บอกลักษณะของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้
3. อธิบายวิธีการสกัด และการแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุดได้

เวลาที่ใช้ 4 คาบ (240 นาที)

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/กลุ่ม)

อุปกรณ์

1. ขวดรูปกรวยขนาด 250 cm^3	1 ใบ
2. ขวดรูปกรวยขนาด 100 cm^3	2 ใบ
3. กรวย	1 อัน
4. บีกเกอร์ ขนาด 250 cm^3	1 ใบ
5. บีกเกอร์ ขนาด 100 cm^3	2 ใบ
6. กระบอกตวง ขนาด 50 cm^3	1 อัน
7. หลอดหยด	1 อัน
8. กระจกนาฬิกา	1 อัน
9. แท่งแก้วคน	1 อัน
10. ขวดใส่สารขนาดเล็ก	1 ใบ

สารเคมี

1. เอทานอล 95 %	100 cm^3
2. อะลูมิเนียมฟอยด์ ขนาด 3 นิ้ว x 3 นิ้ว	1 แผ่น
3. ผลมังคุดอ่อนปั่นละเอียด	25 g
4. กระดาษกรอง	2 แผ่น
5. น้ำสะอาด	5 cm^3

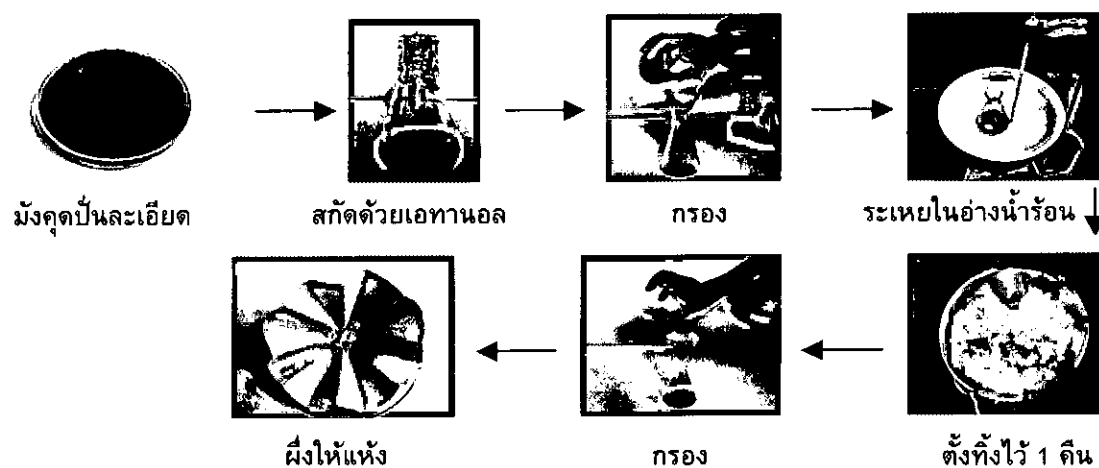
วิธีการทดลอง

1. นำผลมังคุดอ่อนที่ปั่นละเอียดแล้วหนัก 25 g ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 250 cm^3 เติมเอทานอล 95% ปริมาตร 100 cm^3 คนจนสารผสมกันอย่างทั่วถึง ใช้อะลูมิเนียมฟอยด์ปิดปากขวดให้สนิท ตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง

2. กรองสารละลายที่สกัดได้ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 100 cm^3 นำไประเหยเอทานอลออกในอ่างน้ำร้อน อุณหภูมิประมาณ $60-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ จนสารละลายลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาตรเดิม ตั้ง

ทิ้งไว้ให้เย็น หยดน้ำลงไปทีละหยดจนสารละลายเริ่มขุ่น แล้วจึงหยดเอทานอลลงไปทีละหยดจนใสพอดีอีกครั้ง ตั้งสารละลายทิ้งไว้ 1 คืน

3. เมื่อสารละลายที่ตั้งทิ้งไว้มีสารประกอบแซนโทนเกิดขึ้น กรองด้วยกระดาษกรอง นำไปผึ่งให้แห้งบนกระดาษฟิวส์ ชั่งหาน้ำหนักของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ บันทึกผล



ภาพประกอบ 10 แสดงการสกัด และแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมั่งคุด

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1
เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

วันที่ทดลอง.....กลุ่มที่.....ชั้น.....
ชื่อผู้ทดลอง 1.....เลขที่.....หน้าที่.....
2.....เลขที่.....หน้าที่.....
3.....เลขที่.....หน้าที่.....

ปัญหา.....

จุดประสงค์การทดลอง

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

สมมติฐานการทดลอง

.....
.....
.....
.....

ผลการทดลอง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

สรุปผลการทดลอง

[illegible]

ข้อผิดพลาดและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. เพราะเหตุใดจึงใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในการสกัดสารจากผลมังคุด ถ้าจะใช้ตัวทำละลายชนิดอื่นแทนเอทานอลจะได้หรือไม่

[illegible]

2. นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไร ในการทำให้การสกัดสารใช้เวลาน้อยลง จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

3. เหตุใดเมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายจนมีปริมาตรลดลงครึ่งหนึ่งของปริมาตรเดิม จึงหยดน้ำลงไปจนสารละลายเริ่มขุ่น แล้วจึงหยดเอทานอลลงไปอีกจนสารละลายใสพอดี

.....

.....

.....

.....

.....

4. สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดมีลักษณะอย่างไร นักเรียนจะมีวิธีทำให้สารนี้บริสุทธิ์ได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

5. จงอธิบายวิธีการสกัด และแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

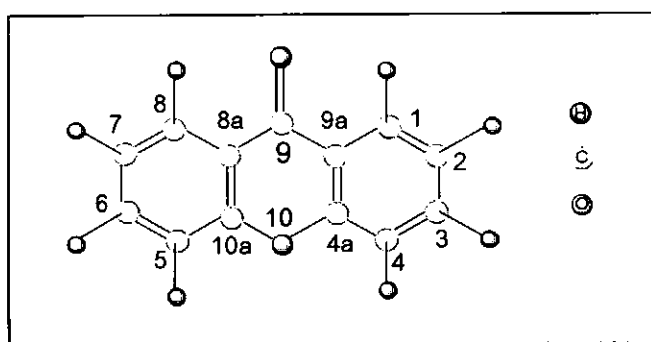
เอกสารอ้างอิง

- จินดา แท้มบรรจง. (2546). *สรุปคำบรรยายวิชาเทคนิคการแยกสาร*. (เอกสารคำสอน).
- กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- นิจศิริ เรืองรังษี; และ พยอม ดันติวัฒน์. (2534). *พืชสมุนไพร*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- บราวน์, ซีโอดอร์ แอล; เลอเมย์; และ เบิร์สเทน. (2545). *เคมี : วิชาแกนทางวิทยาศาสตร์ 1*.
- แปลโดย สุนันทา วิบูลย์จันทร์. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.
- ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. (2544). *เทคนิคทางเคมี*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ประกายพริก.
- เพยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ; และ คนอื่นๆ. (2534). *น้ำสมุนไพร*. กรุงเทพฯ: เมดิคัลมีเดีย.
- พร้อมจิตร์ ศรีลัมพ์; และ คนอื่นๆ. (2535). *สมุนไพรสวนสิริรุกชาติ*. กรุงเทพฯ: อัมรินทร์
- พรินดีงกรุฟ.
- พีรศักดิ์ วรสุนทรโรสถ; และคนอื่นๆ (2544). *ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 3 : พืชที่ให้สีย้อมและแทนนิน*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะวิทยาศาสตร์. (2537). *ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฯ.
- (2545). *ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ คม 294*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฯ.
- วันดี กฤษณพันธ์. (2536ก). *เภสัชวินิจฉัย ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- (2536ข). *เภสัชวินิจฉัย ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2540). *หนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 1 ว 0431 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. พิมพ์ครั้งที่ 7 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- (2543). *คู่มือครูวิชาเคมี เล่ม 1 ว 432 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- สำราญ พฤกษ์สุนทร. (2534). *เคมี ม. 4 เล่ม 1 ฉบับสมบูรณ์ ว 431*. กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา.
- สุภาพ บุณยะรัตเวช. (2522). *ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สุภาพ บุณยะรัตเวช; และ เกสร วีระชาติ. (2540). *ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์*. พิมพ์ครั้งที่ 6.
- กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัจฉนา วงศ์ชัยสุวัฒน์; ศิริรัตน์ วงศ์ศิริ; และ จำลอง มังคละมณี. (2534). *คู่มือ ว 431 เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. กรุงเทพฯ: ประสานมิตร.
- Harris, Daniel C. (1999). *Quantitative Chemical Analysis*. 5th ed New York: W. H. Freeman.

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2
เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

สาระสำคัญ

สารประกอบแซนโทน (xanthenes) เป็นสารสีเหลือง จัดอยู่ในกลุ่มสารจำพวก ฟลาโวนอยด์ที่เกิดขึ้นในพืช และสิ่งมีชีวิตบางชนิด มีโครงสร้างพื้นฐาน ดังภาพ 11 ในธรรมชาติพบ



ภาพประกอบ 11 แสดงสูตรโครงสร้างของสารประกอบแซนโทน

ที่มา : นริศรา สุวรรณโกชน. (2545) สารประกอบแซนโทนจากเปลือกมังคุดดิบ. หน้า 5

ได้หลายชนิดขึ้นอยู่กับชนิดของหมู่แทนที่ที่ตำแหน่งต่างๆในโครงสร้างของสารประกอบแซนโทน

เช่น แอลฟาแมงโกสติน

บีตาแมงโกสติน

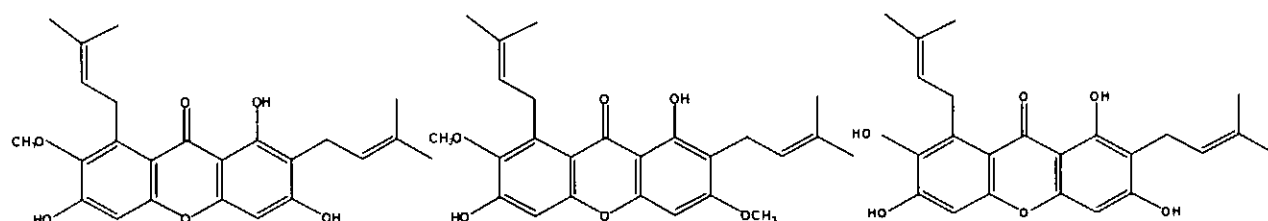
แกมมาแมงโกสติน

(α -mangostin)

(β -mangostin)

(γ -mangostin)

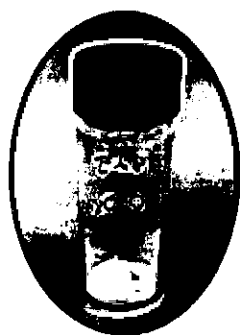
เป็นต้น



ภาพประกอบ 12 แสดงสูตรโครงสร้างของสารประกอบแซนโทน

ที่มา : นริศรา สุวรรณโกชน. (2545) สารประกอบแซนโทนจากเปลือกมังคุดดิบ. หน้า 17-18

สารประกอบแซนโทนที่พบมากที่สุดโดยเฉพาะในเปลือกผลมังคุด ได้แก่ สารประกอบแอลฟาแมงโกสทิน (α -mangostin) เป็นของแข็งสีเหลือง มีจุดหลอมเหลว 182-183 °C มีค่าอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ (ค่า $R_f = 0.45$) ในตัวทำละลายผสม 10 % เอทิลแอซีเตตใน



คลอโรฟอร์ม สารประกอบแอลฟาแมงโกสทินเป็นสารประกอบแซนโทนที่มีฤทธิ์ดีที่สุดในการต้านเชื้อแบคทีเรียชนิดสแตปไฟโลคอคัส (*Staphylococcus aureus*) ใช้รักษาแผลพุพอง แผลเน่าเปื่อย แผลเป็นหนอง สิวที่เกิดจากการติดเชื้อ และลดอาการอักเสบได้ดีที่สุด ดังนั้น เมื่อสกัดสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุดด้วยตัวทำละลายได้แล้ว จึงนำมาแยกให้บริสุทธิ์โดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟี

ภาพประกอบ 13 แสดงสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินที่สกัดได้จากผลมังคุดอ่อน

โครมาโทกราฟี (chromatography)

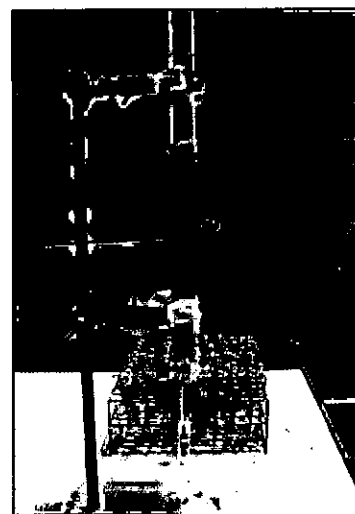
โครมาโทกราฟีเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันเพื่อแยกสารอินทรีย์ที่ผสมกันอยู่ในปริมาณน้อยให้เป็นสารบริสุทธิ์ ระบบของโครมาโทกราฟี ประกอบด้วยตัวทำละลาย (เรียกว่าตัวเคลื่อนที่) และตัวดูดซับ (เรียกว่าตัวอยู่กับที่) สารที่นิยมใช้เป็นตัวดูดซับได้แก่ กระดาษโครมาโทกราฟี ซิลิกาเจล (SiO_2) และอลูมินา (Al_2O_3)

สารที่เป็นตัวทำละลาย เช่น น้ำ คลอโรฟอร์ม เบนซีน เอทานอล ปิโตรเลียมอีเทอร์ เป็นต้น

ตัวทำละลายที่ดี คือ ตัวทำละลายที่สามารถแยกสารแต่ละชนิดที่ผสมกันอยู่ออกจากกันได้ ดี นอกจากนี้อาจใช้ตัวทำละลายผสมก็ได้

หลักของโครมาโทกราฟี คือ การแยกสารโดยอาศัยสมบัติการละลายหรือการแบ่งส่วนการละลายของสารที่แยกในตัวทำละลายและตัวดูดซับ และสมบัติการถูกดูดซับของสารโดยตัวดูดซับ

การแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี ทำได้โดยให้สารผสมอยู่บนตัวดูดซับแล้วให้ตัวทำละลายเคลื่อนที่ผ่านสารผสม ตัวทำละลายจะละลายสารต่าง ๆ ที่ผสมกันอยู่ แล้วพาเคลื่อนที่ไปบนตัวดูดซับ สารใดละลายได้ดี



ภาพประกอบ 14 แสดงโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์

หรือละลายได้มากจะถูกดูดซับได้น้อย สารนั้นจะเคลื่อนที่บนตัวดูดซับได้เร็ว ในทางตรงกันข้ามสารใดละลายได้น้อยจะถูกดูดซับได้ดี สารนั้นจะเคลื่อนที่บนตัวดูดซับได้ช้าทั้งนี้เพราะอัตราการเคลื่อนที่ของสารบนตัวดูดซับขึ้นอยู่กับ 1) ความสามารถในการละลายของสารนั้น และ 2) ความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับที่มีต่อสารนั้น ดังนั้นสารใดที่ละลายได้ดีจะถูกดูดซับได้น้อย ก็จะถูกตัวทำละลายพาแยกออกมาก่อน และสารใดที่ละลายได้น้อยลงแต่ถูกดูดซับได้มากขึ้นก็จะถูกพาแยกออกมาตามลำดับ ทำให้สามารถแยกสารออกจากกันได้



ภาพประกอบ 15 แสดงโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง

ที่มา: Daniel C. Harris. (1999). *Quantitative Analysis fifth Edition*. color plate. 22.

สรุปสาระสำคัญของเทคนิคโครมาโทกราฟี

1. การแยกสารด้วยโครมาโทกราฟี จะประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวดูดซับ
2. องค์ประกอบของสารผสมที่นำมาแยก ถ้าละลายในตัวทำละลายได้ดีจะถูกดูดซับได้น้อยจะเคลื่อนที่บนตัวดูดซับเร็ว
3. สารผสมชนิดใดแยกได้หลายส่วนแสดงว่าเป็นสารไม่บริสุทธิ์ แต่ถ้าแยกได้สารเดียวอาจเป็นสารบริสุทธิ์ หรือสารไม่บริสุทธิ์ เนื่องจากสารบางชนิดไม่มีสีจึงต้องตรวจสอบด้วยวิธีอื่นต่อไป

เทคนิคทางโครมาโทกราฟีที่ทำได้ง่าย คือ

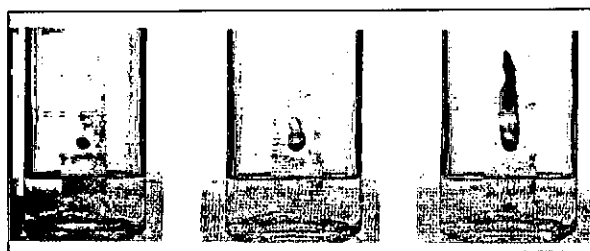
1. โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ (column chromatography)
2. โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ (paper chromatography)
3. โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง หรือทินเลเยอร์ (thin-layer chromatography)

ในขั้นนี้จะขอกล่าวเฉพาะโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ดังนี้

โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ (paper chromatography) มีลำดับขั้นตอนในการทำ ดังนี้

- 1) นำสารละลายของสารผสมที่ต้องการแยกมาและเป็นจุดเล็กๆ ใกล้ริมขอบล่างของกระดาษโครมาโทกราฟี หรือกระดาษกรอง ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับ ที่ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแล้วผึ่งให้แห้ง
- 2) นำกระดาษโครมาโทกราฟีนี้ไปใส่ในภาชนะระบบปิดที่มีตัวทำละลายบรรจุอยู่ เพื่อป้องกันการระเหยของตัวทำละลายบนตัวดูดซับ ให้ส่วนล่างของแถบกระดาษจุ่มในตัวทำละลาย (มักเป็นตัวทำละลายผสม)

- 3) ตัวทำละลายจะซึมผ่านกระดาษโครมาโทกราฟี และผ่านจุดของสารตัวอย่าง
- 4) ตัวทำละลายจะพาสารแต่ละชนิดเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วต่างกัน ทำให้เกิดแถบของสีต่างๆ อยู่บนกระดาษโครมาโทกราฟี สารใดที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายก็จะอยู่ไกลจากจุดเริ่มต้นมากที่สุด ส่วนสารที่ถูกดูดซับได้ดีก็จะอยู่ใกล้จุดเริ่มต้นมากที่สุด
- 5) วัดระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ และระยะทางที่สารที่แยกได้นั้นเคลื่อนที่ เพื่อหาค่าอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของสาร



ภาพประกอบ 16 แสดงโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

ที่มา : ซีไอเตอร์, แอล บราวน์; เลอเมย์; และ เบิร์สเทน. (2545). เคมี : วิชาแกนทางวิทยาศาสตร์ 1.

แปลโดย สุนันทา วิบูลย์จันทร์. หน้า 9.

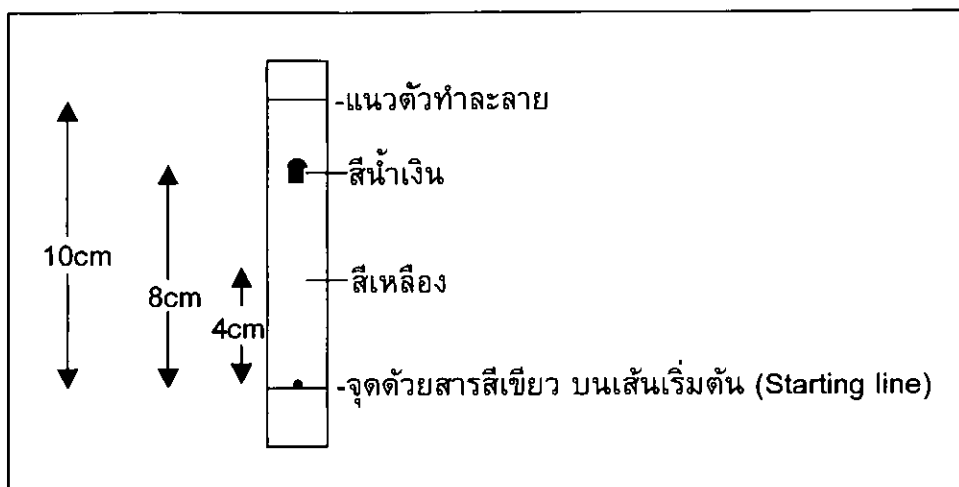
องค์ประกอบชนิดหนึ่งๆ จะเคลื่อนที่ด้วยอัตราคงที่ในตัวทำละลายชนิดเดียวกันซึ่งนำไปคำนวณ ค่าอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ (rate of flow) ใช้สัญลักษณ์ R_f ดังนี้

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่สารเคลื่อนที่}}{\text{ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่}}$$

- 1) ค่า R_f มีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ และไม่มีหน่วย
- 2) สารที่มีค่า R_f เท่ากัน อาจจะเป็นสารชนิดเดียวกัน
- 3) ถ้าค่า R_f ต่างกัน จะเป็นสารต่างชนิดกัน ถึงแม้ว่าจะมีสีเดียวกันก็ตาม
- 4) ค่า R_f ของสารชนิดเดียวกัน ถ้าใช้ตัวทำละลาย ตัวดูดซับ และทำการทดลองที่ภาวะเดียวกันจะมีค่าเท่ากันเสมอ
- 5) ค่า R_f เป็นสมบัติเฉพาะตัวของสารแต่ละชนิด

ตัวอย่างการคำนวณค่า R_f

เมื่อนำสารสีเขียว มาทดลองด้วยวิธีโครมาโทกราฟี แล้วได้ผลการทดลองดังภาพ



ภาพประกอบ 17 แสดงองค์ประกอบของสารตัวอย่างที่แยกได้บนกระดาษโครมาโทกราฟี

เมื่อทำโครมาโทกราฟีแบบกระดาษแล้ว พบว่า สารสีเขียวประกอบด้วยสารสองชนิดคือ สารสีน้ำเงิน และสารสีเหลือง โดยสารสีน้ำเงินเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 8 cm สารสีเหลืองเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 4 cm และตัวทำละลายเคลื่อนที่ได้ 10 cm

ดังนั้น ค่า R_f ของสารสีน้ำเงิน = $\frac{8}{10} = 0.8$

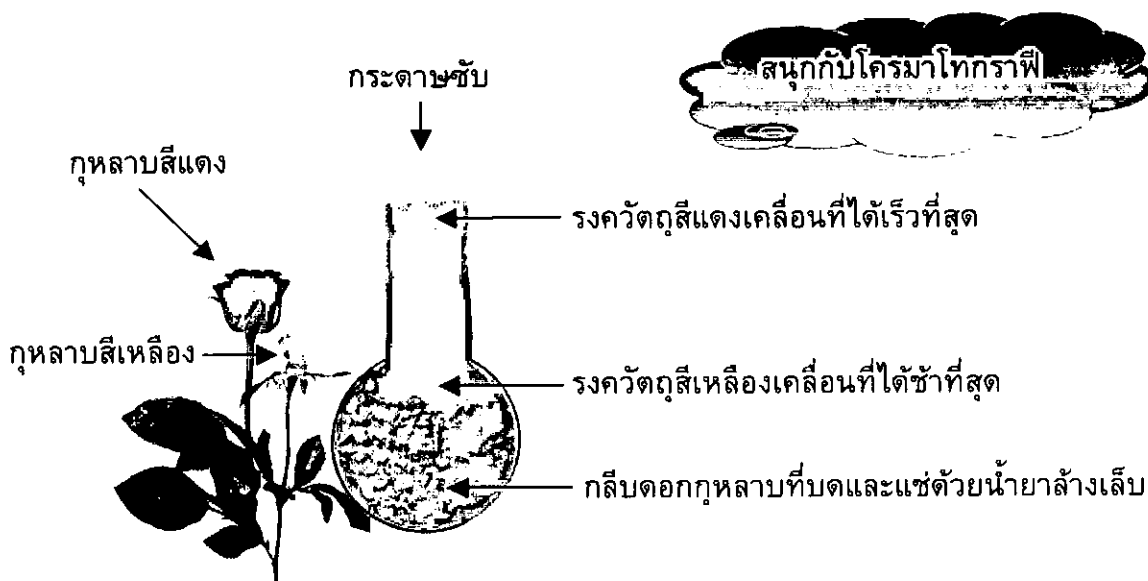
 ค่า R_f ของสารสีเหลือง = $\frac{4}{10} = 0.4$

การบอกค่า R_f ของสารจะต้องระบุชนิดของตัวทำละลายและตัวดูดซับด้วย

สรุปสาระสำคัญของโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

1. ส่วนประกอบที่จำเป็นต้องใช้คือ ตัวทำละลาย (วัฏภาคเคลื่อนที่) และตัวดูดซับ (วัฏภาคอยู่นิ่ง)
2. การแยกสารโดยอาศัยหลักการที่สารมีความสามารถในการละลาย และการถูกดูดซับต่างกัน จึงจะแยกสารออกจากกันได้ โดยสารที่ละลายในตัวทำละลายได้ดีจะถูกดูดซับได้น้อยจะแยกออกมาก่อน
3. สารชนิดเดียวกันจะมีค่า R_f เท่ากัน ถ้าใช้ตัวทำละลาย ตัวดูดซับ และสภาวะในการทดลองเหมือนกัน
4. ค่า R_f จะมีค่าไม่เกิน 1 และไม่มีหน่วย
5. เมื่อทำโครมาโทกราฟีแล้วสามารถแยกสารได้หลายสาร โดยมีค่า R_f หลายค่า

แสดงว่าสารที่นำมาแยกนั้นเป็นของผสม แต่ถ้าแยกสารได้เพียงชนิดเดียว และมีค่า R_f ค่าเดียว แสดงว่า สารนี้อาจเป็นสารบริสุทธิ์ หรือเป็นของผสมที่ให้ค่า R_f เท่ากันก็ได้



ภาพประกอบ 18 แสดงโครมาโทกราฟีแบบกระดาษในการแยกสารสีในดอกกุหลาบด้วยน้ำยาล้างเล็บ ที่มา : นิล อาร์ดลีย์. (2542). พจนานุกรมวิทยาศาสตร์. หน้า 156.

ข้อดีของโครมาโทกราฟี

1. ใช้ตรวจสอบความบริสุทธิ์ของสารได้ โดยใช้สารปริมาณเพียงเล็กน้อย
2. ใช้ประโยชน์ได้ทั้งทางปริมาณวิเคราะห์ คือ ใช้ตรวจสอบได้ว่าสารที่แยกได้แต่ละชนิด มีปริมาณเท่าใด และคุณภาพวิเคราะห์ คือ ใช้ตรวจสอบได้ว่าสารที่แยกได้เป็นสารใด โดยดูจากค่า R_f เพราะสารชนิดเดียวกันจะมีค่า R_f เท่ากัน ถ้าทำการทดลองเหมือนกัน

3. ใช้แยกได้ทั้งสารมีสี และสารไม่มีสี ในกรณีสารที่แยกได้ไม่มีสี เมื่อต้องการตรวจสอบว่าอยู่ตรงตำแหน่งใด อาจทำได้หลายวิธี ได้แก่

ก) ฟ่นด้วยสารเคมี โดยสารเคมีที่ฟ่นจะทำปฏิกิริยากับสารที่แยกได้กลายเป็นสารใหม่ที่มีสี เช่น การฟ่นด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก

ข) การอบด้วยไอของไอโอดีน

ค) การฉายด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต ถ้าสารที่แยกได้นั้นเรืองแสงได้เมื่อกระทบกับรังสีอัลตราไวโอเลต หรือสารที่แยกนั้นไม่เรืองแสง จะทราบตำแหน่งได้จากการที่สารนั้นไปบดบังสารเรืองแสงที่ฉาบไว้บนตัวดูดซับ

ข้อจำกัดของเทคนิคโครมาโทกราฟี

ข้อจำกัดของการใช้เทคนิคนี้ คือ ถ้าองค์ประกอบต่างๆ ในของผสมมีความสามารถในการละลาย และการดูดซับได้เท่ากันหรือเกือบเท่ากัน จะทำให้ไม่สามารถแยกสารออกจากกันได้ หรือแยกได้แต่ไม่บริสุทธิ์

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2

เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

หลักการ

โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ เป็นวิธีการแยกสารโดยอาศัยหลักการที่สารผสมมีความสามารถในการละลายและการดูดซับได้ต่างกัน

โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ประกอบด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ

1. ตัวทำละลายหรือวัฏภาคเคลื่อนที่ (mobile phase) อาจเป็นตัวทำละลายเดี่ยว หรือตัวทำละลายผสมก็ได้ ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ได้แก่ เฮกเซน เอทานอล เอทิลเอซีเตต เป็นต้น
2. ตัวดูดซับหรือวัฏภาคอยู่นิ่ง (stationary phase) ได้แก่ น้ำซึ่งถูกดูดซับอยู่กับโมเลกุลของเซลลูโลสในกระดาษกรอง

สารที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ได้ดีกว่าน้ำ และถูกดูดซับได้น้อยจะเคลื่อนที่ผ่านกระดาษโครมาโทกราฟีซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับได้เร็ว และในทางตรงข้ามสารที่ถูกดูดซับได้ดีและละลายได้น้อยจะเคลื่อนที่ช้า ดังนั้นอัตราการเคลื่อนที่ของสารบนตัวดูดซับจึงขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับที่มีต่อสารนั้น และความสามารถในการละลายของสารนั้นในตัวทำละลาย แต่เนื่องจากสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดซับและการละลายได้ต่างกัน จึงทำให้อัตราการเคลื่อนที่ของสารแต่ละชนิดแตกต่างกัน

โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ นำไปใช้ในการแยกสารผสมออกจากกัน สารที่แยกออกมาจะอยู่บนส่วนต่าง ๆ ของกระดาษ การจะแยกสารเหล่านี้ทำได้โดยตัดกระดาษส่วนที่ต้องการ แล้วนำไปแช่ในตัวทำละลายที่เหมาะสมก็จะแยกส่วนประกอบนั้นออกมาได้ กรณีที่สารไม่มีสีจะต้องมีวิธีการตรวจสอบเพิ่มเติม เช่น พ่นสารบางชนิดลงไปเพื่อทำปฏิกิริยาเกิดสารที่มีสี หรือดูผ่านรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่น 254 nm หรือนำไปอบในภาชนะที่อ้อมตัวด้วยไอของไอโอดีนในการแยกสารผสมนี้ ถ้าหากใช้ตัวทำละลายที่เหมือนกัน ที่อุณหภูมิและสภาวะเดียวกัน สารแต่ละชนิดจะมีค่า R_f (rate of flow) คงที่

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่สารเคลื่อนที่}}{\text{ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่}}$$

สารประกอบแซนโทนที่นักเรียนสกัดได้นั้น เป็นสารบริสุทธิ์ที่มีองค์ประกอบเดียวหรือไม่ นักเรียนจะมีวิธีแยกสารให้บริสุทธิ์ได้อย่างไร

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษได้
2. อธิบายหลักการแยกสารให้บริสุทธิ์โดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษได้
3. ทดลอง และคำนวณหาค่า R_f ของสารประกอบแซนโทนได้

เวลาที่ใช้ 4 คาบ (240 นาที)

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/กลุ่ม)

อุปกรณ์

1. ขวดใสปากกว้างทรงสูง (สูงไม่น้อยกว่า 10 cm)	1 ใบ
2. ฝาปิดหรือแผ่นกระจกสำหรับปิดฝาขวด	1 อัน
3. กระดาษโครมาโทกราฟี หรือกระดาษกรองเบอร์ 1 ตัดขนาด 2 cm x 6 cm	1 แผ่น
4. หลอดคะปิลลารี	2 อัน
5. ปากคีบ	1 อัน
6. กระบอกตวงขนาด 10 cm ³	1 อัน
7. ลวดหรือกระดาษขาว	1 อัน/ชิ้น
8. ขวดใส่สารตัวอย่าง	1 ใบ

สารเคมี

1. สารละลายของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ เข้มข้น 0.5 %	1 cm ³
2. สารละลายแอลฟาแมงโกสติน 0.5%	1 cm ³
3. เอทานอล 95 %	6 cm ³
4. สารละลายผสม 6 % เอทานอลในเฮกเซน	10 cm ³
5. ผลึกไอโอดีน	5-10 เกล็ด/ห้อง

วิธีการทดลอง

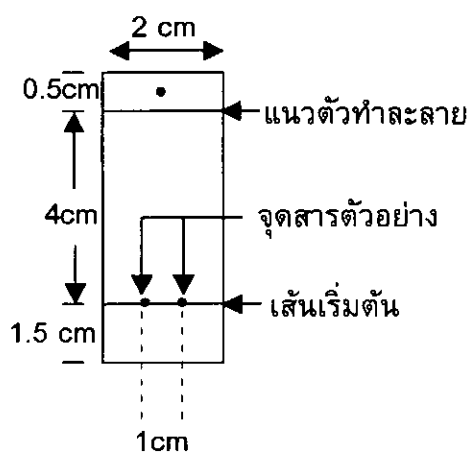
1. ใส่สารละลาย 6 % เอทานอลในเฮกเซน ปริมาตร 10 cm³ ลงในขวดปากกว้างทรงสูง (สารละลายสูงจากก้นขวดประมาณ 1 cm) ปิดฝา หรือใช้กระจกปิดฝาขวด เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ ประมาณ 2-3 นาที

2. ตัดกระดาษโครมาโทกราฟีกว้างประมาณ 2 cm ยาว 6 cm ขีดเส้นด้วยดินสอห่างจากปลายกระดาษด้านล่างประมาณ 1.5 cm เรียกว่าเส้นเริ่มต้น แล้ววัดระยะจากแนวเครื่องหมายนี้ ขึ้นไป 4 cm ขีดเส้นด้วยดินสอไว้อีกเส้นหนึ่ง เรียกว่าแนวตัวทำละลาย

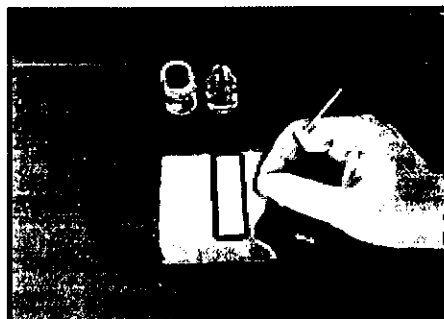
3. ใช้หลอดคะปิลลารีปลายตีบจุ่มลงในสารละลาย แอลฟาแมงโกสทิน และสารละลายของสารประกอบแซนโทน แล้วนำไปจุดบริเวณเส้นเริ่มต้น กระดาษแถบหนึ่งจุดสารทั้งสองชนิด ชนิดละจุด โดยให้แต่ละจุดห่างกัน 1 cm พยายามให้จุดสารเล็กที่สุด ถ้าต้องการให้จุดนี้เข้มต้องรอให้แห้งเสียก่อนจึงจุดซ้ำ เจาะรูเล็กๆ ตรงกลางกระดาษเหนือแนวตัวทำละลาย

4. นำแถบกระดาษในข้อ 3 ไปคล้อยกับหลอดที่ติดไว้กับฝาขวด หรือจะนำไปปะติดกลางแผ่นกระจกด้วยกระดาษกาวหรือเทป หย่อนปลายกระดาษด้านที่จุดสารไว้ลงในขวดสารละลาย 6% เอทานอลในเฮกเซน ระดับสารละลายในขวดต้องอยู่ต่ำกว่าเส้นเริ่มต้นที่จุดสารไว้ ดังรูป ง.

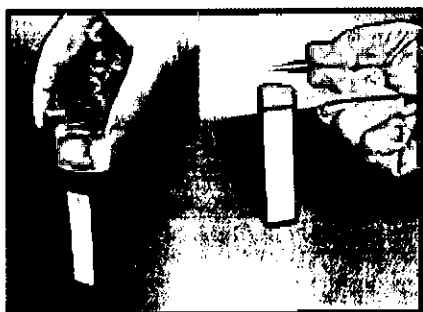
5. นำกระดาษออกมาจากขวด ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำกระดาษไปอบในขวดที่อ้อมตัวด้วยไอของไอโอดีนประมาณ 10-15 วินาที แล้วนำออก รีบใช้ดินสอวงรอบจุดสีที่ปรากฏบนกระดาษโครมาโทกราฟีทันที วัดระยะทางจากเส้นเริ่มต้นจนถึงจุดกึ่งกลางสาร และวัดระยะจากเส้นเริ่มต้นจนถึงแนวตัวทำละลาย คำนวณหาค่า R_f



ก. เตรียมกระดาษโครมาโทกราฟี
ตามขนาดที่ต้องการ



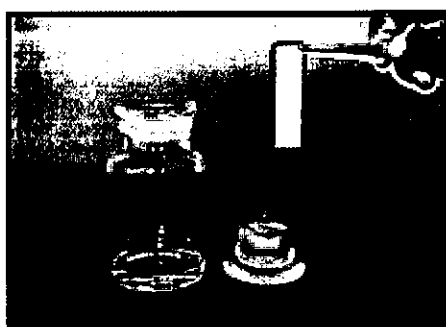
ข. จุดสารตัวอย่างลงบนกระดาษ
โครมาโทกราฟี



ค. นำกระดาษคล่องกับสวดที่ติดไว้
ที่ฝาขวดหรือติดกับกระจก



ง. นำไปใส่ในขวดที่อิมตัวด้วย
ไอของตัวทำละลาย



จ. นำกระดาษโครมาโทกราฟี
ออกมาผึ่งให้แห้ง



ฉ. นำไปอบในขวดอิมตัวด้วย
ไอของไอโอดีน

ภาพประกอบ 19 แสดงการทดลองแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบ
กระดาษ

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2
เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

วันที่ทดลอง.....กลุ่มที่.....ชั้น.....
ชื่อผู้ทดลอง 1.....เลขที่.....หน้าที่.....
2.....เลขที่.....หน้าที่.....
3.....เลขที่.....หน้าที่.....

ปัญหา.....

จุดประสงค์การทดลอง

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

สมมติฐานการทดลอง

.....
.....
.....
.....

ผลการทดลอง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อผิดพลาดและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. เหตุใดในการแยกสารด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ จึงต้องทดลองในภาชนะปิดที่อ้อมตัวด้วยไอของตัวทำละลาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ค่า R_f ของสารประกอบแซนโทน และสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน ที่คำนวณได้จากการทดลองมีค่าเท่ากันหรือไม่ จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนจะอย่างไรถ้าต้องการตรวจสอบว่าสารที่แยกได้เพียงองค์ประกอบเดียวนั้นเป็นสารบริสุทธิ์หรือไม่ จงอธิบาย

[illegible]

4. นักเรียนจงบอกประโยชน์ของการแยกสารโดยใช้วิธีโครมาโทกราฟี มาสัก 2 ข้อ

[illegible]

5. นักเรียนสามารถนำสารที่แยกได้ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษไปใช้ได้อย่างไร
และถ้านักเรียนต้องการแยกสารในปริมาณมากขึ้นจะมีวิธีทำอย่างไร

[illegible]

เอกสารอ้างอิง

- จินดา แท้มบรรจง. (2546). *สรุปคำบรรยายวิชาเทคนิคการแยกสาร*. (เอกสารคำสอน).
 กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- นริศรา สุวรรณโกษณ์. (2545). *สารประกอบแซนโทนจากเปลือกมังคุดดิบ*. ปรินุญานินพนธ์
 วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. (เคมีชีวภาพ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นิจศิริ เรืองรังษี; และ พยอม ตันติวัฒน์. (2534). *พืชสมุนไพร*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- บราวน์, ซีโอดอร์ แอล; เลอเมย์; และ เบิร์สเทน. (2545). *เคมี: วิชาแกนทางวิทยาศาสตร์ 1*.
 แปลโดย สุนันทา วิบูลย์จันทร์. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.
- ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. (2544). *เทคนิคทางเคมี*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ประกายพริก.
- เผด็จ สิทธิสุนทร; และคนอื่นๆ. (2539). *คู่มือปฏิบัติการเคมีอินทรีย์*. กรุงเทพฯ:
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ; และ คนอื่นๆ. (2534). *น้ำสมุนไพร*. กรุงเทพฯ: เมดิคัลมีเดีย.
- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะวิทยาศาสตร์. (2537). *ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์*. กรุงเทพฯ:
 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฯ.
- (2545). *ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ คม 294*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยฯ.
- วันดี กฤษณพันธ์. (2536ก). *เภสัชวินิจฉัย ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เล่ม 1*. กรุงเทพฯ:
 ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- (2536ข). *เภสัชวินิจฉัย ยา และผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: ภาควิชา
 เภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ศิริกานต์ ผาสุข. (2543). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเรื่องการสกัดและ
 แยกองค์ประกอบทางเคมีจากพืชสมุนไพรในห้องปฏิบัติการสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของ
 สถาบันราชภัฏ*. ปรินุญานินพนธ์การศึกษาจุฬาลงกรณ์. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ:
 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2535). *คู่มือครูวิชาเคมี เล่ม 3 ว 032
 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- (2535). *คู่มือครูวิชาเคมี เล่ม 4 ว 033 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์
 คุรุสภา.
- (2535). *หนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 3 ว 032 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. กรุงเทพฯ:
 โรงพิมพ์คุรุสภา.
- (2540). *หนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 1 ว 0431 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. พิมพ์ครั้งที่ 7
 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2543). คู่มือครูวิชาเคมี เล่ม 1 ว 432 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- (2546). คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐาน และเพิ่มเติมเคมี เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- (2546). หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- สำราญ พงษ์สุนทร. (2534). เคมี ม. 4 เล่ม 1 ฉบับสมบูรณ์ ว 431. กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา.
- สุภาพ บุณยะรัตเวช. (2522). ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สุภาพ บุณยะรัตเวช; และ เกสร วีระชาติ. (2540). ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัจฉนา วงศ์ชัยสุวัฒน์; ศิริรัตน์ วงศ์ศิริ; และ จำลอง มังคละมณี. (2534). คู่มือ ว 431 เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. กรุงเทพฯ: ประสานมิตร.
- อาร์ดลีย์ นิล. (2542). พจนานุกรมวิทยาศาสตร์. แปลโดย ยุวดี เชี่ยววัฒนา; และคนอื่นๆ. กรุงเทพฯ: แพรวเยาวชน.
- Harris, Daniel C. (1999). *Quantitative Chemical Analysis*. 5th ed New York: W. H. Freeman.
- Morrison, R.T.; & Boyd, R.N. (1987). *Organic Chemistry*. 5th ed. Boston : Allyn and Bacon.

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3

เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้

สาระสำคัญ

การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทน

ในการวิเคราะห์สารประกอบแซนโทน ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของสารตัวอย่าง ได้แก่ สถานะ สี กลิ่น การละลาย ความเป็นกรด เบส จุดหลอมเหลว
2. วิเคราะห์เพื่อจำแนกชนิดของหมู่ฟังก์ชันในสารตัวอย่าง
3. ทดสอบทางเคมีด้วยปฏิกิริยาเฉพาะ ซึ่งจะทำให้ทราบว่าสารตัวอย่างเป็นสารประกอบพวกแซนโทน
4. ทำนายโครงสร้างหรือหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทนจากข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองร่วมกับข้อมูลจากเอกสาร

1. การทดสอบสมบัติทางกายภาพของสารประกอบแซนโทน

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของสารเป็นการตรวจสอบเบื้องต้น โดยการนำส่วนผสมของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้มาทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การสังเกต และบันทึกสถานะ สี การละลาย ทดสอบความเป็นกรด เบส และการหาจุดหลอมเหลวของสาร

ทดสอบการละลาย

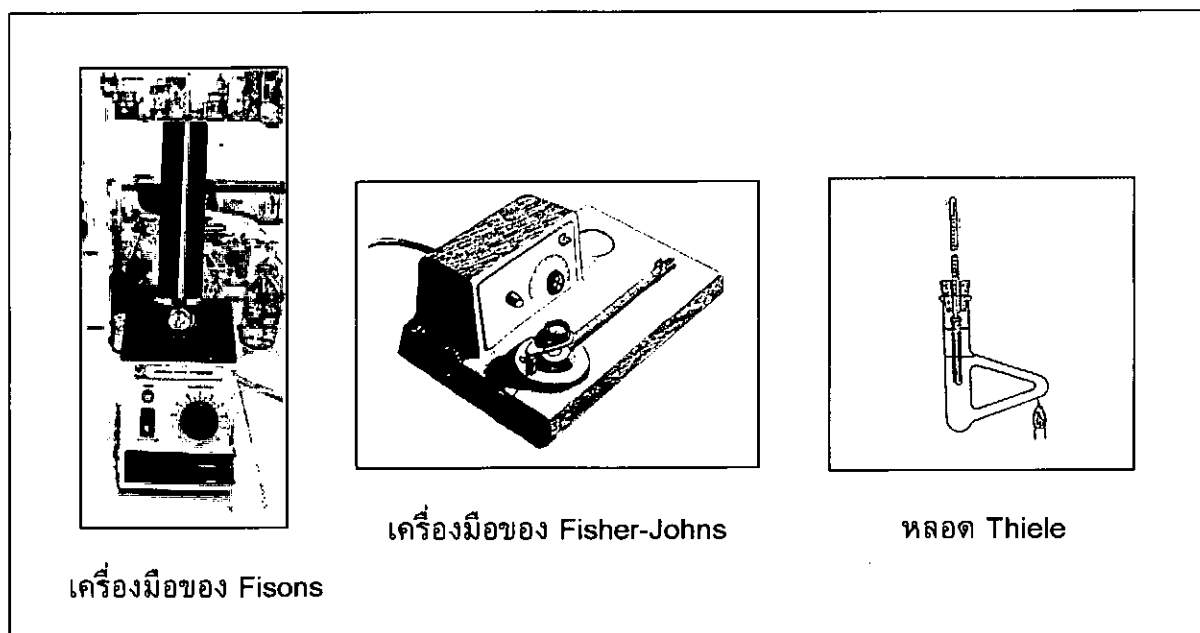
สารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันที่มีขั้ว และมวลโมเลกุลต่ำจะละลายในน้ำ สารที่โมเลกุลไม่มีขั้วจะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ ได้แก่ เฮกเซน อีเทอร์ นอกจากนี้ การละลายในสารละลายที่เป็นกรดหรือเบสจะเป็นแนวทางให้ทราบถึงสมบัติเฉพาะของหมู่ฟังก์ชัน เช่น สารใดไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ในสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ 5% แสดงว่า สารนั้นมีหมู่ฟังก์ชันที่มีสมบัติเป็นกรดแก่ หรือกรดอ่อน แต่ถ้าเป็นกรดอ่อนจะไม่ละลายในไฮเดียมไฮดรอกไซด์ 5% เป็นต้น ข้อสังเกตเกี่ยวกับการละลายของสารในตัวทำละลายใดๆ นั้น หมายถึง การที่สารเมื่อละลายแล้วให้สารละลายใส ไม่มีตะกอนเหลือ หรือเมื่อเขย่าแล้วไม่เกิดอิมัลชัน

การหาจุดหลอมเหลว (melting point)

จุดหลอมเหลว คือ อุณหภูมิที่สภาวะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวภายใต้ความดัน 1 บรรยากาศ หรืออุณหภูมิที่ของแข็งและของเหลวอยู่ในสภาวะสมดุลซึ่งกันและกันที่ความดัน 1 บรรยากาศ

ช่วงจุดหลอมเหลว (melting point range) คือ ช่วงอุณหภูมิที่สารเริ่มหลอมเหลวจนกระทั่งหลอมเหลวหมดพอดี จุดหลอมเหลวใช้ตรวจความบริสุทธิ์ของสารโดยดูจากช่วงจุดหลอมเหลว ถ้าเป็นสารบริสุทธิ์จะมีช่วงจุดหลอมเหลวแคบประมาณ $0.5 - 1^{\circ}\text{C}$ เท่านั้น แต่ถ้าสารมีช่วงจุดหลอมเหลวกว้าง แสดงว่าสารนั้นไม่บริสุทธิ์ ต้องนำไปตกผลึกซ้ำ หรือแยกสารให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีต่อไป

การหาจุดหลอมเหลว เครื่องมือที่ใช้หาจุดหลอมเหลวของสารที่มีปริมาณน้อยๆ มีหลายชนิดได้แก่ เครื่องมือของฟิสสัน (Fisons) เครื่องมือของฟิชเชอร์-จอห์น (Fisher-Johns) และหลอดทิลเล (thiele) เครื่องมือแต่ละชนิดเหมาะกับการใช้ในช่วงอุณหภูมิต่างๆ ซึ่งเหมาะกับการลักษณะต่างกัน



ภาพประกอบ 20 แสดงเครื่องมือของ Fisons เครื่องมือของ Fisher-Johns และ หลอด thiele ใช้หาจุดหลอมเหลวของสาร

ที่มา : เมติจ สิริสุนทร; และคนอื่นๆ. (2539). คู่มือปฏิบัติการเคมีอินทรีย์. หน้า 16. ;
สุภาพ บุณยะรัตเวช; และเกษร วีระชาติ. (2540). ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์. หน้า 11.

2. การทดสอบทางเคมีของสารประกอบแซนโทน

ทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทน โดยนำส่วนผสมของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้มาทดสอบ ดังนี้



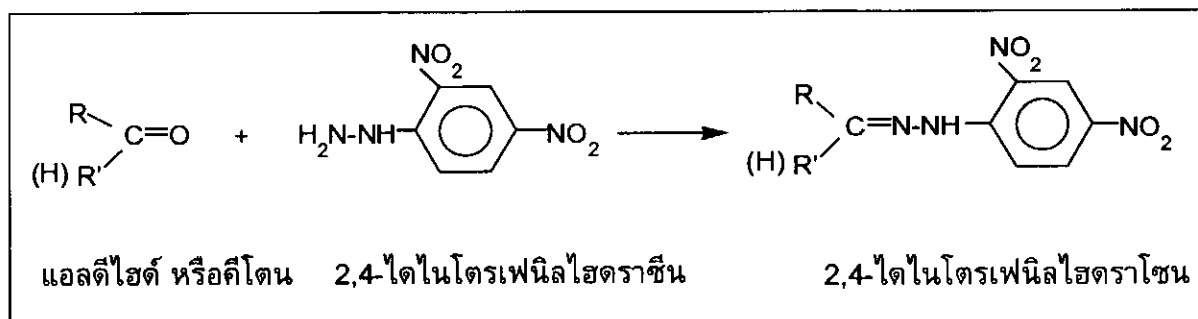
สีเหลือง

สีแดง

ซีริกไนเตรตรีเอเจนต์ หรือ
แอมโมเนียมเฮกซะไนเตรโตซีเรียม (IV)

2) การทดสอบหมู่คาร์บอนิล

สารประกอบที่มีหมู่คาร์บอนิลเมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน (2,4-dinitrophenylhydrazine) จะได้ตะกอนสีเหลืองส้มของ 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราโซน เกิดขึ้น ดังสมการ



3) การทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาไซยานิดิน (cyanidin

reaction)

นำสารละลายของสารประกอบแซนโทนในเอทานอล ทำปฏิกิริยากับแมกเนเซียมและกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น สังเกตสีส้มถึงสีแดงที่เกิดขึ้น แล้วทำให้หลอดเย็นลง เติมน้ำกลั่นลงไปเท่ากับปริมาตรสารละลายเดิม เติมออกทานอล (octanol) หรือ เฮกซานอล (hexanol) ลงไป ถ้าเป็นสารประกอบแซนโทนจะให้สีแดงจนถึงม่วงแดง

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3

เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้

หลักการ

การทดสอบสมบัติของสารอินทรีย์ทำได้โดยการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของสาร ดังนี้

1. การทดสอบเบื้องต้น (preliminary examination) โดยบันทึกสถานะของสารประกอบแซนโทน ว่าเป็นของแข็งหรือของเหลว ดูสี และดมกลิ่น เป็นต้น
2. การจำแนกประเภทของการละลาย (solubility classification) อาศัยการละลายของสารประกอบแซนโทนในตัวทำละลายต่างๆ กัน เช่น ถ้าสารใดละลายได้ดีในสารละลายต่างๆ ก็จะทำให้ทราบว่าสารนั้นมีหมู่ที่ทำหน้าที่มีสมบัติเป็นกรด ในทางกลับกันถ้าสารนั้นละลายได้ดีในสารละลายกรดก็ทำให้ทราบว่าสารนั้นมีหมู่ที่ทำหน้าที่มีสมบัติเป็นเบส ตัวทำละลายที่ใช้ ได้แก่ น้ำ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 5% สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 5% เป็นต้น
3. การทดสอบหาจุดหลอมเหลว หรือจุดเดือดของสาร ถ้าสารตัวอย่างเป็นของแข็งให้หาจุดหลอมเหลว สารบริสุทธิ์มีช่วงจุดหลอมเหลวไม่ควรเกิน 2 องศา ถ้าช่วงจุดหลอมเหลวกว้างต้องทำให้บริสุทธิ์โดยการนำมาตกผลึกใหม่ แล้วหาจุดหลอมเหลวจนกระทั่งจุดหลอมเหลวคงที่ ถ้าเป็นของเหลวให้นำมาหาจุดเดือด สารบริสุทธิ์ช่วงจุดเดือดไม่ควรเกิน 5 องศา ถ้าช่วงจุดเดือดกว้างจะต้องทำให้บริสุทธิ์โดยการกลั่นเสียก่อน
4. การทดสอบเพื่อหาหมู่ที่ทำหน้าที่เฉพาะ หรือหมู่ฟังก์ชัน (functional group) เช่น การทดสอบสารประกอบจำพวกฟีนอล การทดสอบหมู่คาร์บอนิล เป็นต้น
5. การทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาเฉพาะ เช่น ปฏิกิริยาไซยานิดิน เป็นต้น

สารประกอบแซนโทนที่นักเรียนสกัดได้จากผลมังคุด นักเรียนมีวิธีทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และทดสอบหาหมู่ฟังก์ชันของสารได้อย่างไร

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการทดสอบสมบัติการละลาย และความเป็นกรด เบส ของสารประกอบแซนโทนได้
2. ทดลองหาจุดหลอมเหลวของสารประกอบแซนโทน
3. สอบหาหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทนได้
4. ทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาเฉพาะ

เวลาที่ใช้ 4 คาบ 240 นาที)

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/กลุ่ม)

อุปกรณ์

1. หลอดทดลองขนาดเล็ก	12	หลอด
2. หลอดคะปิลลารี	1	อัน
3. หลอดจีดยาขนาด 10 cm	1	อัน
4. บีกเกอร์ ขนาด 100 cm ³	1	ใบ
5. แท่งแก้วคน	1	อัน
6. กระบอกตวง ขนาด 10 cm ³	1	อัน
7. หลอดหยด	1	อัน
8. กระจกนาฬิกา	1	อัน
9. แท่งแก้วคน	1	อัน
10. เทอร์มอมิเตอร์ 0-200 °C	1	อัน
11. ช้อนตักสารขนาดเล็ก	1	อัน

สารเคมี

1. กระดาษลิตมัสสีน้ำเงิน และสีแดง อย่างละ	4	แผ่น
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 5 %	2	cm ³
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 %	2	cm ³
4. น้ำโบรมีน	5	cm ³
5. เอทานอล 95 %	6	cm ³
6. สารละลายฟีนอล 2 %	4	cm ³
7. เบนซีน	4	cm ³
8. แอซีโตน	4	cm ³
9. สารละลายไอโรออน (III) คลอไรด์ 5%	1	cm ³
10. สารละลายซีริกไนเตรตริเอเจนต์	1.5	cm ³
11. สารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน	1	cm ³
12. โลหะแมกเนเซียม	0.1	g
13. ออกทิลแอลกอฮอล์ (หรือใช้เฮกซานอลแทน)	1	cm ³
14. น้ำกลั่น	3	cm ³
15. น้ำมันซิลิโคน	30	cm ³
16. กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 12 M	0.5	cm ³
17. เฮกเซน	2	cm ³
18. เอทิลแอซีเตต	2	cm ³

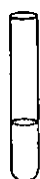
19. กระดาษทราย ขนาด 2 นิ้ว X 2 นิ้ว 1 แผ่น
 20. สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากบทปฏิบัติการที่ 1 60 mg

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ทดสอบสมบัติการละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกัน และทดสอบความเป็นกรด เบสของสารประกอบแซนโทน

1. ทดสอบสมบัติการละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกัน ได้แก่ เฮกเซน เอทิลเอซีเตต เอทานอล และน้ำ นำสารประกอบแซนโทนขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5 mg) ใส่ลงในแต่ละตัวทำละลายปริมาตร 2 cm³ สังเกตการละลาย บันทึกผล

2. ทดสอบความเป็นกรด เบสของสารประกอบแซนโทน โดยนำสารละลายในข้อ 1 มาทดสอบกับกระดาษลิตมัสสีน้ำเงิน และแดง บันทึกผล จากนั้นนำสารประกอบแซนโทนขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5mg) ละลายในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 5% และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% อย่างละ 2 cm³ บันทึกผล ถ้าสารนั้นละลายได้ดีในสารละลายเบส แสดงว่าสารนั้นมีหมู่ที่ทำหน้าที่มีสมบัติเป็นกรด หรือในทางกลับกันถ้าสารนั้นละลายได้ดีในสารละลายกรด ก็แสดงว่าสารนั้นมีหมู่ที่ทำหน้าที่มีสมบัติเป็นเบส



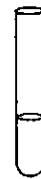
เฮกเซน 2 cm³ +
สารประกอบแซนโทน



เอทิลเอซีเตต 2 cm³ +
สารประกอบแซนโทน



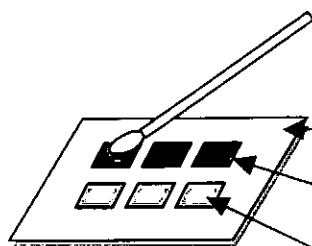
เอทานอล 2 cm³ +
สารประกอบแซนโทน



น้ำ 2 cm³ +
สารประกอบแซนโทน

สังเกตการละลาย บันทึกผล

นำไปทดสอบกับกระดาษลิตมัสสีน้ำเงิน และสีแดง

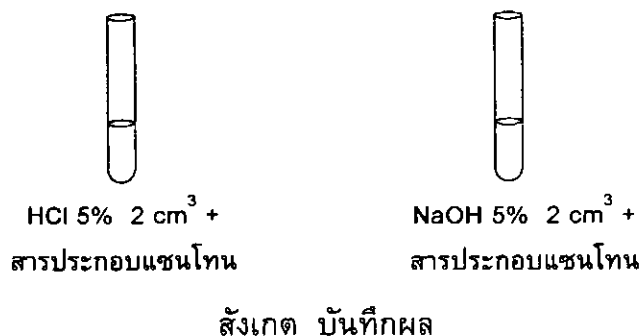


แผ่นกระดาษ หรือกระดาษหาคา

กระดาษลิตมัสสีน้ำเงิน

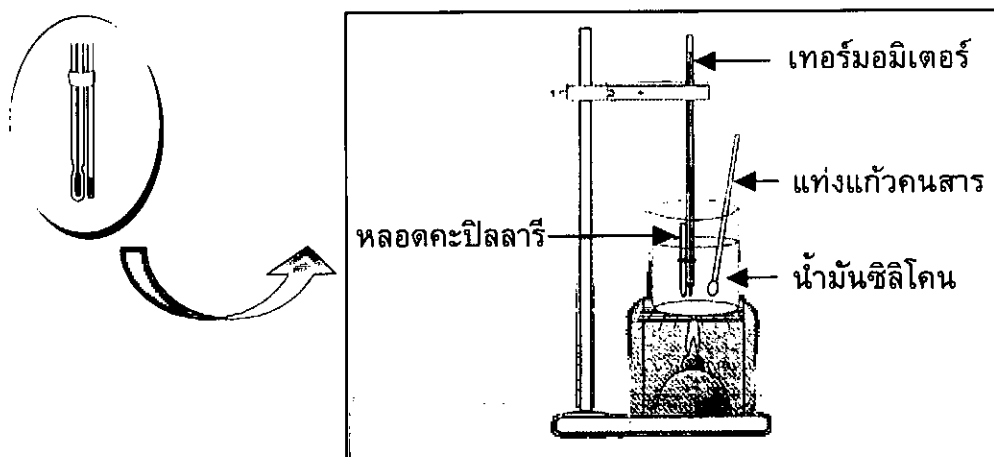
กระดาษลิตมัสสีแดง

สังเกต บันทึกผล



ตอนที่ 2 การหาจุดหลอมเหลวของสารประกอบแซนโทน

1. นำบีกเกอร์ขนาด 100 cm³ ที่แห้งและสะอาดใส่น้ำมันซิลิโคนลงไปประมาณ 1/2 ของบีกเกอร์เพื่อใช้เป็นอ่างน้ำมัน (oil bath)
2. หลอมปลายข้างหนึ่งของหลอดคะปิลลารีให้ติดกัน
3. ตักสารประกอบแซนโทนที่เตรียมได้ ปริมาณเล็กน้อยใส่ในกระจกนาฬิกา ใช้แท่งแก้วบดให้ละเอียด โดยคว่ำปลายที่เปิดของหลอดคะปิลลารีลงบนสาร อัดให้สารเข้าไปในหลอดแล้วเคาะกันหลอดกับโต๊ะ หรือนำหลอดคะปิลลารีนำไปใส่ในหลอดแก้วปลายเปิดทั้ง 2 ข้างยาวประมาณ 1 ฟุต ปลดหลอดคะปิลลารีให้ตกลงในหลอดแก้วหลายๆครั้งเพื่ออัดสารให้แน่น บรรจุสารสูงประมาณ 0.2 cm
4. ใช้ยางรัดหลอดคะปิลลารีให้ติดกับกระเปาะเทอร์มอมิเตอร์ โดยให้กันหลอดอยู่ระดับเดียวกับปลายล่างของกระเปาะเทอร์มอมิเตอร์ แล้วจุ่มลงในอ่างน้ำมันโดยให้กันกระเปาะอยู่สูงกว่ากันบีกเกอร์พอประมาณ (ระวังอย่าให้ยางรัดและด้านเปิดของหลอดคะปิลลารีจุ่มในน้ำมัน)
5. ให้ความร้อนกับอ่างน้ำมันช้าๆ และคนตลอดเวลา พยายามให้อัตราเพิ่มอุณหภูมิประมาณ 3-4 องศาต่อนาที (ถ้าอุณหภูมิเพิ่มเร็วเกินไปให้ดึงตะเกียงออก) บันทึกอุณหภูมิที่สารเริ่มหลอมเหลว และอุณหภูมิที่สารหลอมเหลวหมด (ข้อสังเกต เมื่อสารหลอมเหลว จะได้สารละลายใส)



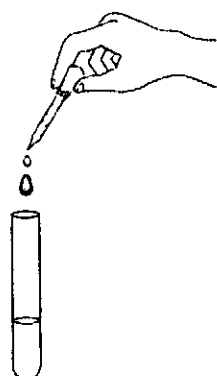
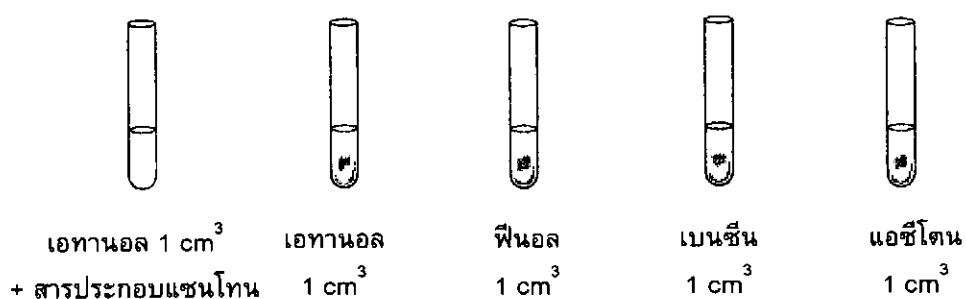
ภาพประกอบ 21 แสดงการหาจุดหลอมเหลวของสารประกอบแซนโทน

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้
พื้นฐานละเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. หน้า 59.

ตอนที่ 3 ทดสอบหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทน

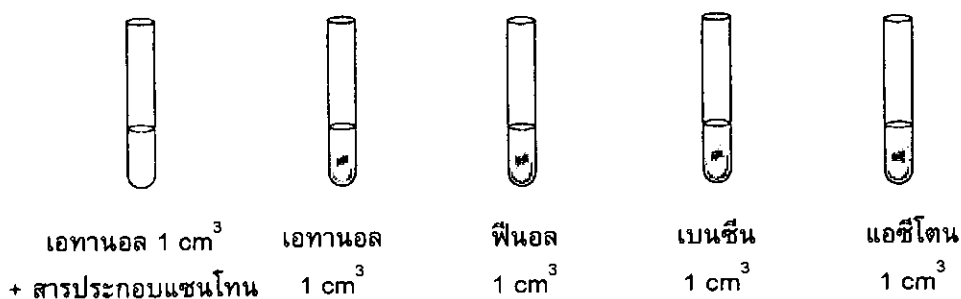
การตรวจสอบสารประกอบจำพวกฟีนอล (phenolic compound)

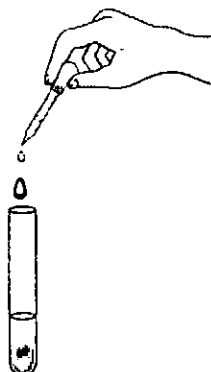
1. การทดสอบด้วยน้ำโบรมีน นำสารประกอบแซนโทนขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5 mg) ละลายในเอทานอล ปริมาตร 1 cm³ แล้วหยดสารละลายโบรมีนในน้ำลงไปทีละหยดจนสีของโบรมีนไม่ถูกทำลายอีกคือได้สารละลายที่มีสีเหลืองอ่อน ถ้าได้ตะกอนสีขาวเกิดขึ้นแสดงว่าเป็นสารประกอบจำพวกฟีนอล ทำการทดลองซ้ำโดยใช้เอทานอล ฟีนอล เบนซีน และ แอซีโตน อย่างละ 1 cm³ บันทึกผล (เปรียบเทียบผลการทดลองในหลอดแรกกับเอทานอล)



หยดสารละลาย Br₂ ลงไปที่ละหยด เขย่าจน Br₂ มีปริมาณมากเกินพอ สารละลายจะมีสีเหลืองสังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

2. การทดสอบด้วยสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์หรือไอร์ออน(III)คลอไรด์ (FeCl₃) นำสารประกอบแซนโทนขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5 mg) ละลายในเอทานอล ปริมาตร 1 cm³ แล้วหยดสารละลายไอร์ออน(III)คลอไรด์ ลงไป 3 หยด ถ้าสารที่ทดสอบเป็นสารประกอบจำพวกฟีนอล จะเปลี่ยนเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน ม่วง เขียว หรือน้ำตาลแดง ทำการทดลองซ้ำโดยใช้เอทานอล ฟีนอล เบนซีน และแอซีโตน อย่างละ 1 cm³ บันทึกผล (เปรียบเทียบผลการทดลองในหลอดแรกกับเอทานอล)





หยดสารละลายไอโรออน(III)คลอไรด์ ลงไป

หลอดละ 3 หยด เขย่า

สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

3. การทดสอบด้วยซีริกไนเตรตรีเอเจนต์ นำสารประกอบแซนโทนขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5 mg) ละลายในแอซีโตน ปริมาตร 1 cm^3 แล้วหยดสารละลายซีริกไนเตรตรีเอเจนต์ลงไป ในหลอดทดลอง 5 หยด ถ้าเป็นสารประกอบจำพวกฟีนอลจะให้ตะกอนสีน้ำตาลจนถึงสีน้ำตาลแกมเขียว ถ้าเป็นแอลกอฮอล์จะให้สารละลายสีแดง ทำการทดลองซ้ำโดยใช้ เอทานอล ฟีนอล เบนซีน และแอซีโตน อย่างละ 1 cm^3 บันทึกผล (เปรียบเทียบผลการทดลองในหลอดแรกกับแอซีโตน)



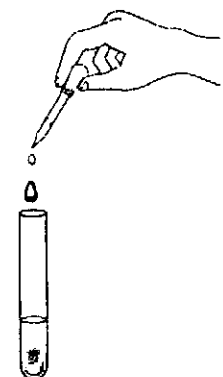
แอซีโตน 1 cm^3
+ สารประกอบแซนโทน

เอทานอล
 1 cm^3

ฟีนอล
 1 cm^3

เบนซีน
 1 cm^3

แอซีโตน
 1 cm^3

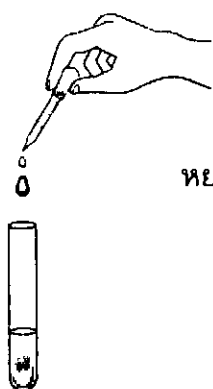
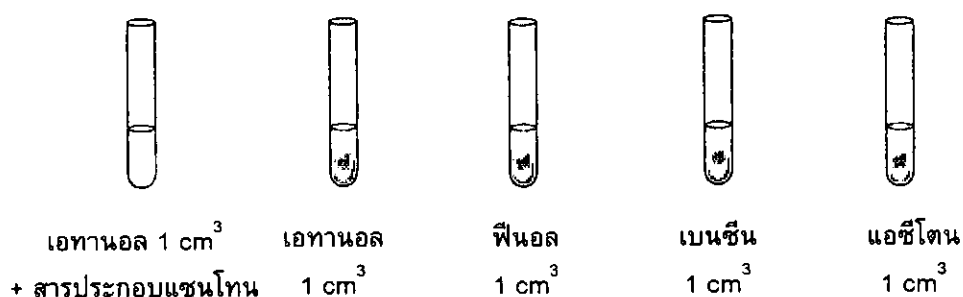


หยดสารละลายซีริกไนเตรตรีเอเจนต์ ลงไปหลอดละ 3 หยด

เขย่า สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

4. การทดสอบหมู่คาร์บอนิลด้วยสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน

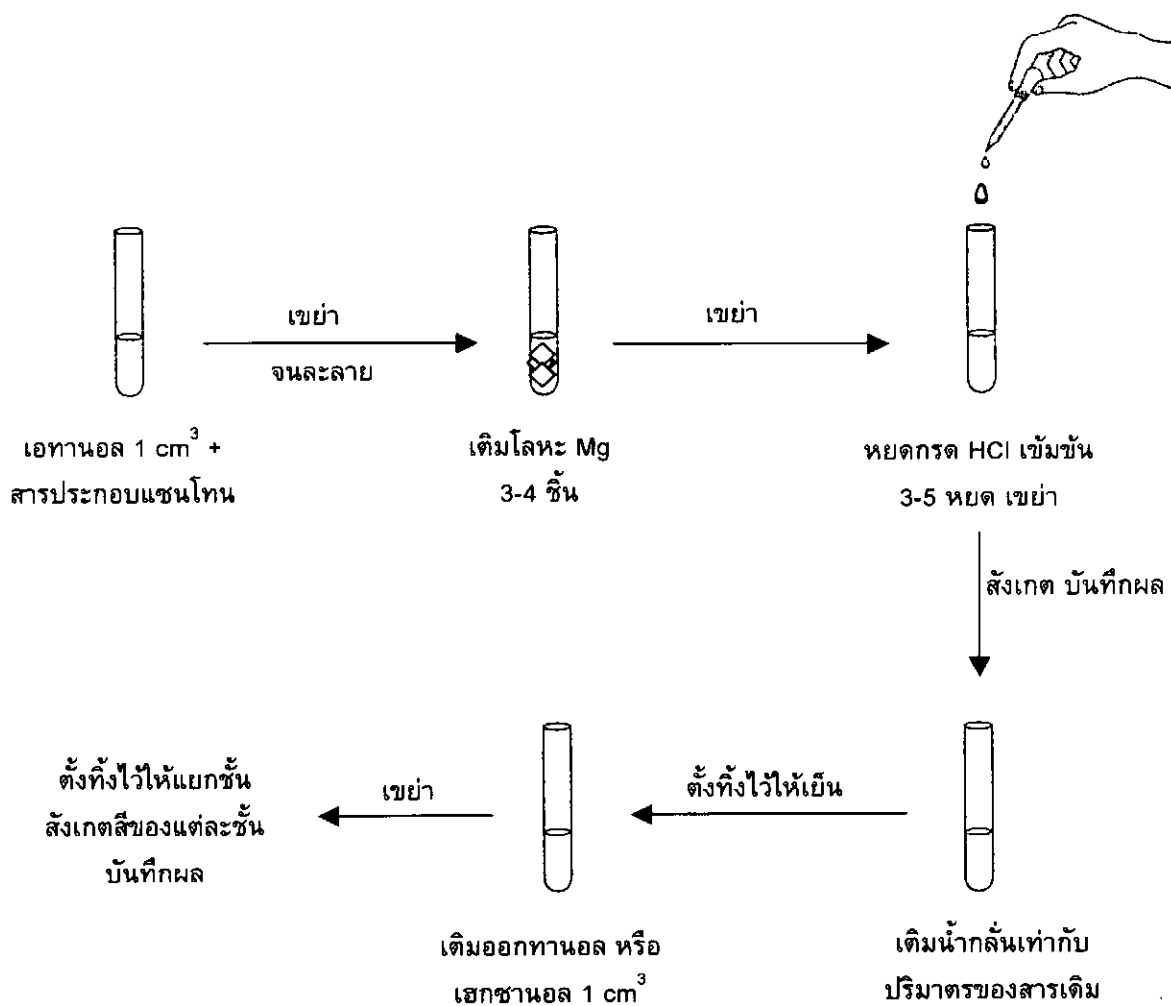
นำสารประกอบแซนโทนขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5 mg) ละลายในเอทานอล ปริมาตร 1 cm³ หยดสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน ลงในหลอดทดลอง 3 หยด เขย่าแรงๆ ถ้าไม่เกิดปฏิกิริยาให้อุ่นในอ่างน้ำอุ่นนาน 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล ถ้าเป็นสารประกอบคาร์บอนิลจะได้ตะกอนสีเหลืองส้มเกิดขึ้น ทำการทดลองซ้ำโดยใช้เอทานอล ฟีนอล เบนซีน และแอซีโตน อย่างละ 1 cm³ บันทึกผล (เปรียบเทียบผลการทดลองในหลอดแรกกับเอทานอล)



หยดสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน ลงไปหลอดละ 3 หยด เขย่า สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

ตอนที่ 4 ทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาไซยานิดิน (cyanidin reaction)

1. นำสารประกอบแซนโทนขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ (ประมาณ 5 mg) ละลายในเอทานอล ปริมาตร 1 cm³ ในหลอดทดลอง
2. ใส่แมกเนเซียม 3-4 ชิ้น (0.1 g) หยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 3-5 หยด เขย่า สังเกตสีส้มถึงสีแดงที่เกิดขึ้น ทำให้หลอดเย็น
3. เติมน้ำกลั่นลงไปปริมาตรเท่ากับสารละลายที่มีอยู่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมออกทานอล (หรือใช้เฮกซานอลแทน) 1 cm³ เขย่า ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นสังเกตสีแต่ละชั้น บันทึกผล สารประกอบแซนโทนจะให้สีแดงจนถึงม่วงแดง



รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3
เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบไอออนที่สกัดได้

วันที่ทดลอง.....กลุ่มที่.....ชั้น.....
ชื่อผู้ทดลอง 1.....เลขที่.....หน้าที่.....
2.....เลขที่.....หน้าที่.....
3.....เลขที่.....หน้าที่.....

ปัญหา.....

จุดประสงค์การทดลอง

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

สมมติฐานการทดลอง

.....
.....
.....
.....

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ตอนที่ 2

[illegible]

ตอนที่ 3

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There is no text or other markings on the page.

ตอนที่ 4

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อผิดพลาดและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. สารประกอบแซนโทนละลายในตัวทำละลายชนิดใด และมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. สารประกอบแซนโทนที่นักเรียนสกัดได้ มีช่วงจุดหลอมเหลวเป็นอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. เหตุใดในการทดสอบหาหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทน จึงต้องเปรียบเทียบผลการทดลองกับตัวทำละลายที่ใช้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. สารประกอบแซนโทนให้ผลการทดสอบกับสาร หรือรีเอเจนต์ใดได้บ้าง จงอธิบาย

[illegible]

5. เมื่อทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาไซยานิดิน ผลการทดสอบเป็นอย่างไร
 ถ้านักเรียนต้องการทดสอบสารตัวอย่างว่าใช้สารประกอบแซนโทนหรือไม่ จะมีวิธีการอย่างไร

[illegible]

เอกสารอ้างอิง

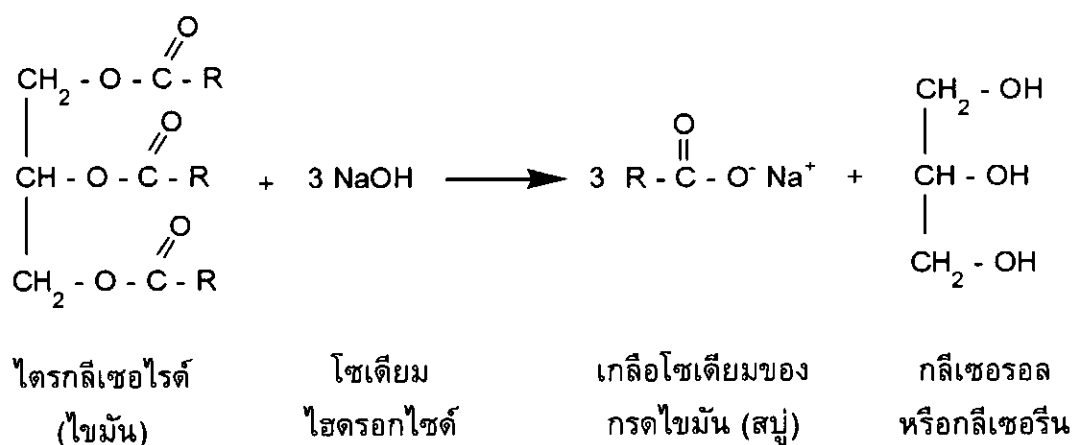
- บราวน์, ซีโอดอร์ แอล; เลอเมย์; และ เบิร์สเทน. (2545). เคมี : วิชาแกนทางวิทยาศาสตร์ 1. แปลโดย สุนันทา วิบูลย์จันทร์. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.
- ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. (2544). เทคนิคทางเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ประกายพริก.
- เผด็จ สิทธิสุนทร; และคนอื่นๆ. (2539). คู่มือปฏิบัติการเคมีอินทรีย์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะวิทยาศาสตร์. (2537). ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฯ.
- (2545). ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ คม 294. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฯ.
- ศิริกานต์ ผาสุข. (2543). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเรื่องการสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมีจากพืชสมุนไพรในท้องถิ่นสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของสถาบันราชภัฏ. ปรินญานินพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2535). คู่มือครูวิชาเคมี เล่ม 3 ว 032 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- (2535). หนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 3 ว 032 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- (2546). หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2 กลุ่มสาระการสุภาพ บุณยะรัตเวช. (2522). ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สุภาพ บุณยะรัตเวช; และ เกสร วีระชาติ. (2540). ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อ้อมบุญ ล้วนรัตน์. (2536). การสกัดและตรวจสอบสารสำคัญจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- Morrison, R.T.; & Boyd, R.N. (1987). *Organic Chemistry*. 5th ed. Boston : Allyn and Bacon.

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4
เรื่อง การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่

สาระสำคัญ

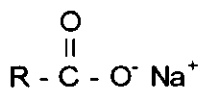
สบู่ หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นโดยนำไขมันสัตว์ เช่น ไขวัว หรือน้ำมันพืช เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะกอก ไปต้มกับด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะได้สบู่แข็ง หรือนำไปต้มกับด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ จะได้สบู่อ่อน ใช้ชำระล้างและซักฟอก

สบู่ที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้ คือเกลือของกรดอินทรีย์ ที่ได้จากการนำไขมันสัตว์หรือไขมันพืชมาต้มกับด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากในไขมันมีสารที่เรียกว่าไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ซึ่งเกิดปฏิกิริยาแซพอนิฟิเคชัน (saponification) โดยไตรกลีเซอไรด์จะเปลี่ยนเป็นเกลือโซเดียมของกรดไขมันซึ่งก็คือสบู่ ดังสมการ



โครงสร้างของสบู่

สูตรโครงสร้างทั่วไปของสบู่ คือ



สูตรโครงสร้างโมเลกุลของสบู่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. ส่วนที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เป็นส่วนของโมเลกุลที่ไม่มีขั้วซึ่งไม่ละลายน้ำ
2. ส่วนที่เป็นหมู่คาร์บอกซิเลตไอออน (carboxylate ion) เป็นส่วนของโมเลกุลที่มีขั้วซึ่งละลายน้ำได้



ที่มา : นิล อาร์ดลีย์. (2542). พจนานุกรมวิทยาศาสตร์. หน้า 161.

วัตถุดิบที่ใช้ทำสบู่

1. ไบโหม้น หรือน้ำหม้น

สบู่ที่ผลิตได้จะแข็ง มีสีขาว อายุการใช้งานนาน มีฟองน้อยทนนานแต่นุ่ม
ปรกติดี ส่วนใหญ่มักจะต้องผสมกับน้ำมันอื่นๆ เพื่อให้สบู่มีฟองมากขึ้น

สบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวจะมีเนื้อแข็งกรอบ แตกง่าย สีขาวขุ่น มีฟองมาก เป็นคริมให้ฟองที่คงทนพอควร แต่มักทำให้ผิวแห้ง จึงนิยมใช้ในส่วนผสมไม่เกิน 30 % ต้องใช้น้ำมันอื่นๆ รวมด้วย เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้น

1.3 น้ำมันปาล์ม

สบู่ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มจะแข็งเล็กน้อย ให้ฟองน้อย แต่ฟองคงทนอยู่นาน มีสมบัติในการชะล้างได้ดี แต่ทำให้ผิวแห้งเหมือนกับน้ำมันมะพร้าว

1.4 น้ำมันละหุ่ง

สกัดจากเมล็ดละหุ่ง เป็นน้ำมันที่ใช้เพิ่มสมบัติความชุ่มชื้นและนุ่มผิวแก่สบู่ ช่วยให้ผิวนุ่ม น้ำมันละหุ่งทำให้สบู่มีฟองขนาดเล็กจำนวนมาก

1.5 น้ำมันมะกอก

น้ำมันมะกอกทำให้ได้สบู่ที่แข็งใช้ได้นาน มีฟองเป็นครีมนุ่มนวลมากให้ความชุ่มชื้น ไม่ทำให้ผิวแห้ง

1.6 น้ำมันรำข้าว

เป็นแหล่งที่ให้วิตามินซีมาก จึงผสมเพิ่มเติมให้สบู่มีความชุ่มชื้น

1.7 น้ำมันงา

เป็นน้ำมันที่ให้วิตามิน อี และให้ความชุ่มชื้น รักษาผิว แต่มักกลิ่นเฉพาะตัว

1.8 น้ำมันเมล็ดทานตะวัน

เป็นที่นิยมใช้ในเครื่องสำอางหลายชนิด ช่วยทำให้สบู่ชุ่มชื้น แต่ฟองน้อย

1.9 น้ำมันถั่วเหลือง

ให้วิตามิน อี และทำให้ผิวแห้งชุ่มชื้น แต่มักเกิดฟองมากขณะทำปฏิกิริยา และทำให้เนื้อสบู่เป็นรูพรุนดูไม่สวยงาม

2. ด่าง

ด่างที่ใช้ในการทำสบู่ทั่วไป มี 2 ชนิด คือ

2.1 โซดาไฟ (sodium hydroxide หรือ caustic soda) ทำให้ได้สบู่ก้อนแข็ง

2.2 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide) ทำให้ได้สบู่เหลว

ปริมาณด่างที่ใช้ทำปฏิกิริยา

สบู่ที่ดี ควรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 8-10 เพื่อให้ผิวหนังที่สัมผัสสบู่ ภายหลังล้างออกสามารถปรับสภาพกลับเช่นเดิมอย่างรวดเร็ว ไม่รู้สึกระคายเคือง ดังนั้นการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันและด่างจึงต้องทำให้ด่างและไขมันหมดพอดี หรือด่างทำปฏิกิริยาหมด และมีไขมันเหลือเล็กน้อย ปริมาณด่างที่ใช้ทำปฏิกิริยากับไขมันจำนวน 100 g สบู่ที่ได้จะมีไขมันเหลือประมาณ 5-8 %

ตาราง 1 แสดงปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ทำปฏิกิริยากับ
ไขมัน หรือน้ำมันชนิดต่างๆ จำนวน 100 g

ชื่อน้ำมัน	ชื่อน้ำมันภาษาอังกฤษ	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (g)	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (g)
น้ำมันมะพร้าว	coconut oil	16.92	23.74
น้ำมันปาล์ม	palm oil	13.06	18.32
น้ำมันรำข้าว	rice bran oil	12.33	17.30
น้ำมันถั่วเหลือง	soybean oil	12.46	17.48
น้ำมันงา	sesame oil	12.66	17.76
น้ำมันมะกอก	olive oil	12.46	17.48
น้ำมันละหุ่ง	castor oil	11.83	16.59
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	sunflower oil	12.56	17.62
ขี้ผึ้ง	beeswax	6.17	-
ไขมันวัว	tallow	12.92	18.12
ไขมันหมู	lard	12.76	17.90
ไขมันแพะ	goat fat	12.72	17.85

ที่มา : กระทรวงสาธารณสุข. (2545). คู่มือผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเพื่อเศรษฐกิจชุมชน. หน้า 110.

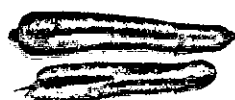
ส่วนประกอบเพิ่มเติมในสบู่

1. น้ำหอม

2. สารกันหืน

3. สารเพิ่มคุณภาพสบู่ เช่น กลีเซอรีน เพื่อให้ความชุ่มชื้น สารเพิ่มการทำควมสะอาด สารฆ่าเชื้อโรค สมุนไพร เป็นต้น

ตาราง 2 แสดงตัวอย่างสมุนไพรบางชนิดที่ใช้เป็นสารเพิ่มคุณภาพของสบู่ และสรรพคุณ

สมุนไพร	ส่วนที่ใช้	สรรพคุณ
กล้วยน้ำว้า 	ผลสุก	ทำความสะอาดผิวหนัง ทำให้ผิวหนังชุ่มชื้น
ขมิ้นชัน 	เหง้าสด	แก้อาการผื่นคัน ช่วยทำให้ผิวสวย
แคโรท 	หัว	ช่วยบำรุงผิว มีคุณสมบัติในการช่วยดูดซับแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) และกระชับรูขุมขน
งา 	น้ำมัน	ทำให้ผิวนุ่มชุ่มชื้น
ตะลิงปลิง 	ใบ	รักษาสิว
แตงกวา 	ผลสด	แก้หน้าเป็นฝ้า ทำให้ผิวชุ่มชื้น
หัวผักกาด 	ราก	แก้หน้าเป็นฝ้า

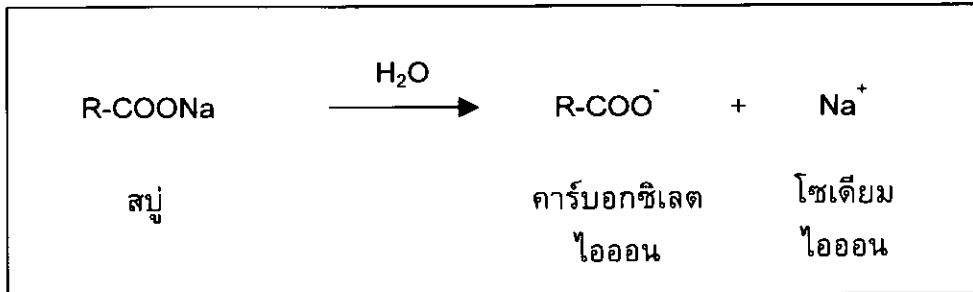
ตาราง 2 แสดงตัวอย่างสมุนไพรบางชนิดที่ใช้เป็นสารเพิ่มคุณภาพของสบู่ และสรรพคุณ (ต่อ)

สมุนไพร	ส่วนที่ใช้	สรรพคุณ
เปลือกมังคุด 	เปลือกผล	ใช้ลดการอักเสบ แผลเป็นหนอง สิวที่เกิดจากการติดเชื้อ ลบรอยต่างดำนบนใบหน้า
มะเขือเทศ 	ผล	ทำให้ผิวหนังสะอาดชุ่มชื้น ช่วยในการสมานแผล
มะนาว 	ผล	แก้หน้าเป็นสิ่ว ใช้ทำความสะอาดหน้า
ว่านหางจระเข้ 	วุ้นจากใบ	บำรุงผิวทำให้ผิวชุ่มชื้น
มะขาม 	เนื้อหุ้มเมล็ด	ทำความสะอาดผิว

ที่มา : กระทรวงสาธารณสุข. (2545). คู่มือผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเพื่อเศรษฐกิจชุมชน. หน้า43-52.

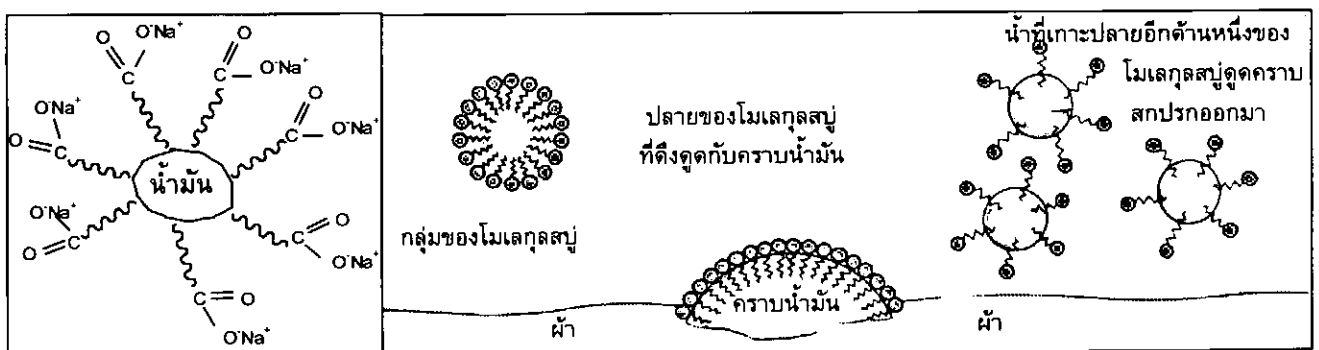
การทำงานของสบู่ในการซักล้าง

เมื่อสบู่ละลายน้ำจะแตกตัวออกเป็นโซเดียม และคาร์บอกซิเลตไอออน



โซเดียมไอออนจะถูกล้อมรอบด้วยน้ำ ในขณะที่ส่วนที่เหลือของสบู่ซึ่งมีประจุลบจะเข้ามาจับกันเป็นกลุ่ม โดยหันปลายหัวลบไปยังโมเลกุลของน้ำที่อยู่ล้อมรอบ และหันปลายด้านที่เป็นไฮโดรคาร์บอนมารวมเป็นกลุ่มๆ

เมื่อเราทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่มีคราบน้ำมันหรือไขมันที่ติดอยู่ด้วยสบู่ สบู่จะหันด้านที่ไม่มีขั้ว คือ ด้านไฮโดรคาร์บอนเข้าล้อมรอบโมเลกุลของไขมันซึ่งไม่มีขั้วเหมือนกัน และละลายไขมันออกมา ส่วนด้านที่มีขั้ว (คาร์บอกซิเลตไอออน) จะหันออกไปหาน้ำและละลายในน้ำได้ ทำให้สบู่ละลายน้ำได้ และขณะเดียวกันก็ทำความสะอาดไขมันหรือน้ำมันได้ โดยทำให้สิ่งสกปรกนี้หลุดออกมา และแพร่กระจายอยู่ในน้ำในรูปของอิมัลชัน (ดังรูป)



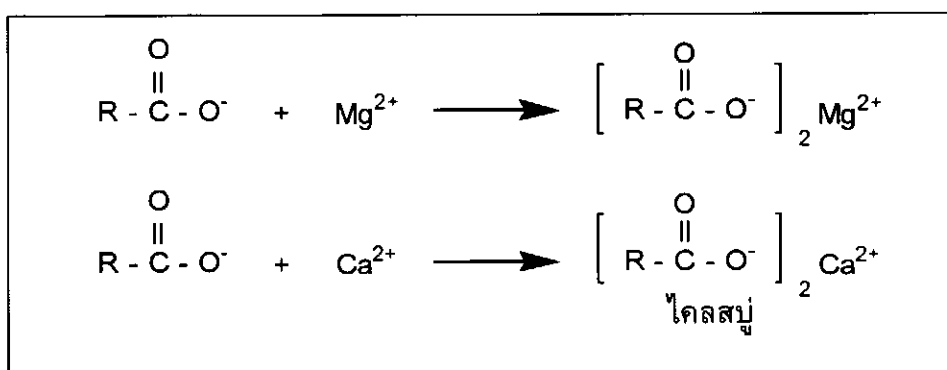
ภาพประกอบ 23 แสดงการทำงานของสบู่ในการซักล้างคราบไขมัน หรือน้ำมันที่ติดมากับเสื้อผ้า
ที่มา : นิล อาร์ดลีย์. (2542). พจนานุกรมวิทยาศาสตร์. หน้า 161.

สบู่กับน้ำอ่อน และน้ำกระด้าง

น้ำอ่อน (soft water) คือ น้ำที่ไม่มีแมกเนเซียมไอออน (Mg^{2+}) หรือแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) สามารถละลายสบู่ได้ดี ให้ฟองมาก และล้างออกไต่ยาก

น้ำกระด้าง (hard water) คือ น้ำที่มีแมกเนเซียมไอออน (Mg^{2+}) หรือแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ปนอยู่ ให้ฟองสบู่เกิดขึ้นน้อยหรือไม่เกิดฟอง และทำให้มีฝ้าหรือตะกอนเกิดขึ้น

การที่สบู่ไม่เกิดฟองกับน้ำกระด้างเนื่องจากสบู่จะทำปฏิกิริยากับไอออนของ Mg^{2+} และ Ca^{2+} เกิดเป็นตะกอนของเกลือแมกเนเซียมและแคลเซียม ที่ไม่ละลายน้ำ เรียกว่า ไคลสบู่ (scum) ดังสมการ



การที่สบู่เกิดตะกอนกับ Mg^{2+} และ Ca^{2+} ในน้ำกระด้างนั้น ทำให้การทำความสะอาดสิ่งของต่างๆ ไม่ได้ผลเท่าที่ควร จึงแก้ปัญหาโดยการใส่สารประกอบบางอย่าง เช่น โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมฟอสเฟต ซึ่งสารเหล่านี้จะให้น้ำมีความเป็นเบสเพิ่มขึ้น และทำให้น้ำอ่อนทำให้การซักล้างไต่ดีขึ้น



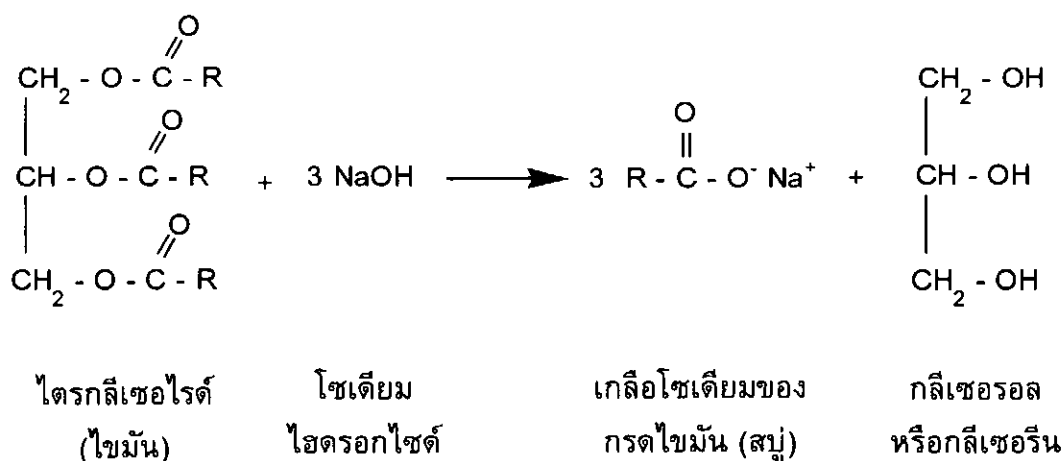
สบู่ที่ดีควรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 8-10 ใช้ไต่ดีมากในน้ำอ่อน และสามารถถูกย่อยสลายไต่ง่ายโดยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4

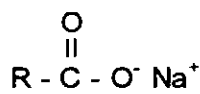
เรื่อง การนำสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่

หลักการ

สบู่ (soap) คือ สารที่ใช้ชำระล้างและซักฟอกที่ได้จากการนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ มาดัมกับน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ เนื่องจากในไขมันมีสารที่เรียกว่าไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาแซพอนิฟิเคชัน (saponification) โดยไตรกลีเซอไรด์จะเปลี่ยนเป็นเกลือโซเดียมของกรดไขมันหรือสบู่ ดังสมการ



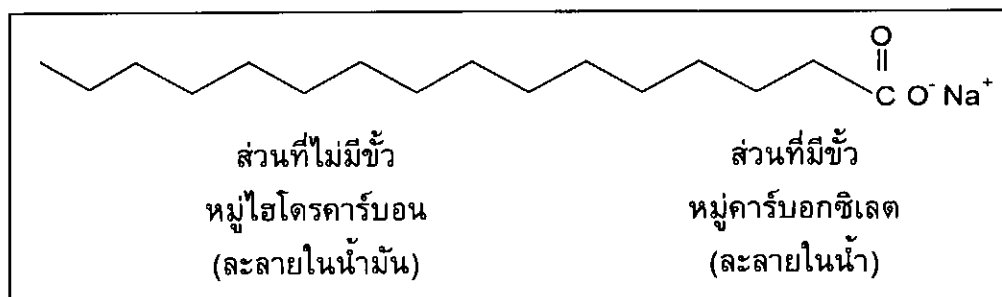
สูตรโครงสร้างทั่วไปของสบู่ คือ



สูตรโครงสร้างโมเลกุลของสบู่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. ส่วนที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เป็นส่วนของโมเลกุลที่ไม่มีขั้วซึ่งไม่ละลายน้ำ
2. ส่วนที่เป็นหมู่คาร์บอกซิเลตไอออน (carboxylate ion) เป็นส่วนของโมเลกุลที่มีขั้วซึ่ง

ละลายน้ำได้



ส่วนไม่มีขี้ของสบู่จะละลายในไขมันซึ่งไม่มีขี้ และส่วนที่มีขี้จะละลายในน้ำซึ่งมีขี้ได้ ดังนั้นสบู่จึงสามารถละลายได้ทั้งในไขมันและน้ำ

ส่วนประกอบสำคัญของสบู่ ได้แก่ น้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ นอกจากนี้มีการนำสมุนไพรมาใส่ในสบู่เพื่อเพิ่มคุณภาพของสบู่ เป็นต้นว่า นำสารประกอบแซนโทนจากเปลือกผลมังคุด เช่น แมงโกสทิน ซึ่งเป็นสารมีฤทธิ์และสมบัติลดการอักเสบ มาผสมในเจล สบู่ล้างหน้า ครีมป้องกันผิว เป็นต้น

จากการที่นักเรียนได้ศึกษาเกี่ยวกับฤทธิ์ และประโยชน์ของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุด นักเรียนสามารถนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้นี้ไปใช้ทำประโยชน์ใดได้บ้าง

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองเตรียมสบู่ และนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดมาใช้ทำสบู่ได้
2. อธิบาย และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการเตรียมสบู่ได้
3. อธิบาย และทดสอบสมบัติของสบู่ได้

เวลาที่ใช้ 3 คาบ (180 นาที)

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/กลุ่ม)

อุปกรณ์

1. ขวดรูปกรวยขนาด 100 cm^3 พร้อมจุก	1 ใบ
2. ถ้วยกระเบื้อง	1 ใบ
3. แท่งแก้วคน	1 อัน
4. บีกเกอร์ ขนาด 250 cm^3	1 ใบ
5. บีกเกอร์ ขนาด 100 cm^3	3 ใบ
6. กระบอกตวง ขนาด 10 cm^3	1 อัน
7. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลม	1 ชุด
8. กระจกนาฬิกา	1 อัน
9. กระจกใสขนาด 4 นิ้ว X 4 นิ้ว	2 แผ่น
10. เทอร์มอมิเตอร์	1 อัน
11. แม่แบบพิมพ์สบู่	2 อัน
12. เครื่องชั่งตวงวัด 2 ตำแหน่ง	1 เครื่อง (ต่อห้อง)

สารเคมี

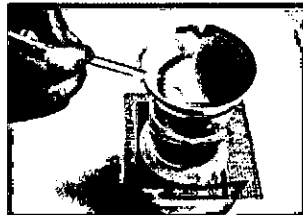
1. เอทานอล 95 %	1 cm ³
2. น้ำมันมะพร้าว	12.5 cm ³
3. น้ำมันปาล์ม	9 cm ³
4. น้ำมันมะกอก	23 cm ³
5. โซเดียมไฮดรอกไซด์	2.8 g
6. น้ำสะอาด	7 cm ³
7. กระดาษ pH ยูนิเวอร์ซัล	1 แผ่น
8. สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากบทปฏิบัติการที่ 1	50 mg

วิธีการทดลอง

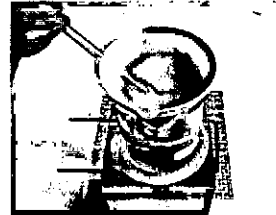
1. ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.8 g ค่อยๆ เทลงในน้ำปริมาตร 7 cm³ จนละลายหมดตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 40 °C
2. รินน้ำมันมะพร้าว 12.5 cm³ น้ำมันปาล์ม 9 cm³ ผสมกับน้ำมันมะกอก 23 cm³ ลงในถ้วยกระเบื้อง จนจนเป็นเนื้อเดียวกัน ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิประมาณ 40 °C จึงยกลง
3. ค่อยๆ เทสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ในข้อ 1) ลงในน้ำมัน ให้ความร้อน และคนตลอดเวลาจนสารละลายในถ้วยกระเบื้องเริ่มจับตัวเหนียวขึ้น
4. นำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ 50 mg ละลายในเอทานอล 1 cm³ จนละลายหมด ค่อยๆ เทลงในถ้วยกระเบื้อง คนตลอดเวลาจนสารละลายจับตัวเหนียวขึ้น
5. นำไปเทลงในแม่แบบที่เตรียมไว้ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จึงนำออกจากแม่พิมพ์
6. นำสารที่เหลือเทลงในขวดรูปกรวย เติมน้ำประมาณ 20 cm³ ปิดจุก เขย่า สังเกตการเปลี่ยนแปลง นำสารละลายที่ได้ทดสอบกับกระดาษ pH ยูนิเวอร์ซัล บันทึกผล



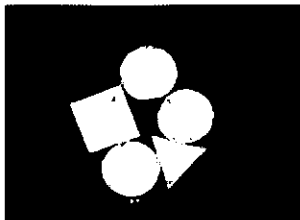
เตรียมสารละลายNaOH



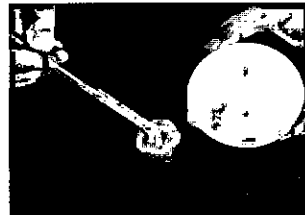
ผสมน้ำมันพืชเข้าด้วยกัน



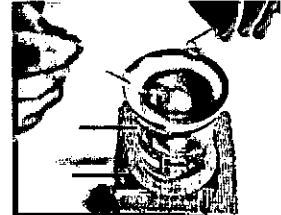
ผสม NaOH ลงในน้ำมันพืช



แกะออกจากแม่พิมพ์



เทลงแบบพิมพ์



ใส่สารประกอบแซนโทน



ทดสอบสมบัติการละลาย และค่า pH

ภาพประกอบ 25 แสดงการทดลองเตรียม และการทดสอบสมบัติของสบู่

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4
เรื่อง การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่

วันที่ทดลอง.....กลุ่มที่.....ชั้น.....

ชื่อผู้ทดลอง 1.....เลขที่.....หน้าที่.....

2.....เลขที่.....หน้าที่.....

3.....เลขที่.....หน้าที่.....

ปัญหา.....

จุดประสงค์การทดลอง

1.....

2.....

3.

สมมติฐานการทดลอง

.....

.....

.....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อผิดพลาดและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. สบู่ที่เตรียมได้มีลักษณะ และสมบัติอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

2. ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำมันพืชกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เรียกว่า ปฏิกริยาอะไร จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. เหตุใดจึงต้องอุ่นให้น้ำมันร้อนอุณหภูมิใกล้เคียงกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ก่อน จึงค่อยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปน้ำมัน

[illegible]

4. การเติมสารละลายของสารประกอบแซนโทนในเอทานอลลงไปในสบู่ เพื่อวัตถุประสงค์ใด จงบอกเหตุผล

[illegible]

5. สบู่ที่ดีควรมีสบับัติอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

6. การใช้สบู่อะลูมิเนียมมีข้อจำกัดหรือไม่ อย่างไร

[illegible]

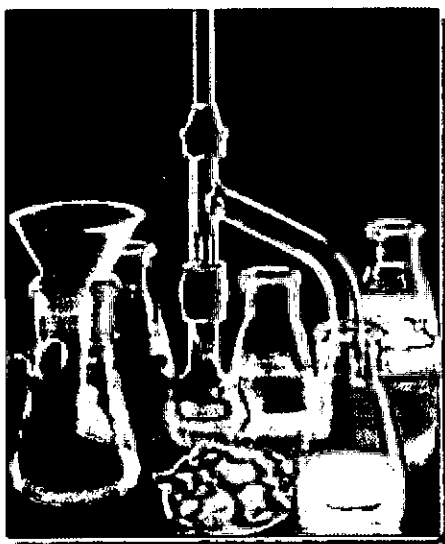
เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2545). *คู่มือผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเพื่อเศรษฐกิจชุมชน*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สามเจริญพานิชย์.
- เทพจำนงค์ แสงสุนทร. (2357). *คู่มือเตรียมสอบเคมี ม. 5 เล่ม 4 ว 033*. กรุงเทพฯ: ภูมิบัณฑิต.
- เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. (2532, กรกฎาคม – ธันวาคม). สบู่และผงซักฟอก. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม*. 8(2) : 38 – 42.
- บราวน์, ซีโอดอร์ แอล; เลอเมย์; และ เบิร์สเทน. (2545). *เคมี : วิชาแกนทางวิทยาศาสตร์ 1*. แปลโดย สุนันทา วิบูลย์จันทร์. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.
- พิมพ์พร ลีลาพรพิสิฐ. (2544). *เครื่องสำอางธรรมชาติผลิตภัณฑ์สำหรับผิว Natural Cosmetics Products of Skin*. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). *พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542*. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชันส์.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). *ศัพท์วิทยาศาสตร์ อังกฤษ-ไทย ไทย-อังกฤษ*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2535). *คู่มือครูวิชาเคมี เล่ม 4 ว 033* *ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- (2543). *หนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 4 ว 033* *ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- (2546). *คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐาน และเพิ่มเติมเคมี เล่ม 1* *กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- สำราญ พงษ์สุนทร. (2534). *เคมี ม. 4 เล่ม 1 ฉบับสมบูรณ์ ว 431*. กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา.
- สุพจน์ แสงมณี; และ ชานนท์ มุลวรรณ. (2546). *กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4*. กรุงเทพฯ: ประสานมิตร.
- อัจฉนา วงศ์ชัยสุวัฒน์; ศิริรัตน์ วงศ์ศิริ; และ จำลอง มังละมณี. (2534). *คู่มือ ว 431 เคมี* *ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. กรุงเทพฯ: ประสานมิตร.
- อาร์ดลีย์ นีล. (2542). *พจนานุกรมวิทยาศาสตร์*. แปลโดย ยุวดี เชี่ยววัฒนา; และคนอื่นๆ. กรุงเทพฯ: แพรวเยาวชน.
- อารีย์ แก้วอุ่นเรือน; และคนอื่นๆ. (2535). *แบบฝึกการเรียนวิชาเคมี ม. 4 เล่ม 1 ว 431*. กรุงเทพฯ: มัลติมีเดีย.
- Harris, Daniel C. (1999). *Quantitative Chemical Analysis*. 5th ed New York: W. H. Freeman.

คู่มือครูประกอบการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เรื่อง

การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด



พัฒนาโดย

นางพรทิพย์ วงษ์บาป้า

นิสิตปริญญาโท วิทยาศาสตร์ศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ดร. ภัทรพงษ์ เจริญพิทย

รศ. ดร. สุนิตย์ สุขสำราญ

ดร. สมปารภนา วงศ์บุญหนัก

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการจำนวน 4 บทปฏิบัติการ ดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟี

แบบกระดาษ

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้

บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับการสกัดสารด้วยตัวทำละลาย และแยกสารโดยการตกผลึกได้
2. อธิบาย และยกตัวอย่างการนำหลักการการสกัดและแยกสารไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
3. ทดลอง และอธิบายหลักการแยกสารให้บริสุทธิ์โดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษได้
4. ทดลอง และคำนวณหาค่า R_f ของสารได้
5. อธิบาย และทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีบางประการของสารประกอบแซนโทน และสารประกอบของคาร์บอนบางชนิดได้
6. อธิบาย และทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาเฉพาะได้
7. ทดลอง และอธิบาย พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการเตรียมสบู่จากไขมันได้
8. อธิบาย และทดสอบสมบัติของสบู่ได้

คำแนะนำในการใช้คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

การใช้คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด มีข้อควรปฏิบัติ และทำความเข้าใจดังต่อไปนี้

1. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนที่นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ไปใช้
2. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ใช้ควบคู่กับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด
3. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบทประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

- ชื่อเรื่อง
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- จุดประสงค์การทดลอง
- เวลาที่ใช้
- อุปกรณ์และสารเคมี
- การเตรียมล่วงหน้า
- อภิปรายก่อนการทดลอง
- แนวการตั้งปัญหา
- แนวการตั้งสมมติฐาน
- ตัวอย่างผลการทดลอง
- อภิปรายหลังการทดลอง
- แนวการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- คำแนะนำเพิ่มเติม

คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1
เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการสกัดสารประกอบแซนโทนด้วยตัวทำละลาย และแยกสารโดยการตกผลึกได้
2. บอกลักษณะของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้
3. อธิบายวิธีการสกัด และการแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุดได้

เวลาที่ใช้ 4 คาบ (240 นาที)

อภิปรายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	180	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	40	นาที

อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์

1. ขวดรูปกรวยขนาด 250 cm^3	1	ใบ
2. ขวดรูปกรวยขนาด 100 cm^3	2	ใบ
3. กรวย	1	อัน
4. บีกเกอร์ ขนาด 250 cm^3	1	ใบ
5. บีกเกอร์ ขนาด 100 cm^3	2	ใบ
6. กระบอกตวง ขนาด 50 cm^3	1	อัน
7. หลอดหยด	1	อัน
8. กระจกนาฬิกา	1	อัน
9. แท่งแก้วคน	1	อัน
10. ขวดใส่สารขนาดเล็ก	1	ใบ
11. เครื่องชั่ง (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)	2	เครื่อง
12. เครื่องปั่นผลไม้	1	เครื่อง
13. เต้าไฟฟ้า	1	เครื่อง/ห้อง
14. ถาดอะลูมิเนียม	2	ใบ/ห้อง

สารเคมี

1. เอทานอล 95 %	100	cm^3
2. อะลูมิเนียมฟอยด์ ขนาด 3 นิ้ว x 3 นิ้ว	1	แผ่น
3. ผลมังคุดอ่อนปั่นละเอียด	25	g

4. กระดาษกรอง	2 แผ่น
5. น้ำสะอาด	5 cm ³

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ครูนำผลม้งคุดอ่อนอายุประมาณ 5-8 สัปดาห์ มาหั่นและปั่นให้ละเอียด (ในการทดลองนี้จะใช้ผลม้งคุดอ่อนสดหรือแห้ง โดยตัดกลีบเลี้ยงและจุกทิ้ง หรือใช้ส่วนอื่นของม้งคุดแทนได้ เช่น ลำต้น ราก หรือเปลือกผล)

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูแนะนำนักเรียนว่าเอทานอลเป็นสารระเหยง่าย ควรปิดปากขวดรูปกรวยด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ให้สนิท
2. ในการระเหยเอทานอลในอ่างน้ำร้อน (water bath) ควรใช้เตาไฟฟ้า หรือ hot plate แทนตะเกียงแอลกอฮอล์เพราะเอทานอลเป็นสารไวไฟ และขณะทำการทดลองไม่ควรสูดดมสารเข้าไปมากเพราะจะระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจได้
3. ขณะระเหยเอทานอลในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 60-80°C นั้น ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะมีสารสีน้ำตาลเกิดขึ้น ควรกรองสารละลายนั้นขณะร้อน ก่อนที่จะตั้งทิ้งไว้ให้สารประกอบแซนโทนตกออกมา
4. ในการตกผลึกสารนั้น ถ้าตั้งทิ้งไว้แล้วยังไม่มีผลึกเกิดขึ้น ควรระเหยตัวทำละลายออกไปอีก แล้วหยดน้ำลงไปเล็กน้อย จากนั้นปล่อยให้เย็น หากยังไม่ตกผลึกอีกให้ใช้แท่งแก้วชูดภายในขวดรูปกรวยที่ผิว หรือเหนือผิวของเหลว หรือใส่สารประกอบแซนโทนของบางกลุ่มที่สกัดได้ใส่ลงไป 1 เกล็ด เพื่อเป็นนิวเคลียสสำหรับทำให้เกิดการตกผลึก เรียกเทคนิคนี้ว่า การล่อผลึก (seeding)
5. การตกผลึกนิยมตกในขวดรูปกรวยมากกว่าในปิเกเจอร์ เพราะจับถือสะดวกกว่า ตัวทำละลายระเหยได้ช้ากว่า

แนวการตั้งปัญหา

การสกัดผลม้งคุดด้วยตัวทำละลาย และแยกสารโดยการตกผลึกในตัวทำละลายผสมจะได้สารประกอบแซนโทนหรือไม่

แนวการตั้งสมมติฐาน

การสกัดผลม้งคุดด้วยตัวทำละลาย และแยกสารโดยการตกผลึกในตัวทำละลายผสมจะได้สารประกอบแซนโทน

ตัวอย่างผลการทดลอง

น้ำหนักของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ประมาณ 0.36 g

ตัวทำละลาย	ผลการทดลองที่สังเกตได้	
	การสกัด	การแยกสาร
เอทานอล	สารละลายสีเหลือง	-
เอทานอล และน้ำ	-	ของแข็งสีเหลือง

อภิปรายหลังการทดลอง

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม และครูร่วมกันอภิปราย เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปดังนี้

1. เราสามารถใช้เอทานอลสกัดสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุดอ่อนได้ และแยกสารประกอบแซนโทนออกจากสารละลายได้โดยการตกผลึกในตัวทำละลายผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำ
2. สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดอ่อน เป็นของแข็งสีเหลือง
3. การสกัดด้วยตัวทำละลายอาศัยหลักการที่ว่าสารที่สกัดจะต้องละลายได้ดีในตัวทำละลายนั้น ส่วนการตกผลึกนั้นเป็นการแยกสารที่เป็นของแข็งที่ละลายในของเหลว โดยทำให้สารละลายนั้นเป็นสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิสูง และจะตกเป็นผลึกออกมาเมื่อทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลง ตัวทำละลายที่ใช้อาจเป็นตัวทำละลายชนิดเดียวหรือตัวทำละลายผสม สารที่มีสภาพการละลายได้ต่างกันมากผสมกันอยู่สามารถแยกออกจากกันได้โดยอาศัยการตกผลึก ถ้าผลึกที่ได้ไม่บริสุทธิ์พอจะต้องตกผลึกซ้ำเพื่อให้ได้ผลึกที่บริสุทธิ์ขึ้น

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดนั้นเป็นสารผสมของสารประกอบแซนโทนหลายชนิด เช่น แมองโกสติน ไอโซแมองโกสติน การ์ทานิน การ์ซิโนน และการ์ซิแมงโกโซน เป็นต้น เนื่องจากสารประกอบเหล่านี้ละลายในเอทานอลได้ดีใกล้เคียงกัน จึงตกออกมาพร้อมกัน ดังนั้นเราจึงไม่เรียกว่าผลึกของสารประกอบแซนโทน แต่เรียกว่าสารประกอบแซนโทน หรือส่วนผสมของสารประกอบแซนโทน
2. สารประกอบแซนโทนที่สกัดและแยกได้นั้น อาจทำให้บริสุทธิ์ขึ้นโดยการตกผลึกซ้ำ หรือโดยวิธีโครมาโทกราฟี (ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนในบทปฏิบัติการที่ 2)
3. นักเรียนอาจนำส่วนอื่นๆ ของมังคุด เช่น เปลือกของลำต้น เปลือกของผลดิบใกล้ลูก หรือเปลือกของผลสุก ราก หรือพืชชนิดอื่นที่อยู่ในวงศ์เดียวกับมังคุด เช่น ชมวง มาสกัดแทนผลมังคุดอ่อนก็ได้ และอาจนำความรู้นี้ไปสกัดพืชสมุนไพรชนิดอื่น เช่น ขมิ้นชัน ฟาทะลายโจร กานพลู

ขิง เป็นต้น ซึ่งมีสรรพคุณทางยา และการรักษา และหาได้ง่ายในห้องถิ่นของนักเรียน เพื่อนำสารที่สกัดได้นั้นไปทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น น้ำหอม สบู่ เจล หรือยาฆ่าศัตรูพืช เป็นต้น

4. ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนทำโครงการวิทยาศาสตร์ โดยศึกษาพืชที่มีอยู่ในท้องถิ่น แล้วนำมาสกัด และนำสารที่สกัดได้นั้นไปใช้ประโยชน์

แนวการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. เพราะเหตุใดจึงใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในการสกัดสารจากผลมังคุด ถ้าจะใช้ตัวทำละลายชนิดอื่นแทนเอทานอลจะได้หรือไม่

ตอบ เพราะเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีความสามารถในการละลายได้ดี สามารถละลายสารได้หลายชนิด และไม่เป็นอันตราย เราสามารถใช้ตัวทำละลายชนิดอื่นแทนเอทานอลได้ เช่น เมทานอล แต่เมทานอลเป็นตัวทำละลายที่อันตรายกว่าเอทานอล นอกจากนี้เรายังสามารถประยุกต์ใช้กับท้องถิ่นได้ คือ สามารถนำเหล้าขาวที่ชาวบ้านทำมาใช้เป็นตัวทำละลายได้

2. นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไร ในการทำให้การสกัดสารใช้เวลาน้อยลง จงอธิบาย

ตอบ โดยการนำภาชนะที่ใส่สารที่สกัดและตัวทำละลายนั้นไปอุ่นในอ่างน้ำอุณหภูมิไม่เกิน 60°C เพื่อให้การสกัดเร็วขึ้น แต่ไม่ควรใช้อุณหภูมิสูงเกินไป เพราะอาจสูญเสียสารบางตัวได้

3. เหตุใดเมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายจนมีปริมาตรลดลงครึ่งหนึ่งของปริมาตรเดิม จึงหยดน้ำลงไปจนสารละลายเริ่มขุ่น แล้วจึงหยดเอทานอลลงไปอีกจนสารละลายใสพอดี

ตอบ เพราะตัวทำละลายคือเอทานอลเพียงชนิดเดียวไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการตกผลึกสาร ดังนั้นจึงต้องทำการตกผลึกสารในตัวทำละลายผสม คือ ใช้ตัวทำละลายที่ละลายสารได้ดีที่สุดได้แก่เอทานอล ผสมกับตัวทำละลายที่สารนั้นไม่ละลายหรือละลายได้น้อยที่สุด ได้แก่ น้ำ ซึ่งทั้งเอทานอล และน้ำสามารถละลายซึ่งกันและกันได้ ตัวทำละลายผสมนี้จะทำให้สารตกผลึกออกมาได้

4. สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดมีลักษณะอย่างไร นักเรียนจะมีวิธีทำให้สารนี้บริสุทธิ์ได้อย่างไร

ตอบ เป็นของแข็งสีเหลือง สามารถทำให้บริสุทธิ์ขึ้นกว่าเดิมได้ โดยการนำไปตกผลึกซ้ำ หรือไปแยกโดยใช้วิธีโครมาโทกราฟี

5. จงอธิบายวิธีการสกัด และแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

ตอบ การสกัด และแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุดอาศัยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ คือเอทานอล เพราะสามารถสกัดสารประกอบแซนโทนได้ดี โดยไม่ละลายสิ่งเจือปนหรือสารอื่นที่ไม่ต้องการ และสามารถแยกออกจากสารประกอบแซนโทนได้ง่าย การแยกสารประกอบแซนโทนออกจากสารละลายทำได้ด้วยวิธีการตกผลึกสารในตัวทำละลายผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำ โดยทำให้สารละลายเป็นสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิสูง เมื่อทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลง สารประกอบแซนโทนจะแยกตัวออกมาเป็นของแข็งสีเหลือง แล้วจึงกรองแยกสารออกมาได้

คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2
เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษได้
2. อธิบายหลักการแยกสารให้บริสุทธิ์โดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษได้
3. ทดลอง และคำนวณหาค่า R_f ของสารประกอบแซนโทนได้

เวลาที่ใช้ 4 คาบ (240 นาที)

อภิปรายก่อนการทดลอง	50	นาที
ทดลอง	150	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	40	นาที

อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์

1. ขวดใสปากกว้างทรงสูง (สูงไม่น้อยกว่า 10 cm)	1 ใบ
2. ฝาปิดหรือแผ่นกระจกสำหรับปิดฝาขวด	1 อัน
3. กระดาษโครมาโทกราฟี หรือกระดาษกรองเบอร์ 1 ตัดขนาด 2 cm x 6 cm	1 แผ่น
4. หลอดอะปิปลารี	2 อัน
5. ขวดสีชาปากกว้างมีฝาปิดมิดชิด	1 ใบ/ห้อง
6. ปากคืบ	1 อัน
7. กระบอกตวงขนาด 10 cm ³	1 อัน
8. ลวดหรือกระดาษกาว	1 อัน/ชิ้น
9. ขวดใส่สารตัวอย่าง	1 ใบ
10. คอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 cm ยาว 40 cm หรือหลอดหยดขนาดยาว	1 อัน

สารเคมี

1. สารละลายของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ เข้มข้น 0.5 %	1 cm ³
2. สารละลายแอลฟาแมงโกสทิน เข้มข้น 0.5 %	1 cm ³
3. เอทานอล 95 %	6 cm ³

4. สารละลายผสม 6 % เอทานอลในเฮกเซน	10	cm ³
5. ผลึกไอโอดีน	5-10	เกล็ด/ห้อง
6. ซิลิกาเจล 60 (ชนิดบรรจุคอลัมน์) ขนาด 70-230 mesh	25	g
7. แผ่นซิลิกาสำเร็จรูป	1	แผ่น
8. สำลี	0.5	g
9. สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์	150	cm ³
10. สารละลายเฮกเซน	600	cm ³

การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. ครูเตรียมสารประกอบแอลฟาแมงโกสตินจากสารประกอบแซนโทนปริมาณ 1 g ที่สกัดขึ้นจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ บรรจุซิลิกาเจล 60 จำนวน 25 g เป็นตัวดูดซับ ผสมกับเฮกเซนจนเป็นเนื้อเดียวกัน ใส่ลงในคอลัมน์เกาะให้อัดตัวกันแน่น แล้วชะด้วยเฮกเซนเพิ่มความเป็นขั้วด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ตั้งแต่ 5% ถึง 50% ปริมาตรตัวชะที่ใช้ในแต่ละครั้งของการเพิ่มขั้ว 150 cm³ เก็บสารละลายที่ผ่านออกมาจากคอลัมน์ครั้งละ 7 cm³ นำกลุ่มย่อยมาตรวจสอบด้วยโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง (TLC) โดยใช้ระบบตัวทำละลายเฮกเซน:

เอทิลแอลกอฮอล์ 2:1 ค่า $R_f = 0.33$ พ่นด้วยสารเคมี (anisaldehyde reagent ซึ่งเตรียมจาก anisaldehyde : กรด H₂SO₄ เข้มข้น : glacial acetic acid : Methanol อัตราส่วน 0.5:8:10:85 โดยเตรียมในอ่างน้ำแข็ง) ลงบนแผ่นโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง แล้วให้ความร้อนอุณหภูมิ 100 °C นาน 3 นาที จะปรากฏเป็นสีเหลือง แล้วเปลี่ยนเป็นสีเขียว และสีม่วง ตามลำดับ รวมส่วนย่อยทั้งหมดนำไประเหยตัวทำละลายออกให้แห้ง (สารประกอบแอลฟาแมงโกสติน มีค่า $R_f = 0.45$ ในระบบตัวทำละลายเอทิลแอลกอฮอล์ในคลอโรฟอร์มหรือมีค่า R_f เท่ากับ 0.33 ในระบบตัวทำละลายเอทิลแอลกอฮอล์:เฮกเซน 1:2 ใช้แผ่นซิลิกาสำเร็จรูปเป็นตัวดูดซับ) อาจใช้หลอดหยดขนาดยาวแทนคอลัมน์โดยลดจำนวนสาร และซิลิกาเจลลงในอัตราส่วน 1:20-50 โดยบรรจุสาร และซิลิกาเจลลงในคอลัมน์ความสูงประมาณครึ่งหนึ่งของคอลัมน์

2. ครูเตรียมสารละลาย แอลฟาแมงโกสติน 0.5 % โดยนำสารในข้อ 1 มา 5 mg ละลายในเอทานอล 95 % ปริมาตร 1 cm³

3. ครูเตรียมสารละลาย 6 % เอทานอลในเฮกเซน ปริมาตร 100 cm³ โดยนำเอทานอล 6 cm³ ผสมกับเฮกเซน 94 cm³

4. ครูเตรียมขวดสีชาใส่ผลึกไอโอดีน 5-10 เกล็ด ปิดฝาให้สนิท ทิ้งไว้ให้ภายในขวดอึดตัวด้วยไอของไอโอดีน ระวังอันตรายจากการสูดดมไอของไอโอดีน ควรทำในตู้ควัน

5. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเตรียมสารละลายของสารประกอบแซนโทนที่นักเรียนสกัดได้จากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 เข้มข้น 0.5 % โดยใช้สาร 5 mg ละลายในเอทานอล 95 % ปริมาตร 1 cm³

6. ให้นักเรียนเตรียมขวดใสปากกว้างความสูงไม่น้อยกว่า 10 cm กลุ่มละ 1 ใบ (อาจใช้ขวดกาแฟมีฝาปิดหรือบีกเกอร์แทนก็ได้ ถ้าใช้บีกเกอร์ต้องใช้เทปปิดบริเวณปากให้มิดชิดก่อน)
7. ให้นักเรียนตัดกระดาษโครมาโทกราฟี (กระดาษกรองเบอร์ 1) ขนาด 2 cm x 6 cm
8. เตรียมหลอดคะปิลลารีปลายตีบสำหรับจุ่มสารตัวอย่าง โดยเผาตรงกลางหลอดจนอ่อนตัว แล้วดึงให้ยืดออก และหักตรงบริเวณที่ยืดออกเป็น 2 ส่วน

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ให้นักเรียนเตรียมภาชนะปิดที่อึดตัวด้วยไอของตัวทำละลาย อาจใช้เศษกระดาษกรองที่เหลือจากการตัดใส่ลงไปในขวดโดยวางเอียงชิดกับข้างขวด เพื่อให้ภายในขวดอึดตัวด้วยตัวทำละลายเร็วขึ้น
2. การหยดสารตัวอย่างลงบนกระดาษโครมาโทกราฟีควรหยดสารให้มีระยะห่างกันพอสมควร (ประมาณ 1 cm) และขนาดของหยดควรมีรัศมีไม่เกิน 0.5 cm ระวังอย่าให้กระดาษกรองขาดตรงรอยหยดสาร
3. การจับกระดาษโครมาโทกราฟี ควรใช้ปากคีบจับที่ขอบกระดาษเท่านั้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดรอยเปื้อนบนแผ่นกระดาษ โดยเฉพาะเมื่อนำกระดาษไปอบในขวดที่อึดตัวของไอโอดีน
4. คล้องกระดาษโครมาโทกราฟีกับหลอด หรือติดบนแผ่นกระจก (หรือปากขวด) ให้อยู่ในแนวตั้ง ควรจัดอุปกรณ์ให้เรียบร้อยก่อนจึงเติมตัวทำละลาย
5. จุ่มกระดาษลงในตัวทำละลาย โดยให้ตัวทำละลายอยู่ต่ำกว่าจุดสีประมาณ 0.5 cm
6. เมื่อตัวทำละลายเคลื่อนที่ไปบนกระดาษโครมาโทกราฟีจนถึงขีดที่กำหนดไว้ (แนวตัวทำละลาย) นำกระดาษออกจากขวด ใช้ดินสอเขียนวงรอบบริเวณที่มีสีปรากฏอยู่ ปลอຍให้แห้ง หากสีไม่ชัดเจนนำไปอบในขวดที่อึดตัวด้วยไอของไอโอดีนประมาณ 10-15 วินาที ใช้ดินสอวงรอบบริเวณที่มีสี วัดระยะทางจากเส้นเริ่มต้นจนถึงตำแหน่งกึ่งกลางของจุดสี
7. ขณะนำกระดาษโครมาโทกราฟีไปอบในขวดที่อึดตัวด้วยไอของไอโอดีน ให้รีบปิดฝาขวดทันที ไม่เปิดฝาทิ้งไว้ ระวังอย่าสูดดมสารเข้าไป และควรทำในตู้ควัน
8. จุดสีที่ปรากฏบนกระดาษโครมาโทกราฟีหากมีลักษณะเป็นหางยาว (tail) อาจเนื่องมาจากสารตัวอย่างที่จุดลงไปเข้มข้นเกินไป ให้เจือจางสารตัวอย่างด้วยเอทานอลเล็กน้อย

แนวการตั้งปัญหา

สารที่แยกได้จากสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดมีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียวหรือไม่

แนวการตั้งสมมติฐาน

สารที่แยกได้จากสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุด ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน

ตัวอย่างผลการทดลอง

สารตัวอย่าง	สีของสารที่แยกได้	ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ (cm)	ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่(cm)	ค่า R_f ของสาร
1. สารประกอบแอลฟาแมงโกสติน	สีเหลือง	0.9	4	0.23
2. สารประกอบแซนโทน	สีเหลือง	0.8	4	0.20

อภิปรายหลังการทดลอง

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม และครูร่วมกันอภิปราย เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปดังนี้

1. สารที่แยกได้จากสารประกอบแซนโทนโดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ มีสีเหลืองเหมือนสีของสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน มีจุดสีปรากฏเพียงจุดเดียวหรือมีองค์ประกอบเดียว มีค่า R_f เท่ากับหรือใกล้เคียงกันกับสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน แสดงว่าในสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้นั้น มีสารประกอบแอลฟาแมงโกสตินเป็นองค์ประกอบอยู่เป็นจำนวนมากเพียงชนิดเดียว หรือมีสารอื่นปนอยู่ด้วยแต่มีปริมาณเล็กน้อย และเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วใกล้เคียงกันมาก หรือมีองค์ประกอบของสารอื่นที่ไม่มีสีปนอยู่ด้วย ดังนั้นหากต้องการแยกออกมาให้ชัดเจนต้องทำการทดลองซ้ำโดยการเปลี่ยนชนิดของตัวทำละลายหรือตัวดูดซับ

2. สารตัวอย่างที่มีสีเหมือนกันอาจเป็นสารชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้

-ถ้าแยกได้สีองค์ประกอบเหมือนกันและมีค่า R_f เท่ากัน อาจจะสรุปได้ว่าเป็นสารชนิดเดียวกัน

-ถ้าแยกได้สีองค์ประกอบต่างกัน สรุปได้ว่าเป็นสารต่างชนิดกัน

3. วิธีโครมาโทกราฟีใช้ตรวจสอบความบริสุทธิ์ของสารได้โดยใช้สารปริมาณเพียงเล็กน้อย

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. ถ้าต้องการแยกสารบริสุทธิ์ให้มีปริมาณเพิ่มขึ้นอาจใช้วิธีโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ หรือใช้หลอดหยดขนาดยาวโดยให้นักเรียนลองทำดู

2. ในการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี เมื่อแยกสารได้แล้วก็สกัดสารที่แยกได้ออกจากกระดาษกรองโดยการตัดกระดาษกรองซึ่งมีสารที่แยกได้ติดอยู่ นำไปแช่ในตัวทำละลายที่เหมาะสม เช่น เอทานอล 95 % แยกเอากระดาษออกแล้วนำสารที่ได้ไประเหยแห้ง ก็จะได้สารบริสุทธิ์หรือเกือบบริสุทธิ์แต่ละชนิด ดังนั้นหากนักเรียนต้องการแยกสารบริสุทธิ์ออกมาเป็นปริมาณมากก็ใช้วิธีขีดสารตัวอย่างเป็นเส้นแทนการจุดสาร ก็จะได้แถบสารบริสุทธิ์แยกออกมา

3. ค่า R_f เป็นสมบัติเฉพาะของสารแต่ละชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลาย ชนิดของตัวดูดซับ และสภาวะที่ทำการทดลอง เช่น อุณหภูมิ ความดัน สารหนึ่งๆ จะมีค่า R_f คงที่เสมอ ถ้าใช้ตัวทำละลาย ตัวดูดซับเหมือนกัน และทำการทดลองในสภาวะเดียวกัน ดังนั้นเมื่อกล่าวถึงค่า R_f ของสารใดต้องระบุชนิดของตัวทำละลาย และตัวดูดซับเสมอ ค่า R_f ของสารใดๆ จะมีค่าไม่เกิน 1 เสมอ

4. ครูอาจให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับพิษชนิดต่างๆที่นักเรียนสนใจและมีอยู่ในท้องถิ่นนอกเหนือจากมังกุด และศึกษาหาวิธีสกัดสารจากพืชนั้นๆ และรู้จักนำสารที่สกัดได้นั้นมาใช้ประโยชน์ โดยจัดทำเป็นรายงานหรือโครงงานวิทยาศาสตร์ก็ได้

แนวการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. เหตุใดในการแยกสารด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ จึงต้องทดลองในภาชนะปิดที่อ้อมตัวด้วยไอของตัวทำละลาย

ตอบ เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวทำละลายที่เคลื่อนที่ไปบนตัวดูดซับ หรือกระดาษโครมาโทกราฟีระเหย ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

2. ค่า R_f ของสารประกอบแซนโทน และสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินที่คำนวณได้จากการทดลองมีค่าเท่ากันหรือไม่ จงอธิบาย

ตอบ ค่า R_f ของสารประกอบแซนโทน และสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินมีค่าเท่ากัน หรือใกล้เคียงกัน แสดงว่าในสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้นั้นมีสารประกอบแอลฟาแมงโกสทินเป็นองค์ประกอบอยู่เป็นจำนวนมากเพียงชนิดเดียว หรือมีสารอื่นปนอยู่ด้วยแต่มีปริมาณเล็กน้อย และเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วใกล้เคียงกันมาก หรือมีองค์ประกอบของสารอื่นที่ไม่มีสีปนอยู่ด้วย

3. นักเรียนจะอย่างไรถ้าต้องการตรวจสอบว่าสารที่แยกได้เพียงองค์ประกอบเดียวนั้นเป็นสารบริสุทธิ์หรือไม่ จงอธิบาย

ตอบ ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนชนิดของตัวทำละลาย และตัวดูดซับ ถ้าองค์ประกอบที่แยกได้มีองค์ประกอบเดียวก็จัดเป็นสารบริสุทธิ์ แต่ถ้าองค์ประกอบที่แยกได้มีหลายองค์ประกอบ ก็แสดงว่าสารนั้นไม่บริสุทธิ์

4. นักเรียนจงบอกประโยชน์ของการแยกสารโดยใช้วิธีโครมาโทกราฟี มาสัก 2 ข้อ

ตอบ 1) ใช้แยกสารเนื้อเดียวที่มีส่วนผสมมากกว่า 2 ชนิด เพื่อให้ได้สารบริสุทธิ์
 2) ใช้ในทางปริมาณวิเคราะห์ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของสาร ว่าสารที่แยกได้แต่ละชนิดมีปริมาณเท่าใด และในทางคุณภาพวิเคราะห์ ว่าสารที่แยกได้เป็นสารชนิดใดโดยดูจากค่า R_f เพราะสารชนิดเดียวกันจะมีค่า R_f เท่ากัน ถ้าทำการทดลองในสภาวะเดียวกัน

5. นักเรียนสามารถนำสารที่แยกได้ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษไปใช้ได้อย่างไร และถ้านักเรียนต้องการแยกสารในปริมาณมากขึ้นจะมีวิธีทำอย่างไร

ตอบ นักเรียนสามารถนำสารที่แยกได้ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษไปใช้ได้ โดย เมื่อแยกสารได้แล้วก็สกัดสารที่แยกได้ออกจากกระดาษกรอง ทำการตัดกระดาษกรองซึ่งมีสารที่แยกได้ติดอยู่ นำไปแช่ในตัวทำละลายที่เหมาะสม เช่น เอทานอล 95 % แยกเอากะดาษออกแล้วนำสารที่ได้ไประเหยแห้ง ก็จะได้สารบริสุทธิ์ หรือเกือบบริสุทธิ์แต่ละชนิด และถ้าต้องการแยกสารบริสุทธิ์ออกมาเป็นปริมาณมากก็ใช้วิธีขีดสารตัวอย่างเป็นเส้นแทนการจุดสาร ก็จะได้แถบสารบริสุทธิ์แยกออกมา

คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3
เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบไอออนที่สกัดได้

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดสอบสมบัติการละลาย และความเป็นกรด เบส ของสารประกอบไอออนได้
2. ทดลองหาจุดหลอมเหลวของสารประกอบไอออน
3. ทดสอบหาหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบไอออนได้
4. ทดสอบสารประกอบไอออนด้วยปฏิกิริยาเฉพาะ

เวลาที่ใช้ 4 คาบ (240 นาที)

อภิปรายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	180	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	40	นาที

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/กลุ่ม)

อุปกรณ์		
1. หลอดทดลองขนาดเล็ก	12	หลอด
2. หลอดตะปูลลารี	1	อัน
3. หลอดฉีดยาขนาด 10 cm ³	1	อัน
4. บีกเกอร์ ขนาด 100 cm ³	1	ใบ
5. แท่งแก้วคน	1	อัน
6. กระบอกตวง ขนาด 10 cm ³	1	อัน
7. หลอดหยด	1	อัน
8. กระจกนาฬิกา	1	อัน
9. แท่งแก้วคน	1	อัน
10. เทอร์มอมิเตอร์ 200 °C	1	อัน
11. ช้อนตักสารขนาดเล็ก	1	อัน

สารเคมี

1. กรดอะซิติกเข้มข้น และสีแดง อย่างละ	4	แผ่น
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 5 %	2	cm ³
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 %	2	cm ³
4. น้ำโบรมีน	5	cm ³

5. เอทานอล 95 %	6	cm ³
6. สารละลายฟีนอล 2 %	4	cm ³
7. เบนซีน	4	cm ³
8. แอซีโตน	4	cm ³
9. สารละลายไอโรออน(III)คลอไรด์ 5%	1	cm ³
10. สารละลายซีริกไนเตรตริเอเจนต์	1.5	cm ³
11. สารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน	1	cm ³
12. โลหะแมกเนเซียม	0.1	g
13. ออกทานอล (หรือใช้เฮกซานอลแทน)	1	cm ³
14. น้ำกลั่น	3	cm ³
15. น้ำมันซิลิโคน	30	cm ³
16. กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 12 M	0.5	cm ³
17. เฮกเซน	2	cm ³
18. เอทิลแอซีเตต	2	cm ³
19. กระดาษทราย ขนาด 2 นิ้ว X 2 นิ้ว	1	แผ่น
20. สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากบทปฏิบัติการที่ 1	60	mg

การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มเตรียมสารประกอบแซนโทนเพื่อใช้หาจุดหลอมเหลว โดยดักสารประกอบแซนโทนใส่ในกระจกนาฬิกาประมาณเท่าหัวไม้ขีดไฟ ใช้แท่งแก้วบดให้ละเอียด

2. หลอมปิดหลอดกะปิลลารีด้านหนึ่งด้วยความร้อนให้สนิท

3. เตรียมสารละลายโบรมีน โดยเติมน้ำโบรมีน 20 cm³ ลงในน้ำ 400 cm³ หรือเตรียมจากโพแตสเซียมโบรมेट 3 g โพแตสเซียมโบรมไต์ 15 g ละลายในน้ำกลั่น 1000 cm³ เมื่อจะใช้ทดสอบ นำสารละลายที่เตรียมได้นี้ 5 ส่วน ผสมกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 ส่วน ควรเตรียมใส่ขวดสีชา ปิดด้วยจุกแก้วให้สนิท เตรียมแล้วใช้ทันที และควรทำในตู้ควัน

4. เตรียมสารละลายเฟร์ริกคลอไรด์ หรือไอโรออน (III) คลอไรด์ (FeCl₃) 5 % ในน้ำ โดยละลายไอโรออน (III) คลอไรด์ 5 g ในน้ำแล้วทำให้มีปริมาตรเป็น 100 cm³ ในบางกรณีรีเอเจนต์นี้ไม่ใหสีกับสารประกอบพวกฟีนอลบางตัว ให้ใช้สารละลาย 1% ในคลอโรฟอร์มแทน (ต้องสังเกตทันทีที่เติมรีเอเจนต์นี้ เพราะบางทีสีที่เกิดขึ้นอยู่ได้ไม่นาน)

5. เตรียมสารละลายซีริกไนเตรตริเอเจนต์หรือสารละลายammoniumhexanitratocericum (IV) (ชื่อสามัญ : ceric ammonium nitrate) โดยละลายซีริกแอมโมเนียมไนเตรต 200 g ในกรดไนตริกเข้มข้น 2 M ที่ร้อนปริมาตร 500 cm³

6. เตรียมสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน โดยละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน 3 g ในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 15 cm³ แล้วเติมสารละลายนี้ลงในสารละลายที่มีน้ำ 20 cm³ และเอทานอล 95 % 70 cm³ พร้อมทั้งคนตลอดเวลาให้เข้ากันดี แล้วกรอง นำของเหลวที่กรองได้มาใช้

7. เตรียมสารละลายฟีนอล 2 % จำนวน 100 cm³ โดยละลายฟีนอล 2 กรัม ในน้ำแล้วทำให้มีปริมาตรเป็น 100 cm³

8. เตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 5 % จำนวน 100 cm³ โดยใช้ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 36 % (12 M) จำนวน 13.8 cm³ ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 cm³

9. เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 % จำนวน 100 cm³ โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 5 g ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 50 cm³ 100 cm³ คนให้ละลายจนหมด เติมน้ำลงไปให้สารละลายมีปริมาตรรวม 100 cm³

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ในการหาจุดหลอมเหลวของสารนั้น ต้องบรรจุสารลงในหลอดตะปิลลารีให้สูงประมาณ 0.2 cm โดยคว่ำปลายที่เปิดของหลอดตะปิลลารีลงบนสารที่บดละเอียดแล้ว อัดให้สารเข้าไปในหลอด แล้วหงายหลอดขึ้น หรือปล่อยให้หลอดตะปิลลารีตกลงในหลอดแก้วยาวประมาณ 1 ฟุต หลายๆ ครั้ง จนสารอัดตัวกันแน่นอยู่ที่ก้นหลอด

2. การผูกหลอดตะปิลลารีติดกับเทอร์มอมิเตอร์ ควรให้สารในหลอดตะปิลลารีอยู่ระดับเดียวกับกระเปาะของเทอร์มอมิเตอร์ โดยจัดให้เทอร์มอมิเตอร์ให้ตั้งฉากกับพื้น และควรให้ระดับของสารในหลอดตะปิลลารีจุ่มในน้ำมัน แต่ไม่ควรอยู่ลึกมากจนน้ำมันท่วมหลอดตะปิลลารี

3. ขณะทำการทดลองควรสังเกตอุณหภูมิตลอดเวลา บันทึกอุณหภูมิเมื่อสารเริ่มหลอมเหลว และหลอมเหลวหมด (ข้อสังเกต เมื่อสารหลอมเหลว จะได้สารละลายใส)

4. ขณะทำการทดลองควรใช้แท่งแก้วคนตลอดเวลาเพื่อให้ความร้อนกระจายสม่ำเสมอ

5. ในการทดสอบกับน้ำโบรมีนไม่ควรใช้สารมาก เพราะต้องใช้น้ำโบรมีนมากด้วยเช่นกัน

6. ในการทดสอบหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทนนั้น ให้ทดสอบซ้ำกับตัวทำละลายเอทานอล ยกเว้นการทดสอบด้วยสารละลายซิริกในเตตระอีเธอไรต์ให้ทดสอบซ้ำกับตัวทำละลายแอสिटอน เนื่องจากเอทานอลให้ผลการทดสอบกับสารละลายซิริกในเตตระอีเธอไรต์ ทำให้สังเกตผลการทดลองไม่ชัดเจน (เรียกว่าการทำ blank test เปรียบเทียบ โดยทำการทดลองเช่นเดียวกับตัวทำละลายแต่ไม่ใส่สารประกอบแซนโทน)

7. โลหะแมกเนเซียมที่ใช้ในการทดลองตอนที่ 3 ให้ขัดด้วยกระดาษทรายจนมันวาวเพื่อกำจัดแมกเนเซียมออกไซด์ออกให้หมดก่อนใช้ทดลอง

แนวการตั้งปัญหา

1. สารประกอบแซนโทนเป็นสารอินทรีย์ชนิดมีขั้วหรือไม่มีขั้ว
2. สารประกอบแซนโทนมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส
3. สารประกอบแซนโทนมีจุดหลอมเหลว และช่วงของการหลอมเหลวเป็นอย่างไร
4. สารประกอบแซนโทนประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันใดบ้าง

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. สารประกอบแซนโทนเป็นสารอินทรีย์ชนิดมีขั้ว
2. สารประกอบแซนโทนมีสมบัติเป็นกรดอ่อน
3. สารประกอบแซนโทนมีจุดหลอมเหลวสูง และช่วงจุดหลอมเหลวกว้าง
4. สารประกอบแซนโทนเป็นสารประกอบจำพวกฟีนอล และมีหมู่คาร์บอนิลเป็นหมู่

ฟังก์ชัน

ตัวอย่างผลการทดลอง

ตอนที่ 1

1. สมบัติทางกายภาพของสารประกอบแซนโทน

สถานะ เป็นของแข็งสีเหลือง

2. ทดสอบการละลายของสารประกอบแซนโทน

ชนิดของตัวทำละลาย	ความสามารถในการละลาย	ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส	
		น้ำเงิน	แดง
1 เฮกเซน	ไม่ละลาย	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน
2 เอทิลแอสีเตต	ละลาย ได้สารละลายสีเหลืองใส	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน
3 เอทานอล	ละลาย ได้สารละลายสีเหลืองใส	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน
4 น้ำ	ไม่ละลาย	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน
5 HCl 5%	ไม่ละลาย	-	-
6 NaOH 5%	ละลาย ได้สารละลายสีเหลืองใส	-	-

ตอนที่ 2

สาร	อุณหภูมิ (°C)		ช่วงอุณหภูมิที่ หลอมเหลว (°C)	จุดหลอมเหลว (°C)
	เริ่มหลอม	หลอมหมด		
สารประกอบแซนโทน	163	167	4	165

ตอนที่ 3

สารที่ใช้ทดสอบ	ผลการทดสอบ			
	น้ำโบรมีน	FeCl ₃	ซีริกไนเตรด รีเอเจนต์	2,4-ไดไนโตร เฟนิลไฮดราซีน
1 สารประกอบแซนโทน	ตะกอนสีขาว	สารสีน้ำเงิน หรือม่วง	ตะกอน สีน้ำตาล	ตะกอนสีเหลือง
2 เอทานอล	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	สารละลาย สีแดง	ไม่เปลี่ยนแปลง
3 ฟีนอล	ตะกอนสีขาว	สารสีน้ำเงิน หรือม่วง	ตะกอน สีน้ำตาล	ไม่เปลี่ยนแปลง
4 เบนซีน	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
5 แอซีโตน	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ตะกอนสีเหลือง

ตอนที่ 4

สารที่ใช้ทดสอบ	ผลการทดลองที่เกิดขึ้น	
	เติมโลหะ Mg + HCl เข้มข้น	เติมน้ำ + ออกทิลแอลกอฮอล์
สารประกอบแซนโทน	มีฟองก๊าซเกิดขึ้น สารละลาย เปลี่ยนเป็นสีส้ม จนถึงสีแดง มี การคายความร้อน	สารละลายแยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนมีสีแดง จนถึงสีม่วงแดง

อภิปรายหลังการทดลอง

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม และครูร่วมกันอภิปราย เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปดังนี้

1. สารประกอบแซนโทนเป็นสารอินทรีย์ที่มีขั้วเล็กน้อย เพราะสามารถละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วบางชนิดได้ เช่น เอทิลแอลกอฮอล์ เอทานอล เป็นต้น แต่ความมีขั้วของสารประกอบแซนโทนไม่สูงมากนักจึงไม่ละลายในน้ำ และไม่ละลายในเฮกเซน เพราะเฮกเซนเป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว แต่สารประกอบแซนโทนเป็นสารที่มีขั้ว

2. สารประกอบแซนโทนมีสมบัติเป็นกรดอ่อน เพราะสามารถละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% ได้ แต่ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสทั้งสีน้ำเงินและแดง

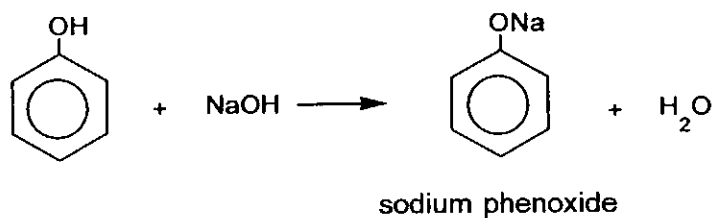
3. สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดประกอบด้วยสารประกอบแซนโทนหลายชนิดปนกันอยู่ เพราะจากการทดลองหาจุดหลอมเหลวพบว่าสารประกอบแซนโทนมีช่วงของการหลอมเหลวกว้างซึ่งแสดงว่าไม่ใช่สารบริสุทธิ์เพียงชนิดเดียว

4. สารประกอบแซนโทนเป็นสารประกอบจำพวกฟีนอล เพราะให้ผลการทดสอบกับน้ำโบรมีน สารละลายไอโรออน (III) คลอไรด์ และสารละลายซีริกในเตรตรีเอเจนต์ได้ นอกจากนี้ยังมีหมู่คาร์บอนิล ($\text{C}=\text{O}$) เป็นหมู่ฟังก์ชัน เพราะสามารถให้ผลการทดสอบกับสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน ได้เช่นเดียวกับแอลดีไฮด์ และคีโตน

5. สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ให้ผลการทดสอบกับปฏิกิริยาไซยานิดินได้สารละลายสีแดงจนถึงสีม่วงแดง สามารถใช้ปฏิกิริยานี้ในการทดสอบพืชตัวอย่างชนิดอื่นๆ ว่าเป็นสารประกอบแซนโทน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. สารประกอบแซนโทนมีสมบัติเป็นกรดอ่อน สามารถละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% ได้เกลือโซเดียมฟีนอกไซด์ (sodium phenoxide : $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$) ที่ละลายน้ำได้



ดังนั้น สารที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% แสดงว่าสารนั้นมีสมบัติเป็นกรดแก่หรือกรดอ่อน แต่เนื่องจากสารประกอบแซนโทนไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสทั้งสีน้ำเงินและแดงแสดงว่าสารประกอบแซนโทนมีสมบัติเป็นกรดอ่อน

ครูอาจทดลองเพิ่มเติมโดยนำ

สารประกอบแซนโทนไปละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% เพื่อยืนยันว่าเป็นกรดอ่อนก็ได้

2. สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุด ประกอบด้วยสารประกอบแซนโทนหลายชนิด เช่น แอลฟาแมงโกสติน มีจุดหลอมเหลว 182-183 °C บีตาแมงโกสติน มีจุดหลอมเหลว 175-176 °C แกมมาแมงโกสติน มีจุดหลอมเหลว 207 °C เป็นต้น ดังนั้นสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จึงมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของแอลฟาแมงโกสติน ซึ่งเป็นสารที่มีปริมาณมากที่สุด ในสารประกอบแซนโทน

3. สารเคมีที่ใช้ในการทดลองบางตัว เช่น น้ำโบรมีน สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 5% สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% สารละลายซิริกไนเตรตริเอเจนต์ สารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน และออกทานอล (หรือใช้เฮกซานอลแทน) ครูควรเตรียมในตู้ควัน ขณะทดลองควรวางสารไว้ในตู้ควันและเตือนนักเรียนให้ใช้สารด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากสารเคมีที่ใช้บางตัวมีความเข้มข้นสูง และมีอันตราย

4. ในการทดสอบสมบัติทางเคมีของสารประกอบแซนโทน ครูผู้สอนอาจปรับให้เหมาะสมกับความพร้อมของอุปกรณ์และสารเคมี เช่น การทดสอบหมู่ฟังก์ชัน อาจใช้เฉพาะสารละลายไอโอรอน (III) คลอไรด์ หรือน้ำโบรมีน ในการทดสอบว่ามีหมู่ฟีนอล หรือเป็นสารประกอบจำพวกฟีนอลก็ได้ หรืออาจจะทดสอบสารประกอบแซนโทนจากปฏิกิริยาไซยานิดินแทนนั้นก็ได

5. ในการทดสอบสมบัติทางเคมีของสารประกอบแซนโทนนั้น ครูไม่จำเป็นต้องสอนการเขียนสมการเคมีของแต่ละปฏิกิริยา เพราะมุ่งหวังเพียงเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนรู้จักการทดสอบสารตัวอย่างเป็นเท่านั้น หากนักเรียนสนใจก็สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ในรูปของโครงการวิทยาศาสตร์ หรือศึกษาในชั้นสูงต่อไป

แนวการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. สารประกอบแซนโทนละลายในตัวทำละลายชนิดใด และมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส เพราะเหตุใด

ตอบ สารประกอบแซนโทนละลายได้ดีในเอทานอล เอทิลแอซีเตต แต่ไม่ละลายในเฮกเซน และน้ำ แสดงว่า สารประกอบแซนโทนเป็นสารที่มีขั้วจึงไม่ละลายในเฮกเซน สารประกอบแซนโทนมีส่วนของความไม่มีขั้วมากกว่าส่วนที่มีความเป็นขั้ว จึงไม่ละลายในน้ำ และสารประกอบแซนโทนมีสมบัติเป็นกรดอ่อน เนื่องจากสามารถละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% ได้ แต่ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส

2. สารประกอบแซนโทนที่นักเรียนสกัดได้มีช่วงจุดหลอมเหลวเป็นอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

ตอบ สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุด มีช่วงจุดหลอมเหลวกว้างแสดงว่าไม่ใช่สารบริสุทธิ์เพียงชนิดเดียว แต่ประกอบด้วยสารประกอบแซนโทนหลายชนิดปนกันอยู่ จากการศึกษาพบว่า สารประกอบแซนโทนที่พบปริมาณมากที่สุดคือสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน ซึ่งมีจุดหลอมเหลว 182-183 °C ดังนั้นสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จึงมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของแอลฟาแมงโกสติน

3. เหตุใดในการทดสอบหาหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทน จึงต้องเปรียบเทียบผลการทดลองกับตัวทำละลายที่ใช้

ตอบ ในการทดสอบหาหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทนต้องเปรียบเทียบผลการทดลองกับตัวทำละลายที่ใช้ เพราะเพื่อเป็นการยืนยันว่าเป็นหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทน ไม่ใช่ของตัวทำละลาย เรียกว่า การทำ blank test ซึ่งเป็นการทำการทดลองทุกอย่างเช่นเดียวกับการทดสอบสารตัวอย่างเพียงแต่ไม่ใส่สารตัวอย่างเท่านั้น

4. สารประกอบแซนโทนให้ผลการทดสอบกับสารหรือรีเอเจนต์ใดได้บ้าง จงอธิบาย

ตอบ สารประกอบแซนโทนเมื่อนำไปทดสอบกับ น้ำโบรมีน สารละลายไอโอรอน (III) คลอไรด์ สารละลายซิริกในเตรตรีเอเจนต์ และสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน ผลการทดสอบได้ ตะกอนสีขาว สารสีม่วงหรือน้ำเงิน ตะกอนสีน้ำตาล และตะกอนสีเหลือง ตามลำดับ นั่นคือสารประกอบแซนโทนให้ผลการทดสอบเหมือนกับสารประกอบพวงฟีโนล และสารประกอบที่มีหมู่คาร์บอนิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน

5. เมื่อทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาไซยานิดิน ผลการทดสอบเป็นอย่างไร ถ้านักเรียนต้องการทดสอบสารตัวอย่างว่าใช้สารประกอบแซนโทนหรือไม่ จะมีวิธีการอย่างไร

ตอบ เมื่อทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาไซยานิดิน จะได้สารละลายสีแดงจนถึงม่วงแดง ซึ่งสามารถทดสอบสารตัวอย่างอื่นว่าเป็นสารประกอบแซนโทนหรือไม่ โดยนำสารตัวอย่างไปทำปฏิกิริยากับโลหะแมกเนเซียม และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น จากนั้นเติมน้ำ และออกทานอล หรือเฮกซานอลลงไป ถ้าเป็นสารประกอบแซนโทนจะได้สารละลายสีแดงจนถึงม่วงแดง

คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4
เรื่อง การนำเสนอประกอบแผนโคนที่สกัดได้จากผลมั่งคุดไปใช้ทำสบู่

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองเตรียมสบู่ และนำเสนอประกอบแผนโคนที่สกัดมาใช้ทำสบู่ได้
2. อธิบาย และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการเตรียมสบู่ได้
3. อธิบาย และทดสอบสมบัติของสบู่ได้

เวลาที่ใช้ 3 คาบ (180 นาที)

อภิปรายก่อนการทดลอง	40	นาที
ทดลอง	120	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	20	นาที

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/กลุ่ม)

อุปกรณ์

1. ขวดรูปกรวยขนาด 100 cm ³ พร้อมจุก	1	ใบ
2. ถ้วยกระเบื้อง	1	ใบ
3. แท่งแก้วคน	1	อัน
4. บีกเกอร์ ขนาด 250 cm ³	1	ใบ
5. บีกเกอร์ ขนาด 100 cm ³	3	ใบ
6. กระบอกตวง ขนาด 10 cm ³	1	อัน
7. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลม	1	ชุด
8. กระจกนาฬิกา	1	อัน
9. กระจกใสขนาด 4 นิ้ว X 4 นิ้ว	2	แผ่น
10. เทอร์มอมิเตอร์	1	อัน
11. แม่แบบพิมพ์สบู่	2	อัน
12. เครื่องชั่งตวง 2 ตำแหน่ง	1	เครื่อง (ต่อห้อง)

สารเคมี

1. เอทานอล 95 %	1	cm ³
2. น้ำมันมะพร้าว	12.5	cm ³
3. น้ำมันปาล์ม	9	cm ³
4. น้ำมันมะกอก	23	cm ³
5. โซเดียมไฮดรอกไซด์	2.8	g
6. น้ำสะอาด	7	cm ³

7. กระดาษ pH ยูนิเวอร์ซัล	1 แผ่น
8. สารประกอบแซนโทน	50 mg

การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. ครูเตรียมแม่แบบพิมพ์สบู่โดยใช้ลังกะสีหรืออะลูมิเนียม (ฝากระป๋องนม) ตัดขนาดกว้าง 1 cm ยาว 11 cm ทำเป็นรูปสามเหลี่ยม สีเหลี่ยม หรือวงกลม ตามต้องการ หรืออาจให้นักเรียนหาถ้วยใส่ขนมขนาดเล็กทำด้วยพลาสติกหรือโลหะแทนก็ได้
2. เตรียมกระจกใส 2 แผ่นขนาดกว้างยาวกว่าแม่พิมพ์สบู่ (ขนาดประมาณ 4 นิ้ว X 4 นิ้ว) เพื่อรองแม่แบบพิมพ์ และอีกอันหนึ่งสำหรับกดทับด้านบน

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูแนะนำนักเรียนในการให้ความร้อนโดยให้ใช้วิธีวางถ้วยกระเบื้องบนบีกเกอร์ซึ่งใส่น้ำ และต้มให้เดือดในอ่างน้ำร้อน พร้อมทั้งคนสารให้เข้ากันตลอดเวลา จนกระทั่งของเหลวข้นเกือบแห้ง ไม่ใช้วิธีการให้ความร้อนโดยตั้งบนไฟโดยตรง
2. ในขณะที่ทดลอง เมื่อสารเริ่มจับตัวข้นเหนียว ให้ค่อยๆ เทสารละลายแซนโทนลงไป คนตลอดเวลา เพราะถ้าหากใส่สารละลายของสารประกอบแซนโทนขณะสารเหนียวข้นเกินไป จะทำให้น้ำสบู่ที่ได้ไม่เนียนเป็นเนื้อเดียวกัน แต่จะแตกเป็นก้อนเล็กๆ

แนวการตั้งปัญหา

สบู่ที่เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันพืชกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีลักษณะและสมบัติอย่างไร และสามารถนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดมาใช้เป็นส่วนประกอบในสบู่ได้หรือไม่

แนวการตั้งสมมติฐาน

สบู่ที่เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันพืช กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีสมบัติในการชำระล้างได้ดี และสามารถนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดมาใช้เป็นส่วนประกอบในสบู่ได้

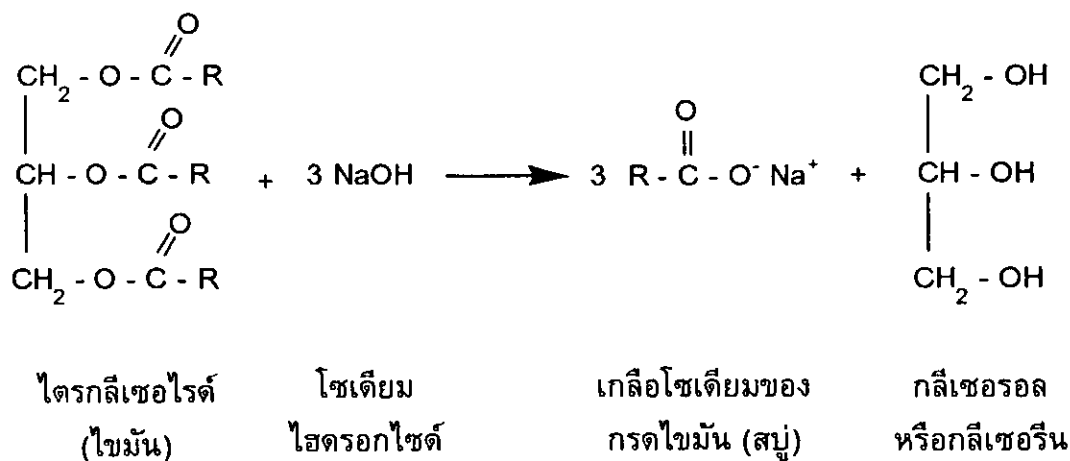
ตัวอย่างผลการทดลอง

1. สบู่ที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นของแข็ง สีเหลือง
2. เมื่อนำสบู่ที่เตรียมได้ใส่ลงในขวดรูปกรวยแล้วเติมน้ำลงไป เขย่า จะเกิดฟอง จับดูจะรู้สึกลื่นมือ
3. เมื่อทดสอบด้วยกระดาษ pH ยูนิเวอร์ซัล จะมีค่า pH 8-10

อภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปได้ว่า

1. สารที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันพืชกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ คือ สบู่ หรือเกลือโซเดียมของกรดไขมัน เรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาแซพอนิฟิเคชัน (saponification) ดังสมการ



2. สามารถนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดมาเป็นส่วนประกอบของสบู่ เพื่อเพิ่มคุณภาพของสบู่ได้
3. เมื่อนำสบู่ที่เตรียมได้ไปละลายน้ำ พบว่ามีฟองเกิดขึ้น และมีค่า pH อยู่ระหว่าง 8 - 10

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

- ครูให้นักเรียนลองทำสบู่จากสูตรที่นักเรียนคิดขึ้นเอง โดยใช้ปริมาณน้ำมันต่อปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ดังกำหนดไว้ในตารางแสดงปริมาณต่างที่ทำปฏิกิริยากับไขมัน 100 g ดังแสดงไว้ในใบความรู้
- นักเรียนอาจนำพืชชนิดอื่นที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาสกัดและแยกสารด้วยวิธีการต่างๆ นอกเหนือจากในบทปฏิบัติการ และนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น ทำสบู่เหลว เจล แชมพู ยากันยุง ยาหม่อง เป็นต้น
- นักเรียนที่สนใจอาจนำไปศึกษาต่อโดยการทำโครงงานวิทยาศาสตร์หรือนำไปเผยแพร่ต่อชุมชนหรือท้องถิ่นของนักเรียนต่อไป

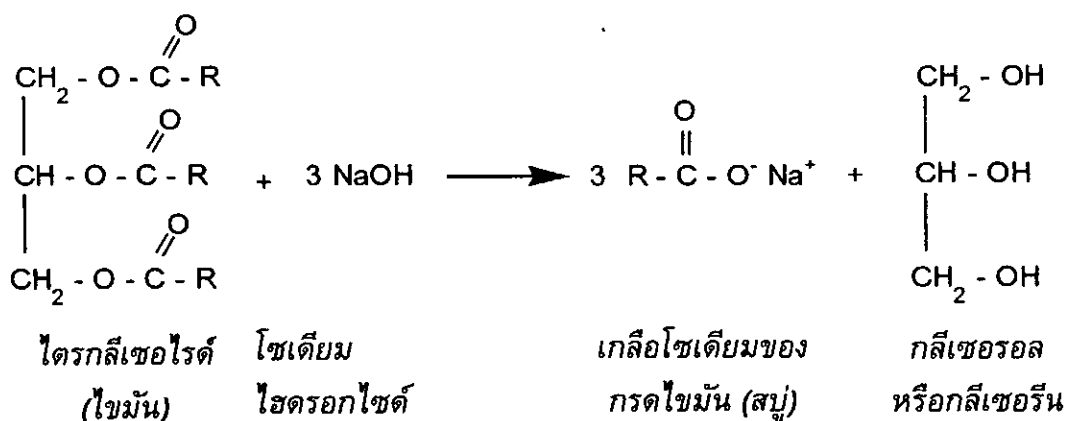
แนวการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. สบู่ที่เตรียมได้มีลักษณะ และสมบัติอย่างไร จงอธิบาย

ตอบ สบู่ที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นของแข็ง สีเหลืองอ่อน เมื่อนำไปละลายน้ำ และเขย่าพบว่ามิฟองเกิดขึ้นมาก จับดูรู้สึกลื่นมือ เมื่อทดสอบด้วยกระดาษ pH ยูนิเวอร์ซัล พบว่ามีค่า pH 8-10

2. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำมันพืชกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เรียกว่าปฏิกิริยาอะไร จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้

ตอบ เรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาแซพอนิฟิเคชัน (saponification) เขียนสมการได้ดังนี้



3. เหตุใดจึงต้องอุ่นให้น้ำมันร้อนอุณหภูมิใกล้เคียงกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อน จึงค่อยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปน้ำมัน

ตอบ เพื่อให้ไขมันพืช และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่ให้น้ำมันจับตัวเป็นก้อนทำให้เนื้อสบู่ที่ได้ไม่เนียนละเอียด

4. การเติมสารละลายของสารประกอบแซนโทนในเอทานอลลงไปสบู่ เพื่อวัตถุประสงค์ใด จงบอกเหตุผล

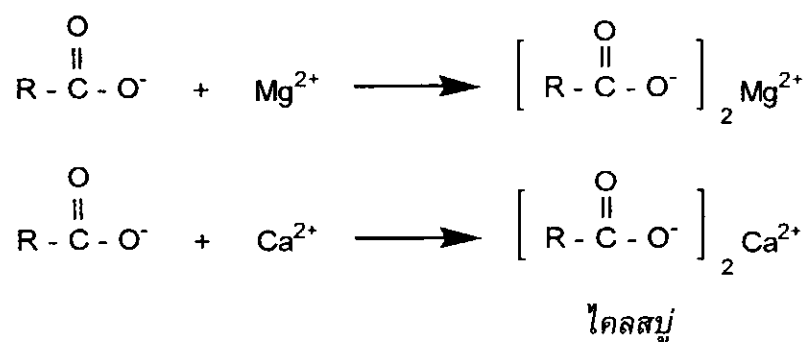
ตอบ การเติมสารละลายของสารประกอบแซนโทนในเอทานอลลงไปสบู่ เป็นการเพิ่มคุณภาพของสบู่ เพราะสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดส่วนใหญ่เป็นสารประกอบเมงโกสตินช่วยลดการอักเสบ และป้องกันการเกิดสิว

5. สบู่ที่ดีควรมีสมบัติอย่างไร

ตอบ สบู่ที่ดีควรมีค่า pH 8-10 และละลายน้ำได้ดี มีฟองเกิดขึ้นมาก และมีสมบัติซักล้างได้ดีในน้ำอ่อน

6. การใช้สบู่ซักล้างมีข้อจำกัดหรือไม่ อย่างไร

ตอบ สบู่จะซักล้างได้ดีในน้ำอ่อน แต่ถ้าเป็นน้ำกระด้างซึ่งมี แมกเนเซียมไอออน (Mg^{2+}) หรือแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ละลายอยู่ ทำให้สบู่เกิดฟองได้น้อยหรือไม่เกิดฟอง และทำให้มีโคลสบู่เกิดขึ้น เนื่องจากสบู่ทำปฏิกิริยากับ Mg^{2+} หรือ Ca^{2+} ดังสมการ



ภาคผนวก ค

1. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
2. ตารางสรุปการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (แบบทดสอบปรนัย)
4. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (แบบทดสอบอัตนัย)
5. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย
6. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผังมโนทัศน์
7. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
8. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง
9. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตาราง 29 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาใน ใบความรู้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.4 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
1.5 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.6 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน ไม่วกวน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1 หลักการ								
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้นเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
2.2.1 มีความชัดเจน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.2.2 ประเมินผลได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์ และสารเคมี								
2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 29 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)
บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.2 สรุปผลการทดลองเหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.3.1 ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.2 จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.3 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.4 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.5 คำถามส่งเสริมกระบวนการการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.6 คำถามส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 29 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)
บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การแยกสารประกอบแชนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.4 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.5 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.6 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน ไม่วกวน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1 หลักการ								
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้นเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
2.2.1 มีความชัดเจน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.2.2 ประเมินผลได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์ และสารเคมี								
2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 29 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)
บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลอง และคำถาม ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.2 สรุปผลการทดลองเหมาะสมสอดคล้องกับ จุดประสงค์	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
3.3 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.3.1 ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.2 จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.3 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.4 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.5 คำถามส่งเสริมกระบวนการแสวงหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.6 คำถามส่งเสริมการนำความรู้และ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 29 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)
บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบไอออนที่สกัดได้

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาใน ใบความรู้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.4 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.5 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.6 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน ไม่วกวน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1 หลักการ								
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้นเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
2.2.1 มีความชัดเจน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.2.2 ประเมินผลได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์ และสารเคมี								
2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 29 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)
บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบแชนโทนที่สกัดได้

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.2 สรุปผลการทดลองเหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
3.3 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.3.1 ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.2 จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.3 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.4 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.5 คำถามส่งเสริมกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
3.3.6 คำถามส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 29 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)
บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การนำเสนอประกอบแผนโหนดที่สกัดได้จากผลมั่งคุดไปใช้ทำสบู่

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาใน ใบความรู้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.4 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1.5 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
1.6 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน ไม่วกวน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1 หลักการ								
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้นเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
2.2.1 มีความชัดเจน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.2.2 ประเมินผลได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์ และสารเคมี								
2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 29 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)
บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การนำสารประกอบแชนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.2 สรุปผลการทดลองเหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
3.3 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.3.1 ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.2 จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.3 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.4 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.5 คำถามส่งเสริมกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.3.6 คำถามส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

สรุปข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์จากผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1. เนื้อหาในบทปฏิบัติการที่ 1 ยาวเกินไปควรตัดบางหัวข้อออก
2. เนื้อหาในบทปฏิบัติการที่ 4 ควรเพิ่มเติมเนื้อหาสมุนไพรชนิดอื่นๆ ที่สามารถนำมาใช้ทำสบู่ได้ นอกเหนือจากมังคุด
3. ควรระบุจำนวนอุปกรณ์และปริมาณสารเคมีที่ใช้ (จำนวน/กลุ่ม) ในหัวข้ออุปกรณ์และสารเคมีให้ชัดเจน ควรหลีกเลี่ยงชื่อการค้า แต่ให้ระบุคุณภาพแทน เช่น กระดาษกรองเบอร์ 1
4. เพื่อให้บทปฏิบัติการนี้ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็นมากขึ้น ควรเสนอแนะในข้อแนะนำเพิ่มเติมในคู่มือครูประกอบการสอนฯ ให้นักเรียนศึกษาและทดลองเพิ่มเติมจากการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยใช้พืชสมุนไพรที่มีในท้องถิ่นของนักเรียน
5. ควรปรับปรุงภาพประกอบการทดลองให้น่าสนใจและเพิ่มรูปภาพประกอบในใบความรู้เพื่อให้บทเรียนน่าสนใจยิ่งขึ้น
6. คำถามท้ายการทดลองบางข้อ ควรแยกถามเป็นรายข้อ
7. การแปลชื่อเฉพาะที่เป็นศัพท์ Technical terms ควรคำนึงถึงรากศัพท์เดิม เช่น Functional group ควรแปลเป็นหมู่ฟังก์ชัน

ตาราง 30 สรุปผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
1	0.99
2	0.99
3	0.98
4	0.98

ตาราง 31 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้(ปรนัย)

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ								ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ							
	เกี่ยวกับความชัดเจนของข้อคำถาม (คนที่)								เกี่ยวกับความสอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง (คนที่)							
	1	2	3	4	5	รวม	IOC	แปลผล	1	2	3	4	5	รวม	IOC	แปลผล
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
6	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
7	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
8	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
9	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
10	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
11	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
12	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
13	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
14	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
15	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
16	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
17	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
18	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
19	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
20	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
21	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
22	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
23	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
24	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
25	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
26	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
27	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
28	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 31 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้(ปรนัย)

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ								ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ							
	เกี่ยวกับความชัดเจนของข้อคำถาม (คนที่)								เกี่ยวกับความสอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง (คนที่)							
	1	2	3	4	5	รวม	IOC	แปลผล	1	2	3	4	5	รวม	IOC	แปลผล
29	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
30	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
31	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
32	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
33	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
34	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
35	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
36	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
37	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
38	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
39	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
40	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
41	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
42	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
43	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
44	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
45	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
46	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
47	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
48	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
49	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
50	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
51	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
52	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
53	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
54	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
55	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
56	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 31 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้(ปรนัย)

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ								ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ							
	เกี่ยวกับความชัดเจนของข้อคำถาม (คนที่)								เกี่ยวกับความสอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง (คนที่)							
	1	2	3	4	5	รวม	IOC	แปลผล	1	2	3	4	5	รวม	IOC	แปลผล
57	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
58	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
59	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
60	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
61	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
62	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
63	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
64	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
65	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
66	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
67	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
68	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
69	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
70	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
71	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
72	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
73	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
74	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
75	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
76	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
77	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
78	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
79	1	1	1	0	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
80	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 31 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้(ปรนัย)

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ								ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ							
	เกี่ยวกับความเหมาะสมของตัวเลือก (คนที่)								เกี่ยวกับความสอดคล้องของพฤติกรรมที่ต้องการวัด (คนที่)							
	1	2	3	4	5	รวม	IOC	แปลผล	1	2	3	4	5	รวม	IOC	แปลผล
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
6	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
7	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
8	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
9	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
10	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
11	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
12	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
13	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
14	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
15	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	0	0	1	1	3	0.60	ผ่าน
16	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
17	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
18	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
19	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
20	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
21	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
22	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
23	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
24	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
25	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
26	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
27	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
28	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 31 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้(ปรนัย)

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ								ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ							
	เกี่ยวกับความเหมาะสมของตัวเลือก (คนที่)								เกี่ยวกับความสอดคล้องของพฤติกรรมที่ต้องการวัด (คนที่)							
	1	2	3	4	5	รวม	IOC	แปลผล	1	2	3	4	5	รวม	IOC	แปลผล
29	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
30	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
31	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
32	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
33	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
34	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
35	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
36	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
37	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	0	0	1	1	3	0.60	ผ่าน
38	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
39	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
40	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
41	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
42	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
43	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
44	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
45	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
46	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
47	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
48	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
49	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
50	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
51	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
52	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
53	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
54	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
55	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
56	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 31 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้(ปรนัย)

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ								ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ							
	เกี่ยวกับความเหมาะสมของตัวเลือก (คนที่)								เกี่ยวกับความสอดคล้องของพฤติกรรมที่ต้องการวัด (คนที่)							
	1	2	3	4	5	รวม	IOC	แปลผล	1	2	3	4	5	รวม	IOC	แปลผล
57	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
58	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
59	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
60	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
61	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
62	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
63	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
64	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
65	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
66	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
67	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
68	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
69	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
70	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
71	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
72	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
73	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
74	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
75	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
76	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
77	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
78	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
79	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
80	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน

ตาราง 32 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ (อ้านัย)

บทปฏิบัติการ ที่	ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับความชัดเจนของ ข้อคำถาม (คนที่)					รวม	IOC	แปลผล	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับความสอดคล้องกับ จุดประสงค์การทดลอง (คนที่)				
		1	2	3	4	5				1	2	3	4	5
1	1	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1
	3	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1
	4	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1
	3	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน	1	1	1	1	1
	4	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1
	4	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1
	4	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน	1	1	1	1	1

ตาราง 33 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย

รายการที่ประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ผลการประเมินของ					รวม	IOC	แปลผล
		ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)							
		1	2	3	4	5			
1. ตอบถูกต้องตรงประเด็น ครอบคลุม	5 คะแนน หมายถึง เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็น ครอบคลุม แยกแต่ละหัวข้อได้อย่างชัดเจน มีการยกตัวอย่าง และขยายรายละเอียดทุกหัวข้ออย่างชัดเจน ใช้ภาษาได้ถูกต้องชัดเจน และสละสลวย อ่านแล้วเข้าใจง่าย	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
2. มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียด									
3. ใช้ภาษาได้ถูกต้องชัดเจน สละสลวย อ่านแล้วเข้าใจง่าย	4 คะแนน หมายถึง เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็น แยกแต่ละหัวข้อได้อย่างชัดเจน มีการยกตัวอย่าง และขยายรายละเอียดทุกหัวข้ออย่างชัดเจน ใช้ภาษาได้ถูกต้องชัดเจน ไม่สละสลวยแต่อ่านแล้วเข้าใจง่าย	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
	3 คะแนน หมายถึง เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็น แยกแต่ละหัวข้อได้อย่างชัดเจน มีการยกตัวอย่าง และขยายรายละเอียด ไม่ครบทุกประเด็น ใช้ภาษาได้ถูกต้อง ชัดเจน และสละสลวย อ่านแล้วเข้าใจง่าย	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
	2 คะแนน หมายถึง เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็น ไม่แยกแต่ละหัวข้อให้ชัดเจน ไม่ยกตัวอย่างหรือขยายรายละเอียด ใช้ภาษาได้ถูกต้องพอควร อ่านแล้วเข้าใจ	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน

ตาราง 34 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผังมโนทัศน์
 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

องค์ประกอบ ที่ประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ผลการประเมินของ					รวม	IOC	แปลผล
		ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
		1	2	3	4	5			
1. มีการจัดเรียง หัวข้อมโนทัศน์ อย่างต่อเนื่อง	5 คะแนน มีการจัดเรียงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย มโนทัศน์เฉพาะ และยกตัวอย่างสอดคล้องกับเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2. ผังมโนทัศน์ที่ สร้างขึ้นถูกต้อง ตรงตามเนื้อหา	การจัดลำดับเนื้อหาหลัก และรายละเอียด ปลีกย่อยระหว่างมโนทัศน์ และยกตัวอย่าง สัมพันธ์กัน มีการลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์								
3. มีการลากเส้น เชื่อมโยงมโนทัศน์ และแสดงความ สัมพันธ์ได้อย่าง สมเหตุสมผล	และแสดงความสัมพันธ์กันดีตลอดทั้งเรื่อง การจัดรูปแบบมโนทัศน์เหมาะสมกับหน้า กระดาษ การจัดวางภาพได้สัดส่วน เข้าใจ ง่าย ไม่สับสน สะอาดเรียบร้อย สวยงาม แสดงความเป็นเอกลักษณ์ของตนเอง								
4. มีการจัดเรียง รูปแบบมโนทัศน์ เหมาะสม เข้าใจ ง่าย ไม่สับสน	บอกแหล่งเรียนรู้จากการค้นคว้าเพิ่มเติม								
5. บอกแหล่งเรียน รู้จากการค้นคว้า เพิ่มเติม	4 คะแนน มีการจัดเรียงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย มโนทัศน์เฉพาะ และยกตัวอย่าง ใกล้เคียงกับเนื้อหา การจัดลำดับเนื้อหาหลัก และรายละเอียด ปลีกย่อยระหว่างมโนทัศน์ และยกตัวอย่าง สัมพันธ์กัน มีการลากเส้นเชื่อมโยง มโนทัศน์ และแสดงความสัมพันธ์กันดีตลอด ทั้งเรื่อง การจัดรูปแบบมโนทัศน์เหมาะสม กับหน้ากระดาษ การจัดวางภาพได้สัดส่วน เข้าใจง่าย ไม่สับสน สะอาดเรียบร้อย	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 34 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินมังงะโน้ตส์ (ต่อ)
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบจากผลไม้

องค์ประกอบ ที่ประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ผลการประเมินของ					รวม	IOC	แปลผล
		ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
		1	2	3	4	5			
	สวยงาม แสดงความเป็นเอกลักษณ์ของ ตนเอง ไม่บอกแหล่งเรียนรู้จากการค้นคว้า เพิ่มเติม								
	3 คะแนน มีการจัดเรียงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย มโนทัศน์เฉพาะ และยกตัวอย่างคลุมเครือ ไม่สอดคล้องกับ เนื้อหา แต่แสดงให้เห็นว่าได้พยายามในการ สรุป มีการลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์ และ แสดงความสัมพันธ์กันดีตลอดทั้งเรื่อง การจัดรูปแบบมโนทัศน์เหมาะสมกับหน้า กระดาษ การจัดวางภาพได้สัดส่วน ไม่สับสน สะอาดเรียบร้อย สวยงาม แสดงความเป็น เอกลักษณ์ของตนเอง บอกแหล่งเรียนรู้จาก การค้นคว้าเพิ่มเติม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
	2 คะแนน มีการจัดเรียงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย มโนทัศน์เฉพาะ และยกตัวอย่างไม่สอดคล้องกับเนื้อหา มีการลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์ และแสดง ความสัมพันธ์กันดีตลอดทั้งเรื่อง การจัดรูป แบบมโนทัศน์เหมาะสมกับหน้ากระดาษ การจัดวางภาพได้สัดส่วน ไม่สับสน สะอาด	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 34 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผังมโนทัศน์ (ต่อ)
 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

องค์ประกอบ ที่ประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ผลการประเมินของ					รวม	IOC	แปลผล
		ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
		1	2	3	4	5			
	เรียบร้อย สวยงาม แสดงความเป็น เอกลักษณ์ของตนเอง ไม่บอกแหล่งเรียนรู้จาก การค้นคว้าเพิ่มเติม								
	1 คะแนน ไม่มีการจัดเรียงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย มโนทัศน์เฉพาะ และยกตัวอย่างสอดคล้องกับเนื้อหา มีการ ลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์ เนื้อหาทุกส่วน ไม่สัมพันธ์กันเลย การจัดรูปแบบมโนทัศน์ ไม่เหมาะสมกับหน้ากระดาษ การจัดวางภาพ ไม่ได้สัดส่วน สับสน ไม่สะอาดเรียบร้อย ไม่สวยงาม ไม่แสดงความเป็นเอกลักษณ์ ของตนเอง ไม่บอกแหล่งเรียนรู้จากการ ค้นคว้าเพิ่มเติม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 35 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถ
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ(คนที่)					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1. ทักษะการสังเกต								
พฤติกรรมตามลำดับขั้น :								
1. ใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเพื่อสัมผัสโดยตรงกับวัตถุ ประสพการณ์ หรือสถานการณ์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2. บันทึกการสังเกตในเชิงคุณภาพ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3. บันทึกการสังเกตในเชิงปริมาณ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4. บันทึกการสังเกตในเชิงการเปลี่ยนแปลง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5. ไม่ใส่ใจความคิดเห็นส่วนตัวของผู้สังเกตลงไปในเรื่องที่สังเกต	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
เกณฑ์การประเมิน								
5 : ปฏิบัติครบทุกข้อและไม่สลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 1 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 2 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : ปฏิบัติไม่ครบข้อแต่ไม่มีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : ปฏิบัติไม่ครบทุกข้อและมีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2. ทักษะการวัด								
พฤติกรรมตามลำดับขั้น :								
1. เลือกเครื่องมือในการวัดได้เหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2. วัดสิ่งที่ต้องการวัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3. เลือกใช้หน่วยที่จะวัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4. บอกวิธีการวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5. บันทึกผลการวัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 35 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถ
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ(คนที่)					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
2. ทักษะการวัด (ต่อ)								
เกณฑ์การประเมิน								
5 : ปฏิบัติครบทุกข้อและไม่สลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 1 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 2 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : ปฏิบัติไม่ครบข้อแต่ไม่มีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : ปฏิบัติไม่ครบทุกข้อและมีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3. ทักษะการตั้งสมมติฐาน								
พฤติกรรมตามลำดับขั้น								
1. สมมติข้อความขึ้นก่อนมีการทดลองจริง								
อ้างอิงความจริง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2. ข้อความบอกถึงข้อมูลที่ต้องการรวบรวม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3. ข้อความบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่								
เกี่ยวข้อง 1 คู่ หรือมากกว่า 1 คู่	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4. ตัวแปรกำหนดจากปัญหาและผลต่อตัวแปร								
ตาม 1 ตัว หรือมากกว่า 1 ตัว	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
เกณฑ์การประเมิน								
5 : ปฏิบัติครบทุกข้อและไม่สลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 1 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 2 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : ปฏิบัติไม่ครบข้อแต่ไม่มีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : ปฏิบัติไม่ครบทุกข้อและมีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 35 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถ
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ(คนที่)					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
4. ทักษะการคำนวณ								
พฤติกรรมตามลำดับขั้น :								
1. แปลความหมายของจำนวนต่างๆได้ถูกต้อง	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
2. เลือกวิธีที่ใช้ในการคำนวณได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3. แสดงวิธีคำนวณได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4. คำนวณผลลัพธ์ได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5. บอกหน่วยได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
เกณฑ์การประเมิน								
5 : ปฏิบัติครบทุกข้อและไม่สลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 1 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 2 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : ปฏิบัติไม่ครบข้อแต่ไม่มีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : ปฏิบัติไม่ครบทุกข้อและมีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5. ทักษะการทดลอง								
พฤติกรรมตามลำดับขั้น :								
1. กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตามและ ตัวแปรที่ต้องควบคุม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2. ระบุอุปกรณ์หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการ ทดลองถูกต้องและเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3. ปฏิบัติการทดลองได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4. ใช้อุปกรณ์หรือสารเคมีได้ถูกต้องเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5. บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่ว และถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 35 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ(คนที่)					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
5. ทักษะการทดลอง (ต่อ)								
เกณฑ์การประเมิน								
5 : ปฏิบัติครบทุกข้อและไม่สลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 1 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 2 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : ปฏิบัติไม่ครบข้อแต่ไม่มีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : ปฏิบัติไม่ครบทุกข้อและมีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
6. ทักษะการจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล								
พฤติกรรมตามลำดับขั้น :								
1. เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2. บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3. ออกแบบการเสนอข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจดีขึ้นได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4. เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจดีขึ้นได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5. บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสม กะทัดรัด จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 35 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ(คนที่)					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
6. ทักษะการจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล เกณฑ์การประเมิน								
5 : ปฏิบัติครบทุกข้อและไม่สลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 1 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 2 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : ปฏิบัติไม่ครบข้อแต่ไม่มีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : ปฏิบัติไม่ครบทุกข้อและมีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
7. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป								
ก. ทักษะการตีความหมายข้อมูล พฤติกรรมตามลำดับขั้น :								
1. ตีความหมายของข้อมูลที่มีอยู่อย่างตรงไปตรงมา และคล่องแคล่ว	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
2. บรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ได้	1	0	1	1	1	4	0.80	ผ่าน
3. บรรยายสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4. ใช้ทักษะอื่นๆ เช่น การสังเกต การคำนวณประกอบในการตีความข้อมูลมากกว่า 1 ทักษะ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
เกณฑ์การประเมิน								
5 : ปฏิบัติครบทุกข้อและไม่สลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 1 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 2 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : ปฏิบัติไม่ครบข้อแต่ไม่มีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : ปฏิบัติไม่ครบทุกข้อและมีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 35 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถ
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ(คนที่)					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
7. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป								
ข. ทักษะการลงข้อสรุป								
พฤติกรรมตามลำดับขั้น :								
1. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งหมดโดยอาศัยความคิดเห็นของตนเอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งหมดโดยอ้างอิงจากแหล่งข้อมูล	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3. สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดตรงไปตรงมา ไม่ลำเอียง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4. สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5. สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด ทั้งที่ได้จากการทดลองและข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
เกณฑ์การประเมิน								
5 : ปฏิบัติครบทุกข้อและไม่สลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 1 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน 2 แห่ง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : ปฏิบัติไม่ครบข้อแต่ไม่มีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : ปฏิบัติไม่ครบทุกข้อและมีการสลับขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 36 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง

ความสามารถในการทำการทดลองที่ประเมิน	ผลการประเมินของ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
1. การวางแผนการทดลอง								
พฤติกรรม :								
1) มีการปรึกษาหารือ (กับผู้ที่เกี่ยวข้อง)								
เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2) มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเป็นขั้นตอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3) มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้กับผู้ร่วม								
การทดลองอย่างเหมาะสม และชัดเจน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4) มีความสามารถในการแก้ไขปัญหาขณะทำ								
การทดลองอย่างเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
เกณฑ์การประเมิน								
5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2. การปฏิบัติการทดลอง								
2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง								
พฤติกรรม :								
1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอน ไม่สับสน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2) ใช้อุปกรณ์ต่างๆได้อย่างถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3) อ่านค่าและตรวจสอบได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4) ทำการทดลองอย่างระมัดระวัง และปลอดภัย	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 36 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง (ต่อ)

ความสามารถในการทำการทดลองที่ประเมิน	ผลการประเมินของ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
2. การปฏิบัติการทดลอง (ต่อ)								
2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง								
เกณฑ์การประเมิน								
5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง								
พฤติกรรม :								
1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2) ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3) มีความมั่นใจในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
เกณฑ์การประเมิน								
5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 36 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง (ต่อ)

ความสามารถในการทำการทดลองที่ประเมิน	ผลการประเมินของ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
2. การปฏิบัติการทดลอง (ต่อ)								
2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ								
พฤติกรรม :								
1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อย เหมาะสม								
เพียงพอ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3) เก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาด								
และเรียบร้อย	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
เกณฑ์การประเมิน								
5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3. การจัดทำรายงานผลการทดลอง								
3.1 รายงานการทดลองประกอบด้วยหัวข้อ								
1) จุดประสงค์การทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2) สมมติฐาน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3) ผลการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4) สรุปผลการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5) คำถามท้ายการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 36 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง (ต่อ)

ความสามารถในการทำการทดลองที่ประเมิน	ผลการประเมินของ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
3. การจัดทำรายงานผลการทดลอง (ต่อ)								
3.1 รายงานการทดลองประกอบด้วยหัวข้อ								
เกณฑ์การประเมิน								
5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.2 เขียนจุดประสงค์การทดลองได้เหมาะสม								
เกณฑ์การประเมิน								
5 : เขียนจุดประสงค์ได้ถูกต้อง เหมาะสมชัดเจนมาก								
และครอบคลุม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : เขียนจุดประสงค์ได้ส่วนใหญ่ เหมาะสมชัดเจน								
และครอบคลุม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : เขียนจุดประสงค์ได้บางส่วน และมีความถูกต้อง								
และครอบคลุมบางส่วน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : เขียนจุดประสงค์ได้บางส่วน และมีความถูกต้อง								
อยู่บ้าง แต่ไม่ครอบคลุม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : เขียนจุดประสงค์ไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่								
และไม่ครอบคลุม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 36 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง (ต่อ)

ความสามารถในการทำการทดลองที่ประเมิน	ผลการประเมินของ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
3. การจัดทำรายงานผลการทดลอง (ต่อ)								
3.3 เขียนสมมติฐานได้เหมาะสม								
เกณฑ์การประเมิน								
5 : เขียนสมมติฐานได้ถูกต้อง เหมาะสมและชัดเจนมาก	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : เขียนสมมติฐานได้ส่วนใหญ่ เหมาะสมและชัดเจนมาก	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : เขียนสมมติฐานได้บางส่วน และมีความถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : เขียนสมมติฐานได้บางส่วน และมีความถูกต้องอยู่บ้าง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : เขียนสมมติฐานได้บางส่วน และไม่ถูกต้อง								
เป็นส่วนใหญ่	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.4 เขียนผลการทดลองได้เหมาะสม								
เกณฑ์การประเมิน								
5 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย								
น่าสนใจ ข้อมูลถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย								
ข้อมูลถูกต้องเกือบทั้งหมด	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย								
มีข้อมูลบางส่วนไม่ถูกต้องเล็กน้อย	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านพอเข้าใจ								
มีข้อมูลส่วนมากไม่ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจยาก								
และมีข้อมูลส่วนมากไม่ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 36 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง (ต่อ)

ความสามารถในการทำการทดลองที่ประเมิน	ผลการประเมินของ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
3. การจัดทำรายงานผลการทดลอง (ต่อ)								
3.5 สรุปผลการทดลองได้เหมาะสม								
เกณฑ์การประเมิน								
5 : เขียนสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง สอดคล้องกับ สมมติฐาน ข้อความครบถ้วนสมบูรณ์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : เขียนสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง สอดคล้องกับ สมมติฐาน ข้อความเกือบทั้งหมดครบถ้วนสมบูรณ์ อ่านแล้วเข้าใจง่าย	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : เขียนสรุปผลการทดลองได้สอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อความบางส่วนไม่ครบถ้วน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : เขียนสรุปผลการทดลองได้สอดคล้องกับสมมติฐาน เกือบทั้งหมด ข้อความบางส่วนไม่ครบถ้วนสมบูรณ์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : เขียนสรุปผลการทดลองได้บางส่วนไม่สอดคล้องกับ สมมติฐาน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3.6 คำถามท้ายการทดลองถูกต้อง ชัดเจน								
เกณฑ์การประเมิน								
5 : ตอบคำถามได้ถูกต้อง ชัดเจนมาก	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4 : ตอบคำถามได้ถูกต้องชัดเจนมากเกือบทั้งหมด	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3 : ตอบคำถามได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2 : ตอบคำถามได้ถูกต้องเป็นบางส่วน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
1 : ตอบคำถามผิดมาก	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 37 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของการประเมิน	ผลการประเมินของ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
ด้านแสดงความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
1. รู้สึกพึงพอใจในกิจกรรมและเนื้อหาในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	-1	3	0.60	ผ่าน
2. กิจกรรมในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
3. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนไม่น่าเบื่อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้รู้จักการใช้เครื่องมืออย่างระมัดระวังและละเอียดรอบคอบ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5. การทดลองในแต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ใช้เวลาได้เหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
6. เกิดความรู้สึกต้องการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมหลังจากเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	-1	3	0.60	ผ่าน
7. การให้นักเรียนอภิปรายผลหรือสรุปผลการทดลองเองทำให้สับสน และเสียเวลา	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
8. เนื้อหาในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ยากเกินความสามารถของนักเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
9. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้บรรยากาศการเรียนเคร่งเครียด เบื่อหน่าย	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
10. การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้มีอิสระในการคิด	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 37 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)ของแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์(ต่อ)

องค์ประกอบของการประเมิน	ผลการประเมินของ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอน								
ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
11. รู้สึกมีความต้องการเรียนรู้และกระตือรือร้นที่จะร่วมทำกิจกรรมในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	-1	3	0.60	ผ่าน
12. มีความภูมิใจที่สามารถทดลองจนได้ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองได้ด้วยตนเอง	1	1	1	1	-1	3	0.60	ผ่าน
13. รู้สึกสนุกกับการฝึกปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
14. การทดลองทำให้เสียเวลาในการเรียนมาก	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
15. มีความสุขที่ได้ร่วมทำการทดลองในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับเพื่อนๆ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
16. การได้ปฏิบัติทดลองทำให้เนื้อหาที่เรียนง่ายขึ้น	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
17. การทำกิจกรรมในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เน้นการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
18. กิจกรรมในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องยากเกินไป	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
19. ไม่อยากเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนเพราะกิจกรรมในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์น่าเบื่อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
20. รู้สึกว่าไม่ได้ประโยชน์อะไรจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 37 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)ของแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์(ต่อ)

องค์ประกอบของการประเมิน	ผลการประเมินของ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
ด้านการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ไปใช้								
21. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
22. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปเผยแพร่ให้เกิดประโยชน์ต่อท้องถิ่นได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
23. สามารถนำแนวคิดและหลักการจากการทดลองไปทำโครงการวิทยาศาสตร์ได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
24. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ทำให้เห็นคุณค่าและประโยชน์ของทรัพยากรในท้องถิ่น	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
25. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่นๆได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
26. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้เหมาะสำหรับการเรียนการสอนในแนวใหม่ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
27. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนระดับสูงขึ้นไปได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
28. รู้สึกว่าความรู้ที่ได้รับไม่ก่อให้เกิดประโยชน์เพราะนำไปประยุกต์ใช้ได้ยาก	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
29. ความรู้ที่ได้รับไม่สามารถแก้ปัญหาของท้องถิ่นได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
30. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ไม่สนองความต้องการของผู้เรียน และท้องถิ่น	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ภาคผนวก ง

1. ตารางแสดงผลการประเมินคุณภาพพบทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน
2. ตารางสรุปผลการประเมินคุณภาพพบทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน
3. ตารางแสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบปรนัย
4. ตารางแสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเที่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบอัตนัย
5. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอัตนัยเรียงตามกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ
6. ตารางแสดงคะแนนและค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คนหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
7. ตารางแสดงคะแนนและค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
8. ตารางแสดงคะแนนและค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตาราง 38 แสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ
บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{x}$	S.D.	ระดับการประเมิน
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 1 ไขความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในไขความรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
1.2 เนื้อหาที่มีความต่อเนื่อง	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
1.3 เนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
1.4 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
1.5 เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
1.6 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน ไม่วกวน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
รวม	30	30	30	30	26	4.87	1.79	ดีมาก
ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1 หลักการ								
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้นเรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
2.2.1 มีความชัดเจน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.2.2 ประเมินผลได้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.3 อุปกรณ์ และสารเคมี								
2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำการทดลอง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	5	4	4	4	4.40	0.55	
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	5	4	5	4	4.60	0.55	
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติ	5	5	5	5	5	5.00	0.00	

ตาราง 38 แสดงผลการประเมินคุณภาพบทรูปปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)
 บทรูปปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{x}$	S.D.	ระดับการประเมิน
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 2 บทรูปปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)								
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมทดลอง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
รวม	65	65	63	64	58	4.85	2.92	ดีมาก
ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายบทรูปปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	5	5	5	5	4	4.8	0.45	
3.2 สรุปผลการทดลองเหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	4	5	5	4.8	0.45	
3.3 คำถามท้ายบทรูปปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.3.1 ความเหมาะสมของการตั้งคำถาม	5	5	5	5	4	4.8	0.45	
3.3.2 จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	5	4	5	5	4	4.6	0.55	
3.3.3 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	5	5	5	4	4.8	0.45	
3.3.4 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	5	5	4	4.8	0.45	
3.3.5 คำถามส่งเสริมกระบวนการการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	4	4.8	0.45	
3.3.6 คำถามส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	5	5	4	5	4	4.6	0.55	
รวม	40	39	38	40	33	4.75	2.92	ดีมาก

ตาราง 38 แสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)
บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{x}$	S.D.	ระดับการ ประเมิน
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 1 ไขความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาใน ไขความรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
1.4 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
1.5 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
1.6 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน ไม่วกวน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
รวม	30	30	30	30	26	4.87	1.79	ดีมาก
ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1 หลักการ								
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้นเรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
2.2.1 มีความชัดเจน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.2.2 ประเมินผลได้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.3 อุปกรณ์ และสารเคมี								
2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำทดลอง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	5	5	4	4	4.60	0.55	
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	5	4	5	4	4.60	0.55	
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติ	5	5	5	5	5	5.00	0.00	

ตาราง 38 แสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)
บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{x}$	S.D.	ระดับการประเมิน
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมทดลอง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
รวม	65	65	64	64	55	4.82	4.28	ดีมาก
ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.2 สรุปผลการทดลองเหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	4	5	4	4.60	0.55	
3.3 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.3.1 ความเหมาะสมของการตั้งคำถาม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.3.2 จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	0.55	
3.3.3 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.3.4 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.3.5 คำถามส่งเสริมกระบวนการการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.3.6 คำถามส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
รวม	40	39	39	40	32	4.75	3.39	ดีมาก

ตาราง 38 แสดงผลการประเมินคุณภาพบพปฏบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)
 บพปฏบัติการที่ 3 เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบชนโทนที่สกัดได้

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{x}$	S.D.	ระดับการ ประเมิน
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบพปฏบัติการวิทยาศาสตร์								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาใน ใบความรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
1.4 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
1.5 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
1.6 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน ไม่วกวน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
รวม	30	30	30	30	26	4.87	1.79	ดีมาก
ส่วนที่ 2 บพปฏบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1 หลักการ								
2.1.1 สอดคล้องกับบพปฏบัติการ	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้นเรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
2.2.1 มีความชัดเจน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.2.2 ประเมินผลได้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.3 อุปกรณ์ และสารเคมี								
2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำการทดลอง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	5	4	5	4	4.60	0.55	
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติ	5	5	5	5	5	5.00	0.00	

ตาราง 38 แสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)
บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบแขนโทนที่สกัดได้

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{x}$	S.D.	ระดับการ ประเมิน
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)								
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม								
ทดลอง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
รวม	65	65	64	65	55	4.83	4.38	ดีมาก
ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลอง และคำถาม ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.2 สรุปผลการทดลองเหมาะสมสอดคล้องกับ จุดประสงค์	5	5	4	5	4	4.60	0.55	
3.3 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.3.1 ความเหมาะสมของการตั้งคำถาม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.3.2 จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	0.55	
3.3.3 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.3.4 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.3.5 คำถามส่งเสริมกระบวนการเสาะแสวง หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.3.6 คำถามส่งเสริมการนำความรู้และ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	5	5	4	5	4	4.60	0.55	
รวม	40	39	38	40	32	4.73	3.35	ดีมาก

ตาราง 38 แสดงผลการประเมินคุณภาพพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)
 บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{x}$	S.D.	ระดับการประเมิน
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
1.4 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
1.5 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
1.6 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน ไม่วกวน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
รวม	30	30	30	30	26	4.87	1.79	ดีมาก
ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1 หลักการ								
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้นเรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
2.2.1 มีความชัดเจน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.2.2 ประเมินผลได้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.3 อุปกรณ์ และสารเคมี								
2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำทดลอง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	5	4	5	4	4.60	0.55	
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติ	5	5	5	5	5	5.00	0.00	

ตาราง 38 แสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)
บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การนำเสนอประกอบแผนโหนดที่สกัดได้จากผลมั่งคุดไปใช้ทำสบู่

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{x}$	S.D.	ระดับการประเมิน
	1	2	3	4	5			
ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)								
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมทดลอง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	
รวม	65	65	64	65	55	4.83	4.38	ดีมาก
ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.2 สรุปผลการทดลองเหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	4	5	4	4.60	0.55	
3.3 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.3.1 ความเหมาะสมของการตั้งคำถาม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.3.2 จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.3.3 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.3.4 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.3.5 คำถามส่งเสริมกระบวนการการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
3.3.6 คำถามส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	
รวม	40	40	39	40	32	4.78	3.49	ดีมาก

ตาราง 39 สรุปผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน					
	ใบความรู้ประกอบ บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	เอกสารรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	$\bar{X}$	S.D.	ระดับการ ประเมิน
1	4.87	4.85	4.75	4.82	0.06	ดีมาก
2	4.87	4.82	4.75	4.81	0.06	ดีมาก
3	4.87	4.83	4.73	4.81	0.07	ดีมาก
4	4.87	4.83	4.78	4.83	0.05	ดีมาก
รวม	4.87	4.83	4.75	4.82	0.01	ดีมาก

ตาราง 40 แสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบปรนัย

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มสูง (n = 30)	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ (n = 30)	p	r	ข้อที่เลือก*
1	21	25	0.71	-0.13	-
2	7	6	0.25	0.03	-
3	25	10	0.62	0.50	✓
4	14	6	0.26	0.27	✓
5	17	8	0.33	0.30	✓
6	14	2	0.24	0.40	-
7	22	10	0.59	0.40	✓
8	12	5	0.26	0.23	✓
9	25	13	0.63	0.40	✓
10	12	8	0.43	0.13	-
11	8	5	0.18	0.10	-
12	26	12	0.67	0.47	✓
13	14	7	0.33	0.24	✓
14	1	6	0.08	-0.17	-
15	8	6	0.20	0.07	-
16	12	4	0.26	0.27	✓
17	16	9	0.34	0.23	✓
18	7	7	0.24	0.00	-
19	10	4	0.23	0.20	-
20	18	7	0.39	0.37	✓
21	15	2	0.33	0.43	✓
22	5	6	0.17	-0.03	-
23	15	8	0.41	0.23	✓
24	27	19	0.74	0.27	✓
25	29	25	0.90	0.14	-
26	25	12	0.65	0.43	✓
27	25	10	0.63	0.50	✓
28	23	16	0.62	0.24	-

ตาราง 40 แสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบปรนัย (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มสูง (n = 30)	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ (n = 30)	p	r	ข้อที่เลือก*
29	25	22	0.82	0.10	-
30	18	9	0.39	0.30	✓
31	9	8	0.33	0.03	-
32	26	16	0.68	0.34	✓
33	23	22	0.83	0.04	-
34	27	13	0.67	0.47	✓
35	28	19	0.76	0.30	✓
36	22	14	0.63	0.26	✓
37	16	5	0.29	0.36	✓
38	7	7	0.25	0.00	-
39	20	12	0.59	0.27	✓
40	24	10	0.65	0.47	✓
41	28	22	0.76	0.20	✓
42	27	18	0.73	0.30	✓
43	13	4	0.28	0.30	✓
44	22	20	0.70	0.06	-
45	21	23	0.75	-0.07	-
46	23	6	0.49	0.57	-
47	7	13	0.37	-0.20	-
48	27	16	0.75	0.37	✓
49	15	6	0.28	0.30	✓
50	13	10	0.37	0.10	-
51	19	16	0.70	0.10	-
52	23	15	0.67	0.27	✓
53	15	7	0.31	0.27	✓
54	11	9	0.25	0.07	-
55	24	24	0.84	0.00	-
56	22	19	0.71	0.10	-

ตาราง 40 แสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบปรนัย (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มสูง (n = 30)	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ (n = 30)	p	r	ข้อที่เลือก*
57	22	12	0.64	0.33	✓
58	15	2	0.36	0.43	✓
59	17	5	0.28	0.40	✓
60	24	12	0.66	0.40	✓
61	13	10	0.48	0.10	-
62	20	25	0.66	-0.16	-
63	14	3	0.37	0.37	✓
64	21	10	0.61	0.37	✓
65	18	9	0.38	0.30	✓
66	18	9	0.43	0.30	-
67	18	21	0.59	-0.10	-
68	19	8	0.32	0.36	✓
69	15	7	0.37	0.27	✓
70	23	14	0.59	0.30	✓
71	13	20	0.44	-0.24	-
72	24	14	0.68	0.33	✓
73	26	20	0.72	0.20	✓
74	14	6	0.31	0.27	✓
75	7	7	0.21	0.00	-
76	28	9	0.64	0.63	✓
77	2	2	0.06	0.00	-
78	19	17	0.64	0.06	-
79	22	15	0.56	0.23	✓
80	27	25	0.89	0.07	-
81	27	14	0.69	0.43	✓
82	3	6	0.18	-0.10	-
83	19	7	0.38	0.40	✓
84	6	7	0.22	-0.03	-

ตาราง 40 แสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบปรนัย (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มสูง (n = 30)	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ (n = 30)	p	r	ข้อที่เลือก*
85	23	21	0.80	0.07	-
86	7	7	0.25	0.00	-
87	19	20	0.69	-0.04	-
88	19	7	0.42	0.40	-
89	29	16	0.75	0.43	-
90	24	11	0.56	0.43	-
91	30	23	0.94	0.23	-
92	28	17	0.75	0.36	✓
93	10	7	0.26	0.10	-
94	15	12	0.41	0.10	-
95	6	9	0.32	-0.10	-
96	9	11	0.33	-0.07	-
97	19	13	0.48	0.20	-
98	1	2	0.08	-0.04	-
99	19	19	0.54	0.00	-
100	15	8	0.36	0.23	✓

หมายเหตุ

ข้อที่เลือก * หมายถึง แบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)

โดยได้คัดเลือกไว้จำนวน 50 ข้อ แล้วนำไปคำนวณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ดังนี้

$$\text{ผลรวมของความแปรปรวนข้อย่อย (pq)} = 10.9705$$

$$\text{ความแปรปรวน (คะแนนรวม)} = 110(77415)2813^2 / 110(110-1) = 50.2653$$

$$\text{ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ} = 50/50 - 1 (1 - 10.9705/50.2653) = 0.80$$

ตาราง 41 แสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของ
แบบทดสอบอัตรันัย

บทปฏิบัติการที่	ข้อสอบข้อที่	คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย	S.D.	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก
1	1	90	3.75	0.79	0.58	0.22
	2	111	4.63	0.49	0.63	0.42
	3	74	3.08	0.88	0.69	0.22
	4	84	3.50	0.78	0.50	0.33
2	5	72	3.00	0.66	0.33	0.22
	6	71	2.96	0.75	0.48	0.21
	7	100	4.17	0.76	0.72	0.22
	8	94	3.92	1.02	0.64	0.39
3	9	74	3.08	0.72	0.36	0.22
	10	89	3.71	0.81	0.57	0.25
	11	91	3.79	0.72	0.40	0.21
	12	84	3.50	0.66	0.25	0.25
4	13	97	4.04	0.55	0.52	0.21
	14	101	4.21	0.78	0.60	0.29
	15	79	3.29	0.95	0.43	0.25
	16	82	3.42	0.93	0.60	0.21

ตาราง 42 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้อิทธิพลศาสตร์ด้านความรู้และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอัตนัย
เรียงตามกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ

นักเรียน คนที่	คะแนนข้อที่																คะแนนรวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	5	5	3	4	4	3	5	5	4	4	5	4	5	5	4	3	68
2	4	5	4	4	4	4	5	4	4	3	5	4	5	5	3	3	66
3	4	5	2	5	5	3	5	4	5	5	3	3	4	4	4	4	65
4	5	5	4	3	3	3	5	4	3	5	4	5	4	4	3	5	65
5	5	5	4	4	3	2	4	5	4	4	4	4	4	4	3	5	64
6	4	5	3	4	3	2	5	5	3	4	4	4	5	4	3	5	63
7	4	5	3	4	3	4	5	4	4	4	3	3	4	5	4	4	63
8	3	5	4	5	3	3	4	4	3	3	4	4	4	5	5	4	63
9	3	4	4	4	3	4	4	5	3	5	5	3	4	4	4	3	62
10	4	5	3	3	3	3	4	5	3	4	4	4	4	5	3	4	61
11	4	4	4	4	3	3	4	4	2	4	4	3	4	5	5	3	60
12	4	5	3	4	3	4	4	5	3	4	3	4	4	4	3	3	60
รวม	49	58	41	48	40	38	54	54	41	49	48	45	51	54	44	46	
13	4	5	3	3	3	2	4	3	3	5	4	3	4	5	3	4	58
14	3	4	3	4	3	2	4	4	3	4	4	3	3	5	2	3	54
15	3	5	1	3	2	3	4	5	3	3	5	4	4	3	2	4	54
16	3	4	4	3	3	2	4	4	3	3	3	3	5	5	4	1	54
17	3	4	3	3	3	3	5	2	3	2	4	5	4	4	2	3	53
18	4	4	4	4	3	2	4	3	2	3	4	3	3	5	2	3	53
19	4	5	2	3	2	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3	4	53
20	5	4	3	3	3	2	4	5	2	3	3	3	4	4	2	3	53
21	3	5	3	2	3	4	3	2	3	3	3	3	4	3	5	3	52
22	4	4	3	2	3	3	2	4	2	4	3	3	4	3	3	3	50
23	2	4	3	3	2	4	5	2	3	3	3	3	4	3	4	2	50
24	3	5	1	3	2	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	49
รวม	41	53	33	36	32	33	46	40	33	40	43	39	46	47	35	36	
p	0.58	0.63	0.69	0.50	0.33	0.48	0.72	0.64	0.36	0.57	0.40	0.25	0.52	0.60	0.43	0.60	
r	0.22	0.42	0.22	0.33	0.22	0.21	0.22	0.39	0.22	0.25	0.21	0.25	0.21	0.29	0.25	0.21	

ตาราง 42 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอัตนัย
เรียงตามกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ (ต่อ)

นักเรียน คนที่	คะแนนข้อที่																คะแนนรวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	5	5	3	4	4	3	5	5	4	4	5	4	5	5	4	3	68
2	4	5	4	4	4	4	5	4	4	3	5	4	5	5	3	3	66
3	4	5	2	5	5	3	5	4	5	5	3	3	4	4	4	4	65
4	5	5	4	3	3	3	5	4	3	5	4	5	4	4	3	5	65
5	5	5	4	4	3	2	4	5	4	4	4	4	4	4	3	5	64
6	4	5	3	4	3	2	5	5	3	4	4	4	5	4	3	5	63
7	4	5	3	4	3	4	5	4	4	4	3	3	4	5	4	4	63
8	3	5	4	5	3	3	4	4	3	3	4	4	4	5	5	4	63
9	3	4	4	4	3	4	4	5	3	5	5	3	4	4	4	3	62
10	4	5	3	3	3	3	4	5	3	4	4	4	4	5	3	4	61
11	4	4	4	4	3	3	4	4	2	4	4	3	4	5	5	3	60
12	4	5	3	4	3	4	4	5	3	4	3	4	4	4	3	3	60
13	4	5	3	3	3	2	4	3	3	5	4	3	4	5	3	4	58
14	3	4	3	4	3	2	4	4	3	4	4	3	3	5	2	3	54
15	3	5	1	3	2	3	4	5	3	3	5	4	4	3	2	4	54
16	3	4	4	3	3	2	4	4	3	3	3	3	5	5	4	1	54
17	3	4	3	3	3	3	5	2	3	2	4	5	4	4	2	3	53
18	4	4	4	4	3	2	4	3	2	3	4	3	3	5	2	3	53
19	4	5	2	3	2	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3	4	53
20	5	4	3	3	3	2	4	5	2	3	3	3	4	4	2	3	53
21	3	5	3	2	3	4	3	2	3	3	3	3	4	3	5	3	52
22	4	4	3	2	3	3	2	4	2	4	3	3	4	3	3	3	50
23	2	4	3	3	2	4	5	2	3	3	3	3	4	3	4	2	50
24	3	5	1	3	2	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	49
รวม	90	111	74	84	72	71	100	94	74	89	91	84	97	101	79	82	1393
เฉลี่ย	3.75	4.63	3.08	3.50	3.00	2.96	4.17	3.92	3.08	3.71	3.79	3.50	4.04	4.21	3.29	3.42	58.0417
S.D.	0.79	0.49	0.88	0.78	0.66	0.75	0.76	1.02	0.72	0.81	0.72	0.66	0.55	0.78	0.95	0.93	0.1388
S_i^2	0.63	0.24	0.78	0.61	0.43	0.56	0.58	1.04	0.51	0.65	0.52	0.43	0.30	0.61	0.91	0.86	9.6757
S_i^2																	34.7373

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S^2} \right\} = \frac{16}{16-1} \left\{ 1 - \frac{9.6757}{34.7373} \right\} = 0.76945$$

ตาราง 43 แสดงคะแนนและค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัด																รวม (160)
ทักษะการทดลอง				ทักษะการจัดกระทำข้อมูล				ทักษะการ								
								ตีความหมาย				ลงข้อสรุป				
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
4	5	5	5	3	4	4	5	4	3	4	4	3	3	4	3	115
3	4	5	5	3	3	4	4	3	3	4	4	3	4	4	3	109
4	5	4	5	3	2	4	5	4	4	5	5	4	4	5	5	120
3	4	4	5	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	103
4	4	4	3	3	3	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	108
4	5	4	5	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	119
4	5	5	5	4	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5	5	126
4	4	4	3	3	4	3	4	2	4	5	4	3	4	5	4	102
4	4	5	3	3	2	3	4	3	4	5	4	3	4	5	4	106
3	4	4	4	4	2	3	4	2	4	4	4	3	5	3	4	99
3	3	4	4	4	3	3	4	2	4	4	4	3	5	4	4	105
4	3	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	116
4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	3	5	120
3	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	5	118
3	4	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	3	3	4	5	112
54	64	68	67	52	51	57	63	49	57	67	65	51	60	61	63	1678
3.60	4.27	4.53	4.47	3.47	3.40	3.80	4.20	3.27	3.80	4.47	4.33	3.40	4.00	4.07	4.20	111.87
0.51	0.70	0.52	0.83	0.52	0.91	0.56	0.41	0.88	0.41	0.52	0.49	0.51	0.65	0.70	0.68	0.2874
0.26	0.50	0.27	0.70	0.27	0.83	0.31	0.17	0.78	0.17	0.27	0.24	0.26	0.43	0.50	0.46	15.0667
S _t ²																63.8381

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

$$\alpha = \frac{29}{29-1} \left\{ 1 - \frac{15.0667}{63.8381} \right\} = 0.7913$$

แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่น = 0.7913

ตาราง 44 แสดงคะแนนและค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำ
การทดลองของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

นักเรียน คนที่	พฤติกรรมที่ประเมิน											
	ส่วนที่ 1 ด้านการวางแผนการทดลองและการปฏิบัติการทดลอง											
	การวางแผนการทดลอง				การปฏิบัติการทดลอง							
					เทคนิคการทดลอง				ความคล่องแคล่ว ในการทดลอง			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	3	3	3	4	3	3	5	4	3	3	3	4
2	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4
3	3	3	4	5	4	3	5	5	4	4	5	5
4	3	4	5	5	3	4	4	5	4	4	5	5
5	3	4	5	5	3	3	4	5	3	3	4	5
6	3	4	5	5	3	4	4	5	4	4	5	5
7	3	4	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5
8	3	4	4	5	3	4	4	5	3	4	5	5
9	3	4	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5
10	3	3	4	4	3	4	5	4	4	4	4	5
11	3	3	4	5	3	3	5	4	3	4	4	5
12	3	3	5	5	4	4	5	4	4	5	5	5
13	4	4	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5
14	3	4	5	5	3	5	5	5	4	5	5	5
15	3	3	4	5	3	4	4	5	3	4	4	5
รวม	46	53	67	72	50	59	69	70	54	62	68	73
เฉลี่ย	3.07	3.53	4.47	4.80	3.33	3.93	4.60	4.67	3.60	4.13	4.53	4.87
S.D.	0.26	0.52	0.64	0.41	0.49	0.80	0.51	0.49	0.51	0.74	0.64	0.35
s^2_i	0.07	0.27	0.41	0.17	0.24	0.64	0.26	0.24	0.26	0.55	0.41	0.12

s^2_t
(แสดงในหน้า 352)

ตาราง 44 แสดงคะแนนและค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

พฤติกรรมที่ประเมิน												รวมคะแนน
ส่วนที่ 2 ด้านการจัดทำรายงาน												
ผลการทดลอง				สรุปผล ผลการทดลอง				ตอบคำถาม ท้ายบทปฏิบัติการ				
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
4	4	3	5	3	3	4	3	3	3	4	3	147
4	4	4	5	3	4	4	3	4	3	4	3	152
4	3	4	5	3	4	5	3	4	3	5	4	167
4	4	4	5	4	5	4	4	3	3	4	4	168
4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	162
4	4	4	5	4	4	4	4	4	3	4	4	169
3	4	3	4	3	4	5	4	4	4	4	5	173
4	4	4	4	4	4	5	4	3	3	4	4	166
3	3	4	4	2	4	5	4	3	3	4	4	169
4	4	4	4	3	5	3	4	3	4	4	4	158
4	3	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	163
4	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	4	167
4	3	5	4	4	3	3	4	3	3	3	4	169
4	3	4	4	4	3	4	4	3	3	4	4	167
4	3	4	4	3	5	4	4	3	3	4	4	159
58	54	59	66	51	62	61	57	51	50	59	59	2456
3.87	3.60	3.93	4.40	3.40	4.13	4.07	3.80	3.40	3.33	3.93	3.93	163.73
0.35	0.51	0.46	0.51	0.63	0.74	0.70	0.41	0.51	0.49	0.46	0.46	0.1328
0.12	0.26	0.21	0.26	0.40	0.55	0.50	0.17	0.26	0.24	0.21	0.21	10.7714
S _t ²												50.0667

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\} = \frac{40}{39} \left\{ 1 - \frac{10.7714}{50.0667} \right\}$$

แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง มีค่าความเชื่อมั่น = 0.8050

ตาราง 45 คะแนนและความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย
15 คน หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อที่															รวม
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	119
4	4	3	4	4	5	4	4	5	3	4	5	3	4	3	119
4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	112
4	4	4	4	5	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	110
4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	3	3	121
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	116
4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	112
3	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	2	2	2	105
4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	111
3	4	3	4	4	4	5	4	5	4	4	5	4	4	4	117
4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	126
4	4	4	5	5	4	4	4	4	3	4	3	3	3	3	123
5	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	126
4	4	3	3	3	4	3	3	4	3	4	3	2	3	3	96
4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	113
59	60	55	60	62	58	57	58	62	57	59	62	53	55	54	1726
3.93	4.00	3.67	4.00	4.13	3.87	3.80	3.87	4.13	3.80	3.93	4.13	3.53	3.67	3.60	115.07
0.458	0.378	0.617	0.655	0.64	0.64	0.561	0.352	0.516	0.561	0.258	0.64	0.834	0.724	0.737	0.1483
0.21	0.143	0.381	0.429	0.41	0.41	0.314	0.124	0.267	0.314	0.067	0.41	0.695	0.524	0.543	11.2571
S_t^2															64.4952

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\} = \frac{30}{30-1} \left\{ 1 - \frac{11.2571}{64.4952} \right\} = 0.8539$$

แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีความเชื่อมั่น = 0.8539

ภาคผนวก จ

1. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้
 - แบบทดสอบปรนัย
 - แบบทดสอบอัตนัย และแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย
 - แบบประเมินผังมโนทัศน์
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง
4. แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (แบบทดสอบปรนัย)

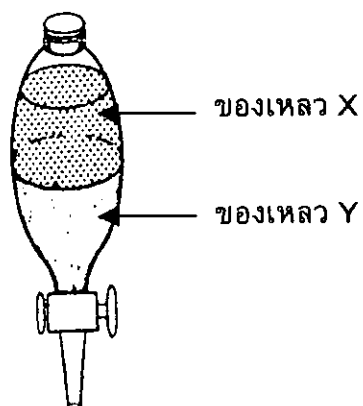
**แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวนข้อสอบ 50 ข้อ เวลา 50 นาที**

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบเลือกตอบ มี 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ใช้เวลาทำ 50 นาที
2. ให้นักเรียนเขียน ชื่อ ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ครบถ้วนชัดเจน
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่เห็นว่าถูกที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วเขียนเครื่องหมาย X ลงในช่อง
ตัวเลือกในกระดาษคำตอบ
4. ห้ามขีด ทำเครื่องหมาย หรือเขียนข้อความใดๆลงในแบบทดสอบ
5. ให้นักเรียนส่งคืนแบบทดสอบและกระดาษคำตอบแก่กรรมการคุมสอบเมื่อเสร็จสิ้นการสอบ
6. หากนักเรียนมีข้อสงสัยใดๆ ให้สอบถามกรรมการคุมสอบ

1. ข้อใดกล่าว **ไม่ถูกต้อง** (ความรู้ – ความจำ)
 - ก. ตัวทำละลายต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการตกผลึก
 - ข. สารที่มีความสามารถในการละลายได้ต่างกันมากผสมกันอยู่สามารถแยกออกจากกัน
ได้โดยการตกผลึก
 - ค. ตัวทำละลายที่ดีต้องละลายสารที่ต้องการตกผลึกได้น้อยที่อุณหภูมิห้อง แต่ละลายได้
มากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
 - ง. การใช้ตัวทำละลายผสมนั้น ตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิดต้องละลายซึ่งกันและกัน
และละลายสารที่จะตกผลึกได้ดี

2. เทของเหลว X และของเหลว Y ลงในกรวย ปรากฏแยกออกเป็น 2 ชั้น ดังรูป
จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ (ความเข้าใจ)



1. ของเหลว X มีความหนาแน่นน้อยกว่าของเหลว Y
 2. ของเหลว Y เป็นน้ำ
 3. ของเหลว X มีจุดเดือดต่ำกว่าของเหลว Y
- ข้อใดถูกต้อง**
- ก. ข้อ 1
 - ข. ข้อ 1 และ 2
 - ค. ข้อ 2 และ 3
 - ง. ข้อ 1 , 2 และ 3

7. สารผสมประกอบด้วยสารอินทรีย์ A, B และ C มีสมบัติดังนี้ (กระบวนการฯ)

สาร	สถานะ	การละลายน้ำ	การละลายใน CHCl_3	การเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส
A	ของเหลว	ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่เปลี่ยนสี
B	ของแข็ง	ละลาย	ไม่ละลาย	น้ำเงิน $\rightarrow$ แดง
C	ของแข็ง	ไม่ละลาย	ละลาย	แดง $\rightarrow$ น้ำเงิน

วิธีใดเหมาะสมในการแยกสารดังกล่าว

- นำสารผสมนี้ละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสม แล้วแยกด้วยวิธีโครมาโทกราฟี
- กรองแยกสาร A สกัดด้วยน้ำและ CHCl_3 จะได้สาร B ในชั้นน้ำและ C ในชั้น CHCl_3
- กลั่นแยกสาร A สกัดด้วยน้ำและ CHCl_3 จะได้สาร B ในชั้นน้ำและ C ในชั้น CHCl_3
- กลั่นแยกสาร A สกัดสาร B ด้วยสารละลายเบสแก่ และสกัดสาร C ด้วยสารละลายกรดแก่

8. ความสามารถในการละลายของสาร X, Y และ Z ในตัวทำละลาย A, B, C และ D เป็นดังนี้

สาร	ความสามารถในการละลายในตัวทำละลาย (g ของสาร/ตัวทำละลาย 100g)			
	A	B	C	D
X	41	41	40	40
Y	30	25	8	9
Z	10	10	20	12

ถ้ามีการผสม X, Y และ Z และต้องการสกัดเพียงครั้งเดียวให้ได้สาร X ที่มีความบริสุทธิ์มากที่สุด ควรเลือกสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดใด (กระบวนการฯ)

- A หรือ B
- A หรือ C
- C หรือ D
- B หรือ C

คำชี้แจง ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ประกอบการตอบคำถามข้อ 9

สาร	จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	การละลาย น้ำ	การนำไฟฟ้าของ สารละลาย	ความเป็นกรด-เบส ของสารละลาย
A	80	316	ไม่ละลาย	-	-
B	226	631	ละลาย	ไม่ได้ทดสอบ	กลาง
C	-20	15	ละลาย	น้ำ	กรด
D	127	262	ละลาย	ไม่นำ	ไม่ได้ทดสอบ

9. ถ้ามีของผสมระหว่างสาร A กับ B ต้องการแยกจากกัน ควรเลือกใช้วิธีใด
 ก. สกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ ข. กลั่นลำดับส่วน (กระบวนการฯ)
 ค. สกัดด้วยน้ำ ง. โครมาโทกราฟี
10. พิจารณาข้อความเกี่ยวกับการแยกสาร (การนำไปใช้)
 1. การกลั่นลำดับส่วนใช้แยกสารที่มีจุดเดือดใกล้เคียงกันออกจากกันได้
 2. การสกัดเมนทอลออกจากเปปเปอร์มินท์ที่ใช้การกลั่นด้วยไอน้ำได้ เพราะเมนทอลระเหยได้ง่าย และละลายน้ำได้น้อย
 3. การสกัดน้ำมันพืชจากเมล็ดพืชชนิดต่าง ๆ จะใช้การสกัดด้วยตัวทำละลาย เพราะน้ำมันพืชมีจุดเดือดสูง
 4. ถ้าสารที่ผสมกันสามารถละลายในน้ำได้เหมือนกัน เราจะไม่สามารถแยกสารเหล่านี้ออกจากกันได้โดยการแยกวิธีอื่น ๆ
- ข้อใดกล่าวถูกต้อง
- ก. 1, 2 ข. 2, 3
 ค. 3, 4 ง. 1, 2 และ 3
11. ควรใช้เครื่องมือชุดใด ในการตรวจสอบว่าของเหลวชนิดหนึ่งเป็นสารบริสุทธิ์ หรือเป็นสารผสมระหว่างของเหลวสองชนิด (กระบวนการฯ)
 ก. หลอดทดลอง กรวยกรอง กระดาษกรอง
 ข. กรวยแยก เครื่องควบแน่น เทอร์มอมิเตอร์
 ค. ถ้วยระเหย กระชกนาฬิกา ตะเกียงแอลกอฮอล์
 ง. เทอร์มอมิเตอร์ หลอดทดลองมีแขนข้าง ตะเกียงแอลกอฮอล์

12. X เป็นสารที่สามารถแยกออกจากเนื้อเยื่อพืชชนิดหนึ่งได้ด้วยการสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ ข้อใดถูกต้อง (ความเข้าใจ)
- ก. สถานะปกติของสาร X จะเป็นของแข็งหรือก๊าซก็ได้
- ข. สารที่แยกออกมา จะเป็นสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย
- ค. หลังจากสกัดสาร X ด้วยไอน้ำแล้ว สามารถแยก X ออกจากน้ำได้โดยใช้กรวยแยก
- ง. เมื่อความดันไอของสาร X = ความดันบรรยากาศ สาร X จะกลายเป็นไอออกมาพร้อมกับน้ำ

คำชี้แจง ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 13

วิธีที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการแยกสารออกจากกัน

- วิธีที่ 1 ละลายน้ำแล้วกรอง
วิธีที่ 2 ระเหิดแล้วหาจุดหลอมเหลว
วิธีที่ 3 เลือกวัตทำละลายแล้วตกผลึก
วิธีที่ 4 ละลายในตัวทำละลายแล้วกลั่น

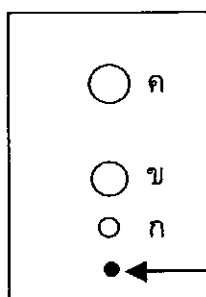
13. วิธีใดที่ดีที่สุดที่จะใช้แยกโซเดียมคลอไรด์ออกจากของผสมที่มีมักเนเซียมคลอไรด์อยู่ด้วย
- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ก. วิธีที่ 1 | ข. วิธีที่ 2 | (การนำไปใช้) |
| ค. วิธีที่ 3 | ง. วิธีที่ 4 | |

14. ถ้าต้องการทั้งเกลือแกง และน้ำจืด จากน้ำทะเล ควรใช้วิธีใดในการแยกน้ำทะเล
- ก. การระเหย ข. การกลั่น (การนำไปใช้)
- ค. การตกผลึก ง. การกรอง

15. ของผสมประกอบด้วยเทียนไข น้ำตาล และลูกเหม็น ปนกันอยู่ วิธีใดที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้แยกลูกเหม็นออกจากของผสมให้ได้บริสุทธิ์ (การนำไปใช้)
- ก. ค่อย ๆ อุ่นของผสมให้ร้อน
- ข. สกัดของผสมด้วยเฮกเซน
- ค. เผาของผสมให้ร้อนแดง
- ง. ละลายของผสมด้วยน้ำ

16. ข้อใดเป็นข้อจำกัดของการใช้เทคนิคโครมาโทกราฟี (ความรู้ - ความจำ)
- ก. ใช้ทดสอบสารตัวอย่างที่มีปริมาณน้อยๆ ไม่ได้
 - ข. ใช้แยกองค์ประกอบต่างๆ ในของผสมที่ไม่มีสีออกจากกันไม่ได้
 - ค. องค์ประกอบต่างๆ ในของผสมที่เคลื่อนที่ไปบนตัวดูดซับได้เกือบเท่ากัน จะแยกออกจากกันไม่ได้
 - ง. ถ้าแยกองค์ประกอบต่างๆ ในของผสมออกจากกันได้แล้วจะสกัดสารเหล่านั้นออกจากตัวดูดซับไม่ได้

17. (ความเข้าใจ)



เมื่อนำสารละลายตัวอย่างชนิดหนึ่งมาทำการ
แยกโดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ โดยมีน้ำ
เป็นตัวทำละลาย ได้ผลการทดลองดังภาพ

จุดหยดสารเริ่มต้น

ข้อสรุปผลการทดลองข้อใด ไม่ ถูกต้อง

- ก. สาร ข ละลายน้ำได้ดีกว่าสาร ก และถูกดูดซับได้มากกว่าสาร ค
- ข. สาร ค ละลายน้ำได้ดีกว่าสาร ข และถูกดูดซับได้มากกว่าสาร ก
- ค. สาร ข ละลายน้ำได้น้อยกว่าสาร ค และถูกดูดซับได้น้อยกว่าสาร ก
- ง. สาร ก ละลายน้ำได้น้อยกว่าสาร ค และถูกดูดซับได้มากกว่าสาร ข

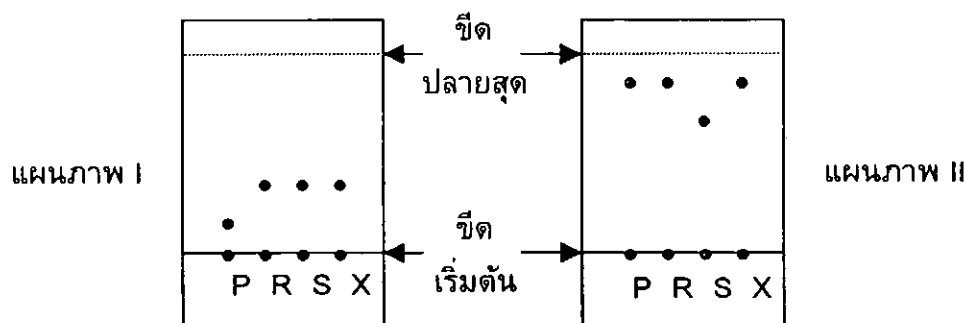
21. การทดลองในข้อใดควรใช้วิธีโครมาโทกราฟี

(การนำไปใช้)

- ก. ต้องการสกัดกลิ่นจากผิวมะกรูด
- ข. ต้องการแยกน้ำมันพืชจากเมล็ดพืช
- ค. ต้องการวิเคราะห์สีแดงในน้ำหวานว่าเป็นสารใด
- ง. ต้องการสกัดสีเหลืองออกจากดอกทานตะวัน

22. ในการทดสอบสาร X ว่าจะเป็นสาร P , R หรือ S ด้วยวิธีการทำโครมาโทกราฟีแบบ

กระดาษ จุดสาร P , R , S และ X ลงบนกระดาษโครมาโทกราฟี 2 แผ่น แผ่นหนึ่งจุ่มในน้ำและอีกแผ่นหนึ่งจุ่มในเอทานอล แล้วปล่อยให้ตัวทำละลายเคลื่อนที่บนตัวดูดซับ (กระดาษ) ดังแผนภาพที่ I และ II ที่แสดงไว้นี้ (กระบวนการฯ)



X คือสารใด

- ก. P
- ข. R
- ค. P หรือ R
- ง. R หรือ S

23. สมบัติของสาร A , B , C และ D แสดงในตาราง (เครื่องหมาย + หมายถึง ความสามารถในการละลายหรือดูดซับ) (กระบวนการฯ)

สาร	สมบัติ	
	การละลายในตัวทำละลาย X	การดูดซับบนตัวดูดซับ Y
A	++++	+
B	++	++
C	++	+++
D	+	++++

ถ้านำของผสมที่ประกอบด้วยสาร A , B , C และ D อย่างละเท่าๆกันมาแยกโดยวิธีโครมาโทกราฟี ที่ใช้สาร Y เป็นตัวดูดซับ และสาร X เป็นตัวทำละลาย ข้อใด ไม่ ถูกต้อง

- ก. สาร A จะถูกชะออกมาก่อน
- ข. สาร D จะถูกชะเป็นลำดับสุดท้าย
- ค. สาร B และ C จะแยกออกจากกันไม่ได้
- ง. สามารถแยกสาร A และ สาร D ได้อย่างบริสุทธิ์

24. นักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งสงสัยว่าตัวบางชนิดประกอบด้วยของผสมที่มีสีเขียว 2 ชนิด คือ X และ Y เขาบดตัวให้แตกแล้วละลายน้ำ จากนั้นก็ทำโครมาโทกราฟีด้วยของเหลวที่เป็นน้ำ เขาพบว่ากระดาษโครมาโทกราฟีมีสีของสาร X เพียงสารเดียว เขาพยายามใช้ตัวทำละลายอื่นแทน เช่น อะซีโตน พบสีบนกระดาษโครมาโทกราฟีของสาร Y เพียงสารเดียว เขาได้ทดลองซ้ำโดยใช้ตัวทำละลายอื่นแทน เช่น แอลกอฮอล์และได้พบว่าทั้ง 2 สีของสาร X และ Y บนกระดาษโครมาโทกราฟีนี้แยกออกจากกัน ข้อความใด ถูกต้องที่สุด
- สาร Y ละลายได้ดีในน้ำ แต่สาร X ไม่ละลาย (การนำไปใช้)
 - สาร Y ละลายได้ดีในน้ำ แต่ไม่ละลายในอะซีโตน
 - สาร X ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ และสาร Y ไม่ละลาย
 - สาร X ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ แต่ไม่ละลายในอะซีโตน
25. เพื่อช่วยวินิจฉัยโรคเกี่ยวกับความเจ็บป่วย โดยทั่วไป แพทย์ต้องการทราบชนิดของกรดอะมิโนที่มีอยู่ในเลือดหรือในปัสสาวะ วิธีใดที่ใช้ในการแยก และตรวจชนิดของกรดอะมิโน
- โครมาโทกราฟี (การนำไปใช้)
 - การกลั่นลำดับส่วน
 - การสกัดด้วยตัวทำละลาย
 - การกรองแยกกรดอะมิโนออกจากเลือดหรือปัสสาวะ
26. นำสารผสม A และ B มาแยกด้วยวิธีโครมาโทกราฟี ได้ค่า $R_f = 0.10$ และ 0.15 ตามลำดับ เมื่อทำการทดลองใหม่โดยเปลี่ยนตัวทำละลาย ได้ค่า $R_f = 0.2$ และ 0.3 ตามลำดับ ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง (กระบวนการฯ)
- สารผสม A และ B มีความเป็นขั้วต่างกันมาก
 - ตัวทำละลายในการทดลองแรก ละลายสาร 2 ชนิดได้ไม่ดี
 - ตัวดูดซับในการทดลองครั้งใหม่ ดูดซับสารได้ดีกว่าครั้งแรก
 - การทดลองครั้งแรก สาร A มีค่า $R_f = 0.10$ และการทดลองครั้งใหม่มีค่า $R_f = 0.2$

33. การทดลองแยกสารที่มีสีโดยโครมาโทกราฟีได้ผลการทดลองดังตาราง

สารประกอบ	ระยะทางที่สารประกอบเคลื่อนที่ (cm)	ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ (cm)
A	12	15
B	9	15
C	6	15
D	9.6	15
E	9.3	15

สารผสมของชุดใดที่สามารถแยกออกจากกันได้ดีที่สุด

(กระบวนการฯ)

ก. B, D และ E

ข. A, C และ E

ค. B, C และ D

ง. A, B และ E

คำชี้แจง ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ประกอบการตอบคำถามข้อ 34

ในการทดลองแยกสาร ด้วยวิธีโครมาโทกราฟี โดยใช้ น้ำเกลือ 1% เป็นตัวทำละลายและ กระดาษกรองเป็นตัวดูดซับ ได้ผลดังตาราง

สาร ตัวอย่าง	องค์ประกอบที่แยกได้	ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ (cm)	ระยะทางที่ตัวทำละลาย เคลื่อนที่ (cm)
สีแดง ก	1. สีส้ม	2.4	10
	2. สีเหลือง	5.8	10
	3. สีบานเย็น	7.6	10
สีแดง ข	1. สีชมพู	6.3	15
	2. สีบานเย็น	11.4	15
สีแดง ค	1. สีเหลือง	5.8	20
	2. สีชมพู	8.4	20
	3. สีส้ม	18.7	20

34. ข้อใดกล่าว ไม่ถูกต้อง สำหรับสารตัวอย่างในสีแดง ก

(เสาะแสวงหาความรู้)

ก. เรียงลำดับค่า R_f ได้ดังนี้ สีบานเย็น > สีเหลือง > สีส้ม

ข. สีแดง ก เป็นสารไม่บริสุทธิ์ องค์ประกอบในสีแดง ก เท่ากับ หรือมากกว่า 3 ชนิดก็ได้

ค. สารสีเหลือง อาจมีความสามารถในการละลายสูงกว่าสารสีบานเย็น แต่ถูกดูดซับมากกว่า จึงมีค่า R_f ต่ำกว่า

ง. สารสีบานเย็น จะเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณมากกว่าสารสีส้มและสารสีเหลือง เพราะเคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุด

35. ข้อความใด ถูกต้องที่สุด

(ความรู้-ความจำ)

- ก. ของเหลวที่ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสสีน้ำเงิน จะต้องเป็นเบสเสมอ
- ข. สารบริสุทธิ์จะมีช่วงการหลอมเหลวแคบกว่าสารไม่บริสุทธิ์
- ค. จุดหลอมเหลวของสารต่างชนิดกันอาจมีค่าใกล้เคียงกันก็ได้
- ง. ความสามารถในการละลายของสารขึ้นอยู่กับ ชนิดและปริมาณของตัวถูกละลาย ตัวทำละลาย อุณหภูมิ ความดัน

36. ข้อใดแสดงถึงความแตกต่างของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ของแอลกอฮอล์ กับสารประกอบฟีนอล (ความเข้าใจ)

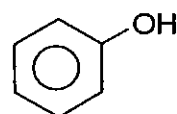
- ก. ฟีนอลทดสอบโดยให้ทำปฏิกิริยากับสารละลายซีริกในเตรตรีเอเจนต์
- ข. ฟีนอลทำปฏิกิริยากับน้ำโบรมีน แต่แอลกอฮอล์ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำโบรมีน
- ค. แอลกอฮอล์ทดสอบโดยให้ทำปฏิกิริยากับสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน
- ง. แอลกอฮอล์ไม่ทำปฏิกิริยากับ NaHCO_3 แต่สารประกอบฟีนอลสามารถทำปฏิกิริยาได้

37. สาร A และสาร E สามารถทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียม แต่เมื่อนำไปทำปฏิกิริยากับสารละลาย NaHCO_3 พบว่าสาร A ไม่ทำปฏิกิริยา แต่สาร E ทำปฏิกิริยาเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สาร A และสาร E ควรเป็นสารในข้อใด (ความเข้าใจ)

- ก. ROH , RCOOH ข. RNH_2 , RCOOR

- ค. $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, RCOR

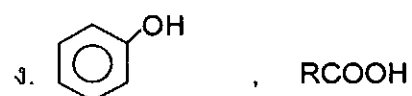
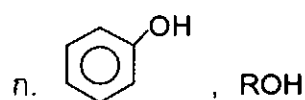
- ง. RCOOH ,



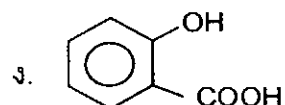
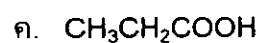
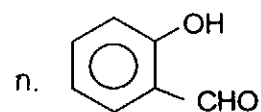
38. เมื่อนำสาร A และ B ที่สกัดได้จากพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งมาทดสอบสมบัติบางประการ ได้ผลการทดลองดังตาราง (กระบวนกรร)

สมบัติ สาร	ทำปฏิกิริยา กับน้ำโบรมีน	ทำปฏิกิริยากับ ซีริกไนเตรด รีเอเจนต์	ทำปฏิกิริยา กับสารละลาย FeCl_3	ละลายในสาร ละลาย 5% NaOH
A	ตะกอนสีขาว	สารละลาย สีน้ำตาล	สารสีน้ำตาล	ละลาย
B	—	สารละลาย สีแดง	—	—

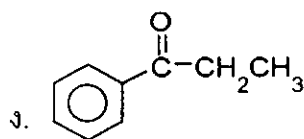
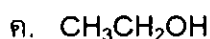
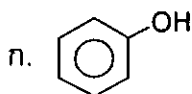
สาร A และ B คือสารในข้อใดตามลำดับ



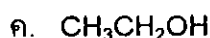
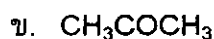
39. สาร ก มีสูตรดังข้อใด เมื่อนำมาทดสอบกับ FeCl_3 ได้สารสีม่วง ทำปฏิกิริยากับ Br_2 ในน้ำ ได้ตะกอนสีขาว ทำปฏิกิริยากับ NaHCO_3 มีฟองก๊าซเกิดขึ้น ไม่ทำปฏิกิริยากับ 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน และเมื่อนำสาร ก ทำปฏิกิริยากับเมทานอลได้สารที่มีกลิ่นคล้ายน้ำมันระกำ (กระบวนกรร)



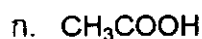
40. สารใด ให้ผลการทดสอบกับสารละลายซีริกไนเตรตไอออน และสามารถทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมเกิดก๊าซ H_2 ได้ ทำปฏิกิริยากับกรดแอซติก (CH_3COOH) ได้สารมีกลิ่นคล้ายน้ำยาล้างเล็บ (กระบวนกรฯ)



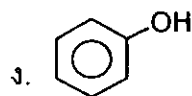
41. ข้อใดคือสารประกอบ A ซึ่งมีสมบัติไม่ละลายในน้ำและในสารละลาย 5% HCl แต่ละลายใน 5% $NaOH$ ทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียม และสามารถทำปฏิกิริยากับสารละลาย $NaHCO_3$ เกิดฟองก๊าซ CO_2 (กระบวนกรฯ)



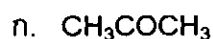
42. สารในข้อใดให้ผลการทดสอบกับสารละลายไอโรออน (III) คลอไรด์



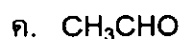
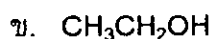
(การนำไปใช้)



43. สารในข้อใด ไม่ให้ ผลการทดสอบกับสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน



(การนำไปใช้)



44. เมื่อนำสารประกอบแซนโทน ซึ่งเป็นรงควัตถุในผลมังคุด ไปทดสอบกับกระดาษลิตมัส สีน้ำเงินและสีแดง พบว่ากระดาษลิตมัสไม่เปลี่ยนสี ไม่ละลายในสารละลาย 5% HCl แต่จะละลายในสารละลาย 5% $NaOH$ ได้สารละลายสีเหลือง จากผลการทดลองดังกล่าว ข้อใดกล่าว ถูกต้อง (ความเข้าใจ)

ก. สารประกอบแซนโทนมีสมบัติเป็นกลาง

ข. สารประกอบแซนโทนมีสมบัติเป็นกรดอ่อน

ค. สารประกอบแซนโทนมีสมบัติเป็นเบสอ่อน

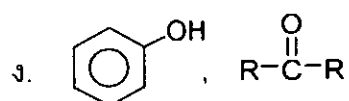
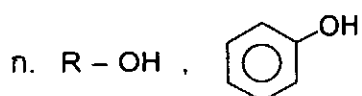
ง. ยังสรุปไม่ได้ต้องทดลองเพิ่มเติม

45. สาร A และ B เป็นของแข็งสีเหลือง ถ้าอยากทราบว่าสารทั้งสองชนิดนี้เป็นสารประกอบแซนโทนชนิดเดียวกันหรือไม่ นักเรียนจะมีวิธีการทดสอบอย่างไร (กระบวนการฯ)
- นำไปหาจุดหลอมเหลว
 - นำไปตกผลึกในตัวทำละลาย
 - นำไปทดสอบหาหมู่ฟังก์ชัน
 - นำไปทดสอบโดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

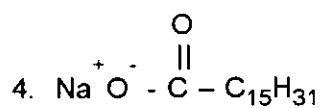
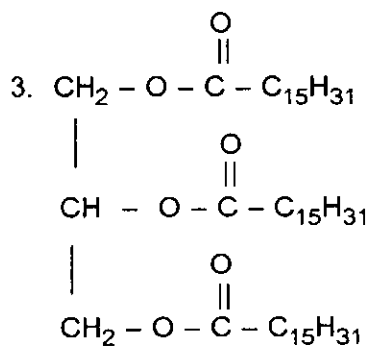
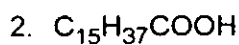
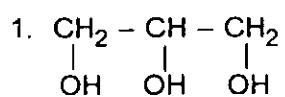
ตารางใช้ตอบคำถามข้อ 46

สารที่ใช้ทดสอบ	ผลการทดลองที่สังเกตได้				
	แซนโทน	อะซิโตน	ฟีนอล	เอทานอล	กรดแอซิติก
(1) 2,4-ไดไนโตรฟีนิลไฮดราซีน	ตะกอนสีเหลือง	ตะกอนสีเหลือง	-	-	-
(2) FeCl_3 ไอรีออน (III) คลอไรด์	สารสีม่วง	-	สารสีม่วง	-	-
(3) ซีริกแอมโมเนียไนเตรด	ตะกอนสีน้ำตาล	-	ตะกอนสีน้ำตาล	สารละลายสีแดง	-
(4) Br_2 ในน้ำ	ตะกอนขุ่นขาว	-	ตะกอนขุ่นขาว	-	-
(5) NaHCO_3	-	-	-	-	ฟองก๊าซ

46. สารประกอบแซนโทนให้ผลการทดสอบเช่นเดียวกับสารในข้อใด (การนำไปใช้)



คำชี้แจง จงใช้สูตรของสารต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 47 – 48



47. สูตรของสารคู่ใดที่ทำปฏิกิริยากันแล้วได้สบู่ที่มีสูตรโครงสร้าง $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}$

ก. 1 และ 2

(ความรู้ – ความจำ)

ข. 3 และ 4

ค. 3 และ 5

ง. 1 และ 5

48. สารในข้อใดทำปฏิกิริยากับ Ca^{2+} ในน้ำกระด้างแล้วมีตะกอนเกิดขึ้น (ความเข้าใจ)

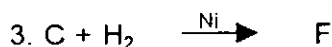
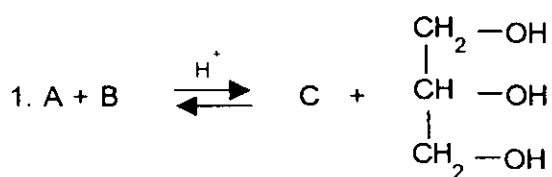
ก. ข้อ 2

ข. ข้อ 3

ค. ข้อ 4

ง. ข้อ 5

คำชี้แจง ข้อมูลต่อไปนี้ใช้ประกอบการตอบคำถามข้อ 49



49. ข้อใด ถูกต้อง เกี่ยวกับ C และ F

(กระบวนกรารช)

- ก. เป็นสารอินทรีย์ประเภทไขมัน และน้ำมัน
- ข. มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง
- ค. C มีมวลโมเลกุลมากกว่า F
- ง. C เกิดปฏิกิริยารวมตัวกับสารละลาย Br_2 ได้ แต่ F ไม่เกิดปฏิกิริยา

50. สาร A และ B เป็นกรดไขมัน 2 ชนิด ประกอบด้วยคาร์บอน 18 อะตอม เหมือนกัน แต่ A มีพันธะเดี่ยวทั้งหมด B มีพันธะคู่ 1 พันธะ อยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมที่ 9 และ 10 เมื่อ นำ A และ B ไปทำปฏิกิริยากับสารละลาย NaOH สูตรโครงสร้างของสบู่ที่เกิดขึ้นคือข้อใด

- ก. $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH} = \text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ (การนำไปใช้)
- ข. $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COONa}$, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH} = \text{CH}(\text{CH}_2)_8\text{COONa}$
- ค. $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH} = \text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COONa}$
- ง. $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COONa}$, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH} = \text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COONa}$

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ ด้านความรู้ (แบบทดสอบอัตนัย)

แบบทดสอบอัตนัย

บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

จุดประสงค์การเรียนรู้

- ผลึกได้
- ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับการสกัดสารด้วยตัวทำละลาย และแยกสารโดยการตกผลึกได้
 - อธิบาย และยกตัวอย่างการนำหลักการการสกัดและแยกสารไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 4 ข้อ ให้นักเรียนทำทุกข้อ (เวลา 20 นาที)

1. การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ทำได้โดยวิธีใดบ้าง จงอธิบาย (ความเข้าใจ)

ตอบ

2. ตัวทำลายที่ดีที่ใช้สกัดสารจากผลมังคุดควรมีสมบัติอย่างไรบ้าง (ความรู้-ความจำ)

ตอบ

3. การสกัดสารด้วยตัวทำละลายที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมที่นักเรียนรู้จักมีอะไรบ้าง และมีขั้นตอนในการสกัดอย่างไร จงอธิบาย (การนำไปใช้)

ตอบ

[illegible]

4. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการเรียนรู้ในบทปฏิบัติการนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อท้องถิ่นของนักเรียนได้อย่างไร จงอธิบายพร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ (การนำไปใช้)

ตอบ

[illegible]

เฉลยแบบทดสอบอัตนัย

บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 4 ข้อ ให้นักเรียนทำทุกข้อ

1. การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด ทำได้โดยวิธีใดบ้าง จงอธิบาย

ตอบ ในการสกัด และแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุดนั้น ใช้การสกัดสารด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยที่ตัวทำละลายนั้นสามารถละลายสารที่จะสกัดได้ดี และละลายได้ในปริมาณมาก แต่จะละลายสารเจือปนอื่นได้น้อย นั่นคือ เอทานอล นอกจากนี้ยังแยกสารออกจากสารละลายโดยการตกผลึกในตัวทำละลายผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำ

2. ตัวทำละลายที่ดีที่ใช้สกัดสารจากผลมังคุดควรมีสมบัติอย่างไรบ้าง

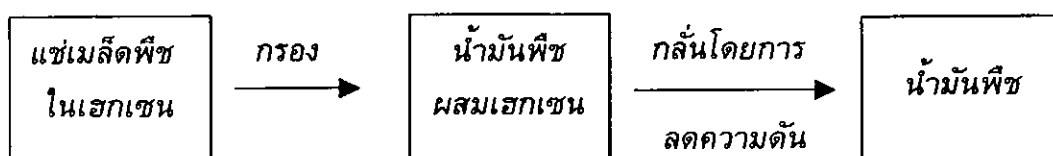
ตอบ ตัวทำละลายที่ดีควรมีคุณสมบัติ

1. ละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี
2. ไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป
3. ไม่ละลายสิ่งเจือปนหรือสารที่ไม่ต้องการ
4. สามารถแยกออกจากตัวถูกละลายได้ง่ายภายหลังที่สกัดแล้ว
5. ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัดในทางที่ไม่พึงปรารถนา
6. หาง่าย มีราคาถูก ไม่เป็นพิษ และถ้าใช้ตัวทำละลายที่ไวไฟก็ต้องระวังไม่จุด

ตะเกียงในขณะสกัดสาร

3. การสกัดสารด้วยตัวทำละลายในระบบอุตสาหกรรมที่นักเรียนรู้จักมีอะไรบ้าง และมีขั้นตอนในการสกัดสารอย่างไร จงอธิบาย

ตอบ การสกัดด้วยตัวทำละลายในระบบอุตสาหกรรม ได้แก่ ในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช โดยใช้เฮกเซน (C_6H_{14}) เป็นตัวทำละลาย แต่ต้องแยกเฮกเซนออกให้หมดมิฉะนั้นเมื่อนำมาบริโภคจะเป็นอันตราย ซึ่งมีขั้นตอนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืช ดังนี้



4. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการเรียนรู้ในบทปฏิบัติการนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อท้องถิ่นของนักเรียนได้อย่างไร จงอธิบายพร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ

ตอบ โดยนำความรู้เรื่องการสกัดสารด้วยตัวทำละลายไปใช้สกัดพืชสมุนไพรต่าง ๆ เพื่อนำสารที่สกัดได้ไปใช้ทำประโยชน์ เป็นต้นว่า การนำสารสกัดจากพืชไปใช้ทำยา ทำสีย้อม ทำยาฆ่าแมลง เช่น การนำสารประกอบแมงโกสทินจากสารประกอบแซนโทนไปเป็นส่วนผสมในสบู่ เจล หรือครีมล้างหน้า เพื่อลดการอักเสบของผิว การสกัดสารจำพวกแอนโทไซยานินจากดอกอัญชันใช้ทำสีผสมอาหาร ทำแชมพู การสกัดสารแทนนินจากผลและเมล็ดหมากมาใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง และการสกัดสารพวกแอลคาลอยด์นิโคตินในใบยาสูบใช้กำจัดแมลงศัตรูพืช เป็นต้น

แบบทดสอบอัตนัย

บทปฏิบัติการที่ 2

เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลอง และอธิบายหลักการแยกสารให้บริสุทธิ์โดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษได้
2. ทดลอง และคำนวณหาค่า R_f ของสารได้

คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 4 ข้อ ให้นักเรียนทำทุกข้อ (เวลา 20 นาที)

1. สารที่แยกได้จากสารประกอบแซนโทนเป็นสารชนิดใด และเป็นสารบริสุทธิ์หรือไม่ เพราะเหตุใด (ความเข้าใจ)

ตอบ

[illegible]

2. ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อค่า R_f ของสาร (ความรู้-ความจำ)

ตอบ

[illegible]

3. จงสรุปหลักการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี (ความเข้าใจ)

ตอบ

[illegible]

4. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องการแยกสารให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีนี้ ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร (การนำไปใช้)

ตอบ

[illegible]

เฉลยแบบทดสอบอัตนัย

บทปฏิบัติการที่ 2

เรื่องการแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 4 ข้อ ให้นักเรียนทำทุกข้อ

1. สารที่แยกได้จากสารประกอบแซนโทนเป็นสารชนิดใด และเป็นสารบริสุทธิ์หรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ สารที่แยกได้จากสารประกอบแซนโทนเป็นสารประกอบแอลฟาแมงโกสตินซึ่งเป็นสารที่มีปริมาณมากที่สุดในสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุด เพราะแยกได้สีขององค์ประกอบเหมือนกัน และมีค่า R_f ใกล้เคียงกัน สารที่แยกได้นี้อาจเป็นสารบริสุทธิ์เพราะมีส่วนประกอบเดียว หรืออาจไม่บริสุทธิ์มีส่วนประกอบหลายอย่าง แต่ส่วนประกอบเหล่านี้เคลื่อนที่ไปบนตัวดูดซับได้ใกล้เคียงกัน หรือส่วนประกอบบางชนิดอาจไม่มีสี

2. ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อค่า R_f ของสาร

ตอบ 1) ชนิดของสารตัวอย่าง

2) ระบบที่ใช้แยกสาร เช่น เลือกใช้ระบบตัวทำละลายชนิดใด อัตราส่วนระยะเวลาที่เตรียม ปริมาณที่ใช้

3) สภาพะที่ทำการทดลอง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน ความอึดตัวของไอของ ตัวทำละลายในภาชนะปิดหรือถึงแม้ เป็นต้น

3. จงสรุปหลักการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี

ตอบ หลักของโครมาโทกราฟี คือ การแยกสารโดยอาศัยสมบัติการละลายของสารในตัวทำละลาย และการถูกดูดซับโดยตัวดูดซับ สารใดละลายได้ดีจะถูกตัวดูดซับ ดูดซับได้น้อย สารนั้นจะเคลื่อนที่บนตัวดูดซับได้เร็ว ในทางตรงกันข้ามสารใดละลายได้น้อยจะถูกดูดซับได้ดี สารนั้นจะเคลื่อนที่บนตัวดูดซับได้ช้า ทั้งนี้เพราะอัตราการเคลื่อนที่ของสารบนตัวดูดซับขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายของสารนั้น และความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับที่มีต่อสารนั้น ดังนั้นสารใดที่ละลายได้ดีจะถูกดูดซับได้น้อย ก็จะถูกตัวทำละลายพาแยกออกมาก่อน และสารใดที่ละลายได้น้อยลงแต่ถูกดูดซับได้มากขึ้นก็จะถูกพาแยกตามออกมาตามลำดับ ทำให้สามารถแยกสารออกจากกันได้

4. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องการแยกสารให้บริสุทธิ์โดยวิธีโครมาโทกราฟีนี้ ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร

ตอบ 1. ใช้แยกสารอินทรีย์ที่ผสมกันอยู่ในปริมาณน้อยให้เป็นสารบริสุทธิ์ เช่น ใช้ในการแยกสารที่เป็นองค์ประกอบในสีผสมอาหาร หรือการแยกสารประกอบแอนโทไซยานินจากดอกอัญชัน หรือดอกกระเจี๊ยบ เพื่อทำสีผสมอาหาร เป็นต้น

2. ใช้ประโยชน์ได้ทั้งทางปริมาณวิเคราะห์ คือ ใช้ตรวจสอบได้ว่าสารที่แยกได้แต่ละชนิดมีปริมาณเท่าใด และคุณภาพวิเคราะห์ คือ ใช้ตรวจสอบได้ว่าสารที่แยกได้เป็นสารใด โดยดูจากค่า R_f เพราะสารชนิดเดียวกันจะมีค่า R_f เท่ากัน ถ้าสภาวะที่ทำการทดลองเหมือนกัน

3. ใช้แยกได้ทั้งสารที่มีสี และสารที่ไม่มีสี ในกรณีสารที่แยกได้ไม่มีสี เมื่อต้องการตรวจสอบว่าอยู่ตรงตำแหน่งใด อาจทำได้หลายวิธี เช่น พ่นด้วยสารเคมี สารเคมีที่พ่นก็จะทำปฏิกิริยากับสารที่แยกได้กลายเป็นสารใหม่ที่มีสี เช่น การพ่นด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก การอบด้วยไอของไอโอดีน หรือฉายด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตถ้าสารนั้นเรืองแสงได้เมื่อกระทบกับรังสีอัลตราไวโอเล็ต หรือสารที่แยกนั้นไม่เรืองแสง จะทราบตำแหน่งได้จากการที่สารนั้นไปบดบังสารเรืองแสงที่ฉาบไว้บนตัวดูดซับ เป็นต้น

แบบทดสอบอัตนัย

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องการทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบาย และทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีบางประการของสารประกอบแซนโทน และสารประกอบของคาร์บอนบางชนิดได้
2. อธิบาย และทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาเฉพาะได้

คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 4 ข้อ ให้นักเรียนทำทุกข้อ (เวลา 20 นาที)

1. จากการทดลอง สามารถสรุปสมบัติทางกายภาพของสารประกอบแซนโทนที่สกัดจากผลมังคุดได้อย่างไร จงอธิบาย (ความเข้าใจ)

ตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. สารประกอบแซนโทนประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันใดบ้าง เพราะเหตุใด (ความเข้าใจ)

ตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ถ้านักเรียนทำการสกัดสารจากพืชชนิดหนึ่ง อยากทราบว่าสารที่สกัดได้นี้เป็นสารประกอบแซนโทนหรือไม่ นักเรียนจะมีวิธีการทดสอบอย่างไร (การนำไปใช้)

ตอบ

[illegible]

4. สาร A เมื่อนำไปทดสอบกับน้ำโบรมีน จะมีตะกอนสีขาวเกิดขึ้น เมื่อนำไปทดสอบกับสารละลายไอโอรอน (III) คลอไรด์ ได้สารสีม่วง แต่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน และเมื่อนำสาร A นี้ไปทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NaHCO_3) พบว่ามีฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เกิดขึ้น นักเรียนคิดว่าสาร A นี้ควรมีหมู่ฟังก์ชันใดบ้าง เพราะเหตุใด (กระบวนการสะาะแสวงหาความรู้)

ตอบ

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

เฉลยแบบทดสอบอัตนัย

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องการทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้

คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 4 ข้อ ให้นักเรียนทำทุกข้อ

1. จากการทดลอง สามารถสรุปสมบัติทางกายภาพของสารประกอบแซนโทนที่สกัดจากผลมังคุดได้อย่างไร จงอธิบาย

ตอบ สรุปสมบัติทางกายภาพของสารประกอบแซนโทนที่สกัดจากผลมังคุดได้ ดังนี้

1) สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดเป็นของแข็งสีเหลือง
2) มีจุดหลอมเหลวประมาณ 165 °C และมีช่วงจุดหลอมเหลวกว้าง แสดงว่าประกอบด้วยสารประกอบแซนโทนหลายชนิดปนกันอยู่

3) มีสมบัติเป็นกรดอ่อน เพราะไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสทั้งสีน้ำเงิน และสีแดง แต่สามารถละลายได้ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5%

4) สารประกอบแซนโทนเป็นสารอินทรีย์ที่มีขั้วเล็กน้อย สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้วบางชนิดได้ เช่น เอทานอล เอทิลเอซีเตต แต่ไม่ละลายในเฮกเซน และน้ำ แสดงว่า สารประกอบแซนโทนเป็นสารที่มีขั้วจึงไม่ละลายในเฮกเซน แต่ความมีขั้วของสารประกอบแซนโทนไม่สูงมากนักจึงไม่ละลายในน้ำ

2. สารประกอบแซนโทนประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันใดบ้าง เพราะเหตุใด

ตอบ สารประกอบแซนโทนเป็นสารที่ประกอบด้วยหมู่ฟีนอลหรือเป็นสารประกอบจำพวกฟีนอล เพราะให้ผลการทดสอบกับน้ำโบรมีน สารละลายไอโอรอน (III) คลอไรด์ และสารละลายซีริกในเตรตรีเอเจนต์ เช่นเดียวกับสารประกอบฟีนอล และมีหมู่คาร์บอนิลเป็นหมู่ฟังก์ชันอีกด้วย เพราะให้ผลการทดสอบกับสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดรารซีน เช่นเดียวกับแอลดีไฮด์ และคีโตน

3. ถ้านักเรียนทำการสกัดสารจากพืชชนิดหนึ่ง อยากทราบว่าสารที่สกัดได้เป็นสารประกอบแซนโทนหรือไม่ นักเรียนจะมีวิธีการทดสอบอย่างไร

ตอบ นำสารที่สกัดได้ไปทดสอบด้วยปฏิกิริยาไซยานิดิน โดยการนำสารที่ต้องการทดสอบนั้นไปละลายในเอทานอล ใส่โลหะแมกเนเซียมลงไป 3-4 ชิ้น หยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นลงไป 3-5 หยด จะมีฟองก๊าซเกิดขึ้น และสารละลายมีสีส้มถึงแดง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปปริมาณเท่าตัว จากนั้นเติมออกทิลแอลกอฮอล์หรือเฮกซานอลลงไป จะได้สารละลายสีแดงถึงม่วงแดงเกิดขึ้น แสดงว่าเป็นสารประกอบแซนโทน

4. สาร A เมื่อนำไปทดสอบกับน้ำโบรมีน จะมีตะกอนสีขาวเกิดขึ้น เมื่อนำไปทดสอบกับสารละลายไอโอรอน (III) คลอไรด์ ได้สารสีม่วง แต่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน และเมื่อนำสาร A นี้ไปทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต พบว่ามีฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น นักเรียนคิดว่าสาร A ควรจะมีหมู่ฟังก์ชันใดบ้าง เพราะเหตุใด

ตอบ สาร A ควรเป็นสารประกอบของพวกฟีนอล มีหมู่ไฮดรอกซิล ต่ออยู่กับวงแหวนเบนซีน เพราะสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำโบรมีน และสารละลายไอโอรอน (III) คลอไรด์ได้ พบว่าสารนี้ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลาย 2,4-ไดไนโตรเฟนิลไฮดราซีน แต่ทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต มีฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น แสดงว่าสารนี้มีหมู่คาร์บอกซิล ($-\text{COOH}$) เป็นหมู่ฟังก์ชันด้วย นั่นคือ สาร A เป็นสารประกอบพวกฟีนอล และมีหมู่คาร์บอกซิล เป็นหมู่ฟังก์ชัน

3. ไบมันชนิดหนึ่งมีกรดปาล์มไมโตเลอิก ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$) เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ เมื่อต้มไบมันนี้กับสารละลายโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ จะได้สารใด มีสูตรอย่างไร จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น (กระบวนการฯ)

ตอบ

[illegible]

4. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการเรียนรู้ในบทปฏิบัติการนี้ไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่นที่มีอยู่ในท้องถิ่นของนักเรียน เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร จงอธิบาย (การนำไปใช้)

ตอบ

[illegible]

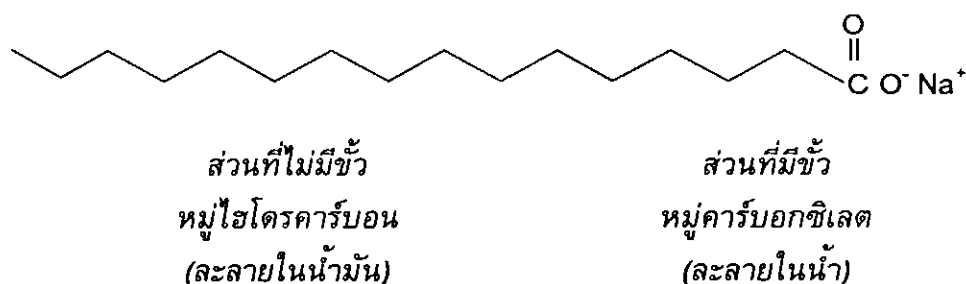
เฉลยแบบทดสอบอัตนัย

บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องการนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดมาใช้ทำสบู่

คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 4 ข้อ ให้นักเรียนทำทุกข้อ

1. เพราะเหตุใดสบู่จึงละลายได้ทั้งในน้ำ และน้ำมัน

ตอบ เพราะโมเลกุลของสบู่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ไม่มีขั้วคือส่วนที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งไม่ละลายน้ำแต่ละลายในไขมัน กับส่วนที่มีขั้วคือส่วนที่มีหมู่คาร์บอกซิเลต ($\text{-COO}^-\text{Na}^+$) ซึ่งละลายในน้ำได้ดี ดังนั้นสบู่จึงสามารถละลายได้ทั้งในน้ำ และน้ำมัน ดังรูป

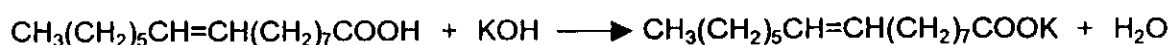


2. สบู่สามารถซักล้างสิ่งสกปรกออกจากร่างกายหรือเสื้อผ้าเราได้อย่างไร จงอธิบาย

ตอบ เมื่อสบู่ละลายน้ำจะแตกตัวออกเป็นโซเดียมไอออน และคาร์บอกซิเลตไอออน โซเดียมไอออนจะถูกล้อมรอบด้วยน้ำ ส่วนที่เหลือของสบู่หันปลายด้านที่เป็นไฮโดรคาร์บอนมารวมเป็นกลุ่ม โดยหันปลายด้านขั้วลบ (คาร์บอกซิเลตไอออน) ไปยังโมเลกุลของน้ำที่อยู่ล้อมรอบ เมื่อเราทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่มีคราบไขมันหรือไขมันที่ติดอยู่ด้วยสบู่ สบู่จะหันด้านที่ไม่มีขั้ว คือ ด้านไฮโดรคาร์บอนเข้าล้อมรอบโมเลกุลของไขมันซึ่งไม่มีขั้วเหมือนกัน และละลายไขมันออกมา ส่วนด้านที่มีขั้ว (คาร์บอกซิเลตไอออน) จะหันออกไปหาน้ำและละลายในน้ำได้ ทำให้สบู่ละลายน้ำได้ และขณะเดียวกันก็ทำความสะอาดไขมันหรือน้ำมันได้ โดยทำให้สิ่งสกปรกนี้หลุดออกมา และแพร่กระจายอยู่ในน้ำในรูปของอิมัลชัน

3. ไขมันชนิดหนึ่งมีกรดปาล์มิโตเลอิก ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$) เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ เมื่อต้มไขมันนี้กับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ จะได้สารใด มีสูตรอย่างไร จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

ตอบ จะได้สบู่ที่เรียกว่า โพแทสเซียมปาล์มิโตเลเอต และ น้ำ ดังสมการ



4. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการเรียนรู้ในบทปฏิบัติการนี้ไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่นที่มีอยู่ในท้องถิ่นของนักเรียน เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร จงอธิบาย

ตอบ สามารถนำพืชชนิดอื่น เช่น ขิง ขมิ้น สะเดา ชะมวง มะกรูด เปลือกเงาะ เป็นต้น มาสกัดและแยกสารสำคัญออกด้วยวิธีการที่เหมาะสม เช่น การใช้ตัวทำละลาย การกลั่นด้วยไอน้ำ วิธีโครมาโทกราฟี อื่นๆ แล้วนำไปใช้ประโยชน์ เช่น ทำสบู่เหลว ทำยาหม่อง แชมพู ยากันยุง รูปสมุนไพร สีย้อมผ้า ยาฆ่าศัตรูพืช เป็นต้น

แบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย
เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

1. เกณฑ์การประเมิน

ระดับคะแนน	5	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับดีมาก
ระดับคะแนน	4	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับดี
ระดับคะแนน	3	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับปานกลาง
ระดับคะแนน	2	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับพอใช้
ระดับคะแนน	1	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับต้องปรับปรุง

2. เกณฑ์การพิจารณาคำตอบแบบทดสอบอัตนัย

1. ตอบถูกต้องตรงประเด็น ครบคลุม
2. ยกตัวอย่างและขยายรายละเอียด
3. ใช้ภาษาได้ถูกต้อง ชัดเจน และสละสลวย อ่านแล้วเข้าใจง่าย

3. เกณฑ์การให้คะแนน

5 คะแนน เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็น ครบคลุม แยกแต่ละหัวข้อได้อย่างชัดเจน มีการยกตัวอย่าง และขยายรายละเอียดทุกหัวข้ออย่างชัดเจน ใช้ภาษาได้ถูกต้องชัดเจน และสละสลวย อ่านแล้วเข้าใจง่าย

4 คะแนน เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็น แยกแต่ละหัวข้อได้อย่างชัดเจน มีการยกตัวอย่าง และขยายรายละเอียดทุกหัวข้ออย่างชัดเจน ใช้ภาษาได้ถูกต้องชัดเจน ไม่สละสลวยแต่อ่านแล้วเข้าใจง่าย

3 คะแนน เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็น แยกแต่ละหัวข้อได้อย่างชัดเจน มีการยกตัวอย่าง และขยายรายละเอียดไม่ครบทุกประเด็น ใช้ภาษาได้ถูกต้อง ชัดเจน และสละสลวย อ่านแล้วเข้าใจง่าย

2 คะแนน เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็น ไม่แยกแต่ละหัวข้อให้ชัดเจน ไม่ยกตัวอย่างหรือขยายรายละเอียดใช้ภาษาได้ถูกต้องพอควร อ่านแล้วเข้าใจ

1 คะแนน เขียนได้ถูกต้องแต่ไม่ครบทุกประเด็น ไม่แยกแต่ละหัวข้อให้ชัดเจน ไม่มีการยกตัวอย่าง และขยายรายละเอียดให้ชัดเจน ใช้ภาษาไม่ถูกต้อง อ่านแล้วไม่เข้าใจ

0 คะแนน ไม่เขียนตอบหรือเขียนตอบไม่ถูกต้อง

แบบทดสอบผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้ผังมโนทัศน์

สรุปผลการเรียนรายบุคคลโดยการทำผังมโนทัศน์

บทปฏิบัติการที่ 1 การสกัด และแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

ชื่อ เลขที่ ชั้น ม.

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์ สรุปผลการเรียนรู้ที่นักเรียนได้รับจากบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ให้ครอบคลุมเนื้อหาต่อไปนี้ การสกัด และแยกสารจากพืชด้วยวิธีการต่างๆ ที่ได้จากการเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการ และจากการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม พร้อมทั้งยกตัวอย่างพืชสมุนไพรชนิดอื่นๆ ที่มีในท้องถิ่นของนักเรียนนอกเหนือจากบทปฏิบัติการ บอกประโยชน์ที่ได้รับจากบทปฏิบัติการ และการนำไปใช้ รวมทั้งบอกแหล่งเรียนรู้จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมของแต่ละหัวข้ออย่างครบถ้วน

สรุปผลการเรียนรายบุคคลโดยการทำผังมโนทัศน์

บทปฏิบัติการที่ 2 การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

ชื่อ เลขที่ ชั้น ม.

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์ สรุปผลการเรียนรู้ที่นักเรียนได้รับจากบทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์ให้ครอบคลุมเนื้อหาต่อไปนี้ หลักการของโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ปัจจัยที่มีผลต่อ
ค่า R_f ของสาร ประโยชน์ที่ได้รับและการนำไปใช้ ยกตัวอย่างการแยกสารประกอบชนิดอื่นๆหรือวิธี
การแยกสารประกอบโดยวิธีอื่นๆที่นักเรียนรู้จักหรือได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม พร้อมทั้งบอกแหล่ง
เรียนรู้จากการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมของแต่ละหัวข้ออย่างครบถ้วน

สรุปผลการเรียนรายบุคคลโดยการทำผังมโนทัศน์

บทปฏิบัติการที่ 3 การทดสอบสมบัติของสารประกอบไอออนที่สกัดได้

ชื่อ เลขที่ ชั้น ม.

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์ สรุปผลการเรียนรู้ที่นักเรียนได้รับจากบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ ให้ครอบคลุมเนื้อหาต่อไปนี้ การทดสอบสมบัติของสาร ทั้งการทดสอบทางกายภาพ และการทดสอบทางเคมี เช่น สมบัติการละลาย ความเป็นกรด เบส จุดหลอมเหลว จุดเดือด การทดสอบหมู่ฟังก์ชัน และอื่นๆ บอกประโยชน์ที่ได้รับจากบทปฏิบัติการ และการนำไปใช้ รวมทั้ง บอกแหล่งเรียนรู้จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมของแต่ละหัวข้ออย่างครบถ้วน

สรุปผลการเรียนรายบุคคลโดยการทำผังมโนทัศน์

บทปฏิบัติการที่ 4 การนำเสนอประกอบแผนทอนที่สกัดได้จากผลม้งคุดไปใช้ทำสบู่

ชื่อ เลขที่ ชั้น ม.

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์ สรุปผลการเรียนรู้ที่นักเรียนได้รับจากบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ให้ครอบคลุมเนื้อหาต่อไปนี้ การเตรียมสบู่ ส่วนประกอบสำคัญของสบู่ สมการแสดง การเตรียมสบู่ และสมการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องจากการที่นักเรียนได้ศึกษาเพิ่มเติม ส่วนประกอบสำคัญของสบู่ สมบัติการซักล้างของสบู่ การนำเสนอประกอบแผนทอน และตัวอย่างพืชสมุนไพรที่มีในท้องถิ่นของนักเรียนไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันในรูปแบบอื่นๆ โดยบอกแหล่งเรียนรู้ที่ได้จากการ ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมของแต่ละหัวข้ออย่างครบถ้วน

แบบประเมินผังมโนทัศน์

เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

1. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน 5	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับดีมาก
ระดับคะแนน 4	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับดี
ระดับคะแนน 3	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับปานกลาง
ระดับคะแนน 2	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับพอใช้
ระดับคะแนน 1	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับต้องปรับปรุง

2. เกณฑ์การพิจารณาผลงานผังมโนทัศน์ของนักเรียน

1. มีการจัดเรียงหัวข้อมโนทัศน์อย่างต่อเนื่อง
2. ผังมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นถูกต้องตรงตามเนื้อหา
3. มีการลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์ และแสดงความสัมพันธ์ได้อย่างสมเหตุสมผล
4. มีการจัดเรียงรูปแบบมโนทัศน์เหมาะสม เข้าใจง่าย ไม่สับสน วุ่นวาย
5. บอกแหล่งเรียนรู้จากการค้นคว้าเพิ่มเติมครบถ้วน และหลากหลาย

3. เกณฑ์การให้คะแนน

5 คะแนน มีการจัดเรียงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย มโนทัศน์เฉพาะ และยกตัวอย่างสอดคล้องกับเนื้อหา การจัดลำดับเนื้อหาหลักและรายละเอียดปลีกย่อยระหว่างมโนทัศน์และยกตัวอย่างสัมพันธ์กัน มีการลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์และแสดงความสัมพันธ์กันดีตลอดทั้งเรื่อง การจัดรูปแบบมโนทัศน์เหมาะสมกับหน้ากระดาษ การจัดวางภาพได้สัดส่วน เข้าใจง่าย ไม่สับสน สะอาดเรียบร้อย สวยงาม แสดงความเป็นเอกลักษณ์ของตนเอง บอกแหล่งเรียนรู้จากการค้นคว้าเพิ่มเติม

4 คะแนน มีการจัดเรียงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย มโนทัศน์เฉพาะและยกตัวอย่างใกล้เคียงกับเนื้อหา การจัดลำดับเนื้อหาหลักและรายละเอียดปลีกย่อยระหว่างมโนทัศน์และยกตัวอย่างสัมพันธ์กัน มีการลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์และแสดงความสัมพันธ์กันดีตลอดทั้งเรื่อง การจัดรูปแบบมโนทัศน์เหมาะสมกับหน้ากระดาษ การจัดวางภาพได้สัดส่วน เข้าใจง่าย ไม่สับสน สะอาดเรียบร้อย สวยงาม แสดงความเป็นเอกลักษณ์ของตนเอง ไม่บอกแหล่งเรียนรู้จากการค้นคว้าเพิ่มเติม

3 คะแนน มีการจัดเรียงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย มโนทัศน์เฉพาะและยกตัวอย่างคลุมเครือไม่สอดคล้องกับเนื้อหา แต่แสดงให้เห็นว่าได้พยายามในการสรุป มีการลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์และแสดงความสัมพันธ์กันดีตลอดทั้งเรื่อง การจัดรูปแบบมโนทัศน์เหมาะสมกับหน้ากระดาษ การจัดวางภาพได้สัดส่วน ไม่สับสน สะอาดเรียบร้อย สวยงาม แสดงความเป็นเอกลักษณ์ของตนเอง บอกแหล่งเรียนรู้จากการค้นคว้าเพิ่มเติม

2 คะแนน มีการจัดเรียงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย มโนทัศน์เฉพาะ และยกตัวอย่างไม่สอดคล้องกับเนื้อหา มีการลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์ และแสดงความสัมพันธ์กันดีตลอดทั้งเรื่อง การจัดรูปแบบมโนทัศน์เหมาะสมกับหน้ากระดาษ การจัดวางภาพได้สัดส่วน ไม่สับสน สะอาดเรียบร้อย สวยงาม แสดงความเป็นเอกลักษณ์ของตนเอง ไม่บอกแหล่งเรียนรู้จากการค้นคว้าเพิ่มเติม

1 คะแนน ไม่มีการจัดเรียงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย มโนทัศน์เฉพาะ และยกตัวอย่างสอดคล้องกับเนื้อหาเล็กน้อย มีการลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์เนื้อหาทุกส่วนไม่สัมพันธ์กัน การจัดรูปแบบมโนทัศน์ไม่เหมาะสมกับหน้ากระดาษ การจัดวางภาพไม่ได้สัดส่วน สับสน ไม่สะอาดเรียบร้อย ไม่สวยงาม ไม่แสดงความเป็นเอกลักษณ์ของตนเอง ไม่บอกแหล่งเรียนรู้จากการค้นคว้าเพิ่มเติม

แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แบบประเมินความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Pertest)

บทปฏิบัติการที่ เรื่อง

วันที่ เดือน พ.ศ. กลุ่มที่

ชื่อ เลขที่ ชั้น ม. 6/ กลุ่มที่

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องการแสดงพฤติกรรมที่ตรงกับทักษะที่ประเมิน และรวมคะแนนแต่ละทักษะลงในช่องรวม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	พฤติกรรม		ลำดับขั้นของพฤติกรรม
	มี	ไม่มี	
1. ทักษะการสังเกต พฤติกรรม 1. ใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเพื่อสัมผัสโดยตรงกับวัตถุ ประสพการณ์ หรือสถานการณ์ 2. บันทึกการสังเกตในเชิงคุณภาพ 3. บันทึกการสังเกตในเชิงปริมาณ 4. บันทึกการสังเกตในเชิงการเปลี่ยนแปลง 5. ไม่ใส่ความคิดเห็นส่วนตัวของผู้สังเกตลงไป			
2. ทักษะการวัด พฤติกรรม 1. เลือกเครื่องมือในการวัดได้เหมาะสม 2. วัดสิ่งที่ต้องการวัดได้ถูกต้อง 3. เลือกใช้หน่วยที่จะวัดได้ถูกต้อง 4. บอกวิธีการวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้ 5. บันทึกผลการวัดได้ถูกต้อง			

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	พฤติกรรม		ลำดับขั้นของพฤติกรรม
	มี	ไม่มี	
7. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ก. ทักษะการตีความหมายข้อมูล พฤติกรรมตามลำดับขั้น : 1. ตีความหมายของข้อมูลที่มีอยู่อย่างตรงไปตรงมา และคล่องแคล่ว 2. บรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ได้ 3. บรรยายสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ 4. ใช้ทักษะอื่นๆ เช่น การสังเกต การคำนวณ ประกอบในการตีความข้อมูลมากกว่า 1 ทักษะ			
ข. ทักษะการลงข้อสรุป พฤติกรรมตามลำดับขั้น : 1. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งหมดโดยอาศัยความคิดเห็นของตนเอง 2. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งหมดโดยอ้างอิงจากแหล่งข้อมูล 3. สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดอย่างตรงไปตรงมา ไม่ลำเอียง 4. สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลอง 5. สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด ทั้งที่ได้จากการทดลองและข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง			

แบบประเมินความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Post-test)

บทปฏิบัติการที่ เรื่อง

ผู้ประเมิน.....

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องการแสดงพฤติกรรมที่ตรงกับทักษะที่ประเมิน และรวมคะแนนแต่ละทักษะลงในช่องรวม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ชื่อ / ผลการประเมินพฤติกรรม / กลุ่มที่.....												คะแนน คนที่			หมายเหตุ
	1.....				2.....				3.....							
	มี	ไม่มี	สลับ	ไม่ สลับ	มี	ไม่มี	สลับ	ไม่ สลับ	มี	ไม่มี	สลับ	ไม่ สลับ				
1. ทักษะการสังเกต พฤติกรรม 1. ใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือ หลายอย่างรวมกันเพื่อสัมผัสโดยตรงกับ วัตถุ ประสพการณ์ หรือสถานการณ์ 2. บันทึกการสังเกตในเชิงคุณภาพ 3. บันทึกการสังเกตในเชิงปริมาณ 4. บันทึกการสังเกตในเชิงการเปลี่ยนแปลง 5. ไม่ใส่ความคิดเห็นส่วนตัวของผู้สังเกตลง ไปในสิ่งที่สังเกต																
2. ทักษะการวัด พฤติกรรม 1. เลือกเครื่องมือในการวัดได้เหมาะสม 2. วัดสิ่งที่ต้องการวัดได้ถูกต้อง 3. เลือกใช้หน่วยที่จะวัดได้ถูกต้อง 4. บอกวิธีการวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้ 5. บันทึกผลการวัดได้ถูกต้อง																
3. ทักษะการตั้งสมมติฐาน พฤติกรรมตามลำดับขั้น 1. สมมติข้อความขึ้นก่อนมีการทดลองจริง อ้างอิงความจริง 2. ข้อความบอกถึงข้อมูลที่ต้องการรวบรวม 3. ข้อความบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ เกี่ยวข้อง 1 คู่ หรือมากกว่า 1 คู่ 4. ตัวแปรกำหนดจากปัญหาและผลต่อตัวแปร ตาม 1 ตัวหรือมากกว่า 1 ตัว																

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ชื่อ / ผลการประเมินพฤติกรรม / กลุ่มที่.....												คะแนน			หมายเหตุ
	1.....				2.....				3.....				คนที่			
	มี	ไม่มี	สลับ	ไม่สลับ	มี	ไม่มี	สลับ	ไม่สลับ	มี	ไม่มี	สลับ	ไม่สลับ	1	2	3	
7. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป																
สรุป																
ก. ทักษะการตีความหมายข้อมูล																
พฤติกรรมตามลำดับขั้น :																
1. ตีความหมายของข้อมูลที่มีอยู่อย่างตรงไปตรงมา และคล่องแคล่ว	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...				
2. บรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ได้	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...				
3. บรรยายสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...				
4. ใช้ทักษะอื่นๆ เช่น การสังเกต การคำนวณ ประกอบในการตีความข้อมูลมากกว่าทักษะ		...														
ข. ทักษะการลงข้อสรุป																
พฤติกรรมตามลำดับขั้น :																
1. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งหมดโดยอาศัยความคิดเห็นของตนเอง																
2. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งหมดโดยอ้างอิงจากแหล่งข้อมูล																
3. สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดอย่างตรงไปตรงมา ไม่ลำเอียง																
4. สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลอง																
5. สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด ทั้งที่ได้จากการทดลองและข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง																

เกณฑ์การให้คะแนน

- 5 : ปฏิบัติครบทุกข้อและไม่สลับขั้นตอน
 4 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน1แห่ง
 3 : ปฏิบัติครบทุกข้อแต่มีการสลับขั้นตอน2แห่ง
 2 : ปฏิบัติไม่ครบข้อแต่ไม่มีการสลับขั้นตอน
 1 : ปฏิบัติไม่ครบทุกข้อและมีการสลับขั้นตอน

แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง

แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ด้วยการให้คะแนนแบบรูปรีด

คำชี้แจง การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง มีการประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการวางแผนการทดลอง ด้านการปฏิบัติการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง โดยแยกการประเมินเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ประกอบด้วยด้านการวางแผนการทดลอง และด้านการปฏิบัติการทดลอง

ก. เกณฑ์การให้คะแนน

- ระดับคะแนน 5 หมายถึง ปฏิบัติครบทุกข้อ
- ระดับคะแนน 4 หมายถึง ปฏิบัติ 4 ข้อ
- ระดับคะแนน 3 หมายถึง ปฏิบัติ 3 ข้อ
- ระดับคะแนน 2 หมายถึง ปฏิบัติ 2 ข้อ
- ระดับคะแนน 1 หมายถึง ปฏิบัติ 1 ข้อ

ข. การบันทึกผลการประเมิน

1. ทำการประเมินโดยครูผู้สอน เป็นรายบุคคลระหว่างปฏิบัติการทดลอง
2. สรุปคะแนนโดยนำคะแนนจากผู้ประเมินทั้งสองส่วนมาหาค่าเฉลี่ย
3. ให้ผู้ประเมินให้คะแนนตามสภาพจริง
4. บันทึกผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

ส่วนที่ 2 ประกอบด้วยด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง โดยประเมินองค์ประกอบ

ของรายงาน ได้แก่

1. จุดประสงค์การทดลอง
2. สมมติฐานการทดลอง
3. ผลการทดลอง
4. สรุปผลการทดลอง
5. คำถามท้ายการทดลอง

ก. เกณฑ์การให้คะแนน ใช้เกณฑ์การประเมินเช่นเดียวกับเกณฑ์การประเมินในส่วน

ที่ 1

ข. การบันทึกผลการประเมิน

1. ทำการประเมินโดยครูผู้สอน เป็นรายบุคคลภายหลังปฏิบัติการทดลอง
2. รวมคะแนนพฤติกรรมทั้ง 3 ด้าน แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย
3. บันทึกผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง
ส่วนที่ 1 ด้านการวางแผนการทดลอง และปฏิบัติการทดลอง

ความสามารถในการทำการทดลอง	มาตร 5 ระดับ
1. การวางแผนการทดลอง พฤติกรรม : 1) มีการปรึกษาหารือ (กับผู้ที่เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง 2) มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม 3) มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้กับผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมและชัดเจน 4) มีความสามารถในการแก้ไขปัญหาขณะทำการทดลองอย่างเหมาะสม 5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ 4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ 3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ 2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ 1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ
2. การปฏิบัติการทดลอง 2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง พฤติกรรม : 1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอน ไม่สับสน 2) ใช้อุปกรณ์ต่างๆได้อย่างถูกต้อง 3) อ่านค่าและตรวจสอบได้ถูกต้อง 4) ทำการทดลองอย่างระมัดระวัง และปลอดภัย 5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ 4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ 3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ 2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ 1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ
2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง พฤติกรรม : 1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว 2) ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์ 3) มีความมั่นใจขณะปฏิบัติการทดลอง 4) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด 5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ 4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ 3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ 2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ 1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ

แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง (ต่อ)

ความสามารถในการทำการทดลอง	มาตร 5 ระดับ
2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ พฤติกรรม : 1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ 2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง 3) เก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี 4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย 5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ 4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ 3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ 2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ 1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ

แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง (ต่อ)
ส่วนที่ 2 ด้านการจัดทำรายงานการทดลอง

ความสามารถในการทำการทดลอง	มาตร 5 ระดับ
3. การจัดทำรายงานผลการทดลอง พฤติกรรม : รายงานการทดลองประกอบด้วยหัวข้อ 1) จุดประสงค์การทดลอง 2) สมมติฐาน 3) ผลการทดลอง 4) สรุปผลการทดลอง 5) คำถามท้ายการทดลอง	5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ 4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ 3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ 2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ 1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ
1) เขียนจุดประสงค์การทดลองได้เหมาะสม	5 : เขียนจุดประสงค์ได้ถูกต้อง เหมาะสมชัดเจนมาก และครอบคลุม 4 : เขียนจุดประสงค์ได้ส่วนใหญ่ เหมาะสมชัดเจน และครอบคลุม 3 : เขียนจุดประสงค์ได้บางส่วน และมีความถูกต้อง และครอบคลุมบางส่วน 2 : เขียนจุดประสงค์ได้บางส่วน และมีความถูกต้องอยู่บ้าง แต่ไม่ครอบคลุม 1 : เขียนจุดประสงค์ไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และไม่ครอบคลุม
2) เขียนสมมติฐานได้เหมาะสม	5 : เขียนสมมติฐานได้ถูกต้อง เหมาะสมและชัดเจนมาก 4 : เขียนสมมติฐานได้ส่วนใหญ่ เหมาะสมและชัดเจนมาก 3 : เขียนสมมติฐานได้บางส่วน และมีความถูกต้อง 2 : เขียนสมมติฐานได้บางส่วน และมีความถูกต้องอยู่บ้าง 1 : เขียนสมมติฐานได้บางส่วน และไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่

แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง (ต่อ)

ความสามารถในการทำการทดลอง	มาตร 5 ระดับ
3) เขียนผลการทดลองได้เหมาะสม	5 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย น่าสนใจ ข้อมูลถูกต้อง 4 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย ข้อมูลถูกต้องเกือบทั้งหมด 3 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย มีข้อมูลบางส่วนไม่ถูกต้องเล็กน้อย 2 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านพอเข้าใจ มีข้อมูลส่วนมากไม่ถูกต้อง 1 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจยาก และมีข้อมูลส่วนมากไม่ถูกต้อง
4) สรุปผลการทดลองได้เหมาะสม	5 : เขียนสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง สอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อความครบถ้วนสมบูรณ์ 4 : เขียนสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง สอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อความเกือบทั้งหมดครบถ้วนสมบูรณ์ อ่านแล้วเข้าใจง่าย 3 : เขียนสรุปผลการทดลองได้สอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อความบางส่วนไม่ครบถ้วน 2 : เขียนสรุปผลการทดลองได้สอดคล้องกับสมมติฐานเกือบทั้งหมด ข้อความบางส่วนไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ 1 : เขียนสรุปผลการทดลองได้บางส่วน ไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน
5) คำถามท้ายการทดลองถูกต้อง ชัดเจน	5 : ตอบคำถามได้ถูกต้อง ชัดเจนมาก 4 : ตอบคำถามได้ถูกต้อง ชัดเจนมากเกือบทั้งหมด 3 : ตอบคำถามได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ 2 : ตอบคำถามได้ถูกต้องเป็นบางส่วน 1 : ตอบคำถามผิดมาก

แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง (ต่อ)

ความสามารถในการทำการทดลอง	พฤติกรรม		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
2.2ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง พฤติกรรม : 1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว 2) ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์ 3) มีความมั่นใจในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง 4) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด 5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข			
รวม			
2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ พฤติกรรม : 1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ 2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง 3) เก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี 4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย 5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข			
รวม			

บันทึกเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ(ผู้สังเกตและบันทึก)

แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง (ต่อ)

ความสามารถในการทำการทดลอง	ชื่อ / ผลการประเมิน กลุ่มที่.....						คะแนน ที่ได้			หมายเหตุ
	1.....		2.....		3.....					
	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	1	2	3	
2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ พฤติกรรม : 1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสม และเพียงพอ 2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะ ทดลอง 3) เก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี 4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่าง สะอาดและเรียบร้อย 5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข										

เกณฑ์การให้คะแนน

- 5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ
- 4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ
- 3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ
- 2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ
- 1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ

แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามเจตคติฉบับนี้เกี่ยวข้องกับความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด
2. แบบสอบถามนี้ไม่มีคำตอบใดถูกหรือผิด ขอให้นักเรียนตอบตามความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด ไม่มีผลต่อคะแนนในการเรียนและผลเสียใดๆ ต่อนักเรียนทั้งสิ้น และให้ตอบครบทุกข้อ
3. แบบสอบถามฉบับนี้มีทั้งหมด 30 ข้อ โปรดอ่านข้อความในแต่ละข้อ แล้วพิจารณาแสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกที่มีต่อข้อความนั้นด้วยการทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามลำดับความเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียน ซึ่งมี 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ดังตัวอย่างข้างล่างนี้

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่ เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
1	ด้านแสดงความรู้สึกนึกคิดต่อบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ รู้สึกพึงพอใจในกิจกรรมและเนื้อหาในบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	✓				

แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

คำชี้แจง

เมื่อนักเรียน เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด นักเรียนมีความคิดเห็นหรือความรู้สึกอย่างไรต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยแสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกข้อความละ 1 ช่อง เท่านั้น

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่ เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
1	ด้านแสดงความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ รู้สึกพึงพอใจในกิจกรรมและเนื้อหาในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
2	กิจกรรมในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์					
3	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนไม่ น่าเบื่อ					
4	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์รู้จักการใช้เครื่องมืออย่างระมัดระวังและละเอียดรอบคอบ					
5	การทดลองในแต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ใช้เวลาได้เหมาะสม					
6	เกิดความรู้สึกต้องการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมหลังจากเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
7	การให้นักเรียนอภิปรายผลหรือสรุปผลการทดลองเองทำให้สับสน และเสียเวลา					
8	เนื้อหาในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ยากเกินความสามารถของนักเรียน					
9	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้บรรยากาศการเรียนเคร่งเครียด เบื่อหน่าย					
10	การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้มีอิสระในการคิด					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่ เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
11	ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ รู้สึกมีความต้องการเรียนรู้และกระตือรือร้นที่จะร่วมทำกิจกรรมในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
12	กระตือรือร้นที่จะทดลองจนได้ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองได้ด้วยตนเอง					
13	รู้สึกสนุกกับการฝึกปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง					
14	การทดลองทำให้เสียเวลาในการเรียนมาก					
15	มีความสุขที่ได้ร่วมทำการทดลองในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับเพื่อนๆ					
16	การได้ปฏิบัติทดลองทำให้เนื้อหาที่เรียนง่ายขึ้น					
17	การทำกิจกรรมในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เน้นการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์					
18	การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องน่าเบื่อ ทำให้ง่วงนอน					
19	ไม่อยากเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน เพราะกิจกรรมในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์น่าเบื่อ					
20	รู้สึกว่าไม่ได้ประโยชน์อะไรจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่ เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
21	ด้านการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ไปใช้ สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตประจำ วันได้					
22	สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปเผยแพร่ให้เกิด ประโยชน์ต่อท้องถิ่นได้					
23	สามารถนำแนวคิดและหลักการจากการ ทดลองไปทำโครงการวิทยาศาสตร์ได้					
24	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ทำให้เห็นคุณค่า และประโยชน์ของทรัพยากรในท้องถิ่น					
25	สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับพืช ชนิดอื่นๆได้					
26	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้เหมาะสำหรับ การเรียนการสอนในแนวใหม่ที่เน้นผู้เรียน เป็นสำคัญ					
27	สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการ เรียนระดับสูงขึ้นไปได้					
28	รู้สึกว่าความรู้ที่ได้รับไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ เพราะนำไปประยุกต์ใช้ได้ยาก					
29	ความรู้ที่ได้รับไม่สามารถแก้ปัญหาของ ท้องถิ่นได้					
30	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ไม่สนองความ ต้องการของผู้เรียน และท้องถิ่น					

ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก จ

- [illegible]

ตาราง 46 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คนและ 9 คน

นักเรียน คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (อัตรา)									
	คะแนนก่อนเรียน					คะแนนหลังเรียน				
	1 (10)	2 (10)	3 (10)	4 (10)	รวม	1 (10)	2 (10)	3 (10)	4 (10)	รวม
1	2.0	2.0	0.5	2.0	6.5	6.0	6.0	5.5	5.0	22.5
2	1.5	2.5	1.0	3.5	8.5	6.5	6.0	5.5	6.0	24.0
3	4.5	3.0	2.0	4.5	14.0	8.0	7.5	6.0	7.5	29.0
1	3.5	2.0	1.5	5.0	12.0	6.0	5.0	6.5	7.5	25.0
2	3.0	4.0	1.5	3.0	11.5	6.0	7.0	7.5	8.0	28.5
3	2.0	3.0	1.5	5.0	11.5	7.5	5.5	8.0	8.0	29.0
4	2.0	3.0	2.0	5.0	12.0	6.5	5.5	6.0	7.5	25.5
5	2.0	4.5	2.0	5.0	13.5	6.5	6.5	6.0	7.5	26.5
6	4.0	3.0	2.0	5.0	14.0	7.0	7.0	7.0	8.5	29.5
7	6.0	6.0	2.0	5.5	19.5	8.0	8.5	8.0	7.5	32.0
8	4.0	2.5	1.5	5.0	13.0	6.0	6.5	6.5	7.0	26.0
9	3.0	2.5	1.5	5.5	12.5	7.0	6.0	6.5	8.0	27.5

ตาราง 46 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คนและ 9 คน (ต่อ)

คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (ปรนัย)		คะแนนฝังมโนทัศน์				
ก่อนเรียน (50 คะแนน)	หลังเรียน (50 คะแนน)	(20 คะแนน)				
		1	2	3	4	รวม
16	32	4	3	4	3	14
19	27	4	4	3	3	14
16	28	4	5	4	4	17
25	39	4	3	4	4	15
23	37	3	4	3	3	13
22	41	3	3	3	4	13
24	36	4	4	3	4	15
22	38	4	3	3	3	13
28	35	4	3	3	4	14
24	27	4	4	4	4	16
29	35	3	3	3	4	13
18	33	3	3	3	4	13

ตาราง 47 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน

นักเรียน คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (อัตนัย)									
	คะแนนก่อนเรียน					คะแนนหลังเรียน				
	1 (10)	2 (10)	3 (10)	4 (10)	รวม	1 (10)	2 (10)	3 (10)	4 (10)	รวม
1	3.5	4.0	2.5	4.5	14.5	7.5	8.0	8.0	7.5	31.0
2	4.5	3.5	2.5	3.5	14.0	7.0	6.5	6.0	7.5	27.0
3	4.0	4.0	2.5	5.5	16.0	8.5	7.0	7.0	9.0	31.5
4	5.0	3.5	2.5	5.0	16.0	7.0	6.5	7.0	8.0	28.5
5	6.5	3.0	3.0	4.0	16.5	8.5	7.0	6.5	6.5	28.5
6	5.5	3.5	2.5	5.0	16.5	9.0	7.0	8.0	8.0	32.0
7	4.5	4.5	2.0	4.0	15.0	8.5	8.5	8.5	8.5	34.0
8	4.5	3.5	2.5	5.0	15.5	7.5	7.5	7.5	8.0	30.5
9	6.5	3.5	2.5	5.0	17.5	8.0	8.0	7.0	8.5	31.5
10	5.0	4.0	3.0	5.0	17.0	8.0	6.0	6.0	6.5	26.5
11	5.0	4.5	2.5	5.5	17.5	8.5	8.5	8.0	8.0	33.0
12	5.0	3.5	2.5	4.5	15.5	8.0	7.5	7.5	8.5	31.5
13	5.5	5.0	2.5	5.5	18.5	8.5	7.5	8.5	8.0	32.5
14	3.0	4.5	2.0	5.0	14.5	8.0	8.0	7.0	7.0	30.0
15	3.0	4.5	2.0	5.5	15.0	7.5	7.0	5.5	6.5	26.5

ตาราง 47 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน (ต่อ)

คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (ปรนัย)		คะแนนฝังมโนทัศน์				
ก่อนเรียน (50 คะแนน)	หลังเรียน (50 คะแนน)	(20 คะแนน)				
		1	2	3	4	รวม
16	30	5	3	3	3	14
18	23	3	5	3	3	14
28	37	4	4	4	4	16
11	21	5	5	5	3	18
18	36	5	5	5	3	18
13	29	5	5	5	5	20
28	42	3	3	3	3	12
16	31	3	3	3	4	13
17	36	3	3	3	3	12
11	34	3	5	5	5	18
10	36	3	3	3	3	12
27	34	5	5	5	5	20
24	33	5	5	5	3	18
11	27	5	5	5	3	18
10	26	5	3	5	3	16

ตาราง 48 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
กลุ่มย่อย 3 คน ก่อนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1-4

นักเรียน คนที่	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัด																							
	ทักษะการสังเกต						ทักษะการวัด						ทักษะการตั้งสมมติฐาน						ทักษะการคำนวณ					
	pre	1	2	3	4	$\bar{X}$ post	pre	1	2	3	4	$\bar{X}$ post	pre	1	2	3	4	$\bar{X}$ post	pre	1	2	3	4	$\bar{X}$ post
1	1	4	3	4	5	4.00	3	3	5	5	5	4.50	1	5	4	5	5	4.75	1	0	2	0	0	2.00
2	1	4	4	4	5	4.25	3	3	5	5	5	4.50	5	5	4	5	5	4.75	1	0	5	0	0	5.00
3	3	4	4	4	5	4.25	3	4	5	5	5	4.75	4	5	4	4	5	4.50	2	0	5	0	0	5.00

ตาราง 48 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
กลุ่มย่อย 3 คน ก่อนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1-4 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัด																					คะแนน (pretest) (40คะแนน)	คะแนน (post-test) (40คะแนน)			
ทักษะการทดลอง						ทักษะการจัดกระทำข้อมูล						ทักษะการ													
												ตีความหมาย						ลงข้อสรุป							
pre	1	2	3	4	$\bar{X}_{post}$	pre	1	2	3	4	$\bar{X}_{post}$	pre	1	2	3	4	$\bar{X}_{post}$	pre	1	2			3	4	$\bar{X}_{post}$
1	2	4	4	5	3.75	1	3	3	4	5	3.75	1	4	5	5	5	4.75	2	3	5	5	5	4.50	11	32.00
4	2	4	5	5	4.00	1	3	5	4	5	4.25	1	4	5	4	5	4.50	1	3	5	4	5	4.25	17	35.50
4	4	4	5	5	4.50	2	4	5	4	5	4.50	1	4	5	4	5	4.50	3	4	3	4	5	4.00	22	36.00

ตาราง 49 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
กลุ่มย่อย 9 และ 15 คน ก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1-4

นักเรียน คนที่	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัด								รวม (40คะแนน)
	ทักษะการ สังเกต	ทักษะการ วัด	ทักษะการ ตั้งสมมติฐาน	ทักษะการ คำนวณ	ทักษะการ ทดลอง	ทักษะการ จัดกระทำข้อมูล	ทักษะการ		
							ตีความหมาย	ลงข้อสรุป	
1	1	1	2	3	3	3	2	1	16
2	3	5	3	3	5	3	5	3	30
3	5	5	2	1	4	2	5	1	25
4	3	3	3	3	4	3	3	5	27
5	3	3	3	3	5	3	4	2	26
6	1	3	3	3	5	3	4	2	24
7	1	3	1	2	2	4	5	5	23
8	3	3	2	1	3	2	2	1	17
9	1	3	5	3	3	3	2	1	21
1	3	2	2	1	5	2	1	2	18
2	3	3	3	5	4	3	3	3	27
3	2	3	3	5	4	3	3	3	26
4	1	3	3	5	4	3	3	3	25
5	1	1	1	3	2	2	1	1	12
6	1	1	4	2	1	1	1	1	12
7	2	1	2	1	1	2	1	2	12
8	3	5	1	1	2	2	2	2	18
9	3	1	5	2	2	2	2	2	19
10	1	3	2	5	5	2	5	2	25
11	3	5	1	1	2	2	2	2	18
12	3	5	3	1	5	2	1	2	22
13	3	1	1	5	1	3	1	1	16
14	1	1	1	2	1	1	3	3	13
15	1	5	3	4	4	5	3	3	28

ตาราง 50 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน
3 , 9 และ 15 คน ก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

นักเรียน คนที่	พฤติกรรมที่ประเมิน					
	ส่วนที่1 ด้านการวางแผนการทดลองและการปฏิบัติการทดลอง				ส่วนที่ 2 ด้านการจัดทำรายงาน	
	การวางแผน การทดลอง	การปฏิบัติการทดลอง			หัวข้อรายงาน	จุดประสงค์
		เทคนิคการ ทดลอง	ความคล่องแคล่ว ในการทดลอง	ความสะอาด ความเป็นระเบียบ		
1	3	3	3	3	5	5
2	3	4	4	3	4	5
3	3	3	3	3	4	5
1	3	3	3	3	5	5
2	3	3	3	3	5	5
3	3	3	3	3	5	5
4	2	3	3	3	4	5
5	3	3	3	3	4	5
6	3	3	3	3	4	5
7	3	3	3	3	4	3
8	2	3	3	3	4	5
9	2	3	3	3	4	5
1	3	3	3	3	4	5
2	3	3	3	3	4	5
3	3	3	3	3	5	5
4	3	3	4	3	5	5
5	3	3	3	3	5	4
6	3	3	2	4	5	5
7	3	2	2	2	5	5
8	3	2	3	3	5	5
9	3	3	2	3	5	5
10	2	3	3	3	5	5
11	2	3	3	3	5	5
12	3	3	4	3	5	5
13	3	4	4	3	4	5
14	2	2	3	3	4	5
15	3	3	3	3	5	5

ตาราง 50 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน
3 , 9 และ 15 คน ก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

พฤติกรรมที่ประเมิน				รวม คะแนน (50)	เฉลี่ย
ส่วนที่ 2 ด้านการจัดทำรายงาน					
สมมติฐาน	ผลการทดลอง	สรุปผล การทดลอง	ตอบคำถามท้าย บทปฏิบัติการ		
5	4	3	3	37	3.70
5	4	4	4	40	4.00
4	5	3	4	37	3.70
5	4	2	2	35	3.50
5	5	3	4	39	3.90
5	5	3	4	39	3.90
5	3	3	3	34	3.40
5	3	3	3	35	3.50
5	3	3	3	35	3.50
4	4	3	4	34	3.40
5	5	2	3	35	3.50
3	5	2	3	33	3.30
3	4	4	3	35	3.50
3	4	4	3	35	3.50
4	4	4	3	37	3.70
3	4	3	4	37	3.70
3	4	4	4	36	3.60
3	4	4	4	37	3.70
3	4	4	3	33	3.30
3	4	3	4	35	3.50
3	4	3	2	33	3.30
3	4	3	3	34	3.40
3	4	4	4	36	3.60
3	4	3	3	36	3.60
5	4	3	4	39	3.90
4	4	3	4	34	3.40
3	4	3	3	35	3.50

ตาราง 51 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน 3 คน
หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

นักเรียน คนที่	พฤติกรรมที่ประเมิน																			
	ส่วนที่1 ด้านการวางแผนการทดลองและการปฏิบัติการทดลอง																ส่วนที่ 2			
	การวางแผนการทดลอง				การปฏิบัติการทดลอง												หัวข้อรายงาน			
					เทคนิคการทดลอง				ความคล่องแคล่ว				ความสะอาด							
									ในการทดลอง				ความเป็นระเบียบ							
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	3	3	4	4	4	4	4	5	3	3	3	4	3	3	4	5	5	4	5	4
2	3	4	5	5	4	4	4	5	3	4	4	4	3	3	5	5	4	4	4	5
3	3	5	5	5	4	4	4	5	4	4	4	4	3	4	5	5	4	4	4	5

ตาราง 51 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน 3 คน
หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

พฤติกรรมที่ประเมิน																				รวม คะแนน	ค่าเฉลี่ย
ส่วนที่ 2 ด้านการจัดทำรายงาน																					
จุดประสงค์				สมมติฐาน				ผลการทดลอง				สรุปผล ผลการทดลอง				ตอบคำถาม ท้ายบทปฏิบัติการ					
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
5	5	5	5	5	5	4	4	4	3	4	4	3	4	4	5	3	4	4	4	161	4.03
5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	4	4	3	4	4	4	4	4	169	4.23
5	5	5	5	4	4	3	5	5	5	5	4	3	4	4	5	4	4	4	5	173	4.33

ตาราง 52 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 9 คน โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 1 บทปฏิบัติการที่ 1-4

นร. คนที่	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัด																												รวม คะแนน	ค่าเฉลี่ย				
	ทักษะการสังเกต				ทักษะการวัด				ทักษะการตั้งสมมติฐาน				ทักษะการคำนวณ				ทักษะการทดลอง				ทักษะการจัดกระทำข้อมูล				ทักษะการตีความหมาย									
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			1	2	3	4
1	3	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	0	5	0	0	4	5	3	4	5	5	4	5	2	2	4	3	2	2	4	5	120	3.75
2	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	5	0	0	4	5	5	4	5	5	5	4	2	5	4	4	3	5	3	5	129	4.03
3	3	5	4	5	5	5	5	5	5	2	5	4	0	5	0	0	4	5	4	4	5	5	4	4	3	4	4	4	3	5	5	4	125	3.91
4	4	5	4	4	5	2	5	5	5	5	5	5	0	2	0	0	2	2	4	4	3	5	5	5	4	4	4	4	3	5	3	4	117	3.66
5	4	5	4	5	5	2	5	5	4	2	5	5	0	3	0	0	4	3	4	4	3	2	5	4	4	4	5	5	3	4	3	4	115	3.59
6	4	4	5	5	5	2	5	5	5	2	4	5	0	2	0	0	4	2	4	5	3	5	5	5	4	4	5	5	3	4	5	5	121	3.78
7	4	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	0	5	0	0	4	5	5	5	5	2	5	5	3	5	4	5	3	2	5	5	130	4.06
8	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	5	0	0	4	5	4	5	5	5	5	5	3	5	4	4	2	5	3	4	132	4.13
9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	0	5	0	0	4	5	4	5	4	5	5	5	2	5	4	4	2	5	5	5	133	4.16

ตาราง 53 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 9 คน โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 2 บทปฏิบัติการที่ 1-4

นร. คนที่	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัด																												รวม คะแนน	ค่าเฉลี่ย				
	ทักษะการสังเกต				ทักษะการวัด				ทักษะการตั้งสมมติฐาน				ทักษะการคำนวณ				ทักษะการทดลอง				ทักษะการจัดกระทำข้อมูล				ทักษะการตีความหมาย									
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			1	2	3	4
1	3	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	0	5	0	0	4	4	3	4	5	4	4	4	2	2	3	4	2	3	3	5	117	3.66
2	3	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	5	0	0	4	4	5	4	4	5	5	4	3	4	4	4	3	5	3	4	127	3.97
3	3	4	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	0	4	0	0	4	5	5	4	4	5	4	4	3	4	4	4	3	5	4	5	126	3.94
4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	2	0	0	2	2	3	4	3	5	5	4	4	4	4	4	3	5	3	5	120	3.75
5	4	5	5	5	5	2	4	5	5	3	5	5	0	2	0	0	3	2	4	4	3	2	4	4	3	4	5	5	3	4	4	5	114	3.56
6	4	5	5	5	5	2	5	4	5	2	5	5	0	2	0	0	4	2	4	4	3	5	5	5	4	4	4	5	3	4	5	5	120	3.75
7	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	0	5	0	0	4	5	4	5	5	2	5	5	3	5	4	5	3	3	5	5	131	4.09
8	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	5	0	0	4	5	5	5	5	5	5	5	2	5	4	4	2	5	3	4	132	4.13
9	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	0	5	0	0	4	5	4	5	5	5	5	5	2	5	4	4	2	5	5	5	133	4.16

ตาราง 54 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 9 คน โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 3 บทปฏิบัติการที่ 1-4

นร. คนที่	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัด																												รวม คะแนน	ค่าเฉลี่ย				
	ทักษะการสังเกต				ทักษะการวัด				ทักษะการตั้งสมมติฐาน				ทักษะการคำนวณ				ทักษะการทดลอง				ทักษะการจัดกระทำข้อมูล				ทักษะการ									
																									ตีความหมาย								ลงข้อสรุป	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			1	2	3	4
1	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	0	5	0	0	4	5	3	4	5	5	4	4	2	2	4	4	2	2	3	5	118	3.69
2	3	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	5	0	0	4	5	5	4	5	5	5	4	3	5	4	4	3	5	3	5	131	4.09
3	3	5	5	5	5	4	5	5	5	2	5	5	0	5	0	0	4	4	5	4	5	5	4	4	3	3	4	4	3	5	5	5	126	3.94
4	4	5	4	5	5	2	5	5	5	5	5	5	0	2	0	0	2	2	4	4	3	5	5	4	4	4	4	4	3	4	3	4	116	3.63
5	4	4	5	5	5	2	5	5	5	2	4	5	0	2	0	0	4	2	4	4	3	2	5	4	3	4	5	5	3	4	3	5	113	3.53
6	4	5	5	5	4	2	5	5	5	3	5	5	0	2	0	0	4	2	4	4	3	5	5	5	4	4	5	5	4	4	5	5	123	3.84
7	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	4	0	0	4	5	4	5	5	3	5	5	3	5	4	5	3	2	5	5	131	4.09
8	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	0	5	0	0	4	5	4	5	5	5	5	5	2	5	4	4	2	5	3	2	128	4.00
9	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	5	0	0	4	5	4	5	5	5	5	5	2	5	4	4	2	5	5	5	134	4.19

ตาราง 55 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของผู้ร่วมประเมินพฤติกรรม
ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
ผู้ร่วมประเมินคนที่ 1	9	3.59	4.16	3.8964	0.21024
ผู้ร่วมประเมินคนที่ 2	9	3.56	4.16	3.8900	0.21806
ผู้ร่วมประเมินคนที่ 3	9	3.53	4.19	3.8889	0.23030

Kendall's W Test

Ranks

	Mean Rank
ผู้ร่วมประเมินคนที่ 1	2.00
ผู้ร่วมประเมินคนที่ 2	1.89
ผู้ร่วมประเมินคนที่ 3	2.11

Test Statistics

N	9
Kendall's W ^a	0.014
Chi-Square	0.250
df	2
Asymp. Sig.	0.882

^a. Kendall's Coefficient of Concordance

ตาราง 56 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนร. 9 คน
โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 1

นักเรียน คนที่	พฤติกรรมที่ประเมิน																			
	ด้านที่ 1				ด้านที่ 2												ด้านที่ 3			
					การปฏิบัติการทดลอง															
					เทคนิคการทดลอง				ความคล่องแคล่ว ในการทดลอง				ความสะอาด ความเป็นระเบียบ							
3	4	4	5	3	4	4	5	3	4	4	4	3	3	4	4	5	4	5	5	
2	3	4	4	5	4	4	4	5	3	4	5	5	3	3	5	5	5	4	5	5
3	3	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	3	3	5	5	5	4	5	5
4	3	3	4	5	4	3	4	5	3	3	4	4	3	3	4	5	4	5	4	4
5	3	4	3	5	3	3	5	4	4	4	4	5	3	4	4	4	5	4	5	4
6	3	3	5	5	3	3	5	4	3	4	5	4	3	4	3	5	4	4	5	4
7	4	4	5	5	3	3	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5	5
8	4	5	5	4	3	3	5	5	4	5	4	5	3	4	5	4	4	4	5	5
9	4	4	5	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4	5	4	4	5	5	4

ตาราง 56 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนร. 9 คน
โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 1 (ต่อ)

พฤติกรรมที่ประเมิน																				รวม คะแนน	ค่าเฉลี่ย
ด้านที่ 3 การจัดทำรายงาน																					
จุดประสงค์				สมมติฐาน				ผลการทดลอง				สรุปผล ผลการทดลอง				ตอบคำถาม ท้ายบทปฏิบัติการ					
5	5	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	2	2	3	4	2	3	5	4	157	3.93
5	3	4	4	5	5	4	5	4	4	4	5	3	5	3	3	4	4	3	4	166	4.15
5	5	4	5	5	2	4	4	5	5	4	5	4	4	3	3	4	3	4	4	167	4.18
5	4	5	5	4	5	4	5	3	3	4	4	4	3	3	3	3	4	3	4	155	3.88
5	5	4	5	4	3	4	5	3	1	4	3	3	3	4	5	3	3	4	4	155	3.88
5	4	5	5	4	2	3	5	3	2	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	153	3.83
4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	169	4.23
5	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	4	2	3	3	4	3	4	4	4	166	4.15
5	5	4	4	3	5	4	5	5	5	5	5	2	4	4	4	3	4	3	4	172	4.30

ตาราง 57 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนร. 9 คน
โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 2

นักเรียน คนที่	พฤติกรรมที่ประเมิน																			
	ด้านที่1				ด้านที่ 2												ด้านที่ 3			
					การปฏิบัติการทดลอง															
	การวางแผนการทดลอง				เทคนิคการทดลอง				ความคล่องแคล่ว ในการทดลอง				ความสะอาด ความเป็นระเบียบ				หัวข้อรายงาน			
1	3	4	4	4	3	4	5	5	3	4	4	4	3	4	4	5	5	4	5	5
2	3	4	5	5	4	4	5	5	3	4	5	4	3	4	4	5	5	4	5	5
3	3	4	5	4	4	3	5	5	4	4	5	5	3	4	5	5	4	4	5	5
4	3	3	4	5	3	4	4	5	3	3	4	5	3	4	4	5	4	4	5	4
5	4	3	4	4	3	3	5	5	3	3	5	5	3	3	4	5	4	5	5	5
6	3	3	4	5	3	3	5	5	3	3	5	5	3	3	4	4	4	4	4	5
7	3	4	5	5	4	4	5	5	4	4	5	5	3	4	5	5	4	4	5	5
8	4	4	5	5	4	4	5	5	4	4	5	5	3	4	4	5	4	5	5	4
9	4	4	4	5	3	5	5	5	4	5	5	5	3	3	5	5	4	4	5	4

ตาราง 57 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนร. 9 คน
โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 2 (ต่อ)

พฤติกรรมที่ประเมิน																				รวม คะแนน	ค่าเฉลี่ย
ด้านที่ 3 การจัดทำรายงาน																					
จุดประสงค์				สมมติฐาน				ผลการทดลอง				สรุปผล ผลการทดลอง				ตอบคำถาม ท้ายบทปฏิบัติการ					
4	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	4	2	2	3	3	2	3	4	4	159	3.98
5	4	4	5	5	5	3	4	5	5	4	5	3	5	3	4	4	4	4	3	170	4.25
5	5	5	5	5	2	4	5	4	5	4	5	3	3	4	3	4	2	4	4	167	4.18
5	5	4	4	5	5	4	4	3	2	5	4	3	4	3	3	3	4	4	4	157	3.93
4	5	5	5	5	2	4	5	2	1	5	3	3	3	4	5	3	3	4	5	157	3.93
5	5	5	5	5	3	2	5	3	2	5	4	3	3	4	4	3	3	3	4	154	3.85
3	5	5	5	4	3	4	5	4	5	4	3	3	5	4	5	4	4	4	4	171	4.28
5	5	4	4	5	5	4	4	5	4	4	4	3	2	3	3	3	4	4	4	167	4.18
4	5	5	5	3	4	4	4	5	5	5	5	2	4	4	3	3	4	4	3	168	4.20

ตาราง 58 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนร. 9 คน
โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 3

นักเรียน คนที่	พฤติกรรมที่ประเมิน																			
	ด้านที่ 1				ด้านที่ 2												ด้านที่ 3			
	การวางแผนการทดลอง				การปฏิบัติการทดลอง												หัวข้อรายงาน			
					เทคนิคการทดลอง				ความคล่องแคล่ว ในการทดลอง				ความสะอาด ความเป็นระเบียบ							
1	3	3	4	4	3	4	5	5	3	4	3	4	3	3	4	5	4	4	5	5
2	3	4	5	4	4	4	5	5	3	4	5	4	3	3	5	5	4	4	5	5
3	3	4	5	5	3	4	5	5	4	4	5	4	4	4	5	5	5	4	5	4
4	3	4	4	4	3	3	4	5	3	4	4	5	3	3	4	5	4	4	5	5
5	3	3	4	5	3	3	4	5	3	4	5	4	3	3	4	5	4	5	4	4
6	3	3	5	4	3	3	4	5	3	4	5	5	3	3	4	5	4	4	4	4
7	4	4	4	5	3	4	4	5	4	5	5	5	3	4	4	5	5	5	4	5
8	4	4	4	5	3	4	5	5	4	5	5	5	4	4	5	5	4	4	4	4
9	4	4	5	5	3	4	5	5	4	4	5	5	3	4	5	5	4	4	4	5

ตาราง 58 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนร. 9 คน
โดยผู้ร่วมประเมินคนที่ 3 (ต่อ)

พฤติกรรมที่ประเมิน																				รวม คะแนน	ค่าเฉลี่ย
ด้านที่ 3 การจัดทำรายงาน																					
จุดประสงค์				สมมติฐาน				ผลการทดลอง				สรุปผล ผลการทดลอง				ตอบคำถาม ท้ายบทปฏิบัติการ					
5	5	5	4	5	5	4	5	4	4	4	4	2	2	3	4	2	3	4	4	156	3.90
5	3	4	5	5	4	3	5	5	5	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3	165	4.13
4	5	5	5	4	2	4	5	5	4	4	5	3	4	4	3	5	2	4	4	168	4.20
4	5	4	5	5	4	5	5	3	2	5	4	3	4	3	3	3	4	3	4	157	3.93
5	4	5	5	5	2	4	5	3	1	5	3	3	3	4	5	3	3	4	4	154	3.85
5	5	5	5	5	2	3	4	3	3	5	4	3	3	4	5	3	3	4	4	156	3.90
3	5	4	4	3	4	4	5	4	5	4	3	3	5	4	4	4	4	4	4	167	4.18
4	5	4	5	5	4	5	4	5	4	4	4	2	2	3	4	3	4	4	4	166	4.15
5	5	4	5	3	5	4	4	5	5	5	5	2	4	4	4	3	4	4	4	171	4.28

ตาราง 59 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของผู้ร่วมประเมินพฤติกรรมด้านความสามารถ
ในการทำการทดลอง

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
ผู้ร่วมประเมินคนที่ 1	9	3.83	4.3	4.0589	0.17737
ผู้ร่วมประเมินคนที่ 2	9	3.85	4.28	4.0867	0.16233
ผู้ร่วมประเมินคนที่ 3	9	3.85	4.28	4.0578	0.16107

Kendall's W Test

Ranks

	Mean Rank
ผู้ร่วมประเมินคนที่ 1	1.78
ผู้ร่วมประเมินคนที่ 2	2.44
ผู้ร่วมประเมินคนที่ 3	1.78

Test Statistics

N	9
Kendall's W ^a	0.162
Chi-Square	2.909
df	2
Asymp. Sig.	0.234

^a. Kendall's Coefficient of Concordance

ตาราง 60 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คนและ 9 คน ก่อนเรียน
ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

นักเรียน คนที่	ข้อที่														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4	4	5	4	3	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4
2	5	5	5	4	4	4	2	3	4	5	5	4	5	4	5
3	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4
1	4	4	4	4	3	3	2	2	3	3	4	4	4	4	4
2	3	4	3	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	4	4	4	5	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
4	3	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4	3	4
5	5	5	5	4	3	3	3	4	4	2	5	5	4	4	4
6	4	5	5	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	5	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	4	4	3	3	3	2	3	4	4	4	3	4	3	3	3
9	4	4	4	4	3	3	3	4	3	4	3	4	4	4	4

ตาราง 60 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คนและ 9 คนก่อนเรียน
ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อที่														รวม	ค่าเฉลี่ย
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	110	3.67
5	5	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	124	4.13
3	4	4	3	4	3	4	4	5	5	5	4	4	4	115	3.83
4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	113	3.77
4	4	2	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	119	3.97
3	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4	4	4	119	3.97
4	4	4	4	3	4	3	3	3	4	4	3	3	3	104	3.47
4	5	4	4	5	4	3	4	5	5	4	3	5	3	121	4.03
4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	4	4	125	4.17
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	121	4.03
4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	3	104	3.47
4	4	3	4	4	4	5	4	5	5	3	3	3	3	113	3.77

ตาราง 61 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คนและ 9 คน หลังเรียน
ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

นักเรียน คนที่	ข้อที่														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	5	5	5	5	3	5	3	4	4	5	5	5	5	3	5
2	5	5	5	5	4	4	3	3	4	4	4	5	5	4	5
3	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5
1	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
2	4	4	5	5	4	4	5	5	5	4	4	4	4	5	5
3	5	5	5	5	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
4	4	5	5	5	4	4	3	4	4	5	4	5	4	3	5
5	5	5	4	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5
6	5	5	5	5	3	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5
7	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4
8	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	5
9	5	5	5	4	4	3	4	4	5	5	4	4	5	5	5

ตาราง 61 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คน และ 9 คนหลังเรียน
ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อที่														รวม	ค่าเฉลี่ย
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	136	4.55
5	5	4	4	4	5	5	5	4	5	4	4	4	4	131	4.38
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	144	4.79
4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4	130	4.31
4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	3	5	5	5	137	4.55
4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	140	4.66
3	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	133	4.45
4	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	142	4.72
5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	4	5	4	4	136	4.55
5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	4	5	4	4	132	4.41
4	5	4	4	5	5	5	4	5	5	4	4	4	4	129	4.31
5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	135	4.52

ตาราง 62 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คนก่อนเรียน
ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

นักเรียน คนที่	ข้อที่														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	4	5	4	4	3	5	4	3	3	5	4	3	5	3	5
3	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4
4	4	5	5	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3
5	5	5	4	5	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4
6	4	4	2	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4
7	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
8	4	4	4	4	3	4	3	2	4	4	3	3	4	4	4
9	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4
10	5	5	4	4	3	4	3	3	4	4	4	3	4	2	4
11	4	4	4	4	4	3	4	5	4	4	5	5	5	4	5
12	4	5	5	4	3	3	4	4	5	5	5	5	5	4	5
13	4	5	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4
14	3	4	4	4	3	3	4	2	3	2	3	3	3	3	3
15	3	4	3	4	4	3	3	2	3	4	4	4	4	2	4

ตาราง 62 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คนก่อนเรียน
ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อที่															รวม	เฉลี่ย
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	119	3.97
4	4	3	4	4	5	4	4	5	3	4	5	3	4	3	119	3.97
4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	112	3.73
4	4	4	4	5	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	110	3.67
4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	3	3	121	4.03
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	116	3.87
4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	112	3.73
3	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	2	2	2	105	3.50
4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	111	3.70
3	4	3	4	4	4	5	4	5	4	4	5	4	4	4	117	3.90
4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	126	4.20
4	4	4	5	5	4	4	4	4	3	4	3	3	3	3	123	4.10
5	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	126	4.20
4	4	3	3	3	4	3	3	4	3	4	3	2	3	3	96	3.20
4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	113	3.77

ภาคผนวก ข

1. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลอง
2. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มควบคุม
3. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ที่เป็นผังมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง
4. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ที่เป็นผังมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มควบคุม
5. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียน
6. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน
7. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียน
8. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน
9. ตารางแสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียน
10. ตารางแสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน
11. ตารางแสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน
12. ตารางแสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน
13. ตารางแสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน

ตาราง 63 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

นักเรียน คนที่	คะแนนอัตนัย (80 คะแนน)					คะแนนผังมโนทัศน์ (20 คะแนน)					คะแนนปรนัย				คะแนน ปรนัย (50)	รวม คะแนน (150)
											จำ	เข้าใจ	กระบวนการ	นำไปใช้		
	1 (20)	2 (20)	3 (20)	4 (20)	รวม(80)	1(5)	2(5)	3(5)	4(5)	รวม(20)	(5)	(15)	(18)	(12)		
1	13	11	11	19	54	3	3	4	5	15	4	13	12	8	37	106
2	15	13	10	11	49	4	4	3	4	15	5	14	12	8	39	103
3	14	12	13	11	50	4	3	4	4	15	4	14	13	10	41	106
4	15	11	15	16	57	4	4	4	4	16	5	14	12	7	38	111
5	18	14	13	16	61	4	4	4	3	15	4	14	13	10	41	117
6	16	14	14	14	58	4	3	3	4	14	3	11	12	9	35	107
7	13	10	11	16	50	3	4	4	3	14	5	14	12	8	39	103
8	14	10	15	14	53	3	3	3	3	12	4	11	10	5	30	95
9	18	15	14	19	66	5	5	3	3	16	5	14	12	8	39	121
10	12	10	13	13	48	4	4	5	5	18	5	8	7	7	27	93
11	18	12	14	16	60	3	3	3	4	13	4	14	13	10	41	114
12	17	11	13	11	52	4	4	3	4	15	3	11	12	9	35	102
13	14	11	17	16	58	2	2	4	4	12	4	9	11	5	29	99
14	13	12	18	13	56	4	5	4	4	17	5	14	12	8	39	112
15	18	11	17	19	65	4	4	4	4	16	5	14	12	8	39	120
16	14	10	15	16	55	4	4	4	4	16	2	11	10	7	30	101
17	16	9	16	11	52	5	4	5	5	19	4	13	11	7	35	106
18	18	11	16	18	63	5	5	5	5	20	5	13	13	8	39	122
19	19	10	12	16	57	3	4	3	4	14	4	7	11	9	31	102
20	18	13	15	17	63	4	4	3	4	15	5	14	12	8	39	117
21	18	11	9	16	54	4	4	3	4	15	5	14	12	8	39	108
22	15	12	15	17	59	4	4	4	3	15	2	11	3	3	19	93
23	17	10	15	18	60	4	4	4	4	16	2	12	11	7	32	108
24	17	13	16	18	64	5	5	5	5	20	5	14	13	8	40	124
25	18	14	9	18	59	5	4	4	3	16	5	14	12	8	39	114
26	18	11	16	19	64	5	5	5	5	20	4	11	12	8	35	119
27	15	10	9	12	46	5	4	4	3	16	5	14	12	8	39	101
28	16	11	17	17	61	5	5	5	5	20	5	14	12	7	38	119
29	17	11	9	14	51	4	4	4	3	15	5	14	12	8	39	105
30	17	11	16	14	58	5	5	5	5	20	4	11	12	8	35	113

ตาราง 64 แสดงคะแนนผลการเรียนรู่วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มควบคุม

นักเรียน คนที่	คะแนนอัตนัย (80 คะแนน)					คะแนนฝังมโนทัศน์ (20 คะแนน)					คะแนนปรนัย				คะแนน ปรนัย (50)	รวม คะแนน (150)
											จำ	เข้าใจ	กระบวนการ	นำไปใช้		
	1 (20)	2 (20)	3 (20)	4 (20)	รวม(80)	1(5)	2(5)	3(5)	4(5)	รวม(20)	(5)	(15)	(18)	(12)		
1	16	11	16	14	57	4	4	4	3	15	3	7	8	4	22	94
2	14	10	13	9	46	4	4	4	4	16	1	9	8	6	24	86
3	13	13	11	13	50	4	4	4	4	16	5	9	10	6	30	96
4	15	15	14	14	58	4	4	4	4	16	4	12	9	8	33	107
5	12	14	10	10	46	4	4	4	4	16	3	12	14	8	37	99
6	15	16	9	11	51	3	3	4	4	14	2	7	6	7	22	87
7	16	14	13	10	53	3	4	4	3	14	1	8	8	5	22	89
8	14	12	9	10	45	4	4	4	2	14	3	10	13	7	33	92
9	16	11	14	11	52	4	4	4	3	15	4	7	9	3	23	90
10	15	14	14	13	56	3	4	4	4	15	4	8	8	3	23	94
11	16	14	14	13	57	4	4	4	4	16	1	9	8	4	22	95
12	10	10	10	11	41	3	4	3	3	13	5	15	11	8	39	93
13	18	15	15	17	65	4	4	4	4	16	2	6	8	4	20	101
14	9	14	8	13	44	4	4	4	4	16	3	9	7	4	23	83
15	9	16	13	16	54	4	4	4	4	16	4	7	7	3	21	91
16	16	10	17	15	58	4	4	4	4	16	3	13	13	8	37	111
17	12	11	13	15	51	4	4	4	4	16	1	6	8	5	20	87
18	17	11	18	17	63	4	4	4	4	16	5	13	11	8	37	116
19	11	17	9	18	55	4	4	4	4	16	1	4	4	2	11	82
20	18	14	13	14	59	4	4	4	4	16	1	8	8	4	21	96
21	18	12	14	18	62	4	4	4	4	16	4	13	11	6	34	112
22	17	11	15	16	59	4	4	4	3	15	4	9	11	6	30	104
23	18	15	13	17	63	4	4	4	4	16	3	13	11	7	34	113
24	13	14	13	17	57	4	4	4	4	16	4	13	11	6	34	107
25	15	15	18	18	66	4	4	4	4	16	3	12	13	8	36	118
26	19	14	14	15	62	4	4	4	3	15	5	13	10	6	34	111
27	15	12	16	17	60	4	4	4	4	16	4	13	12	8	37	113
28	15	11	15	15	56	4	4	4	4	16	3	11	11	7	32	104
29	18	11	13	14	56	4	4	4	4	16	3	13	11	7	34	106
30	11	10	12	16	49	4	4	4	4	16	3	6	9	7	25	90

ตาราง 65 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (ผังมโนทัศน์) ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

นร. คนที่	คะแนนผังมโนทัศน์																								รวม คะแนน (20)
	บทปฏิบัติการที่ 1						บทปฏิบัติการที่ 2						บทปฏิบัติการที่ 3						บทปฏิบัติการที่ 4						
	1	2	3	4	5	รวม(5)	1	2	3	4	5	รวม(5)	1	2	3	4	5	รวม(5)	1	2	3	4	5	รวม(5)	
1	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	0	3	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	15
2	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	0	3	1	1	1	1	0	4	15
3	1	1	1	1	0	4	1	1	0	1	0	3	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	1	4	15
4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	16
5	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	0	0	1	1	3	15
6	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	0	3	1	0	1	1	0	3	1	1	1	1	0	4	14
7	1	0	1	1	0	3	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	0	3	14
8	1	0	1	1	0	3	1	0	1	1	0	3	1	0	1	1	0	3	1	0	1	1	0	3	12
9	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	0	1	1	0	3	1	1	0	1	0	3	16
10	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	1	4	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	18
11	1	0	1	1	0	3	1	0	1	1	0	3	1	0	1	1	0	3	1	1	1	1	0	4	13
12	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	1	4	1	0	1	1	0	3	1	1	1	1	0	4	15
13	1	0	0	1	0	2	1	0	0	1	0	2	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	12
14	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	17
15	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	16
16	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	16
17	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	19
18	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	20
19	1	1	0	1	0	3	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	0	3	1	1	1	1	0	4	14
20	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	0	0	1	1	3	1	1	1	1	0	4	15
21	1	1	1	0	1	4	1	1	1	1	0	4	1	0	1	0	1	3	1	1	1	1	0	4	15
22	1	1	1	1	0	4	1	1	0	1	1	4	1	1	1	1	0	4	1	0	0	1	1	3	15
23	1	0	1	1	1	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	16
24	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	20
25	1	1	1	1	1	5	1	1	0	1	1	4	1	1	1	1	0	4	1	0	0	1	1	3	16
26	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	20
27	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	0	0	1	1	3	16
28	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	20
29	1	1	0	1	1	4	1	1	1	0	1	4	1	1	1	1	0	4	1	0	1	0	1	3	15
30	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	20

ตาราง 66 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (ผังมโนทัศน์) ของนักเรียนกลุ่มควบคุม

นักเรียน คนที่	คะแนนผังมโนทัศน์																								รวม คะแนน (20)
	บทปฏิบัติการที่ 1						บทปฏิบัติการที่ 2						บทปฏิบัติการที่ 3						บทปฏิบัติการที่ 4						
	1	2	3	4	5	รวม(5)	1	2	3	4	5	รวม(5)	1	2	3	4	5	รวม(5)	1	2	3	4	5	รวม(5)	
1	1	0	1	1	1	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	0	3	15
2	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	1	4	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	1	4	16
3	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	1	4	1	0	1	1	1	4	16
4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	16
5	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	16
6	1	0	0	1	1	3	1	0	0	1	1	3	1	0	1	1	1	4	1	0	1	1	1	4	14
7	1	0	0	1	1	3	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	0	0	1	1	3	14
8	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	0	0	1	0	2	14
9	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	0	0	1	1	3	15
10	1	0	1	1	0	3	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	15
11	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	16
12	1	0	0	1	1	3	1	0	1	1	1	4	1	0	1	1	0	3	1	0	0	1	1	3	13
13	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	16
14	1	0	1	1	1	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	16
15	1	1	1	1	0	4	1	1	0	1	1	4	1	0	1	1	1	4	1	1	1	0	1	4	16
16	1	1	1	1	0	4	1	1	0	1	1	4	1	1	1	1	1	4	1	1	1	0	1	4	16
17	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	1	4	0	1	1	1	1	4	1	0	1	1	1	4	16
18	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	16
19	1	1	0	1	1	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	16
20	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	0	1	4	16
21	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	0	1	1	4	1	1	1	1	0	4	16
22	1	1	0	1	1	4	1	1	1	0	1	4	1	1	1	1	0	4	1	0	0	1	1	3	15
23	1	1	0	1	1	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	16
24	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	1	4	1	1	0	1	1	4	1	1	0	1	1	4	16
25	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	16
26	1	0	1	1	1	4	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	1	4	1	0	1	1	0	3	15
27	1	1	0	1	1	4	1	1	1	0	1	4	1	1	1	1	0	4	1	0	1	1	1	4	16
28	1	0	1	1	1	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	16
29	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	0	1	1	4	1	0	1	1	1	4	16
30	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	16

ตาราง 67 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
กลุ่มทดลองก่อนเรียน

นักเรียน คนที่	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัด								รวม (40 คะแนน)
	ทักษะการ สังเกต (5คะแนน)	ทักษะการ วัด (5คะแนน)	ทักษะการ ตั้งสมมติฐาน (5คะแนน)	ทักษะการ คำนวณ (5คะแนน)	ทักษะการ ทดลอง (5คะแนน)	ทักษะการ จัดกระทำข้อมูล (5คะแนน)	ทักษะการ		
							ตีความหมาย (5คะแนน)	ลงข้อสรุป (5คะแนน)	
1	3	1	3	5	4	2	3	3	24
2	3	2	2	5	2	3	1	2	20
3	2	1	1	5	2	2	2	1	16
4	3	3	3	5	2	3	2	1	22
5	2	2	3	4	4	2	2	3	22
6	3	1	3	2	4	2	3	3	21
7	3	3	1	1	1	2	3	1	15
8	2	3	2	2	3	3	3	3	21
9	2	3	3	5	3	3	3	1	23
10	3	3	3	5	3	2	2	3	24
11	3	3	2	5	4	2	3	2	24
12	3	3	4	3	4	4	3	4	28
13	2	4	4	5	2	2	2	2	23
14	2	4	4	5	4	3	2	2	26
15	3	4	2	4	3	2	2	3	23
16	3	3	2	3	3	3	3	2	22
17	3	3	3	3	3	3	3	3	24
18	3	3	3	3	2	3	4	4	25
19	3	3	3	5	2	2	3	3	24
20	3	3	3	5	4	2	3	3	26
21	3	3	3	5	3	2	3	3	25
22	1	3	2	1	1	2	3	1	14
23	1	1	1	2	1	2	1	1	10
24	3	3	1	5	3	2	1	2	20
25	3	3	3	3	3	2	3	3	23
26	3	3	3	5	2	3	3	3	25
27	3	2	2	5	2	2	2	2	20
28	2	2	2	5	3	2	2	2	20
29	2	2	2	5	3	2	2	2	20
30	2	2	2	2	2	2	2	2	16
รวม	77	79	75	118	82	71	74	70	646
เฉลี่ย	2.57	2.63	2.50	3.93	2.73	2.37	2.47	2.33	21.53
S.D.	0.63	0.85	0.86	1.39	0.94	0.56	0.73	0.88	3.9977

ตาราง 68 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
กลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

นักเรียน คนที่	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัด															
	ทักษะการ สังเกต				ทักษะการ วัด				ทักษะการ ตั้งสมมติฐาน				ทักษะการ คำนวณ			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	2	3	5	4	1	2	5	5	3	3	3	4	0	5	0	0
2	2	3	4	4	2	2	4	5	2	3	3	4	0	5	0	0
3	2	3	5	4	2	2	4	5	1	3	3	4	0	5	0	0
4	2	4	4	4	3	2	5	4	2	2	3	5	0	3	0	0
5	2	4	5	4	2	2	5	4	3	2	3	5	0	3	0	0
6	2	3	4	4	2	2	4	4	3	2	3	4	0	3	0	0
7	2	3	3	4	2	2	5	4	2	3	3	4	0	2	0	0
8	2	3	5	3	2	3	4	4	2	2	3	3	0	2	0	0
9	2	2	5	4	3	2	5	5	2	3	4	4	0	2	0	0
10	2	3	3	4	2	2	4	5	2	3	4	5	0	5	0	0
11	2	4	4	5	3	2	5	5	2	3	3	5	0	5	0	0
12	2	3	4	5	3	2	5	5	2	3	4	5	0	5	0	0
13	2	3	4	4	3	3	5	4	2	2	4	5	0	5	0	0
14	2	3	5	5	3	2	5	4	2	2	4	5	0	5	0	0
15	3	4	5	5	3	3	5	5	2	2	4	5	0	5	0	0
16	2	3	4	4	3	2	4	4	2	0	4	5	0	4	0	0
17	2	3	5	4	3	2	5	5	2	0	4	5	0	4	0	0
18	2	3	4	5	3	2	5	5	2	2	4	5	0	4	0	0
19	2	3	4	4	2	2	4	3	2	3	2	5	0	5	0	0
20	3	3	5	4	3	2	5	5	2	3	4	5	0	5	0	0
21	3	3	4	4	2	2	5	4	2	3	4	5	0	5	0	0
22	2	3	4	4	3	2	4	3	2	3	4	4	0	4	0	0
23	2	3	5	4	3	5	4	4	2	3	4	5	0	5	0	0
24	2	4	5	5	3	5	5	4	2	3	4	5	0	5	0	0
25	2	3	4	5	3	3	5	4	2	2	4	5	0	5	0	0
26	2	3	4	5	3	3	5	5	2	2	5	5	0	5	0	0
27	2	3	4	4	2	3	4	4	2	2	3	4	0	5	0	0
28	2	3	5	4	2	2	5	5	2	3	4	5	0	5	0	0
29	2	3	4	5	1	3	4	5	2	3	4	5	0	5	0	0
30	2	3	5	5	2	2	5	5	2	3	4	5	0	5	0	0
รวม	63	94	131	129	74	73	139	133	62	73	109	140	0	131	0	0
เฉลี่ย	2.10	3.13	4.37	4.30	2.47	2.43	4.63	4.43	2.07	2.43	3.63	4.67	0.00	4.37	0.00	0.00
S.D.	0.31	0.43	0.61	0.53	0.63	0.82	0.49	0.63	0.37	0.82	0.61	0.55	0.00	1.03	0.00	0.00

ตาราง 68 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
กลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัด																รวม (145 คะแนน)	รวม (40 คะแนน)
ทักษะการทดลอง				ทักษะการจัดกระทำข้อมูล				ทักษะการ									
								ตีความหมาย				ลงข้อสรุป					
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
3	4	5	4	2	3	5	4	3	3	5	5	3	4	4	4	106	29.24
2	2	4	3	2	2	5	4	1	3	5	5	2	3	4	3	93	25.66
3	3	5	4	2	3	5	4	2	3	5	5	3	3	5	4	102	28.14
2	3	4	5	3	3	4	4	2	3	5	4	1	2	4	3	95	26.21
4	3	5	5	3	3	4	4	2	3	5	4	3	2	4	4	102	28.14
4	3	3	4	2	2	3	4	3	3	5	4	3	2	4	3	92	25.38
2	3	4	4	2	3	3	4	3	3	4	3	2	2	4	2	87	24.00
2	2	3	4	2	2	3	3	3	3	4	3	2	3	3	2	82	22.62
3	3	4	5	3	2	3	4	3	3	4	3	2	2	3	2	92	25.38
2	2	4	3	2	2	3	3	2	2	4	4	3	2	4	4	90	24.83
3	3	5	4	2	3	3	3	2	2	4	4	2	3	4	4	99	27.31
3	3	4	4	2	2	3	4	2	2	4	4	2	3	4	4	98	27.03
2	2	3	3	2	3	4	3	3	3	4	4	2	2	4	4	94	25.93
3	3	4	4	3	3	4	4	2	3	5	4	2	2	5	4	102	28.14
3	3	4	4	2	3	4	4	2	3	5	4	3	3	5	4	107	29.52
2	2	5	3	2	2	4	3	3	2	4	4	2	3	3	4	89	24.55
3	3	5	4	3	2	4	3	3	2	4	4	3	3	4	4	98	27.03
3	3	5	4	3	3	3	4	3	2	4	4	3	3	5	4	102	28.14
2	2	4	4	2	3	3	4	3	2	5	4	3	3	4	4	93	25.66
3	4	5	5	2	3	4	4	3	3	5	5	3	3	4	4	109	30.07
3	3	5	4	2	3	4	4	3	2	5	4	3	3	5	4	103	28.41
1	2	4	4	2	3	4	4	2	2	5	4	2	3	5	4	93	25.66
3	3	5	4	2	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4	4	103	28.41
3	3	5	4	2	4	5	4	2	3	5	5	2	3	5	4	111	30.62
3	3	5	4	2	3	4	4	2	3	4	5	2	3	5	5	104	28.69
3	4	5	4	2	3	4	4	2	3	5	5	2	3	5	5	108	29.79
2	4	4	3	2	3	3	4	2	2	3	4	2	3	3	3	89	24.55
3	3	5	4	2	3	4	3	2	4	5	4	2	4	4	4	103	28.41
2	2	4	4	2	2	4	4	2	3	5	5	2	3	5	4	99	27.31
3	3	5	3	2	2	4	4	2	3	5	5	2	3	5	4	103	28.41
80	86	132	118	66	81	114	113	71	81	136	126	70	84	127	112	2948	813.24
2.67	2.87	4.40	3.93	2.20	2.70	3.80	3.77	2.37	2.70	4.53	4.20	2.33	2.80	4.23	3.73	98.27	27.11
0.66	0.63	0.67	0.58	0.41	0.53	0.66	0.43	0.56	0.53	0.57	0.61	0.55	0.55	0.68	0.74	7.22	1.9905

ตาราง 69 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง
ก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่	พฤติกรรมที่ประเมิน			
	ด้านที่ 1 การวางแผนการทดลอง	ด้านที่ 2 การปฏิบัติการทดลอง		
	การวางแผนการทดลอง (5 คะแนน)	เทคนิคการทดลอง (5 คะแนน)	ความคล่องแคล่ว ในการทดลอง (5 คะแนน)	ความสะอาด ความเป็นระเบียบ (5 คะแนน)
1	2	2	2	3
2	2	2	2	2
3	2	3	3	2
4	3	3	3	2
5	3	3	3	3
6	3	2	2	2
7	2	3	3	3
8	2	2	2	2
9	3	3	3	3
10	2	2	2	2
11	3	3	3	3
12	2	3	3	3
13	2	2	2	2
14	2	3	3	3
15	3	3	3	3
16	2	2	2	2
17	2	3	3	2
18	3	3	3	3
19	2	2	2	2
20	3	3	3	3
21	2	3	3	2
22	2	2	2	2
23	3	2	2	3
24	3	3	3	3
25	3	3	2	3
26	3	3	3	3
27	2	2	2	2
28	3	3	3	3
29	2	2	2	2
30	3	3	3	3
รวม	74	78	77	76
เฉลี่ย	2.47	2.60	2.57	2.53
S.D.	0.51	0.50	0.50	0.51

ตาราง 69 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง
ก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

พฤติกรรมที่ประเมิน							รวม (25 คะแนน)
ด้านที่ 3 การจัดทำรายงาน							
หัวข้อรายงาน	จุดประสงค์	สมมติฐาน	ผลการทดลอง	สรุปผล ผลการทดลอง	ตอบคำถาม ท้ายบทปฏิบัติการ	คะแนนเฉลี่ย	
(5 คะแนน)	(5 คะแนน)	(5 คะแนน)	(5 คะแนน)	(5 คะแนน)	(5 คะแนน)		
4	5	4	4	3	4	4.00	13.00
4	5	4	4	3	4	4.00	12.00
4	5	4	4	3	5	4.17	14.17
4	5	2	4	5	4	4.00	15.00
4	5	4	4	5	4	4.33	16.33
4	5	4	4	5	4	4.33	13.33
4	5	3	3	3	4	3.67	14.67
4	4	3	3	3	4	3.50	11.50
4	5	4	4	3	4	4.00	16.00
4	5	3	3	3	4	3.67	11.67
4	5	4	4	3	4	4.00	16.00
4	4	4	3	3	4	3.67	14.67
4	5	4	4	4	4	4.17	12.17
4	4	4	3	4	4	3.83	14.83
4	5	4	3	4	4	4.00	16.00
3	3	3	3	3	4	3.17	11.17
5	4	4	5	2	3	3.83	13.83
4	5	4	4	3	4	4.00	16.00
5	4	4	5	2	4	4.00	12.00
4	5	4	4	3	4	4.00	16.00
4	5	4	4	3	4	4.00	14.00
4	5	4	4	4	4	4.17	12.17
4	3	3	4	2	4	3.33	13.33
5	5	4	5	4	4	4.50	16.50
4	5	4	4	3	4	4.00	15.00
4	5	4	4	3	4	4.00	16.00
4	5	4	4	4	4	4.17	12.17
4	4	4	4	3	4	3.83	15.83
4	5	4	4	3	4	4.00	12.00
4	5	4	4	3	4	4.00	16.00
122	140	113	116	99	120	118	423
4.07	4.67	3.77	3.87	3.30	4.00	3.94	14.11
0.37	0.61	0.50	0.57	0.79	0.26	0.28	1.7618

ตาราง 70 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน

นักเรียน คนที่	พฤติกรรมที่ประเมิน																			
	ด้านที่ 1					ด้านที่ 2 การปฏิบัติการทดลอง														
	การวางแผนการทดลอง					การปฏิบัติการทดลอง														
						เทคนิคการทดลอง					ความคล่องแคล่ว ในการทดลอง					ความสะอาด ความเป็นระเบียบ				
	1	2	3	4	$\bar{x}$	1	2	3	4	$\bar{x}$	1	2	3	4	$\bar{x}$	1	2	3	4	$\bar{x}$
1	2	3	4	5	3.50	2	3	4	4	3.25	2	3	4	4	3.25	3	3	4	5	3.75
2	2	2	4	4	3.00	2	3	4	4	3.25	2	3	4	4	3.25	2	3	4	5	3.50
3	2	3	5	5	3.75	3	3	4	4	3.50	3	4	5	4	4.00	2	3	5	5	3.75
4	3	3	4	5	3.75	3	3	4	5	3.75	3	3	4	4	3.50	2	3	4	5	3.50
5	3	3	4	5	3.75	3	3	4	5	3.75	3	4	4	4	3.75	3	4	4	5	4.00
6	3	3	4	4	3.50	2	3	4	5	3.50	2	2	3	4	2.75	2	3	3	5	3.25
7	2	3	4	4	3.25	3	3	4	4	3.50	3	3	4	4	3.50	3	3	5	5	4.00
8	2	2	3	5	3.00	2	3	4	4	3.25	2	3	4	4	3.25	2	2	4	5	3.25
9	3	3	4	4	3.50	3	3	4	5	3.75	3	4	3	4	3.50	3	3	5	5	4.00
10	2	3	3	4	3.00	2	3	3	5	3.25	2	2	4	4	3.00	2	3	4	5	3.50
11	3	4	5	5	4.25	3	3	4	5	3.75	3	3	5	4	3.75	3	3	5	5	4.00
12	2	3	4	4	3.25	3	3	4	5	3.75	3	3	4	4	3.50	3	3	5	5	4.00
13	2	2	3	4	2.75	2	3	4	4	3.25	2	3	3	4	3.00	2	3	4	4	3.25
14	2	3	3	4	3.00	3	3	5	4	3.75	3	3	4	5	3.75	3	3	5	5	4.00
15	3	4	4	5	4.00	3	4	5	4	4.00	3	4	4	5	4.00	3	4	5	5	4.25
16	2	2	3	4	2.75	2	3	4	5	3.50	2	3	4	4	3.25	2	2	4	5	3.25
17	2	3	4	5	3.50	3	3	5	5	4.00	3	3	4	4	3.50	2	3	4	5	3.50
18	3	3	4	5	3.75	3	4	5	5	4.25	3	4	5	4	4.00	3	3	5	5	4.00
19	2	2	4	4	3.00	2	3	4	4	3.25	2	2	3	4	2.75	2	3	5	5	3.75
20	3	3	5	5	4.00	3	4	4	4	3.75	3	4	5	5	4.25	3	3	5	5	4.00
21	2	3	4	4	3.25	3	3	3	4	3.25	3	4	4	5	4.00	2	3	5	5	3.75
22	2	2	4	4	3.00	2	3	4	4	3.25	2	2	4	4	3.00	2	2	4	5	3.25
23	3	3	5	5	4.00	2	4	4	4	3.50	2	2	4	4	3.00	3	3	5	4	3.75
24	3	3	5	5	4.00	3	4	4	4	3.75	3	3	5	4	3.75	3	4	4	5	4.00
25	3	3	5	5	4.00	3	4	4	4	3.75	2	3	4	5	3.50	3	4	5	5	4.25
26	3	3	5	5	4.00	3	4	5	4	4.00	3	4	4	5	4.00	3	4	5	5	4.25
27	2	3	3	4	3.00	2	3	3	4	3.00	2	2	4	5	3.25	2	3	5	5	3.75
28	3	4	5	5	4.25	3	4	4	4	3.75	3	4	5	4	4.00	3	4	5	5	4.25
29	2	3	3	4	3.00	2	3	4	4	3.25	2	3	4	4	3.25	2	4	4	5	3.75
30	3	3	4	4	3.50	3	4	4	4	3.75	3	3	5	4	3.75	3	4	5	5	4.25

ตาราง 70 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน

พฤติกรรมที่ประเมิน																									รวม (25 คะแนน)
ด้านที่ 3 การจัดทำรายงานผลการทดลอง																									
หัวข้อรายงาน				จุดประสงค์				สมมติฐาน				ผลการทดลอง				สรุปผล ผลการทดลอง				ตอบคำถาม ท้ายบทปฏิบัติการ				X	
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	3	5	4	4	3	5	3	4	4	4	4	4	4	3	4.13	17.88
4	4	4	4	5	5	4	5	4	5	3	4	4	4	3	5	3	3	4	3	4	4	4	4	4.00	17.00
4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	3	5	4	4	3	5	3	3	4	4	5	5	4	3	4.17	19.17
4	4	4	4	5	5	5	5	2	5	3	5	4	4	4	5	5	3	4	3	4	5	4	4	4.17	18.67
4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	3	5	4	4	4	5	5	3	4	4	4	4	4	3	4.21	19.46
4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	3	4	4	4	4	5	5	3	4	3	4	4	4	3	4.13	17.13
4	5	3	5	5	5	4	5	3	5	3	4	3	3	3	5	3	3	4	2	4	4	3	4	3.83	18.08
4	3	3	4	4	4	4	5	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	1	4	4	4	4	3.42	16.17
4	4	4	5	5	4	4	5	4	3	4	4	4	4	3	5	3	1	4	2	4	3	4	5	3.83	18.58
4	4	4	4	5	5	5	5	3	5	4	5	3	3	3	5	3	3	4	4	4	4	4	3	4.00	16.75
4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	3	5	4	4	3	5	3	3	4	4	4	4	4	3	4.08	19.83
4	4	4	4	4	5	5	5	4	5	4	5	3	3	3	5	3	3	4	4	4	4	4	3	4.00	18.50
4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	4	5	4	3	4	4	4	5	4	3	4.33	16.58
4	4	4	5	4	5	5	5	4	5	4	5	3	3	3	5	4	3	5	4	4	5	4	3	4.17	18.67
4	4	5	4	5	5	5	5	4	5	4	5	3	3	4	5	4	3	5	4	4	5	4	3	4.25	20.50
3	4	4	5	3	5	5	5	3	0	4	5	3	3	4	5	3	3	3	4	4	4	4	4	3.75	16.50
5	4	5	5	4	5	5	5	4	0	4	5	5	5	4	5	2	3	4	4	3	5	4	4	4.13	18.63
4	4	4	4	5	5	5	5	4	1	4	5	4	4	4	5	3	3	5	4	4	5	5	4	4.17	20.17
5	5	4	4	4	4	5	5	4	5	1	5	5	5	4	5	2	4	4	4	4	4	4	4	4.17	16.92
4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	4	5	3	3	4	4	4	5	4	4	4.25	20.25
4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	3	5	3	4	5	5	4	4	5	4	4.33	18.58
4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4	3	5	4	4	4	4	3	4.17	16.67
4	5	5	4	3	5	5	5	3	3	4	5	4	4	4	5	2	3	4	4	4	4	3	4	4.00	18.25
5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	4	3	5	4	4	4	4	4	4.50	20.00
4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	3	5	3	3	5	5	4	4	4	4	4.25	19.75
4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4	3	5	3	3	5	5	4	4	4	4	4.29	20.54
4	4	3	4	5	5	5	5	4	5	3	4	4	4	4	5	4	4	3	3	4	4	3	4	4.04	17.04
4	4	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4	4	5	3	4	4	4	4	4	5	4	4.25	20.50
4	4	4	5	5	3	5	5	4	4	4	5	4	4	3	5	3	3	5	4	4	4	5	4	4.17	17.42
4	4	4	5	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	3	5	3	4	5	4	4	4	5	3	4.29	19.54

ตาราง 71 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียน

นักเรียน คนที่	ข้อที่														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4	4	4	3	3	3	2	3	4	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	3	3	3
3	4	5	5	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	3	4	4	4
5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	4	4	4	5	4	4	2	2	4	4	5	5	4	4	4
8	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4
9	4	5	4	3	2	4	2	4	4	3	3	3	4	4	4
10	4	4	3	4	3	3	3	3	3	5	4	4	5	5	4
11	5	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
13	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3
14	5	4	3	4	4	4	3	3	3	4	5	5	5	4	4
15	4	5	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
16	4	4	2	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	3	4
17	4	4	4	5	4	4	4	4	3	3	4	4	4	5	3
18	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4	3	5	4
19	5	5	5	5	5	5	3	3	4	4	5	5	4	4	4
20	5	5	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	5	5
21	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	3	4
22	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
23	4	5	4	4	3	4	3	4	3	4	4	5	4	4	5
24	4	5	5	5	4	4	3	3	4	4	4	3	4	4	4
25	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4	3	4	4	3	4
26	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
27	4	4	3	4	3	3	3	2	3	4	4	4	4	3	4
28	5	5	5	4	3	4	3	4	3	4	3	4	5	2	4
29	3	4	3	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	3	4
30	4	5	4	5	4	4	3	3	4	5	3	4	5	3	4
รวม	124	128	117	124	110	115	103	108	110	122	117	121	122	114	119
เฉลี่ย	4.13	4.27	3.90	4.13	3.67	3.83	3.43	3.60	3.67	4.07	3.90	4.03	4.07	3.80	3.97
S.D.	0.43	0.52	0.71	0.51	0.76	0.53	0.73	0.67	0.55	0.52	0.61	0.56	0.45	0.71	0.41

ตาราง 71 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองก่อนเรียน (ต่อ)

ข้อที่															รวม (150 คะแนน)
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	112
2	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	110
4	5	4	5	5	4	4	4	4	4	5	4	3	3	3	125
4	4	4	2	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	112
4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	124
4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	124
4	4	3	3	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	121
4	4	3	3	3	4	4	4	4	3	4	3	3	3	3	106
4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	111
4	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	127
4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	126
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	120
4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	4	4	4	3	4	111
4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	3	5	123
5	5	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	124
4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	112
3	4	4	4	5	3	4	4	4	4	5	4	4	3	4	118
4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	4	124
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	128
5	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	5	143
3	5	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	5	4	4	118
4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	116
5	4	4	4	5	3	4	5	4	4	4	5	3	4	3	121
4	5	4	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	4	4	127
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	115
4	4	4	4	5	4	3	4	4	4	4	4	4	4	5	120
4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	109
3	5	3	3	4	4	3	5	5	5	5	4	3	3	3	116
3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	5	4	4	116
4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3	3	3	114
116	124	118	120	129	121	120	123	124	118	126	123	122	117	118	3573
3.87	4.13	3.93	4.00	4.30	4.03	4.00	4.10	4.13	3.93	4.20	4.10	4.07	3.90	3.93	119.100
0.63	0.57	0.64	0.74	0.60	0.67	0.59	0.48	0.35	0.45	0.48	0.40	0.64	0.61	0.58	7.6354

ตาราง 72 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน

นักเรียน คนที่	ข้อที่														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4	3	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	5	4
2	4	4	5	5	3	3	4	4	4	5	3	4	3	4	3
3	4	4	5	4	5	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4
4	5	5	4	4	4	4	3	4	4	4	4	5	5	5	5
5	5	5	4	4	5	4	3	4	4	5	5	4	5	4	5
6	4	4	4	5	4	4	3	4	4	4	5	5	5	3	5
7	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	3	4
8	5	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
9	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	3	5
10	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	5
11	5	5	4	5	5	4	5	4	4	4	4	5	5	5	4
12	4	4	4	4	5	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
13	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4
14	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	5	5	4	4
15	4	5	4	5	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5
16	5	5	2	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	4	5
17	4	4	4	3	4	3	5	5	4	3	4	4	4	4	3
18	4	5	5	5	4	4	4	3	3	4	4	3	4	3	4
19	5	4	5	5	4	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4
20	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
21	4	4	4	4	4	3	4	4	4	5	5	4	5	4	4
22	3	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4
23	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	5
24	5	4	4	5	3	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4
25	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	5	4
26	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	5	4	4
27	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4
28	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	5
29	4	4	4	5	4	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4
30	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	5	5	5	4	5
รวม	131	132	125	132	123	119	120	125	120	124	130	131	131	118	130
เฉลี่ย	4.37	4.40	4.17	4.40	4.10	3.97	4.00	4.17	4.00	4.13	4.33	4.37	4.37	3.93	4.33
S.D.	0.61	0.56	0.70	0.56	0.66	0.61	0.59	0.53	0.37	0.63	0.66	0.61	0.61	0.64	0.61

ตาราง 72 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน (ต่อ)

ข้อที่															รวม (150 คะแนน)
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
4	4	5	5	5	5	4	4	4	3	4	5	4	4	4	120
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	118
4	4	5	5	5	4	5	5	4	4	4	4	5	4	4	131
4	4	4	5	5	4	4	3	4	4	5	4	4	4	4	127
4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	133
4	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	4	5	5	5	130
4	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	133
5	5	4	4	4	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5	134
5	5	4	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	4	137
5	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	4	4	5	136
5	5	5	5	5	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	139
4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	123
4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4	3	119
5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	132
5	5	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	4	5	4	130
5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	138
4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	5	3	3	121
4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	126
4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5	132
5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	147
5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	134
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	117
5	5	4	4	5	4	5	5	4	4	4	5	4	4	4	131
5	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	129
4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	121
4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	5	124
3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	5	4	4	115
4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	135
4	4	3	3	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	4	122
5	3	5	5	5	4	5	5	5	4	3	4	4	5	5	130
130	128	125	129	138	135	129	131	129	129	133	136	137	132	132	3864
4.33	4.27	4.17	4.30	4.60	4.50	4.30	4.37	4.30	4.30	4.43	4.53	4.57	4.40	4.40	128.80
0.61	0.58	0.46	0.53	0.50	0.51	0.47	0.56	0.47	0.60	0.57	0.51	0.50	0.56	0.62	7.5585

เพื่อให้การอภิปรายผลของผู้วิจัยสามารถอภิปรายให้เห็นภาพรวมได้ชัดเจน ผู้วิจัยจึงขอเสนอ
คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ความสามารถในการทำการทดลองและเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน
แสดงไว้ดังตาราง 73-75

ตาราง 73 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถ
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน

ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	คะแนน เต็ม	คะแนนความสามารถ (n=30)					$\bar{d}$	s_d	t	df	p
		ก่อนเรียน		หลังเรียน							
		$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	ร้อยละ					
1. ทักษะการสังเกต	5	2.57	0.62	3.48	0.27	69.60	0.91	0.67	7.378 [*]	29	.000
2. ทักษะการวัด	5	2.63	0.85	3.49	0.35	69.80	0.86	0.81	5.776 [*]	29	.000
3. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	5	2.50	0.86	3.20	0.28	64.00	0.70	0.85	4.461 [*]	29	.000
4. ทักษะการคำนวณ	5	3.93	1.39	4.36	1.03	87.20	0.43	1.30	1.819 [*]	29	.000
5. ทักษะการทดลอง	5	2.73	0.94	3.46	0.46	69.20	0.73	0.88	4.586 [*]	29	.000
6. ทักษะการจัดกระทำข้อมูล	5	2.37	0.55	3.12	0.30	62.40	0.75	0.67	6.077 [*]	29	.000
7. ทักษะการตีความหมาย	5	2.47	0.73	3.45	0.30	69.00	0.98	0.82	6.528 [*]	29	.000
และการลงข้อสรุป	5	2.33	0.88	3.27	0.43	65.40	0.94	0.80	6.443 [*]	29	.000
ภาพรวม	40	21.53	1.99	27.11	3.99	67.75	5.57	4.17	7.316 [*]	29	.000

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตาราง 74 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน

ความสามารถในการ ทำการทดลอง	คะแนน เดิม	คะแนนความสามารถ (n=30)					$\bar{d}$	s_d	t	df	p
		ก่อนเรียน		หลังเรียน							
		$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	ร้อยละ					
ด้านที่ 1 การวางแผนการ ทดลอง	5	2.47	0.51	3.48	0.46	69.60	1.01	0.29	19.058 [*]	29	.000
2.1 เทคนิคการทดลอง	5	2.60	0.50	3.58	0.30	71.60	0.98	0.32	16.484 [*]	29	.000
2.2 ความคล่องแคล่ว ในการทดลอง	5	2.57	0.50	3.50	0.41	70.00	0.93	0.28	18.387 [*]	29	.000
2.3 ความสะอาดและ ความเป็นระเบียบ	5	2.53	0.51	3.79	0.34	75.80	1.26	0.30	23.195 [*]	29	.000
ด้านที่ 3 การจัดทำรายงาน ผลการทดลอง	5	3.95	0.32	4.12	0.20	82.40	0.17	0.21	4.492 [*]	29	.000
ภาพรวม	25	14.11	1.76	18.46	1.39	73.84	4.35	0.69	34.410 [*]	29	.000

^{*} มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตาราง 75 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน

เจตคติต่อบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ด้านที่	คะแนน เดิม	คะแนน (n=30)					$\bar{d}$	s_d	t	df	p
		ก่อนเรียน		หลังเรียน							
		$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	ร้อยละ					
1. ด้านการแสดงความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	50	38.70	3.19	41.70	3.26	83.40	3.00	3.71	4.424*	29	.000
2. ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนรู้การสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	50	40.00	3.41	43.00	3.29	86.00	3.00	3.15	5.214*	29	.000
3. ด้านการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ไปใช้	50	40.40	3.15	44.10	2.70	88.20	3.70	3.09	6.566*	29	.000
ภาพรวม	150	119.10	7.63	128.80	7.55	85.87	9.70	7.31	7.266*	29	.000

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ภาคผนวก ข

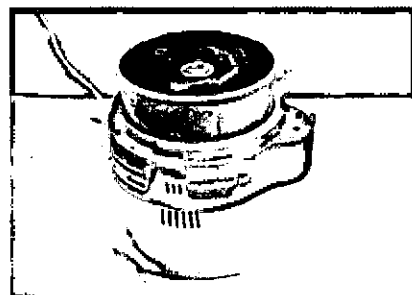
ประมวลภาพประกอบการวิจัย

ประมวลภาพประกอบการวิจัย : การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

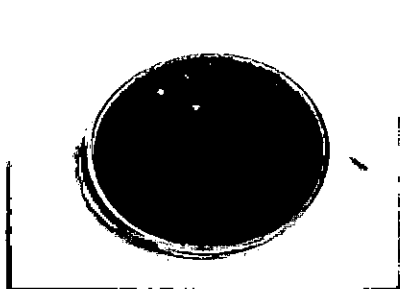
1. ศึกษาการสกัดสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด



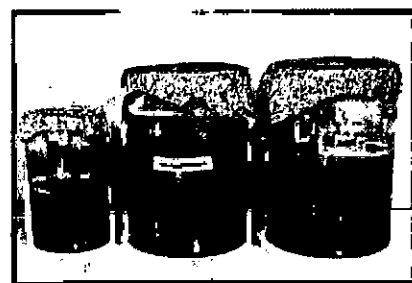
ภาพประกอบ 1 มังคุดอ่อน



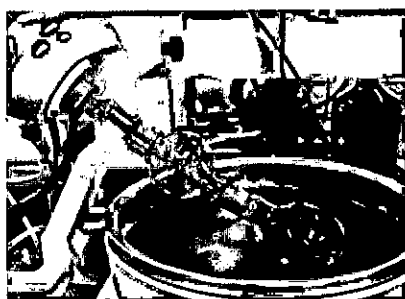
ภาพประกอบ 2 นำมาปั่นให้ละเอียด



ภาพประกอบ 3 มังคุดปั่นละเอียด



ภาพประกอบ 4 สกัดด้วยเอทานอล 95%



ภาพประกอบ 5 ระเหยด้วย
เครื่องระเหยสารโดยการลดความดัน
(rotary evaporator)



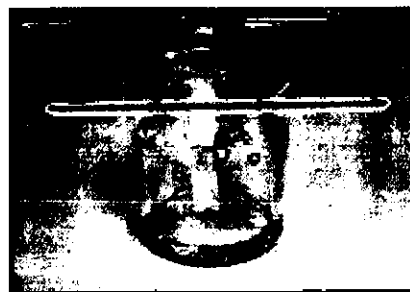
ภาพประกอบ 6 สารสกัดหยาบที่สกัดได้

2. ศึกษาการแยก และทำสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์

2.1 ทารบบตัวชะด้วยโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง (TLC)



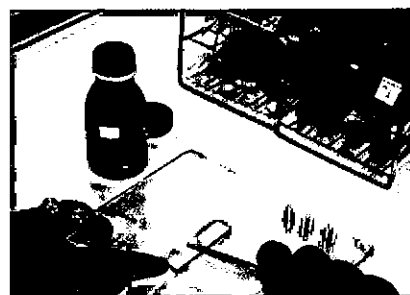
ภาพประกอบ 7 จุดสารบนแผ่นซิลิกาสำเร็จ



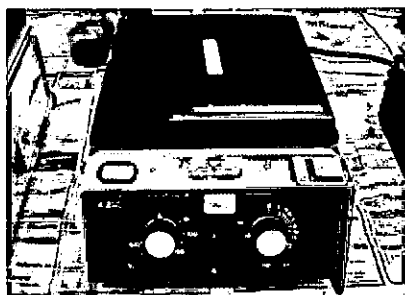
ภาพประกอบ 8 ใส่ในภาชนะอิมมัตว์ด้วย
ตัวทำละลาย



ภาพประกอบ 9 หาดำแหน่งสารด้วย UV



ภาพประกอบ 10 ทาด้วย developing
reagent



ภาพประกอบ 11 ให้ความร้อน



ภาพประกอบ 12 ผลที่ปรากฏใน TLC

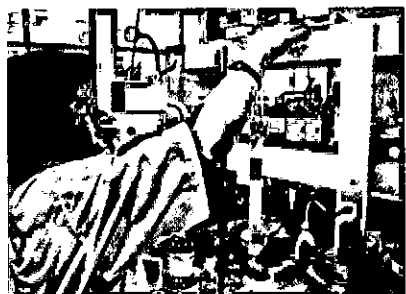
2.2 การแยกสารประกอบแอลฟาแมงโกสตินจากสารสกัดหยาบ (crude)



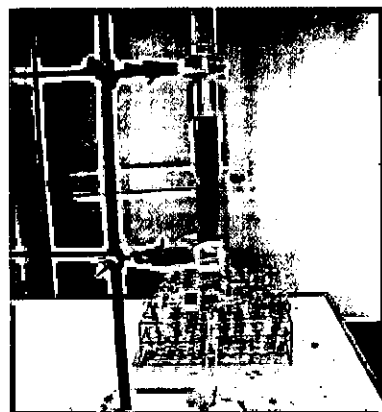
ภาพประกอบ 13 เตรียมสารสกัดหยาบ



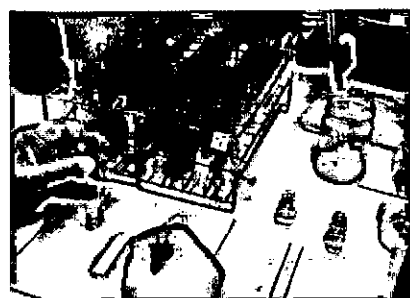
ภาพประกอบ 14 การเตรียมคอลัมน์



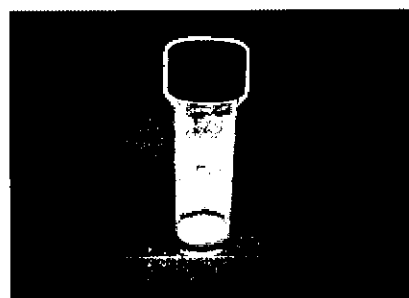
ภาพประกอบ 15 แยกสารในคอลัมน์



ภาพประกอบ 16 แถบสีของสาร
ที่แยกได้ในคอลัมน์

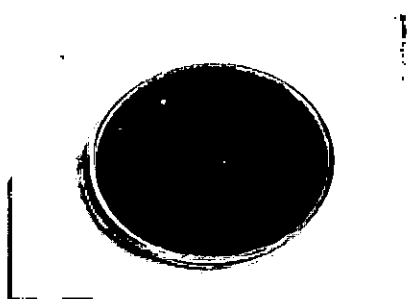


ภาพประกอบ 17 รวมส่วนย่อย (fraction)

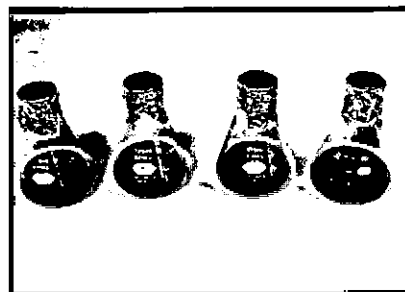


ภาพประกอบ 18 สารประกอบ
แอลฟาแมงโกสตินบริสุทธิ์

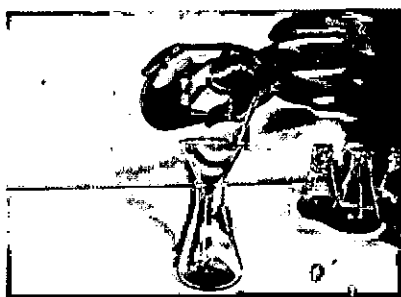
2.3 การเตรียมสารประกอบแซนโทนในบทปฏิบัติการที่ 1



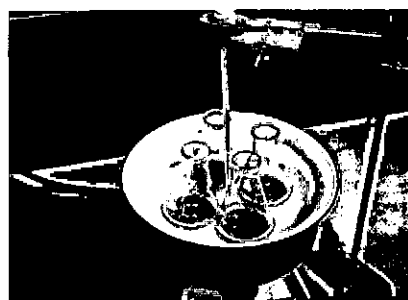
ภาพประกอบ 19 มังคุดปั่นละเอียด



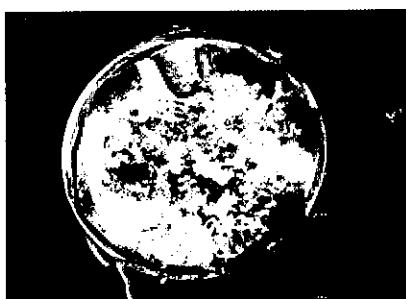
ภาพประกอบ 20 สกัดด้วยเอทานอล 95%



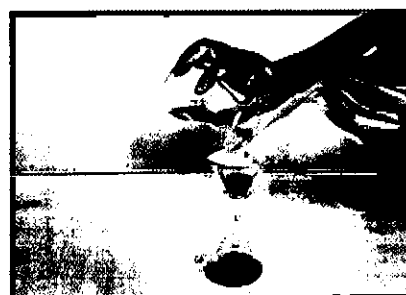
ภาพประกอบ 21 กรอง



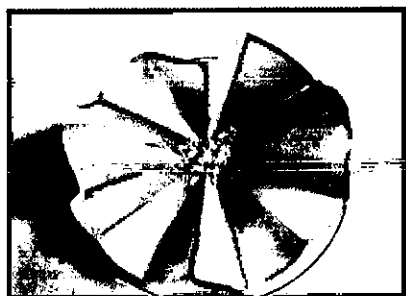
ภาพประกอบ 22 ระเหยในอ่างน้ำร้อน



ภาพประกอบ 23 ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน

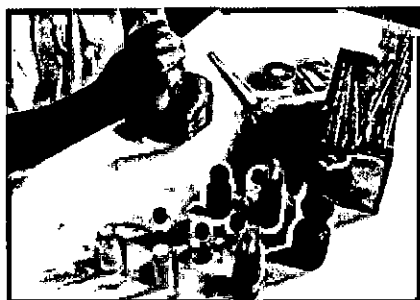


ภาพประกอบ 24 กรองแยกสารออกจาก
สารละลาย



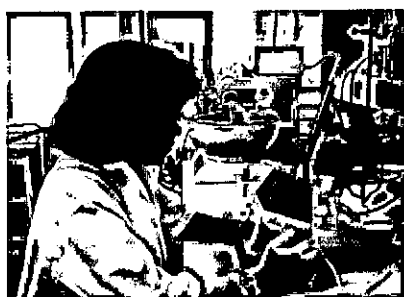
ภาพประกอบ 25 สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้

3. การทดสอบสมบัติของสารประกอบแซนโทน

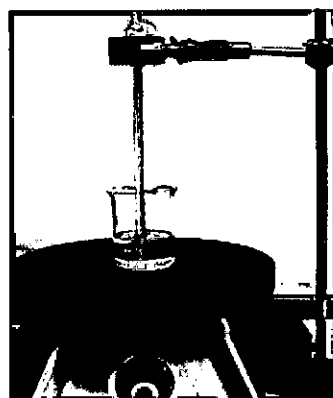


ภาพประกอบ 26 ทดสอบสมบัติของ
สารประกอบแซนโทน

4. การหาจุดหลอมเหลวของสารประกอบแซนโทน



ภาพประกอบ 27 การหาจุดหลอมเหลวโดยใช้
เครื่องหาจุดหลอมเหลวของฟิสสัน(Fisons)



ภาพประกอบ 28 การหาจุดหลอมเหลว
โดยใช้อ่างน้ำมัน (oil bath)

5. การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากมังคุดไปใช้ทำสบู่

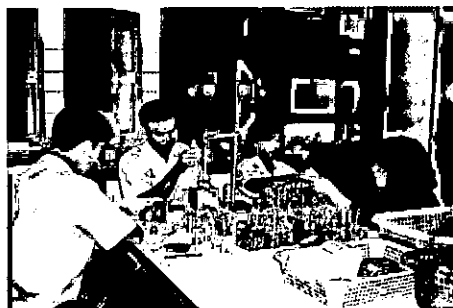


ภาพประกอบ 29 การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากมังคุดไปใช้ทำสบู่

ประมวลภาพประกอบการวิจัย : ทดลองสอนนักเรียนกลุ่มย่อยและนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง



ภาพประกอบ 30 การทดสอบด้วยแบบ
ทดสอบปรนัยกับนักเรียน 110 คน



ภาพประกอบ 31 การทดลองใช้บทปฏิบัติ
การวิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คน



ภาพประกอบ 32 การทดลองใช้บทปฏิบัติ
การวิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่มย่อย 9 คน



ภาพประกอบ 33 การทดลองใช้บทปฏิบัติ
การวิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน



ภาพประกอบ 34 การสอนโดยใช้วิธีสอนแบบปกติกับนักเรียนกลุ่มควบคุม 30 คน



ภาพประกอบ 35 การวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มควบคุม 30 คน



ภาพประกอบ 36 การทดลองใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่มทดลอง 30 คน



ภาพประกอบ 37 การวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลอง 30 คน

ภาคผนวก ฅ

ผลงานนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1

เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

วันที่ทดลอง 10 สิงหาคม 2547 กลุ่มที่ 3 ชั้น 6/7
ชื่อผู้ทดลอง 1. นายณฐกร ปิณฑา เลขที่ 6 หน้าที่
 ** 2. น.ส.ณิชา เลขที่ 34 หน้าที่
 3. น.ส.จิราธิยา เลขที่ 49 หน้าที่

ปัญหา การสกัดด้วยตัวทำละลายและสกัดแยกสารด้วยวิธีตกผลึกใหม่เพื่อทำให้
ผลหยาบได้สารประกอบแซนโทนออกมาหรือไม่

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการสกัดสารประกอบแซนโทนด้วยตัวทำละลายและแยกสารด้วยวิธี
2. ขอบลักษณะสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ ตกผลึกได้
3. อธิบายวิธีการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุดได้
4.

สมมติฐานการทดลอง

การสกัดด้วยตัวทำละลายและสกัดแยกสารด้วยวิธีตกผลึกใหม่เพื่อทำให้ผลหยาบได้สารประกอบแซนโทนออกมา

ผลการทดลอง

น้ำหนักของสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้ 0.1 กรัม

สารละลาย	ผลการทดลอง	
	การสกัด	การตกผลึก
เอทานอล	ได้สารละลายสีเหลือง	-
เอทานอล + น้ำ	-	ได้ของแข็งสีเหลือง

สรุปผลการทดลอง

1. ได้สารประกอบแซนโทนที่เป็นของแข็งสีขาว.....
2. การสกัดสารประกอบแซนโทน สกัดด้วยตัวละลายอินทรีย์
คือ เอทานอล และแยกสารประกอบแซนโทนด้วยตัวทำละลาย
ผสม คือ เอทานอลกับน้ำ.....
3. สารที่ตกตะกอนหลังจากการตกตะกอนได้ในตัวทำละลายที่เฉพาะคือ
คือ เอทานอล การแยกสารด้วยวิธีตกตะกอน เป็นที่แยก
สารที่เป็นของแข็งที่ตกตะกอนในของเหลว โดยให้อิมพัลส์ ที่อุณหภูมิสูง
ตัวทำละลายผสม คือ เอทานอลกับน้ำ.....

ข้อผิดพลาดและข้อเสนอแนะ

คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. เพราะเหตุใดจึงใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในการสกัดสารจากผลมังคุด ถ้าจะใช้ตัว
ทำละลายชนิดอื่นแทนเอทานอลจะได้หรือไม่

เพราะเอทานอลมีคุณสมบัติในการละลายสารได้ก็
ใช้เป็นตัวทำละลายได้.....

11.6.2
3

2. นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไร ในการทำให้การสกัดสารใช้เวลาน้อยลง จงอธิบาย

..... นำสารไปแช่ใน water bath อุณหภูมิไม่เกิน 60° จะใช้เวลา
น้อยลง แทนที่ข้อเสีย คือ อาจร้อนทำให้สารบางตัวสลายไป

3. เหตุใดเมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายจนมีปริมาตรลดลงครึ่งหนึ่งของปริมาตรเดิม จึง

หยดน้ำลงไปในสารละลายเริ่มขึ้น แล้วจึงหยดเอทานอลลงไปอีกจนสารละลายใสพอดี

..... เพราะต้องการให้ตกผลึก เนื่องจากสารประกอบแข็งที่ตกตะกอน
ได้มีในเอทานอล จึงต้องให้ตกผลึกใหม่ทำละลายในตัวทำละลายที่ละลายได้ดีกว่า
กับน้ำ

4. สารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดมีลักษณะอย่างไร นักเรียนจะมีวิธีทำให้
สารนี้บริสุทธิ์ได้อย่างไร

..... เป่าของแข็งให้แห้ง ทำให้บริสุทธิ์โดยการนำไปตกผลึกซ้ำ
หรือโดยวิธีโครมาโทกราฟี

5. จงอธิบายวิธีการสกัด และแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด

..... นำผลมังคุดมาสกัดด้วยสารละลายเอทานอล คือ เอทานอล
และแยกสารประกอบโดยการตกผลึกกับยี่ห้อทำละลายผล
จะหาเอทานอลกับน้ำ

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2

เรื่อง การแยกสารประกอบแซนโทนให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

วันที่ทดลอง 13 ธันวาคม 2547 กลุ่มที่ 11 ชั้น ท. 6/7
ชื่อผู้ทดลอง 1. นายวิฑูรย์ ศิธินันท์ เลขที่ 24 หน้าที่ประจำ
2. ทศพร กิตติขันธ์ เลขที่ 44 หน้าที่ประจำ
* * 3. ทศพร สุทธิกุล เลขที่ 51 หน้าที่ประจำ

ปัญหา. สาเหตุแยกได้ยากสารประกอบแซนโทนที่สกัดจากผลทึงคุดที่องค์ประกอบ
เชิงรีดดิ้นเหนือ

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทดสอบการแยกสารโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษได้
2. อธิบายหลักการแยกสารให้บริสุทธิ์โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษได้
3. ทดสอบและคำนวณค่า R_f ของสารประกอบแซนโทนได้
4.

สมมติฐานการทดลอง

สาเหตุแยกได้ยากสารประกอบแซนโทนที่สกัดจากผลทึงคุด ที่ทดสอบ
ทางโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

ผลการทดลอง

สาร	สารประกอบ	ระยะทางที่เคลื่อนที่ (cm)	ระยะทางที่เคลื่อนที่ (cm)	R _f
1. แอลกอฮอล์	สีเหลือง	4	2.2	0.55
2. สารประกอบแซนโทน	สีเหลือง	0	2.5	0.525

สรุปผลการทดลอง

๑. สารประกอบเรทโททที่องค์ประกอบหลักใหม่ คือ แอลฟาแมงโกสติน ไทโรซีนเบสิก และกรดอะมิโนที่เชื่อมต่อกับโปรตีนที่ช่วย

ข้อผิดพลาดและข้อเสนอแนะ

- จุดสาค่อยๆ ไปด้วย

คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. เหตุใดในการแยกสารด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ จึงต้องทดลองในภาชนะปิด ที่อ้อมตัวด้วยไอของตัวทำละลาย

เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวทำละลายที่เคลื่อนที่อยู่ที่จุดจุดบนแผ่น

2. ค่า R_f ของสารประกอบแซนโทน และสารประกอบแอลฟาแมงโกสติน ที่คำนวณได้ จากการทดลองมีค่าเท่ากันหรือไม่ จงอธิบาย

ใกล้เคียงกัน แสดงว่าทั้งสองสารประกอบเรทโททที่สารประกอบ แอลฟาแมงโกสตินเหมือนกัน

3. นักเรียนจะอย่างไรถ้าต้องการตรวจสอบว่าสารที่แยกได้เพียงองค์ประกอบเดียวนั้นเป็นสารบริสุทธิ์หรือไม่ จงอธิบาย

หากแยกได้โดยเปลี่ยนตัวทำละลายและวัดจุดเดือด
ถ้าได้ค่าเท่าเดิม แสดงว่าสารแท้บริสุทธิ์

4. นักเรียนจงบอกประโยชน์ของการแยกสารโดยใช้วิธีโครมาโทกราฟี มาสัก 2 ข้อ

1. แยกสารผสมออกจากกันที่สภาวะที่ต่างกัน 2. ระบุ
ในขั้นสุดท้ายได้

3. ใช้ในทางนิติเวช เช่น เพื่อหาสารที่พบในศพที่เสียชีวิต
และใช้ทางอุตสาหกรรม เช่น เพื่อหาสารที่ปนเปื้อน โดยดูจากค่า Rf

5. นักเรียนสามารถนำสารที่แยกได้ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษไปใช้ได้อย่างไร
และถ้านักเรียนต้องการแยกสารในปริมาณมากขึ้นจะมีวิธีทำอย่างไร

1. ทำสารที่แยกได้ ให้ติดอยู่กับกระดาษที่แห้งไปหิ้งให้แห้ง ทำละลาย
ที่ในสถานะของเหลว แยกเอากระดาษออกแล้ว ทำสารไปใช้ประโยชน์

2. ถ้าต้องการสารปริมาณมาก ให้ใช้วิธีแยกด้วยเทคนิคการกลั่น

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3
เรื่อง การทดสอบสมบัติของสารประกอบไอออนที่สกัดได้

วันที่ทดลอง ๑ สิงหาคม ๒๕๖๕ กลุ่มที่ ชั้น ม.๖/๕
 ชื่อผู้ทดลอง * 1. นาย อรรถพร น้อยกัน เลขที่ ๕๐ หน้าที่
 2. นาย สกฤษฎ์ ก้อนมอ เลขที่ ๕๕ หน้าที่
 3. นส. สุวิมล อิ่มจันทร์ เลขที่ ๕๔ หน้าที่

ปัญหา 1. สารประกอบไอออนในสารอินทรีย์ชนิดนี้ ทำอะไรได้
 2. สารประกอบไอออน มีสมบัติในการทำอะไร 3. สารประกอบไอออนมีคุณสมบัติเฉพาะ และ
จุดประสงค์การทดลอง 4. สารประกอบไอออนมีคุณสมบัติอย่างไร ของการทดลอง
 1. ... การทดสอบสมบัติการละลาย ... ความสามารถในการละลาย ของสารประกอบไอออนได้
 2. ... ทดสอบการทดลอง ... ของสารประกอบไอออน
 3. ... ทดสอบ ... ของสารประกอบไอออนได้
 4. ... ทดสอบ ... ของสารประกอบไอออนได้
 5. ... ทดสอบ ... ของสารประกอบไอออนได้

สมมติฐานการทดลอง

1. สารประกอบไอออนในสารอินทรีย์ชนิดนี้
 2. สารประกอบไอออน มีสมบัติในการทำอะไร
 3. สารประกอบไอออนมีคุณสมบัติเฉพาะ และ
 4. สารประกอบไอออนในสารประกอบไอออน
 5. สารประกอบไอออนในสารประกอบไอออน
 6. สารประกอบไอออนในสารประกอบไอออน

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1

ทดสอบสมบัติการละลาย
 ทดสอบสมบัติการละลาย
 ทดสอบสมบัติการละลาย

ชื่อสารที่ทดสอบ		ผลการทดสอบการละลาย	ทดสอบหาตัวการตามลิ้น	
			น้ำ	แอล.
1	เอทานอล	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย
2	เอทิลเอซิเตต	ละลายได้ดี	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย
3	เอทานอล	ละลายได้ดี	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย
4	น้ำ	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย
5	5% HCl	ไม่ละลาย	-	-
6	5% NaOH	ละลายได้ดี	-	-

ตอนที่ 2

สาร	อุณหภูมิ (°C)		จุดเดือด (°C)	จุดหลอมเหลว (°C)
	เริ่มกลั่น	กลั่นหมด		
สารประกอบ ไฮโดรเจน	163	167	1	165

ตอนที่ 3

สารที่ใช้ทดสอบ		ผลการทดสอบ			
		น้ำมูรสีน	$FeCl_3$	ซิลิกไนเตรต สีเหลือง	2,4-ไดไนโตร เฟนิลไฮดรอกซี
1	สารประกอบไฮโดรเจน	ตกอนสีน	สารสีน้ำเงิน หรือ ชม	ตกอนสี น้ำเงิน	ตกอนสี เหลือง
2	ไอออน	ไม่เปลี่ยนผล	ไม่เปลี่ยนผล	ตกอนสีเหลือง	ไม่เปลี่ยนผล
3	สีน	ตกอนสีน	สารสีน้ำเงิน หรือ ชม	ตกอนสีน้ำเงิน	ไม่เปลี่ยนผล
4	เมทิล	ไม่เปลี่ยนผล	ไม่เปลี่ยนผล	ไม่เปลี่ยนผล	ไม่เปลี่ยนผล
5	ไฮโดร	ไม่เปลี่ยนผล	ไม่เปลี่ยน ผล	ไม่เปลี่ยน ผล	ตกอนสี เหลือง

ตอนที่ 4

ใบคำนวณราคา		
การคำนวณราคา	Qty + หน่วย	คำนวณราคา + ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ
ค่าจ้าง/ค่าเช่ารถ	ค่าจ้าง/ค่าเช่า	ค่าจ้าง/ค่าเช่า
(ค่าจ้าง/ค่าเช่ารถ 1 คัน)	ค่าจ้าง/ค่าเช่า	ค่าจ้าง/ค่าเช่า

สรุปผลการทดลอง

1. การคำนวณราคาเช่ารถ เป็นรถสิบล้อ 1 คัน ค่าเช่า 100 บาท ค่าจ้างคนขับรถ 1 คน ค่าเช่ารถ 1 คัน
2. การคำนวณราคาเช่ารถ เป็นรถสิบล้อ 1 คัน ค่าเช่า 100 บาท ค่าจ้างคนขับรถ 1 คน ค่าเช่ารถ 1 คัน
3. การคำนวณราคาเช่ารถ เป็นรถสิบล้อ 1 คัน ค่าเช่า 100 บาท ค่าจ้างคนขับรถ 1 คน ค่าเช่ารถ 1 คัน
4. การคำนวณราคาเช่ารถ เป็นรถสิบล้อ 1 คัน ค่าเช่า 100 บาท ค่าจ้างคนขับรถ 1 คน ค่าเช่ารถ 1 คัน

ข้อผิดพลาดและข้อเสนอแนะ

คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. สารประกอบแซนโทนละลายในตัวทำละลายชนิดใด และมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส เพราะเหตุใด

ละลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น น้ำ เพราะเป็นกรดอ่อนๆ มีค่า pKa ประมาณ 10.3
มีคุณสมบัติให้ผลด่าง เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดได้ เช่น $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_4(\text{O}^-)_2 + \text{H}_2\text{O}$
เป็นไอโซเมอร์กับคาร์บอนิลควีนอน

4

2. สารประกอบแซนโทนที่นักเรียนสกัดได้ มีช่วงจุดหลอมเหลวเป็นอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

มีช่วงจุดหลอมเหลวแคบๆ เกือบไม่พบจุดหลอมเหลวที่แท้จริง เพราะเป็นสารที่มีโครงสร้างโมเลกุลที่สมมาตรสูง ทำให้มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่แข็งแรง
สารประกอบแซนโทนที่พบในธรรมชาติมีชื่อคือ "สารประกอบแซนโทน" มีจุดหลอมเหลว 192 - 193 °C

5

3. เหตุใดในการทดสอบหาหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทน จึงต้องเปรียบเทียบผลการทดลองกับตัวทำละลายที่ใช้

การทดสอบหาหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแซนโทน ต้องเปรียบเทียบผลการทดลองกับตัวทำละลายที่ใช้ เรียกว่า การทำ Blank test

5

4. สารประกอบแซนโทนให้ผลการทดสอบกับสาร หรือรีเอเจนต์ใดได้บ้าง จงอธิบาย

เมื่อทำการทดสอบสารประกอบแซนโทน ด้วยรีเอเจนต์ สารประกอบไอโอดีน (I₂) สารประกอบสีม่วง โปแตสเซียมไอโอไดด์ และ สารประกอบ 2,4-ไดไนโตรเฟนอล ผลการทดสอบได้ดังนี้ สารประกอบแซนโทนให้ผล การทดสอบเป็นสีม่วงกับไอโอดีน และ สารประกอบ 2,4-ไดไนโตรเฟนอลให้ผล การทดสอบเป็นสีเหลืองกับไอโอดีน และ สารประกอบแซนโทนให้ผล การทดสอบเป็นสีเหลืองกับ 2,4-ไดไนโตรเฟนอล

5. เมื่อทดสอบสารประกอบแซนโทนด้วยปฏิกิริยาไซยานิดิน ผลการทดสอบเป็นอย่างไร

ถ้านักเรียนต้องการทดสอบสารตัวอย่างว่าใช้สารประกอบแซนโทนหรือไม่ จะมีวิธีการอย่างไร

เมื่อทดสอบสารประกอบแซนโทน ด้วยปฏิกิริยาไซยานิดิน จะได้สารประกอบสีแสด จนถึงสีม่วง ซึ่งสามารถทดสอบสาร ตัวอย่างอื่นได้ เช่น สารประกอบแซนโทนหรือไม่ โดยทำการทดสอบ ไม่ทำปฏิกิริยากับไซยานิดิน แต่มีสีชมพู และ การไม่มีโครงสร้างที่เหมือนกัน จากนั้นเติมน้ำ และ ผลการทดสอบออกสี หรือ สีชมพูออกมา ไม่ทำปฏิกิริยากับแซนโทน จะได้สารประกอบสีแสด จนถึงสีม่วง

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4
เรื่อง การนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุดไปใช้ทำสบู่

วันที่ทดลอง..... 5 กย. 47..... กลุ่มที่ 12..... ชั้น 6/7.....

ชื่อผู้ทดลอง * 1. ท. ศ. จักร์เพ็ญ..... นางสาว..... เลขที่ 37..... หน้าที่.....

2. ท. ศ. สัมพรภรมา..... นวเข้ม..... เลขที่ 33..... หน้าที่.....

3. นาย..... ดช. จก..... พัสด..... เลขที่ 35..... หน้าที่.....

ปัญหา..... สารประกอบแซนโทนที่สกัดมาใช้ทำสบู่ได้หรือไม่.....

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเตรียมสบู่ และทำสารประกอบแซนโทนที่สกัดมาใช้ทำสบู่ได้
2. จดหมายและเขียนผลการแสดงปฏิกิริยาการเตรียมสบู่ได้
3. จดหมายและทดสอบสมบัติของสบู่ได้

สมมติฐานการทดลอง

สบู่ที่เตรียมได้จากปฏิกิริยาของน้ำมันพืชกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีสมบัติเป็นด่าง ค่า pH ได้ดี และสามารถนำสารประกอบแซนโทนที่สกัดได้จากผลมังคุด มาเป็นส้อมสบู่ได้

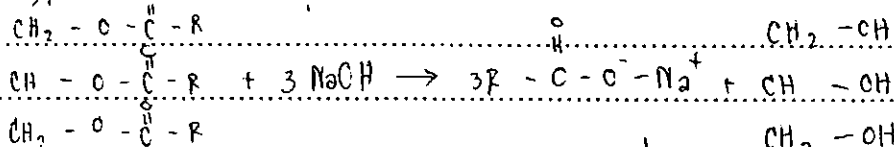
ผลการทดลอง

สบู่ที่ได้จะมีลักษณะเป็น สีขาว มีกลิ่นอ่อนๆ มีค่า pH ≈ 9
 เมื่อทดสอบพบว่าสบู่ที่ได้สามารถนำสารที่สกัดได้ คือ สารแซนโทน

สรุปผลการทดลอง

1. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่สกัดได้ สามารถนำมาสังเคราะห์เพื่อเตรียมสารประกอบอื่นได้

2. ปฏิกิริยาที่เตรียมสารเรียกว่า "สมอห์เพกซ์" โดยสังเคราะห์



3. สมบัติที่มีลักษณะเป็นของแข็ง สีเหลืองอ่อน เมื่อละลายน้ำแล้วเกิดฟอง
จับตัวกันเป็นก้อน มีค่า pH ≈ 8

ข้อผิดพลาดและข้อเสนอแนะ

คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

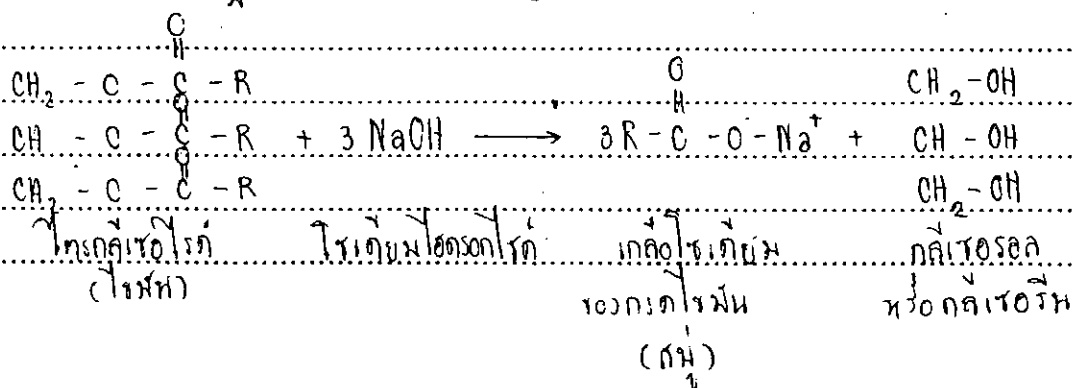
1. สารที่เตรียมได้มีลักษณะ และสมบัติอย่างไร จงอธิบาย

มีลักษณะเป็นของแข็ง สีเหลืองอ่อน

ค่า pH ≈ 8

2. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำมันพืชกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เรียกว่า
ปฏิกิริยาอะไร จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้

ปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชัน



3. เหตุใดจึงต้องอุ่นให้น้ำมันร้อนอุณหภูมิใกล้เคียงกับสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ ก่อน จึงค่อยเติมสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ลงในน้ำมัน
เพื่อให้เห็นสมรรถภาพเมื่อก่อนได้เร็วขึ้น

4. การเติมสารละลายของสารประกอบแซนโทนในเอทานอลลงไปในสบู่ เพื่อวัตถุประสงค์ใด จงบอกเหตุผล

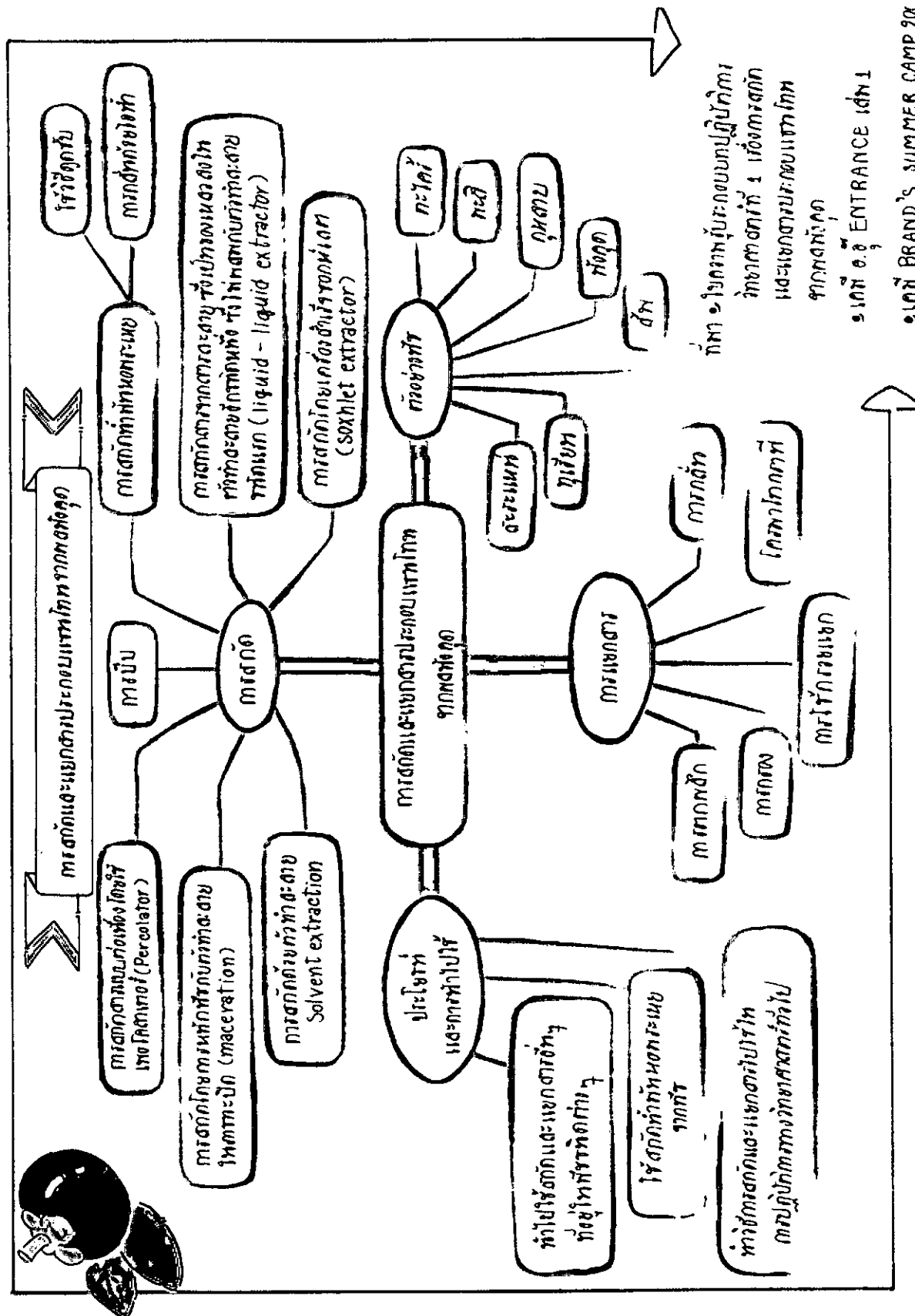
เพื่อเพิ่มคุณภาพสบู่ ให้สามารถมีสรรพคุณรักษาผิวได้

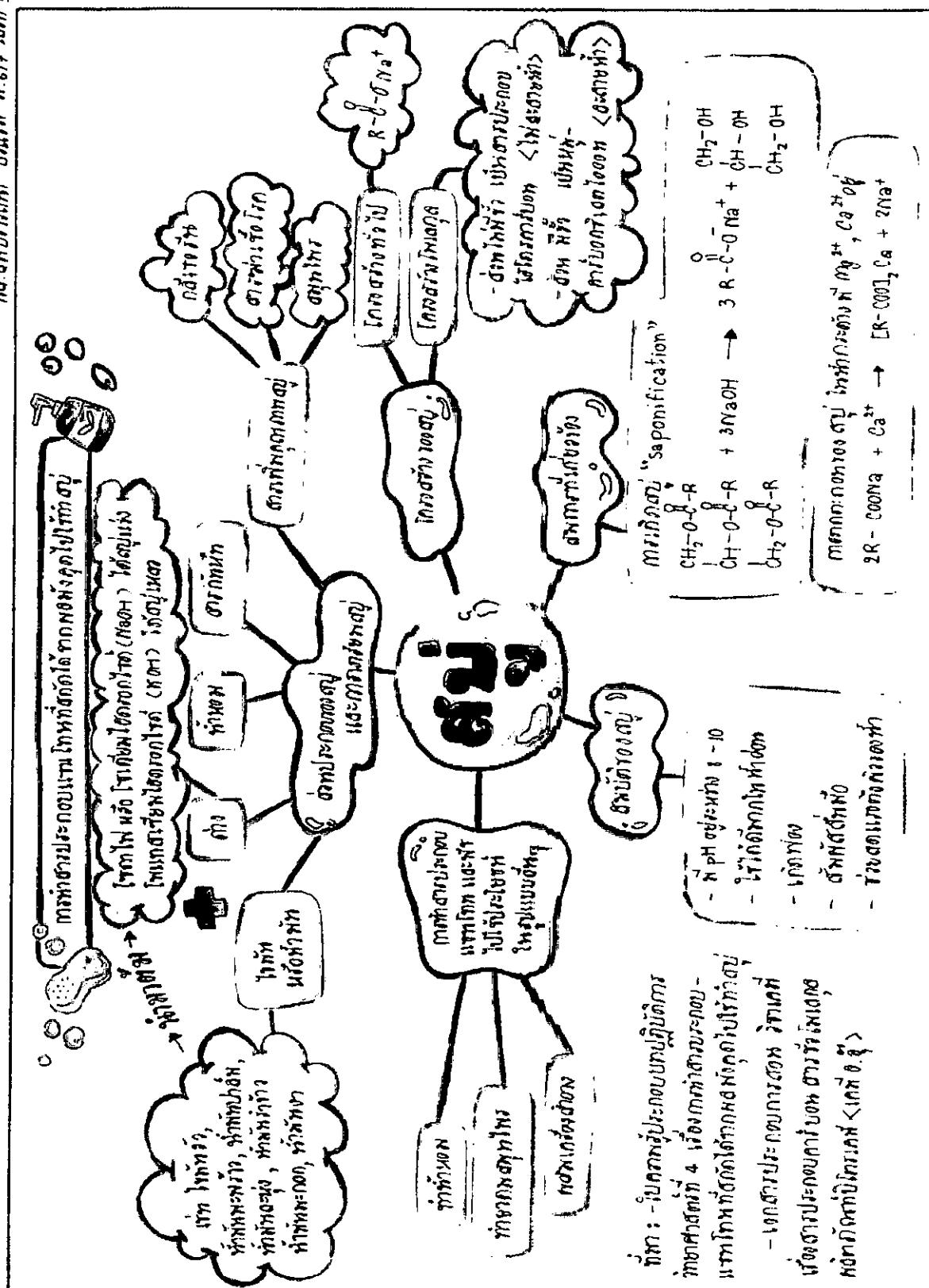
5. สบู่ที่ดีควรมีสมบัติอย่างไร

ค่า pH ระหว่าง 8-10 เพื่อให้ผิวหนังที่สัมผัสสบู่ ภายหลังล้างออกสามารถปรับสภาพกลับเป็นเดิมอย่างรวดเร็ว ไม่ระคายเคือง
ใช้ได้ดีทุกสภาพอากาศ และสามารถใช้ประโยชน์ได้ง่ายโดยลูกค้าทั้งใน
ธรรมชาติ ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

6. การใช้สบู่ซักล้างมีข้อจำกัดหรือไม่ อย่างไร

มี สบู่จะมีประสิทธิภาพลดลงหากกรด (คาร์บอเนต Mg^{2+} , Ca^{2+})
ทำให้สบู่เกิดตะกอนกับ Mg^{2+} , Ca^{2+} จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพลดลง
ไม่ได้ผลเท่าที่ควร และทำให้มีน้ำหรือตะกอนเกิดขึ้น เรียก โคคัส





ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นางพรทิพย์ วงษ์นาป่า
วันเดือนปีเกิด	23 กันยายน 2500
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 39/1 ซอยอมร 2 อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ 2 ระดับ 7
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2516	มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศรียานุสรณ์ จังหวัดจันทบุรี
พ.ศ. 2518	ป.กศ. ดัน วิทยาลัยครูจันทบุรี
พ.ศ. 2520	ป.กศ. สูง วิทยาลัยครูสวนดุสิต
พ.ศ. 2526	กศ.บ.(เคมี) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2548	กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร