การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ : กรณีศึกษาโรงเรียนปราโมทวิทยา รามอินทรา

DEVELOPMENT OF THE SCIENTIFIC PROCESS SKILL BY USING SCIENCE EXPERIMENT SCIENCE ACTIVITIES AS LEARNING SUPPLEMENT : CASE STUDY AT PRAMOTEWITTAYA RAMINTRA SCHOOL

ธนภรณ์ ก้องเสียง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 : กรณีศึกษาโรงเรียนปราโมทวิทยารามอินทรา

ธนภรณ์ ก้องเสียง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ : กรณีศึกษาโรงเรียนปราโมทวิทยา รามอินทรา

Development of the Scientific Process Skill by using Experiment Science Activities as Learning Supplement: Case Study at Pramotewittaya Ramintra School

ชื่อ – นามสกุล นางสาวธนภรณ์ ก้องเสียง

สาขาวิชา เทคโนโลยีการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์รินรดี ปาปะใน, ค.ด.

ปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทธิพร บุญส่ง, ศษ.ด.)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์โกศล มีคุณ, กศ.ด.)

..... กรรมการ

(อาจารย์รสริน เจิมไธสง, ค.ด.)

..... กรรมการ

(อาจารย์รินรดี ปาปะใน, ค.ด.)

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทธิพร บุญส่ง, ศษ.ด.)

วันที่ 11 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2558

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ : กรณีศึกษาโรงเรียนปราโมทวิทยารามอินทรา
ชื่อ-นามสกุล นางสาวธนภรณ์ ก้องเสียง
สาขาวิชา เทคโนโลยีการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์รินรดี พรวิริยะสกุล, ค.ด.
ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง 2) ศึกษาความคงทนทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้ร่วมกิจกรรมโดยใช้กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนปราโมทวิทยารามอินทรา จำนวน 50 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง แบบวัดความรู้พื้นฐาน และแบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่า t – test dependent

ผลการวิจัยพบว่า ผลการวัดความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์นักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ มีความรู้พื้นฐานหลังร่วมกิจกรรมมีคะแนนเฉลี่ย 18.21 และเมื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผู้ร่วมกิจกรรมมีระดับความพึงพอใจในกิจกรรมเรื่องอุปกรณ์การทดลองและวิทยากรมากที่สุด

คำสำคัญ: ทักษะกระบวนการขั้นสูง การทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

Thesis Title	Development of the Scientific Process Skill by using Science Experiment Activities as Learning Supplement: Case Study Pramotewittaya Ramintra School
Name – Surname	Miss Thanaporn Kongsiang
Program	Technology in Curriculum Research and Development
Thesis Advisor	Miss Rinradee Pornviriyasakul, Ph.D
Academic Year	2015

ABSTRACT

The aims of this case study are 1) to compare different advance science process skills, 2) to investigate the development of science process skills and 3) to find out participants' satscience experiments as additional learning activity.

The samples are 50 students randomly selected from the seventh grade studying at Pramotewitthaya Ramintra School. Research instruments employed were advanced science process skills assessment, basic knowledge assessment and satisfaction questionnaire. Data collected were analysis by descriptive statistic and t-test.

The results showed that students who participated in science experimental science activities as learning supplement gained better basic knowledge with an average score of 18.21 out of 25. The comparison between different advance science process skills was statistically significant at 0.05 whereas participants satisfied highly with laboratory apparatus activities and the guest speakers

Keywords: advanced science process skills, experimental science activities as learning supplement

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาของ ดร.รินรดี พรวิริยะสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิพร บุญส่ง ประธานกรรมสอบวิทยานิพนธ์ ดร.รสริน เจิมไชสงและรองศาสตราจารย์ ดร.โกศล มีคุณ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าของท่านในการให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ ตลอดจนการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ นางกรรณิการ์ เฉิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัตน์ ทานาค อาจารย์พีร์ดา จิตนุยานนท์ อาจารย์พรทิพย์ สกลกุล และอาจารย์สิริน ธะประวัติ ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยตลอดจนให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครู และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนปราโมทย์วิทยารามอินทราปีการศึกษา 2556 แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติ ๆ ที่คอยให้คำปรึกษา สนับสนุนกำลังทรัพย์ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ สาขาวิชาเทคโนโลยีการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรและบุคคลที่ผู้วิจัยมีความผูกพันซึ่งได้คอยไถ่ถามถึงความคืบหน้าของวิทยานิพนธ์ ห่วงใยสุขภาพ และเป็นกำลังใจของผู้วิจัยตลอดมา คุณค่าทั้งหลายที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บิดามารดา บูรพาจารย์และญาติสนิทมิตรสหายที่ให้ความรู้ ความรัก ความเมตตาและสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยตลอดมา

ธนภรณ์ ก้องเสียง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (4)

กิตติกรรมประกาศ (5)

สารบัญ (6)

สารบัญตาราง (8)

สารบัญภาพ (9)

บทที่ 1 บทนำ 10

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 10

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 12

1.3 สมมติฐานการวิจัย 12

1.4 ขอบเขตการวิจัย 13

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย 14

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ 14

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย 16

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

2.1 กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ 17

2.2 การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 19

2.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 39

2.4 ความพึงพอใจ 48

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 52

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 57

3.1 การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง 57

3.2 ระเบียบวิธีวิจัย 57

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 58

3.4 การสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 58

3.5 วิธีดำเนินการวิจัย 60

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล 61

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล 61

บทที่ 4 ผลการวิจัย 63

4.1 ผลเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 63

4.2 ผลการศึกษาพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง 64

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจ 67

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 69

5.1 สรุปผลการวิจัย 69

5.2 อภิปรายผลการวิจัย 70

5.3 ข้อเสนอแนะ 71

บรรณานุกรม 74

ภาคผนวก 78

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ 79

ภาคผนวก ข คู่มือกิจกรรมการทดลอง 81

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ 135

ประวัติผู้วิจัย 142

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สรุปการเปรียบเทียบรูปแบบการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทั้ง 3 แบบ 27
ตารางที่ 2.2 แสดงแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม 32
ตารางที่ 2.3 แสดงการประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 45
ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยรวมก่อนและหลังร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ 64
ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ 65
ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังร่วม กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ 66
ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจต่อกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ 67
ตารางที่ 4.5 จำนวนและร้อยละของความประทับใจต่อกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ 68

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 14
ภาพที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงก่อนและหลังร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ 66

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในยุคที่โลกมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคน ทั้งในการดำรงชีวิตประจำวันและงานในอาชีพต่างๆ เครื่องมือเครื่องใช้ ตลอดจนผลผลิตต่างๆ ที่อำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานล้วนเป็นผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ หรือแก้ปัญหาอย่างสม่ำเสมอ ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เกิดผลผลิตหรือผลิตภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ที่แปลกใหม่ และมีคุณค่าต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มากขึ้น

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการพัฒนาผู้เรียนให้ได้รับทั้งความรู้ กระบวนการและเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ การได้รับการส่งเสริม กระตุ้นให้สนใจเรียนวิทยาศาสตร์ มีความสงสัยเกิดคำถามเกี่ยวกับโลกธรรมชาติรอบตัว มีความมุ่งมั่น และมีความสุขที่จะศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้เพื่อรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผลนำไปสู่คำตอบของคำถาม สามารถตัดสินใจด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล สามารถสื่อสารคำถาม คำตอบ ข้อมูล และสิ่งที่ค้นพบจากการเรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาในแต่ละครั้ง จะมีความน่าเชื่อถือหรือไม่ นอกเหนือจากการที่ผู้ศึกษาหาความรู้ดังกล่าวจะใช้วิธีการที่น่าเชื่อถือแล้ว ตัวผู้ศึกษาหาความรู้เองจะต้องมีทักษะหรือความสามารถในการที่จะให้การดำเนินการศึกษาหาความรู้ในครั้งนั้น มีความราบรื่น ข้อมูลที่ได้ในแต่ละขั้นตอนมีความน่าเชื่อถือ และเนื่องจากเราถือว่ามนุษย์มีความแตกต่างกันในความถนัดและความสามารถที่ติดตัวมาแต่กำเนิด แต่ไม่ได้หมายความว่า ความแตกต่างดังกล่าวจะไม่สามารถปรับปรุงหรือพัฒนาได้ จากผลการศึกษาในปัจจุบันพบว่า ความสามารถหรือทักษะต่างๆ สามารถฝึกฝนและพัฒนาเพื่อให้เกิดความชำนาญได้ ดังนั้น การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความชำนาญสามารถเลือกใช้ทักษะต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม ในการแก้ปัญหาแต่ละด้านก็สามารถทำได้เช่นกัน (พันธ์ ทองชุมนุม, 2547 น. 36)

จากการประเมินด้านประสิทธิภาพการจัดการศึกษาของ International Institute for Management Development : IMD ซึ่งเป็นหน่วยงานที่จัดทำรายงานการจัดอันอับความสามารถใน

การแข่งขันของประเทศต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปีเป็นรายงานที่ได้รับการยอมรับจากนานาประเทศ ฉบับล่าสุด 2557 พบว่า ประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 29 จาก 60 ประเทศ เมื่อเทียบกับในปี 2556 ลดลงไป 2 อันอับในขณะที่ประเทศเพื่อนบ้านอันดับเพิ่มขึ้น IMD ในช่วงปี 2548 – 2554 ส่วนการประเมินด้านคุณภาพการศึกษาของ IMD ในช่วง 2552-2554 พบว่า การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในโครงการ PISA 2009 ของเด็กอายุ 15 ปี ยังคงได้คะแนนต่ำกว่าครึ่งอยู่อันดับที่ 44 จาก 53 ประเทศ และการประเมินด้านประสิทธิภาพการจัดการศึกษาของ IMD ในปี 2554 พบว่า การจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนยังมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินคุณภาพและมาตรฐานทางการศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศในภาพรวมของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินการศึกษา ในปีงบประมาณ พุทธศักราช 2553-2554 พบว่า ด้านผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อยู่ในเกณฑ์ต่ำ ขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ และขาดทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตัวเอง ด้านครูขาดการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ดังนั้น เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้โดยจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมมากที่สุด ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตัวเองจัดเป็นแนวทางในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อีกทางหนึ่ง (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินการศึกษา, 2554)

การจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้ทั้งในและนอกห้องเรียนโดยการนำกิจกรรมเสริมศึกษาต่าง ๆ เช่น เกมส์วิทยาศาสตร์ การแสดงบทบาทสมมติ การทดลองวิทยาศาสตร์ มาช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ และประสบการณ์ของตนเอง ซึ่งองค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ (อพวช.) จัดเป็นแหล่งเรียนรู้ตามอัธยาศัย นอกห้องเรียนที่เปิดโอกาสให้คนทุกเพศทุกวัยเข้ามาศึกษาหาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ภายในมีนิทรรศการเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หลายสาขา กิจกรรมวิทยาศาสตร์อีกหลากหลายกิจกรรม หนึ่งในกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่เสริมสร้างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นอกห้องเรียนที่เปิดให้บริการเป็นประจำทุกวันทำการ คือ กิจกรรมห้องทดลองวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่จัดขึ้นเพื่อกระตุ้นและสร้างความตระหนักในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การทดลองวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้สนใจและประชาชนได้มีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง ผู้ร่วมกิจกรรมจะมีส่วนร่วมในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การกล้าแสดงออก กระตุ้นให้เกิดความสนใจในการพัฒนาการเรียนรู้ความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ที่ทดลอง และสามารถอธิบายผลการทดลองได้ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่สังคมแห่งการเรียนรู้ และสังคมวิทยาศาสตร์ต่อไป

จากการศึกษาข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์ขององค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติในช่วงปี 2551 – 2555 พบว่า ผู้เข้าร่วมกิจกรรมให้ความสนใจในกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์แต่ยังขาดการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป ซึ่งเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ดังนั้น หากกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์มีสถานการณ์ที่เร้าความสนให้ผู้ร่วมกิจกรรมอยากค้นหาคำตอบผ่านกิจกรรมโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์แล้ว จะส่งเสริมให้ผู้ร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ด้านวิทยาศาสตร์ พัฒนาเจตคติด้านต่าง ๆ ได้ (องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ, 2554)

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจนำกิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ซึ่งผู้วิจัยได้ร่วมพัฒนาขึ้นมาภายใต้การกำกับดูแลขององค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่ชาติใช้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง เพื่อให้ผู้ร่วมกิจกรรมเกิดความรู้และสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์ยิ่งขึ้น อันจะส่งผลให้ผู้ร่วมกิจกรรมได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้ร่วมกิจกรรมก่อนและหลังร่วมกิจกรรมโดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

1.2.2 เพื่อศึกษาความคงทนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้ร่วมกิจกรรมภายหลังการใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

1.2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ร่วมกิจกรรมที่มีต่อการจัดกิจกรรมพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

1.3 สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยใช้กิจกรรมการทดลองเสริมการเรียนรู้กรณีศึกษาโรงเรียนปราโมทวิทยารามอินทรา มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงเพิ่มขึ้น และผู้ร่วมกิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้มีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1.4.1 ขอบเขตด้านประชากร

1.4.1.1 ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมเรียนรู้ที่ที่กำลังศึกษาอยู่ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึงเดือนกันยายน 2556 จำนวน 500 คน

1.4.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนปราโมชวิทยารามอินทรา จำนวน 2 รอบ รอบละ 50 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster sampling) โดยการจับฉลาก

1.4.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาที่เป็นไปตามรูปแบบการพัฒนากิจกรรมภายใต้ควบคุมดูแลขององค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติโดยมีเนื้อหาที่ครอบคลุมทางด้านวิทยาศาสตร์ ทางเคมี ฟิสิกส์ และคณิตศาสตร์

1.4.3 ตัวแปรที่ศึกษา

1.4.3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

1.4.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

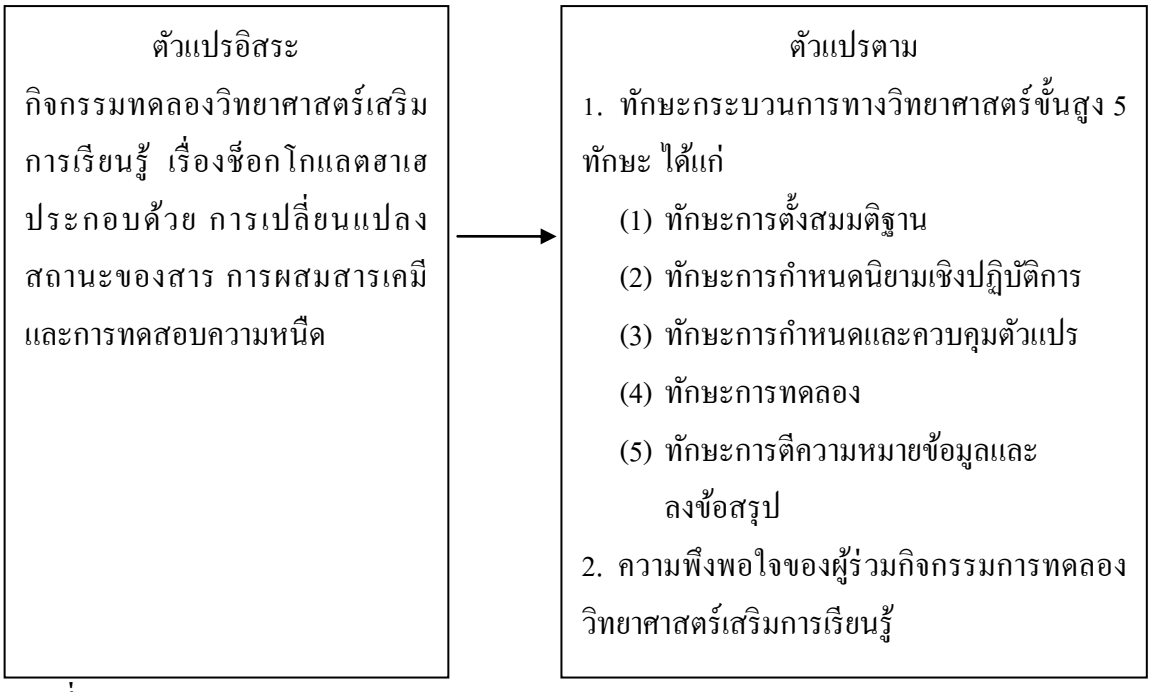
1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง 5 ทักษะ คือ (1) ทักษะการตั้งสมมติฐาน (2) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (3) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (4) ทักษะการทดลอง และ (5) ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป

2) ความพึงพอใจของผู้ร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

1.4.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ดำเนินการวิจัยในระหว่างเดือนสิงหาคม ถึงเดือนกันยายน 2556 เวลาที่ใช้ในการทดลองจำนวน 2 เดือน โดยจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 ทักษะกระบวนทางการวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการคิดและปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จนเกิดความชำนาญและความคล่องแคล่วในการใช้เพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตลอดจนวิธีการเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 13 ทักษะ แบ่งเป็นทักษะขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ และ ทักษะขั้นสูง 5 ทักษะ ดังนี้

1.6.1.1 ทักษะขั้นพื้นฐานประกอบด้วย 8 ทักษะ

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

1.6.1.2 ทักษะขั้นสูง 5 ทักษะ

1) ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating hypothesis) หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้นๆ ต่อไป สมมติฐานเป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเน ซึ่งอาจเป็นคำอธิบายของสิ่งที่ไม่สามารถตรวจสอบโดยการสังเกตได้ หรืออาจเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ที่คาดคะเนว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ข้อความของสมมุติฐานนี้สร้างขึ้นโดยอาศัยการสังเกตความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน การคาดคะเนคำตอบที่คิดล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบ หรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน ข้อความของสมมุติฐานต้องสามารถทำการตรวจสอบโดยการทดลองและแก้ไขเมื่อมีความรู้ใหม่ได้

2) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตและวัดได้ คำนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นความหมายของคำศัพท์เฉพาะ เป็นภาษาง่าย ๆ ชัดเจน ไม่กำกวม ระบุสิ่งที่สังเกตได้ และระบุการกระทำซึ่งอาจเป็น การวัด การทดสอบการทดลองไว้ด้วย

3) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมุติฐานหนึ่ง การควบคุมตัวแปรนั้นเป็นการควบคุมสิ่งอื่นๆนอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือนกัน

4) ทักษะการทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบด้วย กิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ (1) การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีการดำเนินการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดวิธีดำเนินการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร และวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการทดลอง (2) การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริงๆ และ (3) การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลของการสังเกต การวัด และอื่นๆ

5) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting data and conclusion) หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิหรือรูปภาพต่างๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการเอา

ความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมด สรุปให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตของการทดลองนั้น ๆ

1.6.2 กิจกรรมเสริมการเรียนรู้ หมายถึง กิจกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นภายใต้การกำกับดูแลขององค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ (อพวช.) จัดขึ้นมาเพื่อเสริมการเรียนรู้ของผู้เข้าชมซึ่งมีหลายกิจกรรม เช่น การทดลองวิทยาศาสตร์ การแสดงทางวิทยาศาสตร์ ค่ายวัฒนธรรมวิทยาศาสตร์

1.6.3 ผู้ร่วมกิจกรรม หมายถึง ผู้ที่เข้าร่วมกิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์ที่กำลังศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.7.1 ผู้ร่วมกิจกรรมที่เข้าร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ได้รับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง 5 ทักษะเพิ่มขึ้น

1.7.2 ผู้ร่วมกิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้มีความรู้ความเข้าใจและเกิดความสนใจในวิทยาศาสตร์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

1.7.3 ผลการวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนในโรงเรียนเพื่อเพิ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษา เรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอสาระดังต่อไปนี้

2.1 กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

2.2 การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2.2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2.2.2 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนสอนวิทยาศาสตร์

2.2.3 การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3.1 ความหมายและความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3.3 การวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.4 ความพึงพอใจ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยต่างประเทศ

2.5.2 งานวิจัยในประเทศ

2.1 กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

กิจกรรมที่สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีหลายกิจกรรม เช่น กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ เกมส์วิทยาศาสตร์ และการทดลองวิทยาศาสตร์ เป็นต้น มีหลายหน่วยงานที่มีหน้าที่ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นำกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ไปใช้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับผู้เรียน ดังนี้

องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ก่อตั้งขึ้นโดยมุ่งหมายเป็นแหล่งเรียนรู้ตลอดชีวิต เสริมสร้างประสบการณ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ มีรูปแบบการนำเสนอในรูปแบบต่างๆให้สอดคล้องกับวิสัยทัศน์ขององค์กร กิจกรรมห้องทดลองวิทยาศาสตร์เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการถ่ายทอดความรู้

ทางวิทยาศาสตร์รวมทั้งปลูกฝังเยาวชนและผู้คนทั่วไป ให้เกิดความสนใจใฝ่เรียนรู้ในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในรูปแบบของการทดลองให้เห็นผลด้วยตนเองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติได้เริ่มมีการพัฒนาบทปฏิบัติการการทดลองเป็นเรื่องแรกเมื่อปี 2548 เพื่อรองรับความต้องการของประชาชนที่ต้องการเสาะแสวงหาความรู้และประสบการณ์จากห้องทดลองวิทยาศาสตร์ ปัจจุบันมีกิจกรรมการทดลองเปิดให้บริการ 20 เรื่อง แบ่งเป็นระดับให้เหมาะกับกลุ่มเป้าหมาย (องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ, 2553)

โครงการ “บ้านนักวิทยาศาสตร์น้อย ประเทศไทย” โดยที่มาของโครงการบ้านนักวิทยาศาสตร์น้อยมาจากการประเมินผลงานของโครงการ PISA พบว่า ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ของเด็กไทยยังอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ย อีกทั้งยังขาดแคลนนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรที่จะร่วมมือขับเคลื่อนและพัฒนาประเทศ งานวิจัยยืนยันว่า เราควรสร้างทัศนคติที่ดีด้านการเรียนรู้ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับเด็กตั้งแต่ระดับปฐมวัย (อายุ 3 - 6 ปี) เพราะเป็นช่วงอายุที่มีความสามารถในการเรียนรู้และจดจำมากที่สุด ซึ่งโครงการได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนเพื่อส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเป็นแนวทางการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย industrial shots เป้าหมายของโครงการ คือ ด้านปริมาณ ปีที่ 1 โรงเรียนอนุบาลที่ได้รับการคัดเลือกเป็นโรงเรียนนำร่อง จำนวนประมาณ 200 แห่ง จากผู้นำเครือข่ายท้องถิ่น (Local Network) 8 เครือข่าย ดำเนินการตามแนวทาง “บ้านนักวิทยาศาสตร์น้อย ประเทศเยอรมนี” ปีที่ 2 โครงการฯ เริ่มขยายผลไปยังพื้นที่อื่น โดยร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อถ่ายทอดกระบวนการดำเนินโครงการให้แก่โรงเรียนที่สนใจ ด้านคุณภาพ 1) เด็กในระดับอนุบาลรู้จักวิทยาศาสตร์ผ่านการทดลองอย่างง่ายและมีความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ 2) เด็กในระดับอนุบาลได้รับการถ่ายทอดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และ 3) เด็กในระดับอนุบาลได้พัฒนาทักษะการเรียนรู้ต่าง ๆ ดังนี้ ทักษะด้านการเรียนรู้ : สามารถเรียนรู้วิธีคิด วิธีตั้งคำถามและการค้นหาคำตอบได้ ทักษะด้านการสื่อสารทางภาษา : สามารถสื่อสารความคิดต่าง ๆ ออกมาเป็นถ้อยคำที่ผู้อื่นสามารถเข้าใจได้ ทักษะด้านสังคม : สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดีและสามารถสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ได้ ทักษะด้านร่างกาย : ได้ฝึกฝนการใช้กล้ามเนื้อขณะทำการทดลองต่างๆ (องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ, 2553)

ห้องเรียนทดลองวิทย์ เป็นการร่วมมือของสถาบันนานมีบุ๊คส์อินโนเวชั่น กับ Gakken Education ประเทศญี่ปุ่น ได้นำกิจกรรมการทดลองเน้นการปฏิบัติแบบ Hands – on เพื่อพัฒนาทักษะกรบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับเด็กอายุ 10 – 15 ปี ผลการดำเนินกิจกรรมพบว่าเด็กที่เข้าร่วม

กิจกรรมมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นร้อยละ 80 ภายหลังเข้าร่วมกิจกรรมเป็นระยะเวลา 1 เดือน

โครงการมหาวิทยาลัยเด็ก ประเทศไทย โดยสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ร่วมกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และองค์กรความร่วมมือแลกเปลี่ยนทางวิชาการแห่งสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี (DAAD) ดำเนินการจัด “โครงการ มหาวิทยาลัยเด็ก ประเทศไทย” ตามแนวพระราชดำริของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เพื่อจุดประกายความคิดให้เด็กและเยาวชนเกิดแรงบันดาลใจ และมีทัศนคติที่ดีในการทดลองและเพื่อวางรากฐานที่ดีให้นักเรียนไทยได้ฝึกฝนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมลงมือทดลองที่ท้าทายและน่าสนใจ โดยมีผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำ ตลอดจนเป็นการเตรียมความพร้อมให้นักเรียนเหล่านี้เติบโตไปเป็นนักวิทยา ศาสตร์ วิศวกร หรือบุคลากรที่มีจิตวิทยาศาสตร์มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จะขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมไทยให้เจริญก้าวหน้าต่อไป สวทช. ได้มีการนำกิจกรรมการทดลองจากโครงการมหาวิทยาลัยเด็ก เยอรมัน ไปทดลองและปรับใช้ในการจัดค่ายวิทยาศาสตร์และจัดอบรมครูวิทยาศาสตร์ โดยมีการจัดค่ายวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน ม.ต้น และ ม.ปลาย จำนวน 7 ครั้ง มีคนเข้าร่วมทั้งสิ้น 440 คน กิจกรรมที่ทดลองจัด ได้แก่ การทดลองชุดผลไม้สกุลส้ม การทดลองชุดน้ำนม และการทดลองเรื่องกระดาษและน้ำหมึก ผลการประเมิน พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจ 100 เปอร์เซ็นต์ และการจัดอบรมครูสอนเด็กหูหนวก และนักเรียนหูหนวก จำนวน 2 ครั้ง มีคนเข้าร่วมทั้งสิ้น 88 คน สำหรับกิจกรรมที่นำมาทดลอง ได้แก่ การทดลองชุดผลไม้สกุลส้ม และการทดลองชุดน้ำนม ซึ่งจากการจัดอบรม พบว่า นักเรียนและครูมีความสนใจเป็นอย่างมาก โดยครูสอนเด็กหูหนวกได้นำกิจกรรม ไปพัฒนาทำเป็นใบงานสำหรับเด็กหูหนวก นอกจากนี้ สสวท. ก็มีโครงการที่จะนำกิจกรรมไปทดลองใช้กับศูนย์พัฒนาอัจฉริยภาพประจำภูมิภาค ในกำกับดูแลของ สสวท. พร้อมทั้งเชิญชวนมหาวิทยาลัยในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล มาเข้าร่วมโครงการนี้ด้วย วิทยาศาสตร์ที่สนุก และมีความสุข ด้วยบรรยากาศทดลองเสมือนอยู่ในห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัย (สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)

2.2 การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2.2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่ใช้จัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การพัฒนาการเรียนการสอนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันอยู่บนพื้นฐานของการศึกษาในส่วนของเนื้อหาและหลักการทางด้านวิทยาศาสตร์โดยตรง ประกอบกับหลักการด้านจิตวิทยาพัฒนาการที่สัมพันธ์กับการเรียนรู้ ปัจจุบันนี้เป็นที่ยอมรับแล้วว่า พัฒนาการทางสมองของมนุษย์ใน

วัยต่าง ๆ เป็นหัวใจสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการเรียนรู้จึงนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีทฤษฎีที่เกี่ยวกับการการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีดังนี้

2.2.1.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Theory of Cognitive Development) เด็กมีการพัฒนาด้านต่าง ๆ มาแล้วตั้งแต่อยู่ที่บ้าน ทั้งในส่วนของร่างกาย จิตใจ และความรู้ความสามารถต่าง ๆ เมื่อเด็กเหล่านั้นเข้ามาสู่ระบบโรงเรียนจึงมีความรู้ความสามารถมาส่วนหนึ่งแล้ว ที่จะใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ตามระบบของโรงเรียนต่อไป ได้มีการศึกษาในส่วนของพัฒนาการของนักเรียนเป็นจำนวนมากและในหลายทิศทาง ทฤษฎีที่ยอมรับโดยทั่วไป คือทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Jean Piaget นักจิตวิทยาชาวสวิส ซึ่งได้เสนอไว้ว่าพัฒนาการเรียนรู้ของเด็กตั้งแต่แรกเกิดจนสู่วัยผู้ใหญ่จะแบ่งออกเป็น 4 ระยะคือ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2553)

1. ระยะใช้ประสาทสัมผัส (sensory-organs stage) เป็นการพัฒนาของเด็กตั้งแต่แรกเกิดจนถึง 2 ปี ในวัยนี้เด็กจะเริ่มพัฒนาการรับรู้โดยใช้ประสาทสัมผัสต่าง ๆ ตลอดจนเริ่มมีการพัฒนาการใช้อวัยวะให้สามารถทำงานเบื้องต้นได้ เช่น ฝึกใช้มือหยิบจับสิ่งของต่าง ๆ ฝึกการได้ยินและการมอง ฝึกเดิน ยืน ฝึกพูดและโต้ตอบ การพัฒนาเหล่านี้จัดเป็นการพัฒนาที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาขั้นต่อไป เด็กในวัยนี้จึงเรียนรู้โดยการได้หยิบ จับ สัมผัสกับสิ่งต่าง ๆ รอบตัว

2. ระยะควบคุมอวัยวะต่าง ๆ (preoperational stage) เป็นการพัฒนาในช่วงอายุ 2 ปี จนถึง 7 ปี เด็กวัยนี้จะเริ่มพัฒนาร่างกายอย่างเป็นระบบมากขึ้น มีการพัฒนาของสมองเพื่อใช้ควบคุมการพัฒนาลักษณะนิสัย เช่น นิสัยการขับถ่าย มีการฝึกใช้อวัยวะต่าง ๆ ให้มีความสัมพันธ์กันภายใต้การควบคุมของสมองและเชื่อมโยงกับสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรมที่เด็กได้สัมผัส เช่น การเล่นกีฬา การขี่จักรยาน การเล่นล้อเลื่อน

3. ระยะที่คิดอย่างเป็นรูปธรรม (concrete-operational stage) เป็นพัฒนาการในช่วงอายุ 7 ปี ถึง 11 ปี เด็กช่วงนี้จะมีการพัฒนาสมองมากขึ้นอย่างรวดเร็ว จนสามารถเรียนรู้และจำแนกสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรมได้ แต่จะยังไม่สามารถสร้างจินตนาการกับเรื่องราวที่เป็นนามธรรมได้ เด็กในวัยนี้จึงสามารถเล่นสิ่งของที่เป็นรูปทรงต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี แต่ไม่สามารถเรียนรู้เรื่องราวที่เป็นนามธรรมได้ เช่น โครงสร้างอะตอม การถ่ายทอดทางพันธุกรรม

4. ระยะที่คิดอย่างเป็นนามธรรม (formal-operational stage) เป็นพัฒนาการในช่วงสุดท้ายของเด็กอายุประมาณ 12 – 15 ปี ก่อนจะเป็นผู้ใหญ่ เด็กในช่วงนี้สามารถคิดอย่างเป็นเหตุผลและคิดในสิ่งที่ซับซ้อนอย่างเป็นนามธรรมได้มากขึ้น เมื่อเด็กพัฒนาได้อย่างเต็มที่แล้ว จะสามารถคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลและแก้ปัญหาได้อย่างดี จนพร้อมที่จะเป็นผู้ใหญ่ที่มีวุฒิภาวะต่อไป

การพัฒนาของเด็กจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากระดับต้นในวัยเด็กไปสู่ระดับที่สูงขึ้น จนเข้าสู่ความเป็นผู้ใหญ่ โดยทั่วไปการพัฒนาของเด็กจะไม่กระโดดข้ามขั้น แต่ในบางช่วงของการพัฒนาอาจเกิดขึ้นเร็วหรือช้าได้ การพัฒนาเหล่านี้จะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ แต่สิ่งแวดล้อม วัฒนธรรม และประเพณีรวมทั้งวิธีการดำรงชีวิตอาจมีส่วนช่วยให้เด็กพัฒนาได้ช้าเร็วแตกต่างกันได้ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาดังกล่าวเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย และใช้เป็นหลักการพื้นฐานในกระบวนการเรียนการสอน และทฤษฎีการเรียนรู้ต่าง ๆ ในช่วงระยะ 20 ปีที่ผ่านมานี้

2.2.1.2 ทฤษฎีการเรียนรู้และกระบวนการเรียนรู้

การเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม การพัฒนาความคิดและความสามารถ โดยอาศัยประสบการณ์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและสิ่งแวดล้อม ทำให้บุคคลดำเนินชีวิตได้อย่างมีความสุขในสังคมการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน การจัดการเรียนการสอนที่จะทำให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างครบถ้วนจึงไม่เป็นเรื่องง่าย นักปรัชญาและนักจิตวิทยาการศึกษาหลายคน ได้พยายามคิดค้นทฤษฎีและกระบวนการเกี่ยวกับการเรียนรู้กันมานานแล้ว เช่น ทฤษฎีการเรียนรู้จากการปฏิบัติ (learning by doing) ของ John Dewey (1922) ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็ก (theory of cognitive development) ของ Jean Piaget (1958) การเรียนรู้ด้วยการค้นพบ (discovery learning) ของ Jerome S. Bruner (1961) การเรียนรู้อย่างมีความหมายของ David P. Ausubel (1969) เป็นต้น กาจ์เย (Robert M. Gagne, 1970) ได้เสนอเงื่อนไขของการเรียนรู้(conditions of learning) ไว้ 8 ประการ คือ การเรียนรู้เมื่อได้รับสัญญาณ (signal learning) การเรียนรู้ในลักษณะของการกระตุ้นและการตอบสนอง (stimulus response learning) การเรียนรู้โดยการเชื่อมโยงการกระตุ้นและการตอบสนองหลาย ๆ อย่างเข้าด้วยกัน (chaining) การเรียนรู้โดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการกระตุ้นและการตอบสนองหลาย ๆ อย่างด้วยภาษา (verbal association) การเรียนรู้แบบแยกแยะ (discrimination learning) การเรียนรู้ในแนวความคิดหลัก (concept learning) การเรียนรู้ในกฎเกณฑ์ (rule learning) และการเรียนรู้เชิงแก้ปัญหา (problem solving process) ทฤษฎีการเรียนรู้จาก การเก็บข้อมูล (Retention Theory) ทฤษฎีนี้กล่าวว่า ความสามารถในการเรียนรู้ขึ้นอยู่กับ ความสามารถที่จะ เก็บข้อมูล และเรียกข้อมูลที่เก็บเอาไว้กลับคืนมา ทั้งนี้รวมถึง รูปแบบของข้อมูล ความมากน้อยของข้อมูลจากการเรียนรู้ขั้นต้น แล้วนำไปปฏิบัติ

2.2.1.3 ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism)

นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษา พบว่า ตัวแปรที่ส่งผลต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนมาจากแนวคิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย แนวคิดนี้มีรากฐานมาจากทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งมีแนวคิดว่าบุคคลเรียนรู้ได้โดยการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม

ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน โดยอาศัยประสบการณ์เดิม โครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่และแรงจูงใจภายในเป็นพื้นฐานมากกว่าข้อมูลจากสิ่งแวดล้อม หรือรับจากการสอนภายนอกเท่านั้น รวมทั้งความขัดแย้งทางปัญญาที่เกิดจากการที่บุคคลเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา ซึ่งไม่สามารถแก้ปัญหาหรืออธิบายได้ด้วยโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่ เป็นแรงจูงใจให้เกิดการไตร่ตรอง นำไปสู่การสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญาที่ได้รับการตรวจสอบ ทั้งตนเองและผู้อื่นว่าสามารถแก้ปัญหาเฉพาะต่าง ๆ ซึ่งอยู่ในกรอบโครงสร้างและใช้เป็นเครื่องมือสำหรับโครงสร้างใหม่อื่น ๆ ต่อไปแนวคิดการสร้างสรรค์ความรู้ เชื่อว่าบุคคลไม่ได้สร้างความรู้จากสิ่งที่ตนเองมีปฏิสัมพันธ์ด้วยทั้งหมดแต่จะสร้างความรู้จากประสบการณ์ที่ตนเองสนใจหรือคุ้นเคยด้วย นักการศึกษาในกลุ่มนี้เห็นว่าองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้บุคคลสร้างความรู้ขึ้นมาใหม่มี 4 ประการ คือ 1) ตัวของบุคคลมนุษย์มีศักยภาพในการสร้างความรู้ความเข้าใจของตนเอง โดยมามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ และประสบการณ์ที่เป็นจริง 2) สภาพแวดล้อมที่เป็นจริงจะทำให้มนุษย์สามารสร้างความรู้ได้สอดคล้องกับความเป็นจริง และความรู้นั้นจะมีคุณค่าอย่างแท้จริงและจะจำได้นาน 3) ความรู้ในลักษณะที่เป็นสหวิทยาการ นั่นคือผู้เรียนเกี่ยวข้องกับสาขาต่าง ๆ พร้อม ๆ กัน และ 4) ความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม เมื่ออยู่ร่วมกันในสังคม มีปฏิสัมพันธ์กันในการคิดและการกระทำทำให้มนุษย์ประเมินความรู้ความเข้าใจของตนเองและผู้อื่น แล้วนำความเหมือนและความแตกต่างกันมาปรับเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจเดิมของตนเอง ให้มีความสมเหตุสมผลมากขึ้น ขจัดความขัดแย้งและทำให้เกิดความสมดุลของความรู้ใหม่ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544, น. 44 - 47)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างสรรค์ความรู้ เช่น การสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ การสอนแบบร่วมมือ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และการสอนด้วยเทคนิคแบบสองขั้นตอนซอนเดอร์ (Saunders, 1992 อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544, น. 47) ได้กล่าวถึงลักษณะของการสอนวิทยาศาสตร์ที่นำเอาทฤษฎีการเรียนรู้ ตามแนวคิดการสร้างสรรค์ความรู้ไปใช้ว่าควรประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การลงมือปฏิบัติการ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ตรง ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองจะได้ผลมากกว่าการสังเกต หรืออ่านเอกสารเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้น ๆ แต่มีสิ่งที่น่าสังเกต ก็คือกิจกรรมปฏิบัติการไม่ใช่ว่าจะมีประสิทธิภาพในการทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายเสมอไป การทดลองปฏิบัติการแบบดั้งเดิมที่เป็นการทดลองเพื่อยืนยันข้อเท็จจริงตามแนวทางที่มีผู้กำหนดให้ ผู้เรียนไม่ได้คิดออกแบบการทดลองด้วยตนเอง ผู้เรียนมักจะไม่ได้รับประสบการณ์ของภาวะไม่สมดุลเพราะผู้เรียนไม่ได้ใช้โครงสร้างทางปัญญาของตนในการคาดคะเนเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตเห็น

2. การมีส่วนร่วมในการใช้ความคิดจัดสภาพห้องเรียนให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดด้วยตนเอง กิจกรรมที่เน้นการคิด ได้แก่ การคิดแบบออกเสียง การหาคำอธิบาย การตีความหมายข้อมูล การโต้เถียงเชิงสร้างสรรค์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา การกำหนดสมมติฐานที่หลากหลาย การออกแบบ การทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน การเลือกสมมติฐานที่เป็นไปได้

3. การทำงานกลุ่มการจัดผู้เรียนให้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม จะช่วยกระตุ้นกิจกรรมทางความคิดระดับสูงในระหว่างสมาชิกในกลุ่มได้มากกว่าการให้ฟังบรรยาย ซึ่งทำให้มีโอกาสเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญาได้

4. การประเมินผลระดับสูงการประเมินผลที่เน้นกิจกรรมการคิดระดับสูงเป็นสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้อย่างมีความหมายด้วยตนเองมากขึ้น

จากแนวคิดทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism) สามารถสรุปได้ว่าเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่อาศัยพื้นฐานทางจิตวิทยา เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองด้วยวิธีการต่างๆ แล้วนำความรู้เดิมที่มีอยู่มาเชื่อมโยงตรวจสอบกับสิ่งใหม่ ๆ

2.2.1.4 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry learning)

กระบวนการเรียนการสอนเน้นการสืบเสาะหาความรู้จะเป็นการพัฒนาให้ผู้เรียนได้รับความรู้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ปลูกฝังให้นักเรียนให้ความคิดของตนเองสามารถเสาะหาความรู้ หรือวิเคราะห์ข้อมูลได้ การจัดให้นักเรียนเรียนแบบ Inquiry process โดยมีการพัฒนาตามลำดับ ดังนี้

คาร์พลัส (Lawson, 1995, p. 134 - 139; citing Karplus, 1967)ได้นำเสนอการจัดการเรียนรู้ เพื่อใช้ปรับปรุงหลักสูตรของสหรัฐอเมริกา (Science Curriculum Improvement study Program: SCIS) มีกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นสร้าง (Invention) และขั้นค้นพบ (Discovery)

ในปี ค.ศ. 1990 บาร์แมน (Abruscato, 1996, p. 37; citing Barman, 1989) ได้ดัดแปลงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 4 ขั้น ซึ่งต่อมานักวิชาการบางท่านได้เปลี่ยนชื่อเป็น 4E ได้แก่

1. ขั้นสำรวจ (Exploration) เป็นการเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ กระตุ้นความคิดและให้เกิดการปรับขยายความคิด ครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ คำชี้แจง และจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ครูจะไม่บอกผู้เรียนโดยตรงว่าเขาเรียนอะไร และไม่ต้องอธิบายทันที เพื่อให้การสำรวจดำเนินต่อไปได้ ผู้เรียน

ต้องสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล หรือจดบันทึกความรู้และประสบการณ์อย่างเป็นรูปธรรม ถ้าครูต้องการให้ผู้เรียนสร้างแนวคิดสำหรับตนเองควรใช้คำถามแนะเพื่อให้เกิดการวางแผนและคำถามต้องนำไปสู่กิจกรรม เสนอแนะสิ่งที่ควรทำ แต่ต้องไม่อธิบายแนวคิด แต่อาจจะกล่าวถึงการสอนอย่างย่อ ๆ หรืออาจอยู่ในจุดประสงค์การสอน

2. ขั้นอธิบาย (Explanation) มีความมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียน ซึ่งสร้างจากความร่วมมือกันระหว่างครูกับผู้เรียน เพื่อนำไปสู่การปรับขยายโครงสร้างตามความคิดทฤษฎีของเพียเจต์ที่ว่า ผู้เรียนต้องมุ่งค้นพบความรู้จาการสำรวจเบื้องต้นด้วยตนเอง ครูเพียงแนะนำกรอบแนวคิดเพื่อช่วยในการปรับขยายโครงสร้างความคิด จนผู้เรียนสามารถสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับความคิดของตนเอง ครูไม่ควรบอกผู้เรียนเพิ่มเติม แต่ควรช่วยให้ผู้เรียนใช้ข้อมูลของตนเองสร้างแนวความคิดที่ถูกต้อง

3. ขั้นขยายความคิด (Expansion) เป็นการจัดประสบการณ์ที่คล้ายกัน และประยุกต์สิ่งใหม่และสิ่งที่ผู้เรียนรู้มาแล้ว เพื่อเชื่อมโยงแนวความคิดที่ผู้เรียนสร้างขึ้นมาให้สอดคล้องกับความคิดหรือประสบการณ์อื่นที่สัมพันธ์กัน เป็นการนำแนวความคิดของผู้เรียนให้ไปไกลกว่าปัจจุบัน ครูต้องให้ผู้เรียนเสนอแนวคิดใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มเติมความเข้าใจยิ่งขึ้น เป็นการช่วยให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้สิ่งที่เรียนรู้ โดยการขยายตัวอย่างหรือการจัดประสบการณ์เชิงการสำรวจเพิ่มขึ้น

4. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการทดสอบมาตรฐานการเรียนรู้ ซึ่งการเรียนรู้มักจะเกิดขึ้นในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นที่น้อยกว่าการยกระดับทางความคิดที่มีการหยั่งรู้จริงที่เป็นไปได้ ดังนั้นการประเมินควรทำในทุกขั้นตอนที่ไม่ใช่ทำเฉพาะขั้นสุดท้ายเท่านั้น เพื่อให้ทราบผลการเรียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อช่วยกระตุ้นสร้างแนวความคิดทางเจตคติ และทักษะการประเมิน

ในปี ค.ศ. 1992 บายบี และคณะ (Bybee and other) นักการศึกษาโครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ สาขาชีววิทยา (Biological Science Curriculum Study: BSCS) ของสหรัฐอเมริกา ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 5 ขั้นตอน หรือ 5E ได้แก่

1. ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษาในบางกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) วางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ

หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอ

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ วาดรูป สร้างตาราง เป็นต้น การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ตั้งไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มาก ก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย แต่ก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (evaluation) เป็นการประเมินความรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ผู้เรียนจะได้ประเมินผลด้วยตนเองถึงแนวคิดที่ได้สรุปไว้ในขั้นขยายความรู้ ว่ามีความสอดคล้องมากหรือน้อยเพียงใด ข้อสรุปที่ได้สมารถนำมาใช้พื้นฐานในการศึกษาครั้งต่อไป

Miami Museum of Science (2001) ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E เป็น 7E ประกอบด้วย

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Excite) เป็นขั้นตอนการกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียนให้เกิดปัญหา

2. ขั้นสำรวจค้นหา (Explore) เป็นขั้นตอนการดำเนินการตรวจสอบ สืบค้นและรวบรวมข้อมูล ปฏิบัติกิจกรรมเพื่อหาคำตอบหรือแก้ปัญหา

3. ขั้นอธิบาย (Explain) เป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์และจัดกระทำข้อมูลอภิปรายและสรุปผลการทดลอง

4. ขั้นขยายความรู้ (Expand) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนขยายความรู้ไปสู่สถานการณ์อื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกัน

5. ขั้นขยายความคิดรวบยอด (Extend) เป็นขั้นที่ผู้เรียนขยายความคิดรวบยอดไปเชื่อมโยงกับความรู้อื่น ๆ

6. ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ (Exchange) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันทั้งในห้องเรียนและการใช้อินเตอร์เน็ต

7. ขั้นประเมินผล (Examine) เป็นขั้นตอนในการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน

ใน ค.ศ. 2003 ไอน์เซนคราฟต์ (Eisenkraft, 2003: 57-59) ได้พัฒนารูปแบบของBSCS จาก 5 ขั้นตอนเป็น 7 ขั้นตอนโดยให้เหตุผลว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 5E เป็นขั้นตอนที่ไม่ต่อเนื่อง จึงเพิ่มขั้นตอนการเรียนรู้อีก 2 ขั้นตอน โดยมีเปาหมายเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีความสนใจและสนุกกับการเรียน และยังสามารถปรับประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนรู้ไปสู่การสร้างประสบการณ์ของตนเอง ประกอบด้วย

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ในขั้นนี้จะเป็นขั้นที่ครูจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา และสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์ที่ตนมี ทำให้ครูได้ทราบว่า ผู้เรียนแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเดิมเท่าไร ควรเติมส่วนใดจะได้วางแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน

2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน ด้วยเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากความสงสัย หรือเริ่มจากความสนใจของผู้เรียนเอง ครูเป็นคนกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษา เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบในขั้นตอนต่อไป

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) ในขั้นนี้จะต่อเนื่องจากขั้นเร้าความสนใจซึ่งเมื่อผู้เรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาแล้ว จึงดำเนินการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ครูจะทำหน้าที่กระตุ้นให้ผู้เรียนตรวจสอบปัญหา และดำเนินการตรวจสอบ รวบรวมข้อมูลด้วยตนเองเพื่อนำไปใช้ในขั้นต่อไป

4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ข้อมูลมาอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล ในนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป การวาดรูป สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทางแต่ผลที่ได้จะสามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้

5. ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase / Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ในขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประมวลและปรับประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้ ครูควรส่งเสริมให้ผู้เรียนนำ

ความรู้ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนประเมินซึ่งกันและกัน

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ในขั้นนี้เป็นขั้นที่ครูจะเตรียมโอกาสให้ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนนำสิ่งที่ได้เรียนมาไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างความรู้ใหม่ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้

ตารางที่ 2.1 สรุปการเปรียบเทียบรูปแบบการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทั้ง 3 แบบ

แบบที่ 1 (4E)	แบบที่ 2 (5E)	แบบที่ 3 (7E)
1. ขั้นสำรวจ	1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน	1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม
	2. ขั้นสำรวจ	2. ขั้นเร้าความสนใจ
		3. ขั้นสำรวจและค้นหา
2. ขั้นอธิบาย	3. ขั้นอธิบาย	4. อธิบาย
3. ขั้นขยายความคิด	4. ขั้นขยายความรู้	5. ขั้นขยายความรู้
4. ขั้นประเมินผล	5. ขั้นประเมินผล	6. ขั้นประเมินผล
		7. ขั้นนำความรู้ไปใช้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ส่งเสริมให้ครูจัดการเรียนการสอนตามแนวทางการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) มาตั้งแต่ปี 2515 โดยผ่านกิจกรรมสำรวจและทดลองเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในแนวความคิดหลัก (Concept) ทางวิทยาศาสตร์ และได้รับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skill) รวมทั้งเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitude) คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีส่วนในการสร้างองค์ความรู้ และมีทักษะในการเรียนรู้ซึ่งจะก่อให้เกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทัศนะคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

กล่าวโดยสรุปทฤษฎีต่างมีความสำคัญในการช่วยพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นทฤษฎีที่เน้นให้ผู้สอนและผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญได้อย่างมีประสิทธิภาพจัดเป็นสิ่งสำคัญที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการเรียนการสอนทุกสาขาวิชาแล้วแต่ความเหมาะสมของการเรียนรู้นั้น ๆ อาจแยกการประยุกต์ใช้ได้ดังนี้

1. กระบวนการค้นพบการเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ดีมีความหมายสำหรับผู้เรียน

2. การวิเคราะห์และจัดโครงสร้างเนื้อหาสาระการเรียนรู้ให้เหมาะสม เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องทำก่อนการสอน

3. การจัดหลักสูตรแบบเกลียว (Spiral Curriculum) ช่วยให้สามารถสอนเนื้อหาความคิดรวบยอดเดียวกันแก่ผู้เรียนทุกวัยได้ โดยต้องจัดเนื้อหาความคิดรวบยอดและวิธีสอน ให้เหมาะสมกับขั้นพัฒนาการของผู้เรียน

4. ในการเรียนการสอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างอิสระให้มาก เพื่อช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน

5. การสร้างแรงจูงใจภายในให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเป็นสิ่งจำเป็นในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน

6. การจัดกระบวนการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี

7. การสอนความคิดรวบยอดให้แก่ผู้เรียนเป็นสิ่งจำเป็น

8. การจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้ค้นพบการเรียนรู้ด้วยตนเองสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี

นอกจากนี้ ทฤษฎีการเรียนรู้มีความสำคัญมากเนื่องจากสามารถนำทฤษฎีการเรียนรู้ต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้เป็นหลักในการจัดการเรียนการสอน ได้ ในลักษณะต่าง ๆ เช่น การจัดสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเรียนการสอน การจูงใจ การรับรู้ การเสริมแรง การถ่ายโยงการเรียนรู้ การจัดสภาพที่เอื้อต่อการเรียนรู้ การจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้

2.2.2 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้เพื่อทำให้ผู้เรียนแต่ละคนได้สร้างองค์ความรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิส และเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยมนุษย์ในกระบวนการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ และการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและนำผลมาจัดระบบ หลักการ แนวคิด และทฤษฎี ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เป็นผู้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด นั่นคือให้ได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ ตั้งแต่เริ่มแรกก่อนเข้าเรียน เมื่ออยู่ในสถานศึกษา และเมื่อออกจากสถานศึกษาไปประกอบอาชีพแล้ว จึงสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ซึ่งแนวทางการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มี 3 แนวทาง ได้แก่ แนวทางในเชิงประวัติศาสตร์ (Historical approach) แนวทางในเชิงปรัชญา (Philosophical approach) และแนวทางที่ใช้ประเด็นเป็น

ฐาน (Issues – based approach) แต่แนวทางที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทย คือ Issues – based approach ซึ่งได้แก่ การจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ของ Yager (1993), Bryant และคณะ (1995), Carin (1997), ณัฐวิทย์ พจนตันติ (2544) และ Yuenyong (2006) (อ้างถึงในโชคชัย ยืนยง, 2551)

2.2.2.1 การจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ของ Yager (1993 อ้างถึงใน ชวนชื่น โชติไชสง, 2541) ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรมได้ 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) กำหนดหัวข้อการอภิปราย (The Subject Being Discussed) เป็นขั้นการสืบหาข้อมูลการอภิปรายจากกระแสความเป็นไปของท้องถิ่น ครอบครัวของนักเรียนแต่ละคน 2) รอเวลาให้ปรากฏ (The Use of Wait is Apparent) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนเกิดกระบวนการของการตั้งคำถาม กำหนดความคิดที่ดี ๆ และพิจารณาความคิดที่ไม่มีคุณค่าในการตอบคำถาม และ 3) ปฏิบัติการร่วมกัน (The Cooperative Leaning) เป็นขั้นที่นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาของแต่ละคน เพื่อหาข้อสรุปเป็นปัญหาร่วมกัน แล้วเสนอให้ครูพิจารณารับรองการทำงาน

2.2.2.2 การจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ของ Bryant (1995 อ้างถึงใน พัดชา เพิ่มพิพัฒน์, 2549) ประกอบด้วย กิจกรรม 6 ขั้นตอน ในการพัฒนาความคิด รวบยอด กระบวนการและคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ โดยครูผู้สอนจะเป็นผู้แนะนำช่วยเหลือให้นักเรียนทำตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ (1) ขั้นสงสัย (Wonder) คือ การที่ครูผู้สอนใช้ปัญหาสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี หรือประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวนักเรียน กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งคำถามในสิ่งที่ตนสนใจ (2) ขั้นวางแผน (Plan) ในขั้นนี้นักเรียนจะวางแผนร่วมกันกับเพื่อนเป็นกลุ่มหรือทำด้วยตนเองเพื่อหาวิธีการค้นคว้าหาคำตอบสำหรับคำถามในขั้นสงสัย โดยใช้แหล่งความรู้ต่าง ๆ ที่หลากหลาย (3) ขั้นค้นหาคำตอบ (Investigate) เป็นการดำเนินการในการค้นคว้าหาคำตอบจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ตามวิธีการที่ระบุไว้ในขั้นวางแผน โดยมีครูผู้สอนให้คำแนะนำ (4) ขั้นสะท้อนความคิดเห็น (Reflect) นักเรียนจะสะท้อนความคิดเกี่ยวกับการค้นคว้าและสรุปสาระที่ได้ศึกษาค้นคว้าและเรียนรู้จากขั้นค้นคว้าหาคำตอบ โดยครูผู้สอนจะแนะนำนักเรียนในการสรุปและเชื่อมโยงความคิด (5) ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะแลกเปลี่ยนสิ่งที่ได้เรียนรู้กับเพื่อน ๆ โดยการนำเสนอผลงานการค้นคว้าในรูปแบบที่น่าสนใจ และ (6) ขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Act) คือขั้นตอนที่นักเรียนนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปปฏิบัติจริงให้เกิดประโยชน์ต่อตนเอง และสังคมในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การทำแผ่นพับ การจัดป้ายนิเทศ การจัดมุมวิทยาศาสตร์ และการจัดรายการเสียงตามสาย

2.2.2.3 การจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ของ Carin (1997 อ้างถึงใน ปิยะนุช เหลืองาม, 2552) ประกอบไปด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ (1) ขั้นสืบค้น (Search) นักเรียนเลือกหัวข้อที่จะศึกษาจาก หนังสือ ตำรา การสาธิต กิจกรรมฝึกปฏิบัติ การไปทัศนศึกษา รายการ โทรทัศน์ หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชุมชน โดยระดมสมองเพื่อเลือกหัวข้อ จากนั้นจะร่วมกันตั้งคำถามเพื่อศึกษาเจาะลึกในเรื่องที่สนใจต้องการศึกษา คำถามอาจมีมากมาย แต่จะเลือกคำถามที่เป็นปัญหาหลักที่จะศึกษามาเพียง 1- 2 คำถาม (2) ขั้นแก้ปัญหา (Solve) ในขั้นนี้จุดเน้นอยู่ที่การใช้กลวิธีในการสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนจะฝึกใช้แนวทางการวิจัย ทดลองเพื่อตอบคำถามในเรื่องที่สนใจศึกษา ซึ่งนักเรียนจะต้องเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ เก็บรวบรวมข้อมูล บันทึกผลด้วยตนเอง (3) ขั้นสร้างความรู้ (Create) จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล นักเรียนสามารถสร้าง จัดกระทำและแสดงผลการค้นพบในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเขียนกราฟ แผนภูมิ หรือวิธีการอื่น ๆ (4) ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) เป็นการเผยแพร่ข้อมูล นำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าแก่กลุ่มเพื่อน โดยนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การพูดปากเปล่า บรรยาย เขียนรายงาน และอื่น ๆ และ (5) ขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Action) นักเรียนนำผลที่ได้จากการศึกษาไปปฏิบัติ หรือนำเสนอข้อค้นพบแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อทำการแก้ไขปัญหาต่อไป โดยครูและนักเรียนอาจจัดการประชุมแบบพบปะ ชี้แจงปัญหาและข้อค้นพบ หรือเขียนจดหมายถึงบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

2.2.2.4 การจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ของ ณัฐวิทย์ พจนตันติ (2544) ซึ่งได้เสนอวิธีการจัดการเรียนรู้ไว้ 7 ขั้นตอน ดังนี้ (1) ขั้นตั้งคำถาม (Questioning) เป็นการจัดประสบการณ์ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดข้อสงสัยความอยากรู้อยากเห็น เกิดการตั้งคำถามสิ่งที่สนใจศึกษา สถานการณ์ หรือประเด็นปัญหา สรุปประเด็นปัญหาเพื่อค้นหาคำตอบ (2) ขั้นวางแผน (Planning) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการกลุ่มเพื่อระดมความคิดเห็น และหาวิธีการปฏิบัติตามขั้นตอน การสืบค้นหาคำตอบ พร้อมทั้งออกแบบ และจัดทำเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องการสืบค้น (3) ขั้นค้นหาคำตอบ (Exploring) ผู้เรียนค้นหาคำตอบและเก็บรวบรวมด้วยวิธีการ แผนการที่เตรียมไว้ แล้วสรุปความรู้ที่ได้จากการหาคำตอบของปัญหา (4) ขั้นสะท้อนความคิด (Reflecting) ผู้เรียนเชื่อมโยงข้อสรุปที่ได้กับทฤษฎี หลักการ จากการศึกษาเอกสาร ใบความรู้ และแหล่งข้อมูลที่จัดเตรียมให้ เพื่อขยายความคิดและข้อสรุป ข้อค้นพบให้ชัดเจน เพื่อนำเสนอความรู้ ความคิด และข้อสรุปที่ได้จากการหาคำตอบ (5) ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Sharing) ผู้เรียนนำเสนอความรู้ ความคิด ที่ได้จากการค้นหาคำตอบ โดยการนำเสนอหน้าชั้นเรียน จัดนิทรรศการ ป้ายนิเทศ เป็นต้น และร่วมกันแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนความรู้ความคิด และประสบการณ์เรียนรู้ซึ่งกันและกัน (6) ขั้นขยายขอบเขตความรู้ (Extending) ผู้เรียนนำ

ความรู้ ความคิดจากข้อสรุปจากปัญหา และข้อสงสัยที่เกิดขึ้นไปศึกษาค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเองจากเอกสาร ใบความรู้ แหล่งข้อมูลต่าง ๆ การซักถาม นำข้อมูลมาอภิปรายร่วมกันเพื่อขยายขอบเขตการเรียนรู้ และเชื่อมโยงความรู้ ความคิดให้กว้างขวางขึ้น และ (7) ขั้นนำไปปฏิบัติ (Acting) ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยกันไปใช้ปฏิบัติ

2.2.2.5 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ของ Yuenyong (2006) ประกอบไปด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ (1) ขั้นระบุประเด็นทางสังคม (Identification of social issue stage) เป็นการระบุประเด็นทางสังคมเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขั้นนี้ครูจำเป็นต้องกระตุ้นให้นักเรียนตระหนักถึงประเด็นทางสังคม เนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และซาบซึ้งว่าตนมีส่วนเกี่ยวข้องที่จะช่วยหาคำตอบในประเด็นนั้น ๆ เพื่อเป็นการสร้างความสนใจให้นักเรียนตระหนักถึงประเด็นในการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อหาคำตอบประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยในขั้นนี้ ครูอาจจะนำเสนอสถานการณ์ หรือเหตุการณ์ในท้องถิ่น ในสื่อสารมวลชน การสำรวจประเด็นทางสังคมในสถานที่จริง นำเสนอผลิตภัณฑ์ของเทคโนโลยี เป็นต้น (2) ขั้นระบุแนวทางการหาคำตอบอย่างมีศักยภาพ (Identification of potential solution stage) เป็นการให้นักเรียนได้ตรวจสอบศักยภาพของตนเองในการที่จะหาคำตอบของประเด็นทางสังคมนั้น ๆ จากที่นักเรียนรับรู้ประเด็นทางสังคมเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องวางแผนการหาคำตอบของปัญหา โดยนักเรียนจะตรวจสอบศักยภาพของตนเอง ด้วยการพิจารณาความรู้ที่ตนมีอยู่ และวางแผนหาความรู้เพิ่มเติมที่จะสนับสนุนให้นักเรียนหาคำตอบได้ (3) ขั้นต้องการความรู้ (Need for knowledge stage) ขั้นนี้นักเรียนจะศึกษาความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ดังนั้นในขั้นนี้จึงเปิดโอกาสให้ครูได้จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการทดลองและสืบเสาะหาความรู้ เพื่อเป็นฐานข้อมูลที่ดี เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกแนวทางในการหาคำตอบของประเด็นทางสังคม (4) ขั้นทำการตัดสินใจ (Decision – making stage) ขั้นนี้นักเรียนจะใช้ความรู้ที่เรียนมาเพื่อทบทวนแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนจะต้องตัดสินใจว่าจะดำเนินการแก้ไขปัญหานั้น ๆ ในแนวทางใด กล่าวคือ นักเรียนได้รวบรวมความรู้วิทยาศาสตร์และศาสตร์ต่าง ๆ เพื่อจะออกแบบแนวทางการหาคำตอบ โดยการสร้างตัวแบบ ระบบ โครงสร้าง หรือแนวคิดต่าง ๆ เพื่อจะนำไปใช้ได้จริงในสังคม โดยนักเรียนจะต้องคำนึงถึงแนวทางนั้นมีความเป็นไปได้หรือไม่ มีผลดีผลเสียอย่างไรสำหรับท้องถิ่นตน และ (5) ขั้นกระบวนการทางสังคม (Socialization stage) กระบวนการทางสังคมสะท้อนให้นักเรียนได้ทบทวนแนวคิดของตน ที่แสดงมาเพื่อแก้ไขปัญหานั้น จากการนำเสนอ หรือกระทำสิ่งที่ออกแบบไว้ในขั้นทำการตัดสินใจในสังคม เพื่อให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิด หรือ ตรวจสอบแนวคิดของตนเองให้มี

ความเหมาะสมมากที่สุด โดยขั้นนี้นักเรียนอาจนำเสนอแนวคิดต่อสังคม โดยเขียนจดหมายถึงผู้นำท้องถิ่นเกี่ยวกับประเด็นสังคมต่าง ๆ ตั้งกระทู้แนวทางหาคำตอบในเวปบอร์ด บทบาทสมมุติโครงงานวิทยาศาสตร์ จัดนิทรรศการหรือจัดกิจกรรมโครงการรณรงค์ต่าง ๆ และพร้อมกับรับฟังความคิดจากผู้เข้าร่วมโครงงานวิทยาศาสตร์ (วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2550)

ตารางที่ 2.2 แสดงแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม

Yager 1993	Bryant 1995	Carin 1997	ณัฐวิทย์ พจนตันติ 2544	Yuenyoung 2006
1. กำหนดหัวข้ออภิปราย 2. รอเวลาให้ปรากฏ 3. ปฏิบัติงานร่วมกัน	1. ขั้นสงสัย 2. ขั้นวางแผน 3. ขั้นค้นหาคำตอบ 4. ขั้นสะท้อนความคิดเห็น 5. ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ 6. ขั้นนำไปปฏิบัติจริง	1. ขั้นสืบค้น 2. ขั้นแก้ปัญหา 3. ขั้นสร้างความรู้ 4. ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ 5. ขั้นนำไปปฏิบัติจริง	1. ขั้นตั้งคำถาม 2. ขั้นวางแผน 3. ขั้นค้นหาคำตอบ 4. ขั้นสะท้อนความคิด 5. ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ 6. ขั้นขยายขอบเขตความรู้ 7. ขั้นนำไปปฏิบัติ	1. ขั้นระบุประเด็นทางสังคม 2. ขั้นระบุแนวทางการหาคำตอบอย่างมีศักยภาพ 3. ขั้นต้องการความรู้ 4. ขั้นทำการตัดสินใจ 5. ขั้นกระบวนการทางสังคม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS) เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รู้จักคิดกระตุ้นให้รู้จักวางแผนแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ทั้งในและนอกห้องเรียน ผู้เรียนเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน เพราะผู้เรียนได้ตระหนักถึงการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีให้เหมาะสมกับท้องถิ่นของตน ดังนั้นการเรียนการสอนโดยใช้ STS ควรจะเริ่มตั้งแต่ระดับชั้นต้น ๆ และพัฒนาไปยังระดับชั้นสูงขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนมีพื้นฐานและวัฒนธรรมในการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับธรรมชาติของความรู้วิทยาศาสตร์

2.2.3 การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเกิดขึ้นจากพื้นฐานความเชื่อที่ว่าการจัดการศึกษามีเป้าหมายสำคัญที่สุด คือ การจัดการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนแต่ละคนเกิดการพัฒนาตนเองสูงสุด ตามกำลังหรือศักยภาพของแต่ละคน เนื่องจากผู้เรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกันทั้งด้านความต้องการ ความสนใจ ความถนัด และทักษะพื้นฐานอันเป็นเครื่องมือสำคัญในการเรียนรู้ เช่น ทักษะการพูด ฟัง อ่าน เป็นต้น (นวลจิตต์ เชาวกีรติพงษ์, 2542) วิธีการสอนแบบค้นพบ (Discovery Learning) เป็นวิธีการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Child-Centered) โดยยึดหลักที่จอห์น ดิวอี้ (John Dewey) กล่าวว่า การเรียนรู้เกิดขึ้นได้เมื่อผู้เรียนได้ลงมือกระทำ (Learning by Doing) ทฤษฎีนี้เป็นที่ยอมรับทั่วโลก ซึ่งรูปแบบของการจัดการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ โดยเปลี่ยนบทบาทจาก “ผู้รับ” มาเป็น “ผู้เรียน” และ บทบาทของ “ ครู” เป็น ผู้ถ่ายทอดข้อมูลมาเป็น “ผู้จัดประสบการณ์การเรียนรู้” ให้ผู้เรียนได้ปรับบทบาทนี้ เท่ากับเป็นการเปลี่ยนจุดการเรียนรู้ นักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ดังนี้

ชนาธิป พรกุล (2543 น. 50) ได้ให้ความหมายว่า การเรียนรู้ที่เกิดจากการคิด การค้นคว้า การทดลอง และการสรุปเป็นความรู้โดยตัวผู้เรียนเอง ผู้สอนจะเปลี่ยนบทบาทหน้าที่จากการถ่ายทอดความรู้มาเป็นผู้วางแผน จัดการ ชี้แนะ และอำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียน ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จึงหมายถึง การจัดการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ทิศนา แขมมณี (2548 น. 120) กล่าวว่า กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นตัวตั้ง โดยคำนึงถึงความเหมาะสมกับผู้เรียนและประโยชน์สูงสุดที่ผู้เรียนควรจะได้รับ และมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างตื่นตัวและได้ใช้กระบวนการเรียนรู้ต่าง ๆ อันจะนำผู้เรียนไปสู่การเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริง

สำลี รักสุทธิ (2544 น. 1) กล่าวว่า การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสำคัญที่สุด คือ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ตามมาตรา 22 - 24 โดยถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม คือ ร่วมคิด ร่วมทำ ร่วมสร้างสรรค์กิจกรรมทางการศึกษา ลงมือปฏิบัติจริง ครูเปลี่ยนบทบาทจากการเป็นผู้ชี้บอกให้ความรู้อย่างเดียว เป็นผู้คอยอำนวยความสะดวก คอยช่วยเหลือแนะนำ รวมทั้งเป็นที่ปรึกษาให้กับนักเรียน

บรรพต สุวรรณประเสริฐ (2544 น. 5) กล่าวว่า กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสำคัญที่สุดหมายถึง การกำหนดจุดหมาย สาระ กิจกรรม แหล่งเรียนรู้ สื่อการเรียน และการประเมินผลที่มุ่งพัฒนา “คน” และ “ชีวิต” ให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้เต็มตามความสามารถ สอดคล้องกับความถนัด ความสนใจและความต้องการของผู้เรียน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542 น. 35) กล่าวว่า การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นการเรียนการสอนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมอย่างกระฉับกระเฉงเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายเป็นวิธีการที่ให้อำนาจแก่ผู้เรียน ซึ่งจะนำไปสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2542 น. 4) กล่าวว่า การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางคือ การจัดการเรียนการสอนที่ให้ความสำคัญกับผู้เรียนส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักเรียนรู้ด้วยตนเอง เรียนในเรื่องที่สอดคล้องกับความสามารถและความต้องการของตนเองและได้พัฒนาศักยภาพของตนเองได้เต็มที่

วชิราพร อัจฉริยโกศล (2548) กล่าวว่า การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง คือ “กระบวนการเรียนรู้ที่ให้อิสระแก่ผู้เรียนในการสำรวจสิ่งที่ศึกษาในด้านที่สนใจ ผลักดันให้หาคำตอบโดยได้รับการสนับสนุนอย่างเข้าใจจากผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) ซึ่งก็คือผู้สอนนั่นเอง เป็นกระบวนการเรียนรู้แบบทั้งตัวบุคคล รวมทั้งสติปัญญา ความคิด และความรู้สึก”

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2543 น. 79) กล่าวว่า การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนรวมในกิจกรรมการเรียนรู้มากที่สุด โดยให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง ได้คิดเอง ปฏิบัติเอง และมี ปฏิสัมพันธ์กับบุคคลหรือแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย จนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตได้โดยครูเป็นผู้วางแผนร่วมกับผู้เรียน จัดบรรยากาศให้เอื้อต่อการเรียนรู้ กระตุ้น ท้าทายให้กำลังใจ และช่วยแก้ปัญหาหรือชี้แนะแนวทางการแสวงหาความรู้ที่ถูกต้องให้แก่ผู้เรียนเป็นรายบุคคล

จากแนวความคิดดังกล่าวสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับผู้เรียน เน้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการคิดริเริ่ม แสวงหา วิเคราะห์ จัดการความรู้ และลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ด้วยตัวเองตามความต้องการและความสนใจ และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

2.2.4 กระบวนการการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

การจัดการเรียนการสอนต้องทำให้สอดคล้องกับความสามารถของเด็กแต่ละคน ทำให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันและกัน ได้แลกเปลี่ยนข้อมูล ความรู้ ความคิด และประสบการณ์ ผู้เรียนมีบทบาท และมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ควบคู่ไปกับผลงานข้อความรู้ที่สรุปได้ (Process/Product) จากการศึกษาค้นคว้า นำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ (Application) ซึ่งแตกต่าง

จากการเรียนการสอนแบบเก่า ที่ยึดตัวครูเป็นศูนย์กลาง มุ่งสอนโดยการเน้นการท่องจำตามตำรา ผู้เรียนจึงไม่ได้เรียนรู้อย่างแท้จริง มองความสามารถของผู้เรียนไป

การจัดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มีขั้นตอนสำคัญ ดังต่อไปนี้คือ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2543, น. 29)

1. การสำรวจความต้องการ สำรวจความต้องการ/ความสนใจของผู้เรียน สำรวจพื้นฐานความรู้เดิม

2. การเตรียมการ ครูเตรียมเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้ และองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เอื้อต่อการเรียนรู้ วางแผนการเรียนการสอน

3. การดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นวิเคราะห์ อภิปรายผลงาน/องค์ความรู้ที่สรุปได้จากกิจกรรมการเรียนรู้ วิเคราะห์อภิปรายกระบวนการเรียนรู้

4. การประเมินผล

5. การสรุปและนำไปประยุกต์ใช้

กระบวนการการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติได้กำหนดลักษณะกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญไว้ 9 ประการ คือ

1. มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนหลากหลายเหมาะสมกับผู้เรียน

2. กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ และคิดสร้างสรรค์

3. กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาหาความรู้แสวงหาคำตอบ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

4. นำภูมิปัญญาท้องถิ่น เทคโนโลยี และสื่อที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

5. ฝึกและส่งเสริมคุณธรรม และจริยธรรมของผู้เรียน

6. ผู้เรียนได้รับการพัฒนาสุนทรียภาพอย่างครบถ้วนทั้งด้านดนตรี ศิลปะ และกีฬา

7. ส่งเสริมความเป็นประชาธิปไตย การทำงานร่วมกับผู้อื่น และความรับผิดชอบต่อกลุ่มร่วมกัน

8. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนรักสถานศึกษาของตนเอง และมีความกระตือรือร้นในการเรียน

9. ประเมินพัฒนาการผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลายและต่อเนื่อง

2.2.5 บทบาทของผู้สอนในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญผู้สอนมีบทบาทสำคัญในการช่วยกระตุ้นผู้เรียนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ นักวิชาการหลายท่านได้เสนอแนะบทบาทของครูผู้สอน

ทิศนา แขมมณี (2547, น. 36 - 37) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูและได้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับครูผู้สอนไว้ ดังนี้

1. ในการศึกษาเกี่ยวกับการสอน ครูพึงให้ความสนใจในหลักการมิใช่มุ่งความสนใจที่เทคนิค วิธีการเท่านั้น ครูควรพยายามทำความเข้าใจในหลักการ จำหลักการให้แม่นและหมั่นประยุกต์ ใช้หลักการนั้นในสถานการณ์ที่หลากหลาย

2. ครูพึงศึกษาแนวความคิด ความเชื่อ หรือหลักการต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่อย่างหลากหลายและเลือกสรรสิ่งที่ตนเชื่อถือ หมั่นวิเคราะห์การคิดและการกระทำของตนว่าสอดคล้องกันหรือไม่และศึกษาผลการกระทำ เพื่อปรับเปลี่ยนหรือยืนยันแนวความคิด ความเชื่อมั่นต่อไป

3. ครูพึงเปิดใจกว้างในการศึกษาแนวความคิด ความเชื่อ หรือหลักการต่าง ๆ ที่แตกต่าง ไปจากความคิดของตน และเปิดโอกาสให้ตนเองได้มีประสบการณ์ในสิ่งที่แตกต่างออกไป โดยการทดลอง ปฏิบัติ หรือศึกษา วิจัย เพื่อพิสูจน์ทดสอบแนวคิดใหม่ ๆ อันอาจจะ นำมาซึ่งทางเลือกใหม่ ๆ ทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น มีความคิดแปลกใหม่ มีชีวิตชีวา น่าตื่นเต้น และน่าเรียนรู้ ทั้งสำหรับครูและผู้เรียน

สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ (2545, น. 17 – 18) กล่าวถึงบทบาทของผู้สอนในการดำเนินงานตามกระบวนการปฏิรูปการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะตามมาตรฐานการศึกษานั้น ผู้สอนทุกคนจะต้องมีส่วนร่วมในกระบวนการดังต่อไปนี้

1. การส่งเสริมความสัมพันธ์และความร่วมมือกับชุมชน การที่ผู้สอนจะสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะตามมาตรฐานการศึกษาเป็นผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารและชุมชนในการพัฒนาการศึกษา ดังนั้นผู้บริหารและผู้สอนจะต้องร่วมกันสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับชุมชนในการร่วมกันจัดการศึกษา ซึ่งผู้ปกครองและชุมชนเข้ามามีบทบาทในการพัฒนาการศึกษา และมีการประชาสัมพันธ์เพื่อสร้างความเข้าใจระหว่างกัน

2. การจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ผู้สอนจะต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมซึ่งเป็นบรรยากาศที่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ การจัดบรรยากาศในห้องเรียนและนอกห้องเรียนให้เหมาะสมต่อการเรียนรู้ มีสื่อการสอนที่เร้าความสนใจผู้เรียน ตลอดจนการดำเนินกิจกรรมในบรรยากาศแห่งความเป็นกัลยาณมิตรย่อมเอื้อต่อการพัฒนาการเรียนรู้

3. การพัฒนางานของตนเอง ผู้สอนจะต้องแสวงหาความรู้และประสบการณ์เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ และการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สอดคล้องกับการปฏิรูปการเรียนรู้ตลอดจนมีการแลกเปลี่ยนผลการปฏิบัติงานที่ประสบความสำเร็จระหว่างกัน

4. การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักสูตร ความต้องการของผู้เรียนและท้องถิ่น ผู้สอนจะต้องให้ความร่วมมือกับสถานศึกษาในการพัฒนาหลักสูตรให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่นโดยให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วม และมีการจัดแนวการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับหลักสูตรตามความต้องการของผู้เรียน ความต้องการของท้องถิ่นและการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจสังคม ให้สามารถเชื่อมโยงแก้ไขปัญหาท้องถิ่นได้ และเน้นการปฏิบัติจริง

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้สอนทุกคนควรจะได้ทำความเข้าใจให้กระจ่างชัดในความหมาย และลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อจะได้ปฏิบัติได้ถูกต้อง

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2550, น. 23 - 24) กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ทำให้ผู้สอนในยุคปัจจุบันต้องปรับเปลี่ยนบทบาทและเสนอบทบาทไว้ดังนี้

1. ฝึกคิด คือ สอนให้ผู้เรียนคิดเองเป็น

2. ฝึกให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า ศึกษาให้ลึกซึ้งในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง และมีการวิจัยค้นคว้า

3. ฝึกให้ผู้เรียนบริการสังคม คือ สิ่งที่เรียนจะมีคุณค่า เมื่อได้ใช้ความรู้นั้นให้เป็นประโยชน์ต่อสังคม

ครูเป็นภูมิปัญญาที่สำคัญในการพัฒนาให้ผู้เรียนตั้งแต่ตัวเล็ก ๆ ซึ่งเป็นประชากรที่สำคัญของโลก ครูต้องเป็นตัวทวีคูณในการนำเด็กเข้าสู่ระบบของการเรียนรู้ บทบาทของครูจึงเปลี่ยนไปจากผู้ให้ความรู้ ผู้บอกความรู้ (Telling, Talking) มาเป็นผู้ให้ผู้เรียนใช้กระบวนการ (Process) คิดค้นหาความรู้ด้วยตนเองตลอดจนแก้ปัญหาด้วยตนเอง ครูจึงเปลี่ยนบทบาทจากผู้สอน (Teacher) มาเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) คือเป็นผู้เตรียมประสบการณ์ สื่อการเรียนการสอนให้ผู้เรียนใช้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง การจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณภาพคือดี มีปัญญาคือเก่ง และเป็นผู้มีความสุขคือสุขภาพกายและจิตดี โดยสรุปเป็นประชาชนที่ดี เก่ง สุข เป็นประชาชนที่มองกว้าง คิดไกล ใฝ่รู้ เชิดชูคุณธรรมนั้น ต้องเป็นการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับบทบาทของผู้สอนในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญพอสรุปได้ว่า ผู้สอนต้องเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการจัดระบบการจัดการเรียนรู้ของ

ตนเองเพื่อให้เป็นแบบอย่างแก่ผู้เรียนได้นำไปปรับใช้ในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนจนเป็นนิสัย

2.2.6 บทบาทและหน้าที่ของผู้เรียนในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมในการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญให้มีความเหมาะสมกับวัย ความรู้ และความสามารถของผู้เรียน เพื่อช่วยให้กระบวนการจัดการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีนักวิชาการ และนักการศึกษา ได้กล่าวถึงบทบาทและหน้าที่ของผู้เรียนในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ดังนี้

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานแห่งชาติ (2541, น. 3 - 10) บทบาทและหน้าที่ของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ คือ

1. ผู้เรียนมีประสบการณ์ตรงสัมพันธ์กับธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม
2. ผู้เรียนฝึกปฏิบัติจนเกิดความถนัด และวิธีการของตน
3. ผู้เรียนทำกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากกลุ่ม
4. ผู้เรียนฝึกคิดอย่างหลากหลาย และสร้างสรรค์จินตนาการ ตลอดจนได้แสดงออกอย่างชัดเจนและมีเหตุผล
5. ผู้เรียนได้รับการเสริมแรงให้ ค้นหาคำตอบแก้ปัญหาทั้งตนเองและร่วมด้วยช่วยกัน
6. ผู้เรียนได้ฝึกค้น รวบรวมข้อมูลและสร้างสรรค์ความรู้ด้วยตนเอง
7. ผู้เรียนเลือกทำกิจกรรมตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจของตนเองอย่างมีความสุข
8. ผู้เรียนฝึกตนเองให้มีระเบียบวินัยและรับผิดชอบในการทำงาน
9. ผู้เรียนฝึกประเมิน ปรับปรุงตนเอง และยอมรับผู้อื่น ตลอดจนสนใจใฝ่หาความรู้อย่างต่อเนื่อง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 7) กล่าวถึงบทบาทและหน้าที่ของผู้เรียนในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ดังนี้

1. พยายามค้นพบสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง
2. ใช้หลักการต่าง ๆ ใช้ทักษะการสังเกต การใช้เครื่องมือ การดำเนินการทดลอง การบันทึกข้อมูล การอภิปรายและการสรุป ซึ่งนำไปสู่การคิดและหลักเกณฑ์ที่สำคัญของบทเรียน

3. แสดงความรู้สึกและความคิดเห็นอย่างมีอิสระและมีเหตุผล

4. พูดซักถามและโต้แย้งในสิ่งที่นักเรียนเชื่อมั่นและมีเหตุผล

จากบทบาทและหน้าที่ของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผู้เรียนควรแสดงความรู้สึกคิดเห็น ใฝ่หาความรู้อย่างต่อเนื่อง และพูดตอบโต้ซักถามประเด็น หรือสถานการณ์ที่สนใจอย่างสร้างสรรค์

2. ผู้เรียนพยายามค้นพบสิ่งสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง และพยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกกับคนอื่น ๆ

3. ผู้เรียนใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบ และทำกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้

4. ผู้เรียนควรรับฟังคำอธิบายของผู้อื่น และพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นที่ครู และเพื่อนนำเสนอ

5. ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สำรวจตรวจสอบ และปรับปรุงประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับบทบาทของผู้เรียนในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญพอสรุปได้ว่าผู้เรียนต้องพยายามปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนรู้ของตนเองให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนจัดเตรียมมาโดยเน้นการค้นหาคำตอบผ่านการเรียนรู้จากสิ่งต่าง ๆ รอบตัวเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี

2.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skill)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะกระบวนการพื้นฐานที่มีความสำคัญและจำเป็นในการเรียนรู้ ทั้งวิชาที่มีเนื้อหาวิทยาศาสตร์และวิชาอื่น ๆ ที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์ กิจกรรมการเรียนรู้ต้องเน้นให้นักเรียนรู้และเข้าใจในกระบวนการ ซึ่งสามารถใช้ในการแสวงหาความรู้และนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาได้เป็นอย่างดี

2.3.1 ความหมาย และความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3.1.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้ ปรีชา วงค์ชูศิริ (2527, น. 249) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เปรียบเสมือนเครื่องมือที่จำเป็นในการใช้เสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สุวัฒน์ นิยมค้า (2531, น. 104) กล่าวว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการทางความคิด เป็นกระบวนการทางปัญญา ฉะนั้นจึงเป็นกระบวนการใช้แก้ปัญหา สุรางค์ สากร (2537, น. 59) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนคิด รวบรวมข้อมูลได้ด้วยการสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การตีความหมายข้อมูล ลงข้อสรุปและทดลอง วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542, น. 3) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญา นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาต่าง ๆ

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครศรีธรรมราช เขต 1 – 4 (2548, น. 2) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือความชำนาญ ความคล่องแคล่ว และความแม่นยำในการใช้กระบวนการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการหาความรู้หรือหาคำตอบในสิ่งที่สงสัยต่าง ๆ

จากการศึกษาความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักการศึกษาหลายท่านสามรถสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเลือกใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การคำนวณ การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติ การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปได้อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้องและแม่นยำ เพื่อแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างมีระบบในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ด้วยเพื่อจะได้นำไปใช้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ในวิชาอื่น ๆ และนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

2.3.1.2 ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2551) กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญกับผู้เรียนมาก ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทำให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น โดยรู้จักนำหลักการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ควรพัฒนาให้มีขึ้นก่อนในระดับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ควรเป็นทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐานได้แก่ทักษะการสังเกต ทักษะการจัดจำแนก ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล และทักษะ

การพยากรณ์ ซึ่งทักษะดังกล่าวถือว่าเป็นทักษะขั้นพื้นฐานที่จำเป็นต้องมีและต้องพัฒนาให้มีขึ้นในระดับประถมศึกษาก่อนที่จะพัฒนาแนวความคิดและทักษะขั้นผสมผสานซึ่งเป็นทักษะขั้นสูงต่อไป

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2551) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะที่ใช้อธิบายลักษณะทั่วไปของการคิดอย่างมี เหตุผล ซึ่งทำให้ผู้เรียนเรียนรู้และมีความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์ใหม่ ประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ ทักษะเหล่านี้ช่วยให้ผู้เรียน สามารถขยายแนวความคิดจากข้อมูลที่เก็บรวบรวม ได้ (small idea) และเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้นเพื่อ อธิบายโดยภาพรวม (big idea) ของปรากฏการณ์ใด ๆ ได้อย่างมีเหตุผล นอกจากนี้ยังต้องทดสอบ แนวคิดภาพรวมที่ผู้เรียนสร้างขึ้นด้วยวิธีการต่าง ๆ ด้วย การเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ด้วยทักษะ กระบวนการวิทยาศาสตร์นี้เป็นการสะสมแนวคิด ทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องและเพิ่มเติม ประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานทาง วิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในเวลานั้นจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ รวมถึงจากการทดลองด้วยตนเองด้วย การเรียนรู้ด้วย ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญใน การพัฒนาความเข้าใจเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์จึง เป็นเป้าหมายสำคัญในด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ซึ่งปัจจุบันได้บรรจุในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วทุกภูมิภาคของโลก

ชะลอ เอี่ยมสะอาด (2550) ได้กล่าวว่าจุดมุ่งหมายของหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2533) ของกระทรวงศึกษาธิการข้อ 4 ได้กำหนดให้นักเรียนรู้จักแก้ปัญหาโดยให้สามารถวิเคราะห์สาเหตุและเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับตนเองและครอบครัวได้อย่างมีเหตุผลด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่ปลูกฝังให้กับเด็กในระดับประถมศึกษา เพราะเป็นทักษะที่สำคัญและจำเป็นในการเสาะแสวงหาความรู้ ช่วยให้คิดเป็นทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น จึงกล่าวได้ว่าการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาเป็นเรื่องที่สำคัญและยังเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อพัฒนาการสืบเสาะความรู้ซึ่งนำไปสู่การเป็นทรัพยากรบุคคลที่จะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศและเป็นพลเมืองที่ดีมีคุณภาพ การปลูกฝังวิธีการกระทำให้คิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาได้ แล้วนำวิธีการนี้ไปปรับใช้กับทุกสถานการณ์ที่เผชิญจะทำให้เด็กสามารถอยู่ในโลกแห่งความเป็นจริงได้ตลอดเวลาอย่างรู้เท่าทัน เนื่องจากในปัจจุบันวิชาความรู้ที่เกิดขึ้นมีศาสตร์แขนงต่าง ๆ ได้มีการพัฒนาขึ้นใหม่อยู่ตลอดมีจำนวนมากมายไม่สามารถจะสอนให้ได้หมดดังนั้นการสอนให้รู้จักวิธีการเรียนรู้ตามศักยภาพของเด็กคือ การสอนให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดกับผู้เรียนทำให้ผู้เรียนสามารถที่จะเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้ด้วยตนเอง

จากความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญและจำเป็นในการเสาะแสวงหาความรู้ ช่วยให้คิดเป็น แก้ปัญหาเป็น อย่างมีเหตุมีผล

2.3.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการเสาะแสวงหาความรู้หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ ซึ่งนักการศึกษาและหน่วยงานทางการศึกษาได้จัดประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Sund และ Trowbridge (1967, p. 93) กล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นทักษะที่ควรนำไปสอนให้กับนักเรียน ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

1. ทักษะการหาความรู้ (Acquisitive Skills) ได้แก่ ทักษะการสังเกต การค้นคว้า การสอบถาม การสืบสวน การรวบรวมข้อมูลและการวิจัย

2. ทักษะการจัดระบบ (Organizational Skills) ได้แก่ การบันทึกข้อมูล การจำแนก การเปรียบเทียบความเหมือน ความแตกต่าง การเรียงอย่างมีระบบ การเขียนโครงการ การประเมินผล การวิเคราะห์

3. ทักษะการคิดสร้างสรรค์ (Creativity Skills)ได้แก่ การวางแผนการออกแบบ การทดลอง การประดิษฐ์ การสังเคราะห์

4. ทักษะการปฏิบัติด้วยมือ (Manipulative Skills) ได้แก่ ทักษะการใช้เครื่องมือ การซ่อมแซมเครื่องมือ การสาธิตและการทดลอง

5. ทักษะการสื่อความหมาย (Communicative Skills) ได้แก่ ทักษะการบรรยายการอภิปราย การเขียนรายงาน การวิพากษ์วิจารณ์ ตลอดจนความสามารถในการสื่อสารกับผู้อื่นได้ด้วยความเข้าใจ

สมาคมวิทยาศาสตร์ชั้นสูงของสหรัฐอเมริกา America Association for the Advancement of Science สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในประเทศไทยได้กล่าวถึงได้แบ่งกระบวนการวิทยาศาสตร์เป็น 13 ทักษะ (สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครศรีธรรมราช เขต 1 – 4, 2548, น. 2 – 15) ดังต่อไปนี้

ทักษะขั้นพื้นฐาน (Basic Process Skill) ประกอบด้วย 8 ทักษะ คือ

1. ทักษะการสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัส ซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวหนัง เพื่อเก็บและรวบรวมข้อมูล คุณลักษณะหรือรายละเอียดของสิ่งของหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ทั้งที่เป็นเชิงปริมาณและคุณภาพ

2. ทักษะการวัด (Measuring) หมายถึง การใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลรวมทั้งการประมาณค่าที่ควรจะวัดได้

3. ทักษะการคำนวณ (Using Number) หมายถึง การนำตัวเลขมากำหนดคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น ความกว้าง ความยาว ความสูง พื้นที่ ปริมาตร หรือจำนวนของสิ่งต่าง ๆ รวมทั้งการคำนวณเบื้องต้น เช่น ค่าเฉลี่ย หรืออัตราส่วน

4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การจำแนกสิ่งของหรือเหตุการณ์ ออกเป็นประเภทต่าง ๆ เช่น แผนภูมิ โดยพิจารณาจากคุณสมบัติที่เหมือนกัน สัมพันธ์กัน หรือแตกต่างกันของสิ่งของหรือเหตุการณ์นั้น ๆ ซึ่งอาจมีวิธีแบ่งได้หลายวิธีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้

5. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Communication) หมายถึง การพูดหรือการแสดงสัญลักษณ์ต่าง ๆ เช่น แผนภูมิ สมการ กราฟหรือตัวอักษร เป็นต้น เพื่อให้บุคคลอื่นเข้าใจหรือรับทราบความคิด ความรู้สึกต่าง ๆ ได้ตามต้องการ

6. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา (Using Space-time Relationships) หมายถึง การนำเอาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลา หรือมิติกับมิติ หรือเวลากับเวลา มาอธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง ในที่นี้มิติ หมายถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับความยาว ความหนา รูปร่าง สมมาตร หรือตำแหน่งที่อยู่ของสิ่งนั้น ๆ ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส เช่น การหารูปร่างของวัตถุ โดยสังเกตจากเงาของวัตถุ เพื่อให้แสงตกกระทบกับวัตถุในมุมต่าง ๆ กันความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา เช่น การหา ตำแหน่งของวัตถุที่เคลื่อนที่เมื่อเวลาเปลี่ยนไป

7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การอธิบายปรากฏการณ์หรือข้อเท็จจริงต่าง ๆ โดยอาศัยข้อมูลที่สังเกตได้ร่วมกับประสบการณ์เดิม

8. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตว่าน่าจะเป็นอย่างไร โดยอาศัยหลักฐานส่วนใหญ่ที่ได้จากการสังเกต หรือวัด ประกอบกับการสรุปอ้างอิง

ทักษะขั้นสูงหรือทักษะขั้นผสม (Integrated Process Skill) ประกอบด้วย 5 ทักษะ

1. การให้นิยามปฏิบัติการ (Defining Operationally) หมายถึง การให้ความหมายของสิ่งใดสิ่งหนึ่งในรูปที่สังเกต วัด หรือนำมาปฏิบัติได้ และบอกด้วยว่าในสถานการณ์หนึ่ง ๆ จะมีวิธีสังเกตหรือวิธีวัดสิ่งนั้นได้อย่างไร

2. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying Controlling and Manipulating Variables) การกำหนดตัวแปร หมายถึง การแยกตัวแปรต่าง ๆ ออกเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรอื่น ๆ ที่ต้องควบคุม การควบคุมตัวแปร หมายถึง การพยายามให้สรุปได้ว่า ผลการทดลอง (ตัวแปรตาม) เป็นผลจากการทดลองตัวแปรต้น โดยการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อตัวแปรตาม

3. การสร้างสมมติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง การคาดการณ์ว่า ตัวแปรต่าง ๆ จะมีความสัมพันธ์กันอย่างไร เป็นการสรุปของคำอธิบายโดยอาศัยการสังเกตหรือการสรุป อ้างอิงเป็นพื้นฐาน

4. การประมวลผลและการตีความหมายของข้อมูล (Data processing and interpreting) การประมวลข้อมูล หมายถึง การรวบรวมข้อมูลให้อยู่ในรูปของตาราง ข้อความ หรือข้อความกึ่งตาราง หรือกราฟ และการคำนวณค่าสถิติพื้นฐานจากข้อมูล การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ จากข้อมูลที่ประมวลมาแล้ว หรือการให้ความหมายของข้อมูลเชิงปริมาณเป็นเชิงคุณภาพ

5. การออกแบบการทดลอง (Designing and investigation) หมายถึง การกำหนดโครงการทดลอง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลมาทดสอบสมมติฐาน โดยคำนึงถึงนิยามปฏิบัติการของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง การควบคุมตัวแปรต่างๆ เครื่องมือและวิธีการที่จะใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.3.3 การวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2526) ได้กล่าวถึงลักษณะข้อสอบเพื่อวัดความสามารถในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. สถานการณ์

1.1 สถานการณ์ที่สร้างขึ้นจะเป็นสถานการณ์สมมติหรือนำมาจากเอกสารอื่นใดก็ตามต้องมีความยากง่าย เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน

1.2 ใช้คำพูดที่เข้าใจง่าย ศัพท์เทคนิคต้องไม่นอกเหนือจากที่นักเรียนเรียนรู้มาแล้ว

1.3 สถานการณ์ต้องไม่เป็นสถานการณ์ที่เป็นไปไม่ได้ จะต้องเป็นจริงสมเหตุสมผล

1.4 ถ้าเป็นเรื่องที่มีหน่วยต้องระบุให้ชัดเจนว่าเป็นหน่วยใด

1.5 สถานการณ์ที่ยกมาจะต้องสั้นกะทัดรัด อ่านเข้าใจง่าย และแต่ละสถานการณ์ควรใช้กับคำถามมากกว่า 1 ข้อ เพื่อให้นักเรียนไม่เสียเวลาอ่านมากเกินความจำเป็น

2. คำถามที่ใช้ตอบสถานการณ์ที่ยกมาต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

2.1 ถามในเรื่องที่ต้องใช้ความสามารถ ในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่ถามในเรื่องของความรู้ความจำ

2.2 ไม่ถามถึงปัญหาหรือสมมติฐานที่เคยอภิปรายหรือสรุปมาแล้ว เพราะจะกลายเป็นความจำ ทั้ง ๆ ที่ดูคำถามเหมือนวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3 ใช้คำถามที่รัดกุม บ่งชัดว่าจะใช้ตอบในเรื่องใด แม้ว่าบางคำถามจะมีทางออกความคิดเห็นได้แตกต่างกัน แต่ต้องเป็นความเห็นเกี่ยวกับเรื่องนั้นโดยเฉพาะ

2.4 ข้อความที่จะให้ตอบแต่ละคำถาม ควรเป็นตอนละเรื่อง แต่ควรกำหนดคะแนนให้เหมาะสม ถ้าเป็นไปได้ควรให้คะแนนเป็น 1 ถ้าตอบถูก และให้ 0 ถ้าตอบผิด

3. การตรวจ ถ้าเป็นข้อสอบให้ตอบสั้น ๆ แม้จะตั้งคำถามที่ผู้ตอบคิดว่าจำเพาะเจาะจง คำตอบน่าจะแน่นอน แต่ในการตรวจจะต้องดูเหตุผลของนักเรียนบางคนที่ตอบแตกต่างกันไปจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้ด้วย ถ้าเหตุผลถูกต้องก็ต้องยอมรับ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2526) ได้กำหนดความสามารถของนักเรียนที่แสดงพฤติกรรมออกมาเมื่อเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ตารางที่ 2.3 การประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้ว
1. ทักษะการสังเกต	1.1 สามารถแสดงหรือบรรยายคุณลักษณะของวัตถุได้ จากการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง 1.2 สามารถบรรยายคุณสมบัติเชิงประมาณ และคุณภาพของวัตถุได้ 1.3 สามารถบรรยายพฤติการณ์การเปลี่ยนแปลงของวัตถุได้

ตารางที่ 2.3 แสดงการประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้ว
2. ทักษะการวัด	2.1 สามารถเลือกใช้เครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่วัดได้ 2.2 สามารถบอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้ 2.3 สามารถบอกวิธีการ ขั้นตอน และวิธีใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้อง 2.4 สามารถทำการวัด รวมถึงระบุหน่วยของตัวเลขได้อย่างถูกต้อง
3. ทักษะการคำนวณ	3.1 สามารถนับจำนวนของวัตถุได้ถูกต้อง 3.2 สามารถบอกวิธีคำนวณ แสดงวิธีคำนวณ และคิดคำนวณได้ถูกต้อง
4. ทักษะการจำแนกประเภท	4.1 สามารถเรียงลำดับ และแบ่งกลุ่มของวัตถุ โดยใช้เกณฑ์ใดได้อย่างถูกต้อง 4.2 สามารถอธิบายเกณฑ์ในเรียงลำดับหรือแบ่งกลุ่มได้
5. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	5.1 สามารถเลือกรูปแบบ และอธิบายการเลือกรูปแบบในการเสนอข้อมูลที่เหมาะสมได้ 5.2 สามารถออกแบบ และประยุกต์การเสนอข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจได้ง่าย 5.3 สามารถเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย 5.4 สามารถบรรยายลักษณะของวัตถุด้วยข้อความที่เหมาะสม กะทัดรัดและสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย
6. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา	6.1 สามารถอธิบายลักษณะของวัตถุ 2 มิติ และวัตถุ 3 มิติ ได้ 6.2 สามารถวาดรูป 2 มิติ จากวัตถุหรือรูป 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้ 6.3 สามารถอธิบายรูปทรงทางเราขาคณิตของวัตถุได้

ตารางที่ 2.3 แสดงการประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้ว
	6.4 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ 2 มิติกับ 3 มิติได้ เช่น ตำแหน่งหรือทิศของวัตถุ และตำแหน่งหรือทิศของวัตถุต่ออีกวัตถุ
	6.5 สามารถบอกความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุกับเวลาได้
	6.6 สามารถบอกความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงขนาด ปริมาณของวัตถุกับเวลาได้
7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	7.1 สามารถอธิบายหรือสรุปจากประเด็นของการเพิ่มความคิดเห็นของตนต่อข้อมูลที่ได้มา
8. ทักษะการพยากรณ์	8.1 สามารถทำนายผลที่อาจจะเกิดขึ้นจากข้อมูลบนพื้นฐานหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ ทั้งภายในขอบเขตของข้อมูล และภายนอกขอบเขตของข้อมูลในเชิงปริมาณได้
9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	9.1 สามารถตั้งคำถามหรือคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองได้
	9.2 สามารถตั้งคำถามหรือคิดหาคำตอบล่วงหน้าจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆได้
10. ทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ	10.1 สามารถอธิบายความหมาย และขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา และการทดลองได้
11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	11.1 สามารถกำหนด และอธิบายตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมในการทดลองได้
12. ทักษะการประมวลผลและการตีความหมายของข้อมูล	12.1 สามารถในการวิเคราะห์ และสรุปประเด็นสำคัญ รวมถึงการแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะของข้อมูล
	12.2 สามารถบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลได้

ตารางที่ 2.3 แสดงการประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้ว
13. ทักษะการทดลอง	13.1 สามารถออกแบบการทดลอง และกำหนดวิธีขั้นตอนการทดลองได้ถูกต้อง และเหมาะสมได้ 13.2 สามารถระบุ และเลือกใช้อุปกรณ์ในการทดลองอย่างเหมาะสม 13.3 สามารถปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง 13.4 สามารถบันทึกผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง

2.4 ความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ (Satisfaction) ได้มีผู้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้หลายความหมาย ดังนี้

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตสถาน (2542) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า พึงพอใจ หมายถึง รัก ชอบใจ และพึงใจ หมายถึง พอใจ ชอบใจ

ดิเรก ฤกษ์หร่าย (2528) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ทัศนคติทางบวกของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เป็นความรู้สึกหรือทัศนคติที่ดีต่องานที่ทำของบุคคลที่มีต่องานในทางบวก ความสุขของบุคคลอันเกิดจากการปฏิบัติงานและได้รับผลเป็นที่พึงพอใจ ทำให้บุคคลเกิดความกระตือรือร้น มีความสุข ความมุ่งมั่นที่จะทำงาน มีขวัญและมีกำลังใจ มีความผูกพันกับหน่วยงาน มีความภาคภูมิใจในความสำเร็จของงานที่ทำ และสิ่งเหล่านี้จะส่งผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการทำงานส่งผลต่อถึงความก้าวหน้าและความสำเร็จขององค์การอีกด้วย

วิรุฬ พรรณเทวี (2542) กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกภายในจิตใจของมนุษย์ที่ไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคลว่าจะมีความคาดหมายกับสิ่งหนึ่งสิ่งใดอย่างไร ถ้าคาดหวังหรือมีความตั้งใจมากและได้รับการตอบสนองด้วยดีจะมีความพึงพอใจมากแต่ในทางตรงกันข้ามอาจผิดหวังหรือไม่พึงพอใจเป็นอย่างยิ่ง เมื่อไม่ได้รับการตอบสนองตามที่คาดหวังไว้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตั้งใจไว้ว่าจะมีมากหรือน้อยสอดคล้องกับ ฉัตรชัย คงสุข (2535) กล่าวว่า ความพึงพอใจหมายถึงความรู้สึกหรือทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่งหรือปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ความรู้สึกพอใจจะเกิดขึ้น

เมื่อความต้องการของบุคคลได้รับการตอบสนองหรือบรรลุจุดมุ่งหมายในระดับหนึ่ง ความรู้สึกดังกล่าวจะลดลงหรือไม่เกิดขึ้น หากความต้องการหรือจุดมุ่งหมายนั้นไม่ได้รับการตอบสนอง

กิตติมา ปรีดีดิลก (2529) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกชอบหรือพอใจที่มีต่อองค์ประกอบและสิ่งจูงใจในด้านต่างๆเมื่อได้รับการตอบสนอง

กาญจนา อรุณสุขรุจี (2546) กล่าวว่า ความพึงพอใจของมนุษย์เป็นการแสดงออกทางพฤติกรรมที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ การที่เราจะทราบว่าบุคคลมีความพึงพอใจหรือไม่ สามารถสังเกตโดยการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับซับซ้อนและต้องมีสิ่งเร้าที่ตรงต่อความต้องการของบุคคล จึงจะทำให้บุคคลเกิดความพึงพอใจ ดังนั้นการสิ่งเร้าจึงเป็นแรงจูงใจของบุคคลนั้นให้เกิดความพึงพอใจในงานนั้น

นภารัตน์ เสือจงพรู (2544) กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกทางบวกความรู้สึกทางลบและความสุขที่มีความสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อน โดยความพึงพอใจจะเกิดขึ้นเมื่อความรู้สึกทางบวกมากกว่าทางลบ

เทพพนม และสวิง (2540) กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นภาวะของความพึงใจหรือภาวะที่มีอารมณ์ในทางบวกที่เกิดขึ้น เนื่องจากการประเมินประสบการณ์ของคนๆหนึ่ง สิ่งที่ขาดหายไประหว่างการเสนอให้กับสิ่งที่ได้รับจะเป็นรากฐานของการพอใจและไม่พอใจได้

สง่า สู้ณรงค์ (2540) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึงความรู้สึกที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมายหรือเป็นความรู้สึกขั้นสุดท้ายที่ได้รับผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์

จากการตรวจเอกสารข้างต้นสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่ดีหรือทัศนคติที่ดีของบุคคล ซึ่งมักเกิดจากการได้รับการตอบสนองตามที่ตนต้องการ ก็จะเกิดความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งนั้น ตรงกันข้ามหากความต้องการของตนไม่ได้รับการตอบสนองความไม่พึงพอใจก็จะเกิดขึ้น

แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจ

Shelly อ้างโดย ประกายดาว ดำรงพันธุ์ (2536) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจ ว่าความพึงพอใจเป็นความรู้สึกสองแบบของมนุษย์ คือ ความรู้สึกทางบวกและความรู้สึกทางลบ ความรู้สึกทางบวกเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นแล้วจะทำให้เกิดความสุข ความสุขนี้เป็นความรู้สึกที่แตกต่างจากความรู้สึกทางบวกอื่น ๆ กล่าวคือ เป็นความรู้สึกที่มีระบบย้อนกลับความสุขสามารถทำให้เกิดความรู้สึกทางบวกเพิ่มขึ้นได้อีก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความสุขเป็นความรู้สึกที่สลับซับซ้อนและความสุขนี้จะมีผลต่อบุคคลมากกว่าความรู้สึกในทางบวกอื่น ๆ ขณะที่วิชัย (2531) กล่าวว่า แนวคิดความพึงพอใจ มีส่วนเกี่ยวข้องกับความต้องการของมนุษย์ กล่าวคือ ความพึงพอใจจะเกิดขึ้นได้ก็

ต่อเมื่อความต้องการของมนุษย์ได้รับการตอบสนอง ซึ่งมนุษย์ไม่ว่าอยู่ในที่ใดย่อมมีความต้องการขั้นพื้นฐานไม่ต่างกัน

พิทักษ์ ตรุษทิม (2538) กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นปฏิกิริยาด้านความรู้สึกต่อสิ่งเร้าหรือสิ่งกระตุ้นที่แสดงผลออกมาในลักษณะของผลลัพธ์สุดท้ายของกระบวนการประเมิน โดยบ่งบอกทิศทางของผลการประเมินว่าเป็นไปในลักษณะทิศทางบวกหรือทิศทางลบหรือไม่มีปฏิกิริยาคือเฉย ๆ ต่อสิ่งเร้าหรือสิ่งที่มากระตุ้น

สุเทพ พานิชพันธุ์ (2541) ได้สรุปว่า สิ่งจูงใจที่ใช้เป็นเครื่องมือกระตุ้นให้บุคคลเกิดความพึงพอใจ มีด้วยกัน 4 ประการ คือ

1. สิ่งจูงใจที่เป็นวัตถุ (material inducement) ได้แก่ เงิน สิ่งของ หรือสภาวะทางกายที่ให้แก่ผู้ประกอบกิจกรรมต่าง ๆ

2. สภาพทางกายที่พึงปรารถนา (desirable physical condition) คือ สิ่งแวดล้อมในการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งอันก่อให้เกิดความสุขทางกาย

3. ผลประโยชน์ทางอุดมคติ (ideal benefaction) หมายถึง สิ่งต่างๆที่สนองความต้องการของบุคคล

4. ผลประโยชน์ทางสังคม (association attractiveness) หมายถึง ความสัมพันธ์ฉันท์มิตรกับผู้ร่วมกิจกรรม อันจะทำให้เกิดความผูกพัน ความพึงพอใจและสภาพการร่วมกัน อันเป็นความพึงพอใจของบุคคลในด้านสังคมหรือความมั่นคงในสังคม ซึ่งจะทำให้รู้สึกมีหลักประกันและมีความมั่นคงในการประกอบกิจกรรม

ขณะที่ ปรียากร วงศ์อนุตรโรจน์ (2535) ได้มีการสรุปว่า ปัจจัยหรือองค์ประกอบที่ใช้เป็นเครื่องมือบ่งชี้ถึงปัญหาที่เกี่ยวกับความพึงพอใจในการทำงานนั้นมี 3 ประการ คือ

1. ปัจจัยด้านบุคคล (personal factors) หมายถึง คุณลักษณะส่วนตัวของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับงาน ได้แก่ ประสบการณ์ในการทำงาน เพศ จำนวนสมาชิกในความรับผิดชอบ อายุ เวลาในการทำงาน การศึกษา เงินเดือน ความสนใจ เป็นต้น

2. ปัจจัยด้านงาน (factor in the Job) ได้แก่ ลักษณะของงาน ทักษะในการทำงาน ฐานะทางวิชาชีพ ขนาดของหน่วยงาน ความห่างไกลของบ้านและที่ทำงาน สภาพทางภูมิศาสตร์ เป็นต้น

3. ปัจจัยด้านการจัดการ (factors controllable by management) ได้แก่ ความมั่นคงในงาน รายรับ ผลประโยชน์ โอกาสก้าวหน้า อำนาจตามตำแหน่งหน้าที่ สภาพการทำงาน เพื่อนร่วมงาน ความรับผิด การสื่อสารกับผู้บังคับบัญชา ความศรัทธาในตัวผู้บริหาร การนิเทศงาน เป็นต้น

ทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจ

Kotler and Armstrong (2002) รายงานว่า พฤติกรรมของมนุษย์เกิดขึ้นต้องมีสิ่งจูงใจ (motive) หรือแรงขับดัน (drive) เป็นความต้องการที่กดดันจนมากพอที่จะจูงใจให้บุคคลเกิดพฤติกรรม เพื่อตอบสนองความต้องการของตนเอง ซึ่งความต้องการของแต่ละคนไม่เหมือนกัน ความต้องการบางอย่าง เป็นความต้องการทางชีววิทยา(biological) เกิดขึ้นจากสภาวะตึงเครียด เช่น ความหิวกระหายหรือความลำบากบางอย่าง เป็นความต้องการทางจิตวิทยา (psychological) เกิดจากความต้องการการยอมรับ (recognition) การยกย่อง (esteem) หรือการเป็นเจ้าของทรัพย์สิน (belonging) ความต้องการส่วนใหญ่อาจไม่มากพอที่จะจูงใจให้บุคคลกระทำในช่วงเวลานั้น ความต้องการกลายเป็นสิ่งจูงใจ เมื่อได้รับการกระตุ้นอย่างเพียงพอจนเกิดความตึงเครียด โดยทฤษฎีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด มี 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีของอับราฮัม มาสโลว์ และทฤษฎีของซิกมันด์ ฟรอยด์

1. ทฤษฎีแรงจูงใจของมาสโลว์ (Maslow's theory motivation)

อับราฮัม มาสโลว์ (A.H.Maslow) ค้นหาวิธีที่จะอธิบายว่าทำไมคนจึงถูกผลักดันโดยความต้องการบางอย่าง ณ เวลาหนึ่ง ทำไมคนหนึ่งจึงทุ่มเทเวลาและพลังงานอย่างมากเพื่อให้ได้มาซึ่งความปลอดภัยของตนเองแต่อีกคนหนึ่งกลับทำสิ่งเหล่านั้น เพื่อให้ได้รับการยกย่องนับถือจากผู้อื่น คำตอบของมาสโลว์ คือ ความต้องการของมนุษย์จะถูกเรียงตามลำดับจากสิ่งที่กดดันมากที่สุดไปถึงน้อยที่สุด ทฤษฎีของมาสโลว์ได้จัดลำดับความต้องการตามความสำคัญ คือ

1.1 ความต้องการทางกาย (physiological needs) เป็นความต้องการพื้นฐาน คือ อาหาร ที่พัก อากาศ ยารักษาโรค

1.2 ความต้องการความปลอดภัย (safety needs) เป็นความต้องการที่เหนือกว่า ความต้องการเพื่อความอยู่รอด เป็นความต้องการในด้านความปลอดภัยจากอันตราย

1.3 ความต้องการทางสังคม (social needs) เป็นการต้องการการยอมรับจากเพื่อน

1.4 ความต้องการการยกย่อง (esteem needs) เป็นความต้องการการยกย่องส่วนตัว ความนับถือ และสถานะทางสังคม

1.5 ความต้องการให้ตนประสบความสำเร็จ (self – actualization needs) เป็นความต้องการสูงสุดของแต่ละบุคคล ความต้องการทำทุกสิ่งทุกอย่างได้สำเร็จ บุคคลพยายามที่สร้างความพึงพอใจให้กับความต้องการที่สำคัญที่สุดเป็นอันดับแรกก่อนเมื่อความต้องการนั้นได้รับความพึงพอใจ ความต้องการนั้นก็จะหมดลงและเป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลพยายามสร้างความพึงพอใจให้กับความต้องการที่สำคัญที่สุดลำดับต่อไป ตัวอย่าง เช่น คนที่อดอยาก (ความต้องการทางกาย) จะไม่สนใจต่องานศิลปะชิ้นล่าสุด (ความต้องการสูงสุด) หรือไม่ต้องการยกย่องจากผู้อื่น หรือไม่ต้องการแม้แต่อากาศที่บริสุทธิ์

(ความปลอดภัย) แต่เมื่อความต้องการแต่ละขั้นได้รับความพึงพอใจแล้วก็จะมีความต้องการในขั้นลำดับต่อไป

2. ทฤษฎีแรงจูงใจของฟรอยด์

ซิกมันด์ ฟรอยด์ (S. M. Freud) ตั้งสมมุติฐานว่าบุคคลมักไม่รู้ตัวมากนักว่าพลังทางจิตวิทยามีส่วนช่วยสร้างให้เกิดพฤติกรรม ฟรอยด์พบว่าบุคคลเพิ่มและควบคุมสิ่งเร้าหลายอย่าง สิ่งเร้าเหล่านี้อยู่นอกเหนือการควบคุมอย่างสิ้นเชิง บุคคลจึงมีความฝัน พูดคำที่ไม่ตั้งใจพูด มีอารมณ์อยู่เหนือเหตุผลและมีพฤติกรรมหลอกหลอนหรือเกิดอาการวิตกจริตอย่างมาก

ขณะที่ ชาริณี (2535) ได้เสนอทฤษฎีการแสวงหาความพึงพอใจไว้ว่า บุคคลพอใจจะกระทำสิ่งใด ๆ ที่ให้มีความสุขและจะหลีกเลี่ยงไม่กระทำในสิ่งที่เขาจะได้รับความทุกข์หรือความยากลำบาก โดยอาจแบ่งประเภทความพอใจกรณีนี้ได้ 3 ประเภท คือ

1. ความพอใจด้านจิตวิทยา (psychological hedonism) เป็นทรรศนะของความพึงพอใจว่ามนุษย์โดยธรรมชาติจะมีความแสวงหาความสุขส่วนตัวหรือหลีกเลี่ยงจากความทุกข์ใด ๆ

2. ความพอใจเกี่ยวกับตนเอง (egoistic hedonism) เป็นทรรศนะของความพอใจว่ามนุษย์จะพยายามแสวงหาความสุขส่วนตัว แต่ไม่จำเป็นว่าการแสวงหาความสุขต้องเป็นธรรมชาติของมนุษย์เสมอไป

3. ความพอใจเกี่ยวกับจริยธรรม (ethical hedonism) ทรรศนะนี้ถือว่ามนุษย์แสวงหาความสุขเพื่อผลประโยชน์ของมวลมนุษย์หรือสังคมที่ตนเป็นสมาชิกอยู่และเป็นผู้ได้รับผลประโยชน์ผู้หนึ่งด้วย

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยต่างประเทศ

เวด (Wade, 1995, p. 816) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิชาชีววิทยาของนักเรียนระดับเกรด 9 โดยใช้วิธีสอน 3 วิธี ได้แก่ การสอนแบบปกติ การสอนโดยใช้การทดลองและการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 116 คน ทดลองสอนเป็นเวลา 9 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าในส่วนของเจตคติต่อวิชาชีววิทยาสำหรับกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้การทดลองกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติ

รอท และรอยเชาว์ฮิวรี (Roth & Roychoudhury, 1993, p. 127 - 152) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในสิ่งแวดล้อมจริง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

157 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นเกรด 11 จำนวน 48 คน ซึ่งได้รับการสอนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน กลุ่มที่ 2 เป็นนักเรียนเกรด 12 จำนวน 29 คน ซึ่งได้รับการสอนวิชาฟิสิกส์ระดับสูง กลุ่มที่ 3 เป็นเกรด 8 จำนวน 80 คน ซึ่งได้รับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยกลุ่มนักเรียนจากกลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่มเป็นศูนย์กลางในการเรียนมีการฝึกให้ปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการทดลองอย่างเป็นอิสระเหมือนกัน เครื่องมือที่ใช้คือ วิธีการสังเกตโดยตรงจากวีดีโอเทป การสัมภาษณ์จากราย และบันทึกผลการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่มมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

ทอมป์สัน (Thompson, 1992, p. 1009) ได้ศึกษา พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาเกรด 7 ถึงเกรด 10 จำนวน 8 คน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์เหมือนกัน พบว่านักเรียนทั้ง 4 กลุ่มไม่มีความเข้าใจในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง ซึ่งมีสาเหตุมาจากการไม่เข้าใจในความหมายทางวิทยาศาสตร์กับความรู้สึกธรรมดาจากสามัญสำนึกเป็นผลจากการสอนโดยไม่เน้นให้ลงมือปฏิบัติจริงหรือไม่มีการฝึกอบรมเพิ่มเติม จากรายงานการวิจัยพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริงนั้นมีผลทำให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นกว่าการสอนที่ไม่เน้นให้นักเรียนได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ไมเคิล พาดิลลา (Michael J. Padilla, 1990) ได้ศึกษาการเรียนการสอน แบบบูรณาการกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาสามารถเรียนรู้ได้โดยนักเรียนและผู้สอนเป็นผู้ถ่ายทอดให้ด้วยการใช้กิจกรรมต่างๆ เช่นการทดลองวิทยาศาสตร์ เกมส์วิทยาศาสตร์ ผู้เรียนที่ใช้กิจกรรมเสริมต่าง ๆ ช่วยมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นกว่าการเรียนการสอนแบบปกติ

2.5.2 งานวิจัยในประเทศ

สิริวรรณ ใจกระเสน (2554, น. บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เกมส์วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านหนองบัว จังหวัดลำพูน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 15 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนโดยใช้เกมวิทยาศาสตร์มีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนที่เรียนโดยใช้เกมวิทยาศาสตร์ มีอัตราพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนทุกทักษะเพิ่มขึ้นโดยมีค่าเฉลี่ย 4.20 คะแนนต่อครั้งจาก

คะแนนเต็ม 36 คะแนน และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกมวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมากที่สุด

จินตนา คำสอนจิก (2553, น. บทคัดย่อ)ได้ทำการศึกษาการพัฒนาชุดการสอนเรื่องสารเคมีในชีวิตประจำวันโดยใช้การ์ตูนอนิเมชั่นเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนโรงเรียนห้วยขาแข้งวิทยาคม จำนวน 38 คน ผลการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับเจตคติทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จึงอาจกล่าวได้ว่า ชุดการสอนเรื่องสารเคมีในชีวิตประจำวันโดยใช้การ์ตูนอนิเมชั่นสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อย่างมีประสิทธิภาพ

จุฑามาศ เรือนก่ำ (2553, น. บทคัดย่อ) ได้สร้างชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย และศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรม จำนวน 35 คน ผลการศึกษาพบว่า ได้ชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 20 ชุด ซึ่งเป็นชุดกิจกรรมที่สามารถนำไปใช้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม ผลการใช้ชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของเด็กปฐมวัย ได้ค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ 90.40 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์การผ่านที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 60

จิราภรณ์ น้อยน้ำใส (2551, น. บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการรู้คิด ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงแนวความคิดที่ผิดพลาดเกี่ยวกับมโนมติชีววิทยา และทักษะกระบวนกำระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีผลการเรียนทางวิทยาศาสตร์ต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูง และนักเรียนที่มีผลการเรียนต่ำ หลังเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการรู้คิด มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ทั้งโดยรวมและเป็นรายด้านทุกด้านเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สิริกานต์ จงวัฒนประสิทธิ์ (2551, น. บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 โรงเรียนสวายวิทยาคาร ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ผ่านการสอนโดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ไม่เคยทำโครงงานวิทยาศาสตร์

ศรีสอางค์ ดีประชา (2549, น. บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยศึกษาเรื่องผลการใช้กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสฤษดิเดช จังหวัดจันทบุรี พบว่าพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระหว่างการฝึกกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ครั้ง พบว่า คะแนนทุกทักษะมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น โดยมีอัตราพัฒนาการในภาพรวมทุกทักษะ 0.90 คะแนนต่อครั้ง

สุมนา คามดิษฐ์ (2546, น. บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา อำเภอพุทไธสง จังหวัดบุรีรัมย์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแคน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 23 คน ผลการวิจัยพบว่า แบบฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 81.01/80.10 และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการฝึกสูงกว่าก่อนการฝึกด้วยแบบฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กุสุมา พันธ์ไหล (2544, น. บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาผลของการสอนโดยการใช้ของเล่นที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอนุบาลดำรงราชานุสรณ์จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จำนวนกลุ่มละ 30 คน ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอน 7 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ แบบสอบความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามนักเรียนที่ร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการใช้ของเล่น ผลการวิจัยพบว่า 1) ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ใช้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการใช้ของเล่น มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ใช้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการใช้ของเล่นมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีทัศนะที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ได้เรียนรู้โดยการทดลองเล่นอย่างสนุกสนานและเป็นการเตรียมความพร้อมในการเรียนวิชาฟิสิกส์ได้ในระดับสูงต่อไป

สนธยา ศรีบางพลี (2541, น. บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้แบบฝึกกับการสอนตามคู่มือครู กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2541 จำนวน 60 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกกับการสอน ตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู และ 2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกกับการสอนตามคู่ มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู

กรรณิการ์ ไผทฉันท์ (2541, น. บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมตามวิธีการวิจัยในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมในกิจกรรมชุมชนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นและมีความแตกต่างกันกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่าการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้โดยการหากิจกรรมเสริมการเรียนรู้ ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง เช่น การใช้เกมส์วิทยาศาสตร์ การใช้แบบฝึกทักษะกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นต้น และจากการศึกษาพบว่าเมื่อผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ในการนี้ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการทดลอง กับผู้ร่วมกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ขององค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ เพื่อศึกษาว่าเมื่อผู้ร่วมกิจกรรมได้เข้าร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้แล้วมีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอีกทั้งยังสามารถนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติที่ดีขึ้นต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ต่อไป

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ เป็นลักษณะวิจัยและพัฒนา (Research and Development : R & D) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

3.2 แบบการวิจัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมเรียนรู้ที่ที่กำลังศึกษาอยู่ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึงเดือนกันยายน 2556 จำนวน 500 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนปราโมชวิทยารามอินทรา จำนวน 2 รอบ รอบละ 50 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster sampling) โดยการจับฉลาก

3.2 แบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีแบบแผนการวิจัยเชิงทดลองโดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เพื่อเพิ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับผู้เข้าร่วมกิจกรรมที่กำลังศึกษาอยู่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เข้าร่วมกิจกรรมห้องทดลองวิทยาศาสตร์ขององค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ทั้งนี้เพื่อพิจารณาถึงผลที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ดังกล่าว เพื่อมีแบบแผนการวิจัยเป็น one group pretest – posttest design (Tuck man, 1999, p. 159 – 160) ดังนี้

T 1	X	T 2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

T1 หมายถึง การทดสอบความรู้ความเข้าใจด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ก่อนการใช้กิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

X หมายถึง การทดลองใช้ กิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

T2 หมายถึง การทดสอบความรู้ความเข้าใจด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ หลังการใช้กิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการหาประสิทธิภาพ

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1) คู่มือการจัดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

2) แบบทดสอบความรู้พื้นฐาน

3) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

4) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ร่วมกิจกรรมที่มีต่อกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง โดยใช้การทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

3.3.2 หาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีขั้นตอนดังนี้

3.3.2.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการสร้างกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ และการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการศึกษาตามอัธยาศัย

3.3.2.2 กำหนดและเลือกชุดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

3.3.2 .3 นำชุดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ที่เลือกมาไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจดูความถูกต้องของเนื้อหาและภาษาที่ใช้

3.3.2.4 นำชุดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ที่เลือกมาให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหาจำนวน 5 ท่าน และปรับปรุงแก้ไขชุดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบการศึกษาตามอัธยาศัยให้เป็นชุดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.3.2 .5 นำชุดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับผู้เข้าร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

3.3.2 .6 ขั้นตอนการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและแบบทดสอบความรู้พื้นฐานดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เพื่อเพิ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

2. สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงประกอบด้วย ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating hypothesis) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) ทักษะการทดลอง (Experimenting) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting data and conclusion)

3. การหาคุณภาพของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงนำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิทยาศาสตร์และทางการวัดผลจำนวน 5 ท่าน ได้แก่ ตรวจสอบลักษณะการใช้คำถาม ภาษาที่ใช้และคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรมที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไปไว้ใช้

4. นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้ผู้ร่วมกิจกรรมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้ร่วมกิจกรรมที่มีช่วงอายุ 13 ปี ระหว่างเดือนสิงหาคม – กันยายน 2556 จำนวน 30 คน

5. หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อโดยใช้เทคนิค 27% ของ จุง เตห์ ฟาน คัดเลือกข้อทดสอบที่มีความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ปรากฏมีแบบทดสอบอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ 25 ข้อ มีค่า (p) อยู่ระหว่าง 0.41 – 0.79 และค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.65

6.นำแบบทดสอบที่ได้คัดเลือกแล้ว ไปหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของ KR-20 ของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, น. 123)

7.นำแบบทดสอบทั้งสองชุดไปใช้จริงกับผู้ร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ในกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย ตามขั้นตอนของแผนแบบการทดลองเพื่อวัดผลของการเรียนก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ต่อไป

3.4.3 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ร่วมกิจกรรมที่มีต่อกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ที่มีต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง โดยใช้การทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

3.4.3.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

3.4.3.2 สร้างแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ร่วมกิจกรรมที่มีต่อกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ที่มีต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง โดยใช้การทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากที่ได้นำกิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ไปทดลองใช้และประเมินผลการใช้กิจกรรมแล้ว ผู้วิจัยได้นำผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลมาพิจารณาปรับปรุงกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ในด้านโครงสร้างกิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้และรายละเอียดที่เป็นองค์ประกอบของกิจกรรม เพื่อให้กิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้มีความถูกต้องเหมาะสม สามารถนำไปใช้ในการเพิ่มทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ และสร้างความตระหนักด้านวิทยาศาสตร์

การประเมินผลกิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการประเมิน 2 ระยะ คือ การประเมินผลระหว่างการใช้กิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ และการประเมินหลังการใช้กิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.4.1 การประเมินระหว่างการใช้กิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ เพื่อศึกษาพฤติกรรมระหว่างการทดลองวิทยาศาสตร์ของผู้ที่เข้าร่วมกิจกรรมการทดลอง ขององค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ โดยใช้แบบบันทึกผลการทดลอง

3.4.2 การประเมินผลก่อนและหลังการใช้กิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ โดยใช้แบบทดสอบก่อนและหลังการใช้กิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ แล้วนำผลทดสอบมาหาค่าความแตกต่าง ของคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังการใช้กิจกรรมทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ แล้วนำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน t - test dependent

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ โดยได้ดำเนินการตามรายละเอียด ดังนี้

1) ให้ผู้ร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ทำแบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

2) ดำเนินการใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ โดยใช้เวลาทำการทดลองวิทยาศาสตร์ครั้งละ 3 ชั่วโมง (ติดตามผลกลุ่มตัวอย่างหลังเข้าร่วมกิจกรรมการทดลองอีก 2 ครั้ง) เพื่อศึกษาพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงทั้ง 5 ทักษะ

3) ให้ผู้ร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังร่วมกิจกรรม โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

4) ให้ผู้ร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ตอบแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

5) นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้อ

3.5.1 สถิติพื้นฐาน ได้แก่

3.5.1.1 ค่าร้อยละ (Percentage)

3.5.1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean)

3.5.1.3 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

3.5.2 สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

สถิติทดสอบสมมติฐาน เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้ร่วมกิจกรรม ก่อนและหลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ วิเคราะห์ t-test dependent โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3.5.3 สถิติที่ใช้หาคุณภาพเครื่องมือ

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง โดยใช้สูตร KR–20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) คำนวณจากการตอบถูกหรือผิดจึงใช้ได้เฉพาะข้อสอบที่มีคะแนนเป็น 1, 0 เท่านั้น สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน คือ

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

r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้ทำถูกในแต่ละข้อ (จำนวนคนที่ทำถูก/จำนวนคนทั้งหมด)

q แทน สัดส่วนของผู้ทำผิดในแต่ละข้อ (จำนวนคนที่ทำผิด/จำนวนคนทั้งหมด)

S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบ

การหาค่าสถิติ t-test แบบ Dependent samples เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนในกลุ่มเดียวกัน โดยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ: และอังคณา สายยศ. 2538: 104) มีสูตรดังนี้

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

เมื่อ t แทน ค่าวิกฤต, ค่าที่ใช้ในการพิจารณาใน t - distribution

$\sum D$ แทน ผลรวมความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

n แทน จำนวนคู่ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์การประเมินผลการตัดสินการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ(2552:25) เกณฑ์แปลความหมายแบ่งเป็น 8 ช่วง ดังนี้

คะแนนระหว่าง (80% - 100%) ความหมายคือ ดีเยี่ยม

คะแนนระหว่าง (75% - 79%) ความหมายคือ ดีมาก

คะแนนระหว่าง (70% - 74%) ความหมายคือ ดี

คะแนนระหว่าง (65% - 69%) ความหมายคือ ค่อนข้างดี

คะแนนระหว่าง (60% - 64%) ความหมายคือ ปานกลาง

คะแนนระหว่าง (55% - 59%) ความหมายคือ พอใช้

คะแนนระหว่าง (50% - 54%) ความหมายคือ ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ

คะแนนระหว่าง (0% - 49%) ความหมายคือ ต่ำกว่าเกณฑ์

เกณฑ์การประเมินความพึงพอใจ

ดี	2.80 – 3.00
เฉยๆ	2.00 – 2.80
ควรปรับปรุง	0.00 – 1.90

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้กรณีศึกษาโรงเรียนปราโมชวิทยารามอินทรา มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้ร่วมกิจกรรมก่อนและหลังร่วมกิจกรรมโดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ 2) เพื่อศึกษาพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้ร่วมกิจกรรมภายหลังการใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ร่วมกิจกรรมที่มีต่อการจัดกิจกรรมพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและแปรผลข้อมูลดังนี้

4.1 ผลเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนโรงเรียนปราโมชวิทยารามอินทราก่อนและหลัง โดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

4.2 ผลการศึกษาความคงทนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนโรงเรียนปราโมชวิทยารามอินทราก่อนและหลังการใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ โดยใช้สถิติ t-test Dependent เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ร่วมกิจกรรมที่มีต่อการจัดกิจกรรมพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

4.1 ผลเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนโรงเรียนปราโมชวิทยารามอินทราก่อนและหลัง โดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยรวมก่อนและหลังร่วมกิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนก่อนและหลัง ปรากฏดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยรวมก่อนและหลังร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

ทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	ร้อยละ	S.D	t-test
ก่อนร่วมกิจกรรม	50	25	13.82	55.28	0.84	
หลังร่วมกิจกรรม	50	25	18.21	72.84	0.65	96.63***

t(.05; df49) = 2.0096

ร้อยละตามที่กระทรวงศึกษาธิการกำหนด

จากตารางที่ 4.1 พบว่า กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนที่ได้ร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนร่วมกิจกรรมมีค่าเท่ากับ 13.82 และ 0.84 ตามลำดับ และหลังร่วมกิจกรรมมีค่าเท่ากับ 18.21 และ 0.65 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างที่ร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ พบว่า มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงสูงกว่าก่อนร่วมกิจกรรม

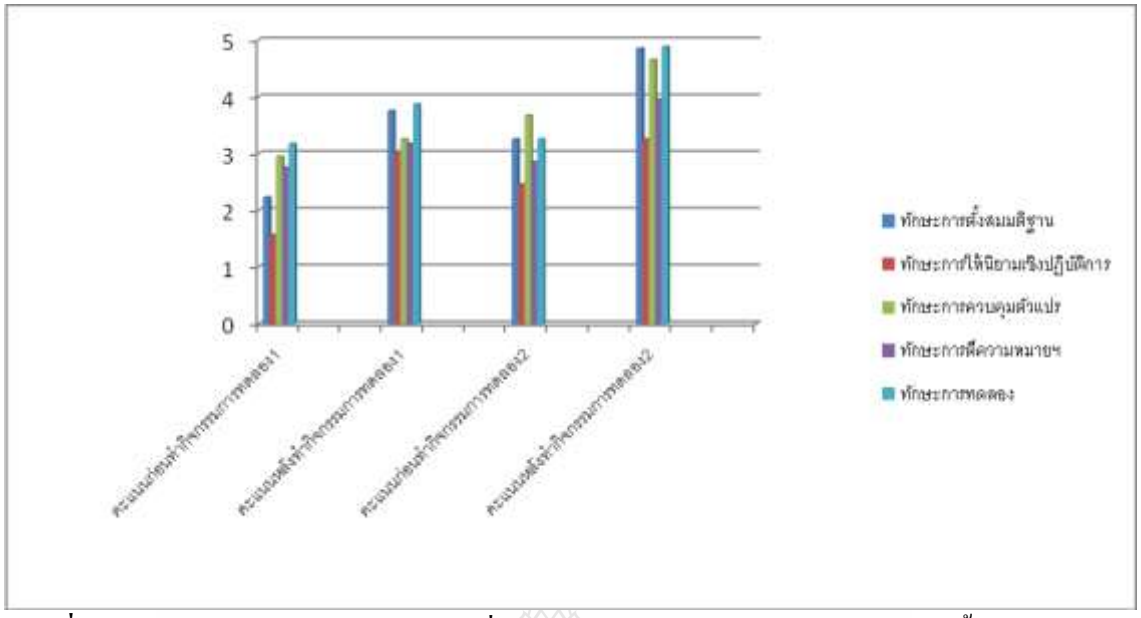
4.2 ผลการศึกษาความคงทนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหลังการใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

ผลการศึกษาความคงทนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหลังการใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ แบ่งตามทักษะดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้(ความคงทน)

ทักษะทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง	ก่อนเรียน		หลังเรียน		ความแตกต่าง
	$\vec{X}_1$	S.D	$\vec{X}_2$	S.D	$\vec{X}_2 - \vec{X}_1$
การตั้งสมมติฐาน	2.10	0.71	4.38	0.64	2.28
การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	2.23	0.67	4.32	0.59	2.09
การกำหนดและควบคุมตัวแปร	2.24	0.61	4.42	0.54	2.18
การตีความหมายและลงข้อสรุป	2.00	0.73	3.80	0.86	1.12
การทดลอง	2.68	0.51	4.76	0.43	2.08
ทักษะทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยรวม	11.25	3.23	21.68	3.06	10.43

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของกลุ่มตัวอย่างที่ร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้มีคะแนนค่าเฉลี่ยแยกเป็นแต่ละทักษะทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงก่อนร่วมพบว่าทักษะที่ผู้ร่วมกิจกรรมมีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ ทักษะการทดลองและทักษะที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดคือทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป มีค่าเท่ากับ 2.68 และ 2.00 ตามลำดับ หลังร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ทักษะที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ ทักษะการทดลอง คะแนนเฉลี่ยต่ำสุดคือ ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป มีค่าเท่ากับ 4.76 และ 3.80 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงก่อนและหลังร่วมกิจกรรม

จากภาพที่ 4.1 กราฟแสดงให้เห็นว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของกลุ่มตัวอย่างหลังจากร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ทั้ง 2 กิจกรรม สูงกว่าก่อนร่วมกิจกรรมทุกทักษะ

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของกลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง	$\sum D$	$\sum D^2$	t
การตั้งสมมติฐาน	115	13225	29.94
การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	103	10609	26.54
การกำหนดและควบคุมตัวแปร	90	8100	19.02
การตีความหมายและลงข้อสรุป	91	8281	19.48
การทดลอง	100	10000	28.65
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยรวม	499	249001	51.65***

จากตารางที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้พบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐาน

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ร่วมกิจกรรมที่มีต่อการจัดกิจกรรมพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

หลังจากการจัดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ 2 ครั้ง ได้มีการประเมินความพึงพอใจในการเข้าร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงแบ่งตามข้อคำถามได้ผลการประเมินดังนี้

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจต่อกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

รายการประเมิน	ช็อกโกแลตฮาเฮ			เคมีในบ้าน		
	$\bar{X}$	S.D	แปลผล	$\bar{X}$	S.D	แปลผล
1. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้เรียนรู้การใช้เครื่องมือ	2.78	0.42	ดี	2.74	0.44	ดี
2. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมรู้สึกสนุกสนาน	2.92	0.27	ดี	2.72	0.45	ดี
3. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมนำความรู้ไปใช้ในชีวิต	2.58	0.54	ดี	2.86	0.35	ดี
4. ความเหมาะสมของเนื้อหา	2.90	0.30	ดี	2.70	0.46	ดี

จากตารางที่ 4.3 ผู้ร่วมกิจกรรมส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้เรื่องช็อกโกแลตอาเฮและเรื่องเคมีในบ้านอยู่ในระดับดี และเมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ข้อ 2 คือ ผู้ร่วมกิจกรรมรู้สึกสนุกสนาน และกิจกรรมการทดลองเสริมการเรียนรู้เรื่องเคมีในบ้านผู้ร่วมกิจกรรมส่วนใหญ่มีเจตคติต่อกิจกรรมการทดลองเสริมการเรียนรู้อยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ข้อ 3 คือ ผู้ร่วมกิจกรรมสามารถนำไปความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน

ตารางที่ 4.5 จำนวนและร้อยละของความประทับใจต่อกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

สิ่งที่ผู้เข้าร่วมกิจกรรม	ช็อกโกแลตฮาเฮ		เคมีในบ้าน	
ประทับใจ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
เนื้อหา	11	22.00	13	26.00
วิทยากร	8	16.00	14	28.00
อุปกรณ์	14	28.00	11	22.00
บรรยากาศโดยรวม	13	26.00	8	16.00
อื่น ๆ	4	8.00	4	8.00
รวม	50	100	50	100

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ผู้ร่วมกิจกรรมมีความประทับใจต่อกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ทั้ง 2 เท่า ๆ กัน และเมื่อพิจารณาจากสิ่งที่ผู้ร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้แยกตามหัวข้อ พบว่า การทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้เรื่องช็อกโกแลตฮาเฮ ส่วนใหญ่ประทับใจ อุปกรณ์การทดลองมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 28.00 รองลงมา คือ บรรยากาศโดยรวม ส่วนการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้เรื่องเคมีในบ้าน ผู้ร่วมกิจกรรมการทดลองมีความประทับใจวิทยากรมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 28.00 รองลงมาคือ เนื้อหา

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อ 1) การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง โดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้มีการติดตามผลหลังร่วมกิจกรรม 2) ศึกษาพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และ 3) ประเมินความพึงใจของผู้ร่วมกิจกรรมมีต่อกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ กรณีศึกษาโรงเรียนปราโมชวิทยารามอินทรา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนปราโมชวิทยารามอินทรา จำนวน 50 คน ระยะเวลาในการทดลองครั้งละ 3 ชั่วโมง โดยดำเนินการติดตามผลกลุ่มตัวอย่างอีก 2 ครั้ง หลังร่วมกิจกรรมเพื่อศึกษาพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ใช้รูปแบบการวิจัยแบบ one group pretest – posttest เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ คู่มือการจัดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้เรื่องช็อกโกแลตฮาเฮ และ เคมีในบ้าน โดยใช้สถิติค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) เท่ากับ 0.95 แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง วิเคราะห์ข้อมูลสถิติโดยใช้ t-test Dependent samples แบบประเมินความพึงพอใจผู้ร่วมกิจกรรมที่มีต่อการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ ใช้สถิติค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สมมติฐานในการวิจัย คือ นักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยใช้กิจกรรมการทดลองเสริมการเรียนรู้กรณีศึกษาโรงเรียนปราโมชวิทยารามอินทรา มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงเพิ่มขึ้น

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ก่อนและหลังการร่วมกิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง คะแนนรวม 25 คะแนน พบว่า หลังร่วมกิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้มีคะแนนสูงขึ้นทั้ง 3 ครั้ง

5.1.2 ผลการศึกษาความคงทนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหลังการใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ ดังนี้ 1) ทักษะการตั้งสมมติฐานมีคะแนนครั้งที่ 2

สูงขึ้นจากครั้งที่ 1 ร้อยละ 45.60 2) ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 2 สูงขึ้นจากครั้งที่ 1 ร้อยละ 41.80 3) ทักษะการควบคุมตัวแปรครั้งที่ 2 สูงขึ้นจากครั้งที่ 1 ร้อยละ40 4) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปครั้งที่ 2 สูงขึ้นจากครั้งที่ 1 ร้อยละ 36 5) ทักษะการทดลองครั้งที่ 2 สูงขึ้นจากครั้งที่ 1ร้อยละ 41.60

5.1.3 ผลการประเมินความพึงพอใจหลังเข้าร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ผู้ร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้พบว่าผู้ร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้เรื่องช็อกโกแลตฮาเฮและเคมีในบ้านมีความพึงพอใจต่อวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีโดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดแยกตามเรื่องดังนี้ (1) กิจกรรมการทดลองเรื่องช็อกโกแลตฮาเฮมีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ กิจกรรมมีความสนุกสนานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.92 (2) กิจกรรมการทดลองเรื่องเคมีในบ้านมีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ กิจกรรมสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวัน

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1โดยใช้กิจกรรมกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ ซึ่งจากการวิเคราะห์และการสรุปผลการวิจัยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

5.2.1 ผลการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ เมื่อวัดโดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงแบบเลือกตอบมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงอยู่ในระดับดี นักเรียนมีการพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงขึ้นทุกทักษะสอดคล้องกับแนวคิดของ ภพ เลาห์ไพบูลย์ (2537:45) ที่กล่าวว่า ยุทธวิธีการสอนเป็นตัวกำหนดสถานการณ์และเงื่อนไขการเรียนรู้ ในการสอนแต่ละครั้งต้องมีวัตถุประสงค์ในการสอนที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลผลิต พัฒนาการการเรียนรู้ควรเป็นลำดับขั้นตอนใช้คำถามส่งเสริมให้นักเรียนสรุปเป็นมโนมติ สร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ให้น่าเรียน น่าศึกษาค้นคว้า

5.2.2 ผลการศึกษาความคงทนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหลังการใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้สูงกว่าก่อนร่วมกิจกรรมรายทักษะ เนื่องจากนักเรียนมีโอกาสได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผู้ดำเนินกิจกรรมเป็นผู้ตั้งคำถามและให้ผู้ร่วมกิจกรรมช่วยกันค้นหาคำตอบผ่านการทดลอง เมื่อเกิดปัญหาระหว่างการทดลองผู้ดำเนินกิจกรรมเป็นผู้แนะวิธีการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นให้ผู้ร่วมกิจกรรมเพื่อนำไปสู่การสรุปผลการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับทองอยู่ แก้วไทรฮะ (2544, น. 16) ที่กล่าวว่า ครูหรือผู้จัดการเรียนรู้ เป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการแก้ไขปัญหาการเรียนรู้ของผู้เรียน ความเคารพในความคิดเห็นของเด็ก ให้เด็กมั่นใจว่าจะไม่ถูกลงโทษ

หากมีความคิดแตกต่างจากครูและยอมรับความล้มเหลวหรือผิดหวัง ต้องฝึกให้เรียนรู้จากข้อผิดพลาดที่ผ่านมา สอดคล้องกับอารี พันธ์มณี (2547, น. 59) ที่กล่าวว่า การยอมรับ มองเห็นคุณค่าในตัวผู้เรียน ผู้เรียนเป็นบุคคลสำคัญมีคุณค่า และความสามารถเรียนได้ ครูควรแสดงความรู้สึกยอมรับอย่างจริงใจ และกระตุ้นให้ผู้เรียนยอมรับตนเอง และเชื่อมั่นว่าสามารถทำได้สำเร็จ ด้วยความคิดที่ว่า “ถ้าคุณเชื่อว่าคุณทำได้ คุณก็ทำได้สำเร็จ” ครูจึงควรเปิดโอกาสให้ศิษย์ได้แสดงออก เพราะคำนึงถึงความสามารถ ความสนใจ ความถนัดของศิษย์ ครูจึงควรยอมรับด้วยการใส่ใจ สนใจความคิด ความรู้สึก การกระทำ การรับฟังขณะศิษย์ พูดตอบซักถาม ใส่ใจ พูดคุย ซักถาม เพื่อทำให้ศิษย์รู้สึกมั่นตระหนักถึงคุณค่า ยอมรับเรียนรู้ และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

5.2.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่ร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหลังร่วมกิจกรรมมีความพึงพอใจในกิจกรรมทางด้านของความสนุกสนานและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ซึ่งสอดคล้องกับสุเทพ พานิชพันธุ์ (2541) ได้สรุปว่า สิ่งจูงใจที่ใช้เป็นเครื่องมือกระตุ้นให้บุคคลเกิดความพึงพอใจ มีด้วยกัน 4 ประการ คือ

1) สิ่งจูงใจที่เป็นวัตถุ (material inducement) ได้แก่ เงิน สิ่งของ หรือสภาวะทางกายที่ให้แก่ผู้ประกอบกิจกรรมต่าง ๆ

2) สภาพทางกายที่พึงปรารถนา (desirable physical condition) คือ สิ่งแวดล้อมในการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งอันก่อให้เกิดความสุขทางกาย

3) ผลประโยชน์ทางอุดมคติ (ideal benefaction) หมายถึง สิ่งต่างๆที่สนองความต้องการของบุคคล

4) ผลประโยชน์ทางสังคม (association attractiveness) หมายถึง ความสัมพันธ์ฉันท์มิตรกับผู้ร่วมกิจกรรม อันจะทำให้เกิดความผูกพัน ความพึงพอใจและสภาพการร่วมกัน อันเป็นความพึงพอใจของบุคคลในด้านสังคมหรือความมั่นคงในสังคม ซึ่งจะทำให้รู้สึกมีหลักประกันและมีความมั่นคงในการประกอบกิจกรรม

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

5.3.1.1 การจัดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงผู้จัดกิจกรรมควรศึกษาและทำความเข้าใจในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ตามอัธยาศัยให้ชัดเจนก่อนนำไปใช้ โดยศึกษาจากแผนการจัดการเรียนรู้ สามารถปรับในส่วน ของ รายวิชาเรื่องและเตรียมวัสดุอุปกรณ์ได้เหมาะสมกับบริบทของนักเรียน โดยคำนึงถึงพัฒนาการและความสนใจของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติที่ดีทางวิทยาศาสตร์

5.3.1.2 การจัดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงผู้จัดกิจกรรมควรคำนึงถึงลักษณะของผู้เรียน หรือความแตกต่างระหว่างบุคคล เนื้อหาที่ในการจัดการเรียนการสอน และสภาพแวดล้อม เพราะการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการศึกษาตามอัธยาศัยจะมีประสิทธิภาพสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับการนำมาจัดการเรียนการสอนกับผู้เรียนที่รู้จักคิด และค้นพบด้วยตนเอง จะทำให้เห็นศักยภาพของผู้เรียนได้อย่างชัดเชน และทำให้ผู้เรียนได้ความรู้ สามารถนำความรู้ที่เกิดขึ้นประยุกต์ในชีวิตประจำวันได้

5.3.1.3 การจัดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง จะมีประสิทธิภาพสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับกระบวนการจัดการเรียนการสอนของผู้ดำเนินกิจกรรม ผู้ดำเนินกิจกรรมควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด แสดงออกอย่างอิสระและการยอมรับความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากประสบการณ์ ความรู้ ควรให้โอกาส เวลา และเรียนรู้ ลองผิดลองถูก ความผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์ ไม่ควรตำหนิจนเกินไป แต่เป็นการเรียนรู้และมีความสมบูรณ์ในเวลาต่อไป ครูผู้สอนที่สร้างสรรค์จะให้ความสำคัญและเน้นความสำเร็จมากกว่าความผิดพลาด

5.3.1.4 การจัดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงผู้ดำเนินกิจกรรมควรสร้างบรรยากาศ ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถ ความคิดเห็น ทั้งในด้านความรู้ ความคิด และการปฏิบัติ ทำให้ผู้เรียนรู้จักคิด และค้นพบด้วยตนเองโดยการเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

5.3.1.5 การจัดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง มีข้อจำกัดในเรื่องของ

เวลา เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลาที่นานในการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้น ผู้ดำเนินกิจกรรมจะต้องควบคุมเวลาในการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมกับเนื้อที่ใช้ในการจัด การเรียนการสอน สภาพแวดล้อม และความแต่ต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ควรจัดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงกับนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างอื่น เช่น จำแนกตามอายุ เพศ ระดับมัธยมศึกษาประถมศึกษา มัธยมศึกษา ตอนปลาย อาชีวศึกษา และอุดมศึกษา เป็นต้น

5.3.2.2 การจัดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงควรศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ กับตัวแปรด้านอื่นๆ เช่น เจตคติต่อการเรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ ทักษะกระบวนการทางคิดแก้ปัญหา ทักษะความคิดอย่างมีวิจารญาณ

5.3.2.3 ควรมีแบบประเมินพฤติกรรมนักเรียนขณะจัดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ เช่น ทักษะการใช้ภาษาในการสื่อสาร ความกล้าแสดงออก การทำงานร่วมกับผู้อื่น ลักษณะความเป็นผู้นำ เป็นต้น

บรรณานุกรม

กรมวิชาการ. (2545). **การจัดหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงการศึกษาธิการ.

กรรณิการ์ ไผทฉันท์. (2541). **ผลการใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมตามวิธีการวิจัยในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมตามวิธีการวิจัยในกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร).

กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). **คู่มือหนังสือกิจกรรมวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ช่วงชั้นที่ 2 ระดับประถมศึกษาปีที่ 4-6**. กรุงเทพฯ: คุรุสภา.

_____. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กุสุมา พันธ์ไหล. (2553). **ผลของการสอนโดยการใช้ของเล่น ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

จินตนา คำสอนจิก. (2553). **การพัฒนาชุดการสอนเรื่องสารเคมีในชีวิตประจำวันโดยใช้อนิเมชั่นเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).

จิราภรณ์ น้อยน้ำใส. (2551). **การเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการรู้คิด ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงแนวความคิดที่ผิดพลาดเกี่ยวกับมโนมติชีววิทยา และทักษะกระบวนกำระบวนการทางวิทยาศาตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีผลการเรียนทางวิทยาศาสตร์ต่างกัน**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคม).

จิราภา เดือดขุนทด. (2554). **การพัฒนาทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย ชั้นอนุบาลปี่ที่ 3** (รายงานวิจัยในชั้นเรียน). ชลบุรี: โรงเรียนเทศบาล 2 วัดกลางทุ่มมาวาส.

บรรณานุกรม (ต่อ)

จุฑามาศ เรือนกำ. (2553). **การสร้างชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษากระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย**. (ค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).

ชนาธิป พรกุล. (2543). **รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชวนชื่น โชติไธสง. (2541). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อปัญหามลพิษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มที่ได้รับการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS) กับการสอนปกติ**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น).

ชะลอ เอี่ยมสะอาด. (2550). **แผนพัฒนาศักยภาพศึกษานิเทศก์ นวัตกรรมการเรียนรู้ สพท นครปฐม 2**. [ม.ป.ท.].

ณัฐวิทย์ พจตันติ. (2546). **การเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

ทิศนา แขมมณี. (2548). **รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย** (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เทพพนม เมืองแมน และ สวิง สุวรรณ. (2540). **พฤติกรรมองค์การ.** ฉบับปรับปรุงใหม่ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงษ์. (2544). การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอาชีวศึกษา. ใน**เอกสารการสอนชุดวิชาการจัดการเรียนการสอนอาชีวศึกษา หน่วยที่ 5**. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

แนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม. (2550). **วารสารวิชาการ, 10**(2).

บรรพต สุวรรณประเสริฐ. (2544). **การพัฒนาหลักสูตรที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ**. เชียงใหม่: เดอะ นอเลจ เซ็นเตอร์.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์**. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). **การสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). **การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิดและเทคนิคการสอน**. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

บรรณานุกรม (ต่อ)

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). **แนวการสอนวิทยาศาสตร์**. (ฉบับปรับปรุง) (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

มูลนิธิสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา. [ม.ป.ป.]. **โครงการบ้านวิทยาศาสตร์น้อยประเทศไทย**. [ม.ป.ท.].

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2538). **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา** (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วชิราพร อัจฉริยโกศล. (2548). ใน**เอกสารการประชุมประชาพิจารณ์เพื่อเสนอผลงานวิจัย สัมมนาเชิงปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**. กรุงเทพฯ: [ม.ป.ท.].

วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2542). **แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง**. กรุงเทพฯ: ภาคพิมพ์.

สนธยา ศรีบางพลี. (2542). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้แบบฝึกกับการสอนตามคู่มือครู**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร).

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2551). การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ. **วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์, 8**(2).

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543). **คุณภาพครูสู่คุณภาพการเรียนรู้**. กรุงเทพฯ: สำนักฯ.

_____. (2545). **มาตรฐานการศึกษา**. กรุงเทพฯ. สำนักฯ.

สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา. (2554). **รายงานประจำปี (1 ตุลาคม 2553 – 30 กันยายน 2554)**. กรุงเทพฯ: สำนักฯ.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2551). **ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง**. [ม.ป.ท.].

สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). **โครงการมหาวิทยาลัยเด็ก ประเทศไทย**. [ม.ป.ท.].

สำลี รักสุทธี. (2544). **เทคนิควิธีการจัดการเรียนการสอนและเขียนแผนการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ**. กรุงเทพฯ: [ม.ป.ท.].

สิริกานต์ จงวัฒนประสิทธิ์. (17 เมษายน 2555). **การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์** [รายการโทรทัศน์]. กรุงเทพฯ.

บรรณานุกรม (ต่อ)

สิริวรรณ ใจกระเสน. (2554). **การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกมวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านหนองบัว จังหวัดลาพูน**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช).

สุมนา คามดิษฐ์. (2546). **การพัฒนาแบบฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์วิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา อำเภอพุทไธสง จังหวัดบุรีรัมย์**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง).

สุรางค์ โควัตระกูล. (2545). **จิตวิทยาการศึกษา**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวัฒน์ นิยมค้า. (2531). **ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 1**. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

Carin, A. A. (1997). **Teaching modern science** (7th ed.). New Jersey: Pretice – Hall.

Eisenkraft, Arthur. (2003). Expanding the 5E Model. **Science Education, 5**(6), 57-59.

Padilla, Michael J. (1990). **Science Expoer**. Massachusetts: Prentice Hall.

Roth,Woff Michal; Roychoudhury, Anita. (1993). The Development of Science Process Skills Authentic Contexts. **Journal of Research in Science Teaching, 30**(2), 127-152.

Thomson, Jeffrey Roland. (1992). **Secondary School Students understanding of Science Process**: **An Interview study**. (Ph.D. Thesis, The University York Education). Abstracts International).

Wade,Wilna Jean. (1995). **The Effects of Traditional Instruction Laboratory Experiences and computer – Assisted. Instruction on Ninth**. (Grade Biology Students Science Process Skill Achievement).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. อาจารย์พีร์ดา จิตนุยานนท์	นักวิชาการการศึกษา ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษากรุงเทพมหานคร
2. อาจารย์พรทิพย์ สกลกุล	นักวิชาการศึกษา ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษากรุงเทพมหานคร
3. ผศ.ดร.เอกรัตน์ ทานาค	อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน
4. นางกรรณิการ์ เฉิน	ผู้อำนวยการสำนักพัฒนาความตระหนักด้านวิทยาศาสตร์ องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ
5. อาจารย์สิริน ธะประวัติ	ครูชำนาญการพิเศษ, หัวหน้าส่วนส่งเสริมและบริการ ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษารังสิต

ภาคผนวก ข

แผนการจัดการเรียนรู้

- คู่มือกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้
- แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง
- แบบประเมินความพึงพอใจผู้ร่วมกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้
- คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

คู่มือกิจกรรมการทดลอง

เรื่อง

ช็อกโกแลตฮาเฮ

ความรู้ประกอบ

ช็อกโกแลตมาจากไหน ?

ช็อกโกแลต เป็นไขมันที่ได้จากเมล็ดโกโก้

รู้จักกับต้นโกโก้

ต้นโกโก้

ที่มา : www.cocoatree.org

ต้นโกโก้จัดเป็นไม้เศรษฐกิจชนิดหนึ่ง มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Theobroma Cocao* L. อยู่ในวงศ์ Sterculiaceae ตระกูล Byttneriaceae แบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่ FORASTERO มีมากที่สุดและมีกลิ่นแรงที่สุด จะมีผลสีเหลือง CRILLO มีกลิ่นที่อ่อนมาก เติบโตได้ดีบริเวณอินโดนีเซีย อเมริกาตอนกลางและตอนใต้ มีผลสีแดงนุ่ม TRINITARIO เป็นพันธุ์ผสมระหว่าง FORASTERO และ CRILLO ไม่พบในป่าจะพบได้บริเวณที่เพาะปลูกเท่านั้น

ลักษณะทั่วไป เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก มีความสูงประมาณ 7.5 เมตร เป็นพืชที่ออกดอกออกผลทั้งปี แต่จะมีมากที่สุดในช่วงเดือนมิถุนายนและเดือนธันวาคม ใช้เวลาในการปลูก 2-3 ปีจึงสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ มีอายุเฉลี่ย 60 ปี

ใบ เป็นใบเดี่ยวเรียงสลับหรือเวียนรอบ ผิวเกลี้ยง ยาว 10-28 ซม. กว้าง4-10 ซม. ปลายแหลม โคนใบมนสอบขอบใบเรียบหรืออาจเป็นคลื่นเล็กน้อย เส้นแขนงใบ 9-12 คู่ ก้านใบยาว 1-3 ซม. มีหูใบขนาดเล็กหลุดล่วงง่าย

ที่มา www.livingrainforest.org

ที่มา : www.cocoatree.org

ดอก ออกดอกเป็นช่อเดี่ยวแตกจากลำต้นและกิ่งก้าน จำนวน 1-7 ดอก ดอกมีสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน กลีบเลี้ยงมี 5 กลีบรูปทรงเรียวแหลมรูปหอกขนาดเล็กยาว 5-7 มม. กว้าง 1-5 มม. มีขนปกคลุมภายนอก กลีบดอกมี 2 ส่วนคือ ส่วนบนและส่วนล่างเชื่อมติดกันอยู่ มีเกสรตัวผู้ 10 อันเกสร เพศเมียยาว 2-3 มม. ยอดเกสรเพศเมียแยกเป็น 5 แฉก

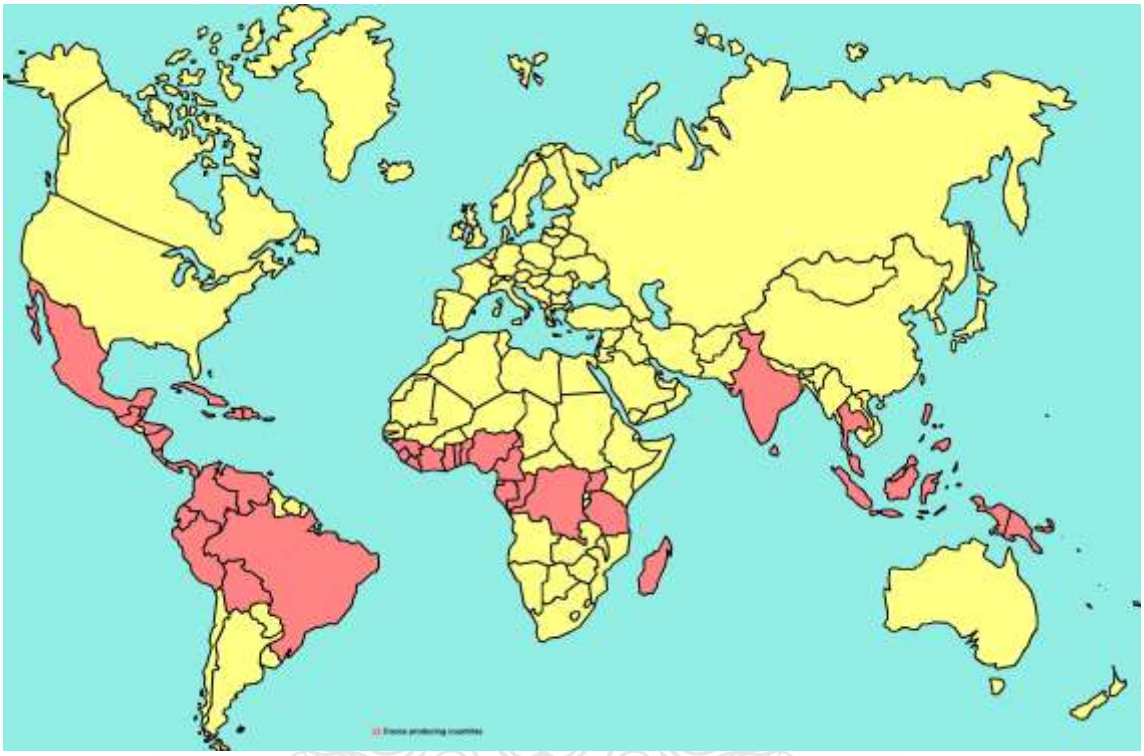
ผล เป็นรูปไข่ ขนาดยาว 20-25 ซม. กว้าง 10 ซม.ผลฉ่ำน้ำแห้งแล้วไม่แตก เมล็ดมีสีน้ำตาล รูปรี และเรียงเป็นแถว 5 แถว รอบแกนกลางผล มีจำนวน 30-40 เมล็ด ยาว 2-2.5 ซม. กว้าง 1.2-1.5 ซม. ฝักโกโก้เมื่อยังอ่อนอยู่จะมีสีเขียว แต่เมื่อสุกจะเปลี่ยนสีต่างๆตามชนิดพันธุ์เช่นสีแดง สีเหลือง สีส้ม

ที่มา : www.cadbury.co.uk , www.cocoatree.org

เมล็ดโกโก้ เมล็ดโกโก้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือเปลือก (Shell) กับเนื้อโกโก้ (coteledon) เนื้อโกโก้เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญให้กับพืช ส่วนนี้เมื่อเติบโตขึ้นจะกลายเป็น 2 ใบแรกที่ออกมาจากเมล็ด แหล่งอาหารประกอบด้วยไขมันเรียกว่าไขมันโกโก้ ไขมันโกโก้มีอยู่ประมาณครึ่งหนึ่งของน้ำหนักเมล็ด คุณสมบัติของไขมัน เช่นจุดหลอมละลาย และความอ่อนนุ่มขึ้นอยู่กับชนิดของโกโก้และสภาพแวดล้อม เนื้อโกโก้จะถูกนำไปบดด้วยกระบวนการต่างๆขึ้นอยู่กับผู้ผลิต

บริเวณที่พบ โกโก้เจริญเติบโตได้ดีในเขต $20^{\circ}N$ ถึง $20^{\circ}S$ อุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 27 องศาเซลเซียสตลอดทั้งปี และมีความชื้นสูงคงที่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1500-2500 มม. ดินที่เหมาะสมคือดินร่วน ระบายน้ำได้สะดวก ความเป็นกรดด่าง 5.5-7 พบได้บริเวณทางตอนกลางและตอนใต้ของอเมริกาได้แก่แถบประเทศบราซิล เม็กซิโก และโบลิเวีย ปัจจุบันปลูกมากที่แอฟริกาตะวันตก

โดยเฉพาะไอโวรี่โคสต์ กาน่า ซึ่งผลิตโกโก้สู่ตลาดโลกถึง 40% และ 14% ตามลำดับ นอกจากนั้นยังมีจากไนจีเรีย มาเลเซีย และอินโดนีเซีย สำหรับประเทศไทยพบได้ที่จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ ประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสงคราม ระนอง และพังงา



ที่มา : http://www.icco.org/questions/map.htm

<u>สรรพคุณ</u>

1. ราก น้ำต้มจากรากเป็นยาขับระดู
2. เนื้อในเมล็ด นำมาใช้ในรูปผงโกโก้ใช้เป็นอาหารเสริมผสมช็อกโกแลต
3. น้ำมันโกโก้ ใช้เป็นสารแต่งกลิ่น รสอาหาร ยา และเครื่องดื่มหลายชนิด

<u>รสชาติของโกโก้</u>

รสชาติของโกโก้ หรือช๊อกโกแล็ต แตกต่างกันตามพันธุ์ ลักษณะภูมิอากาศ และลักษณะดิน โกโก้ที่ปลูกใกล้เส้นศูนย์สูตร จะทำให้ได้ช๊อกโกแล็ตที่มีเนื้อแข็งกว่าโกโก้ที่มาจากพื้นที่ไกลออกไป (เช่นโกโก้จากมาเลเซีย จะแข็งกว่า โกโก้จากบราซิล) ซึ่งถือว่ามีคุณภาพดีกว่า เพราะจะแข็งตัวได้ดีแม้เมื่ออากาศร้อน

ประวัติความเป็นมาของช็อกโกแลต

มื่อประมาณ 1500 ปีก่อน ช็อกโกแลตถูกค้นพบที่แรกในอเมริการกลาง โดยชนเผ่ามายา โดยนำมาเป็นเครื่องดื่ม และได้ตั้งชื่อว่า Theobrama Cocao ซึ่งแปลว่า “อาหารของพระเจ้า”

ต่อมาโคลัมบัสซึ่งเป็นนักเดินทางรอบโลกได้มาพบต้นโกโก้ จึงนำเมล็ดโกโก้มาเป็นหนึ่งในของฝากให้กับพระมหากษัตริย์และราชินีของสเปน ซึ่งเป็นเมล็ดดำ ๆ เล็กคล้ายถั่ว ซึ่งไม่มีใครรู้ว่าเมล็กโกโก้เหล่านนี้จะสามารถกลายเป็นช็อกโกแลตที่ทั่วโลกชื่นชอบ

กษัตริย์เฟอร์ดินันด์ จึงมองไม่เห็นคุณค่าของเมล็ดโกโก้เลย จากนั้นผ่านไป 20 ปี มีนักเดินทางชื่อเฮอร์นันโด คอร์เทส ได้เดินทางไปในจักรวรรดิแอสเท็ค ของแม็กซิโก โดยเขาได้ยินว่าจักรพรรดิมอนเทซูมา (กษัตริย์ของแม็กซิโก) ดื่มน้ำช็อกโกแลตวันละ 50 ถ้วย ซึ่งทำมาจากเมล็ดโกโก้บดชงกับน้ำเย็นว่ากันว่าในสมัยนั้นเขาใส่พวกพริกไทย พริกป่น ลงไปในเครื่องดื่มนี้ เมื่อเขาเดินทางมาถึงก็ได้รับการต้อนรับจากพระองค์อย่างดี ซึ่งได้ต้อนรับด้วย น้ำช็อกโกแลตในภาชนะทองคำ ราวกับเป็นอาหารจากแดนสวรรค์

ฮอร์นันโด คอร์เทส นักสำรวจชาวสเปนซึ่งเป็นผู้นำช็อกโกแลตเข้ามาเผยแพร่ในยุโรป

ในปี 1529 คอร์เทสได้นำเมล็ดโกโก้กลับมาสเปนด้วย และนำมาเผยแพร่ให้ชาวสเปนได้ลิ้มลองกัน แต่รสชาติขิงมันยังไม่ค่อยถูกปากชาวกระทิงดุเท่าไรนัก จึงมีการนำเครื่องปรุงอื่น ไ มาเพิ่มรสชาติให้อร่อยยิ่งขึ้น ซึ่งก็มีทั้งน้ำตาล วานิลลา น้ำผึ้ง อัลมอนด์ นับจากนั้นมา “ช็อกโกแลต” ก็ได้แพร่หลายและกลายเป็นที่นิยมไปทั่วทวีปยุโรป แต่อย่างไรก็ตาม การบริโภคช็อกโกแลตในตอนนั้นยังคงอยู่ในรูปแบบของการชงดื่มเท่านั้น

จนกระทั่งปี 1928 ชาวดัชต์ที่มีชื่อว่า คอนราด เจ แวน ฮูแทน (เจ้าของช็อกโกแลตชื่อดัง) พยายามหาวิธีสกัดไฟมันจากเม็ดโกโก้ เพื่อนำมาทำเป็นผงโกโก้ และโกโก้บัตเตอร์ (ไขมันโกโก้) ซึ่งต่อมาได้นำมาพัฒนาผลิตเป็นช็อกโกแลตแท่ง และช็อกโกแลตนมต่อไป

<u>กระบวนการผลิตผงโกโก้</u>

ที่มา: www.thai.net

- **การเก็บผลโกโก้**

จากดอกโกโก้ จะเปลี่ยนเป็นผลสีเขียว และเมื่อสุกจะมีสีแดงน้ำตาลหรือส้ม ใช้เวลาประมาณ 5-6 เดือนจึงจะสุกเก็บได้ และอาจหนักได้ถึง 1 กก. ภายในแต่ละผลมีเมล็ดประมาณ 30-45 เมล็ด ชาวสวนจะค่อย ๆ ทะยอยเก็บผลโกโก้โดยใช้มีดตัด ผลนี้มีเปลือกแข็ง ภายในมีเนื้อของผลสีขาวและมีเมล็ดสีน้ำตาล

- **การหมัก**

ผลโกโก้ที่เก็บแล้วจะถูกผ่าครึ่งและกองทิ้งไว้รวมกัน โดยอาจปิดด้วยใบตองหรือไม่ปิดแล้วทิ้งไว้ประมาณ 5-6 วัน หรืออาจใส่ไว้ในกล่องไม้ที่มีอากาศผ่าน และมีช่องให้ของเหลวที่เกิดขึ้นไหลทิ้งไป เนื้อในของผลโกโก้ซึ่งสีขาวเป็นเมือกจะถูกปนเปื้อนไปด้วย จุลินทรีย์หลายหลากชนิดที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดกระบวนการหมักขึ้น ช่วงแรกของกระบวนการหมักจุลินทรีย์จำพวกยีสต์จะเริ่มทำงาน ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลในเมือกเหลวนี้ให้กลายเป็นแอลกอฮอล์และน้ำคล้ายการหมักเบียร์ ช่วงต่อมาแบคทีเรียที่ใช้อากาศจะเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้กลายเป็นกรดแลคติก จะเกิดความร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แบคทีเรียยังคงทำงานต่อไปจนกระทั่งกระบวนการหมักเสร็จสิ้นลง เนื้อและเมล็ดในผลที่หมักแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหลายอย่าง ซึ่งต่างมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนสีและกลิ่นของเมล็ดโกโก้ ดังนั้นขั้นการหมักนี้มีความสำคัญสามอย่าง คือ

1. ช่วยให้เนื้อผลโกโก้เกิดการหมักกลายเป็นของเหลวและแยกออกจากเม็ดได้ง่าย
2. สารเคมีและความร้อนที่เกิดขึ้นในการหมักทำปฏิกิริยากับเมล็ดทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่เปลี่ยนไป
3. ความร้อนจะทำให้เมล็ดโกโก้ตาย และไม่งอกเป็นต้น

- **การตากแห้ง**

หลังจากการหมัก เมล็ดโกโก้จะถูกแยกจากเนื้อกลายเป็นของเหลวอย่างง่ายดาย จากนั้นจะถูกทำให้แห้งโดยการตากแดด รมควัน หรือเป่าด้วยอากาศร้อน ก่อนเก็บใส่ถุงกระสอบเพื่อส่งต่อไปยังโรงงานผลิตช็อกโกแล็ต หากไม่ตากให้แห้งดีจะทำให้เกิดรา และทำให้รสชาติโกโก้เปลี่ยนไป

- **การผลิตโกโก้**

เมื่อชาวสวนนำเมล็ดโกโก้มาส่งที่โรงงานผลิตโกโก้ เมล็ดโกโก้ส่วนใหญ่จะยังปนเปื้อนด้วยเศษใบไม้ ดินและหิน ซึ่งอาจทำความเสียหายต่อเครื่องบดเมล็ด จึงมีกระบวนการทำความสะอาดเมล็ดเพื่อขจัดเศษหญ้าและดินก่อนโดยใช้การสั่น กรอง ลมเป่า และอื่น ๆ

เมล็ดที่สะอาดแล้วจะถูกนำมาคั่วอีกครั้งซึ่งจะทำให้เกิดสารเคมีใหม่หลายตัวที่ให้กลิ่นและรส ช็อกโกแล็ต การคั่วยังช่วยฆ่าเชื้อโรคบางตัวเช่นแซลโมเนลล่า ที่สำคัญการคั่วช่วยให้เปลือกกระเทาะแยกจากส่วนเนื้อของเมล็ด แล้วถูกแยกโดยเครื่องเขย่าและเป่าด้วยลม เปลือกเมล็ดที่เบากว่าจะแยกเนื้อเมล็ด

เราเรียกส่วนเนื้อในเมล็ดซึ่งเปรียบได้กับกับถั่วเขียวที่กะเทาะเปลือกออกแล้วนั้นว่า เนื้อโกโก้ (nib) ซึ่งจะถูกนำมาคั่วต่อไปด้วยความร้อน เพื่อทำลายเชื้อโรคต่าง ๆ และจากนั้นจะถูกบดให้เนียนเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน (คล้ายถั่วกวน) เนื่องจากเนื้อโกโก้มีน้ำมันอยู่มาก การบดจะทำให้น้ำมัน

ในเนื้อจะถูกคั้นออกมาทำให้มีลักษณะเป็นของเหลว ในการทำช๊อกโกแล๊ตผู้ผลิตจะบดเนื้อโกโก้จนขนาดอนุภาคของสารต่าง ๆ จะต้องลดลงประมาณ 100 เท่า เหลือเพียงประมาณ 30 ไมครอน เครื่องมือบดส่วนใหญ่ไม่สามารถบดจากอนุภาคขนาดใหญ่เป็นเล็กมาก ๆ ได้ ส่วนใหญ่จึงต้องผ่านเครื่องบดหลายเครื่องจนกว่าจะได้ช๊อกโกแล็ตที่มีเนื้อละเอียดตามต้องการ โกโก้ที่ผ่านขั้นตอนนี้แล้วจะมีลักษณะเป็นของเหลว สีน้ำตาลเข้ม เรียกว่า cocoa liquor หรือโกโก้เหลว โกโก้เหลวปกติไม่มีน้ำตาล จึงมีรสขมแปลก มีกลิ่นหอม

- **การแยกไขมันโกโก้**

โกโก้เหลวมีไขมันอยู่ประมาณ 55 % ปกติผู้ผลิตช๊อกโกแล็ตสามารถใช้โกโก้เหลวไปผสมน้ำ และน้ำตาล เพื่อผลิตช๊อกโกแล๊ตแท่งสำหรับรับประทานได้เลย หรืออาจมีขั้นตอนเพิ่มเติมเพื่อแยกไขมันออกจากโกโก้ เพื่อนำมาใช้ทำขนมอื่น ๆ หรือช๊อกโกแล๊ตสูตรต่าง ๆ ที่มีปริมาณไขมันไม่เท่ากัน การแยกไขมันทำได้โดยใช้ความดันอัดโกโก้เหลวผ่านแผ่นกรอง ซึ่งจะแยกไขมันโกโก้ (cacao butter) ซึ่งลักษณะเป็นก้อนแข็งสีออกขาวออกจากโกโก้เหลว ส่วนที่เหลือจะเป็นก้อนโกโก้เข้มข้น มีลักษณะเป็นก้อนแข็งสีน้ำตาลเข้ม มีปริมาณไขมันเหลือเพียง 8-24% เท่านั้น ก้อนโกโก้นี้จะถูกนำไปทำช๊อกโกแล๊ตหรือผงโกโก้

ส่วนไขมันโกโก้สีขาวนั้นจะใช้ในการทำขนม ทำช็อกโกแลตขาว หรือถูกนำกลับไปผสมในการผลิตช็อกโกแลตแท่งอีกครั้ง

- **การทำเป็นผงโกโก้**

ก้อนโกโก้สีดำที่เหลือจากการคั้นเอาไขมันออกนั้น มีลักษณะค่อนข้างแข็ง แตกเป็นก้อน ๆ จะถูกนำไปเข้าเครื่องบดให้เป็นผง ภายใต้อุณหภูมิต่ำ (อากาศเย็น) โดยใช้อากาศเป่าให้แห้งเป็นผง ผงโกโก้ส่วนใหญ่มีปริมาณไขมัน 20-22% ใช้ผสมในการทำขนมปรุงแต่งรสช็อกโกแลต หรือเป็นส่วนผสมเค้กและขนม หรือผสมกับน้ำตาลและ เลซิตินเป็นโกโก้ผงสำหรับผสมดื่ม การเติมเลซิตินเป็นตัว emulsifier และช่วยให้โกโก้ไม่จับเป็นก้อน และละลายในน้ำได้ดีขึ้น

ตอนนี้ผลโกโก้ยังไม่สุก

เริ่มสุกแล้ว

สุกสุดสุด

เตรียมผ่ากลาง

ตอนผ่าออกมาใหม่ๆ ดูสีขาวเชียว

ดูอีกมุมดีกว่า

ทั้ง 2 วิธีเป็นการหมัก ทำให้เกิดการหมักโดยจุลินทรีย์

หมักเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็นำมาตากแดดหรือให้ความร้อน

ทำให้แห้ง

เมล็ดโกโก้แห้งแล้วบรรจุ

ดูกันชัด ๆอีกที เมล็ดโกโก้สีเปลี่ยนไปแล้ว

ผังแสดงกระบวนการผลิตช็อกโกแลต

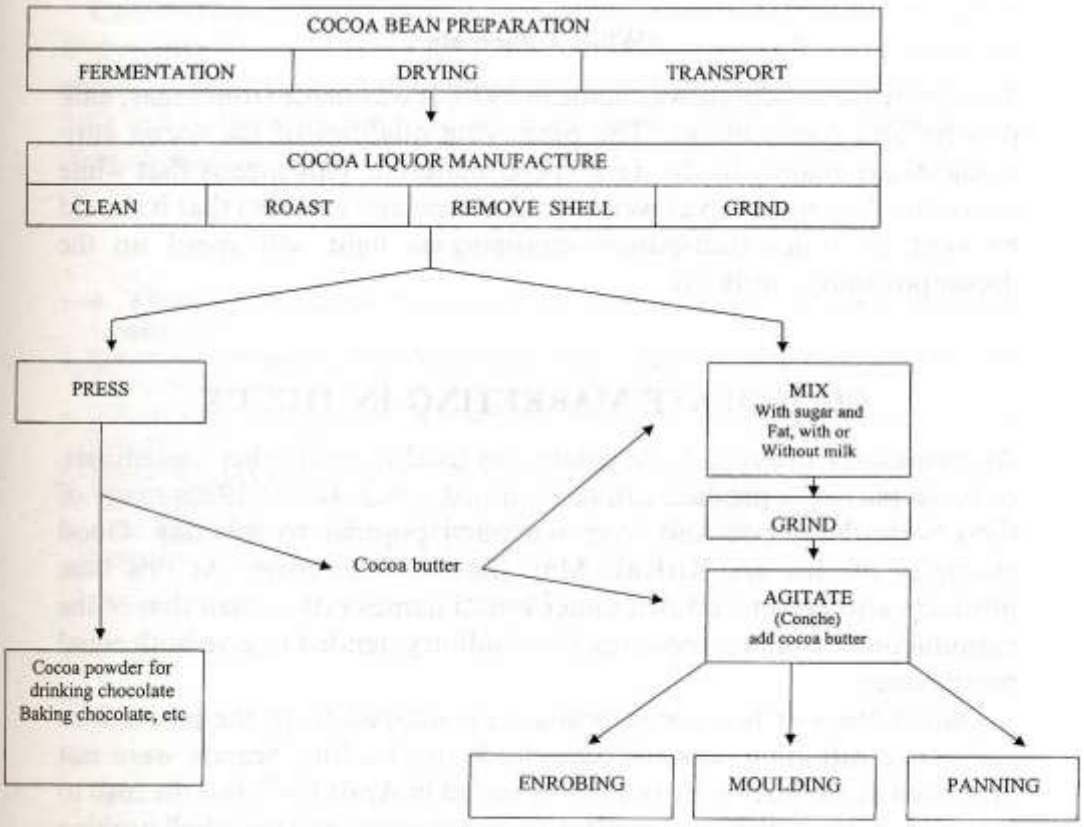


Figure 1.4 *Schematic diagram of the chocolate manufacturing process*

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารเคมีในส่วนต่างๆของโกโก้

ส่วนของต้นโกโก้	ชื่อสาร
1.ใบ	1.alkaloids Theobromine (อัลคาลอยนื ทีโอโบรมีน) 2.Caffeine (คาเฟอีน) 3.Theophylline(ทีโอฟิลลีน) 4.Methylxanthine(เมททิลซาทีน)
2.เปลือกเมล็ด	1.ความชื้น 2.ไขมัน 3.โปรตีน 4.เส้นใยธรรมชาติ 5.tanin(ทานีน) 6.pentosan(เพนโธซาน) 7.เถ้า 8.theobromine(ทีโอโบรมีน)
3.เนื้อที่กินได้	1.น้ำ 2.albuminoids 3.astringents 4.กลูโคส 5.ซูโครส 6.เส้นแป้ง 7.กรดที่ไม่ระเหย 8.เกลือแร่ธรรมชาติ 9.Fe_2O_3
4.ไขมันโกโก้	1.palmitic และ lower acid 2.steric และ higher acid 3.oleic acid 4.linoleic 5.เส้น isoleic

ปริมาณสารอาหารในผงโกโก้

ผงโกโก้ 100 กรัม มีคุณค่าอาหารดังนี้ (%)	
1.ไขมัน	11
2.ความชื้น	4
3.ไนโตรเจน	4.25
4.โปรตีน	21.5
5.Theobromine	2.5
6.Caffeine	0.1
7.น้ำตาล	0.5
8.แป้ง	16
9.สายใยอาหารทั้งหมด	34
10.Flavonoids	7
11.กรดอินทรีย์	3
12.เถ้า	6
13.โพแทสเซียม	2
14.โซเดียม	0.01
15.แคลเซียม	0.15
16.แมกนีเซียม	0.55
17.ฟอสฟอรัส	0.7
18.คลอไรด์	0.01
ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในผงโกโก้ 1 กก. (มก./กก.)	
1.Fe	250
2.Zn	70
3.Cu	40
4.vitamin A	น้อยกว่า 2
5.vitamin B1	2
6.vitamin B2	5
7.vitamin B3	10
8.vitamin C	2

ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในผงโกโก้ 1 กก. (มก./กก.)	
9.vitamin E	30
10.pantothenic acid	15

<u>สารเคมีสำคัญในโกโก้ที่เรารับประทาน</u>

1. คาเฟอีน

ปริมาณคาเฟอีนจากอาหารและยา

อาหารและยา	ปริมาณที่ได้รับ(mg)/1หน่วยการบริโภค
กาแฟ	80-125 mg/cup
กาแฟที่สกัดคาเฟอีนออกแล้ว(Decaffeinated Coffee)	2-4 mg/cup
ชา	30-75 mg/cup
โกโก้	5 mg/cup
ช็อกโกแลตนม	6 mg/oz
ช็อกโกแลตดำสำหรับทำขนม	35 mg/oz
เครื่องดื่มโคคา – โคลา	46 mg/can12oz
ยาExcedrin ชนิด Extra Strength	65 mg/tablet
ยาลดความอ้วน Dextrim,Dietac และ Virarin	200 mg/tablet

ที่มา: เอกสารประกอบการเรียนบทที่ 10 เรื่อง การแยกสารเคมีจากแหล่งธรรมชาติ 2556
อ้างจาก www.chemistry.sc.chula.ac.th/course_info/2302275/2302275

จากตารางแสดงปริมาณคาเฟอีนที่ได้รับจากการสกัดจากแหล่งธรรมชาติเมื่อเทียบกันพบว่าโกโก้มีปริมาณกาเฟอีนน้อยที่สุด

คาเฟอีน เป็นสารออกฤทธิ์ต่อระบบต่างๆของร่างกาย มีฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง กระตุ้นทำให้ประสาทตื่นตัว สดชื่น กระปรี้กระเปร่า มีฤทธิ์ต่อระบบไหลเวียนเลือด ทำให้ความดันเลือดสูง มีฤทธิ์ต่อระบบทางเดินอาหาร ทำให้เกิดการหลั่งกรดและน้ำย่อยในกระเพาะอาหารเพิ่มขึ้น

ปริมาณกาเฟอีนในเครื่องดื่มและอาหารต่างๆ

ผลิตภัณฑ์	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาตรกาเฟอีน (มิลลิกรัม)
กาแฟชงจากผงกาแฟคั่วบด (เครื่องไฟฟ้าแบบ drip)	150	110-150
กาแฟชงจากผงกาแฟคั่วบด (เครื่องไฟฟ้าแบบ percolator)	150	64-124
กาแฟผงสำเร็จ	150	40-108
กาแฟที่สกัดกาเฟอีนออก	150	2-5
ชาซอง	150	28-44
ชาผงจากใบ	150	30-48
ชาผงสำเร็จ	150	12-28
โกโก้ร้อน	180	5-30
เครื่องดื่มช็อกโกแลต	180	9-12
ช็อกโกแลตแท่งแบบเข้มข้น	60 กรัม	40-50
ช็อกโกแลตนมแบบแท่ง	60 กรัม	3-20
เครื่องดื่มน้ำอัดลมประเภทโคล่า		
• โคคา-โคล่า	355	46
• เป๊ปซี่-โคล่า	355	38
กาแฟกระป๋องพร้อมดื่มในประเทศไทย	180	74-212
เครื่องดื่มชูกำลังทุกยี่ห้อในประเทศไทย	100-150	50

ที่มา: สำนักงานอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา, National Coffee Association of the U.S.A., National Confectioners Association of the United State.2001

อ้างจาก www.dft.go.th

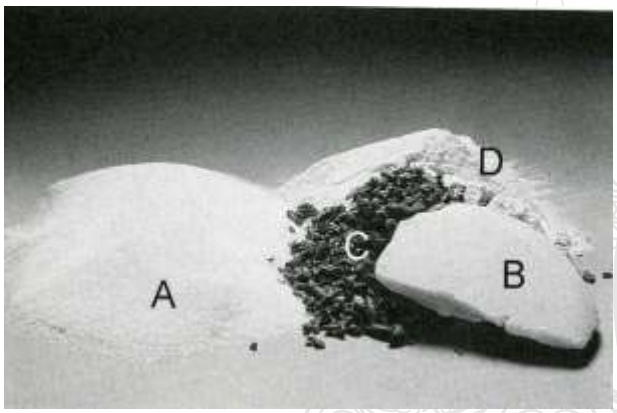
2. Theobromine

theobromine จากโกโก้มีโครงสร้างคล้าย caffeine มากแต่จะมีฤทธิ์อ่อนกว่า จะมีฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง กระตุ้นหัวใจ ขับปัสสาวะ ขยายเส้นเลือด คลายกล้ามเนื้อเรียบและแก้หอบหืด ถ้ากินเมล็ดมากๆใช้เป็นสารเสพติดได้ มีรายงานว่าหากสุนัขกินแล้วอาจเกิดอาการเจ็บป่วย โดยจะแสดงอาการอาเจียน กระหายน้ำ ท้องร่วง กระสับกระส่าย จะแสดงอาการประมาณ

6-8 ชั่วโมงแล้วจะไตเสียหาย มีการเป็นลม หัวใจเต้นผิดจังหวะ และอาจตายในที่สุด แต่อย่างไรก็ตามจะเกิดอาการได้ต่อเมื่อได้รับปริมาณที่มาก

<u>ช็อกโกแลต</u>

ช็อกโกแลต หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นจากการนำเมล็ดโกโก้กะเทาะเปลือก (cocoa nib) เนื้อโกโก้บด (cocoa mass) เมล็ดโกโก้กะเทาะเปลือกหรือเนื้อโกโก้บดที่ได้สกัดเอา ไขมันบางส่วนอก (cocoa presscake) ผงโกโก้ (cocoa powder) หรือผงโกโก้ที่ได้สกัดเอาไขมันบางส่วนอย่างเดียวหรือหลายอย่างมาผ่านกรรมวิธีที่เหมาะสมอาจใส่ไขมันโกโก้ (cocoa butter) กลิ่น รสและ/หรือส่วนประกอบอื่นๆด้วยก็ได้ มีประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 83) พ.ศ.2527 เรื่องช็อกโกแลต ได้กำหนดช็อกโกแลตให้เป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน ไว้ดังภาคผนวกที่ 1



ส่วนใหญ่เราเห็นภาพช็อกโกแลตเป็นของแข็งสีน้ำตาลเข้มเพราะช็อกโกแลตที่เราซื้อมารับประทานมีลักษณะ เช่นนั้น แต่ความจริงแล้ว ผู้ผลิตช็อกโกแลตเก็บช็อกโกแลตในรูปของของเหลว ซึ่งจะนำมาใช้ผสมกับส่วนผสมอื่นเช่น น้ำตาล นม กลายเป็นช็อกโกแลตแท่งภายหลัง ในการทำช็อกโกแลตที่มีคุณภาพ ส่วนผสมต่าง ๆ ต้องถูกบดเข้าด้วยกันจนส่วนผสมทุกตัวมีขนาดเล็กกว่า 30 ไมครอน ซึ่งจะทำให้น้ำมันจากเนื้อโกโก้ที่ถูกบีบออกมาเคลือบอนุภาคของส่วนผสมอื่น ๆ ได้ทั่วถึง ทำให้ได้เนื้อช็อกโกแลตที่เนียนและละลายได้ดีในปากโดยไม่รู้สึกสากลิ้น จึงต้องใช้เครื่องจักรพิเศษสำหรับกระบวนการผลิตช็อกโกแลตโดยเฉพาะ ส่วนผสมที่บดเข้ากันดีแล้วจะถูกหยอดให้เป็นรูปตามต้องการ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวมีความละเอียดอ่อนมากขึ้นกับความเร็วของการหยอดและความข้นของเนื้อช็อกโกแลตที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ได้ช็อกโกแลตรูปร่างสวย ความแข็งเหมาะสม และไม่มีส่วนเหลือทิ้ง

ช็อกโกแลตสามารถแบ่งได้เป็นหลายประเภทดังต่อไปนี้

1. <u>ช็อกโกแลตดำ</u> ประกอบด้วยผงโกโก้ ไขมันโกโก้ น้ำตาลทราย ของเหลวโกโก้ 35%
2. <u>ช็อกโกแลตนม</u> ประกอบด้วยผงโกโก้ ไขมันโกโก้ นมผง น้ำตาลไอซิ่งและกลิ่นวานิลา
3. <u>ช็อกโกแลตกึ่งหวาน</u> ประกอบด้วยผงโกโก้ ไขมันโกโก้ น้ำตาลทราย ของเหลวโกโก้ 35%และเพิ่มไขมันโกโก้กับน้ำตาลมากกว่าในช็อกโกแลตดำ

4. ช็อกโกแลตขาว ประกอบด้วยไขมันโกโก้ น้ำตาลทราย นมผงและกลิ่นวานิลา

คุณภาพของช็อกโกแลต

ช็อกโกแลตจะจัดว่าเป็นแบบที่อร่อย มีคุณภาพดี จะขึ้นกับปัจจัยต่อไปนี้

1. กลิ่น รส

กำหนดโดยพันธุ์ของโกโก้ แหล่งที่มา ขั้นตอนการผลิต ที่ใช้ความระมัดระวังเรื่องอุณหภูมิ เวลา ที่ไม่ทำให้รสชาติเสียไป

2. การละลาย

ช็อกโกแลตที่ดี ควรไม่ละลายง่ายที่อุณหภูมิห้อง ช่วยให้เก็บรักษาได้ง่าย ไม่เปลี่ยนรูป ช็อกโกแลตที่ละลายแล้ว เมื่อแข็งตัวอีกครั้งจะมีรสชาติเปลี่ยนไป เนื่องจากส่วนผสมต่างๆ แยกชั้นจากกันและไม่กลับไปรวมตัวอย่างกลมกลืนเหมือนเดิม

แต่ในขณะเดียวกัน ช็อกโกแลตต้องละลายได้ดีในปาก ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 37 องศาเซลเซียส ช็อกโกแลตที่ละลายได้ดีในปาก จะมีกลิ่นและรสอร่อยกว่าเนื่องจากกลิ่นและรสต่าง ๆ สามารถแพร่ไปสู่ต่อมรับรสและกลิ่นได้ดีกว่า ระหว่างที่อยู่ในปาก

3. ขนาดอนุภาคและการผสมกันของส่วนผสม

ขนาดอนุภาคของส่วนผสม ถ้าอนุภาคใหญ่กว่า 30 ไมครอน หรือ .03 มม. จะทำให้เกิดสากลิ้น ส่วนผสมต่าง ๆ ควรถูกบดให้เข้ากันเพื่อให้ได้รสชาติที่กลมกล่อม ขนาดอนุภาคยิ่งเล็กยิ่งทำให้เนื้อช็อกโกแลตเนียนละมุนลิ้น และแทรกซึมไปตามต่อมรับรสในปากได้ดี

ช็อกโกแลตส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลว หรือละลายเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส เมื่อเอาช็อกโกแลตใส่ปากซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 37 องศาเซลเซียสจะละลายอย่างรวดเร็ว

ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของช็อกโกแลต

ไขมันโกโก้ ที่อยู่ในช็อกโกแลตประกอบด้วยไขมัน 2 ประเภทคือไขมันอิ่มตัว และไม่อิ่มตัว ดังมีรายละเอียดดังแสดงในตาราง ไขมันอิ่มตัวตามปกติจะเป็นคงความแข็งตัวแม้ในอุณหภูมิค่อนข้างสูง ขณะที่ไขมันไม่อิ่มตัวจะมีสภาพเป็นของเหลวมากกว่า ณ อุณหภูมิเดียวกัน ถ้าสัดส่วนของไขมันอิ่มตัวมีมาก ช็อกโกแลตจะละลายได้ยากกว่า นั่นคือจะทนอากาศร้อนได้ดีกว่าและไม่ละลายง่าย ในขณะที่ถ้ามีไขมันไม่อิ่มตัวมาก ช็อกโกแลตจะละลายได้ดี มีสภาพค่อนข้างเหลว ละลายเร็วแม้อุณหภูมิไม่สูงมากนัก

โกโก้ที่ปลูกในบริเวณที่อากาศร้อนเช่นบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร จะมีลักษณะคือมีไขมันอิ่มตัวมากกว่า จึงแข็งกว่า

ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์กรดไขมันในไขมันโกโก้จากภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก

ประเภทของกรดไขมันที่มีอยู่ในไขมันโกโก้	บราซิล	กานา	มาเลเซีย
SSS	1.0	1.4	2.3
SOS	63.7	76.8	84.0
SSO	0.5	0.4	0.5
SLS	8.9	6.9	6.8
SOO	17.9	8.4	5.1
OOO	8.0	6.1	1.3

S กรดไขมันอิ่มตัว (ส่วนใหญ่เป็นกรดปาล์มิติก และเสตียริก), O กรดไขมันไม่อิ่มตัว โอเลอิก, L กรดไขมันไม่อิ่มตัว ลิโนโลอิก

ที่มา : The Science of Chocolate by Stephen T.Beckett

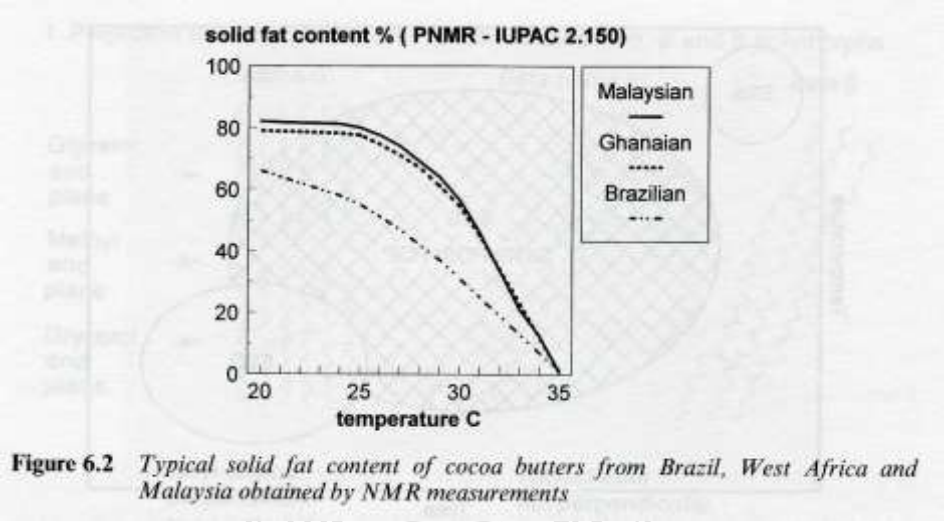


Figure 6.2 *Typical solid fat content of cocoa butters from Brazil, West Africa and Malaysia obtained by NMR measurements*

กราฟแสดงการละลายของไขมันโกโก้จากประเทศต่าง ๆ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

จากกราฟจะเห็นว่าช็อกโกแลตทั้งสามชนิด ละลายเป็นของเหลว ที่อุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิต่ำกว่านั้นช็อกโกแลตจากมาเลเซียหรือกานาจะคงสภาพเป็นของแข็งดีกว่า (มีไขมันที่เป็นของแข็งมากกว่า) ช็อกโกแลตจากบราซิล

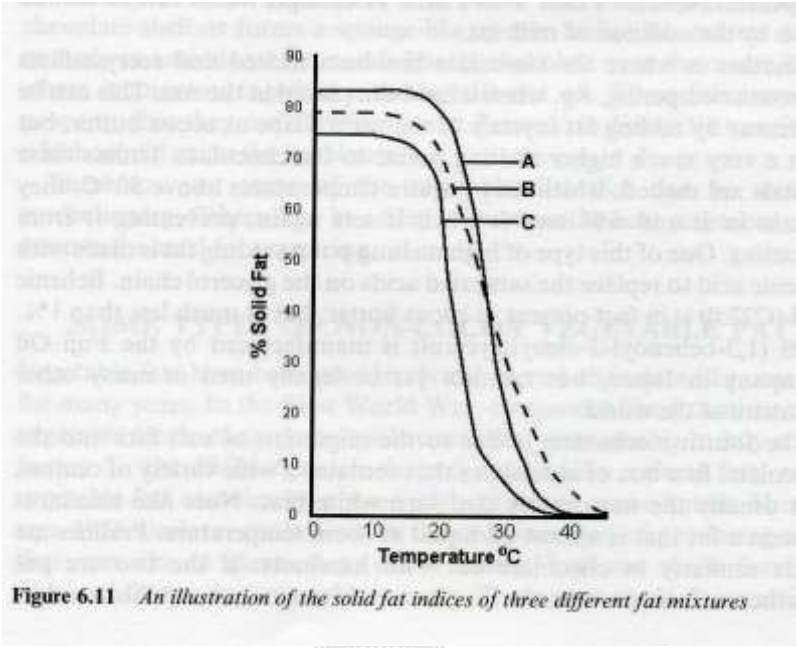


Figure 6.11 *An illustration of the solid fat indices of three different fat mixtures*

ภาพแสดงการละลายของช็อกโกแลต 3 ชนิดนี้มีองค์ประกอบไขมันไม่เหมือนกัน ชนิด A จะมีสภาพแข็งกว่า ที่อุณหภูมิต่ำและจะละลายอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เช่นในปากของเรา

นอกจากนี้ ในการทำช็อกโกแลตผู้ผลิตยังสามารถปรับสัดส่วนของส่วนผสมต่าง ๆ เช่นเติมไขมันให้มากขึ้นหรือน้อยลง ตามปกติถ้าเติมด้วยไขมันประเภทเดียวกันแล้ว ช็อกโกแลตที่มีปริมาณไขมันมากกว่า จะมีเนื้อเนียนและละลายในปากได้ดีกว่าช็อกโกแลตที่ปริมาณไขมันน้อย การเติมไขมันโกโก้ในส่วนผสมของช็อกโกแลตทำให้ต้นทุนของการผลิตสูงขึ้น แต่ก็ช่วยให้ได้ช็อกโกแลตที่รสชาติอร่อย

เนื่องจากไขมันโกโก้มีราคาแพง จึงมีการใช้ไขมันพืชเช่นไขมันปาล์มแทนไขมันโกโก้ในการผลิตช็อกโกแลตหรือผลิตภัณฑ์เคลือบช็อกโกแลตนิยมใช้ไขมันปาล์มเพราะหาได้ง่าย มีราคาไม่แพง และมีประเภทของกรดไขมันใกล้เคียงกับชนิดที่พบในไขมันโกโก้ อย่างไรก็ตามสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ไขมันประเภทอื่นที่ไม่ใช่ไขมันโกโก้สูงกว่า ..... เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ผู้ผลิตต้องติดฉลากว่า***ผลิตภัณฑ์ปรุงแต่งรส***ช็อกโกแลต

ในการเปลี่ยนสภาพจากของแข็งเป็นของเหลวเราต้องใช้พลังงานในการละลาย การที่ช็อกโกแลตละลายในปากก็ต้องใช้พลังงานเช่นกัน เมื่อเราทานช็อกโกแลตมีการละลายซึ่งต้องใช้พลังงานความร้อนจากปาก ปากจะรู้สึกเย็นลงชั่วคราว

ความหนืดหรือความเหนียวของช็อกโกแลต

ความหนืด (Viscosity) หมายถึง “แรงที่ต้านการไหล (Flow) หรือการเคลื่อนที่ของของเหลวที่ถูกกวนหรือเทให้ไหล” ตัวอย่างของเหลวที่มีความหนืดสูงคือซอสมะเขือเทศ ถ้าของเหลวนั้นไหลหรือเคลื่อนที่ได้ง่ายเราถือว่ามีแรงต้านน้อย หรือมีความหนืดน้อย แต่ถ้าของเหลวนั้นไหลได้ยากหรือช้า และมีแรงต้านมากเวลาใช้ไม้พายกวน ซึ่งส่วนมากเกิดกับของเหลวที่ข้น เราเรียกว่าของเหลวนั้นมีความหนืดมาก ความหนืดจึงวัดได้จากความเร็วที่ของเหลวนั้นไหลไปบนระนาบจากที่สูงไปยังที่ต่ำกว่าในหนึ่งหน่วยเวลา

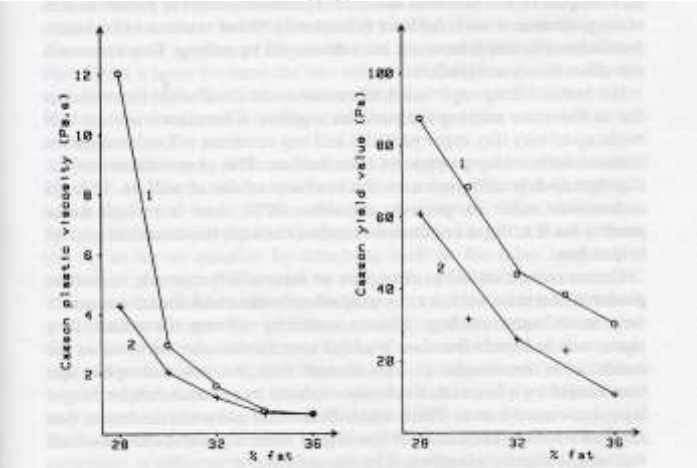
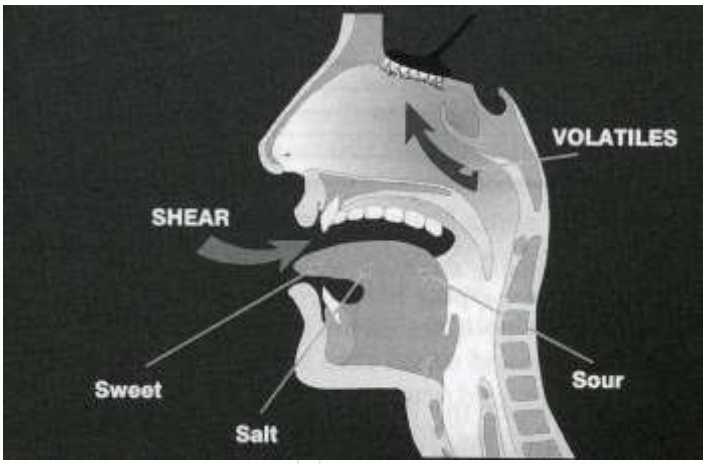


Figure 5.10 *The influence of fat content upon the viscosity parameters in two milk chocolates: (1) fine chocolate; (2) more coarse chocolate* (Chevalley[2])

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันที่เติมกับความหนืดของช็อกโกแลต

ช็อกโกแลตที่ละลายได้ดี จะไหลได้เร็วกว่า ดังนั้นจึงมีความหนืดน้อยกว่า คุณสมบัตินี้มีผลต่อรสชาติของช็อกโกแลตเนื่องจาก เมื่ออยู่ในปากช็อกโกแลตละลายและไหลไปตามส่วนต่าง ๆ ภายในปาก ไปสู่ประสาทรับรสและกลิ่น ทำให้เราได้รับรสของช็อกโกแลตหากช็อกโกแลตละลายได้ดี มีความหนืดน้อย ไหลได้เร็ว จะกระจายไปยังประสาทสัมผัสทั้งรสและกลิ่นได้ดี ทำให้เราได้รับรสและกลิ่นอย่างเต็มที่ ชัดเจน ก่อนเราจะกลืนลงหลอดอาหาร ดังนั้นความหนืดของช็อกโกแลตจึงมีความสัมพันธ์กับรสชาติ หรืออาจพูดว่าปริมาณและชนิดของไขมันที่มีในช็อกโกแลต จะมีความสัมพันธ์กับรสชาติ หากเทียบช็อกโกแลตประเภทเดียวกัน กรรมวิธีเดียวกัน แต่มีปริมาณไขมันไม่เท่ากัน ช็อกโกแลต ที่มีไขมันมากกว่าน่าจะให้รสชาติที่ดีกว่า



ช็อกโกแลตที่ละลายได้ช้ามีความหนืดสูง จะไม่ให้กลิ่นรสเต็มที่ รวมทั้งเวลาทานมีความรู้สึกเป็นไขในปาก

<u>การเก็บรักษาช็อกโกแลต</u>

ช็อกโกแลตที่เรารับประทาน มีส่วนผสมของนมและน้ำตาล จึงมีข้อควรระวังในการเก็บรักษาดังนี้

1. ควรเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 65 องศาฟาเรนไฮต์ เพื่อป้องกันไม่ให้ช็อกโกแลตละลายและส่วนผสมต่าง ๆ แยกตัวออกจากกัน ซึ่งแม้เมื่อแช่เย็นในช็อกโกแลตแข็งตัวอีกครั้งก็จะไม่ได้รสชาติเหมือนเดิมเนื่องจากส่วนผสมต่าง ๆ แยกจากกันไปแล้ว

2. ควรเก็บในที่แห้ง ความชื้นประมาณ 50% น้ำตาลในช็อกโกแลต เป็นตัวดูดความชื้นได้ดีมาก หากเก็บในที่ชื้นและไม่ได้ห่อป้องกันอาจทำให้เกิดฝ้าขาวบริเวณผิวช็อกโกแลต ฝ้านี้เกิดจากน้ำตาลที่จับกับน้ำในอากาศ ไม่ทำให้ช็อกโกแลตเสีย แต่ทำให้ดูไม่สวยงาม

3. เราอาจนำช็อกโกแลตไปแช่แข็งเพื่อให้เก็บไว้ได้นานขึ้น ซึ่งจะทำให้เก็บได้นานประมาณ 6 เดือน ช็อกโกแลตที่ผสมส่วนผสมอื่น เช่นถั่ว ครีม จะเก็บได้ไม่นานเท่าช็อกโกแลตธรรมดา

4. ช็อกโกแลตสามารถดูดกลิ่นได้ดีมาก ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการเก็บในที่มีกลิ่นหรือสารเคมี น้ำหอม และอื่น ๆ และควรระวังไม่ให้โดนแสงแดดเพราะนอกจากจะละลายแล้วยังจะทำให้สีซีดอีกด้วย

ในการทำช็อกโกแลต ต้องระวังอย่าให้มีน้ำหกใส่ เนื่องจากน้ำจะรวมกับน้ำตาล และทำใช้ช็อกโกแลตเกาะตัวกันเป็นก้อนข้นเหนียว

<u>ทานช็อกโกแลตแล้วอารมณ์ดีจริงหรือไม่</u>

- ช็อกโกแลตเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ มีคาร์โบไฮเดรตจากน้ำตาล และไขมันจากโกโก้ คาร์โบไฮเดรตเป็นสารที่ให้พลังงานทันที จึงทำให้เรารู้สึกสดชื่น
- นอกจากนี้สารเคมีในช็อกโกแลตได้แก่คาเฟอีนและธีโอโบรมีน สารทั้งสองชนิดมีสรรพคุณในการกระตุ้นให้เกิดการหลั่งของฮอร์โมนจากสมองที่ทำให้เรารู้สึกมีความสุข
- ช็อกโกแลตยังอุดมไปด้วยซัลเฟอร์และแมกนีเซียม แมกนีเซียมเป็นสาระสำคัญที่ช่วยรักษาสมดุลของสารเคมีในสมอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คู่มือกิจกรรมการทดลอง

เรื่อง

เคมีในบ้าน

เคมี

เคมี เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาคุณสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของสสารต่างๆ ซึ่งอาจเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพของสสารที่เห็นได้อย่างชัดเจน แต่การเปลี่ยนแปลงบางอย่างเกิดขึ้นอย่างเงียบๆ เช่น การอบขนมปังในเตา แต่ไม่ว่าการเปลี่ยนสภาพจะเกิดขึ้นอย่างไรทุกๆ เหตุการณ์ล้วนเกี่ยวข้องกับสสารทั้งสิ้น

องค์ประกอบพื้นฐานของสสาร

อาคารทั้งหลายมักจะมีรูปทรง ขนาด และการใช้งานต่างกันไป แม้ว่าสิ่งก่อสร้างแต่ละอย่างจะใช้วัสดุคล้ายๆกัน เช่น อิฐ ไม้ กระจก หิน คอนกรีต และเหล็ก แต่จะบอกได้ทันทีว่าสิ่งก่อสร้างที่เห็นเป็นกรงสุนัข เป็นอาคารผู้โดยสารของสนามบิน เป็นสถานีบริการน้ำมัน หรือเป็นตึกสูง 50 ชั้น มนุษย์เราได้สร้างสิ่งก่อสร้างมากมายที่ดูเหมือนว่าจะไม่มีสิ่งก่อสร้างชิ้นไหนซ้ำกันเลย

ธาตุ (Element) ในทำนองเดียวกันกับการสร้างอาคารบ้านเรือนโดยใช้วัสดุไม่กี่ชนิด วัตถุทั้งหลายในจักรวาลล้วนเกิดจากการรวมตัวกันขององค์ประกอบประมาณ 100 กว่าชนิดที่เรียกว่า ธาตุ คำว่า **ธาตุ** ใช้แทนสสารที่ไม่สามารถทำให้แตกย่อยเป็นสสารอื่นที่เล็กลงโดยวิธีทางเคมีหรือทางกายภาพได้อีก

.....ดูตัวอย่างตารางธาตุ.....

ในชีวิตประจำวันคงเคยเห็นสิ่งของบางอย่างที่ทำจากธาตุบริสุทธิ์บ้างแล้ว ยกตัวอย่างเช่น ธาตุอลูมิเนียมในแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ ธาตุคาร์บอนที่ใช้เป็นไส้ดินสอ ธาตุทังสเตนหลอดไฟแบบไส้ สสารต่างๆรอบตัวเรานั้น ประกอบขึ้นจากธาตุอย่างน้อย 1 ชนิด

สารประกอบ (Compound) ในธรรมชาติเราจะไม่ค่อยพบธาตุอยู่อย่างอิสระเพียงชนิดเดียว สสารส่วนใหญ่ประกอบขึ้นมาจากธาตุหลายชนิดที่เราเรียกว่า สารประกอบ คำว่า สารประกอบเป็นคำที่ใช้เรียกสารใดๆที่มีธาตุตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมารวมตัวกันด้วยแรงทางเคมีและมีอัตราส่วนที่แน่นอนจำเพาะสำหรับสารประกอบแต่ละชนิด ตัวอย่างของสารประกอบได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เราหายใจออกมานั้น ประกอบด้วย อะตอมของคาร์บอนและออกซิเจนในอัตราส่วน 1 ต่อ 2

เราจะพบเห็นสารประกอบหลากหลายชนิดในชีวิตประจำวัน น้ำตาลที่ทำให้น้ำผลไม่มีรสหวาน น้ำที่นักเรียนดื่มเพื่อรสการกระหาย รวมไปถึงสารต่อต้านฟันผุในยาสีฟัน สารประกอบเหล่านี้มีธาตุหลากหลายชนิด เป็นองค์ประกอบในสัดส่วนที่แตกต่างกันไป เช่น น้ำตาลประกอบขึ้นจากธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน แต่ถ้าลองเปรียบเทียบสีของน้ำตาลกับธาตุที่เป็นองค์ประกอบ แต่ละชนิดแล้วจะเห็นว่า เกล็ดสีขาวของน้ำตาลดูไม่เหมือนกับธาตุคาร์บอนซึ่งมีสีดำ และไม่เหมือกับ

ก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนซึ่งไม่มีสี ตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นว่าสารประกอบมีสมบัติที่ต่างไปจากสมบัติเดิมของธาตุแต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบของมัน

ของผสม (Mixture) หมายถึง วัตถุที่เกิดจากธาตุหรือสารประกอบตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป มาผสมกันแล้วเกิดเป็นวัตถุชนิดใหม่ และมักจะไม่มีสัดส่วนขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่แน่นอนตายตัว เช่น ก้อนดินก้อนหนึ่งอาจประกอบด้วยทราย ดิน น้ำ และสารอื่น ๆ ถึงแม้สัดส่วนขององค์ประกอบแต่ละชนิดจะเปลี่ยนไปก้อนดินก็ยังคงเป็นก้อนดิน สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างของผสมกับสารประกอบประการหนึ่งคือ องค์ประกอบที่จะเปลี่ยนไปแต่ก้อนดินก็ยังคงเป็นก้อนดิน

อย่างไรก็ตาม มีของผสมบางชนิดที่เราไม่สามารถแยกแยะส่วนประกอบได้ด้วยสายตา มีการผสมกันอย่างดีจนเป็นเนื้อเดียวกันของผสมในลักษณะนี้เรียกว่า **สารละลาย (Solution)** เมื่อชิมน้ำทะเล จะทราบได้ทันทีว่า มีเกลือผสมอยู่ในน้ำเพราะมีรสเค็ม ทั้งๆที่มองไม่เห็นเม็ดเกลือ แต่ถ้าลองตั้งแก้วใส่น้ำเกลือทิ้งไว้กลางแดด น้ำจะระเหยไปหมดในเวลาไม่กี่วัน เหลือเพียงคราบเกลือติดอยู่ในแก้ว แสดงให้เห็นว่า เมื่อเกลือละลายในน้ำ น้ำยังคงแสดงสมบัติของน้ำ เกลือก็ยังคงเป็นเกลือ นั่นคือองค์ประกอบต่าง ๆ ในสารละลายยังคงมีสมบัติดังเดิมไม่มีสารชนิดใหม่เกิดขึ้น

การเปลี่ยนแปลงพลังงาน

ระบบจะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงาน เนื่องจากระบบและสิ่งแวดล้อมมีการถ่ายเทพลังงานซึ่งกันและกัน ระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานได้ 2 แบบ คือ การเปลี่ยนแปลงแบบคายพลังงานและแบบการดูดกลืนพลังงาน

1. การเปลี่ยนแปลงแบบคายพลังงาน (Exothermic Change) เป็นการเปลี่ยนแปลงภายในระบบที่ทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานจากระบบไปสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้สิ่งแวดล้อมมีพลังงานเพิ่มขึ้น

หยดกลีเซอรอล ($C_3H_5(OH)_3$) ลงในด่างทับทิม ($KMnO_4$) ที่ชื้นในถ้วยกระเบื้อง จะเกิดควันสีขาวและประกายไฟ เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดแล้ว ลองจับถ้วยกระเบื้องจะรู้สึกร้อน

การทดลองนี้มีด่างทับทิมและกลีเซอรอลเป็นระบบส่วนหลอดหยดและถ้วยกระเบื้องเป็นสิ่งแวดล้อม ถ้วยกระเบื้องร้อนขึ้น แสดงว่าระบบถ่ายเทความร้อนให้แก่สิ่งแวดล้อมทำให้สิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงขึ้น

2. การเปลี่ยนแปลงแบบการดูดกลืนพลังงาน (Endothermic Change) เป็นการเปลี่ยนแปลงภายในระบบทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบ ทำให้ระบบมีพลังงานเพิ่มขึ้น

ผสมแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)ในบีกเกอร์ เมื่อคนให้ผสมกันแล้วจะเกิดก๊าซแอมโมเนีย ซึ่งมีกลิ่นฉุนและถ้าจับบีกเกอร์จะรู้สึกเย็น

การทดลองนี้มีแอมโมเนียมคลอไรด์และแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นระบบ ส่วนบีกเกอร์และแท่งแก้วคนเป็นสิ่งแวดล้อม บีกเกอร์เย็นแสดงว่า ระบบดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อม ทำให้สิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิลดลง

การเปลี่ยนแปลงของสสาร

วิชาเคมีไม่ได้ศึกษาแค่ชนิดของสสาร แต่ยังรวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงของสสารด้วย บ่อยครั้งที่มนุษย์สามารถใช้ประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงของสสาร ยกตัวอย่างเช่น ก้อนเมฆที่พาน้ำฝนมาให้สวนชุ่มชื้น น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องตัดหญ้า เมล็ดพืช หรือไม้ขีดไฟ เป็นต้น

ประเภทการเปลี่ยนแปลงของสาร

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (Physical Change)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางกายภาพ ซึ่งเป็นสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของสาร สังเกตและวัดได้โดยไม่มีผลต่อองค์ประกอบภายในของสาร ตัวอย่างสมบัติทางกายภาพ เช่น สี กลิ่น รส การละลาย ความหนาแน่น รูปผลึก การนำความร้อน การนำไฟฟ้า จุดเดือดและจุดหลอมเหลว เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของสารแล้ว สมบัติของสารไม่เปลี่ยนแปลง เช่น เมื่อนำน้ำแข็งมาทำให้เกิดการหลอมเหลวจนกลายเป็นน้ำ เราจะได้จุดหลอมเหลวที่น้ำแข็งละลายเป็นน้ำ โดยที่ทั้งน้ำและน้ำแข็งนั้นมีองค์ประกอบไม่แตกต่างกัน ในทางตรงกันข้าม เราสามารถทำน้ำให้กลายเป็นน้ำแข็งได้ โดยมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของน้ำเช่นกัน การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจัดเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ

1. การเปลี่ยนแปลงสถานะ สารมี 3 สถานะ คือ ของแข็ง (Solid) ของเหลว (Liquid) และก๊าซ (Gas) สถานะของสารจะเปลี่ยนแปลงกับไปกลับมาได้ โดยมีพลังความร้อนเข้ามาเกี่ยวของด้วย เช่น น้ำแข็งเมื่อถูกความร้อนจะกลายเป็นน้ำ และเมื่อน้ำถูกความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอ เป็นต้น

2. การละลาย เมื่อนำสาร 2 ชนิด มาผสมกันแล้วได้สารเนื้อเดียวกัน โดยสารยังคงแสดงสมบัติเดิมอยู่แสดงว่าสารทั้ง 2 ชนิดเกิดการละลาย โดยสารหนึ่งทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย และอีกสารหนึ่งทำหน้าที่เป็นตัวถูกละลาย การละลายที่เกิดขึ้นจะมีพลังงานความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น เมื่อนำน้ำตาลทรายมาละลายในน้ำร้อน จะละลายได้ดีกว่ามนน้ำทีทีอุณหภูมิปกติ เมื่อแอลกอฮอล์ละลายน้ำ สารละลายที่ได้จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น เป็นต้น

พลังงานกับการละลาย

การละลายเกิดจากสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปรวมกันได้สารเนื้อเดียวโดยไม่เกิดปฏิกิริยาเคมี และยังคงแสดงสมบัติเดิมอยู่ การละลายจะประกอบด้วยมารที่ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย และสารที่ทำ

หน้าที่เป็นตัวถูกละลาย โดยสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย แต่ถ้าสารสองชนิดต่างสถานะกัน ให้ถือว่าสารที่มีสถานะเดียวดับสารให้เป็นตัวทำละลาย เมื่อเกิดการละลายจะมีพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งมีผลให้อุณหภูมิของสารบางชนิดเปลี่ยนไป คือ อุณหภูมิหลังการละลายลดลงหรือเพิ่มขึ้น การละลายจึงมีการเปลี่ยนแปลงทั้งประเภทดูดความร้อนและคายความร้อน

กรณีที่ของแข็งละลายในของเหลว โดยของแข็งทำหน้าที่เป็นตัวถูกละลาย และของเหลวทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย อนุภาคของแข็งจะแยกออกจากกันจึงทำให้มีขนาดเล็กลงแล้วจึงค่อยๆแทรกรวมอยู่กับอนุภาคของของเหลว ดังนั้น การละลายจึงมีการเปลี่ยนแปลง 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแยกตัวถูกละลาย และขั้นรวมตัวถูกละลายกับตัวทำละลายเข้าไว้ด้วยกัน

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (Chemical Change)

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางเคมีและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายใน ทำให้เกิดสารใหม่ เช่น การเผาไหม้ กรด-เบสผสมกันได้เกลือกับน้ำ กรดกับโลหะทำปฏิกิริยากันเกิดเกลือและก๊าซไฮโดรเจน เป็นต้น เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีแล้ว จะเกิดสารใหม่ซึ่งมีองค์ประกอภายในและสมบัติทางเคมีของสารต่างไปจากเดิม

ลักษณะของสารที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี จะมีการเปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนสี การเปลี่ยนสีเป็นสัญญาณหนึ่งที่บ่งบอกถึงปฏิกิริยาเคมี ดังเช่น การเปลี่ยนสีของใบไม้ที่กำลังจะหลุดร่วง เนื่องจากสารคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ซึ่งมีสีเขียวในใบไม้สลายตัวไป จึงทำให้เห็นเพียงสีของสารประอบอื่นที่ยังคงอยู่ในใบไม้นั้น

การเกิดตะกอน เมื่อนำสารละลายใสสองชนิดมาผสมกัน สารที่ละลายอยู่ในสารละลายนั้นจะทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นตะกอนสีแดง การเกิดตะกอนนี้ทำให้นักเรียนรู้ว่ามีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น

การเกิดก๊าซ เมื่อนำต้นสาหร่ายมาแช่น้ำไว้ในหลอดทดลอง จะเกิดฟองก๊าซออกซิเจนขึ้นภายในหลอดทดลองซึ่งเป็นผลจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย ก๊าซออกซิเจนนี้เป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำที่มีอยู่ภายในเซลล์ของต้นพืช

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ น้ำกำลังเดือดโดยอาศัยความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ก๊าซหุงต้ม การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานในขณะเกิดปฏิกิริยาเคมี

การเกิดการะเบิดหรือเกิดประกายไฟ สารเดิมมีหลายลักษณะเมื่อนำมาผสมกันแล้วเกิดการระเบิดหรือเกิดประกายไฟ แสดงว่า สารทั้ง 2 ชนิดทำปฏิกิริยาเคมีกัน ถ้าตรวจสอบสารที่เกิดขึ้นจะเป็นสารใหม่ ตัวอย่างเช่น เมื่อหยดกลีเซอรอลลงบนด่างทับทิมที่ชื้นจะเกิดประกายไฟ แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสาร 2 ชนิดนี้ ถ้าตรวจสอบสารที่เกิดขึ้นจะเห็นว่าเป็นสารใหม่ คือ มีสารสีเขียวเกิดขึ้น

การเปลี่ยนแปลงสมบัติ ในการอบขนมปัง ความร้อนจะทำให้แป้ง น้ำ และส่วนผสมอื่นๆ กลายเป็นเนื้อขนมปังที่หนานุ่มและมีรูพรุน การอบทำให้ขนมปังที่ได้มีลักษณะและสมบัติเปลี่ยนไปจากแป้งผสมที่นวดเสร็จใหม่ๆ

เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

เครื่องมือวัดอุณหภูมิเรียกกันโดยทั่วไปว่า เทอร์โมมิเตอร์ เทอร์โมมิเตอร์ที่เราพบได้ทั่วไปมักผลิตมาจากปรอทหรือแอลกอฮอล์ เพราะทั้งปรอทและแอลกอฮอล์ต่างก็เป็นของเหลว ของเหลวที่ได้รับความร้อยจะมีการขยายตัวไปตามช่องเล็กๆ ซึ่งมีสเกลบอกอุณหภูมิเป็นตัวเลข มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียสหรือองศาฟาเรนไฮต์

โดยทั่วไปแล้ว หากใช้ปรอทเป็นของเหลวที่บรรจุอยู่ในเทอร์โมมิเตอร์ เรามักพบได้ในปรอทวัดไข้ เพราะปรอทมีสมบัติพิเศษคือ ขยายตัวได้ทันทีที่ได้รับความร้อน การวัดอุณหภูมิจากคนไข้จะทำได้เร็วขึ้น ลักษณะของปรอทวัดไข้มักมีขนาดเล็กเหมาะสมกับการใช้งาน สเกลของปรอทจะอยู่ในช่วงระหว่าง 35°C ถึง 42°C เนื่องจากร่างกายของคนเรามีอุณหภูมิปกติประมาณ 37°C จึงไม่จำเป็นต้องทำสเกลให้มี อุณหภูมิสูงหรือต่ำมาก

ลักษณะเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิทั่วๆไป เช่น ใช้วัดอุณหภูมิของห้อง ใช้วัดอุณหภูมิของน้ำ เทอร์โมมิเตอร์แบบนี้ ส่วนประกอบจะคล้ายคลึงกันกับเทอร์โมมิเตอร์แบบใช้วัดไข้ ส่วนที่แตกต่างกันที่สุดคือ สเกลที่ใช้บอกอุณหภูมิ เพราะช่วงของสเกลจะกว้าง หากเทอร์โมมิเตอร์ต้องใช้วัดความร้อนของเตาไฟ เทอร์โมมิเตอร์จะต้องชี้ช่องสเกลสูงประมาณ 2,000-3,000 °C

การใช้เทอร์โมมิเตอร์

การวัดอุณหภูมิของวัตถุแต่ละประเภทจำเป็นต้องเลือกเทอร์โมมิเตอร์ที่เหมาะสม เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดไข้ไม่สามารถนำมาวัดอุณหภูมิของน้ำในแก้วได้ เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิประจำวันก็ไม่สามารถนำไปใช้วัดอุณหภูมิเตาไฟได้ ดังนั้นต้องเลือกเทอร์โมมิเตอร์ให้ถูกประเภทการใช้งาน โดยทั่วไปแล้ว เทอร์โมมิเตอร์แต่ละชนิดการใช้งานจะมีลักษณะเฉพาะอยู่แล้ว เช่น เทอร์โมมิเตอร์ใช้วัดไข้จะมีขนาดเล็ก และช่วงสเกลแคบ คืออยู่ประมาณ 35°C ถึงประมาณ 42°C หรือเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิของอากาศจะอยู่ในช่วง -5°C ถึง 80°C แต่ถ้าเป็นเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ในห้องทดลองโดยทั่วไปมักจะมีช่วงอุณหภูมิระหว่าง 0°C ถึง 100°C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิของจุดเยือกแข็งของน้ำกับจุดเดือดของน้ำ

กรดมะนาว

กรดมะนาว หรือ กรดซิตริก (clitric acid) มีชื่อทางเคมีว่า 2-hydroxy-1, 2, 3-propane tricarboxylic acid (HOC (CH2CO2H)2 CO2H) สำหรับกรดมะนาวผงไร้น้ำ (anhydrous, C6H8O7) มี

จุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 153 องศาเซลเซียส ส่วนกรดมะนาวผงที่มีน้ำหนึ่งโมเลกุล (monohydrate, C6H8O7 H2O) มีจุดหลอมเหลวที่ 100 องศาเซลเซียส กรดมะนาวมีคุณสมบัติคือ สามารถละลายน้ำได้ มีรสเปรี้ยว และมีกลิ่นหอม

การผลิตกรดมะนาว

ทำได้โดยใช้วัตถุดิบจำพวกน้ำตาลหรือแป้งและเติมเชื้อราหรือยีสต์ที่สามารถผลิตกรดมะนาวได้ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม จะเกิดกรดมะนาวในอาหารที่เติมเชื้อ การผลิตเพื่อให้ได้ปริมาณกรดมะนาวสูงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่

- ประสิทธิภาพของเชื้อราหรือยีสต์ ที่ใช้ในการผลิตกรดมะนาว
- ความเหมาะสมของวัตถุดิบต่อเชื้อราหรือยีสต์
- ชนิดเกลืออนินทรีย์ที่เติมลงในวัตถุดิบ
- ความเป็นกรดด่าง
- ปริมาณออกซิเจน
- อุณหภูมิ

ซึ่งปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นจะต้องมีความสัมพันธ์กันจึงจะสามารถผลิตกรดมะนาวได้ประสิทธิภาพสูง

การผลิตกรดมะนาวมี 2 วิธี คือ การผลิตกรดมะนาวโดยการเลี้ยงเชื้อบนถาดหรือพื้น (solid state) หรือโดยการเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลว (liquid culture หรือ submerged culture)

เชื้อราที่ใช้ในการผลิตกรดมะนาว ได้แก่ *Aspergillus niger*, *A. clavatus*, *A. foetidus*, *Penicillium luteum, P. citrinum, P. janthinellum, P. restrictum, Paecilomyces divaricatum, Mucor piriformis* และ *Mucor* sp.

เชื้อยีสต์ที่ใช้ในการผลิตกรดมะนาว ได้แก่ *Candida albicans, C. zeylanoides, C. guilliermondii* และ *Dekkera lambicus* เป็นต้น

ประโยชน์ของกรดมะนาวนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ

1. อุตสาหกรรมอาหาร ใช้เป็นส่วนผสมในการทำลูกกวาด น้ำหวาน น้ำผลไม้ น้ำอัดลม แยม

2. อุตสาหกรรมการผลิตยา ใช้เติมลงในยาบางชนิด เพื่อควบคุมความเป็นกรดด่าง และทำให้เกิดกลิ่นรสที่ดี

3. อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ใช้เป็นส่วนผสมของครีมนวดผม โลชั่น ซึ่งกรดมะนาว จะควบคุมระดับความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ และยังมีผลทำให้เกิดความแวววาว และความอบอุ่นต่อการใช้

4. อุตสาหกรรมอื่นๆ ใช้เป็นส่วนผสมในน้ำยาขัดโลหะ น้ำยาล้างสนิม เป็นต้น

ผงฟู

เบกิ้งโซดา

โซเดียมไบคาร์บอเนต หรือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต เป็นสารที่มีค่า pH ประมาณ 8.5 เมื่อผสมกับของเหลวที่เป็นกรด จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในทันที ยกตัวอย่างเช่น น้ำส้มสายชู (vinegar), น้ำมะนาว เป็นต้น

สมการ

$$NaHCO_3 + H^+ \longrightarrow Na^+ + H_2O + CO_2$$

(Soda) (acid) (Sodium) (water) (gas)

ผงฟู หรือ เบกิ้งเพาเดอร์

ผงฟู เป็นส่วนผสมของโซเดียมไบคาร์บอเนตกับสารเคมีที่ทำหน้าที่เป็นกรด และแป้งข้าวโพด เพื่อป้องกันไม่ให้สารทั้งสองสัมผัสกันโดยตรง

การทำให้ขนมปังขึ้นฟู

1. ใช้เบคกิ้งโซดา เมื่อได้รับความร้อนจะสลายตัวเร็ว ในการทำขนมปังส่วนมาก จะเติมกรดอาหารลงไป เช่น นมเปรี้ยว, น้ำส้มสายชู (นิยมใส่ขนมมัฟฟิน)

2. ผงฟูมีหลักการทำงานคล้ายกัน โดยผสมกับส่วนที่มีน้ำจะเกิดปฏิกิริยา มีฟองก๊าซ CO_2 ออกมา โดยมีการทำงาน 2 แบบ คือ

ขั้นที่ 1 คือ เมื่อผงฟูเปียกจะทำให้เกิดปฏิกิริยาฟองก๊าซบุด

ขั้นที่ 2 คือ เมื่อได้รับความร้อน จะเกิดฟองก๊าซขึ้นอีกครั้งหนึ่ง

ชนิดของผงฟู

Tartrate baking powder ประกอบด้วย Potassium acid tartrate และ tartaric acid

Phosphate baking powder ประกอบด้วย แคลเซียมฟอสเฟต disodium pyrophosphate (เกิดปฏิกิริยาช้ากว่า tatrate)

S.A.S baking powder มี sodium aluminum sulfate (alum) จะมีการปล่อยก๊าซออกมาได้ช้ามากที่อุณหภูมิห้อง

ส่วนประกอบของอาหาร

อาหารที่เรารับประทานประกอบด้วยสารอาหารประเภทต่างๆ สารอาหารแต่ละประเภทประกอบด้วยธาตุที่อยู่ในรูปของสารประกอบ เมื่อนำอาหารชนิดต่างๆ มาเผาจะได้

1. สารสีดำคล้ายถ่าน เรียกว่า คาร์บอน (C)

2. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพราะเป็นก๊าซที่ทำให้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) หรือน้ำปูนใสขุ่น ดังสมการ

คาร์บอนไดออกไซด์ + แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ---> แคลเซียมคาร์บอเนต + น้ำ

$CO_2 + Ca(OH)_2$ ---> $Ca(CO)_3 + H_2O$

3. ของเหลวที่เกิดขึ้น คือ น้ำ (H_2O)

- เนื่องจากถ่านประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน (C)
- ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน (C) และออกซิเจน (O)
- น้ำ (H_2O) ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน (H) และ ออกซิเจน (O)

แสดงว่าสารอาหารทั้ง 5 ประเภท มีธาตุคาร์บอน (C)

- ธาตุไฮโดรเจน (H)
- ธาตุออกซิเจน (O) เป็นองค์ประกอบพื้นฐาน

สำหรับสารอาหารประเภทโปรตีน นอกจากมีคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และ ออกซิเจน (O) เป็นองค์ประกอบแล้ว ยังประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน (N) กำมะถัน (S) อีกด้วย

จากการเผาไหม้ของอาหารทุกชนิดจะเหลือธาตุคาร์บอนและน้ำซึ่งเป็นองค์ประกอบให้เห็นเสมอ

ผงซักฟอก

ผงซักฟอก เป็นสินค้าอุปโภคบริโภคที่จำเป็นอย่างหนึ่งในชีวิตประจำวัน ใช้เพื่อชำระล้างสิ่งสกปรกออกจากเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม และภาชนะต่างๆ ตลอดจนเครื่องมือ เครื่องจักรกลโรงงาน แต่ที่ใช้กันมากคือ ใช้ซักล้างเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม ได้มีการผลิตผงซักฟอกขึ้นใช้เป็นครั้งแรกในประเทศเยอรมนี ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 เนื่องจากในขณะนั้นไขวัวและน้ำมันพืชซึ่งเป็นวัตถุสำคัญในการผลิตสบู่เกิด ขาดแคลน นักวิทยาศาสตร์จึงได้คิดค้นสารสังเคราะห์ขึ้นใหม่ ต่อมาจึงได้มีการค้นคว้าพัฒนาสูตรผงซักฟอกอย่างกว้างขวาง พร้อมกับความนิยมใช้ผงซักฟอกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ประเทศไทยโดย บริษัท หลุยส์ทีเลียวโนเวนส์ จำกัด ได้นำเข้าผงซักฟอกยี่ห้อ **"แฟ้บ"** จากต่างประเทศมา

ในช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เพื่อใช้แทนสบู่ในการซักเสื้อผ้า และชำระล้างสิ่งสกปรกอื่นๆ ปรากฏว่า เป็นที่นิยมของประชาชนโดยทั่วไป เพราะสามารถชำระล้างสิ่งสกปรกได้ดีกว่าสบู่ และสะดวกในการใช้มากกว่า บริษัทผู้ผลิตแฟ้บ คือ บริษัท คอลเกตปาล์มโอลีฟ จำกัด จึงได้ตั้งโรงงานผลิต และจำหน่ายผงซักฟอกในประเทศขึ้นในปี พ.ศ.2500 และต่อมาได้มีผู้ผลิตผงซักฟอกเกิดขึ้นอีกหลายบริษัท

ผงซักฟอกเป็นผลิตภัณฑ์เคมี ใช้วัตถุดิบแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสูตรการผลิตของแต่ละโรงงาน และสารเคมีบางตัวอาจใช้แทนกันได้ วัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ส่วนประกอบของผงซักฟอกแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ***ส่วนประกอบหลัก และส่วนประกอบที่อาจมีได้***

ส่วนประกอบหลัก

1. สารลดแรงตึงผิว (Surfactant)

เป็นพวกสารอินทรีย์ ทำหน้าที่เป็นตัวละลายไขมัน ช่วยลดแรงตึงผิวของน้ำ ทำให้น้ำซึมเข้าไปสัมผัสกับสิ่งสกปรกต่างๆ ได้ จึงสามารถชำระล้างสิ่งสกปรกออกมาได้ทั้งในน้ำกระด้างและน้ำธรรมดา สารนี้ต้องเป็นสารเคมีประเภทมีประจุลบ (anionic) ประจุบวก (cationic) หรือไม่มีประจุ (nonionic) ประเภทใดประเภทหนึ่งหรือผสมกัน ในกรณีที่เป็นสารเคมีประเภทมีประจุลบต้องไม่เป็นแอลคิลเบนซีนซัลโฟเนตที่มี โครงสร้างแบบกิ่ง (branched alkylbenzene sulphonate) ตัวอย่างเช่น โซเดียมแอลคิลอะริลซัลโฟเนต (sodium alkyl aryl sulphonate) ส่วนสารลดแรงตึงผิวประเภทมีประจุบวก เช่น เซทิลไตรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (cetyl trimethyl ammonium bronide) และสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุ เช่น เอทิลินออกไซด์ คอนเดนเซต ออฟ แอลคิลแฟตตีแอลกอฮอล์ (ethylene oxide condensate of alkylfatty alcohols) สารเหล่านี้เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำหน้าที่ชำระล้างสิ่งสกปรก

2. สารลดความกระด้างของน้ำ

เช่น โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (sodium tripolyphosphare, STPP) โซเดียมไพโรฟอสเฟต (sodium pyrophosphate) เกลือของกรดไนทริโลไตรแอซีติค (nitrilotriacetic acid, NTA) เกลือของกรด เอทิลีนไดแอมีนเททระแอซีติก (ethylenediamine tetracctic acid, EDTA) กรดซิตริก และอนุพันธ์ของกรดซิตริก (citric acid and derivatives) ซีโอไลต์ (zeolite) สารใดสารหนึ่งหรือผสมกัน

สารพวกนี้ไม่ช่วยให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากเสื้อผ้า หรือจากของใช้โดยตรง แต่ทำหน้าที่เสริมประสิทธิภาพของสารลดแรงตึงผิวโดยทำให้น้ำเป็นด่างเหมาะแก่ การปฏิบัติงานของผงซักฟอก สารลดความกระด้างมีหน้าที่ช่วยแก้ความกระด้างของน้ำ เนื่องจากความกระด้างของน้ำจะรบกวนการทำงานของสารลดแรงตึงผิวที่จะดึงสิ่งสกปรกออกจากผ้า นอกจากนี้ สารลดความกระด้าง ยังช่วยควบคุมสมดุลของค่าความเป็นกรดเป็นด่างให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะและคงที่ได้ด้วย

2.1 สารโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (STPP)

สาร STPP มีสูตรโมเลกุล $Na_5P_3O_{10}$ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตที่สำคัญคือ เทอร์มัล ฟอสฟอริกแอซิด และโซดาแอชเข้มข้น ปฏิกิริยาของกรดฟอสฟอริกกับโซดาแอชเข้มข้นจะให้ของผสมระหว่างโมโนและไดโซเดียม ออร์โทฟอสเฟต STPP ได้จากปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน (dehydration) ผสมระหว่างโมโน และไดโซเดียมออร์โทฟอสเฟต ที่อุณหภูมิสูง (500^{o}C) STPP ที่ผลิตได้ในประเทศไทยใช้อุตสาหกรรมผลิตผงซักฟอกเป็นส่วนใหญ่ นอกนั้น STPP สามารถที่ใช้ในระบบเตรียมน้ำประปา อุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิก สารช่วยถนอมอาหารทะเล อุตสาหกรรมสี เป็นต้น

สาร STPP ในผงซักฟอกจะลดความกระด้างโดยดึงอนุภาคแคลเซียม (Ca^{2+})และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) ออกจากน้ำ แคลเซียมหรือแมกนีเซียมจะเข้าแทนที่โซเดียมในโมเลกุลของ STPP ซึ่งเป็นสารลดความกระด้างที่ทำหน้าที่ได้ประสิทธิผลดี แต่สามารถก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้ หลายประเทศมีความเห็นว่าฟอสเฟต อาจเป็นต้นเหตุทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) ในแหล่งน้ำ ดังนั้น จึงได้ให้ความสนใจกับผงซักฟอกที่ไม่มีส่วนประกอบของฟอสเฟตโดยใช้สารอื่นทดแทนเป็นสารลดความกระด้าง

2.2 สารทดแทนสารประกอบ STPP

สารทดแทนสารประกอบ STPP มีหลายชนิด แต่มีเพียง 5 ชนิดเท่านั้นที่ใช้อยู่ในประเทศต่างๆ ในปัจจุบัน โดยใช้ในรูปของสารลดความกระด้างโดยตรงหรือเป็นสารร่วมในการลดความกระด้าง (co-builder) ได้แก่ ไนทริโลไตรแอซิติก

สารไนทริโลไตรแอซิติกเป็นสารประกอบอินทรีย์ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้แก่ แอมโมเนีย ฟอร์มาลดีไฮด์ กรดไฮโดรไซยานิก อนุมูลความกระด้าง (Ca^{2+}, Mg^{2+}) ในน้ำ จะถูกเปลี่ยนกับเกลือไตรโซเดียมของสาร NTA ทำให้ลดความกระด้างของน้ำลง ซึ่งจะทำหน้าที่ได้ดีในสภาวะน้ำที่เป็นด่าง ราคาของสาร NTA แพงกว่า STPP ประมาณร้อยละ 50 แต่ใช้ปริมาณน้อยกว่า

ซิเทรต

ซิเทรตเป็นเกลือของกรดซิตริก (citric acid) เป็นสารประกอบอินทรีย์ ข้อเสียของสารซิเทรตในการใช้เป็นสารลดความกระด้าง คือ ประสิทธิภาพจะลดลงที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้ ซิเทรตยัง

มีประสิทธิภาพต่ำในการลดความกระด้างที่เกิดจากอนุมูลแคลเซียม เมื่อเทียบกับความกระด้างที่เกิดจากอนุมูลแมกนีเซียม อย่างไรก็ดี ซิเทรตยังใช้เป็นสารลดความกระด้างในหลายๆ ประเทศ โดยเป็นส่วนประกอบในผงซักฟอกที่ใช้ซักล้างที่อุณหภูมิต่ำ โดยที่อเมริกามีการใช้ซิเทรตในน้ำยาซักฟอก สำหรับผงซักฟอกในประเทศไทย ไม่นิยมใช้สารประกอบนี้ เพราะมีราคาแพง ในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่มีรายงานที่แสดงถึงความเป็นพิษของซิเทรตต่อสุขภาพ และเนื่องจากเป็นสารที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ จึงสามารถถูกกำจัดในระบบบำบัดน้ำเสียได้ (ถ้ามี)

เกลือของกรดโพลิคาร์บอกซีลิก (polycarboxylic acid PCA)

โพลิคาร์บอกซีเลต เป็นเกลือโพลิเมอร์ของกรด ซึ่งได้แก่ กรดอะคริลิก (acrylic acid) กรดมาลีอิก (maleic acid) สมบัติในการลดความกระด้างขึ้นอยู่กับขนาดของโพลิเมอร์ กลไกในการลดความกระด้างของ PCA เป็นแบบ electrostatic binding และ site binding ในกลไกแรก อนุมูลประจุตรงข้ามจะถูกตรึงโดยสภาพประจุไฟฟ้ารอบๆ โมเลกุลของโพลิเมอร์ ในขณะที่กลไกที่สองจะลดความกระด้างเนื่องจาก active site ของอนุมูลโพลิเมอร์รวมกับอนุมูลประจุตรงข้าม โดยเฉพาะอนุมูลที่มีขนาดใหญ่กว่า จะรวมกันได้ดีขึ้น ($Ca^{2+} > Li^{+} > Na^{+} > K^{+}$)

PCA ใช้ในปริมาณต่ำเมื่อเทียบกับสารทดแทนอื่นโดยให้สมบัติเท่ากัน ส่วนใหญ่นิยมใช้เป็นสารลดความกระด้างร่วม ทั้งนี้เนื่องจากราคาที่สูงและย่อยสลายทางชีวภาพได้ยาก สำหรับในเรื่องผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความเป็นพิษนั้น ยังไม่เป็นที่แน่ชัด เนื่องจากมีข้อมูลการวิจัยไม่พอที่จะสรุปได้

ฟอสฟอเนต

ฟอสฟอเนตเป็นเกลืออยู่ในกลุ่มของ กรดฟอสฟอนิก (phosphonic acids) ซึ่งมีสารฟอสฟอรัสและไนโตรเจน มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีสมบัติและราคาแพงเช่นเดียวกับ PCA ย่อยสลายยาก ปัจจุบันมักใช้เป็นสารร่วมลดความกระด้าง รายงานในเรื่องผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความเป็นพิษยังมีอยู่น้อยเช่นเดียวกัน

ซีโอไลต์

สารซีโอไลต์เป็นผลึกอนินทรีย์ของอะลูมิโนซิลิเคต ซึ่งมีพื้นที่ผิวภายในสูงมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ผิวภายนอก สังเคราะห์ขึ้นโดยเลียนแบบดินขาว (kaolin clay) ซึ่งเป็นสารที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ประกอบด้วย 1 โมลของโซเดียม 1 โมลของอะลูมินา 2 โมเลกุลของซิลิกา และ 4.5 โมลของน้ำสารซีโอไลต์ สามารถลดความกระด้างของน้ำ โดยวิธีการแลกเปลี่ยนประจุเช่นเดียวกับสาร STPP โดยที่แคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) จะแลกเปลี่ยนประจุกับโซเดียมในสารทั้งสอง

ได้มีการศึกษาทางด้านประสิทธิภาพของการลดความกระด้างในน้ำ ระหว่างซีโอไลต์และ STPP พบว่า เวลาที่ใช้ในการลดปริมาณแคลเซียมในน้ำอุณหภูมิต่ำของซีโอไลต์นานกว่า STPP ประมาณ 3 เท่า กล่าวคือ ซีโอไลต์ใช้เวลา 3 นาที ในขณะที่ STPP ใช้เวลา 1 นาที ซีโอไลต์เมื่อเทียบกับสารทดแทนอื่นๆ ในปริมาณเดียวกันจะมีความสามารถในการลดความกระด้างได้ต่ำกว่า และจะลดความกระด้างที่เกิดจากอนุมูลแคลเซียมได้ดีกว่าที่เกิดจากอนุมูลแมกนีเซียม ขนาดของซีโอไลต์มีผลต่อประสิทธิภาพการลดความกระด้างเช่นกัน ซีโอไลต์ควรมีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร เพื่อที่จะให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุได้เร็วขึ้น และลอดผ่านเส้นใยของเยื่อผิวได้ จึงจะทำให้ผงซักฟอกมีประสิทธิผลสูง สำหรับการใช้สารลดความกระด้างในประเทศไทย ได้มีการนำซีโอไลต์มาใช้ทดแทน STPP ในสูตรบางส่วน

กลไกการทำความสะอาดของผงซักฟอก (Washing Mechanism)

ขั้นตอนการเข้าทำความสะอาดของผงซักฟอก มีดังนี้ คือ

1. การทำให้สิ่งสกปรกและพื้นทีร่ผิวเปียก (Wetting) ด้วยการใช้สารลดแรงตึงผิว โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวจะมั้งส่วนที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำโดยส่วนของโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวที่ไม่ละลายน้ำจะถูกผลักออกไป ทำให้โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวไปเรียงตัวอยู่ที่ผิวของน้ำ ทำให้พื้นผิวเปียก

2. การสะเทิน (Neutralization) ธรรมชาติของสิ่งสกปรกโดยทั่วไปจะออกฤทธิ์เป็นกรด (acidic) แต่สภาวะที่จะทำความสะอาดได้ดีนั้น ในน้ำซักต้องมีความเป็นด่าง

3. การดึงสิ่งสกปรกออกจากพื้นผิว (Detergency) โดยอาศัยคุณสมบัติของสารลดแรงตึงผิวไปลดแรงดึงดูดกันระหว่างสิ่งสกปรกและพื้นผิว

4. การละลายน้ำ (Dissolving) สิ่งสกปรกบางอย่างสามารถขจัดออกได้ด้วยการละลายน้ำ

5. การแปรสภาพเป็นสบู่ (Saponification) พวกไขมันต่างๆ เมื่อทำปฏิกิริยากับด่างจะแปรสภาพเป็นสบู่ซึ่งสามารถละลายหรือแขวนลอยในน้ำได้

6. การแขวนลอยในน้ำ (Emulsion) ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันปิโตรเลี่ยมอื่นๆ ที่ไม่ละลายน้ำ สามารถขจัดออกได้โดยสารลดแรงตึงผิวจะเอาส่วนของโมเลกุลที่ละลายได้ในน้ำมันเข้าไป ทำให้น้ำมันแขวนลอยและกระจายอยู่ในน้ำได้

7. การกระจายตัว (Dispersion) สิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำ เช่น ฝุ่นละอองต่างๆ เมื่อถูกขจัดออกมาแล้วอาจรวมตัวกันเอง ทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้น สามารถกลับไปจับเส้นใยได้อีก ซึ่งสารพวกซิลิเกต (silicate) จะป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกเหล่านี้รวมตัวกัน

8. การป้องกันการกลับเข้าไปจับใหม่ (Suspension or Prevention of Redeposition) สิ่งสกปรกที่ไม่ละลาย เมื่อถูกขจัดออกมาแล้ว จะถูกแขวนลอยอยู่ในน้ำ แต่อาจกลับเข้าไปจับเส้นใยได้อีกจึงจำเป็นต้องเติมสารป้องกันการเข้าไปจับเส้นใยของสิ่งสกปรกจนกว่าจะมีการซักล้าง

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

สารที่อยู่ในผงซักฟอกเหล่านี้สามารถทำอันตรายต่อสัตว์น้ำ และยังทำให้แหล่งน้ำเสื่อมโทรมจนสัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ โดยเฉพาะสารลดแรงตึงผิว เช่น LAS และ BAS จะมีอันตรายต่อสัตว์น้ำในปริมาณความเข้มข้นต่ำ นอกจากนี้พวกฟอสเฟตจะทำให้พวกพืชน้ำ เช่น แพลงตอน และสาหร่ายเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีผลต่อสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น สารลดแรงตึงผิวทั้งชนิด LAS และ BAS จะไปล้อมจับพื้นผิวสารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีในแหล่งน้ำเมื่อความเข้มข้นมากขึ้น จะทำให้กระบวนการย่อยสลายเกิดการชะงัก ได้มีผู้ศึกษาพบว่า LAS มีพิษต่อปลามากกว่า BAS ตั้งแต่ 1.5 เท่า-4 เท่าขึ้นกับสภาพแวดล้อม เมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น ความเป็นพิษของ BAS จะเพิ่มขึ้นด้วย ส่วน LAS นั้น ความเป็นพิษจะขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนละลายความกระด้างของน้ำและอุณหภูมิ

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1.แบบทดสอบนี้มีทั้งหมด 25 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ใช้เวลาทำ 25นาที

2.แบบทดสอบทุกข้อเป็นแบบปรนัยมี 4 ตัวเลือกให้เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียง 1 ข้อโดยใช้ ◯ เครื่องหมาย ลงในคำตอบที่เลือก

<u>ทักษะการตั้งสมมติฐาน</u>

1.ทดลองวัดความหนืดของช็อกโกแลตสองชิ้นใส่น้ำมันในปริมาณที่ต่างกันเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิเท่ากัน ช็อกโกแลตละลายไม่เท่ากันตั้งสมมติฐานการทดลองนี้ได้อย่างไร

ก.อุณหภูมิเท่ากันทำให้ช็อกโกแลตทั้งสองชิ้นละลาย

ข.ช็อกโกแลตที่หนืดมากคือละลายน้อยกว่า

ค.น้ำมันที่ใส่ปริมาณต่างกันมีผลต่อการละลายของช็อกโกแลต

ง.ความหนืดไม่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำมัน

2.นำช็อกโกแลตไปเก็บไว้ในอุณหภูมิที่แตกต่างกันคือ 1 ถาดที่อุณหภูมิร่างกาย และอีก 1 ถาดที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องสังเกตการละลาย สมมติฐานนี้คือข้อใด

ก.ช็อกโกแลตคงตัวได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง

ข.อุณหภูมิมีผลต่อการละลายของช็อกโกแลต

ค.ช็อกโกแลตจะละลายเร็วเมื่อวางที่อุณหภูมิร่างกาย

ง.ช็อกโกแลตละลายได้เมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง

3.ทดลองทำช็อกโกแลต 2 สูตรโดยใส่ส่วนผสมเหมือนกันหมดทุกอย่างยกเว้นน้ำมันพืชที่ใส่ต่างกัน พบว่าช็อกโกแลตที่ใส่น้ำมันเยอะกว่ามรรสชาติดีกว่าสมมติฐานการทดลองนี้คือข้อใด

ก.น้ำมันมีผลต่อรสชาติของช็อกโกแลต

ข.อาหารที่มีความมันอร่อยกว่าอาหารที่แห้ง ๆ

ค.ช็อกโกแลตจะอร่อยต้องใส่น้ำมันเยอะ ๆ

ง.ปุ่มรับรสตอบสนองต่ออาหารที่มีน้ำมันเยอะกว่า

4.ไขมันปาล์มเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลวเมื่อนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสจงตั้งสมมติฐานการทดลองนี้

ก.ไขมันปาล์มละลายที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

ข.ถ้าต้องการให้ของแข็งเปลี่ยนเป็นของเหลวต้องเพิ่มอุณหภูมิ

ค.ถ้าต้องการให้ของเหลวเปลี่ยนเป็นของแข็งให้ลดอุณหภูมิ

ง.สถานะของสสารเปลี่ยนแปลงได้เมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง

5. ปลูกต้นโกโก้พวกหนึ่งไว้ในสภาพอากาศร้อนชื้น อีกพวกหนึ่งไว้ในสภาพอากาศหนาวเย็น สังเกตการเจริญเติบโตของต้นโกโก้สมมติฐานคือข้อใด

ก. สภาพอากาศมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นโกโก้

ข. ต้นโกโก้เจริญได้ดีในสภาพอากาศร้อนชื้น

ค. สภาพอากาศหนาวเย็นต้นโกโก้โตช้ากว่าอากาศร้อนชื้น

ง. สภาพอากาศไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นโกโก้

<u>ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการ</u>

6. ของแข็งเปลี่ยนสถานะได้เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิ นิยามเชิงปฏิบัติการของของแข็งคือข้อใด

ก. การเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ตามภาชนะที่บรรจุ

ข. มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวต่ำกว่าน้ำ

ค.สสารที่มีความคงทนต่อการเปลี่ยนสภาพ โมเลกุลเรียงชิดติดกันแน่น

ง. ของแข็งละลายไม่ได้

7. การเก็บรักษาช็อกโกแลตไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องทำให้รักษาคุณภาพของช็อกโกแลตได้ นิยามเชิงปฏิบัติการของอุณหภูมิห้องคือข้อใด

ก. อุณหภูมิของสถานที่ ๆ ทำการทดลอง โดยมาตรฐานที่ใช้กัน คือ 20 -25 องศาเซลเซียส

ข. อุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ

ค. อุณหภูมิที่ผู้ทำการทดลองกำหนดขึ้นมา

ง. อุณหภูมิของสารที่ใช้ทำการทดลอง

8. ข้อใดเป็นนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่าความหนืด

ก. ความสามารถในการไหลของสสาร

ข. สสารที่หนืดมากจะมีความสามารถในการไหลได้ดี

ค. คุณสมบัติของสสารที่สามารถต้านทานการไหล

ง.ของแข็งมีความหนืดน้อยกว่าของเหลว

9. นำส่วนผสมทั้งหมดทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน นิยามเชิงปฏิบัติการของสารเนื้อเดียวกันคือข้อใด

ก. ธาตุหลาย ๆ ชนิด

ข. สารที่มีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว

ค. สารบริสุทธิ์

ง. สารที่มีองค์ประกอบเพียงเนื้อเดียวหรือมากกว่าสองที่ผสมกันอย่างกลมกลืนมองเห็นเป็นเนื้อเดียวตลอดเวลา

10. นิยามเชิงปฏิบัติการของการละลายคือข้อใด

ก. การเปลี่ยนสถานะของสถานะของสสารเกิดขึ้นกับของแข็งนั้น

ข. การเปลี่ยนสถานะของสถานะของสสารเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

ค. การละลายไม่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ

ง. คุณสมบัติของสสารที่เกิดได้ทุกสถานะของสสารเพื่อให้ได้สารตัวเดียวกับตัวทำละลาย

<u>ทักษะการควบคุมตัวแปร</u>

11. การเก็บช็อกโกแลตไว้ที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิห้องมีผลต่อคุณภาพของช็อกโกแลต ตัวแปรต้นคือข้อใด

ก. คุณภาพของช็อกโกแลต

ข. อุณหภูมิที่เก็บรักษาช็อกโกแลต

ค. การละลายของช็อกโกแลต

ง. รสชาติของช็อกโกแลต

12. ไขมันปาล์มเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิตัวแปรต้นคือข้อใด

ก. ไขมันปาล์ม

ข. การเปลี่ยนแปลงสถานะของไขมันปาล์ม

ค.อุณหภูมิ

ง. การละลายของไขมันปาล์ม

13. ปริมาณน้ำมันที่ต่างกันมีผลต่อรสชาติของช็อกโกแลต ตัวแปรตามคือข้อใด

ก. ปริมาณน้ำมันที่แตกต่าง

ข. การละลายของช็อกโกแลต

ค. รสชาติของช็อกโกแลต

ง. สีของช็อกโกแลต

14. ถ้าต้องการให้ช็อกโกแลตแข็งตัวตามรูปทรงที่ต้องการต้องเติมไขมันปาล์มลงไปในส่วนผสม ตัวแปรตามของการทดลองนี้คือข้อใด

ก. การเติมไขมันปาล์มลงไปในส่วนผสมของช็อกโกแลต

ข. การแข็งตัวของช็อกโกแลตตามรูปทรงที่ต้องการ

ค. ส่วนผสมที่ใช้ทำช็อกโกแลต

ง. อุณหภูมิห้อง

15. ต้นโกโก้สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพอากาศร้อนชื้น ฝนตกชุก ตัวแปรต้นคือข้อใด

ก. การเจริญเติบโตของต้นโกโก้

ข. ฝนตกชุก

ค. อากาศร้อนชื้น ฝนตกชุก

ง. ต้นโกโก้

<u>ทักษะการประมวลผลและการตีความหมายของข้อมูล</u>

16. จากการทดลองวัดความหนืดการไหลของช็อกโกแลตในหลอดกาแฟ ผลการทดลองเป็นดังนี้

สูตรช็อกโกแลต	ระยะการไหลของช็อกโกแลตในหลอดกาแฟ /นาที
สูตรที่ 1	2 เซนติเมตร
สูตรที่ 2	6 เซนจิเมตร

จากข้อมูลช็อกโกแลตสูตรใดหนืดกว่ากันและหนืดกว่าเป็นกี่เท่า

ก.สูตรที่ 1 หนืดกว่าสูตรที่ 2 / 1 เท่า

ข.สูตรที่ 2 หนืดกว่าสูตรที่ 1 /1 เท่า

ค.สูตรที่ 1 หนืดกว่าสูตรที่ 2 / 3 เท่า

ง.สูตรที่ 2 หนืดกว่าสูตรที่ 1/ 3 เท่า

17. ควรสรุปข้อมูลจากตารางนี้อย่างไร

ก. ช็อกโกแลตสูตรที่ 1 ไหลช้ากว่าสูตรที่ 2

ข. ช็อกโกแลตสูตรที่ 1 หนืดมากกว่าสูตรที่ 2

ค. ความหนืดมีผลต่อการไหลของช็อกโกแลตแต่ละสูตร

ง. ช็อกโกแลตที่หนืดกว่าจะอร่อยกว่า

18. จากข้อมูลถ้าต้องการให้ช็อกโกแลตสูตรที่ 2 ไหลไปได้ระยะ 12 เซนติเมตรต้องใช้เวลากี่นาที

ก. 1 นาที

ข. 1 นาที 30 วินาที

ค. 2 นาที

ง. 3 นาที

19. ผลการหาจุดหลอมเหลวของไขมันปาล์มในปริมาณที่แตกต่างกันได้ผลการทดลองดังนี้

ปริมาณของไขมันปาล์ม(กรัม)	จุดหลอมเหลว(องศาเซลเซียส)
10	30
20	40
30	50
40	60

ควรสรุปข้อมูลจากตารางนี้อย่างไร

ก. ของแข็งสามารถต้มให้ละลายได้

ข. จุดหลอมเหลวของไขมันปาล์มไม่คงที่

ค. ไขมันปาล์มไม่มีจุดเดือด

ง. เมื่อปริมาณไขมันปาล์มเพิ่มขึ้นจุดหลอมเหลวก็ยิ่งสูงขึ้น

20. จากข้อมูลหากใช้ไขมันปาล์ม 35 กรัม จะมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิเท่าไหร่

ก. 35 องศาเซลเซียส

ข. 45 องศาเซลเซียส

ค. 55 องศาเซลเซียส

ง. 65 องศาเซลเซียส

<u>ทักษะการทดลอง</u>

21. ถ้าต้องการทดลองหาจุดจุดหลอมเหลวของไขมันปาล์ม จะเลือกใช้อุปกรณ์อะไร

ก. แอมมิเตอร์

ข. ไมโครมิเตอร์

ค. บารอมิเตอร์

ง. เทอร์โมมิเตอร์

22. ถ้าต้องการทดสอบเปรียบเทียบว่าน้ำมันมีผลต่อการละลายของช็อกโกแลตเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง ต้องทำให้สิ่งใดแตกต่างกัน

ก. ขนาดของช็อกโกแลต

ข.ปริมาณน้ำมันที่ใส่ในช็อกโกแลต

ค. ปริมาณน้ำตาลที่ใส่ในช็อกโกแลต

ง. อุณหภูมิที่ใช้เก็บช็อกโกแลต

23. เมื่อจะทดสอบว่าการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ก้อนไขมันปาล์มละลายได้จริงหรือไม่ ต้องเลือกใช้อุปกรณ์ในข้อใด

ก. ก้อนไขมันปาล์ม น้ำเดือด เทอร์โมมิเตอร์

ข.ก้อนไขมันปาล์ม เตาความร้อน แก้วทนความร้อน เทอร์โมมิเตอร์

ค. ก้อนไขมันปาล์ม แก้วทนความร้อน เทอร์โมมิเตอร์

ง. เตาให้ความร้อน ก้อนไขมันปาล์ม เทอร์โมมิเตอร์

24. ถ้าต้องการทดสอบว่าต้นโกโก้เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศแบบใด จะออกแบบการทดลองอย่างไร

ก. ปลูกต้นโกโก้ 2 ต้น ไว้ในอุณหภูมิเดียวกัน ให้น้ำต่างกัน สังเกตการเจริญเติบโต

ข. ปลูกต้นโกโก้ 2 ต้น ไว้ในอุณหภูมิเดียวกัน ใส่ปุ๋ยต่างกัน สังเกตการเจริญเติบโต

ค. ปลูกต้นโกโก้ 2 ต้น ไว้ในอุณหภูมิเดียวกัน ใส่ปุ๋ยต่างกัน ใส่น้ำในปริมาณเท่ากัน สังเกตการณ์เจริญเติบโต

ง. ปลูกต้นโกโก้ 2 ต้น ไว้ในสภาพอากาศที่ต่างกันคือร้อนชื้น และ แห้ง (เย็น) ให้น้ำในปริมาณเท่ากัน สังเกตการณ์เจริญเติบโต

25. ถ้าต้องการทดสอบว่าปริมาณน้ำมันมีผลต่อการละลายของช็อกโกแลตจะต้องจัดให้สิ่งใดแตกต่างกัน

ก. ปริมาณน้ำ

ข. ชนิดของน้ำ

ค. ปริมาณน้ำมัน

ง. ปริมาณน้ำตาล

เฉลย

ทักษะการตั้งสมมติฐาน

1.ค 2.ข 3.ง 4.ข 5.ก

ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการ

6.ค 7.ก 8.ค 9.ง 10.ข

ทักษะการควบคุมตัวแปร

11.ค 12.ค 13.ค 14.ข 15.ค

ทักษะการประมวลผลและการตีความหมายของข้อมูล

16.ค 17.ค 18.ค 19.ง 20.ค

ทักษะการทดลอง

21.ง 22.ข 23.ข 24.ง 25.ค

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1.แบบทดสอบนี้มีทั้งหมด 25 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ใช้เวลาทำ 25นาที

2.แบบทดสอบทุกข้อเป็นแบบปรนัยมี 4 ตัวเลือกให้เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียง 1 ข้อโดยใช้ ◯ เครื่องหมาย ลงในคำตอบที่เลือก

<u>ทักษะการตั้งสมมติฐาน</u>

1.ทดลองนำน้ำแข็งวางไว้ในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสปรากฏว่าน้ำแข็งละลาย และเมื่อนำน้ำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส น้ำกลายเป็นน้ำแข็งตั้งสมมติฐานการทดลองนี้ได้อย่างไร

ก.อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะ

ข.น้ำแข็งละลายเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน

ค.น้ำเป็นน้ำแข็งได้เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน

ง.อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของน้ำ

2.นำน้ำตาลผสมกับด่างทับทิมแล้วเติมน้ำ เมื่อนำมือสัมผัสภาชนะทดลองแล้วรู้สึกอุ่น สมมติฐานนี้คือข้อใด

ก.น้ำทำให้ภาชนะร้อน

ข.เกิดการคายพลังงานความร้อน

ค.เกิดการดูดพลังงานความร้อน

ง.ด่างทับทิมและน้ำตาลทำให้ภาชนะร้อน

3.นำกรดมะนาวผสมกับผงฟูแล้วเติมน้ำ เมื่อนำมือสัมผัสภาชนะแล้วรู้สึกเย็น สมมติฐานการทดลองนี้คือข้อใด

ก.น้ำทำให้ภาชนะเย็น

ข.เกิดการคายพลังงานความร้อน

ค.เกิดการดูดพลังงานความร้อน

ง.อุณหภูมิในห้องต่ำลง

4.ละลายเกลือแล้วนำไปตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิที่ต่างไปจากเดิมพบว่าน้ำระเหยไปเหลือแต่เกลือ สมมติฐานคือข้อใด

ก.เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ข.เกลือดูดน้ำหายไปหมด

ค.น้ำเปลี่ยนไปเป็นเกลือ

ง.สถานะของสสารเปลี่ยนแปลงได้เมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง

5. นำสารเคมี 2 – 3 ชนิดผสมกันพบว่าเกิดฟองก๊าซและกลิ่นขึ้นสมมติฐานคือข้อใด

ก. เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพขึ้น

ข. เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขึ้น

ค. เกิดข้อผิดพลาดของการทดลอง

ง. ชนิดของสารเคมีมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการทดลอง

<u>ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการ</u>

6. ของแข็งเปลี่ยนสถานะได้เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิ นิยามเชิงปฏิบัติการของของแข็งคือข้อใด

ก. การเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ตามภาชนะที่บรรจุ

ข. มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวต่ำกว่าน้ำ

ค.สสารที่มีความคงทนต่อการเปลี่ยนสภาพ โมเลกุลเรียงชิดติดกันแน่น

ง. ของแข็งละลายไม่ได้

7. เมื่อนำสารมาผสมกันแล้วเกิดปฏิกิริยาการคายความร้อนนิยามเชิงปฏิบัติการของปฏิกิริยาการคายความร้อนคือข้อใด

ก. การดึงพลังงานความร้อนจากภายนอกเพื่อใช้ในการเกิดปฏิกิริยา

ข. การถ่ายพลังงานให้กับสิ่งแวดล้อมการทดลองจับแล้วรู้สึกเย็น

ค. การดึงพลังงานความร้อนจากภายนอกเพื่อใช้ในการเกิดปฏิกิริยาจับแล้วรู้สึกเย็น

ง. การถ่ายพลังงานให้กับสิ่งแวดล้อมการทดลองจับแล้วรู้สึกร้อน

8. เมื่อนำสารมาผสมกันแล้วเกิดปฏิกิริยาการดูดความร้อนนิยามเชิงปฏิบัติการของปฏิกิริยาการดูดความร้อนคือข้อใด

ก. การดึงพลังงานความร้อนจากภายนอกเพื่อใช้ในการเกิดปฏิกิริยา

ข. การถ่ายพลังงานให้กับสิ่งแวดล้อมการทดลองจับแล้วรู้สึกเย็น

ค. การใช้อุปกรณ์ในการดูดพลังงานความร้อน

ง. การถ่ายพลังงานให้กับสิ่งแวดล้อมการทดลองจับแล้วรู้สึกร้อน

9. น้ำแข็งสามารถเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำได้จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ นิยามเชิงปฏิบัติการของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพคือข้อใด

ก. น้ำเปลี่ยนโครงสร้างเป็นน้ำแข็ง

ข. การเปลี่ยนแปลงของสารที่เกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพ ไม่มีผลต่อโครงสร้างภายในของสาร

ค. การเปลี่ยนแปลงของสารที่เกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพ ที่มีผลต่อโครงสร้างภายในของสาร

ง. การเปลี่ยนแปลงของสารที่เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมี

10. นิยามเชิงปฏิบัติการของการละลายคือข้อใด

ก. การเปลี่ยนสถานะของสถานะของสสารเกิดขึ้นกับของแข็งนั้น

ข. การเปลี่ยนสถานะของสถานะของสสารเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

ค. การละลายไม่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ

ง. คุณสมบัติของสสารที่เกิดได้ทุกสถานะของสสารเพื่อให้ได้สารตัวเดียวกับตัวทำละลาย

<u>ทักษะการควบคุมตัวแปร</u>

11. น้ำแข็งสามารถเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำได้เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิที่สูงขึ้น ตัวแปรต้นคือข้อใด

ก. น้ำ

ข. อุณหภูมิที่สูงขึ้น

ค. น้ำแข็ง

ง. สถานที่เก็บ

12. น้ำตาลละลายกลายเป็นน้ำเชื่อมได้เร็วขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิตัวแปรต้นคือข้อใด

ก. น้ำตาล

ข. การเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำตาล

ค.อุณหภูมิ

ง. การละลายของน้ำตาลทราย

13. ถ้าต้องการให้น้ำกลายเป็นน้ำแข็งต้องนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส ตัวแปรตามคือข้อใด

ก. อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส

ข. การละลายของน้ำแข็ง

ค. การเก็บน้ำไว้ในอุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส

ง. การเปลี่ยนสถานะของน้ำแข็ง

14. นำน้ำตาลผสมกับด่างทับทิมแล้วเติมน้ำ พบว่าน้ำตาลเกิดการเปลี่ยนสี ตัวแปรตามของการทดลองนี้คือข้อใด

ก. น้ำ

ข. ด่างทับทิม

ค. สีของด่างทับทิม

ง. สีของน้ำตาล

15. การคายพลังงานความร้อนเกิดจากการถ่ายพลังงานให้กับสิ่งแวดล้อมใกล้การทดลองนั้น ๆ ตัวแปรต้นคือข้อใด

ก. การคายพลังงานความร้อน

ข. สิ่งแวดล้อม

ค. การถ่ายพลังงานให้กับสิ่งแวดล้อม

ง. การเกิดความร้อน

<u>ทักษะการประมวลผลและการตีความหมายของข้อมูล</u>

16. จากการทดลองเรื่องน้ำตาลกับการละลาย ผลการทดลองเป็นดังนี้

เวลาที่ใช้ในการละลาย(วินาที)	อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลอง(องศาเซลเซียส)
20	30
10	60

จากข้อมูลอุณหภูมิมีผลต่อการละลายของน้ำตาลอย่างไร

ก.ยิ่งอุณหภูมิสูงน้ำตาลจะละลายช้า

ข.อุณหภูมิสูงทำให้น้ำตาลละลายเร็ว

ค.น้ำตาลละลายได้ดีเมื่ออุณหภูมิของน้ำ เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส

ง.น้ำตาลละลายได้ดีเมื่ออุณหภูมิของน้ำ เท่ากับ 60 องศาเซลเซียส

17. ควรสรุปข้อมูลจากตารางนี้อย่างไร

ก. น้ำตาลละลายได้ดีในน้ำที่มีอุณหภูมิสูง

ข. อุณหภูมิไม่มีผลต่อการละลายของน้ำตาล

ค. น้ำตาลละลายได้ดีในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ

ง. น้ำตาลละลายได้ดีในน้ำอุณหภูมิปกติ

18. จากข้อมูลถ้าต้องการให้น้ำตาลละลายได้ในเวลา 5 วินาทีควรใช้น้ำอุณหภูมิเท่าใด

ก. 55 องศาเซลเซียส

ข. 65 องศาเซลเซียส

ค. 75 องศาเซลเซียส

ง. 85 องศาเซลเซียส

19. ผลการละลายของเกลือในปริมาณที่แตกต่างกันได้ผลการทดลองดังนี้

ปริมาณของเกลือ(กรัม)	เวลาที่ใช้ในการละลาย(วินาที)
10	6
20	12
30	18
40	24

ควรสรุปข้อมูลจากตารางนี้อย่างไร

ก. เกลือละลายช้า

ข. ปริมาณเกลือมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการละลาย

ค. เกลือเป็นสารที่ละลายได้เร็ว

ง. ปริมาณเกลือไม่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการละลาย

20. จากข้อมูลหากใช้เกลือ 35 กรัม จะต้องใช้เวลาในการละลายเท่าใด

ก. 9 วินาที

ข. 15 วินาที

ค. 17 วินาที

ง. 21 วินาที

<u>ทักษะการทดลอง</u>

21. ถ้าต้องการทดลองหาจุดเดือดของสารละลายเกลือ จะเลือกใช้อุปกรณ์อะไร

ก. แอมมิเตอร์

ข. ไมโครมิเตอร์

ค. บารอมิเตอร์

ง. เทอร์โมมิเตอร์

22. ถ้าต้องการทดสอบเปรียบเทียบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการละลายของน้ำแข็งต้องทำให้สิ่งใดแตกต่างกัน

ก. ปริมาณของน้ำแข็ง

ข.อุณหภูมิที่เก็บน้ำแข็ง

ค. อุณหภูมิที่ใช้ผลิตน้ำแข็ง

ง. ปริมาณน้ำที่ใช้ผลิตน้ำแข็ง

23. เมื่อจะทดสอบว่าการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้น้ำตาลทรายละลายได้เร็วขึ้น ต้องเลือกใช้อุปกรณ์ในข้อใด

ก. น้ำตาลทราย น้ำเดือด เทอร์โมมิเตอร์

ข.น้ำตาลทราย เทอร์โมมิเตอร์

ค. เทอร์โมมิเตอร์

ง. น้ำเดือด เทอร์โมมิเตอร์

24. ถ้าต้องการทดสอบว่าน้ำตาลละลายได้ดีที่อุณหภูมิเท่าใด จะออกแบบการทดลองอย่างไร

ก. นำน้ำตาลไปละลายน้ำในอุณหภูมิเท่า ๆ กันสังเกตการทดลอง

ข. นำน้ำตาลไปละลายน้ำในอุณหภูมิต่าง ๆ กัน สังเกตการทดลอง

ค. นำน้ำตาลหลาย ๆ ชนิดไปละลายน้ำอุณหภูมิเท่า ๆ กันสังเกตการเปลี่ยนแปลง

ง. นำน้ำตาลไปละลายในน้ำอุ่น และน้ำเย็น สังเกตการทดลอง

25. ถ้าต้องการทดสอบว่าปริมาณน้ำตาลมีผลต่อการละลายในน้ำอุณหภูมิปกติจะต้องจัดให้สิ่งใดแตกต่างกัน

ก. ปริมาณน้ำ

ข. ชนิดของน้ำ

ค. อุณหภูมิ

ง. ปริมาณน้ำตาล

เฉลย

ทักษะการตั้งสมมติฐาน

1.ก 2.ข 3.ค 4.ง 5.ข

ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการ

6.ค 7.ง 8.ก 9.ข 10.ง

ทักษะการควบคุมตัวแปร

11.ข 12.ง 13.ง 14.ง 15.ง

ทักษะการประมวลผลและการตีความหมายของข้อมูล

16.ข 17.ก 18.ค 19.ข 20.ง

ทักษะการทดลอง

21.ง 22.ข 23.ก 24.ข 25.ง

แบบสอบถามความพึงพอใจ กิจกรรมห้องทดลองวิทยาศาสตร์

ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ

❒ ชาย ❒ หญิง

2. อาชีพ

❒ นักเรียน ❒ นิสิต/นักศึกษา ❒ ครู/อาจารย์ ❒ ผู้ปกครอง ❒อื่นๆ .....

โปรดทำเครื่องหมาย ✓หรือ✘ หน้าข้อความที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

3. เมื่อเข้าร่วมกิจกรรมแล้ว ท่านรู้สึก สนุกและชอบวิทยาศาสตร์มากขึ้น

❒ มาก ❒ ปานกลาง ❒ น้อย เพราะ(โปรดระบุ).....

4. การทดลองนี้ เป็นการทดลองที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

❒ มาก ❒ ปานกลาง ❒ น้อย เพราะ (โปรดระบุ) .....

5. ท่านได้เรียนรู้ การใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์

❒ มาก ❒ ปานกลาง ❒ น้อย เพราะ (โปรดระบุ) .....

6. ท่านคิดว่า วิทยากร ในภาพรวมเป็นอย่างไร

❒ ดี ❒ เฉยๆ ❒ ควรปรับปรุง เพราะ (โปรดระบุ).....

7. ความเหมาะสมของ เนื้อหา ในกิจกรรม

❒ ดี ❒ เฉยๆ ❒ ควรปรับปรุง เพราะ (โปรดระบุ).....

8. ท่านคิดว่า ระยะเวลาในการทดลอง เหมาะสมหรือไม่

❒ ดี ❒ เฉยๆ ❒ ควรปรับปรุง เพราะ (โปรดระบุ).....

9. สิ่งที่ท่าน ประทับใจมากที่สุด ในกิจกรรมนี้ **(เลือกเพียงข้อเดียวเท่านั้น)**

❒ เนื้อหา ❒ วิทยากร ❒ อุปกรณ์ ❒ บรรยากาศโดยรวม

❒ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

10. ท่านชอบ กิจกรรมนี้ มากน้อยเพียงใด

❒ ชอบ ❒ เฉยๆ ❒ ไม่ชอบ เพราะ (โปรดระบุ).....

11. สนใจการทดลองเกี่ยวกับเรื่องใดบ้าง **(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)**

❑ สิ่งมีชีวิต ❑ เทคโนโลยี ❑ โลกและอวกาศ ❑ พลังงาน

❑ อาหาร ❑ ปรากฏการณ์ธรรมชาติ ❑ ไฟฟ้า ❑ เคมี

❑ อื่นๆ ระบุ.....

12.ข้อเสนอแนะอื่นๆ(ถ้ามี) .....

.....

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง เมื่อวัดด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบเลือกตอบ

ทักษะ	ค่าเฉลี่ย (%)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความหมาย
ทักษะการสังเกต	4.53 (75.49)	0.98	ดีมาก
ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	3.80 (76.08)	0.84	ดีมาก
ทักษะการจำแนกประเภท	4.59 (76.47)	0.89	ดีมาก
ทักษะการวัด	4.14 (82.75)	0.98	ดีมาก
ทักษะการใช้ตัวเลข	3.75 (74.90)	0.81	ดีมาก
ทักษะการสื่อความหมาย	3.82(76.47)	0.86	ดีมาก
ทักษะการพยากรณ์	4.78(79.74)	1.16	ดีมาก
ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และ สเปสกับเวลา	3.86(77.25)	0.95	ดีมาก
ทักษะพื้นฐานโดยรวม	33.06 (77.38)	2.73	ดีมาก

คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง เมื่อวัดด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบสถานการณ์

ทักษะ	ค่าเฉลี่ย (%)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความหมาย
ทักษะการสังเกต	3.41 (85.25)	0.50	ดีเยี่ยม
ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	3.29 (82.25)	0.46	ดีเยี่ยม
ทักษะการจำแนกประเภท	3.25 (81.25)	0.48	ดีเยี่ยม
ทักษะการวัด	3.12 (78.00)	0.68	ดีมาก
ทักษะการใช้ตัวเลข	2.80 (70.00)	0.75	ดี
ทักษะการสื่อความหมาย	2.65(66.25)	0.69	ค่อนข้างดี
ทักษะการพยากรณ์	3.57(73.00)	0.57	ดี
ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และ สเปสกับเวลา	2.57(64.25)	0.57	ค่อนข้างดี
ทักษะพื้นฐานโดยรวม	24.66 (77.06)	3.69	ดีมาก

ภาคผนวก ค
ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC)
ของแผนการจัดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้

ตารางภาคผนวก ค 1 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของแผนการจัดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ คู่มือกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้เรื่อง ช็อกโกแลตฮาเฮ

ข้อ	รายการ	ระดับความคิดเห็น					ผลรวม	IOC= $\frac{\sum R}{N}$	แปลผล
		คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่ 4	คนที่5			
1	คู่มือมีองค์ประกอบครบถ้วนและสัมพันธ์กัน	0	1	1	1	0	3	0.60	ใช้ได้
2	เนื้อหาและสาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
3	กิจกรรมสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
4	กิจกรรมมีความหลากหลายเหมาะสมและสอดคล้องกับความสามารถของผู้ร่วมกิจกรรม	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	กิจกรรมเน้นฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	กิจกรรมมีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้น	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
7	สื่อ/แหล่งเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมและวัตถุประสงค์	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	สื่อหลากหลายสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และความสามรถขงผู้ร่วมกิจกรรม	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

ข้อ	รายการ	ระดับความคิดเห็น					ผลรวม	IOC= $\frac{\sum R}{N}$	แปลผล
		คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่ 4	คนที่5			
9	วิธีการวัดผลและเครื่องมือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของกิจกรรม	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
10	เกณฑ์การวัดผลและประเมินชัดเจน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
รวม								10	0.90
ค่าดัชนีความสอดคล้อง = 0.90									

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของแผนการจัดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ คู่มือกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้เรื่อง เคมีในบ้าน

ข้อ	รายการ	ระดับความคิดเห็น					ผลรวม	IOC= $\frac{\sum R}{N}$	แปลผล
		คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่ 4	คนที่5			
1	คู่มือมีองค์ประกอบครบถ้วนและสัมพันธ์กัน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	เนื้อหาและสาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	1	1	1	4	1.00	ใช้ได้
3	กิจกรรมสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์	1	1	1	1	1	4	1.00	ใช้ได้
4	กิจกรรมมีความหลากหลายเหมาะสมและสอดคล้องกับความสามารถของผู้ร่วมกิจกรรม	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

ข้อ	รายการ	ระดับความคิดเห็น					ผลรวม	IOC= $\frac{\sum R}{N}$	แปลผล
		คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่ 4	คนที่5			
5	กิจกรรมเน้นฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	กิจกรรมมีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้น	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
7	สื่อ/แหล่งเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมและวัตถุประสงค์	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	สื่อหลากหลายสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และความสามรถขงผู้ร่วมกิจกรรม	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
9	วิธีการวัดผลและเครื่องมือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของกิจกรรม	1	1	1	1	1	4	1.00	ใช้ได้
10	เกณฑ์การวัดผลและประเมินชัดเจน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
รวม							10	1.00	
ค่าดัชนีความสอดคล้อง = 1.00									

ตารางภาคผนวก ค 2 1. สรุปผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง) เรื่องช็อกโกแลตฮาเฮ

แผนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง	ข้อ	ระดับความคิดเห็น					ผลรวม	IOC= $\frac{\sum R}{N}$
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.ทักษะการตั้งสมมติฐาน	1	1	1	1	1	1	5	1.00
	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	5	-1	1	-1	1	1	3	0.60
2.ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการ	1	-1	1	1	1	1	4	0.80
	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	5	1	1	1	1	1	5	1.00
3.ทักษะการควบคุมตัวแปร	1	1	1	1	1	1	5	1.00
	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	1	-1	1	1	1	3	0.60
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	5	1	1	1	0	1	4	0.80
4.ทักษะการประมวลผลและการตีความหมายของข้อมูล	1	1	1	1	1	1	5	1.00
	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	1	1	1	0	1	4	0.80
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	5	1	1	1	0	1	4	0.80

ตารางภาคผนวก ค 2 1. สรุปผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง) เรื่องช็อกโกแลตฮาเฮ (ต่อ)

แผนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง	ข้อ	ระดับความคิดเห็น					ผลรวม	IOC= $\frac{\sum R}{N}$
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
5.ทักษะการทดลอง	1	1	1	1	1	1	5	1.00
	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	5	1	1	1	1	1	5	1.00
รวม							25	0.93
ค่าดัชนีความสอดคล้อง = 0.93								

ตารางภาคผนวก ค 2 2. สรุปผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง) เรื่อง เคมีในบ้าน (ต่อ)

แผนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง	ข้อ	ระดับความคิดเห็น					ผลรวม	IOC= $\frac{\sum R}{N}$
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	1	1	1	1	1	1	5	1.00
	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	5	1	1	1	1	1	5	1.00
2. ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการ	1	-1	1	1	1	1	4	0.80
	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	5	1	1	1	1	1	5	1.00
3. ทักษะการควบคุมตัวแปร	1	1	1	1	1	1	5	1.00
	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	5	1	1	1	0	1	4	0.80
4. ทักษะการประมวลผลและการตีความหมายของข้อมูล	1	1	1	1	1	1	5	1.00
	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	1	1	1	0	1	4	0.80
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	5	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางภาคผนวก ค 2 2. สรุปผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง) เรื่อง เคมีในบ้าน

แผนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง	ข้อ	ระดับความคิดเห็น					ผลรวม	IOC= $\frac{\sum R}{N}$
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
5.ทักษะการทดลอง	1	1	1	1	1	1	5	1.00
	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	5	1	1	1	1	1	5	1.00
รวม							25	0.98
ค่าดัชนีความสอดคล้อง = 0.98								

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวธนภรณ์ ก้องเสียง
วัน เดือน ปีเกิด	3 มกราคม 2520
ที่อยู่	99/254 หมู่บ้านเดอะคัลเลอร์รังสิต ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150
การศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์ศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
ประสบการณ์การทำงาน	นักวิชาการ องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ
เบอร์โทรศัพท์	02-577-9999 9 ต่อ 1443
อีเมล์	nuchy977@gmail.com Thanaporn@nsm.or.th