

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

กรกฎาคม 2559

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

กรกฎาคม 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา



บทคัดย่อ
ของ
อาทิตยา พูนเรือง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

กรกฎาคม 2559

อาทิตยา พูนเรือง. (2559). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ปรินญาณพนธ์ กศ.ม. (ชีววิทยา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปรินญาณพนธ์: รองศาสตราจารย์ อัจฉริยา รังษิรุจิ, PhD., ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, ประ.ด.

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่อง เอนไซม์ ใน 3 หัวข้อ (เอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์โพททิเนส และกรดโฟลิก) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน ที่ชักตัวอย่างแบบเจาะจงจากโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ 1) บทปฏิบัติการ (รวมทั้งเรื่อง เอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์โพททิเนส และกรดโฟลิก) 2) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 4) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และ 5) แบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติที่แบบกลุ่มที่ศึกษาที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p < .05$)

คำสำคัญ: กรดโฟลิก, การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์, เอนไซม์แอมิเลส, เอนไซม์โพททิเนส

A DEVELOPMENT OF LEARNING ACHIEVEMENT AND ABILITY IN PROBLEM-SOLVING
IN SCIENCE THROUGH STEM EDUCATION APPROACH IN ENZYME



AN ABSTRACT
BY
ATIDTAYA POONRUANG

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Biology
at Srinakharinwirot University
July 2016

Atidtaya Poonruang. (2016). *A Development of Learning Achievement and Ability in Problem-solving in Science through STEM Education Approach in Enzyme*. Master's thesis, M.Ed (Biology). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Achariya Rangsiruji, Ph.D., Asst. Prof. Somkiat Phornphisutthimas, Ph.D.

This research aimed to investigate the learning achievement and the ability of students with regard to problem-solving skills related to enzymes (amylase, proteinase and folic acid) through the STEM education approach. The study group involved thirty grade—11 students selected by purposive sampling from a large-sized secondary school in Bangkok. The research instruments were: (1) practical laboratory skills (including topics of amylase, proteinase and folic acid), (2) lesson plans based on the STEM education approach, (3) an achievement test, (4) an ability test problem-solving, and (5) a satisfaction questionnaire. The data were analyzed using mean, standard deviation, and a *t*-test for dependent samples. The results showed that the average posttest scores of the achievement tests and their ability in terms of problem-solving were significantly higher than those of their pretest scores ($p < .05$).

KEYWORDS: Ability in problem-solving, Amylase, Folic acid, Learning achievement, Proteinase, STEM education approach

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ของ

อาทิตยา พูนเรือง

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปรินทร์ ชัยวิสุทธิทางกูร)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลัก

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยา รั้งศิริจุ)

(อาจารย์ ดร.อนิษฐาน ศรีนวล)

.....ที่ปรึกษาร่วม

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ)

(รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยา รั้งศิริจุ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาและการให้คำปรึกษาและแนะแนวทางในการทำวิจัยจาก รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยา รัชชิริจิ ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาในการศึกษาค้นคว้าตลอดจนให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดียิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านด้วยความเคารพอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ พริ้งสุลกะ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระวรรณ เกษสิงห์ อาจารย์ ดร.สิริวัชร ศรวณียารักษ์ อาจารย์ ดร.สุขุมภรณ์ กระจางสังข์ และครูภุณณิศา กุณสิทธิ์ ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยตลอดจนให้คำแนะนำและแก้ไขเครื่องมือในการวิจัยจนสามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ได้ และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พรณี ลีกิจวัฒนา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการทำปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ พริ้งสุลกะ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำและเอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา และขอขอบคุณพีสิรินธร สุนทรธรรมาสณ์ ที่ให้คำปรึกษาในการศึกษาค้นคว้าตลอดจนให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนสามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ได้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และอาจารย์ ดร.อนิษฐา นศรีนวล ที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการสอบปากเปล่า พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่กรุณาให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตพญาไท กรุงเทพมหานคร ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ใด จากการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยอุทิศแด่พระคุณบิดา มารดา ครูบาอาจารย์ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

อาทิตยา พูนเรือง

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายการวิจัย	3
ความสำคัญของการวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	4
สมมติฐานของการวิจัย	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
หลักสูตรการเรียนรู้ในหัวข้อเรื่อง เอนไซม์	8
การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	14
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	18
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์	20
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	22
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
3 วิธีดำเนินการวิจัย	30
กลุ่มที่ศึกษา	30
แบบแผนในการวิจัย	31
การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	32
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	36
การเก็บรวบรวมข้อมูล	44
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	44

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	48
การทดลองและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	48
การพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา ทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง เอนไซม์ ..	51
การตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	57
การตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหา จากแบบทดสอบ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	62
การตรวจสอบความพึงพอใจ จากแบบสอบถามความพึงพอใจ	64
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	66
สรุปผลของการวิจัย	66
อภิปรายผลของการวิจัย	67
ข้อเสนอแนะ	72
บรรณานุกรม	74
ภาคผนวก	82
ประวัติย่อผู้วิจัย	159

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แบบแผนในการวิจัย	31
2 เส้นผ่านศูนย์กลางของ clear zone ของสารสกัดตัวอย่างแต่ละชนิด	49
3 ค่าเฉลี่ยระดับความนุ่มของเนื้อหุ้มของสารสกัดตัวอย่างแต่ละชนิด	50
4 ค่า pH และปริมาณกรดโพลีของสารสกัดในแต่ละตัวอย่าง	50
5 การนำข้อสอบไปทดลองก่อนกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาของแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	53
6 การนำข้อสอบไปทดลองก่อนกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาของแบบทดสอบ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	53
7 การปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้	56
8 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ค่าทางสถิติ t -test for dependent samples	59
9 การจำแนกกลุ่มนักเรียนตามค่าความก้าวหน้าทางการเรียน และการหาค่า ความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้	61
10 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียนของกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้ค่าทางสถิติ t -test for dependent samples ..	63
11 การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	64

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 โครงสร้างทางเคมีของกรดโฟลิกที่มี 1 กรดอะมิโนกลูตามิก	12
2 กระบวนการวิจัยที่เป็นวงจรการวิจัยแบบขดลวด 3 cycle	32
3 การคำนวณการทำงานของเอนไซม์แอมิเลส	33
4 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มที่ศึกษา	58
5 ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในหัวข้อ เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส	60
6 ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในหัวข้อ เรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส	60
7 ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในหัวข้อ เรื่อง กรดโฟลิก	61
8 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังในหัวข้อ เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์โปรทีเนส และกรดโฟลิก	63

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 มีกระแสการปรับเปลี่ยนทางสังคมเป็นอย่างมาก โลกเข้าสู่ยุคแห่งการเป็นโลกาภิวัตน์ มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านการเมือง เศรษฐกิจ การศึกษา เทคโนโลยี เป็นสังคมข้อมูลข่าวสารที่สามารถติดต่อสื่อสารกันอย่างรวดเร็วและทั่วทุกมุมโลก มีการขยายตัวทางเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม ส่งผลให้เกิดการแข่งขันในด้าน เศรษฐกิจที่สูงขึ้น สังคมจึงคาดหวังให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยให้ความสำคัญของการศึกษาที่มุ่งเน้นองค์ความรู้ ความคิด ความสามารถในการให้ผู้เรียนได้รู้จักการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์ มีปฏิภาณในการแก้ปัญหาได้ มีทักษะการใช้ชีวิตและประกอบอาชีพ มีทักษะการใช้เทคโนโลยีอย่างถูกต้องและคุ้มค่า ตลอดจนมีคุณธรรม จริยธรรม และความรับผิดชอบต่อสังคม เป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เปลี่ยนบทบาทครูผู้บรรยาย มาเป็นคณะครูผู้ร่วมกันออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนใช้เป็นเครื่องมือไปสร้างองค์ความรู้ผ่านวิธีการต่าง ๆ โดยเฉพาะเทคโนโลยีให้เข้าถึงความรู้ได้อย่างรวดเร็วและกว้างขวาง จากนั้นนำความรู้ที่ได้มาอภิปรายแลกเปลี่ยนในห้องเรียน เป็นกระบวนการที่ยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง (student-centered) (วิจารณ์ พานิช. 2555: 9–15; สำนักบริหารงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย สพฐ. 2558: 4–12)

ดังนั้นจึงควรเตรียมผู้เรียนให้สามารถดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเจริญพัฒนาอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะทางวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีส่วนช่วยให้เศรษฐกิจและสังคมเจริญก้าวหน้า แนวโน้มการจัดการศึกษาจึงจำเป็นต้องบูรณาการด้านศาสตร์ต่าง ๆ ทำให้การเรียนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ เพิ่มโอกาสในการทำงานในอนาคต และสร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ โดยใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้เหล่านี้เข้าด้วยกันได้ สามารถประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านี้เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือการผลิตสิ่งใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงานได้ ซึ่งในปัจจุบันการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้รับความสนใจจากครู อาจารย์ และบุคลากรทางการศึกษาอย่างมากใน

ประเทศไทย (อลงกต ใหม่ดั่ง. 2557: 28–31) ทั้งนี้กระทรวงศึกษาธิการได้เร่งผลักดันแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี รวมถึงการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์โดยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์เน้นที่ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหา สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องของเนื้อหาระหว่างสาระวิชา และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์ด้านคณิตศาสตร์ให้ตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี ด้านเทคโนโลยี มีความเข้าใจและสามารถใช้งาน จัดการและเข้าถึงเทคโนโลยีได้ และการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อสร้างเครื่องใช้หรือวิธีการในการพัฒนาคุณภาพชีวิต Science Technology Engineering and Mathematics (STEM) Education หรือที่เรียกว่า ระบบ “สะเต็มศึกษา” ในการสร้างความเข้มแข็งให้แก่ประเทศไทยและการศึกษาในประชาคมอาเซียน โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งรับผิดชอบเกี่ยวกับหลักสูตรการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีได้จัดทำร่างแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาการเรียนรู้อิวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี พ.ศ. 2555–2559 โดยตั้งเป้าจะพัฒนาเด็กไทยให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ แก้ปัญหาในชีวิตจริงและสร้างนวัตกรรมที่ใช้สะเต็มเป็นฐาน ให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข และมองเห็นเส้นทางในการประกอบอาชีพในอนาคต พัฒนาให้มีความสามารถระดับนานาชาติภายในปี 2570 หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ของนักเรียนทุกช่วงชั้นจะต้องเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 ต่อปี ซึ่งจะวัดผลจากการสอบโอเน็ตโดยเป้าหมายนี้จะใช้ระบบ “สะเต็มศึกษา” เป็นกลยุทธ์หลักในการพัฒนาและสอดคล้องกับแนวทางพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้มีความเหมาะสมในศตวรรษที่ 21 ซึ่งจะช่วยให้ประเทศไทยมีกำลังคนทางด้านสะเต็มศึกษา เช่น วิศวกร สถาปนิก นักวิทยาศาสตร์ แพทย์ ทันตแพทย์ เป็นต้น ที่ช่วยพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมให้กับประเทศได้ (ปณัญญัตย์ วิเศษสมวงศ์. 2557: 3)

การเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ดีได้ต้องมีการศึกษาถึงปัญหา เสนอความคิดที่ใหม่และแตกต่างในการทำงานวิจัย การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การทำการทดลองและการประเมินผล ซึ่งเป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่ได้จัดได้ว่าเป็นการศึกษาตามแนวทางสะเต็มศึกษา (อุมพร จารุสมบัติ. 2557: 16–19) โดยจะนำเข้าสู่การจัดการเรียนการสอนในวิชาชีววิทยา เนื่องจากวิชาชีววิทยามีเนื้อหาค่อนข้างมาก มีความเป็นนามธรรมสูง ทำให้ไม่สามารถมองภาพได้ชัดเจน จึงอาจทำให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนได้ อีกทั้งผู้เรียนยังมองเห็นว่าวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นเรื่องที่ไกลตัว ทำให้ขาดแรงบันดาลใจในการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ส่งผลให้ขาดกำลังคนทางด้านสะเต็ม (STEM workforce) ที่สอดคล้องกับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม และเนื้อหาบางเรื่องต้องมี

การบูรณาการเข้ากับสาขาวิชาอื่น มีการใช้เทคโนโลยี อุปกรณ์ และการคิดคำนวณเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะเนื้อหาในเรื่องของเอนไซม์ ที่ถูกบรรจุอยู่ในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เรื่อง เอนไซม์ ซึ่งเป็นเนื้อหาต่อยอดจากเรื่อง เคมี่ที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ยาก (Sirhan. 2007; Vella. 1990) และนักเรียนยังไม่เข้าใจเมื่อสอนด้วยการบรรยาย ทั้งยังเห็นว่าเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันอย่างมาก จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้นำเรื่องนี้มาจัดการเรียนในคาบชุมนุมวิทยาศาสตร์ ที่มุ่งเน้นเติมเต็มความรู้ ความชำนาญ และประสบการณ์ของผู้เรียนให้กว้างขวางขึ้น โดยการเรียนรู้จากการปฏิบัติการจริง (อุมาพร จารุสมบัติ. 2557: 16–19) ทำให้มีแรงบันดาลใจในการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และยังส่งผลต่อประสิทธิภาพต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดอย่างเป็นระบบ ให้ผู้เรียนคิดเป็น แก้ปัญหาเป็น อีกทั้งยังต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นทักษะที่จะช่วยให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จากข้อมูลและเหตุผลดังกล่าว นั้น จะเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะช่วยเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนเรื่อง เอนไซม์ ได้เป็นอย่างดี และสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงไปของสังคมโลกในปัจจุบันและอนาคต เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้มีความเหมาะสมในศตวรรษที่ 21

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ ดังนี้

1. เพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง เอนไซม์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ $p = 0.05$
2. เพื่อตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เอนไซม์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ $p = 0.05$

ความสำคัญของการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์ สามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนพัฒนาทักษะในด้านการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหา อีกทั้งนักเรียนยังสามารถนำทักษะเหล่านี้ไปใช้ในการ

ดำเนินชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพได้ และยังเป็นประโยชน์ต่อครู อาจารย์ บุคลากรทางการศึกษา และผู้สนใจ

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ใช้ในการศึกษาค้นครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตพญาไท กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 30 คน ซึ่งได้จากการชักตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling)

เนื้อหาที่ใช้

เนื้อหาที่ใช้ในการสอนครั้งนี้เป็นเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเอนไซม์ ซึ่งประกอบด้วย

1. เอนไซม์แอมิเลส
2. เอนไซม์โปรทีเนส
3. กรดโฟลิก

ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาคือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ระยะเวลาทั้งหมด 11 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 คาบ รวม 11 คาบ

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่
 - การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
 - 2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดกระบวนการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผสมผสาน

กับแนวทางการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจ และฝึกทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี และได้นำความรู้มาออกแบบ ชิ้นงานหรือสร้างสรรค์วิธีการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ ชีวิตประจำวัน และได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

วิทยาศาสตร์ (Science) เป็นองค์ความรู้เป็นระบบซึ่งได้จากการสังเกต ศึกษาและทดลอง เพื่อให้รู้ธรรมชาติหรือหลักเกณฑ์ของสิ่งที่ทำการศึกษานั้น ๆ โดยสามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่อง เนื้อหาสาระทางสาระวิชา (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลกและอวกาศ) และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิง วิทยาศาสตร์ มีทักษะในการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นคว้าหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็น ระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีหลักฐานตรวจสอบได้

เทคโนโลยี (Technology) หมายถึง การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ โดยกระบวนการ วิธีการ และแนวความคิดใหม่ ๆ มาใช้หรือประยุกต์ใช้อย่างมีระบบ เพื่อให้การ ดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คณิตศาสตร์ (Mathematics) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ให้เหตุผล และการ ประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่ แตกต่างกันไป รวมทั้งตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการ วินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) หมายถึง การพัฒนาหรือการได้มาของเทคโนโลยีโดยการ ประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีอยู่ กับกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม เพื่อสร้างเครื่องใช้หรือวิธีการเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์อย่างมีระบบในแต่ละบุคคลและความสามารถในการ เชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหาสาระสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในกลุ่ม สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสังเกตและสามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือทาง จิตวิทยาหรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยวัดพฤติกรรม 4 ด้าน ดังนี้

2.1 ด้านความรู้-ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ หลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2.2 ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความหมาย ขยายความ และแปลความรู้โดยอาศัยข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ หลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2.3 ด้านการนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ วิธีทางวิทยาศาสตร์ไป

ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างกันออกไป หรือสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

2.4 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบจนเกิดความคล่องแคล่วชำนาญ สามารถเลือกใช้กิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม สำหรับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการจัดกระทำสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการทดลองและทักษะการตีความหมายข้อมูลและข้อสรุป

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ ความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล เพื่อนำมาสู่การบรรลุผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

- 3.1 ขั้นระบุปัญหา
- 3.2 ขั้นวิเคราะห์ปัญหา
- 3.3 ขั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา
- 3.4 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

สมมติฐานในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ มีสมมติฐานของการวิจัยดังนี้

1. ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงขึ้น
2. ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

หลักสูตรการเรียนรู้ในหัวข้อเรื่อง เอนไซม์

1. สารสำคัญ
2. สารและมาตรฐานการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1. ความเป็นมาและความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. แนวคิดและลักษณะของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
3. การจัดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
4. การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของบทปฏิบัติการ
2. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบบทปฏิบัติการ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
2. ความมุ่งหมายของการจัดการเรียนวิทยาศาสตร์
3. วิธีการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. การเรียนการสอนกับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
3. กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรการเรียนรู้ในหัวข้อเรื่อง เอนไซม์

1. สารสำคัญ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อสังคมโลกทั้งในปัจจุบันและอนาคต เนื่องจากวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยีที่เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับ สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ซึ่งล้วนเป็นผลมาจากความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ การจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาซึ่งเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิด ทั้งความคิดที่เป็นเหตุผล คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ วิจัย และสร้างสรรค์ มีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ และความสามารถในการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ ตามการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีความหลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการคิด กระบวนการทางสังคม การฝึกฝนทักษะผ่านกระบวนการปฏิบัติการ กระบวนการเรียนรู้จากประสบการณ์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2553)

1.1 เอนไซม์

เอนไซม์ คือ โปรตีนกลุ่มหนึ่งที่มีความสามารถเร่งปฏิกิริยาในสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าตัวเร่งสังเคราะห์เป็นหลายล้านเท่าด้วยปริมาณเอนไซม์เพียงระดับไมโครโมลาร์ (μM) หรือเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้เอนไซม์สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ภายใต้ภาวะไม่รุนแรงซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งกับภาวะภายในเซลล์และเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตทั่วไป เอนไซม์มีความจำเพาะเจาะจงต่อสารที่ทำปฏิกิริยาซึ่งเรียกว่า ซับสเตรท (substrate) และสามารถเร่งปฏิกิริยาโดยที่เอนไซม์ไม่เปลี่ยนแปลงไปเป็นสารผลิตภัณฑ์อื่น ตลอดทั้งเอนไซม์สามารถเพิ่มอัตราเร็วของปฏิกิริยาโดยการปลดปล่อยพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยา (ปราณี อ่านเปรื่อง. 2558: 1–9)

คุณสมบัติของเอนไซม์

- (1) เอนไซม์เป็นสารอินทรีย์จำพวกโปรตีน ส่วนมากมีโมเลกุลขนาดใหญ่
- (2) เอนไซม์ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หรือเป็นตัวกระตุ้น (Biocatalyst) และลดความต้องการของพลังงานกระตุ้น
- (3) เอนไซม์มีความจำเพาะ (Specificity) กับสารตั้งต้นหรือซับสเตรท คือทำปฏิกิริยากับสารเฉพาะอย่าง เช่น ไลเปสย่อยไขมัน แอมิเลสย่อยแป้ง (ไม่ย่อยอย่างอื่น) โปรทีเนสย่อยโปรตีน
- (4) เอนไซม์ไม่เปลี่ยนแปลง ไม่สูญหาย และไม่เปลี่ยนสภาพหลังทำปฏิกิริยา

แล้ว สามารถกลับมาทำงานใหม่ได้อีก

(5) เอนไซม์ทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิและความเป็นกรด-เบส เหมาะสม

การทำงานของเอนไซม์

ขณะเกิดปฏิกิริยาสารตั้งต้นจะเข้าไปจับกับเอนไซม์ที่บริเวณจำเพาะของเอนไซม์ ซึ่งเรียกว่า บริเวณเร่ง (active site) ในเอนไซม์แต่ละชนิดบริเวณเร่งจะมีความจำเพาะเจาะจงกับสารตั้งต้น สารตั้งต้นนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นสารผลิตภัณฑ์ หลังจากเกิดปฏิกิริยาเคมีแต่ละครั้ง เมื่อเกิดสารผลิตภัณฑ์แล้ว ผลิตภัณฑ์และเอนไซม์จะแยกออกจากกัน เอนไซม์จึงสามารถเร่งปฏิกิริยาของสารตั้งต้นโมเลกุลอื่นต่อไปได้เรื่อย ๆ ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีเอนไซม์จำนวนมากเพื่อให้สามารถเร่งปฏิกิริยาเคมีแต่ละปฏิกิริยาทั้งหมดภายในเซลล์นั้นได้ อย่างไรก็ตามเอนไซม์บางชนิดอาจมีบริเวณเร่งมากกว่า 1 บริเวณ

เนื่องจากมีปฏิกิริยามากมายที่เกิดขึ้นภายในเซลล์พร้อมกัน โดยอาศัยเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะศึกษาปฏิกิริยาใดปฏิกิริยาหนึ่งโดยตรง อย่างไรก็ตามการแยกเอนไซม์แต่ละชนิดออกจากเซลล์เสียก่อนจะทำให้สามารถศึกษาการทำงานของเอนไซม์แต่ละชนิดได้

1.1.1 เอนไซม์แอมิเลส

เอนไซม์แอมิเลสถูกค้นพบขึ้นเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1831 โดย ศูนย์ ฟรีดริช ที่ได้อธิบายถึงการย่อยสลายแป้งด้วยน้ำลาย

แอมิเลส เป็นเอนไซม์ในกลุ่มไฮโดรเลส (hydrolases) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ในการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลโดยไฮโดรไลซ์ 1,4-glycosidase bond ในโมเลกุลของแป้ง ให้มีขนาดของโมเลกุลเล็กลง ทำให้ได้เดกซ์ทริน (dextrin) และน้ำตาล ไคแท็กคาไรด์ เช่น มอลโทส มอนแซ็กคาไรด์ เช่น กลูโคส แอมิเลสส่วนใหญ่พบในน้ำลาย ตับอ่อน แอมิเลสที่พบในน้ำลายจะเรียกว่า ไทยาลิน ซึ่งสามารถพบได้ในคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

ชนิดของเอนไซม์แอมิเลส สามารถแบ่งได้ 3 ชนิดคือ

1) แอลฟา-แอมิเลส (alpha-amylase) มีชื่อสามัญว่า ไดแอสเทส (diastase) เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาย่อยสลายแป้ง และไกลโคเจน ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ คือ มอลโทส และเดกซ์ทรินสายสั้น (limited dextrin) โดยไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่งแอลฟา 1-4 แบบสุ่ม เอนไซม์แอลฟา-แอมิเลส พบทั่วไปทั้งในอาณาจักรพืชและสัตว์ โดยในอาณาจักรสัตว์จะพบในส่วนของน้ำลาย ตับอ่อน มีบทบาทสำคัญในระบบย่อยอาหาร ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เอนไซม์นี้ในการไฮโดรไลซ์แป้ง ในขั้นตอนการทำ

liquefaction เพื่อลดความหนืดของสารละลายแป้งภายหลังการเกิดเจลลาติไนซ์ เพื่อผลิตน้ำเชื่อมกลูโคส

2) บีตา-แอมิเลส (beta-amylase) เป็นเอนไซม์ที่มีปฏิกิริยาการย่อยสลายของบีตา-แอมิเลสจะเจาะจงต่อพันธะไกลโคซิดของแป้งที่ α -1, 4 ในลักษณะการตัดสายพอลิเมอร์อย่างเป็นระเบียบจากปลายสายสู่ภายในสายไปที่ละ 1 หน่วยของมอลโทส หรือที่ละ 2 หน่วยของกลูโคส ทำให้ได้น้ำตาลมอลโทส เอนไซม์นี้ไม่พบในน้ำย่อยของมนุษย์ แต่พบในราแบคทีเรีย เช่น *Bacillus cereus* และพบในผลไม้ระหว่างการสุก

3) แกมมา-แอมิเลส (gamma-amylase) เป็นเอนไซม์ที่ไฮโดรไลซ์สายพอลิเมอร์ของแป้งได้ทั้งที่พันธะไกลโคซิดที่ตำแหน่งแอลฟา 1-4 และแอลฟา 1-6 จึงสามารถไฮโดรไลซ์โมเลกุลของอะไมโลเพกทิน ซึ่งโมเลกุลมีสายแขนง โดยจะไฮโดรไลซ์จากส่วนปลายด้านนอนรีติวส์ เข้ามาที่ละ 1 หน่วยได้น้ำตาลกลูโคส เป็นเอนไซม์ที่พบทั่วไปในรา และแบคทีเรีย

การประยุกต์ใช้เอนไซม์แอมิเลสในอุตสาหกรรม

ปัจจุบันเอนไซม์ได้เข้ามามีส่วนร่วมในวงการอุตสาหกรรมเป็นอย่างมากโดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากช่วยลดต้นทุนในการผลิต และสารเคมีสังเคราะห์ที่มีราคาสูง บ่อยครั้งสารเคมีเหล่านั้นเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และยังทำลายสิ่งแวดล้อมในทางอ้อม ในอุตสาหกรรมอาหารเอนไซม์แอมิเลสเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมประเภทที่ใช้แป้งเป็นวัตถุดิบโดยใช้เอนไซม์ชนิดนี้ร่วมกับเอนไซม์ชนิดอื่นเพื่อเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคสสำหรับอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทยที่มีการใช้เอนไซม์ ได้แก่ อุตสาหกรรมการแปรรูปแป้งและผลิตน้ำเชื่อม อุตสาหกรรมเบเกอรี่ และขนมปังกรอบ อุตสาหกรรมสารปรุงแต่งรสชาติอาหาร อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องดื่มและนม และอุตสาหกรรมเครื่องดื่มและน้ำผลไม้ ซึ่งอุตสาหกรรมการแปรรูปแป้งและผลิตน้ำเชื่อมนั้นเป็นอุตสาหกรรมแรกที่ได้นำเอนไซม์มาใช้เป็นระยะเวลานานกว่า 10 ปีแล้ว และพบว่าประเทศไทยนำเข้าเอนไซม์จากต่างประเทศมากเนื่องจากประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตเอนไซม์ที่ต้องการใช้ได้เอง

1.1.2 เอนไซม์โปรทีเนส

โปรทีเนสมีชื่อสามัญหลายชื่อ ได้แก่ เพปติเดส (peptidase) เพปไทด์ไฮโดรเลส (peptide hydrolase) และโปรติโอไลติกเอนไซม์ (proteolytic enzyme)

โปรทีเนสทำหน้าที่ย่อยพันธะเพปไทด์ (peptide bond) ของโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนและโอลิโกเพปไทด์ต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งตามหน้าที่ได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) เอนโดเพปติเดส (endopeptidases) ย่อยสลายพันธะเพปไทด์
อิสระภายในสายโปรตีน

2) เอกโซเพปติเดส (exopeptidases) ย่อยสลายพันธะเพปไทด์
จากด้านปลายสายของโปรตีน

ประเภทของโปรทีเนส

สามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ตามลักษณะบริเวณเร่งของเอนไซม์ คือ

- 1) โปรทีเอสเซอรีน (serine proteases)
- 2) โปรทีเอสซัลไฟดริล (sulfhydryl proteases)
- 3) โปรทีเอสที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบ (metal-containing proteases)

4) โปรทีเอสกรด (acid proteases)

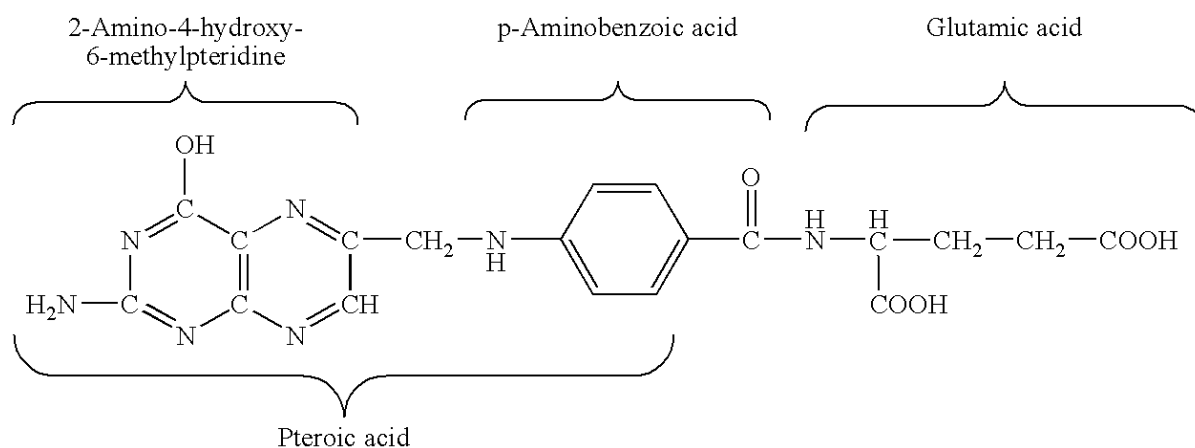
โปรทีเนสผลิตได้จากพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ โดยในระยะแรก ๆ นั้น
ศึกษาการผลิตโปรทีเนสในพืช และสัตว์เป็นส่วนใหญ่ โปรทีเนสที่ผลิตจากพืช เช่น โบรมีเลนจาก
สับปะรด ปาเปนจากยางมะละกอ โปรทีเนสที่ผลิตจากสัตว์ เช่น เรนินจากกระเพาะลูกวัว
โปรทีเนสที่ผลิตจากจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตโปรทีเนสได้มีทั้งเชื้อแบคทีเรียและรา

โปรทีเนสเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทมากในอุตสาหกรรมหลายประเภท
เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมทอผ้า อุตสาหกรรมฟอกหนัง อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ
อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมถ้ายรูป การบำบัดของเสีย อุตสาหกรรมสารซักล้าง
 เป็นต้น

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าทั้งเอนไซม์แอมิเลสและเอนไซม์
โปรทีเนสมีหน้าที่สำคัญในการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ตามลำดับ ดังนั้นเอนไซม์ทั้งสอง
ชนิดนี้จึงมีความสำคัญโดยสามารถนำมาวิเคราะห์หาปริมาณกรดโฟลิกได้

1.1.3 กรดโฟลิก (folic acid)

กรดโฟลิก หรือโฟเลต มีชื่อทางเคมีว่า กรดเทอโรอิลกลูตามิก
(pteroylglutamic acid, PGA) กรดโฟลิกประกอบด้วยกรดพาราเบนโซอิก (parabenzoic acid,
PABA) เทอริดีน (pteridine) และกรดอะมิโนกลูตามิก (glutamic acid) ซึ่งมีประมาณ 1–7 ตัว
(ภาพประกอบ 1)



ภาพประกอบ 1 โครงสร้างทางเคมีของกรดโฟลิกที่มี 1 กรดอะมิโนกลูตามิก

กรดโฟลิกเป็นวิตามินที่มีสถานะเป็นของแข็ง ผลึกสีเหลือง สามารถละลายได้ในน้ำ ถ้าอยู่ในสารละลายจะสลายง่ายเมื่อถูกความร้อน และถ้าอยู่ในสถานะเป็นของแข็งจะถูกสลายได้ง่ายโดยแสง

บทบาทหน้าที่ กรดโฟลิกทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โคเอนไซม์ เทตระไฮโดรโฟเลต (tetrahydrofolate, FH_4 หรือ THF) ขั้นตอนการสังเคราะห์เป็นดังนี้



เทตระไฮโดรโฟเลตเป็นโคเอนไซม์ที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุลต่าง ๆ เช่น พิวรีน พิริมิดีน และโคลีน (choline) เป็นต้น โดยทำหน้าที่เป็นตัวพาหมู่ฟังก์ชันที่มีคาร์บอน 1 อะตอม เช่น หมู่เมทิล (methyl, $-\text{CH}_3$) หมู่เมทิลีน (methylene, $-\text{CH}_2-$) หมู่เมทินิล (methenyl, $-\text{CH}=\text{}$) หมู่ฟอร์มิล (formyl, $-\text{CHO}$) และหมู่ฟอร์มิมิโน (formimino, $-\text{CH}=\text{NH}$) เป็นต้น นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องในปฏิกิริยาการเติมหมู่เมทิลเพื่อเปลี่ยนกรดอะมิโนโฮโมซิสเทอีน (homocysteine) เป็นกรดอะมิโนเมไทโอนีน (methionine) กรดอะมิโนฮิสทีดีน (histidine) เป็นกรดอะมิโนกลูตามิก (glutamic) เป็นต้น ยาเมโทเทรเซต (methotrexate) สามารถฆ่าเซลล์มะเร็งได้ เนื่องจากสามารถยับยั้งเอนไซม์ dihydrofolate reductase ได้ ทำให้เซลล์ไม่มี FH_4 และยับยั้งการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก ทำให้เซลล์มะเร็งไม่สามารถแบ่งตัวได้และตายในที่สุด

ผลของการขาดกรดโฟลิก

—มีผลทำให้การสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกได้น้อยลง ซึ่งจะส่งผลต่อการสังเคราะห์ DNA และ RNA ได้น้อยลงตามมา

—มีผลต่อการสร้างกรดอะมิโนต่าง ๆ ที่จำเป็น

—ทำให้เกิดการเจริญ และการแบ่งตัวของเซลล์ช้ากว่าปกติ เช่น โปรตีนในร่างกาย เซลล์เม็ดเลือดแดง และเซลล์เยื่อบุทางเดินอาหาร เป็นต้น

เด็กที่ขาดกรดโฟลิกจะมีผลต่อการเจริญเติบโต ร่างกายแคระแกร็น การพัฒนาการทางสมองช้า หากเกิดการขาดหลังวัยเด็กจะทำให้เกิดโรคโลหิตจาง

หญิงตั้งครรภ์ที่เกิดภาวะขาดกรดโฟลิกในระหว่างตั้งครรภ์ จะส่งผลต่อการเจริญเติบโต และการพัฒนาของตัวอ่อน (embryo) ในครรภ์

แหล่งอาหารที่สำคัญ พบในผักใบเขียวทุกชนิด ตับ เนื้อสัตว์ต่าง ๆ และถั่ว ความต้องการวิตามินนี้จะสูงขึ้นในขณะที่มีการแบ่งตัวของเซลล์มาก เนื่องจากจำเป็นในการสังเคราะห์หน่วยการสร้างของ DNA และ RNA

Microbiological assay เป็นวิธีหนึ่งทางจุลชีววิทยาที่ใช้ในการวัดหาปริมาณกรดโฟลิกโดยการวัดการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *L. casei* subsp. *rhamnosus* ที่ต้องการกรดโฟลิกในการเจริญที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร วิธีนี้ใช้วัดปริมาณกรดโฟลิกทั้งหมดในสารสกัดจากธรรมชาติ

2. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ต้องการการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ มีความมุ่งหวังให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยรู้จักการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ การสังเกต การสำรวจ และความเข้าใจโดยมีลักษณะที่เป็นจิตวิทยาศาสตร์ และเป็นการสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ด้วย (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551)

ความมุ่งหวังของการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาชีววิทยานั้น มุ่งเน้นตามสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการจัดการเรียนรู้สำหรับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยได้กำหนดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและสาระการเรียนรู้ ดังนี้

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่

แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลาสั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต การใช้ความรู้และกระบวนการทางชีววิทยาที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม การศึกษาชีววิทยาโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้เกี่ยวกับชีววิทยามาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ศึกษาโครงสร้างและหน้าที่ของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาสซึม และนิวเคลียสที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ การสื่อสารระหว่างเซลล์ การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ และการชราภาพของเซลล์ โครงสร้างและการทำงานของระบบย่อยอาหารในร่างกายของสัตว์และมนุษย์ การสลายสารอาหารระดับเซลล์เพื่อให้ได้พลังงานในรูปของ ATP โครงสร้างและการทำงานของระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของสัตว์และมนุษย์ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง การอภิปราย การอธิบายและสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยม

ผลการเรียนรู้

- 2.1 สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต
- 2.2 อธิบายและสรุปเกี่ยวกับกระบวนการทางชีววิทยา ที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
- 2.3 นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาออกแบบการทดลอง ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับชีววิทยา
- 2.4 อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของสารเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต
- 2.5 สืบค้นข้อมูล อภิปราย และนำความรู้เกี่ยวกับชีววิทยามาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1. ความเป็นมาและความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษามีจุดเริ่มต้นมาจากประเทศสหรัฐอเมริกาเนื่องจากความถดถอยของการศึกษาในสหรัฐอเมริกา รวมทั้งการรายงานในวารสาร Phi delta kappa (Gray. 1993: 4)

ที่ประเมินว่านักเรียนอเมริกันทำคะแนนได้ต่ำสุดในโจทย์แก้ปัญหา (Bellanca; & Brandt. 2010; DeJarnette. 2012: 77–84) นอกจากนั้น นักเรียน นักศึกษาที่สนใจเรียนทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์มีจำนวนน้อยลง เช่นเดียวกับประชากรวัยทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ก็มีจำนวนน้อยลงเช่นกัน จึงทำให้เกิดความขาดแคลนทรัพยากรมนุษย์ ส่งผลให้เกิดปัญหาทางด้านเศรษฐกิจตามมา ดังนั้นการส่งเสริมนโยบายการศึกษาตามแนวทางสะเต็มศึกษา จึงเป็นแนวทางที่จะไปช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวนั้นได้

สะเต็มศึกษา หมายถึง การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชาระหว่างศาสตร์ต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S: Science) เทคโนโลยี (T: Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (E: Engineering) และคณิตศาสตร์ (M: Mathematics) ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. 2556: 49–56; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557)

2. แนวคิดและลักษณะของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษามีแนวคิดและลักษณะ ดังนี้

2.1 เป็นการบูรณาการศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และ คณิตศาสตร์ (M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการเรียนการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสอดประสานกันอย่างลงตัว คือ

–วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติโดยชี้แนะให้ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (inquiry-based science teaching) กิจกรรมการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน (scientific problem-based activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ไม่เหมาะกับผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัย เพราะอาจทำให้รู้สึกเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนมีความสนใจ กระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียนรู้ ซึ่งจะส่งผลให้ประสบความสำเร็จในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับขั้นที่สูงขึ้น

–เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ โดยผ่านกระบวนการทางเทคโนโลยีที่เรียกว่าการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงไม่ได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือไอซีทีเท่านั้น

–วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ พัฒนา

นวัตกรรมต่าง ๆ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี

—คณิตศาสตร์ (M) ประการแรกเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (mathematical thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดรูปแบบ การระบุรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สองภาษาคณิตศาสตร์ เด็กสามารถถ่ายทอดความคิดหรือเข้าใจความคิดรวบยอด โดยการสื่อสารทางภาษาคณิตศาสตร์ได้ เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า เป็นต้น ประการสุดท้ายคือการส่งเสริมทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง (higher-level mathematical thinking) จากกิจกรรมการเล่นหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2.2 เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดการเรียนการสอนได้ในทุกระดับชั้นการศึกษา โดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้นำนโยบายสะเต็มศึกษามาใช้ในแต่ละรัฐ ผลจากการศึกษาพบว่า ครูผู้สอนที่ใช้วิธีการสอนแบบ project-based learning, problem-based learning, design-based learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์และพัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าครูผู้สอนนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไปสอนได้เร็วก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพของผู้เรียนได้มากขึ้น

นอกจากการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะเป็นการบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 สาขาเข้าด้วยกันแล้ว ยังเป็นการบูรณาการทางด้านบริบท (context integration) ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้รู้ซึ่งถึงคุณค่าของการเรียน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มโอกาสการทำงาน การเพิ่มมูลค่า และช่วยสร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศทางด้านเศรษฐกิจและด้านอื่น ๆ ได้

2.3 เป็นการสอนที่พัฒนาผู้เรียนในด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 เช่น

- ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา
- ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา เป็นต้น
- ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม ทักษะการสื่อสาร การเป็นผู้นำ ตลอดจนการรับฟังคำวิจารณ์วิจารณ์ของผู้อื่น

3. การจัดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การจัดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผสมผสานกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะ

ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และได้นำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือสร้างสรรค์วิธีการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งมีหลายรูปแบบแต่มีขั้นตอนหลัก ดังนี้

3.1 ขั้นการระบุปัญหา (identifying a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจในปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์ (innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

3.2 ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (exploring ideas) คือ การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ และความเหมาะสมเพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3.3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา (plan and development) ผู้แก้ปัญหามustกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาดำเนินงานให้ชัดเจน รวมถึงออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (prototype) ของผลผลิต เพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

3.4 ขั้นการทดสอบและประเมินผล (testing and evaluation) เป็นขั้นตอนในการทดสอบและประเมิน เพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

3.5 ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ (presenting the solution) หลังการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบ และประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหามustนำเสนอผลลัพธ์ โดยออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

อย่างไรก็ตาม การแก้ปัญหาตามขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอาจมีลำดับขั้นตอนที่แตกต่างจากนี้ ซึ่งโดยทั่วไปการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือการแก้ปัญหามักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่องจนกว่าจะแก้ปัญหาได้

4. การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้เป็นสิ่งที่ควบคู่กับการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน เพื่อแสดงถึงพัฒนาการความก้าวหน้าและความสำเร็จของผู้เรียน รวมทั้งได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการและการเรียนรู้ตามศักยภาพ

การวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา เน้นการวัดและประเมินผลในสภาพจริงและที่ผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ซึ่งเป็นประโยชน์ในการรับทราบ พัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และความสำเร็จของผู้เรียนว่าอยู่ในระดับใด มีจุดเด่นที่ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ และมีจุดอ่อนใดที่ควรจะได้รับการแก้ไข รวมทั้งผู้สอนจะได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4.1 การประเมินจากสภาพจริง (authentic assessment) คือการประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จากการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงานและความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้

4.2 การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (performance assessment) เป็นการประเมินจากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติงานได้จริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูง และผลงานที่ได้

แนวการประเมินตามสภาพจริงมีมาตรวัดเรียกว่า rubric ซึ่งโดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ

(1) การประเมินเป็นภาพรวม (holistic score) เป็นการประเมินภาพรวมของงานจะไม่เก็บเป็นคะแนน แม้ว่าจะใช้การให้คะแนนในการประเมินก็ต้องให้ความหมายของภาพรวมให้ได้

(2) การประเมินแบบแยกองค์ประกอบ (analytic score) จะมีการวิเคราะห์ว่า ผลงานของผู้เรียนสามารถประเมินอะไรได้บ้าง แต่ละประเด็นผู้เรียนมีความสามารถอยู่ในระดับใด

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถนำไปปฏิบัติในชั้นเรียนโดยบูรณาการด้านเนื้อหา ทักษะปฏิบัติการ กิจกรรมการเรียนรู้ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558: 154–160) ดังนั้น บทปฏิบัติการจึงใช้เป็นสื่อการสอนในการทำกิจกรรมการทดลอง เพื่อฝึกทักษะกระบวนการต่าง ๆ เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการทดลอง ทักษะการปฏิบัติการ และทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1. ความหมายของบทปฏิบัติการ

สำหรับความหมายของบทปฏิบัติการ มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของบทปฏิบัติการ ไว้ดังนี้

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2558: 360–364) กล่าวว่า บทปฏิบัติการ หมายถึง สื่อการสอนที่เน้นให้นักเรียนฝึกทักษะการปฏิบัติและค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ด้วยการสังเกต ทดลอง และสรุปผลเพื่อหาความจริง โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ

จันทร์จิรา เทพดนตรี (2558: 10) กล่าวว่า บทปฏิบัติการ หมายถึง สื่อการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอน จากการสังเกต ทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล สรุปผล และอภิปรายผลที่ได้จากการทดลองด้วยตนเอง โดยมีครูคอยให้คำปรึกษาแนะนำ

ทรงกลด ไบยา (2558: 11) กล่าวว่า บทปฏิบัติการ หมายถึง นวัตกรรมการเรียนการสอนที่สร้างและพัฒนาขึ้นโดยผ่านกระบวนการวิจัยเพื่อให้ได้บทปฏิบัติการที่มีคุณภาพ เพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ให้ตรงกับสมรรถะของนักเรียน โดยนักเรียนสามารถพัฒนาความรู้ได้จากการลงมือทดลองซึ่งเป็นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ผู้วิจัยสรุปใจความได้ ดังนี้ บทปฏิบัติการ หมายถึง สื่อการจัดการเรียนรู้ที่สร้างและพัฒนาขึ้นโดยผ่านกระบวนการวิจัย เพื่อให้ได้บทปฏิบัติการที่มีคุณภาพ และสามารถนำไปใช้โดยเน้นให้นักเรียนมีทักษะการปฏิบัติและพัฒนาความรู้จากการลงมือทดลอง โดยมีครูคอยเป็นผู้ให้คำแนะนำ

2. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบบทปฏิบัติการ

ภพ เลหาไพบูล (2542: 168–169) ได้อธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบบทปฏิบัติการ ดังต่อไปนี้

- 1) ขั้นกำหนดปัญหา เป็นการระบุปัญหาที่เกิดขึ้นให้สอดคล้องกับสถานการณ์ เพื่อที่จะค้นคว้าหาคำตอบ
- 2) ขั้นทดลองและสังเกต เป็นขั้นดำเนินการทดลองเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนดและสังเกตผลการทดลอง
- 3) ขั้นสรุปผลการทดลอง เป็นขั้นสรุปผลการทดลองที่ได้จากการทดลองและการสังเกต

ทิตนา แคมมณี (2555: 333–334) ได้อธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบบทปฏิบัติการ ดังต่อไปนี้

- 1) ครูและนักเรียนกำหนดปัญหาและสมมติฐานของการทดลอง

2) ให้ความรู้ที่จำเป็นต่อการทดลอง ให้ขั้นตอนและรายละเอียดในการทดลองแก่นักเรียน

3) นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองและบันทึกผลการทดลอง

4) นักเรียนวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองและสรุปผลการเรียนรู้

6) ครูประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบบทปฏิบัติการข้างต้น ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบบทปฏิบัติการไว้ 3 ขั้นตอน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง เอนไซม์ ดังนี้

1) ขึ้นกำหนดปัญหา นักเรียนร่วมกันกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

2) ขั้นตอนทดลองและบันทึกผลการทดลอง นักเรียนดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ สังเกตและบันทึกผลการทดลอง โดยมีครูเป็นผู้แนะนำ

3) ขั้นตอนอภิปรายและสรุปผลการเรียนรู้ นักเรียนนำผลการทดลองมาวิเคราะห์เพื่ออภิปรายผลและสรุปผลการจัดการเรียนรู้ร่วมกันในกลุ่มและในชั้นเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

ปรีวัติ สิงหาเวช (2548: 5) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง การพิจารณาจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วินุรักษ์ สุขสำราญ (2553: 36) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มี และนำมาเชื่อมโยงสาระสำคัญที่ค้นพบ สามารถพิสูจน์แล้วหรือไม่ใช่องค์ประกอบทางสติปัญญาและองค์ประกอบที่ไม่ใช่สติปัญญา สามารถสังเกตและวัดได้ด้วยเครื่องมือทางจิตวิทยาหรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แล้วทำให้เกิดพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงได้ และประสบการณ์การเรียนรู้จากการฝึกอบรม

วิชชุดา อ้วนศรีเมือง (2555: 212–220) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคลที่เป็นกระบวนการคิด การกระทำ

อย่างเป็นระบบ ซึ่งเกิดจากการเรียนรู้ประสบการณ์ ที่ได้จากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสามารถวัดได้ด้วยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากที่กล่าวมาทั้งหมด สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบในแต่ละบุคคลและสามารถเชื่อมโยงเข้ากับสาระสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสามารถสังเกตและวัดได้ด้วยเครื่องมือทางจิตวิทยาหรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

2. ความมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สสวท. ได้กำหนดเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสถานศึกษาดังนี้

- 2.1 เพื่อเข้าใจหลักการ ทฤษฎีพื้นฐานในวิทยาศาสตร์
- 2.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขตธรรมชาติ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
- 2.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 2.4 เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
- 2.5 เพื่อตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
- 2.6 เพื่อนำความรู้ความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ต่อสังคมและการดำเนินชีวิต
- 2.7 เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

3. วิธีการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้ และกระบวนการแสวงหาทางวิทยาศาสตร์ จะต้องวัดทั้งสองลักษณะและเพื่อความสะดวกในการ ประเมินผลจึงได้จำแนกพฤติกรรมทางด้านวิทยาศาสตร์ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สำหรับเป็นเกณฑ์ เพื่อประเมินผลการเรียนด้านสติปัญญาหรือความรู้ ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์เป็น 4 พฤติกรรม ดังนี้ (ประวิตร ชูศิลป์. 2524: 21–31; อ้างอิงจาก Kloper. 1974)

- 3.1 ความรู้—ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว

เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ หลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

3.2 ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความหมาย ขยายความและแปลความรู้โดยอาศัยข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ หลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

3.3 การนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ วิธีทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างกันออกไป หรือสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

3.4 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบจนเกิดความคล่องแคล่วชำนาญ สามารถเลือกใช้กิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม สำหรับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการจัดกระทำสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและข้อสรุป

จากการจำแนกเกณฑ์เพื่อประเมินผลด้านสติปัญญาหรือความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 พฤติกรรมการเรียนรู้ คือ ความรู้—ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จึงได้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เอนไซม์

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นกระบวนการทางความคิดที่เป็นปฏิกริยาของจิตมนุษย์ ที่จะช่วยให้แต่ละบุคคลสามารถที่จะปรับตัวเข้ากับสังคมและสิ่งแวดล้อมได้ และยังช่วยให้เกิดความพยายามที่จะบรรลุผลในจุดมุ่งหมายที่ต้องการ ดังนั้นการคิดจึงนำไปสู่การกระทำและการปรับตัวที่พัฒนาดีขึ้น (ซูตินันท์ พุ่มกลิ่น. 2546: 10) การดำเนินชีวิตประจำวันมักต้องเผชิญกับปัญหาที่หลากหลาย มีความยุ่งยากซับซ้อนต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดปัญหามากขึ้นกว่าเดิม การฝึกให้มีทักษะในการคิดแก้ปัญหาจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น เนื่องจากปัญหามักเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ซึ่งในกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นด้วยการสังเกตและระบุปัญหา นำไปสู่การตั้งสมมติฐาน การทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล และการสรุปผล ดังนั้นหากมีทักษะในการคิดแก้ปัญหาจะทำให้สามารถหาคำตอบหรือหนทางในการแก้ปัญหาได้สำเร็จ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมาย

ที่ต้องการ (ศิริเพ็ญ ไหมวัด. 2551: 2)

Piajet (อัครา เอิบสุขสิริ. 2556: 52; อ้างอิงจาก Piajet. 1962) ให้ความหมายในการคิดแก้ปัญหาตามทฤษฎีพัฒนาการในแง่ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาโดยเริ่มตั้งแต่เด็กอายุประมาณ 7–11 ปี เริ่มมีความคิดในการแก้ปัญหาแบบง่าย ๆ ภายในขอบเขตจำกัด ต่อมาเมื่อมีอายุประมาณ 12–15 ปี เด็กมีความสามารถคิดหาเหตุผลที่ดีขึ้นและสามารถคิดแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้

Soden (1994: 27) ให้ความหมายการคิดแก้ปัญหาคือ ทักษะด้านการคิด นักเรียนต้องรู้วิธีการที่จะกระทำต่อความรู้ใหม่ ๆ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา และบุคคลที่จะเรียนรู้ได้ดีนั้นจะต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่ดีด้วย

ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นรูปแบบการเรียนรู้อย่างหนึ่ง ซึ่งต้องอาศัยการเรียนรู้ ผสมผสานจนเป็นความสามารถทางการคิดแก้ปัญหา (Gagne. 1970: 407) วิธีการทางวิทยาศาสตร์กับการแก้ปัญหาเป็นเรื่องเดียวกัน การแก้ปัญหาเป็นแบบแผนหรือวิธีดำเนินการ ซึ่งอยู่ในสถานะที่มีความยุ่งยากลำบาก หรือการพยายามตรวจสอบข้อมูลที่หามาได้ มีการตั้งสมมติฐาน การตรวจสอบสมมติฐานภายใต้การควบคุม มีการเก็บรวบรวมจากการทดลองและนำไปสู่การสรุปผล (Good. 1973: 306)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ ความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล เพื่อนำมาสู่การบรรลุผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

2. การเรียนการสอนกับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน เนื่องจากขึ้นอยู่กับระดับสติปัญญา ความรู้ อารมณ์ และประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนมีอิทธิพลต่อความสามารถในการคิดแก้ปัญหานักเรียนอย่างมาก

กรมวิชาการ (2545: 10) ได้กำหนดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีจุดมุ่งหมายประการหนึ่ง คือ เน้นให้นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติอย่างมีระบบ ผลที่ได้จากการฝึกจะช่วยให้นักเรียนสามารถตัดสินใจแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยวิธีการคิดอย่างสมเหตุสมผล โดยใช้กระบวนการหรือวิธีการความรู้ ทักษะต่าง ๆ และความเข้าใจในปัญหานั้นมาประกอบกันเพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหา

ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรที่จะผสมผสานองค์ความรู้ต่าง ๆ ไม่เพียงแต่การสอนเพียงอย่างเดียว เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจและใช้ทักษะ

กระบวนการคิดแก้ปัญหาทางการเรียนให้บรรลุผลสำเร็จของจุดมุ่งหมายที่ตั้งใจไว้

3. กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาและนักจิตวิทยา ได้เสนอแนวคิดที่เกี่ยวกับวิธีการ และขั้นตอนในการแก้ปัญหา ดังนี้

Dewey (1976: 388) ได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เรียกว่า Dewey's problem solution ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.1 การรับรู้และเข้าใจปัญหา เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น คนส่วนใหญ่มักจะเกิดความสงสัยในขั้นต้นผู้พบปัญหาก็ต้องรับรู้ และเข้าใจตัวปัญหานั้นก่อน

3.2 การระบุและแจกแจงลักษณะของปัญหา ปัญหาที่เกิดขึ้นมีลักษณะแตกต่างกันออกไป มีระดับความยากง่ายในการแก้ไขที่ต่างกัน

3.3 การรวบรวมข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปัญหาเพื่อการสร้างสมมติฐาน

3.4 การเลือกวิธีแก้ปัญหาหลังจากได้รับความคิดว่าจะแก้ปัญหายังไง แล้วลองพิจารณาว่าควรจะใช้วิธีการใดได้บ้าง

3.5 การทดลองนำเอาวิธีการแก้ปัญหามาใช้ ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนในการแก้ปัญหาด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นเสนอวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

จากกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้อธิบายมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนหรือวิธีการแก้ปัญหาในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีได้หลายขั้นตอน แต่ต้องเป็นวิธีการที่มีระบบความคิด ต้องอาศัยองค์ความรู้ และประสบการณ์เข้ามาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นด้วย ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ 4 ขั้นตอนมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

รัตนะ บัวรา (2540: 22) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นกลุ่มทดลอง และสอนตามคู่มือครู

ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุม พบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นภาพร วงศ์เจริญ (2550: 33) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบพหุปัญญา เพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบพหุปัญญา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นิพัทธา ชัยกิจ (2551: 76–97) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ความรู้กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะแสวงหาความรู้ในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ขุนทอง คล้ายทอง (2554: 100–104) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี 1 และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นภาพรณี หวานชม (2554: 57) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาาสตร์ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้สมองเป็นฐาน จำนวน 42 คน ใช้แบบแผนการทดลองแบบ one group pretest–posttest design และใช้สถิติ t -test for dependent samples ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จรัส อินทลาภาพร (2558: 62–74) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย 2 ขั้นตอนคือ 1. ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาจากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัย 2. จัดประชุมสนทนากลุ่ม (focus group discussion) เพื่อสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้และประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่าในการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรปฏิบัติดังนี้ คือ 1. ศึกษาสาระสำคัญของสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพ

และเทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในลักษณะของการบูรณาการ 2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยตนเองก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน 3. จัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน (problem-based learning) 4. จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (project-based learning) 5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน 6. วัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง (authentic assessment) ซึ่งแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง (authentic learning)

ณัฐพล โยธานิติกุล (2558: 113) ได้ศึกษาการเพิ่มการมีส่วนร่วมของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-วิศวกรรมศาสตร์ จำนวน 36 คน ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องการเจริญเติบโตหลังการปฏิสนธิของพืชดอก ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่แตกต่างกันออกไปตามความถนัดโดยนักเรียนมีบทบาทในกิจกรรมมากกว่าร้อยละ 80 ของเวลาในแต่ละคาบเรียน นักเรียนสะท้อนผลการเรียนรู้ทั้งในด้านความรู้ทางชีววิทยาและฟิสิกส์ ทักษะการใช้เทคโนโลยี มีเจตคติที่ดีต่อวิชาชีววิทยาในเชิงบวก และมีความพึงพอใจในการจัดกิจกรรมอยู่ในระดับมากที่สุดในทุกด้าน

พลศักดิ์ แสงพรหมศรี (2558: 401–418) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับแบบปกติ ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้เครื่องมือได้แก่ 1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 3. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และ 4. แบบวัดเจตคติต่อการเรียนเคมี ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี สูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2558: 113–156) ได้ศึกษาการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่องอ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 81 คน และครูผู้ร่วมวิจัยเป็นครูสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนเดียวกันจำนวน 2 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อ้อย แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อหลักสูตรและแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตร โดยแบ่งออกเป็น

2 ระยะ คือการศึกษานำร่อง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ ปัญหาและข้อบกพร่องของการใช้หลักสูตรในสถานการณ์จริง และทดลองใช้หลักสูตรกับกลุ่มตัวอย่างจริง จากผลการวิจัยพบว่า หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากและองค์ประกอบของหลักสูตรมีความสอดคล้องกันทุกองค์ประกอบ คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนทดลองใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 65) คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมหลังทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนทดลองใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรอยู่ในระดับมาก และครูมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น

งานวิจัยในต่างประเทศ

Smith (1994: 2528–2537) ได้ศึกษาผลจากวิธีการสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในเกรด 7 โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ได้รับการสอนแบบบรรยาย กลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และกลุ่มที่ 3 ได้รับการสอนแบบบรรยายและการสอนให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนในกลุ่มที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

Catherine (2012: 30–39) ได้ทำการศึกษาในลักษณะของรูปแบบสะเต็ม โดยมุ่งเน้นที่โรงเรียนมัธยมที่ได้รับคัดเลือกจากภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการประกอบอาชีพสาขาสะเต็ม จากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่านักเรียนที่เข้าเรียนในโรงเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงและสามารถฝึกงานในการประกอบอาชีพที่ตอบสนองความต้องการหลังสำเร็จการศึกษาได้เป็นอย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับโรงเรียนอื่น ๆ ที่ไม่ได้ใช้การจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

Fang (2013: 8–13) ได้ศึกษาเพื่อความสนใจในการเรียนวิชาฟิสิกส์ที่เพิ่มขึ้น โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีการเรียนการสอนโดยใช้เทคนิคความคิดสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหา โดยผ่านการสร้างโมเดลโยโย่กับความคิดทางฟิสิกส์และความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นบนโลกใบนี้ ทำการทดลองในนักเรียนมัธยมปลายจำนวน 122 คนจากโรงเรียนทั่วรัฐยูทาห์ในสหรัฐอเมริกา จากการศึกษาวิจัยพบว่านักเรียนมีแนวคิดทางฟิสิกส์มากถึง 50 แนวคิด และนักเรียนหลายคนยังใช้การอธิบายที่ดี เข้าใจง่าย ในการนำเสนอประสบการณ์ของนักเรียน

การเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ช่วยให้นักเรียนระดมความคิดที่มีประสิทธิภาพของนักเรียน

Lee (2015: 137–147) ได้ทำการศึกษาการบูรณาการสำหรับวิชาชีววิทยา เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (BTEM) ที่เพิ่มทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยได้พัฒนาทักษะการเรียนรู้ศตวรรษที่ 21 ในด้านเนื้อหาของประเทศมาเลเซีย โดยทำการวิจัยกับนักเรียนที่มีความถนัดทางชีววิทยา ในการเรียนการสอนจะถูกแบ่งออกเป็น 2 หลักคือ 1. การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 2. การเรียนรู้แบบสืบเสาะ นักเรียนจะได้รับการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ภายใต้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อนำมาแก้ปัญหา ซึ่งแก่นของวิศวกรรมศาสตร์จะสามารถนำมาช่วยแก้ปัญหาได้ การใช้เทคโนโลยีในการเรียนการสอนจะช่วยเพิ่มเติมความต้องการ และคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูล จุดเน้นย้ำการเรียนรู้ศตวรรษที่ 21 ใน BTEM ประกอบด้วย การเขียน และการอ่านในยุคดิจิทัล ความคิดสร้างสรรค์ การติดต่อสื่อสารที่ดี และการได้ผลิตภัณฑ์คุณภาพสูง

Anju (2015: 25–30) ได้จัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มเป็นเวลา 1 วัน สำหรับครูผู้สอน โดยมีจุดประสงค์ในการดำเนินการออกแบบและเตรียมพร้อมต่อการใช้หลักสูตรวิศวกรรมเคมีสำหรับการเรียนการสอนในโรงเรียนมัธยม โดยมีหัวข้อดังนี้ 1. หลักสูตรวิศวกรรมเคมีและการเพิ่มโอกาสในการประกอบอาชีพ 2. การดำเนินงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเขียนไดอะแกรม 3. กฎของการอนุรักษ์มวลและความสมดุลของวัสดุ 4. กิจกรรมปฏิบัติการผลิตไบโอดีเซลผ่านความหลากหลายของประสบการณ์ในการเรียนรู้ กิจกรรมการปฏิบัติงานเป็นกลุ่มและการอภิปรายผล ซึ่งคาดว่าจะผลในระยะยาวของการจัดกิจกรรมนี้ จะช่วยปรับปรุงหลักสูตรในโรงเรียนมัธยม จัดตั้งความสัมพันธ์ระหว่างมหาวิทยาลัยและโรงเรียนเพื่อตอบสนองความต้องการของชุมชนในด้านอุตสาหกรรมและสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้กับครู

จากการตรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาควรที่จะศึกษาความสำคัญของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยมีการจัดกิจกรรมด้วยตนเองก่อนที่จะนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียน ให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติจริง มีการเน้นให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม และวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง โดยงานวิจัยนี้แนะนำแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาใช้เพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยนำเสนอสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันมาให้นักเรียนแก้ปัญหาภายใต้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อนำมาแก้ปัญหา ซึ่งแก่นของวิศวกรรมศาสตร์จะสามารถนำมาช่วยแก้ปัญหาได้ โดยการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

ในการเรียนการสอนจะช่วยเพิ่มเติมความต้องการ ทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. กลุ่มที่ศึกษา
2. แบบแผนในการวิจัย
3. การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล
7. จริยธรรมของการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตพญาไท กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 30 คน ประกอบด้วย ผู้ชาย 11 คน ผู้หญิง 19 คน ซึ่งได้จากการชักตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ในคาบกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนชุมนุมวิทยาศาสตร์เป็นนักเรียนที่มีความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์ มากกว่านักเรียนกลุ่มอื่นจึงเหมาะสมกับการศึกษาวิจัยที่ต้องการนักเรียนที่ให้ความร่วมมือกับงานวิจัยครั้งนี้

ระยะเวลาที่ใช้จัดการเรียนรู้

สำหรับระยะเวลาที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มที่ศึกษา ผู้วิจัยใช้เวลาทั้งสิ้น 1 ภาคการศึกษา ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 11 สัปดาห์ (11 คาบเรียน) จากคาบกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งเป็นปฐมนิเทศและการทำแบบทดสอบก่อนเรียน 1 สัปดาห์ การจัดการเรียนรู้และการทำแบบทดสอบหลังเรียน 9 สัปดาห์ การทำแบบสอบถามความพึงพอใจ 1 สัปดาห์

แบบแผนในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีกลุ่มประชากรเป้าหมายเพียงกลุ่มเดียว และมีรูปแบบแผนของการวิจัยเป็นแบบ one—group pretest—posttest design ซึ่งสามารถแสดงในรูปแบบตารางได้ดังนี้

ตาราง 1 แบบแผนในการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา	สอบก่อน	ตัวแปรอิสระ	สอบหลัง
E	T ₁	X	T ₂

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนวิจัย

E หมายถึง	กลุ่มที่ศึกษา
T ₁ หมายถึง	การทดสอบก่อนเรียน
T ₂ หมายถึง	การทดสอบหลังเรียน
X หมายถึง	การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้มีกระบวนการในการวิจัยแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (classroom action research) โดยได้มีการวางแผนสำหรับการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งจะมีการแก้ไข ปรับปรุง และออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้พัฒนาการเรียนรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษาอีกครั้ง สังเกตและบันทึกปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป จนกว่าจะสิ้นสุดตามแผนที่วางไว้ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1998) พบว่ากระบวนการสำคัญของการวิจัยปฏิบัติการอยู่ในวงจรของปฏิบัติการ คือ การสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเองที่เกิดเป็นวงจรขดลวด ซึ่งเป็นขั้นตอนที่แสดงการแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น ขั้นตอนดังกล่าวซ้อนอยู่กับการวางแผน และการปฏิบัติตามแผน ตามด้วยการสะท้อนผลการปฏิบัติการโดยตรง สำหรับขั้นตอนของการวิจัยมีกระบวนการทำงานที่เป็นวงจรการวิจัยแบบขดลวด (ภาพประกอบ 2) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการวิจัยปฏิบัติการมี 4 ขั้นตอน

1. ขั้นวางแผน (Plan) เป็นการวางแผนหลังจากที่วิเคราะห์ปัญหา กำหนดประเด็นและวิธีการที่จะใช้ในการแก้ปัญหา

2. ขั้นปฏิบัติการ (Act) เป็นการปฏิบัติตามแผนที่กำหนดเอาไว้
3. ขั้นสังเกต (Observe) เป็นการสังเกตผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน
4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect) เป็นการสะท้อนผลหลังจากปฏิบัติงานให้ผู้ที่มีส่วนร่วมได้วิพากษ์วิจารณ์ ซึ่งนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขการปฏิบัติต่อไป



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนของการวิจัยมีกระบวนการทำงานที่เป็นวงจรการวิจัยแบบขดลวด 3 cycle

การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เรื่องที่ 1 เอนไซม์แอมิเลส

เป็นขั้นตอนที่ออกแบบมาเพื่อให้ นักเรียนสามารถหาการทำงานของเอนไซม์แอมิเลส

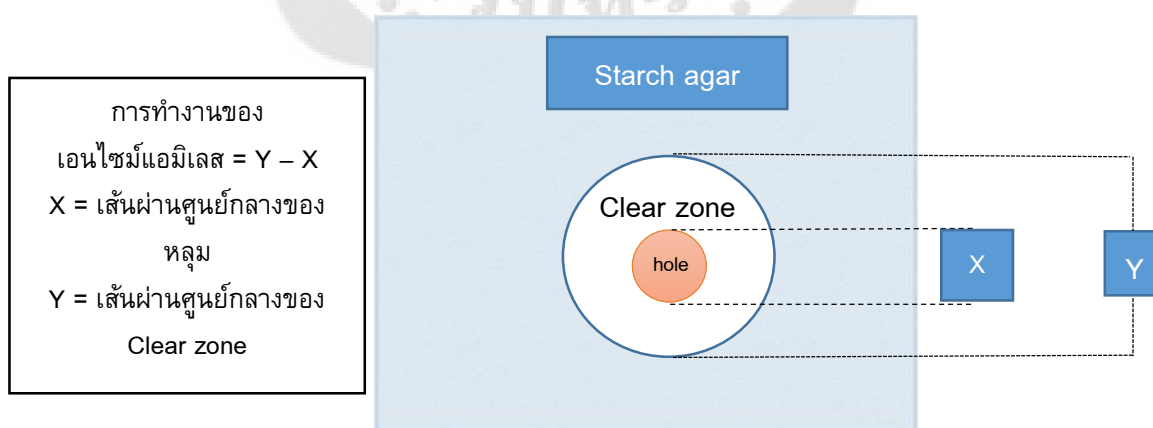
วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี (ต่อ 1 ชุดการทดลอง)

1. โกร่งบดยา

2. ผ้าขาวบาง
3. ที่ทำน้ำแข็ง
4. เครื่องปั่นเหวี่ยง
5. หลอดยาкульท์
6. แป้ง
7. สารละลายไอโอดีน
8. บีกเกอร์ขนาด 100, 250 และ 500 cm³
9. น้ำกลั่น
10. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
11. เทอร์โมมิเตอร์
12. ผงวุ้น

วิธีทดสอบ

เตรียมวุ้นแป้ง โดยการผสมวุ้นกับแป้งในอัตราส่วน 2:1 และน้ำกลั่นปริมาตร 500 cm³ จากนั้นเทลงในที่ทำน้ำแข็ง นำผลไม้จำนวน 100 กรัม สกัดกับน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร และควบคุมอุณหภูมิที่ประมาณ 4 องศาเซลเซียส นำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง เก็บส่วนใส จากนั้นใช้หลอดปากกาในการทำหลุมที่วุ้นแป้ง โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร หยดตัวอย่างที่สกัดจำนวน 100 μ L ลงในหลุมวุ้น โดยใช้หลอดยาкульท์ ทิ้งไว้ 30 นาที หยดสารละลายไอโอดีน บนที่กผล การคำนวณการทำงานของเอนไซม์แอมิเลส (ภาพประกอบ 3)



ภาพประกอบ 3 การคำนวณการทำงานของเอนไซม์แอมิเลส ดัดแปลงจาก Laloknam; et al. (2009)

เรื่องที่ 2 เอนไซม์โพธิเนส

เป็นขั้นตอนที่ออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนสามารถหาการทำงานของเอนไซม์โพธิเนส โดยดัดแปลงมาจาก ภาวิณี คณาสวัสดิ์ และคณะ (2545)

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี (ต่อ 1 ชุดการทดลอง)

1. โกร่งบดยา
2. ผ้าขาวบาง
3. เนื้อหมู
4. เครื่องปั่นเหวี่ยง
5. บีกเกอร์ขนาด 100, 250 และ 500 cm³
6. น้ำกลั่น
7. เทอร์โมมิเตอร์

วิธีทดสอบ

นำผลไม้จำนวน 100 กรัม สกัดกับน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตร และควบคุมอุณหภูมิที่ประมาณ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นหั่นเนื้อหมูให้มีขนาดเท่า ๆ กัน โดยที่ กว้าง × ยาว × สูง = $1.5 \times 1.5 \times 0.7$ นิ้ว นำเนื้อหมูที่หั่นไปทดสอบการย่อยเนื้อในสารสกัดจากผลไม้ต่าง ๆ โดยแช่ไว้ 30 นาที โดยมีน้ำกลั่น (negative control) และเอนไซม์โพธิเนสของบริษัท เอ็นพี เคมีคอล ชัพพลาย (ประเทศไทย) เป็น positive control ต่อมานำเนื้อออกมาไว้ที่งานทำการทดสอบโดยการใช้มือจับแล้วบันทึกผลโดยเปรียบเทียบความนุ่มของเนื้อหมู โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน 6 ระดับ

- 0 หมายความว่า ไม่มีความนุ่ม
- 1 หมายความว่า นุ่มน้อยที่สุด
- 2 หมายความว่า นุ่มน้อย
- 3 หมายความว่า นุ่มปานกลาง
- 4 หมายความว่า นุ่มมาก
- 5 หมายความว่า นุ่มมากที่สุด

สังเกต รวบรวมข้อมูล บันทึกผล และสรุปผล

เรื่องที่ 3 กรดโฟลิก

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. เครื่องวัดความเข้มแสง (OPTIMA SP-300 spectrophotometer, Japan)

2. หลอดทดลองขนาด 20 × 150 mm
3. เครื่องวัด pH
4. เครื่องปั่นเหวี่ยง
5. ขวดปริมาตรขนาด 100, 250 และ 500 cm³
6. บีเปต
7. กระดาษกรอง ขนาด 0.45 ไมโครเมตร
8. อัลฟา-แอมิเลส (SIGMA, USA)
9. กรดแอสคอร์บิก
10. กรดโพลิก (HIMEDIA, India)
11. โพรทีเนส (SIGMA, USA)
12. โพแทสเซียมฟอสเฟต 0.1 โมลาร์ และ 0.05 โมลาร์
13. กรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมลาร์

วิธีทดสอบ

วิธีทดสอบทำตามวิธีการของ Jonathan; et al. (2005) และ Riteshma; et al. (2008) ดังนี้เตรียมผักและผลไม้ที่ต้องการศึกษา ได้แก่ ผักกาด แครอท บล็อกโคลี่ สับปะรด และมะละกอบ้าง 1 กรัม สกัดด้วยบัพเฟอร์ (โพแทสเซียมฟอสเฟต 0.1 โมลาร์, 1% กรดไฮโดรคลอริก, pH 6.1) ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ปรับ pH 4.5 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที เติมน้ำละลายโพรทีเนส 1 มิลลิลิตร บ่ม 3 ชั่วโมงที่ 37°C จากนั้นนำไปต้มในอ่างน้ำที่ 100°C 3 นาที และทำให้เย็น เพื่อทำให้เอนไซม์เสียสภาพ เติมน้ำละลายอัลฟาแอมิเลส 1 มิลลิลิตร บ่ม 2 ชั่วโมง ที่ 37°C จากนั้นนำไปต้มในอ่างน้ำที่ 100°C 3 นาที และทำให้เย็น เพื่อทำให้เอนไซม์เสียสภาพ ต่อมาเตรียมหลอดทดลองขนาด 20 × 150 mm ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นบีเปตตัวอย่างสารสกัด 1 มิลลิลิตร ลงในหลอด (ทำ 3 ซ้ำ) ด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อ เติมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อแล้วลงในหลอดทดลอง หลอดละ 4 มิลลิลิตร ต่อมาบีเปต 5 มิลลิลิตร ของ folic acid-free double strength basal medium ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่ 121°C เป็นเวลา 6 นาที ตามตาราง 12 (ภาคผนวก ข) หลังจากนั้นบีเปตเชื้อแขวนลอย *L. casei* subsp. *rhamnosus* ATCC 7469 อายุ 24 ชั่วโมง 50 ไมโครลิตร และบ่ม 22 ชั่วโมง ที่ 37°C ด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อ นำไปวัดการเจริญ (ความขุ่น) ของ *L. casei* subsp. *rhamnosus* ด้วย spectrophotometer

ที่ความยาวคลื่น 540 nm ข้อมูลที่ได้นำมาเฉลี่ยจากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์
แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง เอนไซม์
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2. ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ

2.1 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์

บทปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์ เป็นบทปฏิบัติการโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยมีขั้นตอนการสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ และหนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังขอคำแนะนำเกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ

2) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และขอบเขตของบทปฏิบัติการเพื่อสร้างบทปฏิบัติการและใบกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วยบทปฏิบัติการย่อยจำนวน 3 บทปฏิบัติการ ได้แก่

บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส

บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง กรดโฟลิก

3) นำบทปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์ ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมและถูกต้องของเนื้อหาและการทดลองเพื่อหาจุดบกพร่อง

4) นำบทปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์ ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ทั้งด้านการใช้ภาษา เนื้อหาสาระ กระบวนการ ไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา จำนวน 9 คน ซึ่งประกอบด้วย กลุ่มผู้เรียนที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับ ดี ปานกลาง และอ่อน กลุ่มละ 3 คน เพื่อปรับปรุงแก้ไขบทปฏิบัติการให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดยสังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ผลงาน และการสอบถาม

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1) เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองคือ เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวเนื่องกับเรื่อง เอนไซม์ ซึ่งจะครอบคลุมเนื้อหา ดังนี้

- เอนไซม์เอมิเลส
- เอนไซม์โปรทีเนส
- กรดโฟลิก

2) การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้แก่

2.1) การศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่เกี่ยวเนื่องในเรื่อง เอนไซม์

2.2) ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้สำหรับเนื้อหา เรื่อง เอนไซม์

2.3) ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับหลักการและวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เอกสารประกอบการเรียนรู้และแบบทดสอบ

2.4) วิเคราะห์สาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เอนไซม์ เพื่อให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาและวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชาชุมนุมวิทยาศาสตร์

2.5) จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาประกอบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เอนไซม์

3. วิธีการหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง เอนไซม์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

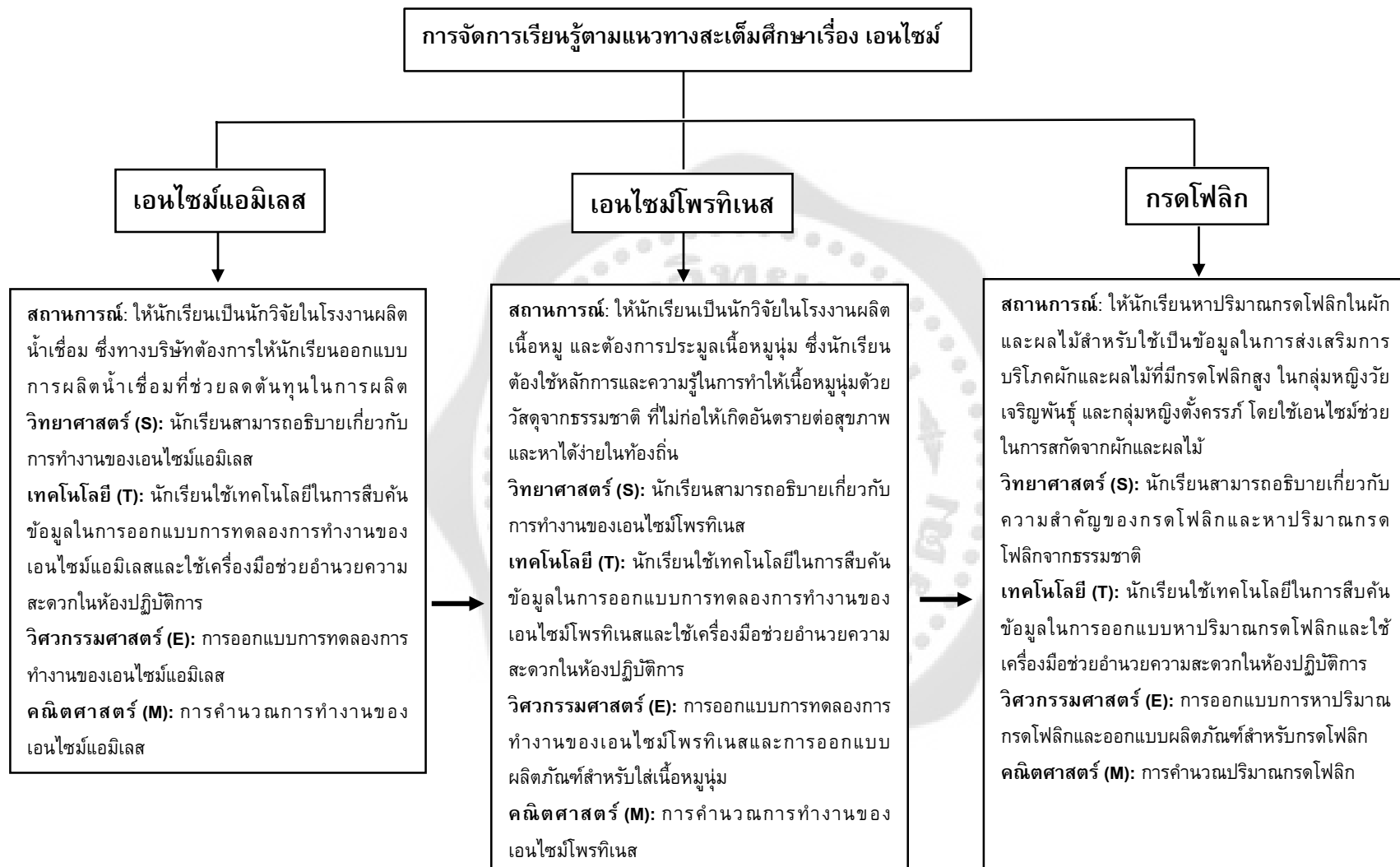
3.1 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางวิทยาศาสตร์ในหัวข้อดังกล่าว 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการศึกษา 2 ท่าน และครูพี่เลี้ยง 1 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อหาจุดบกพร่อง โดยตรวจสอบและประเมินด้วยแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง เอนไซม์ ซึ่งแบบทดสอบจะเป็นแบบทดสอบมาตราประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ แต่ละระดับมีความหมายดังนี้

- ระดับ 5 หมายความว่า มีความเหมาะสมมากที่สุด
- ระดับ 4 หมายความว่า มีความเหมาะสมมาก
- ระดับ 3 หมายความว่า มีความเหมาะสมปานกลาง
- ระดับ 2 หมายความว่า มีความเหมาะสมน้อย
- ระดับ 1 หมายความว่า มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

โดยการสรุปผลจะหาค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านได้ประเมินไว้ ซึ่งผลสรุปที่ได้จะสามารถแปลความหมายได้ดังเกณฑ์ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.51–5.00	หมายความว่า	มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.51–4.50	หมายความว่า	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย	2.51–3.50	หมายความว่า	มีความเหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.51–2.50	หมายความว่า	มีความเหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00–1.50	หมายความว่า	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

3.2 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์ ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขหลังจากตรวจสอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัย



4. ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เอนไซม์

การตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ใช้การทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน โดยมีขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบดังนี้

4.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผล การเขียนข้อสอบ และการสร้างข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์

4.2 ศึกษาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเรื่อง เอนไซม์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์แบ่งพฤติกรรมเป็น 3 ด้าน คือ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4.3 สร้างตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาเรื่อง เอนไซม์

4.4 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ โดยข้อสอบในแต่ละข้อจะสร้างอิงตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากนั้นนำไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา และเลือกข้อสอบ 10 ข้อ ไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา ซึ่งในแต่ละข้อจะมีข้อถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว และสำหรับเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อจะให้โดยหากเลือกคำตอบถูกต้องจะได้รับ 1 คะแนน และหากเลือกคำตอบไม่ถูกต้องจะได้รับ 0 คะแนน ดังนั้นคะแนนเต็มที่สามารถเป็นได้คือ 10 คะแนน

5. วิธีการหาคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เอนไซม์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

5.1 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง เอนไซม์ ให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางวิทยาศาสตร์ในหัวข้อดังกล่าว 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการศึกษา 2 ท่าน และครูพี่เลี้ยง 1 ท่าน ตรวจสอบลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความถูกต้องด้านภาษา เพื่อปรับปรุงแก้ไข โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งเป็นมาตรฐานประมาณค่า 3 ระดับ โดยแต่ละระดับมีความหมาย ดังนี้

ระดับ	+1	หมายความว่า	สอดคล้อง
ระดับ	0	หมายความว่า	ไม่แน่ใจ
ระดับ	-1	หมายความว่า	ไม่สอดคล้อง

5.2 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง เอนไซม์ ที่ได้รับการคัดเลือกและปรับปรุง แก้ไขเรียบร้อยแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยและต้องเคยเรียนเรื่องดังกล่าวมาก่อน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความยากง่าย อำนาจการจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อ

5.3 นำผลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง เอนไซม์ มาตรวจให้คะแนน ตอบถูกต้องได้ 1 คะแนน และตอบไม่ถูกต้องได้ 0 คะแนน จากนั้นนำผลคะแนนที่ได้ในแต่ละข้อไปหาค่าความยากง่าย (p) และอำนาจการจำแนก (r) คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ที่ 0.20–0.80 และอำนาจการจำแนกอยู่ที่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 10 ข้อ

5.4 นำแบบทดสอบที่มีข้อสอบจำนวน 10 ข้อที่ได้คัดเลือกไว้ไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

5.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง เอนไซม์ ที่ได้รับการตรวจสอบคุณภาพแล้วไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยต่อไป

6. ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยเป็นแบบทดสอบลักษณะอัตนัย ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการสร้างดังนี้

6.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

6.2 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยข้อความที่แสดงสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์จะตั้งคำถาม 4 ข้อ เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาใช้ในการแก้ปัญหา ตามขั้นตอนของ Weir (1974: 16–18) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นระบุปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้มากที่สุดภายในขอบเขตข้อเท็จจริงที่กำหนดให้

2) **ขั้นวิเคราะห์ปัญหา** หมายถึง ความสามารถในการระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา โดยพิจารณาจากข้อเท็จจริงของสถานการณ์ที่กำหนดให้

3) **ขั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา** หมายถึง ความสามารถในการวางแผนหรือเสนอแนวทางในการคิดแก้ปัญหาที่ตรงกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้อย่างสมเหตุสมผล

4) **ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์** หมายถึง ความสามารถในการอธิบายได้ว่าผลที่เกิดจากการกำหนดวิธีการคิดแก้ปัญหานั้น สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ ผลที่ได้จะเป็นอย่างไร

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการประเมินเกณฑ์การให้คะแนนที่ผู้วิจัยดัดแปลงมาจาก นาริรัตน์ เรืองจันทร์ (2551: 154–156) โดยแบ่งระดับการให้คะแนนแต่ละข้อเป็น 4 ระดับ คือ 4, 3, 2 และ 1 ซึ่งหมายถึง ดีมาก ดี พอใช้ และปรับปรุง ตามลำดับ

7. วิธีการหาคุณภาพแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

7.1 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางวิทยาศาสตร์ในหัวข้อดังกล่าว 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการศึกษา 2 ท่าน และครูพี่เลี้ยง 1 ท่าน ตรวจสอบลักษณะการใช้คำถาม ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความถูกต้องด้านภาษา เพื่อปรับปรุงแก้ไข โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งเป็นมาตรฐานค่า 3 ระดับโดยแต่ละระดับมีความหมายดังนี้

ระดับ	+1	หมายความว่า	สอดคล้อง
ระดับ	0	หมายความว่า	ไม่แน่ใจ
ระดับ	-1	หมายความว่า	ไม่สอดคล้อง

7.2 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้รับการคัดเลือกและปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา

7.3 นำผลจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มาตรวจให้คะแนน ซึ่งเป็นการประเมินผล โดยอิงเกณฑ์การประเมินที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น โดยแบ่งระดับการให้คะแนนแต่ละข้อเป็น 4 ระดับ คือ 4, 3, 2 และ 1 ซึ่งหมายถึง ดีมาก ดี พอใช้ และปรับปรุง ตามลำดับ

7.4 นำแบบทดสอบที่ได้คัดเลือกไว้ไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ด้วยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) โดยกำหนดให้มีค่าความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 0.50

7.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้รับการตรวจสอบคุณภาพแล้วไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยต่อไป

8. ขั้นตอนในการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้สอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการสร้างดังนี้

8.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

8.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากงานวิจัยของศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2558)

8.3 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้ปรับปรุงจาก ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2558) ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ	5	หมายความว่า	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ระดับ	4	หมายความว่า	มีความพึงพอใจมาก
ระดับ	3	หมายความว่า	มีความพึงพอใจปานกลาง
ระดับ	2	หมายความว่า	มีความพึงพอใจน้อย
ระดับ	1	หมายความว่า	มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

8.4 นำแบบสอบถามความพึงพอใจให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน แบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการศึกษา 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของข้อคำถาม

8.5 นำแบบสอบถามความพึงพอใจมาแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตพญาไท กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 30 คน ซึ่งได้จากการชักตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling)

2. ทดสอบก่อนเรียน (pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน

3. ดำเนินการทดลองโดยผู้วิจัยดำเนินการสอนเองเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ รวม 9 คาบเรียน โดย 1 สัปดาห์ทดสอบก่อนเรียน และสัปดาห์สุดท้ายสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (รวมระยะเวลาเท่ากับ 11 สัปดาห์ 11 คาบเรียน)

4. เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ ทดสอบหลังเรียน (posttest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ชุดเดิม

5. ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละหัวข้อ ด้วยคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี t -test for dependent sample

2. ตรวจสอบค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์ ในแต่ละหัวข้อ ด้วยคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายบุคคล โดยวิเคราะห์ทางสถิติด้วย average normalized gain (Hake. 1998)

3. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการ

จัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง เอนไซม์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละหัวข้อ ด้วยคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี t -test for dependent samples

4. ตรวจสอบความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง เอนไซม์ ด้านเนื้อหาสาระที่ได้รับและและด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยคะแนนที่ได้จากแบบสอบถาม โดยวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการหาค่าเฉลี่ยในแต่ละข้อคำถามและเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจในการจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง เอนไซม์ ซึ่งวิเคราะห์เป็นรายข้อ และใช้เทคนิค 50% ตามสูตร

$$p = \frac{p_H + p_L}{2}$$

$$r = \frac{p_H - p_L}{p_H + p_L}$$

เมื่อ p หมายถึง ค่าความยากง่าย

r หมายถึง ค่าอำนาจในการจำแนก

p_H หมายถึง $\frac{\text{จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถามถูกในกลุ่มสูง}}{\text{จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มสูง}}$

p_L หมายถึง $\frac{\text{จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถามถูกในกลุ่มต่ำ}}{\text{จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ}}$

5.2 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เรื่อง เอนไซม์ วิเคราะห์จากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนแบค

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

เมื่อ	α	หมายถึง ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม
	k	หมายถึง จำนวนข้อสอบ
	S_i^2	หมายถึง ค่าความแปรปรวนของแบบสอบถามแต่ละข้อ
	S_t^2	หมายถึง ค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งชุดแบบสอบถาม

5.3 สถิติที่ใช้การทดสอบสมมติฐาน t -test for dependent samples

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

เมื่อ	t	หมายถึง ค่าที่ใช้พิจารณาการแจกแจงแบบที
	D	หมายถึง ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่
	$\sum D$	หมายถึง ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนรายบุคคลที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
	$\sum D^2$	หมายถึง กำลังสองของผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนรายบุคคลที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
	N	หมายถึง จำนวนนักเรียนทั้งหมด

5.4 ค่าความก้าวหน้า (average normalized gain)

$$\text{Gain percentage } \langle g \rangle = \frac{(\% \text{posttest} - \% \text{pretest})}{100 - \% \text{pretest}}$$

เมื่อ %posttest	หมายถึง สัดส่วนของคะแนนที่ได้ต่อคะแนนทั้งหมดหลังเรียนหรือการเรียนรอบหลัง
%pretest	หมายถึง สัดส่วนของคะแนนที่ได้ต่อคะแนนทั้งหมดก่อนเรียนหรือการเรียนรอบก่อน
ซึ่งมีการแปลความหมายดังนี้	
คะแนน 0.00–0.29	แปลว่า ความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำ

คะแนน 0.30–0.69 แปลว่า ความก้าวหน้าอยู่ในระดับปานกลาง

คะแนน 0.70–1.00 แปลว่า ความก้าวหน้าอยู่ในระดับสูง

จริยธรรมของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยสาขาสังคมศาสตร์ โดยกลุ่มที่ศึกษาเป็นมนุษย์ จำเป็นจะต้องระมัดระวังและมีความละเอียดรอบคอบในการวิจัย เพื่อให้ส่งผลกระทบต่อกลุ่มที่ศึกษาและผู้เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ขออนุญาตเพื่อขอความยินยอมจากผู้อำนวยการโรงเรียนและกลุ่มที่ศึกษาก่อนทำการวิจัยและเก็บข้อมูล ซึ่งจะต้องมีการแจ้งวัตถุประสงค์ในการทำวิจัยครั้งนี้แก่นักเรียนหรือกลุ่มที่ศึกษาทราบก่อน และต้องสงวนชื่อโรงเรียนเป็นนามสมมติ นอกจากนี้ชื่อของผู้ที่อยู่ในกลุ่มที่ศึกษาจะกำหนดเป็นรหัสแทนชื่อด้วย ทั้งในการตีความหมายข้อมูล ทั้งในส่วนของใบบันทึกการเรียนรู้ชั้นงาน ก่อนที่นำมาใช้ในการรายงานผลการวิจัย ทั้งนี้เพื่อมิให้เกิดผลกระทบต่อโรงเรียนและนักเรียนหรือกลุ่มที่ศึกษาที่ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยภายหลังได้



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง เอนไซม์ สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งตามหัวข้อ ดังนี้

1. การทดลองและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
2. การพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง เอนไซม์
3. การตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. การตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหา จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
5. การตรวจสอบความพึงพอใจ จากแบบสอบถามความพึงพอใจ

การทดลองและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองและพัฒนาบทปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ผลการทดลองมาจากกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา จากการนำแนวทางไปใช้กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาสามารถเรียนรู้และทำกิจกรรมได้ผลการทดลองใกล้เคียงกับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา นอกจากนี้พบว่า เมื่อนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทำกิจกรรมการเรียนรู้แล้ว ได้แนวคิดของกระบวนการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถเรียนรู้ถึงปัญหา และแนวทางการแก้ปัญหาภายใต้แนวคิดวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่นำมาประยุกต์ใช้ และมีการออกแบบทางวิศวกรรมเชิงระบบในการทดลอง มีการใช้เทคโนโลยีค้นหาข้อมูลเพิ่มเติม จนได้เป็นผลการทดลองที่เกิดจากการเรียนรู้และสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ทั้งนี้ นักเรียนยังสามารถนำความรู้และกระบวนการที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การบริโภคอาหาร อาหารแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันในการให้ประโยชน์

ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส

ผลการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ตัวอย่างผลไม้จำนวน 5 ชนิด คือ แก้วมังกร มะม่วง มะละกอ สับปะรด และแอปเปิ้ล โดยมีน้ำกลั่นเป็นกลุ่มควบคุม (negative control) และเอนไซม์แอมิเลส (positive control) ตัวอย่างทั้งหมดถูกหาคำถามการทำงานของเอนไซม์แอมิเลสโดยการคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางของ clear zone ตามภาพประกอบ 3 และตาราง 2

ตาราง 2 เส้นผ่านศูนย์กลางของ clear zone ของสารสกัดตัวอย่างแต่ละชนิด

ตัวอย่าง	Clear zone diameter (mm) ($\bar{x} \pm SD$)	% Clear zone
1. น้ำกลั่น (negative control)	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00
2. แก้วมังกร	1.75 $\pm$ 0.10	63.67 $\pm$ 0.15
3. มะม่วง	0.90 $\pm$ 0.12	48.25 $\pm$ 1.52
4. มะละกอ	1.43 $\pm$ 0.21	58.69 $\pm$ 3.67
5. สับปะรด	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00
6. แอปเปิ้ล	0.53 $\pm$ 0.12	34.52 $\pm$ 5.15
7. เอนไซม์แอมิเลส (positive control)	3.03 $\pm$ 0.06	75.20 $\pm$ 0.35

การทดลองที่ 2 เรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส

ผลการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ตัวอย่างผลไม้จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ สับปะรด แคนตาลูป มะละกอ มะเขือเทศ มะนาว และผักกาด โดยมีน้ำกลั่นและเอนไซม์โปรทีเนสเป็นกลุ่มควบคุม จากนั้นหาคำถามการทำงานของเอนไซม์โปรทีเนส โดยการทดสอบกับเนื้อหมูและเปรียบเทียบกับความนุ่ม 6 ระดับ ดังตาราง 3

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยระดับความนุ่มของเนื้อหมูของสารสกัดตัวอย่างแต่ละชนิด

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยระดับความนุ่มของเนื้อหมู ($\bar{x} \pm SD$)
น้ำกลั่น (negative control)	0.00 $\pm$ 0.00
สับปะรด	4.90 $\pm$ 0.32
แคนตาลูป	4.20 $\pm$ 0.42
มะละกอ	2.10 $\pm$ 1.01
มะเขือเทศ	1.90 $\pm$ 0.57
มะนาว	1.10 $\pm$ 0.91
ผักกาดขาว	0.77 $\pm$ 0.99
เอนไซม์โปรทีเนส (positive control)	5.00 $\pm$ 0.00

การทดลองที่ 3 เรื่อง กรดโฟลิก

ผลการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้นำตัวอย่างที่สนใจมาศึกษาจำนวน 5 ตัวอย่าง ได้แก่ แครอท ผักกาด บรอกโคลี สับปะรด และมะละกอ ตัวอย่างทั้งหมดถูกสกัดและวัดค่า pH จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer และเทียบหาปริมาณกรดโฟลิกกับกราฟมาตรฐาน ดังตาราง 4

ตาราง 4 ค่า pH และปริมาณกรดโฟลิกของสารสกัดในแต่ละตัวอย่าง

ตัวอย่าง	pH	ปริมาณกรดโฟลิก (ng/mL)
แครอท	6.50	0.065
ผักกาด	5.60	0.075
บรอกโคลี	6.15	0.100
สับปะรด	4.64	0.000
มะละกอ	4.50	0.000

การพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง เอนไซม์

1. การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์ ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ไปความรู้ และใบกิจกรรม ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญทางวิทยาศาสตร์ 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางการศึกษา 2 ท่าน ในเรื่องของความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยประเมินทั้งหมด 4 ด้าน คือ ด้านความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผน ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล พบว่า ส่วนใหญ่ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในทุกด้านอยู่ในระดับมาก ยกเว้นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 3 ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ในประเด็นกิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน อยู่ในระดับปานกลาง และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ในประเด็นกิจกรรมที่เรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด อยู่ในระดับปานกลาง (ภาคผนวก ข)

ในรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้เชี่ยวชาญได้แนะนำให้แก้ไขภาษาให้มีความเข้าใจมากขึ้น ง่ายต่อการจัดการเรียนรู้ และควรมีการอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับขั้นตอนการทำกิจกรรมให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและเพิ่มเติมเนื้อหาในใบความรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

จากการนำเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ต่าง ๆ ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน ประเมินความสอดคล้อง (IOC) พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เอนไซม์แอมิเลส จำนวน 20 ข้อ หลังผู้เชี่ยวชาญตรวจมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ขึ้นไป จำนวน 14 ข้อ เรื่อง เอนไซม์โพรทีเนส จำนวน 20 ข้อ หลังผู้เชี่ยวชาญตรวจมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ขึ้นไป จำนวน 13 ข้อ และเรื่อง กรดโฟลิก จำนวน 20 ข้อ หลังผู้เชี่ยวชาญตรวจมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ขึ้นไป จำนวน 15 ข้อ (ตาราง 5) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ 3 เรื่อง จำนวนเรื่องละ 3 ข้อหลังผู้เชี่ยวชาญตรวจมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ขึ้นไป จำนวนเรื่องละ 2 ข้อ (ตาราง 6) และแบบสอบถามความพึงพอใจของ

ผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ (ภาคผนวก ข)

2. การนำเครื่องมือวัดผลการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา

ข้อมูลพื้นฐานของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้องเรียนพิเศษคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 35 คน ผู้ชาย 18 ผู้หญิง 17 จากโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร

การทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา

จากการนำเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาพบว่า ผู้เรียนสามารถดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม และเมื่อนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาวิเคราะห์ค่าความยาก—ง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยแบ่งออกเป็น 3 เรื่อง ดังนี้

เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส พบว่า ข้อคำถามที่มีค่าความยาก—ง่าย (p) อยู่ในช่วง 0.20–0.80 มีจำนวน 10 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก (r) มากกว่า 0.20 ขึ้นไป จำนวน 12 ข้อ จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามจำนวน 10 ข้อ ดังตาราง 5 สำหรับนำไปวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนโดยมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.714 (ภาคผนวก ข)

เรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส พบว่า ข้อคำถามที่มีค่าความยาก—ง่าย (p) อยู่ในช่วง 0.20–0.80 มีจำนวน 11 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก (r) มากกว่า 0.20 ขึ้นไป จำนวน 12 ข้อ จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามจำนวน 10 ข้อ ดังตาราง 5 สำหรับนำไปวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนโดยมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.834 (ภาคผนวก ข)

เรื่อง กรดโฟลิก พบว่า ข้อคำถามที่มีค่าความยาก—ง่าย (p) อยู่ในช่วง 0.20–0.80 มีจำนวน 12 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก (r) มากกว่า 0.20 ขึ้นไป จำนวน 11 ข้อ จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามจำนวน 10 ข้อ ดังตาราง 5 สำหรับนำไปวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนโดยมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.534 (ภาคผนวก ข)

ตาราง 5 การนำข้อสอบไปทดลองก่อนกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้	สร้าง (ข้อ)	หลังผู้เชี่ยวชาญตรวจ (ข้อ)	หลังทดลองใช้กับ นักเรียนที่ไม่ใช่ กลุ่มที่ศึกษา (ข้อ)	ใช้จริง (ข้อ)
เอนไซม์แอมิเลส	20	14	10	10
เอนไซม์โปรทีเนส	20	13	10	10
กรดโฟลิก	20	15	10	10

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับพบว่า

เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เท่ากับ 0.755

เรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เท่ากับ 0.622

เรื่อง กรดโฟลิก มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เท่ากับ 0.579

จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามจำนวนเรื่องละ 2 ข้อ ที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจและให้คำแนะนำสำหรับนำไปตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาดังตาราง 6 (ภาคผนวก ข)

ตาราง 6 การนำข้อสอบไปทดลองก่อนกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้	สร้าง (ข้อ)	หลังผู้เชี่ยวชาญตรวจ (ข้อ)	หลังทดลองใช้กับ นักเรียนที่ไม่ใช่ กลุ่มที่ศึกษา (ข้อ)	ใช้จริง (ข้อ)
เอนไซม์แอมิเลส	3	3	2	2
เอนไซม์โปรทีเนส	3	3	2	2
กรดโฟลิก	3	3	2	2

3. การปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ระหว่างทำการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง เอนไซม์ ทางผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาสาระออกเป็น 3 หัวข้อ คือ เอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์โปรทีเนส และกรดโฟลิก โดยมีการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน ดังนี้

—ขั้นก่อนทำกิจกรรม เป็นขั้นที่ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยสร้างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเห็นปัญหาและหาแนวทางแก้ไขจากการบูรณาการความรู้

—ขั้นทำกิจกรรม เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนออกแบบการทดลองจากสถานการณ์ที่กำหนดไว้ข้างต้น โดยการสืบค้นข้อมูลมาก่อน จากนั้นเขียนแผนผังการทดลองและลงมือปฏิบัติการทดลองตามแบบการทดลองที่ออกแบบไว้

—ขั้นนำเสนอและอภิปราย เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนออกมาอภิปรายหน้าชั้นเรียนเมื่อนักเรียนออกแบบการทดลองและปฏิบัติการทดลองเรียบร้อยแล้ว โดยอภิปรายในประเด็นของปัญหาและสมมติฐานการทดลอง การออกแบบการทดลอง อุปสรรคและปัญหาในการทดลอง การนำแนวคิดและความรู้ที่ได้รับไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชนและประเทศชาติ

—ขั้นสรุปและขยายความรู้ ครูสรุปความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา อีกทั้งขยายความรู้นอกเหนือจากความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา

สำหรับการดำเนินการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามรูปแบบของงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (classroom action research) ที่อ้างอิงจากวงจรวิจัยแบบขดลวดหรือ PAOR ของ Kemmis และ McTaggart (1998) กล่าวคือ เมื่อเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ปฏิบัติตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้อย่างละเอียด โดยในขณะที่ทำกิจกรรมและสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน ผู้วิจัยและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ครั้งนั้นได้ร่วมกันตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้และพยายามวิเคราะห์ถึงข้อดี ข้อเสีย รวมถึงปัญหาที่พบขณะทำการจัดการเรียนการสอนเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนการสอนในหัวข้อย่อยถัดไปให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้นจนกระทั่งเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่ดี

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (เอนไซม์แอมิเลส) พบว่านักเรียนสามารถที่จะตอบคำถามเกี่ยวกับความรู้เบื้องต้นของเอนไซม์และรู้ว่าเอนไซม์จะเสียสภาพที่อุณหภูมิสูง นักเรียนหลาย ๆ คน ยังตั้งปัญหาไม่ชัดเจนและไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ แต่นักเรียนบางคนสามารถตั้งปัญหาและมีแนวทางในการแก้ปัญหาได้ดี ทั้งนี้นักเรียนมีปัญหาในการทำกิจกรรมค่อนข้างมาก เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเน้นให้ผู้เรียน

คิดและออกแบบกิจกรรมการปฏิบัติการด้วยตนเอง โดยสามารถที่จะปรึกษาหารือกันได้ในกลุ่ม แต่นักเรียนยังขาดทักษะในการออกแบบในการแก้ปัญหา โดยต้องให้คำแนะนำเป็นอย่างมากและ ปัญหาที่นักเรียนพบคือ อุปสรรคในการทดลอง เช่น ขาดความชำนาญในการใช้เครื่องมือ และการออกแบบการทดลองอาจไม่ตรงตามแผนบ้าง ต้องมีการปรึกษาหารือกับเพื่อนในกลุ่มและเพื่อนในห้องเพื่อให้ได้การทดลองที่ดีที่สุด วิธีแก้ไขคือ ให้คำปรึกษาแนะนำอย่างใกล้ชิดกับนักเรียนในเรื่องของการตั้งปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์รวมถึงการอธิบายและสาธิตการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

เมื่อเข้าสู่แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 (เอนไซม์โพธิเนส) นักเรียนเริ่มมีความพร้อมขึ้น นักเรียนสามารถที่จะตอบคำถามเกี่ยวกับความรู้เบื้องต้นของเอนไซม์และรู้ว่าเอนไซม์จะเสียสภาพที่อุณหภูมิสูง นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตั้งปัญหาของสถานการณ์และแนวทางในการแก้ปัญหาได้ดี และเริ่มมีการเรียนรู้ที่จะดำเนินตามกิจกรรมตามแผนที่วางไว้ สามารถที่จะใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ และการบูรณาการจากศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ คือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีมาแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น และมีข้อสงสัยว่าการดำเนินกิจกรรมนี้ มีขึ้นมาเพื่ออะไร นักเรียนสามารถตอบปัญหาต่าง ๆ ได้ และเริ่มมีการเรียนรู้การทำงานเป็นกลุ่ม เริ่มมีการแบ่งงานกันทำและมีการแสดงความคิดเห็นในกลุ่มตนเองและกลุ่มข้างเคียง แต่ยังขาดความชำนาญในการใช้เครื่องมือในการทำให้น้ำหมึกขนาดตามที่ต้องการ แต่นักเรียนก็พยายามและสามารถทำออกมาได้ การปรับปรุงแก้ไขคือ แนะนำให้นักเรียนรู้ประโยชน์ของการบูรณาการความรู้จากวิชาต่าง ๆ เพื่อมาแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจว่าการทำกิจกรรมนี้สามารถแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

เมื่อเข้าสู่แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 (กรดโฟลิก) พบว่า เรื่อง กรดโฟลิกเป็นเรื่องที่นักเรียนไม่รู้จักมาก่อน แต่เมื่อนักเรียนได้อ่านใบความรู้และสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้นและรู้ว่าเรื่อง กรดโฟลิกเป็นเรื่องที่ใกล้ตัว แต่การทำกิจกรรมในเรื่องนี้มีความแตกต่างจากเรื่องในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 เนื่องจากต้องมีการบูรณาการสาขาวิชาจุลชีววิทยาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย แต่นักเรียนก็สามารถที่จะเรียนรู้และทำกิจกรรมตามแผนที่กำหนดไว้ได้ ทั้งยังสามารถเชื่อมโยงถึงกิจกรรมที่ผ่านมาว่าเอนไซม์แอมิเลสและเอนไซม์โพธิเนสสามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมนี้ได้ นักเรียนสามารถตั้งปัญหาและหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์

ดังนั้น จากข้อมูลการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว เป็นการปรับปรุงกิจกรรมระหว่างทำการวิจัยและหลังจากจบการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ให้ดีขึ้นและเหมาะสมกับนักเรียนมากขึ้น ดังตาราง 7

ตาราง 7 การปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ	วิธีการแก้ปัญหา
เอนไซม์แอมิเลส	การตั้งปัญหาเพื่อแก้ไขสถานการณ์ที่กำหนดไม่ชัดเจนและไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และการทำกิจกรรม	ให้คำปรึกษาแนะนำนักเรียนและให้นักเรียนสามารถปรึกษากันภายในกลุ่มและภายในชั้นเรียนได้
	ขาดความชำนาญในการใช้เครื่องมือ และการออกแบบการทดลองอาจไม่ตรงตามแผนบ้าง	ให้คำปรึกษาแนะนำอย่างใกล้ชิดรวมถึงอธิบายและสาธิตการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง
เอนไซม์โปรทีเนส	นักเรียนมีข้อสงสัยว่าการดำเนินกิจกรรมนี้มีขึ้นมาเพื่ออะไร และขาดความชำนาญในการใช้เครื่องมือในการทำให้น้ำหมึกขนาดตามที่ต้องการ	แนะนำให้นักเรียนรู้ประโยชน์ของการบูรณาการความรู้จากวิชาต่าง ๆ เพื่อมาแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจว่าการทำกิจกรรมนี้สามารถแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้
กรดโฟลิก	พบว่าเรื่องกรดโฟลิกเป็นเรื่องที่นักเรียนไม่รู้จักมาก่อน และมีการบูรณาการสาขาวิชาจุลชีววิทยาเข้ามาเกี่ยวข้อง	แนะนำนักเรียนอ่านใบความรู้และสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำ

การตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มที่ศึกษา

ในการศึกษาโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ในหัวข้อเรื่อง เอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์โพรทีเนส และกรดโฟลิก โดยกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนพิเศษคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 30 คน จากโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร มีครูผู้สอนทั้งหมด 112 คน เป็นครูวิทยาศาสตร์จำนวน 24 คน มีนักเรียนทั้งหมด 3,001 คน จำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 1,478 คน และระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 1,523 คน สำหรับจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 507 คน ประกอบด้วย 15 ห้องเรียน แบ่งเป็น แผนกสายวิทยาศาสตร์จำนวน 7 ห้องเรียน แผนกสายศิลป์จำนวน 6 ห้องเรียน และแผนกโปรแกรมภาษาอังกฤษ 2 ห้องเรียน สำหรับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาซึ่งได้มาด้วยวิธีการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง (purposive sampling) เป็นนักเรียนโปรแกรมพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่ทางโรงเรียนจัดหลักสูตรส่งเสริมความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ โดยมีคาบชุมนุมวิทยาศาสตร์ 1 คาบ/สัปดาห์ คำอธิบายรายวิชาจะเน้นความสำคัญในการพัฒนาผู้เรียนด้านความถนัดและความสนใจ มุ่งเน้นเติมเต็มความรู้ความชำนาญ และประสบการณ์ของผู้เรียนให้กว้างขวางยิ่งขึ้น เพื่อการค้นพบความถนัดของตนเอง และพัฒนาให้เต็มศักยภาพ ตลอดจนการพัฒนาทักษะทางสังคมและปลูกจิตสำนึกของการทำประโยชน์เพื่อสังคม นักเรียนทั้งหมดมีอายุอยู่ในช่วง 16–17 ปี เป็นนักเรียนชาย 11 คน นักเรียนหญิง 19 คน ซึ่งมีความสามารถในการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี และเป็นห้องที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอนคาบชุมนุมวิทยาศาสตร์ ซึ่งสะดวกต่อการทำวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

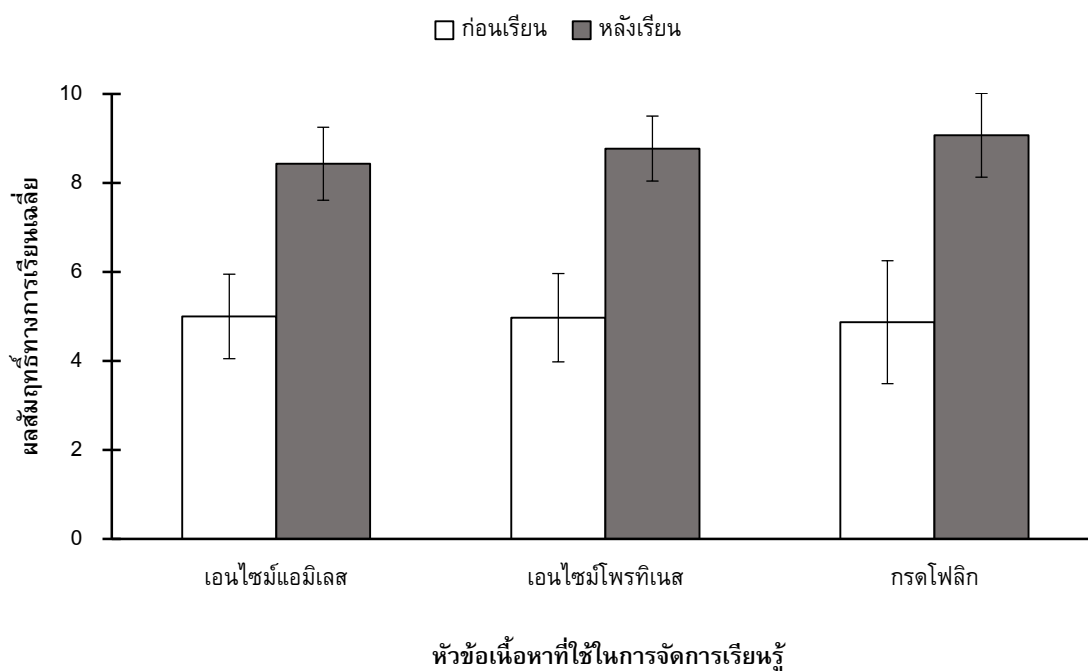
2. ผลการศึกษาของกลุ่มที่ศึกษา

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์จากการได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในรายวิชาชุมนุมวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

2.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ศึกษา

จากการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่าคะแนนจากการทำ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส เท่ากับ 5.00 ± 0.947 เรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส เท่ากับ 4.97 ± 0.999 และเรื่องกรดโฟลิก เท่ากับ 4.87 ± 1.383 และหลังเรียนคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส เท่ากับ 8.43 ± 0.817 เรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส เท่ากับ 8.77 ± 0.728 และเรื่อง กรดโฟลิก เท่ากับ 9.07 ± 0.944 (ภาพประกอบ 4) เมื่อนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ศึกษามาวิเคราะห์ค่าที่แบบกลุ่มที่ศึกษาไม่เป็นอิสระต่อกัน พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส $t = -19.358$ เรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส $t = -14.617$ เรื่อง กรดโฟลิก $t = -15.888$ และ $p < 0.05$) เมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตาราง 8



ภาพประกอบ 4 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ศึกษา

ตาราง 8 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ค่าทางสถิติ t -test for dependent samples

N = 30

แผนการจัดการเรียนรู้	แบบทดสอบ	คะแนน ¹ $\bar{x} \pm SD$	ร้อยละของ คะแนน	t	p
แผนที่ 1 เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส	ก่อนเรียน	5.00 $\pm$ 0.95	50.00	-19.36*	0.00
	หลังเรียน	8.43 $\pm$ 0.82	84.30		
แผนที่ 2 เรื่อง เอนไซม์โพธิเนส	ก่อนเรียน	4.97 $\pm$ 0.99	49.70	-14.62*	0.00
	หลังเรียน	8.77 $\pm$ 0.73	87.70		
แผนที่ 3 เรื่อง กรดโฟลิก	ก่อนเรียน	4.87 $\pm$ 1.38	48.70	-15.89*	0.00
	หลังเรียน	9.07 $\pm$ 0.94	90.70		

¹คะแนนที่แสดงในตารางคือ $\bar{x} \pm SD$ มีคะแนนเต็ม 10 คะแนน

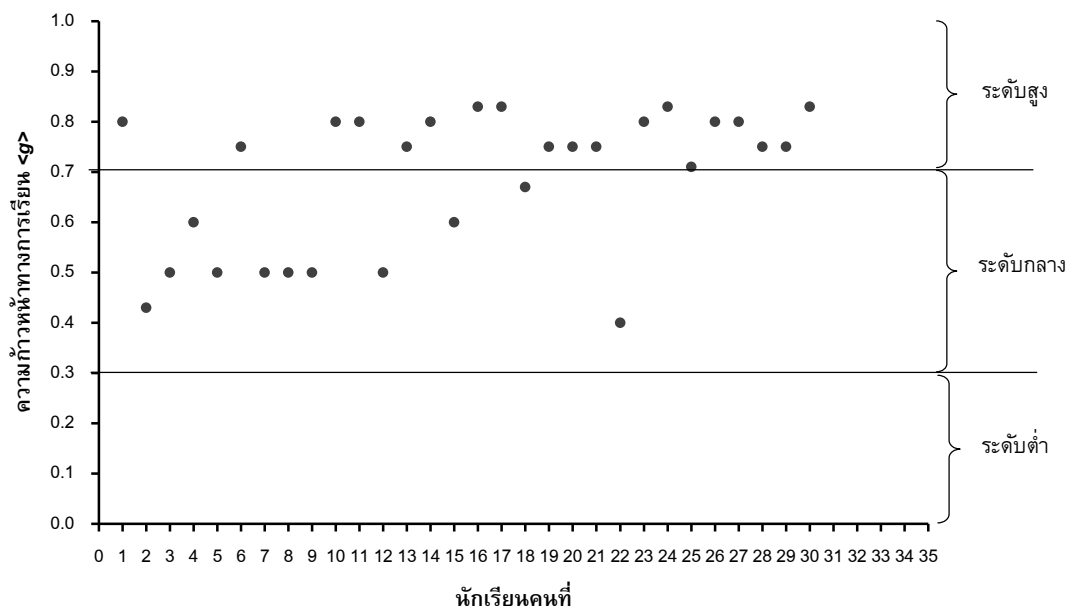
*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้นำคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคนมาหาค่าความก้าวหน้าทางการเรียน (average normalized gain) ตามสูตรของ Hake (1998) โดยรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข

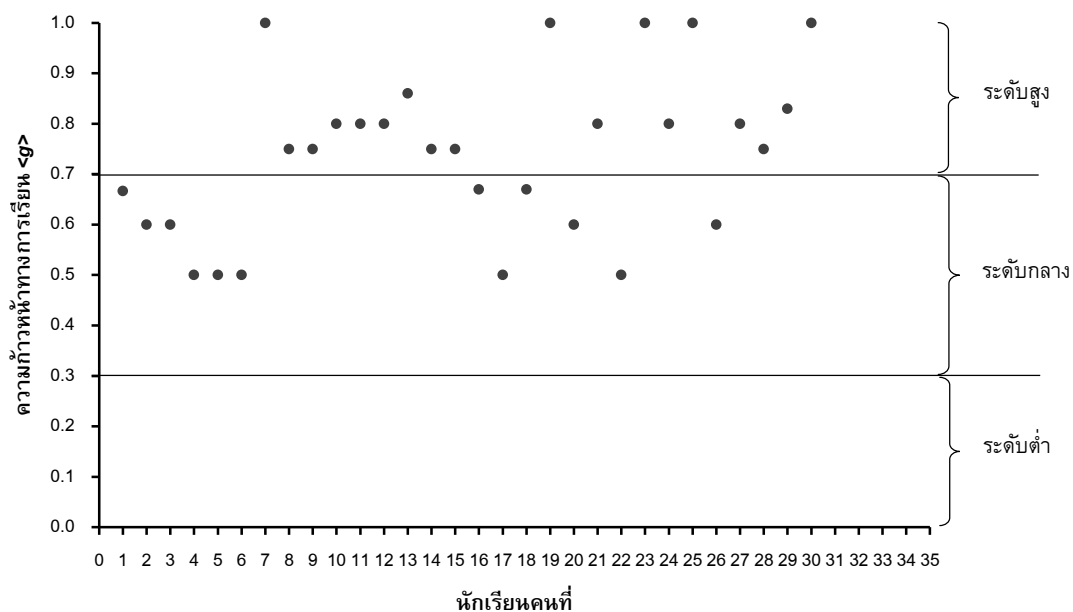
2.2 ผลการเปรียบเทียบค่าความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่ศึกษา

เมื่อจำแนกนักเรียนตามค่าความก้าวหน้าทางการเรียน ออกเป็นระดับสูง (0.00–0.29) ระดับกลาง (0.30–0.69) และระดับต่ำ (0.70–1.00) พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส มีจำนวนนักเรียนระดับสูง และระดับกลาง เท่ากับ 19 คน และ 11 คน ตามลำดับ โดยมีค่าก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 0.686 (ภาพประกอบ 5) ซึ่งต่อมาในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เอนไซม์โพธิเนส มีจำนวนนักเรียนระดับสูง และระดับกลาง เท่ากับ 18 คน และ 12 คน ตามลำดับ โดยมีค่าก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 0.738 (ภาพประกอบ 6) ส่วนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องกรดโฟลิก มีจำนวนนักเรียนระดับสูง และระดับกลาง เท่ากับ

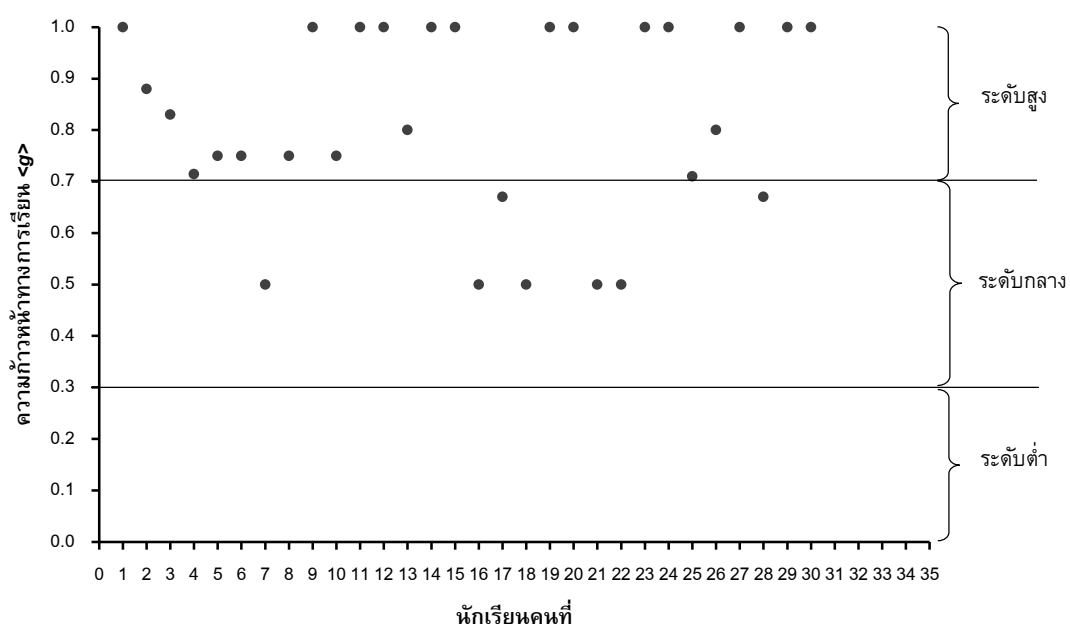
23 คน และ 7 คน ตามลำดับ โดยมีค่าก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 0.819 ดังตาราง 9 (ภาพประกอบ 7)



ภาพประกอบ 5 ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในหัวข้อ เรื่อง เอนไซม์เอมิเลส



ภาพประกอบ 6 ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในหัวข้อ เรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส



ภาพประกอบ 7 ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในหัวข้อเรื่อง กรดโฟลิก

ตาราง 9 การจำแนกกลุ่มนักเรียนตามค่าความก้าวหน้าทางการเรียน และการหาค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

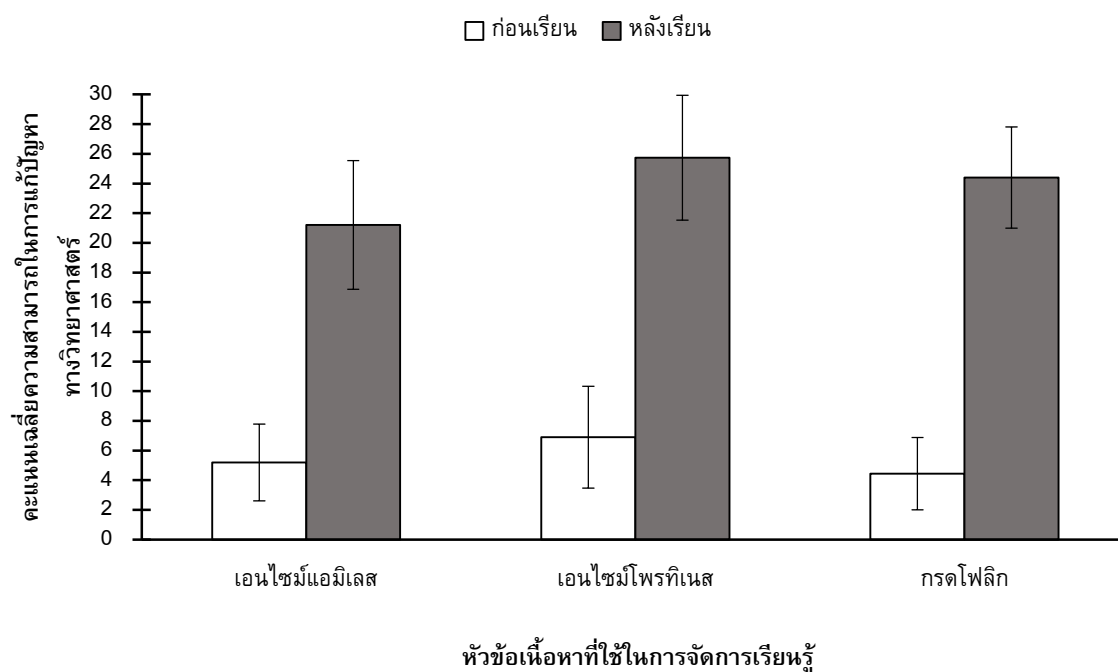
แผนการจัด การเรียนรู้	จำนวน นักเรียน	จำนวนนักเรียน (คน)			ค่าความก้าวหน้า $\bar{x} \pm SD$
		ระดับสูง	ระดับกลาง	ระดับต่ำ	
แผนที่ 1	30	19	11	0	0.686 ± 0.141
แผนที่ 2	30	18	12	0	0.738 ± 0.162
แผนที่ 3	30	23	7	0	0.819 ± 0.188

การตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหา จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ผลการศึกษาของกลุ่มที่ศึกษา

การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จากการได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในรายวิชาชุมนุมวิทยาศาสตร์ โดยมีหัวข้อเกี่ยวกับเอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์โปรทีเนส และกรดโฟลิก ไปใช้ในกลุ่มที่ศึกษาซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยได้ทำการตรวจสอบความรู้เดิมของกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มแล้วจึงทดสอบหลังเรียนอีกครั้งเพื่อนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยค่าทางสถิติ t -test for dependent samples ที่ $p = 0.05$

จากการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส เท่ากับ 5.20 ± 2.59 เรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส เท่ากับ 6.90 ± 3.44 และเรื่อง กรดโฟลิก เท่ากับ 4.44 ± 2.44 ส่วนผลคะแนนหลังเรียน คะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส เท่ากับ 21.20 ± 4.33 เรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส เท่ากับ 25.73 ± 4.21 และเรื่อง กรดโฟลิก เท่ากับ 24.40 ± 3.40 (ภาพประกอบ 8) จากนั้นนำคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน พบว่าคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส $t = -19.015$ เรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส $t = -19.234$ เรื่อง กรดโฟลิก $t = -26.206$ และ $p = 0.05$) เมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้พบว่าทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ดังตาราง 10



ภาพประกอบ 8 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังในหัวข้อเรื่อง เอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์โปรทีเนส และกรดโพลิก

ตาราง 10 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้ค่าทางสถิติ t -test for dependent samples

N = 30					
แผนการจัดการเรียนรู้	แบบทดสอบ	คะแนน ¹ $\bar{x} \pm SD$	ร้อยละของคะแนน	t	p
แผนที่ 1 เอนไซม์แอมิเลส	ก่อนเรียน	5.20 ± 2.59	16.25	-19.02*	0.000
	หลังเรียน	21.20 ± 4.33	66.25		
แผนที่ 2 เอนไซม์โปรทีเนส	ก่อนเรียน	6.90 ± 3.44	21.56	-19.23*	0.000
	หลังเรียน	25.73 ± 4.21	80.41		
แผนที่ 3 กรดโพลิก	ก่อนเรียน	4.44 ± 2.44	13.88	-26.21*	0.000
	หลังเรียน	24.40 ± 3.40	76.25		

¹คะแนนที่แสดงในตารางคือ $\bar{x} \pm SD$ มีคะแนนเต็ม 32 คะแนน

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การตรวจสอบความพึงพอใจ จากแบบสอบถามความพึงพอใจ

จากการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่าผู้เรียนมีระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก ดังตาราง 11

จากการตรวจสอบความพึงพอใจดังแสดงในตาราง 11 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อเนื้อหาสาระที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้ในทุก ๆ แผนการจัดการเรียนการสอนในระดับมาก ซึ่งส่งผลให้ภาพรวมนักเรียนจึงมีความพึงพอใจต่อเนื้อหาสาระที่ได้จากกิจกรรมการเรียนการสอนในระดับมากเช่นกัน ส่วนความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในด้านต่าง ๆ ส่วนมากนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก และภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก

ตาราง 11 การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

หัวข้อพิจารณา	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
ด้านเนื้อหา		
1. การนำเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกันทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น	4.57 ± 0.57	มาก
2. เนื้อหาที่เรียนสอดคล้องกับชีวิตจริง	4.43 ± 0.63	มาก
3. เนื้อหาช่วยให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการประกอบอาชีพในอนาคต	4.57 ± 0.57	มาก
4. ความรู้ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้	4.43 ± 0.57	มาก
5. ภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้	4.53 ± 0.63	มาก
ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน		
1. กิจกรรมการเรียนการสอนมีความน่าสนใจ	4.57 ± 0.63	มาก
2. กิจกรรมการเรียนการสอนมีระยะเวลาที่เหมาะสม	4.67 ± 0.58	มาก

ตาราง 11 การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษา (ต่อ)

หัวข้อพิจารณา	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
4. กิจกรรมการเรียนการสอนเหมาะสมกับจำนวนนักเรียน	4.67 ± 0.48	มาก
5. กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ทำการเรียนรู้เป็นกลุ่ม	4.33 ± 0.61	มาก
6. กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ทำการเรียนรู้เป็นกลุ่ม	4.57 ± 0.57	มาก
7. กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้รับความรู้จากการแก้ปัญหา และบูรณาการเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์	4.57 ± 0.57	มาก
8. ภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนการสอนในลักษณะนี้ (มีการนำเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกัน)	4.83 ± 3.78	มาก

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง เอนไซม์ และศึกษาผลลัพธ์ที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ ทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยสรุปผลการศึกษา ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลการวิจัยตามความมุ่งหมาย ดังต่อไปนี้

1. การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ทุกแผนหลังจากได้รับการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า มีความสอดคล้องในทุก ๆ ด้าน รวมถึงมีเหมาะสมอยู่ในระดับมากขึ้นไป ดังนั้นแผนการจัดการเรียนรู้จึงมีคุณภาพและเหมาะสมต่อการนำไปใช้

1.2 แนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่ดี

การนำเสนอสถานการณ์ที่สร้างขึ้นในชีวิตประจำวันมาให้นักเรียนได้รู้จักเรียนรู้และแก้ไขปัญหาภายใต้การบูรณาการความรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เพื่อตอบโจทย์ของปัญหาที่เกิดขึ้น และได้เทคโนโลยีมาใช้ในการแก้ปัญหานั้น ๆ ทำให้นักเรียนมีความสนใจที่จะเรียนรู้อย่างยิ่งขึ้นมากยิ่งขึ้น

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

2.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังเรียน

หลังจากนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นกลุ่มที่ศึกษา และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกัน ($p < .05$) โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.2 การหาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน

นอกจากการนำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบกันแล้ว ผู้วิจัยได้หาค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยของทั้งกลุ่มที่ศึกษาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบแนวโน้มความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน พบว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ตามลำดับ

3. การตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

หลังจากนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องเอนไซม์ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นกลุ่มที่ศึกษา และตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

อภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์

แผนการจัดการเรียนรู้และแนวทางในการจัดการเรียนรู้

จากการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาซึ่งประกอบด้วย 3 เรื่อง คือ เอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์โปรทีเนส และกรดโฟลิก สำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ประกอบกับการศึกษาเนื้อหาสาระเพิ่มเติมในเรื่องเอนไซม์แอมิเลส โปรทีเนส และกรดโฟลิก ซึ่งเป็นเนื้อหาที่เพิ่มเติมขึ้นมาจากหลักสูตร และการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี หรือ STEM

ก่อนการจัดการเรียนรู้ทดสอบก่อนเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบให้ความสำคัญที่ข้อมูลพื้นฐานของเอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์โปรทีเนส และกรดโฟลิก และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 6 คน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกสำหรับให้ข้อมูลบางอย่างเพื่อให้นักเรียนสร้างความคิดขึ้นมา ในขั้นแรกจะ

กระตุ้นนักเรียนโดยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและเป็นเรื่องใกล้ตัวของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ตั้งปัญหาและแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จากนั้นนักเรียนออกแบบการทดลองหรือการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เชิงระบบในการแก้ปัญหาโดยการออกแบบกระบวนการที่ใช้ จากนั้นออกแบบการเลือกใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือที่อยู่ในห้องปฏิบัติการในโรงเรียนหรืออุปกรณ์ที่นักเรียนเห็นได้ทั่วไปและสามารถนำมาใช้ในการทดลองได้ ออกแบบการเลือกใช้สารเคมี และกำหนดปริมาณสาร ทั้งนี้ นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมภายหลังการออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลองภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดตามที่ได้ออกแบบไว้เพื่อให้เกิดระบบการทำงานที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีคณิตศาสตร์เป็นตัวแทน (สุธีระ ประเสริฐสรรพ. 2558) หลังจากสิ้นสุดการทดลองให้นักเรียนมาอภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองร่วมกัน รวมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลอง และสุดท้ายทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาครั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการคิด ทักษะการเรียนรู้และทักษะความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ และการพัฒนาการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษา ที่กำหนดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ออกแบบกิจกรรมที่สามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่พบเห็นในชีวิตจริง ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และปฏิบัติตามการออกแบบนั้น โดยการกำหนดจุดประสงค์ที่ให้นักเรียนสามารถทำได้จริง และสอดคล้องกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน รวมทั้งครูผู้สอนสามารถสอนและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้ (Reeve. 2013; Lantz. 2009) นอกจากนี้เมื่อนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้และนำมาปรับปรุงแก้ไขในจุดที่บกพร่อง ส่งผลให้สามารถนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้และมีประสิทธิภาพ

จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เอนไซม์แอมิเลส ที่สร้างสถานการณ์ให้นักเรียนได้หาการทำงานของเอนไซม์แอมิเลส ซึ่งได้ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Laloknam; et al. (2009) ศึกษาหาการทำงานของเอนไซม์แอมิเลสจากผักและผลไม้โดยใช้ทฤษฎีการสร้างความรู้บ่งชี้ว่านักเรียนสามารถสร้างแนวคิดและอธิบายคุณสมบัติของเอนไซม์แอมิเลส สามารถประยุกต์กับตัวอย่างได้หลากหลายโดยใช้รูปแบบของการปฏิบัติการนี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้เกี่ยวกับเอนไซม์แอมิเลสและยังเสริมทักษะความสามารถในการแก้ปัญหา จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เอนไซม์โพทิเนส สร้างสถานการณ์ให้นักเรียนใช้การออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์มาแก้ไขปัญหา โดยการออกแบบการทดลองซึ่งในเรื่องนี้นักเรียนได้แนวทางการออกแบบการทดลองและการบูรณาการจากวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จนเกิดเป็นเทคโนโลยีที่แก้ไขปัญหาสถานการณ์และทักษะ

ความสามารถในการแก้ปัญหาจากเรื่องแรก ทำให้นักเรียนมีความชำนาญมากขึ้น อีกทั้งนักเรียนยังนำวัสดุและอุปกรณ์บางอย่างที่หาซื้อได้ง่ายและมีราคาถูกมาใช้ทดลองและนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและสร้างความรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนเกิดการพัฒนาอย่างเต็มศักยภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nwagbo; & Chukelu (2011) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมปฏิบัติการในรายวิชาชีววิทยาพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการทั้งด้านเนื้อหาสาระและทักษะกระบวนการดีขึ้น

จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กรดโฟลิก เรื่องสุดท้ายเป็นเรื่องที่ยากแต่นักเรียนได้แนวทางจากเรื่องที่ 1 และ 2 มาแล้ว ในเรื่อง กรดโฟลิกผู้วิจัยได้ดัดแปลงบางส่วนจากงานวิจัยของ Jonathan et al. (2005) และ Riteshma et al. (2008) โดยมีการบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในเรื่อง เคมี ชีววิทยา และจุลชีววิทยา แม้ว่าจะยากกว่าในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 แต่จากการสังเกตพบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้โดยเฉพาะในเรื่องจุลชีววิทยาที่ในโรงเรียนไม่ได้มีการจัดการเรียนการสอนโดยตรง

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการวิเคราะห์คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์โพรทีเนส และกรดโฟลิก พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเป็น 5.00 ± 0.95 , 4.97 ± 0.99 และ 4.87 ± 1.38 ตามลำดับ และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเป็น 8.43 ± 0.82 , 8.77 ± 0.73 และ 9.07 ± 0.94 ตามลำดับ คิดเป็นความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเป็น 0.69 ± 0.14 , 0.74 ± 0.16 และ 0.82 ± 0.19 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับ “ความก้าวหน้าสูง” ในเรื่อง เอนไซม์โพรทีเนสและกรดโฟลิก และอยู่ในระดับ “ความก้าวหน้าปานกลาง” ในเรื่อง เอนไซม์แอมิเลสทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนบางส่วนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนอยู่บ้างเพราะเป็นเนื้อหาที่ต่อยอดขึ้นมาจากในบทเรียนซึ่งจำเป็นต้องมีการสืบค้นข้อมูลบ้าง และจากการตรวจสอบความก้าวหน้ารายบุคคลเรื่องเอนไซม์แอมิเลส คะแนนจะเกาะกลุ่มอยู่ที่ความก้าวหน้าเฉลี่ยทางการเรียน 0.69 (ภาพประกอบ 6) เมื่อเข้าสู่เรื่อง เอนไซม์โพรทีเนสซึ่งเป็นเรื่องที่ 2 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยของแต่ละบุคคลจะอยู่กระจายกัน (ภาพประกอบ 7) และนักเรียนส่วนใหญ่มีค่าความก้าวหน้าที่สูงขึ้นกว่าเรื่อง เอนไซม์แอมิเลส และเมื่อเข้าสู่เรื่องที่ 3 เรื่อง กรดโฟลิก คะแนนจะเกาะกลุ่มอยู่ที่ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ย 0.82 (ภาพประกอบ 8) ซึ่งสูงขึ้นกว่าเรื่องที่ 1 และ 2 แสดงว่านักเรียนมีการพัฒนาที่ดีขึ้น มีความคิดเชิงระบบดีขึ้นและสามารถถ่ายโอนความรู้ ความคิดไปยังเรื่องต่อไปได้ดี และจากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังเรียน พบว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p < .05$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ จากคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน พบว่า ในทุกเรื่องมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน

ใกล้เคียงกัน (คะแนนอยู่ระหว่างร้อยละ 48.70 – 50.00) และมีคะแนนหลังเรียนมากกว่าร้อยละ 80 ในทุกเรื่องเนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการความรู้ของ กระบวนการ 4 สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ มาเชื่อมโยง กัน ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาและสถานการณ์ต่าง ๆ รอบตัว (สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์. 2548) สามารถกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความคิดและตระหนักถึงการเชื่อมโยงระหว่างสาขาวิชา สามารถนำ ความรู้และประสบการณ์ที่ได้มาจัดระเบียบและสร้างเป็นความรู้ใหม่ของตนเอง ทำให้เกิดการเรียนรู้ ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น (พูนสุข อุดม. 2546) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นและมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ด้วย (พลศักดิ์ แสงพรหมศรี. 2558) และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sahin (2015) พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้น่าขึ้นเมื่อใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2558) ได้พัฒนาหลักสูตรตามแนวทาง สะเต็มศึกษาโดยมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ซึ่งทำให้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนหลังทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนทดลองใช้หลักสูตร ($p < .01$) และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์คะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์โปรทีเนส และกรดโฟลิกที่มีคะแนนเต็ม 32 คะแนน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเป็น 5.20 ± 2.59 , 6.90 ± 3.44 และ 4.44 ± 2.44 ตามลำดับ และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเป็น 21.20 ± 4.33 , 25.73 ± 4.21 และ 24.40 ± 3.40 ตามลำดับ จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนต่ำกว่าร้อยละ 25 ในทุกเรื่องซึ่งเป็นไปได้ว่าก่อนเรียนนักเรียน ยังไม่มีทักษะความสามารถในการแก้ปัญหามาก่อน และจากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เรื่อง เอนไซม์แอมิเลสมีค่าต่ำสุด คือร้อยละ 66.25 ทั้งนี้เนื่องจากเรื่อง เอนไซม์แอมิเลสเป็นเรื่องที่ใช้ ในการจัดการเรียนรู้เป็นเรื่องแรกนักเรียนบางส่วนอาจจะยังไม่เกิดความชำนาญในทักษะ ความสามารถในการแก้ปัญหา ส่วนเรื่อง เอนไซม์โปรทีเนสและกรดโฟลิกมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 80.41 และ 76.25 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความชำนาญในทักษะความสามารถใน การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น แต่เรื่อง กรดโฟลิกมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าเรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส ทั้งนี้เนื่องมาจากเรื่อง กรดโฟลิกเป็นเรื่องที่ยากและขั้นตอนของการทดลอง ซับซ้อนมากกว่า จากการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อน เรียนกับหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษา พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีความสามารถในการ

แก้ปัญหาวทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานซึ่งมีเหตุผลดังนี้

ความสามารถในการแก้ปัญหาวทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นวิเคราะห์ปัญหา ขั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหาว และขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยสถานการณ์ที่กำหนดให้เป็นสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ให้นักเรียนฝึกการคิดในการแก้ปัญหาว โดยการใช้การบูรณาการสาขาวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เกิดเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาว โดยมีพื้นฐานมาจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนคิดเป็นรายบุคคล และคิดเป็นกลุ่ม โดยให้นักเรียนได้ทดลองคิดออกแบบ วางแผนแก้ปัญหาวได้ด้วยตนเองก่อน แล้วจึงนำไปอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่ม ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่เกิดจากความคิดมีความหลากหลาย มีเหตุผล และมีความคิดอย่างเป็นระบบ เมื่อนักเรียนเกิดปัญหาวจะพยายามหาเหตุผลจากหลักการหลาย ๆ อย่าง เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาว ก็จะทำให้เกิดการค้นคว้า การรวบรวมข้อมูล และพิจารณาในการประกอบการตัดสินใจ ซึ่งถือว่าเป็นทักษะที่สำคัญของการสอนที่พัฒนากระบวนการคิด (Ennis. 1993) และการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตัวเอง มีการวางแผน การออกแบบเพื่อนำมาแก้ปัญหาว การสรุปความคิดผ่านการระดมสมอง การอภิปรายและการทำงานร่วมกับผู้อื่น เมื่อเผชิญกับปัญหาวที่ท้าทายและไม่สามารถแก้ปัญหาวได้ด้วยตนเอง เมื่อได้รับคำแนะนำหรือความช่วยเหลือจากเพื่อนที่มีประสบการณ์มากกว่าจะทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาวและเกิดการเรียนรู้ขึ้นได้ (Vygotsky. 1978)

หลังจากการจัดการเรียนรู้ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาวทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น โดยสังเกตจากการตอบคำถาม การเขียนตอบคำถามในใบกิจกรรมและการตรวจแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาวทางวิทยาศาสตร์ในการระบุปัญหา ขั้นวิเคราะห์ปัญหา ขั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหาว และขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์ เพิ่มขึ้น ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการมุ่งเน้นเพื่อเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการประกอบอาชีพที่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาวทางวิทยาศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหาวที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และสามารถประกอบอาชีพได้เป็นอย่างดี (Catherine. 2012) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee (2015) ที่ศึกษาการบูรณาการชีววิทยาเข้ากับ STEM หรือ BTEM ที่เพิ่มทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยนักเรียนสามารถแก้ปัญหาวที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง โดยการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์จะช่วยให้ นักเรียนสามารถแก้ปัญหาวได้ ส่วนการใช้เทคโนโลยีจะช่วยให้ นักเรียน

ได้ข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มเติมตามความต้องการ และคณิตศาสตร์ใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล การออกแบบและการนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์มาบูรณาการร่วมกันจึงจะสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจึงฝึกทักษะการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการสืบเสาะควบคู่ไปกับการสอนเนื้อหา (Kendrick. 2012) โดยมีกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้เกิดการบูรณาการเนื้อหาของ 4 รายวิชาเข้าด้วยกัน ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในสถานการณ์จริง

จากการสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก เนื่องจากนักเรียนได้บูรณาการความรู้เพื่อที่จะนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งจำเป็นต้องใช้ความรู้และทักษะจากหลาย ๆ สาขาวิชามารวมกันเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาซึ่งอยู่ในลักษณะที่เป็นองค์รวม เนื่องจากการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันนั้นไม่สามารถใช้ความรู้ในสาขาวิชาใดวิชาหนึ่งได้ (Glasgow. 1996)

นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนฝึกฝนผ่านกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้การผสมผสานศาสตร์วิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เข้าด้วยกันเพื่อช่วยในผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ และต้องการต่อยอดงานวิจัยในลักษณะนี้

1. ในจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ครูผู้สอนควรมีการปรับเปลี่ยนขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้เข้ากับความเหมาะสมของนักเรียน เนื้อหาที่ใช้สอน และวัสดุอุปกรณ์ เนื่องจากจะทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้และช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเน้นให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยที่ผู้เรียนจำเป็นต้องศึกษา ค้นคว้าหาความรู้ ออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างเป็นระบบ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ดังนั้นครูผู้สอนควรเตรียมสิ่งแวดล้อมและบรรยากาศในห้องเรียนที่เอื้อต่อการเรียนรู้ของเด็กนักเรียน

ผลกระทบ

ผลกระทบจากผลการศึกษา มีดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาครั้งนี้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และให้นักเรียนได้คิดออกแบบการทำกิจกรรมในการแก้ปัญหา โดยมีการบูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเชิงระบบ โดยประยุกต์วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้เทคโนโลยี มาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยทำการทดลองหรือการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้แบบท่องจำน้อยลง ครูใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบบรรยายน้อยลง จะส่งผลให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2. ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และสามารถนำสิ่งต่าง ๆ รอบตัวมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ทั้งแก่ตนเอง และสังคม
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์ เป็นการต่อยอดความรู้ที่มีอยู่ในบทเรียน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในคาบลดเวลาเรียนเพิ่มเวลารู้ หรือสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับคาบปกติของสถานศึกษาในประเทศไทยได้



บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*.
กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- ขุนทอง คล้ายทอง. (2554). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี 1 และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จันทร์จิรา เทพดนตรี. (2558). *การพัฒนาบทปฏิบัติการที่เน้นปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ยางพารา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จรัส อินทลาภาพร. (2558). *การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา*. *Veridian E-journal*. 8(1): 62–74.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2558). *80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. พิมพ์ครั้งที่ 6. นนทบุรี: พี บาลานซ์ดีไซด์แอนปรินต์ติ้ง.
- ชุดินันท์ พุ่มกลิ่น. (2546). *ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6: กรณีศึกษาโรงเรียนชลประทานวิทยาจังหวัดนนทบุรี*. คณะพัฒนาสังคม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- ณัฐพล โยธาติกุล. (2558). *การเพิ่มการมีส่วนร่วมของนักเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องการเจริญเติบโตหลังการปฏิสนธิของพืชดอก*. ใน *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ในโรงเรียน ครั้งที่ 22*. หน้า 133. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ทศนา แคมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอน: หลักการจัดการเรียนการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทรงกลด ไบยา. (2558). *การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงพลังงาน โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง สำหรับผู้เรียนระดับปริญญาตรี*. ปรินญานิพนธ์

กศ.ม. (ชีววิทยา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

นภาพร วงค์เจริญ. (2550). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบพหุปัญญา. ปรินุญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

นารีรัตน์ เรืองจันทร์. (2551). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเผชิญสถานการณ์. ปรินุญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

นภาพร หวานชม. (2554). การศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้สมองเป็นพื้นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และจิตวิทยา-ศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินุญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

นิพัทธา ชัยกิจ. (2551). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสรรค์สร้างความรู้และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. ปรินุญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ประวิตร ชูศิลป์. (2524). หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แบบใหม่. กรุงเทพฯ: หน่วยศึกษานิเทศกรรมการฝึกหัดครู.

ปราณี อานเปื้อง. (2558). เอนไซม์ทางอาหาร. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

ปวิติ สิงหาเวช. (2548). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- ปัญญาณัติ์ วิเศษสมวงศ์. (2557). *STEM Education หรือระบบ “สะเต็มศึกษา” แก้ปัญหาระบบการศึกษาไทยได้หรือ*. สืบค้นเมื่อ 15 เมษายน 2558, จาก <http://www.asean thai.net/specialnews-detail.php? =127>
- พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. (2556). STEM education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร*. 33(2): 49–56.
- พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*. 9 (ฉบับพิเศษ): 401–418.
- พูนสุข อุดม. (2546). *การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์แบบพหุวิทยาการร่วมกับวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ตรัง*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ภพ เลหาไฟบุลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ภาวิณี คณาสวัสดิ์. (2545). *โครงการการผลิตป้าเป็นจากเปลือกมะละกอ: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์*. เชียงใหม่: ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รัตนะ บัวรา. (2540). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองกับการสอนตามคู่มือครู*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- วิชชุดา อ้วนศรีเมือง. (2555). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิค STAD กับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค LT. *วารสารสิ่งแวดล้อม – สสศท*. 6: 212–220.

- วินุรักษ์ สุขสำราญ. (2553). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค TGT. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริเพ็ญ ไหมวัด. (2551). การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกมการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ค.อ.ม. (เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ศิริลักษณ์ ชาลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2557). คู่มือกิจกรรมสะเต็มศึกษา ช่วงชั้นที่ 4 (ม.4–ม.6). กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา (ตอนที่ 2): การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 17(3): 154–160.
- สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์. (2548). การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ. กรุงเทพฯ: บัณฑิต. พ้อยท์.
- สุธีระ ประเสริฐสรรพ. (2558). สะเต็มศึกษา: ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย. สงขลา: นาคิลป์โฆษณา.
- สุวิมล ว่องวานิช. (2554). การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (classroom action research). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2553). แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมชมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สำนักบริหารงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2558). แนวทางการจัดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นสมรรถนะทางสาขาวิชาชีพ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการ
เรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
อลงกต ใหมด้วง. (2557). สะเต็มศึกษากับการแก้ปัญหาเรื่องความน่าจะเป็น. *นิตยสาร สสวท*.
43(6): 28–31.
- อัครา เอิบสุขสิริ. (2556). *จิตวิทยาสำหรับครู*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุมาพร จารุสมบัติ. (2557). โครงการ GLOBE กับสะเต็มศึกษา. *นิตยสาร สสวท*. 43(6): 16–19.
- Anju, G. (2015). Fueling chemical engineering concepts with biodiesel production:
a professional development experience for high school pre-service teachers.
Journal of STEM education. 16(1): 25–30.
- Bellanca, J.; & Brandt, R. (2010). *21st century skills : rethinking how students learn*.
Bloomington: Solution Tree Press.
- Catherine, S. (2012). An investigation of science, technology, engineering and
mathematics (STEM) focused high schools in the U.S. *Journal of STEM
education*. 73(5): 30–39.
- Dejarnette. (2012). America's children: providing early exposure to STEM (science,
technology, engineering and math) initiatives. *Education*. 133(1): 77–84.
- Dewey, J. (1976). *Moral principle in education*. Boston: Houghton mifflin Co.
- Ennis, R. H. (1993). *Critical thinking assessment: Theory into practice*. Ohio: College of
education, The Ohio State University.
- Fang, N. (2013). Increasing high school students interest in STEM education through
collaborative brainstorming with Yo-Yos. *Journal of STEM education*. 14(4): 8–
13.
- Gagne, R. M. (1970). *The condition of learning*. New York: Holt, Rinchart and Winston.
- Glasgow, N. (1996). *New curriculum for new times*. Thousand Oaks, CA: Sage
Publications.
- Good, C. (1973). *Dictionary of education*. Edited by Carter V. Good. New York: McGraw–
hill.

- Gray, K. (1993). Why we will lose: Taylorism in America's high schools. *Phi delta kappan*. 74: 4.
- Hake, R. R. (1998). Interactive—engagement vs traditional methods: A six—thousand—student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of physics*. 61(1): 64—74.
- Jonathan, W.D.; et al. (2005). Microbiological assay—trienzyme procedure for total folates in cereals and cereal foods: collaborative study. *AOAC international*. 88(1): 5—15.
- Kendrick, K. M. (2012). *STEM integration: An analysis of an integrated Unit*. The University of Texas at Austin. Retrieved October 12, 2014, from <http://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/ETD-UT-2012-08-6305>
- Kemmis, S., McTaggart, R. (1998). *The action research planner*. Geelong, Victoria: Deakin university press.
- Laloknam, S.; et al. (2009). Detection of amylase activity from fruit and vegetables in an undergraduate classroom. *Asia journal of food and agro—industry*. 2(03): 381—390.
- Lantz, Hays B. (2009). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) education What form? What function?* Retrieved April 27, 2013, from www.crrtechintegrations.com/pdf/STEMEducationArticle
- Lee, C.H., Kamisah, O. (2015). An interdisciplinary approach for biology, technology, engineering and mathematics (BTEM) to enhance 21st century skills in Malaysia. *K—12 STEM education*. 1(3): 137—147.
- Nwagbo, C.R.; & Chukelu, U.C. (2011). Effects of biology practical activities on students' process skill acquisition. *Journal of the science teachers association Nigeria*. 46(1).
- Reeve, E. M. (2013). *Implementing Science, Technology, Mathematics, and Engineering (STEM) education in Thailand and in ASEAN. A report prepared for the Institute for the promotion of teaching science and technology (IPST)*. Bangkok: IPST. Retrieved August 8, 2013, from <http://specialproject.ipst.ac.th/index.php/modul-styles/news?id=141>

- Riteshma, D.; et al. (2008). Folate contents of some selected Fijian foods using tri-enzyme extraction method. *Food chemistry*. 106: 1100–1104.
- Sahin, A. (2013). STEM Clubs and Science Fair Competitions: Effects on Post-Secondary Matriculation. *Journal of STEM Education*. 14(1): 5–11.
- Smith, P.T. (1994). Effect on student attitude and achievement. *Dissertation international*. 55(7): 2528–2537.
- Soden, R. (1994). *Teaching problem solving in vocational education*. London: Routledge.
- Sirhan, G. (2007). Learning difficulties in chemistry: An overview. *Turkish science education*. 4(2): 2–20.
- Vella, F. (1990). Difficulties in learning and teaching of biochemistry. *Biochemistry education*. 18: 6–8.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychology process*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Weir, J.J. (1974). Problem solving is everybody's problem. *Science teacher*. 4: 16–18.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

หนังสือขออนุญาตการใช้จริยธรรมใหม่มนุษย์





**หนังสือยืนยันการยกเว้นการรับรอง
คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**

(เอกสารนี้เพื่อแสดงว่าคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยนี้)

ชื่อโครงการวิจัย : การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง เอนไซม์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษา

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย : นางสาวอาทิตย์ยา พูนเรือง

หน่วยงานต้นสังกัด : คณะวิทยาศาสตร์

รหัสโครงการวิจัย : 039/59X

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยที่เข้าข่ายยกเว้น (Research with Exemption from SWUEC)

วันที่ยืนยัน : 18 เมษายน 2559

ยืนยันโดย : คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดำเนินการรับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นสากล ได้แก่ Declaration of
Helsinki, the Belmont Report, CIOMS Guidelines และ the International Conference on Harmonization in
Good Clinical Practice (ICH-GCP)

ออกให้ ณ วันที่ 26 พฤษภาคม 2559

(ลงชื่อ).....

(อาจารย์แพทย์หญิงจันทร์ทรา ตันนัยุทธวงศ์)

เลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ภาคผนวก ข

- รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือในการทำวิจัย
- บทปฏิบัติการ
- ค่าดัชนีความสอดคล้องของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
- การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
- ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก – ง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
- ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
- เกณฑ์การประเมินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความเหมาะสมของ บทปฏิบัติการและแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง เอนไซม์ มีดังต่อไปนี้

1. รองศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ พริ้งสุลกะ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระวรรณ เกษสิงห์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. อาจารย์ ดร.สิริรักษ์ ศรวณียารักษ์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
4. อาจารย์ ดร.สุขมาภรณ์ กระจำสรวง ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
5. นางสาวกฤษณิศา กุณสิทธิ์ โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย
กรุงเทพมหานคร

บทปฏิบัติการ

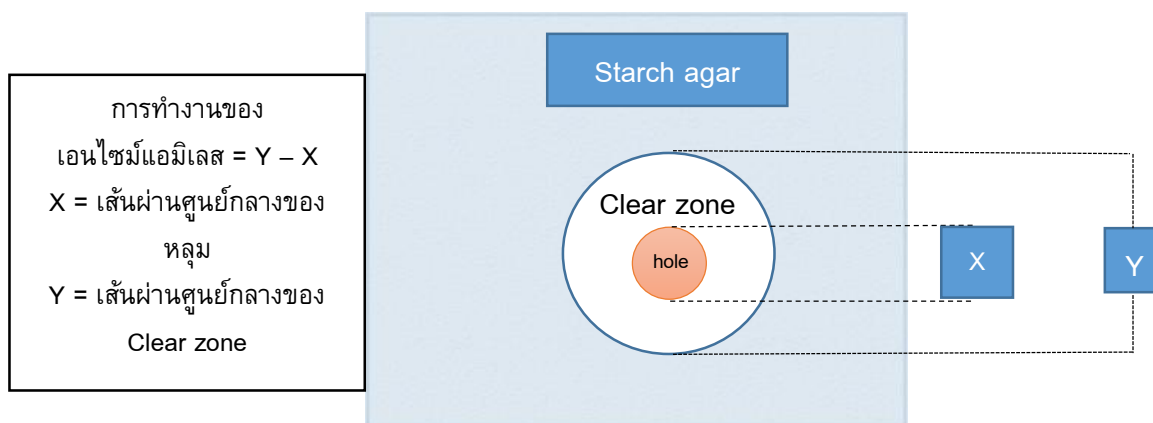
บทปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี (ต่อ 1 ชุดการทดลอง)

1. โกร่งบดยา
2. ผ้าขาวบาง
3. ที่ทำน้ำแข็ง
4. เครื่องปั่นเหวี่ยง
5. หลอดยาคูลท์
6. แป้ง
7. สารละลายไอโอดีน
8. บีกเกอร์ขนาด 100, 250 และ 500 cm^3
9. น้ำกลั่น
10. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
11. เทอร์โมมิเตอร์
12. ผงวุ้น

วิธีทดสอบ

1. เตรียมวุ้นแป้ง โดยการผสมวุ้นกับแป้งในอัตราส่วน 2:1 และน้ำกลั่นปริมาตร 500 cm^3
2. เทลงในที่ทำน้ำแข็ง
3. นำผลไม้จำนวน 100 กรัม สกัดกับน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร และควบคุมอุณหภูมิที่ประมาณ 4 องศาเซลเซียส
4. นำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง เก็บส่วนใส
5. ใช้หลอดปากกาในการทำหลุมที่วุ้นแป้ง โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร
6. หยอดตัวอย่างที่สกัดจำนวน 100 μL ลงในหลุมวุ้น โดยใช้หลอดยาคูลท์ ทิ้งไว้ 30 นาที
7. หยดสารละลายไอโอดีน
8. บันทึกผล การคำนวณการทำงานของเอนไซม์แอมิเลส (ภาพประกอบ 3)



ภาพประกอบ 3 การคำนวณการทำงานของเอนไซม์อะไมเลส ดัดแปลงจาก Laloknam; et al. (2009)

บทปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์โพรทีเนส

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี (ต่อ 1 ชุดการทดลอง)

1. โกร่งบดยา
2. ผ้าขาวบาง
3. เนื้อหมู
4. เครื่องปั่นเหวี่ยง
5. บีกเกอร์ขนาด 100, 250 และ 500 cm³
6. น้ำกลั่น
7. เทอร์โมมิเตอร์

วิธีทดสอบ

1. นำผลไม้จำนวน 100 กรัม สกัดกับน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตร และควบคุมอุณหภูมิที่ประมาณ 4 องศาเซลเซียส
2. หั่นเนื้อหมูให้มีขนาดเท่า ๆ กัน โดยที่ กว้าง × ยาว × สูง = $1.5 \times 1.5 \times 0.7$ นิ้ว
3. นำเนื้อหมูที่หั่นไปทดสอบการย่อยเนื้อในสารสกัดจากผลไม้ต่าง ๆ โดยแช่ไว้ 30 นาที โดยมีน้ำกลั่น (negative control) และเอนไซม์โพรทีเนสของบริษัท เอ็นพี เคมีคอล ชัพพลาย จำกัด (ประเทศไทย) เป็น positive control
4. นำเนื้อออกมาไว้ที่งานทำการทดสอบโดยการใช้มือจับแล้วบันทึกผลโดยเปรียบเทียบความนุ่มของเนื้อหมู โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน 6 ระดับ

0 หมายความว่า ไม่มีความนุ่ม

1 หมายความว่า นุ่มน้อยที่สุด

- 2 หมายความว่า นุ่มน้อย
- 3 หมายความว่า นุ่มปานกลาง
- 4 หมายความว่า นุ่มมาก
- 5 หมายความว่า นุ่มมากที่สุด
5. สังเกต รวบรวมข้อมูล บันทึกผล และสรุปผล

บทปฏิบัติการ เรื่อง กรดโฟลิก

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี (ต่อ 1 ชุดการทดลอง)

1. เครื่องวัดความเข้มแสง (OPTIMA SP-300 spectrophotometer, Japan)
2. หลอดทดลองขนาด 20 × 150 mm
3. เครื่องวัด pH
4. เครื่องปั่นเหวี่ยง
5. ขวดปริมาตรขนาด 100, 250 และ 500 cm³
6. บีเปต
7. กระดาษกรอง ขนาด 0.45 ไมโครเมตร
8. อัลฟา-เอมิลเลส (SIGMA, USA)
9. กรดแอสคอร์บิก
10. กรดโฟลิก (SIGMA, USA)
11. โพรทีนเนส (SIGMA, USA)
12. โพแทสเซียมฟอสเฟต 0.1 โมลาร์ และ 0.05 โมลาร์
13. กรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมลาร์
14. อาหาร Difco folic acid casei medium (HIMEDIA, India)
15. เชื้อ *L. casei* subsp. *rhannosus* ATCC 7469 อายุ 24 ชั่วโมง ที่เจริญในอาหาร

folic acid casei medium

วิธีทดสอบ

วิธีทดสอบทำตามวิธีการของ Jonathan; et al. (2005) และ Riteshma; et al. (2008)

ดังนี้

1. เตรียมผักและผลไม้ที่ต้องการศึกษา ได้แก่ ผักกาด แครอท บรอกโคลี สับปะรด และมะละกอ จำนวน 1 กรัม
2. สกัดด้วยบัฟเฟอร์ (โพแทสเซียมฟอสเฟต 0.1 โมลาร์, 1% กรดแอสคอร์บิก, pH 6.1) ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ปรับ pH 4.5 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก
3. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที
4. เติมน้ำละลายโปรตีนเนส 1 มิลลิลิตร บ่ม 3 ชั่วโมงที่ 37°C จากนั้นนำไปต้มในอ่าง

น้ำที่ 100°C 3 นาที และทำให้เย็น เพื่อทำให้เอนไซม์เสียสภาพ

5. เติมสารละลายอัลฟาเอมิลเลส 1 มิลลิลิตร บ่ม 2 ชั่วโมง ที่ 37°C จากนั้นนำไปต้มในอ่างน้ำที่ 100°C 3 นาที และทำให้เย็น เพื่อทำให้เอนไซม์เสียสภาพ

6. เตรียมหลอดทดลองขนาด 20 × 150 mm ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

7. บีบตัวอย่างสารสกัด 1 มิลลิลิตร ลงในหลอด (ทำ 3 ซ้ำ) ด้วยเทคนิคปราศจาก

เชื้อ

8. เติมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อแล้วลงในหลอดทดลอง หลอดละ 4 มิลลิลิตร

9. บีบ 5 มิลลิลิตร ของ folic acid-free double strength basal medium ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ที่ 121°C เป็นเวลา 6 นาที ตามตาราง 12 (ภาคผนวก ข)

10. บีบเชื้อแขวนลอย *L. casei* subsp. *rhamnosus* ATCC 7469 อายุ 24 ชั่วโมง 50 ไมโครลิตร และบ่ม 22 ชั่วโมง ที่ 37 °C ด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อ

11. วัดการเจริญ (ความขุ่น) ของ *L. casei* subsp. *rhamnosus* ด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 nm ข้อมูลที่ได้นำมาเฉลี่ยจากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ



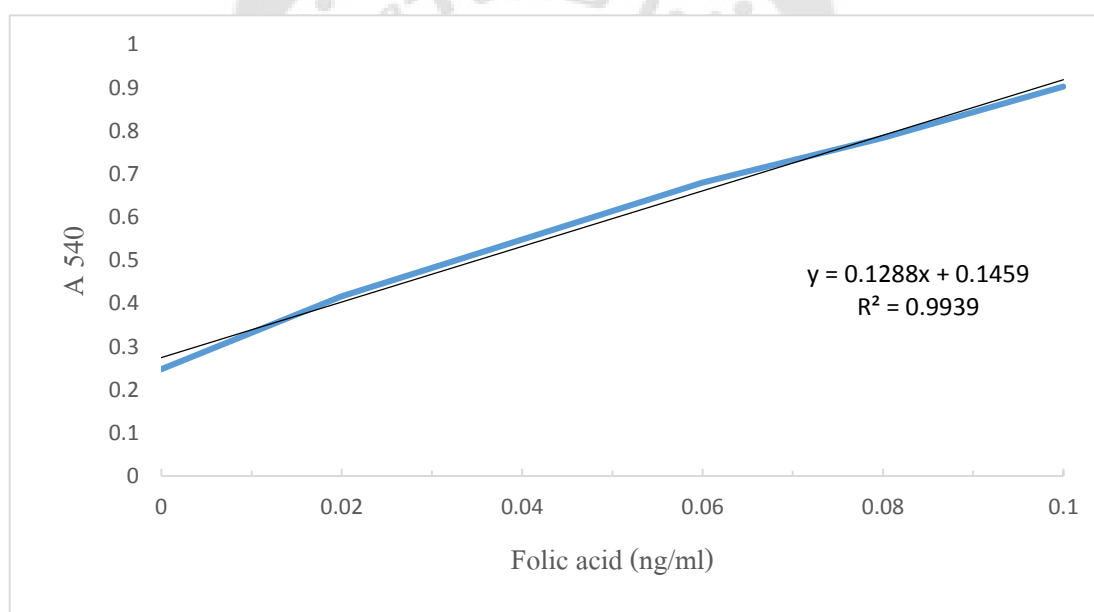
ตาราง 12 สูตรการเตรียม folic acid-free double strength basal medium

Approximate formula* per liter

สารเคมี	จำนวน
Charcoal treated pancreatic digest of casein	10.0 กรัม
Dextrose	40.0 กรัม
Sodium acetate	40.0 กรัม
Dipotassium phosphate	1.0 กรัม
Monopotassium phosphate	1.0 กรัม
DL-tryptophan	0.2 กรัม
L-asparagine	0.6 กรัม
L-cysteine hydrochloride	0.5 กรัม
Adenine sulfate	10.0 มิลลิกรัม
Guanine hydrochloride	10.0 มิลลิกรัม
Uracil	10.0 มิลลิกรัม
Xanthine	20.0 มิลลิกรัม
Polysorbate 80	0.1 กรัม
Glutathione (reduced)	5.0 มิลลิกรัม
Magnesium sulfate (anhydrous)	0.2 กรัม
Sodium chloride	20.0 มิลลิกรัม
Ferrous sulfate	20.0 มิลลิกรัม
Manganese sulfate	15.0 มิลลิกรัม
Riboflavin	1.0 มิลลิกรัม
<i>p</i> -aminobenzoic acid	2.0 มิลลิกรัม
Pyridoxine hydrochloride	4.0 มิลลิกรัม
Thiamine hydrochloride	400.0 ไมโครกรัม
Calcium pantothenate	800.0 ไมโครกรัม
Nicotinic acid	800.0 ไมโครกรัม
Biotin	20.0 ไมโครกรัม

การวัดปริมาณกรดโฟลิกด้วยวิธี microbiological assay ในหลอดทดลอง ตามวิธีของ Jonathan; et al. (2005)

1. เตรียมสารละลายกรดโฟลิกมาตรฐาน 0, 0, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1 ng/mL จาก folic acid standard 0.3 ng/mL (5) ลงในหลอดทดลองขนาด 20 × 150 mm
2. เติมน้ำให้มีปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอดทดลอง
3. เติม double strength basal medium (6) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร
4. Autoclave 6 นาที ที่ 121°C และทำให้เย็นทันที
5. ปิเปต *L. casei* subspecies *rhamnosus*, ATCC 7469 50 ไมโครลิตร (ยกเว้นหลอดทดลอง 0 ng/mL blank)
6. บ่ม 22 ชั่วโมง ที่ 37 °C
7. วัดการเจริญ (ความขุ่น) ของ *L. casei* subsp. *rhamnosus* ด้วย spectrophotometer 540 nm
8. สร้างกราฟมาตรฐานดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 กราฟมาตรฐานของการเจริญของ *L. casei* subspecies *rhamnosus* ในกรดโฟลิก

การเตรียมสารละลายโฟลิกมาตรฐาน

(1) stock solution 100 µg/mL

1. Folic acid 50 มิลลิกรัม (dried 70°C /constant weight ในที่มืด)
2. ปรับปริมาตร 500 มิลลิลิตร โดย 0.1 M phosphate buffer
3. เททับด้วย toluene (3-5 มิลลิลิตร) เก็บในตู้เย็น

(2) working standard solution 1 µg/mL

1. เจือจาง stock solution 5 มิลลิลิตร ในน้ำ 475 มิลลิลิตร จากนั้นปรับ pH 7.5 ด้วย HCl
 2. ปรับปริมาตร 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำ
 - (3) diluted standard solution 100 ng/mL
 1. เจือจางสารละลาย working standard 10 มิลลิลิตร ในน้ำ 90 มิลลิลิตร จากนั้นปรับ pH 7.5 ด้วย HCl
 2. ปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำ
 - (4) folic acid standard 10 ng/mL
 1. working standard solution (2) 1 มิลลิลิตร ในลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 125 มิลลิลิตร
 2. เติม phosphate buffer pH 7.8 ปริมาณ 20 มิลลิลิตร และน้ำ 30 มิลลิลิตร
 - (5) folic acid standard 0.3 ng/mL
 - folic acid standard (4) 15 มิลลิลิตร ในน้ำ 500 มิลลิลิตร
 - (6) การเตรียม double strength basal medium
 1. ละลาย Difco folic acid casei medium ในตาราง 1 9.4 กรัม จากนั้นเติม 50 มิลลิกรัม ascorbic acid และน้ำ 100 มิลลิลิตร
 2. นำไปต้ม 1-2 นาที จากนั้นทำให้เย็น แช่เย็นสามารถเก็บไว้ใช้ได้ภายใน 2 เดือน
- การเตรียมเชื้อ**
1. ละลาย Difco folic acid casei medium (ตาราง 12) 4.7 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มและทำให้เย็น
 2. เติมน้ำ 50 มิลลิลิตร และ 25 มิลลิกรัม sodium ascorbate
 3. เจือจางด้วย folic standard solution (3)
 4. จากนั้นกรอง 0.22 – 0.45 μ m
 5. ตูบ *L. casei* subspecies *rhannosus* 0.15 มิลลิลิตร ใส่ลงในอาหาร
 6. บ่มที่ 37 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง
 7. เติม glycerol 120 มิลลิลิตร และน้ำ 30 มิลลิลิตร
 8. ตูบแบ่งหลอดละ 2 มิลลิลิตร เก็บที่ -20°C (นาน 3 เดือน)

ค่าดัชนีความสอดคล้องของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง
สะเต็มศึกษา

ตาราง 13 ค่าดัชนีความสอดคล้องของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์แอมิเลส

ด้านความเหมาะสมและ ความสอดคล้อง	ผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ต่อจุดประสงค์	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	สอดคล้อง
กิจกรรมการจัดการ เรียนรู้ต่อเนื่อง	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	สอดคล้อง
กิจกรรมตามรูปแบบ การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	สอดคล้อง
ความถูกต้องของภาษา ที่ใช้ในกิจกรรมการ จัดการเรียนรู้	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.8	สอดคล้อง

ค่าดัชนีความสอดคล้องของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง
สะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส

ด้านความเหมาะสม และความสอดคล้อง	ผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ต่อจุดประสงค์	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1	สอดคล้อง
กิจกรรมการจัดการ เรียนรู้ต่อเนื่อง	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1	สอดคล้อง
กิจกรรมตามรูปแบบ การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	สอดคล้อง
ความถูกต้องของภาษา ที่ใช้ในกิจกรรมการ จัดการเรียนรู้	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	สอดคล้อง

ตาราง 14 ค่าดัชนีความสอดคล้องของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง กรดฟอสฟอริก

ด้านความเหมาะสมและ ความสอดคล้อง	ผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ต่อจุดประสงค์	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	สอดคล้อง
กิจกรรมการจัดการ เรียนรู้ต่อเนื่อง	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.8	สอดคล้อง
กิจกรรมตามรูปแบบ การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	สอดคล้อง
ความถูกต้องของภาษา ที่ใช้ในกิจกรรมการ จัดการเรียนรู้	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.8	สอดคล้อง

การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตาราง 15 การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแผนที่ 1
เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส

ประเด็นที่พิจารณา	ระดับความคิดเห็น	แปลผล
ความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนฯ		
1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.40 ± 0.55	มาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา	4.20 ± 0.84	มาก
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.40 ± 0.55	มาก
กระบวนการจัดการเรียนรู้		
1. กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	3.50 ± 0.89	ปานกลาง
2. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	4.60 ± 0.55	มาก
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	4.00 ± 1.00	มาก
4. กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์	4.00 ± 1.23	มาก
5. กิจกรรมมีคำถามที่ส่งเสริมแนวคิดให้กับผู้เรียน	4.00 ± 0.71	มาก
6. กิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	4.20 ± 0.84	มาก
สื่อและแหล่งเรียนรู้		
- สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.00 ± 1.00	มาก
การวัดและประเมินผล		
1. การวัดและการประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.00 ± 0.71	มาก
2. การวัดและการประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.40 ± 0.55	มาก

ตาราง 16 การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแผนที่ 2
เรื่อง เอนไซม์โพรทีเนส

ประเด็นที่พิจารณา	ระดับความคิดเห็น	แปลผล
ความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนฯ		
1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.40 ± 0.55	มาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา	4.20 ± 0.88	มาก
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.00 ± 1.00	มาก
กระบวนการจัดการเรียนรู้		
1. กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	4.00 ± 0.71	มาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	4.20 ± 0.88	มาก
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	3.50 ± 0.89	ปานกลาง
4. กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์	4.40 ± 0.55	มาก
5. กิจกรรมมีคำถามที่ส่งเสริมแนวคิดให้กับผู้เรียน	4.60 ± 0.55	มาก
6. กิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	4.20 ± 0.88	มาก
สื่อและแหล่งเรียนรู้		
- สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.40 ± 0.55	มาก
การวัดและประเมินผล		
1. การวัดและการประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.40 ± 0.55	มาก
2. การวัดและการประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.20 ± 0.45	มาก

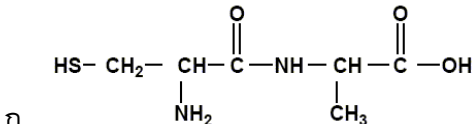
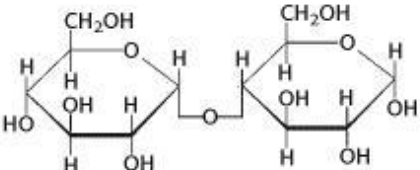
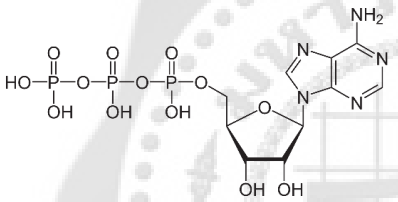
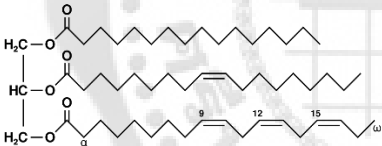
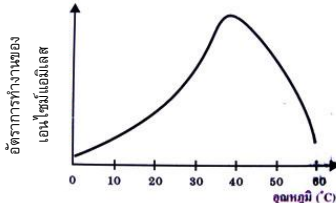
ตาราง 17 การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแผนที่ 3
เรื่อง กรดโฟลิก

ประเด็นที่พิจารณา	ระดับความคิดเห็น	แปลผล
ความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนฯ		
1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.20 ± 0.48	มาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา	4.00 ± 0.71	มาก
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.20 ± 0.48	มาก
กระบวนการจัดการเรียนรู้		
1. กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	3.40 ± 0.55	ปานกลาง
2. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	4.60 ± 0.55	มาก
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	4.00 ± 1.00	มาก
4. กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์	4.40 ± 0.55	มาก
5. กิจกรรมมีคำถามที่ส่งเสริมแนวคิดให้กับผู้เรียน	4.00 ± 0.71	มาก
6. กิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	4.20 ± 0.88	มาก
สื่อและแหล่งเรียนรู้		
- สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.00 ± 1.00	มาก
การวัดและประเมินผล		
1. การวัดและการประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.20 ± 0.48	มาก
2. การวัดและการประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.20 ± 0.48	มาก

**การวิเคราะห์ค่าความยาก – ง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์ทางการเรียน**

ตาราง 18 การวิเคราะห์ค่าความยาก – ง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เอนไซม์แอมิเลส

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	p	r	หมายเหตุ
1	เฉลิมชัยรับประทานข้าวต้มกึ่งในตอนเช้าและไข่วก อยากทราบว่าเฉลิมชัยได้สารอาหารอะไรบ้างในการรับประทานอาหารมื้อนี้ และสารอาหารชนิดใดถูกย่อยเป็นอันดับแรก ก. ได้สารอาหารครบ 5 หมู่ ย่อยคาร์โบไฮเดรตเป็นอันดับแรก ข. ได้สารอาหาร 4 หมู่ ยกเว้นวิตามิน ย่อยคาร์โบไฮเดรตเป็นอันดับแรก ค. ได้สารอาหารครบ 5 หมู่ ย่อยโปรตีนเป็นอันดับแรก ง. ได้สารอาหาร 4 หมู่ ยกเว้นวิตามิน ย่อยโปรตีนเป็นอันดับแรก	เข้าใจ	0.40	—	—	ใช้ไม่ได้
2	การย่อยอาหารในปากข้อใดเกิดขึ้นได้มากที่สุด ก. แป้งเป็นเดกซ์ทริน ง. เดกซ์ทรินเป็นมอลโทส ค. มอลโทสเป็นกลูโคส ง. กลูโคสเป็นกลูโคส	เข้าใจ	0.80	0.94	0.20	ใช้ไม่ได้

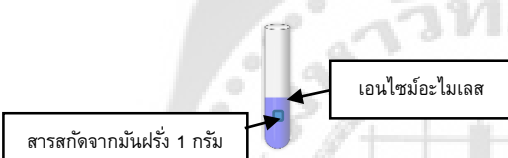
ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
3	จากโครงสร้างเคมีของแป้ง ผลที่เกิดจากการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟา-แอมิเลสคือข้อใด ก .  ข .  ค .  ง . 	เข้าใจ	0.80	1.00	0.00	ใช้ ไม่ได้
4	จากกราฟที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่าเอนไซม์แอมิเลสทำงานได้ดีที่อุณหภูมิเท่าใด ก .20°C ข .25°C ค .37°C ง .50°C 	เข้าใจ	0.60	1.00	0.00	ใช้ ไม่ได้

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
5	ข้อใดคือกลไกการทำงานของเอนไซม์ แอมิเลส ก. ในปฏิกิริยาจะมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องใน การสลายแป้งได้เป็นน้ำตาล ข. ในปฏิกิริยาจะมีกรดเข้ามาเกี่ยวข้องใน การสลายแป้งเป็นน้ำตาล ค. ในปฏิกิริยาจะมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องใน การสลายโปรตีนเป็นกรดอะมิโน ง. ในปฏิกิริยาจะมีกรดมาเกี่ยวข้องในการ สลายโปรตีนเป็นกรดอะมิโน	เข้าใจ	0.80	0.71	0.51	ใช้ได้
6	ข้อใดอธิบายถึงการตรวจวัดกิจกรรมของ เอนไซม์แอมิเลสถูกต้อง ก. ต่อยตรวจวัดการเปลี่ยนแป้งไปเป็น น้ำตาลภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ข. ตุนตรวจวัดการเปลี่ยนแป้งไปเป็น น้ำตาลที่อุณหภูมิ 100°C ค. กบตรวจวัดการเปลี่ยนกลูโคสไปเป็น มอลโทสภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ง. แซกตรวจวัดการเปลี่ยนกลูโคสไปเป็น มอลโทสที่อุณหภูมิ 100°C	เข้าใจ	0.80	0.60	0.52	ใช้ได้
7	ข้อใดอธิบายถึงการทำงานของเอนไซม์ ไทยาลินได้ถูกต้องที่สุด ก. การย่อยสลายน้ำตาลด้วยเอนไซม์ ข. การย่อยสลายแป้งด้วยเอนไซม์ ค. การย่อยสลายไขมันด้วยเอนไซม์ ง. การย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์	เข้าใจ	0.80	0.71	0.54	ใช้ได้

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
8	ถ้านักเรียนต้องการเอนไซม์เอนไซม์ แกมมา-แอมิเลส นักเรียนควรทำอย่างไร ก. สกัดจากแบคทีเรีย ข. สกัดจากมะม่วงระหว่างสุก ค. สกัดจากมะละกอ ง. สกัดจากไวรัส	เข้าใจ	0.80	0.23	0.23	ใช้ได้
9	ถ้าตอมน้ำลายถูกทำลายสารอาหารประเภท ใดที่ได้รับความกระทบกระเทือนต่อ กระบวนการย่อยมากที่สุด ก. คาร์โบไฮเดรต ข. โปรตีน ค. ไขมัน ง. อาหารทุกประเภท	เข้าใจ	1.00	0.77	0.43	ใช้ได้
10	ข้อใดผิด ก. น้ำลายมีน้ำเป็นองค์ประกอบ 99.5% ข. มีเอนไซม์แอมิเลสในน้ำลาย ค. สารเมือกในน้ำลายทำให้อาหารลื่น ง. น้ำลายมีน้ำย่อยหลายชนิด	เข้าใจ	0.80	0.91	0.27	ใช้ ไม่ได้
11	บริษัทใดต่อไปนี้สามารถนำเอนไซม์ แอมิเลสมาใช้ประโยชน์ได้คุ้มค่าที่สุด ก. บริษัทผลิตน้ำเชื่อม ข. บริษัทฟอกหนัง ค. บริษัทผงซักฟอก ง. บริษัทแปรรูปเนื้อสัตว์	นำไปใช้	0.80	0.54	0.23	ใช้ได้

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
12	ถ้านักเรียนต้องการเอนไซม์แอมิเลสนักเรียน จะเลือกสกัดจากตัวอย่างชนิดใดเพื่อให้ได้ ประสิทธิภาพมากที่สุด ก. สับปะรด ข. มะม่วง ค. มะละกอ ง. สาหร่าย	นำไปใช้	0.40	—	—	ใช้ ไม่ได้
13	นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่าสารสกัดที่ได้ จากตัวอย่างสามารถย่อยแป้งได้ ก. ทดสอบกับไอโอดีน ข. ทดสอบกับไบยูเรต ค. ทดสอบกับกระดาษลิตมัส ง. ทดสอบกับบัพเฟอร์	นำไปใช้	1.00	0.77	0.56	ใช้ได้
14	นักเรียนค้นพบสารชนิดหนึ่งที่สามารถย่อย แป้งได้ นักเรียนจะนำสารชนิดนี้ไปใช้ ประโยชน์อย่างไร ก. นำไปผลิตโยเกิร์ตขาย ข. นำไปผลิตเครื่องสำอางค์ ค. นำไปผลิตขนมปังกรอบขาย ง. นำไปผลิตหมูแผ่นขาย	นำไปใช้	0.40	—	—	ใช้ ไม่ได้
15	ถ้านักเรียนทดสอบการย่อยแป้งของเอนไซม์ แอมิเลสด้วยไอโอดีน นักเรียนจะสังเกตได้ อย่างไร ก. สังเกตการจางลงของสีฟ้า ข. สังเกตการจางลงของสีน้ำตาล ค. สังเกตการจางลงของสีชมพู ง. สังเกตการจางลงของสีแดง	นำไปใช้	0.40	—	—	ใช้ ไม่ได้

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
16	นักเรียนคิดว่าเอนไซม์แอมิเลสสามารถใช้ในการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พวกเบียร์ สุรา ได้หรือไม่ ก. ได้ เพราะวัตถุดิบได้จากกระบวนการหมักจำพวกแป้งจากเมล็ดพืช ข. ได้ เพราะทำให้เบียร์ สุรา มีรสชาติดีขึ้น ค. ไม่ได้ เพราะทำให้เบียร์ สุรา มีความหนืดขึ้น ง. ไม่ได้ เพราะจะเกิดกลิ่นเหม็นที่ส่งผลต่อสุขภาพ	นำไปใช้	0.80	0.66	0.34	ใช้ได้
17	เมื่อนักเรียนทำการทดสอบการทำงานของเอนไซม์แอมิเลสตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ยกเว้นข้อใด ก. การแก้ปัญหา ข. การตั้งสมมติฐาน ค. การทดลอง ง. การสรุปและแปลความหมาย	ทักษะ กระบวนการ ทาง วิทยาศาสตร์	0.80	0.48	0.41	ใช้ได้
18	นักเรียนตั้งสมมติฐานในการทดสอบการทำงานของเอนไซม์แอมิเลส แล้วพบว่าผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน นักเรียนจะต้องทำอย่างไร ก. สังเกตใหม่ ข. ออกแบบการทดลองใหม่ ค. ตั้งสมมติฐานใหม่ ง. เปลี่ยนสมมติฐาน	ทักษะ กระบวนการ ทาง วิทยาศาสตร์	0.80	0.37	0.40	ใช้ได้

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
19	ถ้าต้องการสารสกัดจำนวน 2.5 มิลลิกรัม ควรใช้เครื่องมือชนิดใดจึงจะเหมาะสมที่สุด ก. กระบอกดวง ข. หลอดทดลอง ค. ปีกเกอร์ ง. ขวดรูปชมพู่	ทักษะ กระบวนการ ทาง วิทยาศาสตร์	0.40	—	—	ใช้ ไม่ได้
20	จากภาพแสดงการทดลองการทำงานของ เอนไซม์แอมิเลสในการย่อยสารสกัดจากมัน ฝรั่งจำนวน 1 กรัม  หลังจากผ่านไป 15 นาที ที่อุณหภูมิ 20°C แป้งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล 0.25 กรัม ถ้าทำการทดลองนี้ซ้ำที่อุณหภูมิ 30°C นักเรียนคิดว่าแป้งจะถูกเปลี่ยนไปเป็น น้ำตาลเท่าไร ก. 0.15 กรัม ข. 0.25 กรัม ค. 0.50 กรัม ง. 1.0 กรัม	ทักษะ กระบวนการ ทาง วิทยาศาสตร์	0.40	—	—	ใช้ ไม่ได้

หมายเหตุ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (reliability) เท่ากับ 0.547

การคัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรเลือกแบบทดสอบที่มีความยากง่าย (*p*) ระหว่าง 0.20–0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (*r*) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.547

ตาราง 19 การวิเคราะห์ค่าความยาก—ง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	p	r	หมายเหตุ
1	เอนไซม์ชนิดหนึ่งเมื่อนำไปทดสอบพบว่าสามารถทำให้เกิดการแข็งตัวของน้ำนมสารชนิดนี้คืออะไร ก. เอนไซม์แอมิเลส ข. เอนไซม์โปรทีเนส ค. เอนไซม์ไลเปส ง. เอนไซม์มอลเตส	เข้าใจ	0.60	0.77	0.76	ใช้ได้
2	จากข้อ 1 เอนไซม์ชนิดนี้พบมากในข้อใด ก. น้ำลาย ข. มะม่วง ค. สับปะรด ง. บรอกโคลี	เข้าใจ	0.80	0.74	0.54	ใช้ได้
3	ข้อใดอธิบายโครงสร้างของเอนไซม์โปรทีเนสไม่ถูกต้อง ก. เอนไซม์ที่สำคัญชนิดหนึ่งในระบบย่อยอาหาร ข. สลายพันธะเพปไทด์ด้วยน้ำ ค. ถูกทำให้เสียสภาพด้วยความร้อน ง. สามารถพบในน้ำลาย	เข้าใจ	0.40	—	—	ใช้ไม่ได้
4	นักเรียนสามารถทดสอบการทำงานของเอนไซม์โปรทีเนสได้ตามข้อใด ก. ทดสอบกับไอโอดีน ข. ทดสอบกับเนื้อหมู ค. ทดสอบกับเบเนดิกซ์ ง. ทดสอบกับกระดาษลิตมัส	เข้าใจ	0.60	0.77	0.13	ใช้ไม่ได้

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
5	เอนไซม์ชนิดหนึ่งสามารถย่อยโปรตีนได้เป็นกรดอะมิโน ข้อใดไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ชนิดนี้ ก. สามารถเร่งปฏิกิริยาพอลิเพปไทด์ให้เป็นพอลิเมอร์ของกรดอะมิโนได้ ข. เอนไซม์ชนิดนี้พบในมะละกอและสับปะรด ค. สามารถถูกทำลายได้ด้วยกรด ง. เอนไซม์ชนิดนี้สามารถตรวจสอบได้ด้วยสารละลายไอโอดีน	เข้าใจ	1.00	0.66	0.71	ใช้ได้
6	โครงสร้างใดจะไม่เปลี่ยนไปถ้าถูกย่อยด้วยเอนไซม์โปรทีเนส ก. ร่างแหโครมาติน ข. ไรโบโซม ค. ผนังเซลล์ ง. ไกลโคลิฟิด	เข้าใจ	0.40	—	—	ใช้ไม่ได้
7	เนื้อสามารถทำให้นุ่มได้ด้วยสารสกัดในข้อใด ก. แดงกวา ข. ฝรั่ง ค. สับปะรด ง. มะเขือเทศ	เข้าใจ	0.40	—	—	ใช้ไม่ได้

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
8	พริบปะทานสับปะรดแล้วรู้สึกเจ็บที่เพดานปากเพราะเหตุใด ก. เพราะในสับปะรดมีเอนไซม์ที่ทำให้เกิดความเสียหายที่ผิวของโปรตีน ข. เพราะในสับปะรดมีสารที่ทำปฏิกิริยากับน้ำลายจึงทำให้เกิดความเสียหายของผิว ค. เพราะในสับปะรดมีวิตามินซี ง. เพราะสับปะรดยังไม่สุก	เข้าใจ	1.00	0.74	0.60	ใช้ได้
9	เอนไซม์ปาเปนจากยางมะละกอที่ใช้ในการทำให้เนื้อนุ่ม จัดเป็นเอนไซม์ประเภทใด ก. ออกซิโดรีดักเทส ข. ทรานส์เฟอเรส ค. ไฮโดรเลส ง. โลเอส	เข้าใจ	0.60	0.71	0.61	ใช้ได้
10	นำสารละลายที่สกัดได้จากสับปะรดไปต้มให้เดือดนาน 2–3 นาที แล้วแบ่งใส่หลอดทดลองพร้อมด้วยเนื้อสดที่หั่นเป็นชิ้น ๆ ทั้งไว้ในตู้อบ 37°C นาน 1 ชั่วโมง เมื่อเอาผลไปทดสอบด้วยไบยูเรต สารละลายจะให้สีอะไร ก. ม่วง ข. น้ำเงิน ค. แดงอ่อน ง. ไม่มีสี	เข้าใจ	0.40	—	—	ใช้ไม่ได้
11	สับปะรดในบาร์บีคิวมีความสำคัญอย่างไร ก. อร่อย ข. ทำให้เนื้อนุ่ม ค. ทำให้มีสีสนสวยงาม ง. ทำให้ราคาแพงขึ้น	นำไปใช้	0.60	0.74	0.66	ใช้ได้

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ										
12	ถ้าโรงงานผลิตเบียร์แห่งหนึ่ง เบียร์มีลักษณะ ขุ่นเนื่องจากมีโปรตีน นักเรียนจะอย่างไร เพื่อช่วยให้เบียร์ใสขึ้น ก. ใช้โพธิเนส ข. ใช้ไลเปส ค. นำไปปั่นเหวี่ยง ง. นำไปต้ม	นำไปใช้	0.80	0.89	0.31	ใช้ ไม่ได้										
13	ถ้านักเรียนสามารถผลิตเอนไซม์โพธิเนสได้ เป็นจำนวนมาก นักเรียนจะนำมาใช้ ประโยชน์ในด้านใดมากที่สุด ก. เปิดโรงงานผลิตเนยแข็ง ข. เปิดโรงงานผลิตน้ำเชื่อม ค. เปิดโรงงานผลิตไอศกรีม ง. เปิดโรงงานผลิตน้ำผลไม้	นำไปใช้	0.20	—	—	ใช้ ไม่ได้										
14	14. จากภาพแสดงเสื้อที่เปื้อนคราบเลือด   ก่อน หลัง เอนไซม์และอุณหภูมิในข้อใดที่เหมาะสม ที่สุดในการนำคราบเลือดนี้ออกจากเสื้อ <table><tr><th>เอนไซม์</th><th>อุณหภูมิ (°C)</th></tr><tr><td>ก. ไลเปส</td><td>15</td></tr><tr><td>ข. ไลเปส</td><td>35</td></tr><tr><td>ค. โพธิเนส</td><td>15</td></tr><tr><td>ง. โพธิเนส</td><td>35</td></tr></table>	เอนไซม์	อุณหภูมิ (°C)	ก. ไลเปส	15	ข. ไลเปส	35	ค. โพธิเนส	15	ง. โพธิเนส	35	นำไปใช้	1.00	0.37	0.51	ใช้ได้
เอนไซม์	อุณหภูมิ (°C)															
ก. ไลเปส	15															
ข. ไลเปส	35															
ค. โพธิเนส	15															
ง. โพธิเนส	35															

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
15	เอนไซม์โพรทีนเอนไซม์นำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่อไปนี้ ยกเว้น ก. อุตสาหกรรมเครื่องหนัง ข. อุตสาหกรรมผ้าไหม ค. อุตสาหกรรมขนสัตว์ ง. อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม	นำไปใช้	1.00	0.82	0.43	ใช้ไม่ได้
16	ถ้าผู้ป่วยคนหนึ่งมีอาการขาดโปรตีนนักเรียนจะแนะนำให้รับประทานอาหารตามข้อใด ก. หมูย่าง ข. บาร์บีคิว ค. ราดหน้า ง. ข้าวต้มกุ้ง	นำไปใช้	0.60	0.74	0.70	ใช้ได้
17	การทดสอบการทำงานของเอนไซม์โพรทีนสรีรวิทยาทางวิทยาศาสตร์ขั้นที่ 3 คือข้อใด ก. สังเกตและระบุปัญหา ข. วิเคราะห์ข้อมูล ค. สรุปผลการทดลอง ง. การทดลองหรือการทดสอบสมมติฐาน	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.60	0.51	0.38	ใช้ได้
18	นักเรียนคนหนึ่งต้องการทราบว่ “เนื้อหมูที่หมักในสับปะรดและเนื้อหมูที่หมักในมะม่วง เนื้อหมูที่หมักในผลไม้ชนิดใดจะนุ่มกว่ากัน” เขาจะคาดคะเนคำตอบในการทดลองอย่างไร ก. เนื้อหมูที่หมักในสับปะรดนุ่มกว่าเนื้อหมูที่หมักในมะม่วง ข. ปริมาณเนื้อน้อยทำให้นุ่มเร็ว ค. เวลาในการหมักน้อยทำให้นุ่มเร็ว ง. ยังคาดคะเนไม่ได้	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.80	0.77	0.79	ใช้ได้

ตาราง 20 การวิเคราะห์ค่าความยาก—ง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง กรดโฟลิก

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	p	r	หมายเหตุ
1	เด็กชายพุ่มเป็นโรคโลหิตจางชนิด megaloblastic มีอาการลิ้นอักเสบและการ เจริญเติบโตหยุดชะงักลง แสดงว่าเด็กชาย พุ่มขาดวิตามินชนิดใด ก. วิตามินเอ ข. วิตามินบี 9 ค. วิตามินซี ง. วิตามินดี	เข้าใจ	0.40	—	—	ใช้ ไม่ได้
2	ข้อใดเป็นหน้าที่ของกรดโฟลิก ก. ช่วยในการแบ่งตัวของเซลล์ ข. สร้างเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ค. ป้องกันโรคโลหิตจางชนิดขาดเม็ดเลือดแดง ง. ช่วยในการสร้างกระดูกและฟัน	เข้าใจ	0.80	0.57	0.49	ใช้ได้
3	ข้อใดไม่ถูกต้องในการสังเคราะห์โคเอนไซม์ เทตระไฮโดรโฟเลต (FH_4) ก. ใช้เอนไซม์ dihydrofolate reductase ในการสังเคราะห์ ข. ใช้เอนไซม์ folate reductase ในการ สังเคราะห์ ค. มี $\text{NADPH}+\text{H}^+$ เข้ามาเกี่ยวข้อง ง. มี $\text{FADPH}+\text{H}^+$ เข้ามาเกี่ยวข้อง	เข้าใจ	0.60	0.11	-0.21	ใช้ ไม่ได้

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
4	กรดโฟลิกมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์ พิวรีนและไพริมิดีน ถ้าหากขาดกรดโฟลิกจะ ส่งผลต่อสารชีวโมเลกุลชนิดใด ก. กลูโคส ข. กรดนิวคลีอิก ค. กรดไขมัน ง. มอลโทส	เข้าใจ	1.00	0.66	0.32	ใช้ได้
5	ข้อใดไม่เกี่ยวข้องกับกรดโฟลิก ก. โครงสร้างของกรดโฟลิกประกอบด้วย กรดเบนโซอิก เทอริดีน และกรดอะมิโน กลูตามิก ข. เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ โคเอนไซม์เทตระไฮโดรโฟเลต ค. มีส่วนร่วมในการสังเคราะห์ในอาซิน ที่ช่วยบำรุงผม ง. พบในผักใบเขียวทุกชนิด	เข้าใจ	1.00	0.49	0.29	ใช้ได้
6	เพราะเหตุใด ในการสกัดกรดโฟลิกจากผัก หรือผลไม้จึงจำเป็นต้องใช้เอนไซม์แอมิเลส และเอนไซม์โปรทีเนสช่วยในการสกัด ก. เนื่องจากป้องกันการสูญเสียสภาพ ข. เนื่องจากกำจัดคาร์โบไฮเดรตและ โปรตีนที่ติดมา ค. เนื่องจากยับยั้งการทำงานของ เอนไซม์บางชนิด ง. เนื่องจากต้องการให้มีปริมาณกรด โฟลิกมากขึ้น	เข้าใจ	0.80	0.34	-0.30	ใช้ ไม่ได้

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
7	ข้อใดคือความสำคัญของ <i>L. casei</i> subsp. <i>rhamnosus</i> ที่เกี่ยวข้องกับกรดโฟลิก ก. เป็นแบคทีเรียที่ช่วยในการดูดซึมกรดโฟลิก ข. เป็นแบคทีเรียที่ใช้กรดโฟลิกในการเจริญเติบโต ค. เป็นแบคทีเรียในลำไส้ที่สามารถสังเคราะห์กรดโฟลิกได้ ง. เป็นแบคทีเรียที่ช่วยเปลี่ยนกรดโฟลิกเป็นโคเอนไซม์ในการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุล	เข้าใจ	0.80	0.43	0.36	ใช้ได้
8	ผู้ป่วยที่ขาดกรดโฟลิกย่อมมีผลกระทบตามข้อใดมากที่สุด ก. การหดตัวของกล้ามเนื้อ ข. การแบ่งเซลล์ ค. การนำกระแสประสาท ง. การมองเห็น	เข้าใจ	0.40	—	—	ใช้ไม่ได้
9	ข้อใดกล่าวถึงบทบาทของกรดโฟลิกได้ถูกต้อง ก. ช่วยลดพลังงานกระตุ้น ข. สร้างความแข็งแรงให้ผนังเซลล์ ค. มีส่วนช่วยในการสังเคราะห์ฮอร์โมนเพศ ง. มีส่วนช่วยในการสังเคราะห์โคเอนไซม์เทตระไฮโดรโฟเลต	เข้าใจ	1.00	0.69	0.61	ใช้ได้

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
10	บุคคลใดควรได้รับกรดโฟลิกในปริมาณสูง ก. ชายวัยกลางคน ข. หญิงตั้งครรภ์ ค. หญิงวัยทอง ง. ชายวัยทอง	เข้าใจ	0.40	—	—	ใช้ ไม่ได้
11	กรดโฟลิกถูกทำลายได้ง่ายโดยแสงและด่าง นักเรียนจะเก็บรักษาได้โดยวิธีใด ก. แช่ตู้เย็น ข. เก็บในขวดสีชา ค. เก็บในถุงพลาสติกสุญญากาศ ง. เก็บในฟอตเฟสบัฟเฟอร์ pH 7.4	นำไปใช้	1.00	0.43	0.24	ใช้ได้
12	ทางจุลชีววิทยาใช้เชื้อ <i>L. casei</i> subsp. <i>ramnosus</i> มาใช้ประโยชน์ในข้อใด ก. หมักกรดโฟลิก ข. เพิ่มปริมาณกรดโฟลิก ค. หาปริมาณกรดโฟลิก ง. ตรวจรักษาโรคที่เกี่ยวกับกรดโฟลิก	นำไปใช้	0.80	0.11	−0.40	ใช้ ไม่ได้
13	ถ้านักเรียนมีคนรู้จักเป็นหญิงตั้งครรภ์และมี อาการขาดกรดโฟลิก นักเรียนจะแนะนำให้ รับประทานอาหารชนิดใด ก. ผักผักบรอกโคลี ข. ขนมอบังทาเนย ค. ส้มตำ ง. กุ้งทอด	นำไปใช้	1.00	0.63	0.80	ใช้ได้

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ										
14	ถ้านักเรียนแพ็กกรดโฟลิกสังเคราะห์ นักเรียน จะรับประทานอะไรแทนเพื่อให้ได้คุณค่าทาง อาหารเหมือนกัน ก. ขนมน้ำ ข. มะม่วง ค. มะขาม ง. ถั่วเหลือง	นำไปใช้	1.00	0.66	0.40	ใช้ได้										
15	ตารางปริมาณกรดโฟลิกที่นักเรียน 4 คน ได้รับ <table><tr><th>นักเรียน</th><th>ปริมาณกรดโฟลิก ไมโครกรัมต่อวัน</th></tr><tr><td>คนที่ 1</td><td>150</td></tr><tr><td>คนที่ 2</td><td>200</td></tr><tr><td>คนที่ 3</td><td>250</td></tr><tr><td>คนที่ 4</td><td>280</td></tr></table> ถ้าเด็กในวัยเรียนต้องได้รับกรดโฟลิก 200 ไมโครกรัมต่อวัน จากตารางนักเรียนคนใดมี โอกาสการเจริญเติบโตของร่างกาย หยุดชะงักลง ก. นักเรียนคนที่ 1 ข. นักเรียนคนที่ 2 ค. นักเรียนคนที่ 3 ง. นักเรียนคนที่ 4	นักเรียน	ปริมาณกรดโฟลิก ไมโครกรัมต่อวัน	คนที่ 1	150	คนที่ 2	200	คนที่ 3	250	คนที่ 4	280	นำไปใช้	0.60	0.06	−0.57	ใช้ ไม่ได้
นักเรียน	ปริมาณกรดโฟลิก ไมโครกรัมต่อวัน															
คนที่ 1	150															
คนที่ 2	200															
คนที่ 3	250															
คนที่ 4	280															

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
16	ผู้ป่วยรายหนึ่งมาด้วยอาการขาดกรด ฟอสฟอริกเวนข้อใด ก. อาเจียน ท้องร่วง ข. ความพิการทางสมอง ค. การเจริญเติบโตหยุดชะงัก ง. โลหิตจางชนิดเม็ดเลือดแดงใหญ่กว่า ปกติ	นำไปใช้	0.60	0.77	0.70	ใช้ ไม่ได้
17	หน่วยที่ใช้วัดปริมาณกรดฟอสฟอริกคือข้อใด ก. มิลลิกรัม ข. ไมโครกรัม ค. นาโนกรัม ง. กิโลกรัม	ทักษะ กระบวนการ ทาง วิทยาศาสตร์	0.80	0.71	0.37	ใช้ได้
18	นายหนที่ทำกรหาปริมาณกรดฟอสฟอริกจาก ตัวอย่างผักและผลไม้จำนวน 5 ตัวอย่างโดย เทียบกับเส้นโค้งมาตรฐาน และต้องการ อธิบายปริมาณกรดฟอสฟอริกให้เพื่อน ๆ นายหนที่ ควรเลือกใช้วิธีการใดเพื่อให้เพื่อน ๆ ก. ระบุปัญหา ข. ระบุวิธีแก้ปัญหา ค. ตั้งสมมติฐาน ง. บันทึกผลการทดลอง	ทักษะ กระบวนการ ทาง วิทยาศาสตร์	1.00	0.74	0.76	ใช้ได้
19	การออกแบบการทดลองต้องระบุขั้นตอน ต่อไปนี้ยกเว้นข้อใด ก. รูปภาพ ข. แผนภูมิ ค. ตาราง ง. กราฟ	ทักษะ กระบวนการ ทาง วิทยาศาสตร์	0.40	—	—	ใช้ ไม่ได้

ข้อ	ข้อสอบ	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
20	หนูใช้บรอกโคลีในการหาปริมาณกรดโฟลิก หนูใช้ผักทองในการหาปริมาณกรดโฟลิก 2 คนใช้วิธีการทดลองเดียวกัน ทั้ง 2 คน ใช้สมมติฐานร่วมกันในข้อใด ก. สารข้อใดมีปริมาณกรดโฟลิกมากกว่ากัน ข. กรดโฟลิกปริมาณสูงด้วยบรอกโคลีและผักทอง ค. ถ้าไม่ใช้บรอกโคลีและผักทองจะทำให้หาปริมาณกรดโฟลิกไม่ได้ ง. ถ้าใช้บรอกโคลีในการหาปริมาณกรดโฟลิก ดังนั้นบรอกโคลีจะมีปริมาณกรดโฟลิกมากกว่าผักทอง	ทักษะ กระบวนการ ทาง วิทยาศาสตร์	0.40	—	—	ใช้ไม่ได้

หมายเหตุ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (reliability) เท่ากับ 0.689

การคัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรเลือกแบบทดสอบที่มีความยากง่าย (*p*) ระหว่าง 0.20–0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (*r*) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.689

ตาราง 21 ดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินแบบทดสอบวัดความสามารถในการ
แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สถานการณ์	รายการประเมิน				หมายเหตุ
	ความชัดเจนของคำถาม	การใช้ภาษาเหมาะสม	สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	สอดคล้องกับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	
สถานการณ์ที่ 1 เรื่องเอนไซม์แอมิเลส	0.00	-0.20	0.40	0.60	ใช้ไม่ได้
สถานการณ์ที่ 2 เรื่องเอนไซม์แอมิเลส	0.60	0.60	0.60	0.80	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 3 เรื่องเอนไซม์แอมิเลส	1.00	0.60	1.00	1.00	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 4 เรื่องเอนไซม์โพธิเนส	0.80	0.60	1.00	1.00	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 5 เรื่องเอนไซม์โพธิเนส	1.00	1.00	1.00	1.00	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 6 เรื่องเอนไซม์โพธิเนส	0.60	0.20	0.60	0.20	ใช้ไม่ได้
สถานการณ์ที่ 7 เรื่องกรดโฟลิก	0.80	0.60	1.00	1.00	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 8 เรื่องกรดโฟลิก	1.00	0.60	0.80	0.80	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 9 เรื่องกรดโฟลิก	0.80	0.20	0.80	0.80	ใช้ไม่ได้

ตาราง 22 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษา

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					สรุป
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	
ด้านเนื้อหา						
1. การนำเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ แล คณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกันทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	นำไปใช้
2. เนื้อหาที่เรียนสอดคล้องกับชีวิตจริง	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	นำไปใช้
3. เนื้อหาช่วยให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการประกอบอาชีพในอนาคต	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	นำไปใช้
4. ความรู้ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	นำไปใช้
5. ภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	นำไปใช้
2. ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน						
1. กิจกรรมการเรียนการสอนมีความน่าสนใจ	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	นำไปใช้
2. กิจกรรมการเรียนการสอนมีระยะเวลาที่เหมาะสม	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	นำไปใช้
3. กิจกรรมการเรียนการสอนเหมาะสมกับสถานที่	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	นำไปใช้
4. กิจกรรมการเรียนการสอนเหมาะสมกับจำนวนนักเรียน	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	นำไปใช้
5. กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นกิจกรรมที่นักเรียนเป็นผู้ค้นหาความรู้ด้วยตนเอง	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	นำไปใช้

6. กิจกรรมการเรียนการสอน เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ทำการ เรียนรู้เป็นกลุ่ม	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	นำไป ใช้
7. กิจกรรมการเรียนการสอน เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้รับ ความรู้จากการแก้ปัญหา และ บูรณาการเนื้อหาด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	นำไป ใช้
8. ภาพรวมนักเรียนมีความ พึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนการ สอนในลักษณะนี้ (มีการนำ เนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยง)	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	นำไป ใช้

เกณฑ์การประเมินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

	การวัดพฤติกรรม	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมินผล
Science	ด้านความรู้ - อธิบายเกี่ยวกับการทำงานของ เอนไซม์ ในหัวข้อเรื่อง เอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์โปรทีเนส และกรดโฟลิก ด้านทักษะ 1. นักเรียนสามารถแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ 2. นักเรียนสามารถสื่อสารและนำเสนอผลงานได้ ด้านคุณลักษณะ - มีจิตวิทยาศาสตร์ในด้านการตั้งใจทำงาน ซื่อสัตย์ และสามารถทำงานกลุ่มร่วมกับผู้อื่นได้	- แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน - แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ - สังเกตการอภิปราย - สังเกตการมีส่วนร่วมในการทำงาน	- คะแนนรวมของนักเรียนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับแบบทดสอบก่อนเรียน - คะแนนรวมของนักเรียนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับแบบทดสอบก่อนเรียน - ผลการประเมินอยู่ในระดับดี หรือดีมาก - ผลการประเมินอยู่ในระดับดี หรือดีมาก
Technology	ด้านทักษะ 1. สืบค้นข้อมูลในการออกแบบการทำงานของเรื่อง เอนไซม์ ในหัวข้อเรื่อง เอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์โปรทีเนส และกรดโฟลิก	- ใบกิจกรรม	- ใช้เกณฑ์การประเมินแบบแยกองค์ประกอบของสวท

	การวัดพฤติกรรม	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมินผล
	2. นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือช่วยอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการได้อย่างถูกต้อง		
Engineering	ด้านทักษะ - ออกแบบทดลองการทำงาน เรื่อง เอนไซม์ ในหัวข้อเรื่อง เอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์ โปรทีเนส และกรดโฟลิก ด้านคุณลักษณะ - มีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการทำงานที่มอบหมาย	- ใบกิจกรรม - สังเกตการมีส่วนร่วมในการทำงาน	- ใช้เกณฑ์การประเมินแบบแยกองค์ประกอบของสสวท - ใช้เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติการ นักเรียนมีคะแนนรวมมากกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ - ผลการประเมินอยู่ในระดับดี หรือดีมาก
Mathematics	ด้านความรู้ - วิเคราะห์กิจกรรมเรื่อง เอนไซม์ ในหัวข้อเรื่อง เอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์ โปรทีเนส และกรดโฟลิก ด้านทักษะ - ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์คำนวณเบื้องต้นในการทดลอง	- ใบกิจกรรม	- ใช้เกณฑ์การประเมินแบบแยกองค์ประกอบของสสวท - ใช้เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติการ นักเรียนมีคะแนนรวมมากกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

การประเมินผลแบบแยกองค์ประกอบ

ระดับ คะแนน	การออกแบบการทดลอง	เกณฑ์การประเมิน การดำเนินการทดลอง	การนำเสนอ
4	- เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหาและออกแบบการทดลองและใช้เทคนิควิธีถูกต้องแสดงถึงความคิดริเริ่ม	- การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนครบถ้วนถูกต้อง มีการทำซ้ำ และเก็บข้อมูลได้ละเอียดรอบคอบ ครบถ้วนตามที่ต้องการวัด	- ดูง่ายเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ในการนำเสนอข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วนเหมาะสม การสรุปผล การทดลองถูกต้อง มีการนำเหตุผลและความรู้อ้างอิงประกอบการสรุปการทดลอง
3	- เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง ออกแบบการทดลองและใช้เทคนิควิธีถูกต้อง	- การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนครบถ้วนถูกต้อง แต่ไม่มีการทำซ้ำ การเก็บข้อมูลครบถ้วนตามที่ต้องการวัด	- การนำเสนอข้อมูลถูกต้อง ครบถ้วน วิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วน การสรุปการทดลองถูกต้อง มีการนำเหตุผลและความรู้อ้างอิงประกอบ
2	- เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง การออกแบบการทดลองและเทคนิควิธียังไม่ถูกต้อง	- การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ แต่ไม่มีการทำซ้ำ การเก็บข้อมูลครบถ้วนตามที่ต้องการวัด	- การนำเสนอข้อมูลถูกต้อง วิเคราะห์ข้อมูลครบถ้วน การนำเสนอผลการทดลองถูกต้อง

ระดับ คะแนน	การออกแบบการทดลอง	เกณฑ์การประเมิน การดำเนินการทดลอง	การนำเสนอ
1	-เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐาน ถูกต้อง ต้องอาศัยการ แนะนำในการออกแบบการ ทดลอง	- การดำเนินการทดลอง ไม่ ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ การ เก็บข้อมูลไม่ครบถ้วน	-การนำเสนอข้อมูล ถูกต้อง การวิเคราะห์ ข้อมูลไม่ครบถ้วน การ สรุปผลการทดลองไม่ ถูกต้อง

แบบประเมินการปฏิบัติการ

ชื่อสมาชิกในกลุ่ม 1.....2.....
 3.....4.....
 5.....6.....

วันที่ประเมิน.....

รายการที่ประเมิน	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
วิธีดำเนินการทดลอง		
การปฏิบัติการทดลอง		
ความคล่องแคล่วในขณะ ปฏิบัติการ		
การนำเสนอ		
รวม		
ระดับคะแนนที่ได้		

มาตรฐานการประเมินการปฏิบัติการ

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนน
1. วิธีดำเนินการทดลอง	
—ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการกำหนดวิธีการขั้นตอนและการใช้เครื่องมือ	1
—กำหนดวิธีการและขั้นตอนไม่ถูกต้อง ต้องให้ความช่วยเหลือ	2
—กำหนดวิธีการและขั้นตอนถูกต้อง การใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ยังไม่เหมาะสม	3
—กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง เลือกใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองเหมาะสม	4
2. การปฏิบัติการทดลอง	
—ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์	1
—ต้องให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์	2
—ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องถ้าให้คำแนะนำ	3
—ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง	4
3. ความคล่องแคล่วในขณะปฏิบัติการ	
—ทำการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนด และทำอุปกรณ์เครื่องใช้แตกหักเสียหาย	1
—ทำการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนด เนื่องจากขาดความคล่องแคล่วในการใช้อุปกรณ์และการดำเนินการทดลอง	2
—มีความคล่องแคล่วในการทำการทดลอง และการใช้อุปกรณ์ แต่ต้องชี้แนะเรื่องการใช้อุปกรณ์อย่างปลอดภัย	3
—มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลอง และใช้อุปกรณ์ดำเนินการทดลองได้อย่างปลอดภัย เสร็จทันเวลา	4
4. การนำเสนอ	
—ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการบันทึกผลการทดลอง สรุปผลและการนำเสนอ	1
—ต้องให้คำแนะนำในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง และการนำเสนอจึงปฏิบัติได้	2
—บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้อง แต่การนำเสนอยังไม่เป็นขั้นตอน	3

—บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้อง รัตกุม บันทึกการ
นำเสนอเป็นขั้นตอนชัดเจน

4

เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

1. ชั้นระบุปัญหา (ระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์มากที่สุด)

4 คะแนน หมายถึง สามารถระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องมากที่สุดภายในขอบเขตของข้อเท็จจริง
และสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

3 คะแนน หมายถึง สามารถระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องภายในขอบเขตของข้อเท็จจริงและ
สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

2 คะแนน หมายถึง สามารถระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องภายในขอบเขตของข้อเท็จจริงได้แต่ไม่
สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

1 คะแนน หมายถึง ไม่สามารถระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องภายในขอบเขตของข้อเท็จจริงและไม่
สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

2. ชั้นวิเคราะห์ปัญหา (ระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาโดยพิจารณาจากข้อเท็จจริงของสถานการณ์)

4 คะแนน หมายถึง สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาโดยพิจารณาจากข้อเท็จจริงและ
สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้มากที่สุด

3 คะแนน หมายถึง สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่
กำหนดให้

2 คะแนน หมายถึง สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาได้แต่ไม่สอดคล้องกับ
สถานการณ์ที่กำหนดให้

1 คะแนน หมายถึง ไม่สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาได้และไม่สอดคล้องกับ
สถานการณ์ที่กำหนดให้

3. ชั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา (เสนอแนวทางในการแก้ปัญหาที่ตรงกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุ
ไว้)

4 คะแนน หมายถึง สามารถเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อตรวจสอบสาเหตุของ
ปัญหาจากข้อเท็จจริงได้สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาและนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้

3 คะแนน หมายถึง สามารถเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อตรวจสอบสาเหตุของ
ปัญหาจากข้อเท็จจริงได้สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาแต่ไม่นำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้

2 คะแนน หมายถึง สามารถเสนอแนวทาง ในการแก้ปัญหาเพื่อตรวจสอบสาเหตุของ
ปัญหาจากข้อเท็จจริงแต่ไม่สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาและไม่นำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้

1 คะแนน หมายถึง ไม่สามารถเสนอแนวทาง ในการแก้ปัญหาเพื่อตรวจสอบสาเหตุของ
ปัญหาจากข้อเท็จจริงและไม่สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาและไม่นำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้

ได้

4. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (อธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการแก้ปัญหา คิดว่าผลที่ได้จะเป็นอย่างไร)

4 คะแนน หมายถึง สามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ได้มากที่สุด

3 คะแนน หมายถึง สามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้

2 คะแนน หมายถึง สามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการแก้ปัญหาได้ไม่ สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้

1 คะแนน หมายถึง ไม่สามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้



ภาคผนวก ค

- แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
- แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
- แบบสอบถามความพึงพอใจ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์แอมิเลส

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เวลา 150 นาที

มาตรฐานและผลการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลาดังนั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ม. 4 – 6/5 รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบถูกต้องครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสมหรือความผิดพลาดของข้อมูล

ว 8.1 ม. 4 – 6/9 นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง

ว 8.1 ม. 4 – 6/11 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิมซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

ว 8.1 ม. 4 – 6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงานและ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต
2. อธิบายและสรุปเกี่ยวกับกระบวนการทางชีววิทยา ที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
3. นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาออกแบบการทดลอง ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับชีววิทยา
4. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของสารเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต
5. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และนำความรู้เกี่ยวกับชีววิทยามาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนสามารถแยกสารย่อยคาร์โบไฮเดรตจากธรรมชาติได้ โดยมีการวางแผน ออกแบบ

การทดลอง สืบค้นข้อมูล และเตรียมการคำนวณเบื้องต้นได้อย่างถูกต้อง

ด้านความรู้ (K)

วิทยาศาสตร์ (S)

–อธิบายเกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์แอมิเลส

คณิตศาสตร์ (M)

–วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์แอมิเลส

ด้านทักษะ (P)

วิทยาศาสตร์ (S)

1. นักเรียนสามารถแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้
2. นักเรียนสามารถสื่อสารและนำเสนอผลงานได้

เทคโนโลยี (T)

1. สืบค้นข้อมูลการออกแบบการทดลองการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์แอมิเลส
2. นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือช่วยอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการได้อย่าง

ถูกต้อง

วิศวกรรม (E)

–ออกแบบการทดลองวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์แอมิเลสได้เหมาะสมที่สุด

คณิตศาสตร์ (M)

–ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์คำนวณเบื้องต้นในการทดลอง

ด้านคุณลักษณะ (A)

1. มีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการทำงานที่มอบหมาย
2. มีจิตวิทยาศาสตร์ในด้านการตั้งใจทำงาน ซื่อสัตย์ และสามารถทำงานเป็นกลุ่ม

ร่วมกับผู้อื่นได้

สาระสำคัญ

เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยสามารถเร่งปฏิกิริยาไปข้างหน้าและย้อนกลับได้ การเปลี่ยนแปลงของสารเคมีในสิ่งมีชีวิตในกระบวนการเมตาบอลิซึมล้วนถูกเร่งโดยเอนไซม์ทั้งนั้น เอนไซม์ส่วนใหญ่เป็นโปรตีน ดังนั้นเอนไซม์จึงทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสมเท่านั้น หรือสามารถทำให้เสียสภาพด้วยความร้อน หรือสภาวะที่เป็นกรดหรือด่างมาก ๆ เป็นต้น ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เอนไซม์ในหลาย ๆ ด้าน เช่น ใช้ในกระบวนการผลิตอาหาร การตรวจวิเคราะห์ทางคลินิกและอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นต้น

แอมิเลสเป็นเอนไซม์ในกลุ่มไฮโดรเลสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ในการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลโดยไฮโดรไลซ์พันธะ 1,4-glycosidase bond ในโมเลกุลของแป้งให้มีขนาดของโมเลกุลเล็กลง ทำให้ได้เดกซ์ทรินและน้ำตาลไคแซ็กคาไรด์ เช่น มอลโทส มอโนแซ็กคาไรด์ เช่น กลูโคส แอมิเลสส่วนใหญ่พบในน้ำลาย ตับอ่อน

ชั้นงานหรือภาระงาน

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน
3. ใบกิจกรรมเรื่องเอนไซม์แอมิเลส

การประเมินผล

1. ประเมินความรู้ความเข้าใจด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
2. ประเมินกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยใบกิจกรรมเรื่องเอนไซม์แอมิเลส โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบแยกองค์ประกอบและแบบประเมินปฏิบัติการ ตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
3. ประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนที่ปรับปรุงมา

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ขั้นก่อนทำกิจกรรม

1. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน
2. สร้างสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องดังนี้ สมมติว่านักเรียนนักวิจัยในห้องปฏิบัติการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในโรงงานของบริษัทผลิตน้ำเชื่อมแห่งหนึ่ง ซึ่งมีการแข่งขันที่สูงและรุนแรงในสภาพการตลาดในปัจจุบัน นับวันคู่แข่งยิ่งมากขึ้นทุกวันและต่างงัดกลยุทธ์ออกมาต่อสู้กัน ที่เห็นมากที่สุดก็คงเป็นเรื่องของราคาขายที่ถูกกว่า ซึ่งเป็นการตอบสนองความต้องการของลูกค้า แต่การที่จะได้มาซึ่งสินค้าที่มีราคาถูกนั้น องค์ประกอบหลักของทางผู้ผลิต คือ ต้นทุนการผลิต ที่ต้องทำให้ต่ำที่สุดโดยที่คุณภาพและคุณค่าในการใช้งานยังคงอยู่ภายใต้การยอมรับของลูกค้า ทางบริษัทจึงต้องการให้นักเรียนออกแบบการผลิตน้ำเชื่อมที่ช่วยลดต้นทุนในการผลิต
3. ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องของคาร์โบไฮเดรตและเอนไซม์ให้กับนักเรียน โดยตั้งคำถามดังต่อไปนี้
 - 3.1 นักเรียนรู้จักคาร์โบไฮเดรตประเภทอะไรบ้าง (แป้งและน้ำตาล)
 - 3.2 นักเรียนมีวิธีการทดสอบคาร์โบไฮเดรตอย่างไร (ทดสอบโดยใช้สารละลายไอโอดีน ซึ่งมีสีเหลือง น้ำตาล ถ้าทำปฏิกิริยากับแป้ง เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้ม หรือ ม่วงดำ)
 - 3.3 เอนไซม์เป็นสารชีวโมเลกุลประเภทอะไร (โปรตีน)
 - 3.4 เอนไซม์มีหน้าที่อะไร (เร่งปฏิกิริยาเคมีและลดพลังงานกระตุ้น)
 - 3.5 เอนไซม์จะมีความจำเพาะเจาะจงกับสารตั้งต้นที่ถูกกำหนดไว้เท่านั้น ให้นักเรียนยกตัวอย่าง (เอนไซม์แอมิเลสย่อยแป้งให้ได้น้ำตาล)
 - 3.6 นักเรียนคิดว่าปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์คืออะไร (อุณหภูมิ เนื่องจากเอนไซม์ถูกทำลายได้ง่ายที่อุณหภูมิสูง)

4. ครูแจกใบความรู้ให้กับนักเรียน
5. จากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ ครูให้นักเรียนตั้งปัญหา หาทางแก้ปัญหา และออกแบบการทดลองในการแก้ปัญหาครั้งนี้
6. ครูให้นักเรียนสำรวจวัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีในห้องทดลองเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองและหากนักเรียนต้องการวัสดุอุปกรณ์มากกว่านี้ นักเรียนต้องออกแบบและประดิษฐ์ขึ้นมาเองเพื่อให้เหมาะสมต่อการทดลองของนักเรียน
7. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย

ขั้นทำกิจกรรม

1. ครูวางเงื่อนไขในการทดลองครั้งนี้ว่า
 - 1.1 ให้นักเรียนสืบค้นและหาตัวอย่างผักหรือผลไม้ที่มีเอนไซม์แอมิเลสมาทำการทดลอง
 - 1.2 ออกแบบการสกัดเอนไซม์แอมิเลสอย่างหยาบโดยให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลมาก่อน
 - 1.3 ออกแบบชุดทดลองหรือภาชนะในการสกัดเอนไซม์ที่ไม่ทำให้เอนไซม์เสียสภาพซึ่งต้องมีอุณหภูมิประมาณ 4°C
 - 1.4 ใช้งบประมาณอย่างจำกัด
2. ครูให้นักเรียนเลือกปัญหาที่ดีที่สุด และตั้งสมมติฐาน จากนั้นให้นักเรียนเขียนแผนผังการออกแบบการทดลอง
3. ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามแบบการทดลองที่ออกแบบไว้ที่เหมาะสมที่สุด
4. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย

ขั้นนำเสนอและอภิปราย

1. เมื่อนักเรียนออกแบบการทดลองและปฏิบัติการทดลองเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาอภิปรายหน้าชั้นเรียนในหัวข้อต่อไปนี้
 - 1.1 ปัญหา และสมมติฐานการทดลองนี้คืออะไร
 - 1.2 นักเรียนออกแบบการทดลองนี้ได้อย่างไร
 - 1.3 ผลการทดลองที่ได้เป็นอย่างไร
 - 1.4 อุปสรรคและปัญหาในการทดลองเป็นอย่างไร
 - 1.5 นักเรียนได้รับแนวคิดหรือความรู้และประโยชน์จากการทำกิจกรรมครั้งนี้อย่างไร
 - 1.6 นักเรียนจะนำแนวคิดหรือความรู้นี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชน หรือประเทศชาติได้อย่างไรบ้าง
 - 1.7 นักเรียนคิดว่าความรู้ที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้งานนี้สำเร็จสูงส่งคือด้านใดบ้าง
2. ครูสังเกตการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม การนำเสนอผลงาน การตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนในขณะปฏิบัติกิจกรรม และจากการตอบคำถามในห้องเรียน ตลอดจนการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน

ขั้นสรุปและขยายความรู้

1. ครูสรุปความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา อีกทั้งขยายความรู้นอกเหนือจากความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา

2. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

สื่อการเรียนรู้หรือแหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมเรื่องเอนไซม์แอมิเลส

2. Power point



ใบความรู้ที่ 1 เอนไซม์แอมิเลส

เอนไซม์แอมิเลสถูกค้นพบขึ้นเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1831 โดย ศุนย์ฟรีดริช โดยได้อธิบายถึงการย่อยสลายแป้งด้วยน้ำลาย

แอมิเลส เป็นเอนไซม์ในกลุ่มไฮโดรเลส (hydrolases) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ในการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลโดยไฮโดรไลซ์ 1,4-glycosidase bond ในโมเลกุลของแป้ง ให้มีขนาดของโมเลกุลเล็กลง ทำให้ได้เดกซ์ทริน (dextrin) และน้ำตาลไดแซ็กคาไรด์ เช่น มอลโทส มอนแซ็กคาไรด์ เช่น กลูโคส แอมิเลสส่วนใหญ่พบในน้ำลาย ตับอ่อน แอมิเลสที่พบในน้ำลายจะเรียกว่า ไทยาลิน ซึ่งสามารถพบได้ในคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

ชนิดของเอนไซม์แอมิเลส สามารถแบ่งได้ 3 ชนิดคือ

1) แอลฟา-แอมิเลส (alpha-amylase) มีชื่อสามัญว่า ไดแอสเทส (diastase) เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาย่อยสลายแป้ง และไกลโคเจน ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ได้ ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ คือ มอลโทส และเดกซ์ทรินสายสั้น (limited dextrin) โดยไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่งแอลฟา 1 – 4 แบบสุ่ม เอนไซม์แอลฟา – แอมิเลส พบทั่วไปทั้งในอาณาจักรพืชและสัตว์ โดยในอาณาจักรสัตว์จะพบในส่วนของน้ำลาย ตับอ่อน มีบทบาทสำคัญในระบบย่อยอาหาร ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เอนไซม์นี้ในการไฮโดรไลซ์แป้ง ในขั้นตอนการทำ liquefaction เพื่อลดความหนืดของสารละลายแป้งภายหลังการเกิดเจลลาติไนซ์ เพื่อผลิตน้ำเชื่อมกลูโคส

2) บีตา-แอมิเลส (beta-amylase) เป็นเอนไซม์ที่มีปฏิกิริยาการย่อยสลายของบีตา-แอมิเลสจะเจาะจงต่อพันธะไกลโคไซด์ของแป้งที่ α -1, 4 ในลักษณะการตัดสายพอลิเมอร์อย่างเป็นระเบียบจากปลายสายสู่ภายในสายไปที่ละ 1 หน่วยของมอลโทส หรือที่ละ 2 หน่วยของกลูโคส ทำให้ได้น้ำตาลมอลโทส เอนไซม์นี้ไม่พบในน้ำย่อยของมนุษย์ แต่พบในรา แบคทีเรีย เช่น *Bacillus cereus* และพบในผลไม้ระหว่างการสุก

3) แกมมา-แอมิเลส (gamma-amylase) เป็นเอนไซม์ที่ไฮโดรไลซ์สายพอลิเมอร์ของแป้งได้ทั้งที่พันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่งแอลฟา 1–4 และแอลฟา 1–6 จึงสามารถไฮโดรไลซ์โมเลกุลของอะไมโลเพกทิน ซึ่งโมเลกุลมีสายแขนง โดยจะไฮโดรไลซ์จากส่วนปลายด้านนอนรีติวส์ เข้ามาที่ละ 1 หน่วยได้น้ำตาลกลูโคส เป็นเอนไซม์ที่พบทั่วไปในรา และแบคทีเรีย

การประยุกต์ใช้เอนไซม์แอมิเลสในอุตสาหกรรม

ปัจจุบันเอนไซม์ได้เข้ามามีส่วนร่วมในวงการอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากช่วยลดต้นทุนในการผลิต และสารเคมีสังเคราะห์ที่มีราคาสูง บ่อยครั้งสารเคมีเหล่านั้นเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และยังทำลายสิ่งแวดล้อมในทางอ้อม

ในอุตสาหกรรมอาหารเอนไซม์แอมิเลสเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมประเภทที่ใช้แป้งเป็นวัตถุดิบโดยใช้เอนไซม์ชนิดนี้ร่วมกับเอนไซม์ชนิดอื่นเพื่อเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคสสำหรับอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทยที่มีการใช้เอนไซม์ ได้แก่ อุตสาหกรรมการแปรรูปแป้งและผลิตน้ำเชื่อม อุตสาหกรรมเบเกอรี่ และขนมปังกรอบ (cracker) อุตสาหกรรมสารปรุงแต่งรสชาติอาหาร อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องดื่มและนม และอุตสาหกรรมเครื่องดื่มและน้ำผลไม้ ซึ่งอุตสาหกรรมการแปรรูปแป้งและผลิตน้ำเชื่อมนั้นเป็นอุตสาหกรรมแรกที่ได้นำเอนไซม์มาใช้เป็นระยะเวลานานกว่า 10 ปีแล้ว และพบว่าประเทศไทยนำเข้าเอนไซม์จากต่างประเทศมากเนื่องจากประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตเอนไซม์ที่ต้องการใช้ได้เอง

เอกสารอ้างอิง

- ปราณี อานแปรื่อง. (2558). เอนไซม์ทางอาหาร. (ครั้งที่ 5) . กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิราสิณี จันทรเป็ง และ นพพล เล็กสวัสดิ์. (2556). “อะไมเลส (amylase).” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.agro.cmu.ac.th/absc/data/57/57-025.pdf> (สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2558)

ใบกิจกรรมที่ 1

เอนไซม์แอมิเลส

จุดประสงค์

นักเรียนสามารถแยกสารย่อยคาร์โบไฮเดรตจากธรรมชาติได้ โดยมีการวางแผนออกแบบได้อย่าง ถูกต้อง สืบค้นข้อมูล และเตรียมการคำนวณเบื้องต้นในการทดลอง

คำชี้แจง: ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์แล้วตอบคำถาม

สมมติว่านักเรียนเป็นนักวิจัยในโรงงานของบริษัทผลิตน้ำเชื่อมแห่งหนึ่ง ซึ่งมีการแข่งขันที่สูงและรุนแรงในสภาพการตลาดในปัจจุบัน นับวันคู่แข่งยิ่งมากขึ้นทุกวันและต่างงัดกลยุทธ์ออกมาต่อสู้กัน ที่เห็นมากที่สุดก็คงเป็นเรื่องของราคาขายที่ถูกกว่า ซึ่งเป็นการตอบสนองความต้องการของลูกค้า แต่การที่จะได้มาซึ่งสินค้าที่มีราคาถูกนั้น องค์ประกอบหลักของทางผู้ผลิต คือ ต้นทุนการผลิตที่ต้องทำให้ต่ำที่สุดโดยที่คุณภาพและคุณค่าในการใช้งานยังคงอยู่ภายใต้การยอมรับของลูกค้า ทางบริษัทจึงต้องการให้นักเรียนออกแบบการผลิตน้ำเชื่อมที่ช่วยลดต้นทุนในการผลิต

การผลิตน้ำเชื่อม

น้ำเชื่อม หมายถึง สารละลายของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและ/หรือโมเลกุลคู่ ได้แก่ น้ำเชื่อมกลูโคส น้ำเชื่อมฟรักโทส น้ำเชื่อมมอลโทส เป็นต้น

การผลิตน้ำเชื่อมวิธีดั้งเดิมใช้กรดแก่ราคาถูก ได้แก่ กรดเกลือ กรดกำมะถัน เป็นต้น ปัญหาการใช้กรดในการผลิตน้ำเชื่อมกลูโคส มักจะเกิดกับเครื่องมือที่ไม่ทนกรด เกิดการปนเปื้อนโลหะหนัก การผลิตน้ำเชื่อมกลูโคส ในปัจจุบันอุตสาหกรรมจึงหันมาใช้วิธีทางชีวภาพ คือการใช้เอนไซม์ในการย่อยแป้งเพื่อผลิตเป็นน้ำเชื่อม ดังแสดงในภาพที่ 1 แต่ในปัจจุบันพบว่าประเทศไทยมีการนำเข้าเอนไซม์จากต่างประเทศจึงทำให้มีต้นทุนที่สูง ในฐานะที่นักเรียนเป็นนักวิจัยนักเรียนจะหาอย่างไรในการลดต้นทุนการผลิตนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

2. นักเรียนมีแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างไร

.....

.....

3. นักเรียนหาตัวอย่างผักหรือผลไม้ชนิดใดมาทำการทดลอง

.....

.....

เพราะเหตุใด

.....

.....

ระบุแหล่งสืบค้น

.....

4. ข้อมูลของตัวอย่างผักหรือผลไม้ที่นำมาทดลอง

.....

.....

ระบุแหล่งสืบค้น

.....

5. ปัญหาของการทดลอง

.....

.....

สมมติฐานของการทดลอง

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

6. แผนผังการทดลอง

7. ผลการทดลองที่ได้

8. อุปสรรคและปัญหาในการทดลอง

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง เอนไซม์โพทิเนส

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เวลา 150 นาที

มาตรฐานและผลการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลาดังนั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ม. 4 – 6/5 รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบถูกต้องครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสมหรือความผิดพลาดของข้อมูล

ว 8.1 ม. 4 – 6/9 นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง

ว 8.1 ม. 4 – 6/11 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิมซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

ว 8.1 ม. 4 – 6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงานและ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต
2. อธิบายและสรุปเกี่ยวกับกระบวนการทางชีววิทยา ที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
3. นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาออกแบบการทดลอง ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับชีววิทยา
4. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของสารเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต
5. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และนำความรู้เกี่ยวกับชีววิทยามาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนสามารถแยกสารย่อยเนื้อจากธรรมชาติได้ โดยมีการวางแผน ออกแบบการทดลอง สืบค้นข้อมูล และเตรียมการคำนวณเบื้องต้นได้อย่างถูกต้อง

ด้านความรู้ (K)**วิทยาศาสตร์ (S)**

–อธิบายเกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์โปรทีเนส

คณิตศาสตร์ (M)

–วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์โปรทีเนส

ด้านทักษะ (P)**วิทยาศาสตร์ (S)**

1. นักเรียนสามารถแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้
2. นักเรียนสามารถสื่อสารและนำเสนอผลงานได้

เทคโนโลยี (T)

1. สืบค้นข้อมูลในการออกแบบการทำงานของเอนไซม์โปรทีเนส
2. นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือช่วยอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการได้อย่าง

ถูกต้อง**วิศวกรรม (E)**

–ออกแบบทดลองการทำงานของเอนไซม์โปรทีเนสที่ใช้อยู่ในห้องปฏิบัติการได้อย่างถูกต้อง

คณิตศาสตร์ (M)

–ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์คำนวณเบื้องต้นในการทดลอง

ด้านคุณลักษณะ (A)

1. มีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการทำงานที่มอบหมาย
2. มีจิตวิทยาศาสตร์ในด้านการตั้งใจทำงาน ซื่อสัตย์ และสามารถทำงานกลุ่มร่วมกับ

ผู้อื่นได้**สาระการเรียนรู้****เอนไซม์โปรทีเนส**

โปรทีเนสมีชื่อสามัญหลายชื่อ ได้แก่ เพปติเดส (peptidase) เพปไทด์ไฮโดรเลส (peptide hydrolase) และโปรติโอไลติกเอนไซม์ (proteolytic enzyme)

โปรทีเนสทำหน้าที่ย่อยพันธะเพปไทด์ (peptide bond) ของโปรตีนให้เป็นการดอะมิโนและโอลิโกเพปไทด์ต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งตามหน้าที่ได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

(1) เอนโดเพปติเดส (endopeptidases) ย่อยสลายพันธะเพปไทด์อิสระภายในสายโปรตีน

(2) เอกโซเพปติเดส (exopeptidases) ย่อยสลายพันธะเพปไทด์จากปลายด้านสายของโปรตีน โปรทีเนสผลิตได้จากพืช สัตว์และจุลินทรีย์ โดยในระยะแรก ๆ นั้น ศึกษาการผลิตโปรทีเนสในพืช และสัตว์เป็นส่วนใหญ่ โปรทีเนสที่ผลิตจากพืช เช่น โบรมีเลนจากสับปะรด ปาเปนจากยางมะละกอ โปรทีเนสที่ผลิตจากสัตว์ เช่น เรนินจากกระเพาะลูกวัว โปรทีเนสที่ผลิตจาก

จุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตโพธิเนสได้มีทั้งเชื้อแบคทีเรียและรา

โพธิเนสเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทมากในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมทอผ้า อุตสาหกรรมฟอกหนัง อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมถ้ายรูป การบำบัดของเสีย อุตสาหกรรมสารซักล้าง เป็นต้น

ขั้นตอนหรือภาระงาน

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน
3. ไปกิจกรรมเรื่องการศึกษาการทำงานของเอนไซม์โปรติเอสที่มีในธรรมชาติ

การประเมินผล

1. ประเมินความรู้ความเข้าใจด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
2. ประเมินกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาด้วยใบกิจกรรมเรื่องเอนไซม์โปรติเอส โดยใช้ rubric การประเมินแบบแยกองค์ประกอบและแบบประเมินปฏิบัติการ ตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3. ประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์การประเมินที่ปรับปรุงมา

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ขั้นก่อนทำกิจกรรม

1. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. สร้างสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องดังนี้ นักเรียนบริโภคเนื้อเป็นหนึ่งในอาหารหลักซึ่งเนื้อในตลาดอาจจะมีสารปนเปื้อน เช่น สารเคมีที่ทำให้เนื้อนุ่ม ซึ่งสารพวกนี้เป็นอันตรายต่อสุขภาพ นักเรียนซึ่งเป็นนักวิจัยของบริษัทที่ผลิตเนื้อหมู และต้องการประมุลผลิตภัณฑ์เนื้อหมูนุ่มให้กับห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง ซึ่งมีหลายบริษัทเข้าร่วมในการประมุลนี้ ดังนั้นนักเรียนจะใช้หลักการและความรู้ทางชีววิทยาและเคมีใดบ้าง ในการทำให้เนื้อนุ่มด้วยวัสดุจากธรรมชาติมาทดแทน ที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและหาได้ง่ายในท้องถิ่น เพื่อที่จะชนะการประมุลในครั้งนี้
3. ครูแจกใบกิจกรรมให้กับนักเรียน
4. จากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ ครูให้นักเรียนตั้งปัญหา หาทางแก้ปัญหา และออกแบบการทดลองในการแก้ปัญหาครั้งนี้
5. ครูให้นักเรียนสำรวจวัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีในห้องทดลองเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองและหากนักเรียนต้องการวัสดุอุปกรณ์มากกว่านี้ นักเรียนต้องออกแบบและประดิษฐ์ขึ้นมาเองเพื่อให้เหมาะสมต่อการทดลองของนักเรียน
6. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย

ขั้นทำกิจกรรม

1. ครูวางเงื่อนไขในการทดลองครั้งนี้ว่า
 - 1.1 ให้นักเรียนสืบค้นและหาตัวอย่างผักหรือผลไม้ที่สามารถทำให้หมูนุ่มมาทำการทดลอง
 - 1.2 ออกแบบการทดลองอย่างหยาบโดยให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลมาก่อน
 - 1.3 ใช้งบประมาณอย่างจำกัด
2. ครูให้นักเรียนเลือกปัญหาที่ดีที่สุด และตั้งสมมติฐาน จากนั้นให้นักเรียนเขียนแผนผังการออกแบบการทดลอง
3. ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามแบบการทดลองที่ออกแบบไว้
4. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย
5. หลังจากที่นักเรียนได้ทำการทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว ครูแจกใบกิจกรรมให้กับนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตั้งชื่อบริษัทของตนเองที่จะนำเนื้อหมูมาประมูล
6. ครูให้นักเรียนส่งตัวแทนออกมา 10 คน เป็นผู้ทดสอบความนุ่มของเนื้อหมู จากนั้นให้คะแนน และประกาศผลบริษัทที่ประมูลได้

ขั้นนำเสนอและอภิปราย

1. เมื่อนักเรียนออกแบบการทดลองและปฏิบัติการทดลองเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาอภิปรายหน้าชั้นเรียนในหัวข้อต่อไปนี้
 - 1.1 ปัญหา และสมมติฐานการทดลองนี้คืออะไร
 - 1.2 นักเรียนออกแบบการทดลองนี้อย่างไร
 - 1.3 ผลการทดลองที่ได้เป็นอย่างไร
 - 1.4 อุปสรรคและปัญหาในการทดลองเป็นอย่างไร
 - 1.5 นักเรียนได้รับแนวคิดหรือความรู้และประโยชน์จากการทำกิจกรรมครั้งนี้ได้อย่างไรบ้าง

บ้าง

- 1.6 นักเรียนจะนำแนวคิดหรือความรู้นี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชน หรือประเทศชาติได้อย่างไรบ้าง
 - 1.7 นักเรียนคิดว่าความรู้ที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้งานนี้สำเร็จสูงส่งคือด้านใดบ้าง
2. ครูสังเกตการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม การนำเสนอผลงาน การตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนในขณะปฏิบัติกิจกรรม และจากการตอบคำถามในห้องเรียน ตลอดจนการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน

ขั้นสรุปและขยายความรู้

1. ครูสรุปความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา อีกทั้งขยายความรู้นอกเหนือจากความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา
2. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

สื่อการเรียนรู้หรือแหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรม เรื่อง เอนไซม์โปรทีเนสที่มีในธรรมชาติ
2. power point เรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส



ใบความรู้ที่ 2 เอนไซม์โปรตีนเนส

โปรตีนเนสมีชื่อสามัญหลายชื่อ ได้แก่ เพปติเดส (peptidase) โปรตีเอส (protease) เพปไทด์ไฮโดรเลส (peptide hydrolase) และโปรติโอไลติกเอนไซม์ (proteolytic enzyme) โปรตีนเนสทำหน้าที่ย่อยพันธะเพปไทด์ (peptide bond) ของโปรตีนให้เป็นการดอะมิโนและโอลิโกเพปไทด์ต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งตามหน้าที่ได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) เอนโดเพปติเดส (endopeptidases) ย่อยสลายพันธะเพปไทด์อิสระภายในสายโปรตีน

2) เอกโซเพปติเดส (exopeptidases) ย่อยสลายพันธะเพปไทด์จากด้านปลายสายของโปรตีน

ประเภทของโปรตีนเนส

สามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ตามลักษณะบริเวณเร่งของเอนไซม์ คือ

- 1) โปรตีเอสเซรีน (serine proteases)
- 2) โปรตีเอสซัลไฟดริล (sulfhydryl proteases)
- 3) โปรตีเอสที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบ (metal-containing proteases)
- 4) โปรตีเอสกรด (acid proteases)

โปรตีนเนสผลิตได้จากพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ โดยในระยะแรก ๆ นั้น ศึกษาการผลิตโปรตีนเนสในพืช และสัตว์เป็นส่วนใหญ่ โปรตีนเนสที่ผลิตจากพืช เช่น โบรมีเลนจากสับปะรด ปาเปนจากยางมะละกอ โปรตีนเนสที่ผลิตจากสัตว์ เช่น เรนินจากกระเพาะลูกวัว โปรตีนเนสที่ผลิตจากจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตโปรตีนเนสได้มีทั้งเชื้อแบคทีเรียและรา

โปรตีนเนสเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทมากในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมทอผ้า อุตสาหกรรมฟอกหนัง อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมถ้ายรูป การบำบัดของเสีย อุตสาหกรรมสารซักล้าง เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

ปราณี อ่านเปรื่อง. (2558). เอนไซม์ทางอาหาร. (ครั้งที่ 5) . กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ใบกิจกรรมที่ 2

เอนไซม์โพทิเนส

จุดประสงค์

นักเรียนสามารถแยกสารย่อยเนื้อจากธรรมชาติได้ โดยมีการวางแผนออกแบบได้อย่างถูกต้อง สืบค้นข้อมูล และเตรียมการคำนวณเบื้องต้นในการทดลอง

คำชี้แจง: ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์แล้วตอบคำถาม

นักเรียนบริโภคเนื้อเป็นหนึ่งในอาหารหลัก ซึ่งเนื้อในตลาดอาจจะมีสารปนเปื้อน เช่น สารเคมีที่ทำให้เนื้อนุ่ม ซึ่งสารพวกนี้เป็นอันตรายต่อสุขภาพ นักเรียนซึ่งเป็นนักวิจัยของบริษัทที่ผลิตเนื้อหมู และต้องการประเมินผลผลิตกัณฑ์เนื้อหมูนุ่มให้กับห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง ซึ่งมีหลายบริษัทเข้าร่วมในการประเมินนี้ ดังนั้นนักเรียนจะใช้หลักการและความรู้ทางชีววิทยาและเคมีใดบ้าง ในการทำให้เนื้อนุ่มด้วยวัสดุจากธรรมชาติมาทดแทน ที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและหาได้ง่ายในท้องถิ่น เพื่อที่จะชนะการประเมินในครั้งนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

2. นักเรียนมีแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างไร

.....

.....

3. นักเรียนหาตัวอย่างผักหรือผลไม้ชนิดใดมาทำการทดลอง

.....

.....

เพราะเหตุใด

.....

.....

ระบุแหล่งสืบค้น

.....

.....

4. ข้อมูลของตัวอย่างผักหรือผลไม้ที่นำมาทดลอง

.....

.....

ระบุแหล่งสืบค้น

.....

.....

5. ปัญหาของการทดลอง

.....

.....

สมมติฐานของการทดลอง

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

6. แผนผังการทดลอง



7. ผลการทดลองที่ได้

8. อุปสรรคและปัญหาในการทดลอง

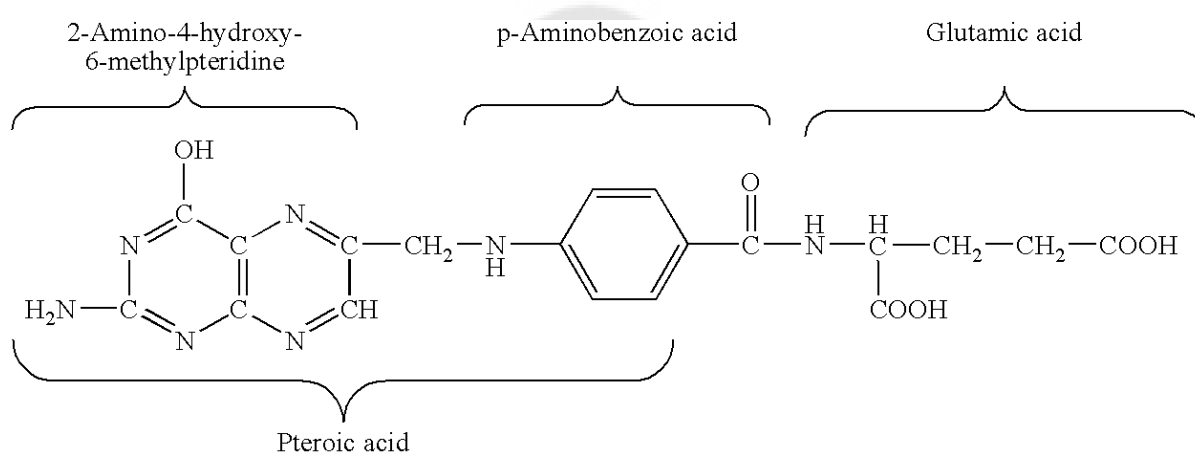
.....

.....

ใบความรู้ที่ 3 กรดโฟลิก (folic acid)

กรดโฟลิก หรือโฟเลต มีชื่อทางเคมีว่า กรดเทอโรอิลกลูตามิก (pteroylglutamic acid, PGA)

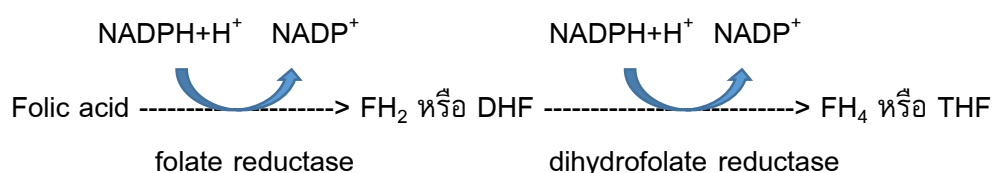
กรดโฟลิกประกอบด้วยกรดพาราเบนโซอิก (parabenzoic acid, PABA) เทอริดีน (pteridine) และกรดอะมิโนกลูตามิก (glutamic acid) ซึ่งมีประมาณ 1-7 ตัว



ภาพ โครงสร้างทางเคมีของกรดโฟลิกที่มี 1 กรดอะมิโนกลูตามิก

กรดโฟลิกเป็นวิตามินที่มีสถานะเป็นของแข็ง ผลึกสีเหลือง สามารถละลายได้ในน้ำ ถ้าอยู่ในสารละลายจะสลายง่ายเมื่อถูกความร้อน และถ้าอยู่ในสถานะเป็นของแข็งจะถูกสลายได้ง่ายโดยแสง

บทบาทหน้าที่ กรดโฟลิกทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โคเอนไซม์ เทตระไฮโดรโฟเลต (tetrahydrofolate, FH_4 หรือ THF) ขั้นตอนการสังเคราะห์เป็นดังนี้



เทตระไฮโดรโฟเลตเป็นโคเอนไซม์ที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุลต่าง ๆ เช่น พิวรีน พิริมิดีน และโคลีน (choline) เป็นต้น โดยทำหน้าที่เป็นตัวพาหมู่ฟังก์ชันที่มีคาร์บอน 1 อะตอม เช่น หมู่เมทิล (methyl, $-\text{CH}_3$) หมู่เมทิลีน (methylene, $-\text{CH}_2-$) หมู่เมทิลิล

(methenyl, $-\text{CH}=\text{}$) หมู่ฟอร์มิล (formyl, $-\text{CHO}$) และหมู่ฟอร์มิมิโน (formimino, $-\text{CH}=\text{NH}$) เป็นต้น นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องในปฏิกิริยาการเติมหมู่เมทิลเพื่อเปลี่ยนกรดอะมิโนโฮโมซิสเทอีน (homocysteine) เป็นกรดอะมิโนเมไทโอนีน (methionine) กรดอะมิโนฮิสทีดีน (histidine) เป็นกรดอะมิโนกลูตามิก (glutamic acid) เป็นต้น ยาเมโทเทรเซต (methotrexate) สามารถฆ่าเซลล์มะเร็งได้ เนื่องจากสามารถยับยั้งเอนไซม์ dihydrofolate reductase ได้ ทำให้เซลล์ไม่มี FH_4 และยับยั้งการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก ทำให้เซลล์มะเร็งไม่สามารถแบ่งตัวได้และตายในที่สุด

ผลของการขาดกรดโฟลิก

—มีผลทำให้การสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกได้น้อยลง ซึ่งจะส่งผลต่อการสังเคราะห์ DNA และ RNA ได้น้อยลงตามมา

—มีผลต่อการสร้างกรดอะมิโนต่าง ๆ ที่จำเป็น

—ทำให้เกิดการเจริญ และการแบ่งตัวของเซลล์ช้ากว่าปกติ เช่น โปรตีนในร่างกาย เซลล์เม็ดเลือดแดง และเซลล์เยื่อบุทางเดินอาหาร เป็นต้น

เด็กที่ขาดกรดโฟลิกจะมีผลต่อการเจริญเติบโต ร่างกายแคระแกร็น การพัฒนาการทางสมองช้า หากเกิดการขาดหลังวัยเด็กจะทำให้เกิดโรคโลหิตจาง

หญิงตั้งครรภ์ที่เกิดภาวะขาดกรดโฟลิกในระหว่างตั้งครรภ์ จะส่งผลต่อการเจริญเติบโต และการพัฒนาของตัวอ่อน (embryo) ในครรภ์

แหล่งอาหารที่สำคัญ พบในผักใบเขียวทุกชนิด ตับ เนื้อสัตว์ต่างๆ และถั่ว ความต้องการวิตามินนี้จะสูงขึ้นในขณะที่มีการแบ่งตัวของเซลล์มาก เนื่องจากจำเป็นในการสังเคราะห์หน่วยการสร้างของ DNA และ RNA

Microbiological assay เป็นวิธีหนึ่งทางจุลชีววิทยาที่ใช้ในการวัดหาปริมาณกรดโฟลิก โดยวัดการเจริญ (ความขุ่น) ของ *L. casei* subsp. *rharnosus* ด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 nm วิธีนี้ใช้วัดปริมาณกรดโฟลิกทั้งหมดในสารสกัดจากธรรมชาติ

ใบกิจกรรมที่ 3

กรดโฟลิก (folic acid)

จุดประสงค์

นักเรียนสามารถหาปริมาณกรดโฟลิกในผักและผลไม้สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมการบริโภคผักและผลไม้ที่มีกรดโฟลิกสูง ในกลุ่มหญิงวัยเจริญพันธุ์ และกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ได้ โดยมีการวางแผนออกแบบได้อย่างถูกต้อง สืบค้นข้อมูล และเตรียมการคำนวณเบื้องต้นในการทดลอง

คำชี้แจง: ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์แล้วตอบคำถาม

กรดโฟลิกหรือโฟเลตเป็นวิตามินชนิดหนึ่งในกลุ่มที่ละลายในน้ำ ในทางวิชาการพบว่ากลุ่มหญิงวัยเจริญพันธุ์เหมาะสมที่สุดที่จะเริ่มรับประทานอาหารที่มีกรดโฟลิกสูง เพื่อเตรียมการล่วงหน้าที่จะเสริมสร้างและป้องกันไม่ให้อุบัติเกิดมาเป็นโรคต่าง ๆ ได้ง่าย โดยกรดโฟลิกมีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ ซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของเซลล์ต่าง ๆ และมีบทบาทในการสร้างสารคาร์บอน ซึ่งเป็นกลไกการทำงานของดีเอ็นเอ ในการถ่ายทอดคำสั่งทางพันธุกรรมเพื่อสร้างโปรตีนชนิดต่าง ๆ รวมทั้งควบคุมการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของทารก ขณะตั้งครรภ์ลำไส้สามารถดูดซึมกรดโฟลิกได้ลดลงและมีการสูญเสียกรดโฟลิกทางปัสสาวะมากกว่าปกติ ซึ่งมารดาที่มีปัจจัยเสี่ยงเหล่านี้ หากได้รับกรดโฟลิกเพิ่มจากอาหารปกติอีกวันละ 400 ไมโครกรัมในรูปของยาหรืออาหารที่เสริมด้วยกรดโฟลิกจะช่วยป้องกันหรือลดความพิการของอวัยวะระบบอื่น ๆ เช่น ภาวะปากแหว่งเพดานโหว่ และโรคหัวใจพิการแต่กำเนิด ช่วยลดภาวะแทรกซ้อนจากการตั้งครรภ์ เช่น ภาวะรกลอกตัวก่อนกำหนด ภาวะการแท้งบุตร และภาวะตั้งครรภ์เป็นพิษ กรดโฟลิกมีในอาหารที่เรารับประทานเป็นประจำ แล้วอาหารประเภทใดบ้างที่เราพบกรดโฟลิกในปริมาณสูง วันนี้เราจะมาออกแบบการทดลองการหาปริมาณกรดโฟลิกที่มีอยู่ในอาหารโดยใช้เอนไซม์ช่วยในการสกัดจากผักและผลไม้

จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าในผักและผลไม้ เช่น ผักใบเขียว ถั่วลันเตา ตับและผลไม้บางชนิด มีปริมาณกรดโฟลิกสูง ในการหาปริมาณกรดโฟลิกจำเป็นที่จะต้องนำผักและผลไม้มาสกัดโดยกรดโฟลิกที่ปล่อยออกมาจากสารสกัดอาจมีสารพวกโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตปนมาด้วย จึงจำเป็นที่จะต้องใช้อิโนไซน์ในการกำจัดสารเหล่านั้นออกไป จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดโฟลิกโดยวิธีทางจุลชีววิทยา (microbiological assay) โดยวัดการเจริญ (ความขุ่น) ของ *L. casei* subsp. *rhymnosus* ด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 nm

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

2. นักเรียนมีแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างไร

.....

.....

3. นักเรียนหาตัวอย่างผักหรือผลไม้ชนิดใดมาทำการทดลอง

.....

เพราะเหตุใด

.....

.....

ระบุแหล่งสืบค้น

.....

4. ข้อมูลของตัวอย่างผักหรือผลไม้ที่นำมาทดลอง

.....

.....

ระบุแหล่งสืบค้น

.....

5. ปัญหาของการทดลอง

.....

.....

สมมติฐานของการทดลอง

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

6. แผนผังการทดลอง

7. ผลการทดลองที่ได้

8. อุปสรรคและปัญหาในการทดลอง

.....

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่อง เอนไซม์แอมิเลส

จงเติมคำตอบที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. มาลีปลูกต้นมะม่วงไว้หลังบ้าน มาลีสังเกตว่าต้นมะม่วงออกผลมีสีเขียว ๆ จับดูแข็ง ๆ หลังจากนั้นมาลีก็นำมะม่วงไปปมจนสุก มะม่วงที่สุกมีรสหวานอร่อย มาลีสงสัยว่าทำไมถึงเป็นเช่นนั้น มาลีคิดว่าการที่ผลไม้นั้นน่าจะมีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง มาลีจะทำการอย่างไรในการยืนยันได้ว่าผลไม้นั้นสุกมาจากเอนไซม์จริงหรือไม่

1. ขั้นระบุปัญหา

.....

.....

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา

.....

.....

3. ขั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา

.....

.....

4. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

.....

.....

2. โลกในยุคที่มีการใช้สารเคมีอย่างฟุ่มเฟือย ทำให้เอนไซม์ในอาหารและเอนไซม์ในร่างกายคนลดลง: การปฏิบัติทางการเกษตรกรรมและเร่งผลผลิตทำให้ต้องใช้ปุ๋ยทางวิทยาศาสตร์ ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าหญ้า ฯลฯ คนได้รับสารเคมีเหล่านั้นโดยตรงหรือปนเปื้อนผ่านทางวงจรอาหาร สารเคมีเหล่านี้ทำให้เอนไซม์ในอาหารและในตัวคนเสื่อมสภาพ เกิดการขาดแคลนเอนไซม์ขึ้น เราสามารถเพิ่มเอนไซม์ให้กับร่างกายอย่างไรได้บ้าง โดยเฉพาะเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยแบ่งให้ได้กลูโคสซึ่งเป็นศูนย์กลางของกระบวนการสร้างพลังงาน

1. ขั้นระบุปัญหา

.....

.....

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา

.....

.....

3. ขั้นตอนการดำเนินการเพื่อแก้ปัญหา

.....

.....

4. ขั้นตอนตรวจสอบผลลัพธ์

.....

.....

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่อง เอนไซม์โปรทีเนส

จงเติมคำตอบที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. กิตติ์รับประทานบาร์บีคิวที่ซื้อมาจากตลาด ระหว่างที่รับประทานบาร์บีคิวกิตติ์รู้สึกแสบที่เพดานปากและบริเวณกระพุ้งแก้ม กิตติ์จึงหาสาเหตุโดยสังเกตจากส่วนประกอบของบาร์บีคิวซึ่งประกอบด้วยเนื้อหมูที่อ่อนนุ่ม มะเขือเทศ สับปะรดและพริก

1. ขั้นระบุปัญหา

.....

.....

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา

.....

.....

3. ขั้นตอนการดำเนินการเพื่อแก้ปัญหา

.....

.....

4. ขั้นตอนตรวจสอบผลลัพธ์

.....

.....

2. หนูดีชอบกินมะละกอ ถ้ามะละกอดิบก็ใส่น้ำแกงส้มหรือส้มตำ ถ้ากินมะละกอสุกก็น่าอร่อยไปอีกแบบ แตงโมได้วิตามินเอและช่วยระบายท้อง นอกจากนี้หนูดียังเคยเอามะละกอมามากกับเนื้อพบว่าเนื้อเปื่อยนุ่ม หนูดีสงสัยว่าทำไมถึงเป็นเช่นนั้น

1. ขั้นระบุปัญหา

.....

.....

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา

.....

.....

3. ขั้นตอนกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา

.....

.....

4. ขั้นตอนตรวจสอบผลลัพธ์

.....

.....

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่อง กรดโฟลิก

จงเติมคำตอบที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. มะลิตั้งครรภ์ลูกคนแรกจึงไปฝากครรภ์ที่โรงพยาบาลแห่งหนึ่ง หมอบอกกับมะลิว่า ทารกในครรภ์มีความเสี่ยงต่อการเกิดความผิดปกติของพัฒนาการสมองและระบบประสาท หมอแนะนำให้มะลิรับประทานผักใบเขียว ถั่วลันเตา และผลไม้บางชนิด มะลียกทราบบว่าเหตุถึงเป็นเช่นนั้น

1. ขั้นระบุปัญหา

.....

.....

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา

.....

.....

3. ขั้นตอนกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา

.....

.....

4. ขั้นตอนตรวจสอบผลลัพธ์

.....

.....

2. ทุก ๆ วันจะมีเด็ก 2 คน เกิดมาพร้อมกับความผิดปกติของสมองและกระดูกสันหลัง และสารอาหารที่รู้จักกันชื่อ “กรดโฟลิก” สามารถลดอัตราการเสี่ยงความผิดปกติดังกล่าวของทารกได้ ซึ่งกรดโฟลิกคือวิตามินบีชนิดหนึ่งนั่นเอง พบได้ในอาหารที่เรากินประจำหลายชนิด

1. ขั้นระบุปัญหา

.....

.....

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา

.....

.....

3. ขั้นตอนกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา

.....

.....

4. ขั้นตอนตรวจสอบผลลัพธ์

.....

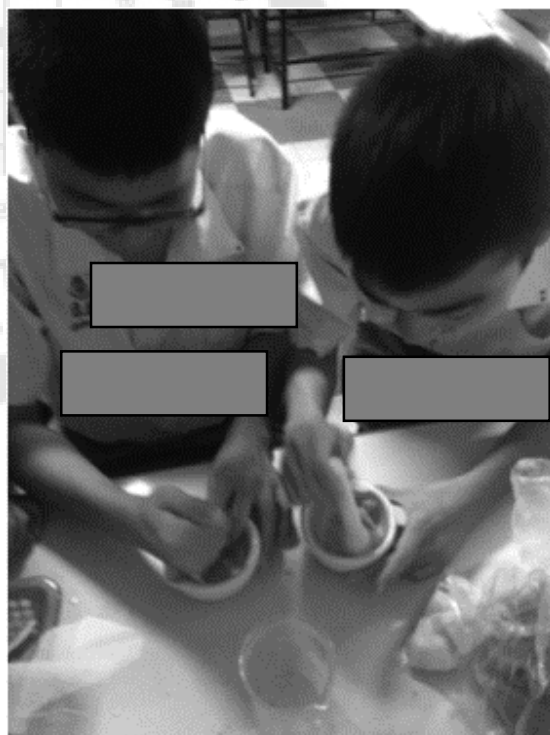
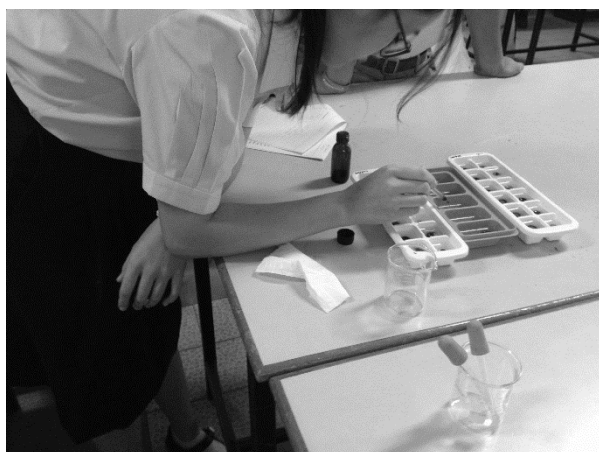
.....

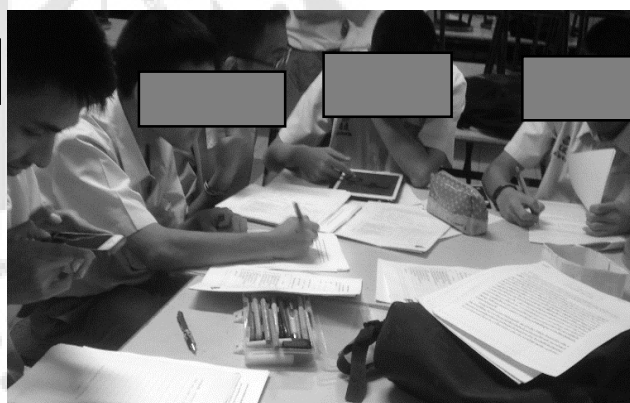
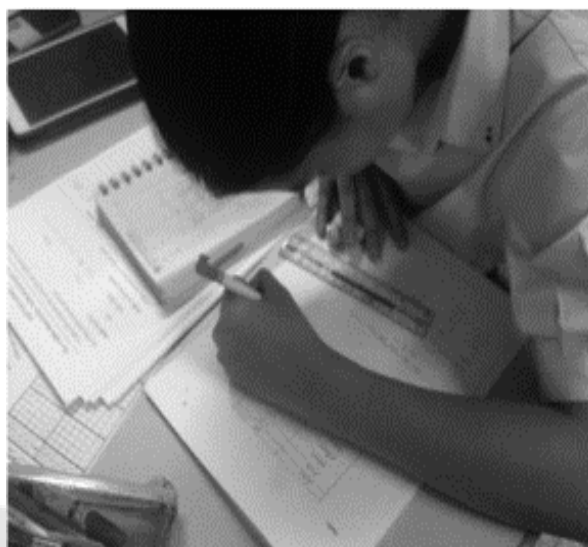
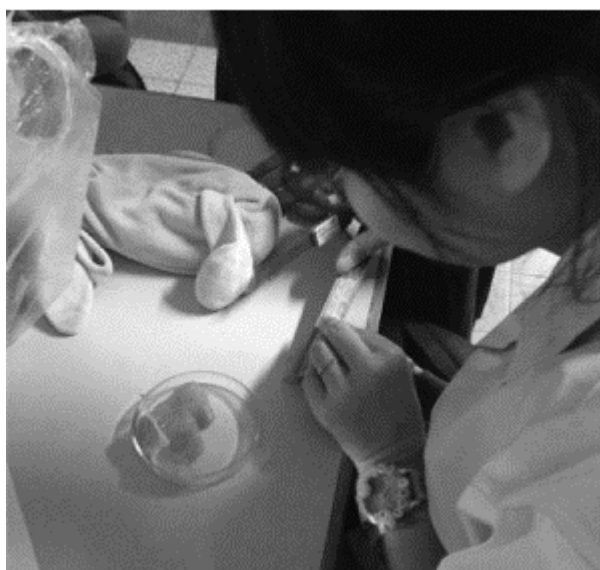


แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้

หัวข้อพิจารณา	5	4	3	2	1
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 การนำเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงกันทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น					
1.2 เนื้อหาที่เรียนสอดคล้องกับชีวิตจริง					
1.3 เนื้อหาช่วยไม่ได้ช่วยให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการประกอบอาชีพในอนาคต					
1.4 ความรู้ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้					
1.5 ภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้					
2. ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน					
2.1 กิจกรรมการเรียนการสอนมีความน่าสนใจ					
2.2 กิจกรรมการเรียนการสอนมีระยะเวลาที่เหมาะสม					
2.3 กิจกรรมการเรียนการสอนเหมาะสมกับสถานที่					
2.4 กิจกรรมการเรียนการสอนไม่เหมาะสมกับนักเรียน					
2.5 กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นกิจกรรมที่นักเรียนเป็นผู้ค้นหาความรู้ด้วยตนเอง					
2.6 กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ทำการเรียนรู้เป็นกลุ่ม					
2.7 กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้รับความรู้จากการแก้ปัญหา และบูรณาการเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์					
2.8 ภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนการสอนในลักษณะนี้ (มีการนำเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกัน)					









ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวอาทิตย์ยา พูนเรือง
วัน เดือน ปีเกิด	วันอาทิตย์ที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2534
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 39 หมู่ 6 ตำบล เจ็ดเสมียน อำเภอ โพธาราม จังหวัด ราชบุรี

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2553	มัธยมตอนปลายปีที่ 6 จากโรงเรียนราชโบริกานุเคราะห์ ราชบุรี
พ.ศ. 2557	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) จากมหาวิทยาลัยศิลปากร
พ.ศ. 2559	ปริญญาโท การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ