

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติ
บนฐานการสืบเสาะหาความรู้ 5 Es

สุปราณี หั่วดอน

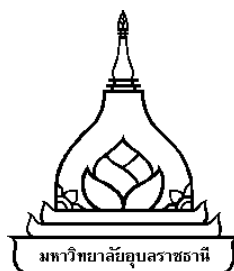
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



DEVELOPING GRADE-9 STUDENTS' LEARNING ACHIEVEMENT IN
THE TOPIC OF GENETIC INHERITANCE USING 5E INQUIRY-BASED
HANDS-ON ACTIVITY

SUPRANI HUADON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION
FACULTY OF SCIENCE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2020
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนระดับ
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะหาความรู้ 5Es

ผู้วิจัย นางสาวสุปราณี หั่วดอน

คณะกรรมการสอบ

รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร พรไตร	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตระกูลรัตน์ วุฒิเสลา	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร พรไตร)

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร จิ๊งสุทิวังษ์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2563

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์ และความเมตตากรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร พรไตร อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไข และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนยโสธรพิทยาคม ที่อำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนยโสธรพิทยาคม ที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ คุณครูเทียมจันทร์ ศรีสมุทร คุณครูปราณี วงเวียน คุณครูจักรพงษ์ สุระศิลป์ และคุณครูมงคล พันธุ์เพชร ครูโรงเรียนยโสธรพิทยาคมในการเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือ แผนการจัดการเรียนรู้และแบบทดสอบ

ขอขอบคุณครอบครัว บิดามารดา ที่ให้กำลังใจและส่งเสริม เพื่อนพี่น้องร่วมรุ่นหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ตลอดจนผู้มีพระคุณที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่สามารถกล่าวได้ทั้งหมด ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและกำลังใจอันดีงามจากทุกท่าน จึงกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

สุปราณี หัตถอน

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติ
บนฐานการสืบเสาะหา ความรู้ 5Es

ผู้วิจัย : สุปราณี หัวดอน

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร พรไตร

คำสำคัญ : ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, กิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5E
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม, พันธุกรรม

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ตรวจสอบประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และประสิทธิผล (E.I.) ของกิจกรรมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5E เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และ 0.5 ตามลำดับ 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และ 3) วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 29 คน ซึ่งกำลังศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนโยธินวิทยาكم ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นใช้การทดสอบก่อนและหลังเรียน เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5E เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เวลาในการทำกิจกรรม 10 ชั่วโมงและแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.0 ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.40-0.80 และ 0.33-0.80 ตามลำดับ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.94 ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้นี้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 86.14/85.86 (สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80) และ 0.7897 (สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 0.5) ตามลำดับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับสูง การค้นพบนี้ชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5E นี้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลอยู่ในระดับมาตรฐาน จึงควรนำไปขยายผลและประยุกต์ใช้กับเนื้อหาอื่นต่อไป

ABSTRACT

TITLE : DEVELOPING GRADE-9 STUDENTS' LEARNING ACHIEVEMENT IN
THE TOPIC OF GENETIC INHERITANCE USING 5E INQUIRY-BASED
HANDS-ON ACTIVITY

AUTHOR : SUPRANI HUADON

DEGREE : MASTER OF SCIENCE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

ADVISOR : ASST. PROF. PORNTRI SUPAPORN, Ph.D.

KEYWORDS : LEARNING ACHIEVEMENT, 5E INQUIRY-BASED HANDS-ON ACTIVITY,
GENETIC INHERITANCE

This research aimed to 1) investigate the efficiency (E_1/E_2) and the effectiveness of the 5E inquiry-based hands-on activity in the topic of genetic inheritance based upon 80/80 and 0.5 standard criterion, respectively, 2) compare pre- and post-learning achievement, and 3) analyze learning progression of the 29 student samples who were studying in 9-grade, Yasothon Phitthayakhom School in the second semester, academic year of 2020, selected by Cluster sampling. This research was pre-experimental research using one-group pretest and posttest design. The research instruments composed of the 10-hour lesson plan that use 5E inquiry-based hands-on activity in the topic of genetic inheritance and the achievement test which was 30 items of 4 multiple choices test whose the indexes of Item-Objective Congruence (IOC) were 1.0 The difficulty Indexes (p) were 0.40-0.80, The discrimination Index (r) were 0.33-0.80 and reliability was 0.94. The results showed that the efficiency (E_1/E_2), and the effectiveness (E.I.) of the lesson plan were 86.14/85.86 (higher than the standard criterion 80/80) and 0.7897 (higher than the standard criterion 0.5) respectively. The post-learning achievement was statistically significantly higher than the pre-learning achievement ($p < 0.05$). And the students' learning progression was in the high level. The findings indicate that the 5E inquiry-based hands-on activity is effective and efficient at the standard level. Therefore, it should be further expanded and applied to other content.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมติฐานการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	4
1.5 ขอบเขตการศึกษา	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	7
2.2 กิจกรรมการลงมือปฏิบัติ (Hands-on activities)	17
2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	19
2.4 ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของนวัตกรรม	30
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 แบบแผนในการวิจัย	37
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	38
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	38
3.4 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ	39
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล	53
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	53
3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	
4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนแยกตามเนื้อหา	59
4.2 ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม	60
4.3 ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โครโมโซม	63
4.4 ผลการจัดการเรียนรู้เรื่อง ดีเอ็นเอและยีน	66
4.5 ผลการจัดการเรียนรู้เรื่อง การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล	68
4.6 ผลการจัดการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	70
4.7 อภิปรายผล	73
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	78
5.2 ข้อเสนอแนะ	80
เอกสารอ้างอิง	81
ภาคผนวก	
ก รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัย	90
ข ดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ (IOC)	92
ค คุณภาพของแบบทดสอบ	94
ง ตัวอย่างแผนจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	97
ประวัติผู้วิจัย	115

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้	15
2.2	เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยาก (p) ของข้อสอบ	27
2.3	เกณฑ์การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบ	28
3.1	กิจกรรมหลักในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน	40
3.2	โครงสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	50
4.1	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนแยกตามเนื้อหา	60
4.2	ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า t	61
4.3	ความถี่ร้อยละและดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่ตอบคำถามถูกในแต่ละประเด็นความคิดหลักของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	62
4.4	ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า t	64
4.5	ความถี่ร้อยละและดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่ตอบคำถามถูกในแต่ละข้อของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	65
4.6	ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า t	67
4.7	ความถี่ร้อยละและดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่ตอบคำถามถูกในแต่ละข้อของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	68
4.8	ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า t	69
4.9	ความถี่ร้อยละและดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่ตอบคำถามถูกในแต่ละประเด็นความคิดหลักของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	70
4.10	ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า t	71
4.11	ความถี่ร้อยละและดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่ตอบคำถามถูกในแต่ละประเด็นความคิดหลักของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	73
ข.1	ค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้	93
ค.1	ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก อำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	95

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม	42
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง โครโมโซม	44
3.3	แบบจำลององค์ประกอบของโครโมโซมจากการทำกิจกรรม	45
3.4	กิจกรรมกฎของเมนเดล	47
3.5	ลูกกระต่ายที่ได้จากการทำกิจกรรม	50
4.1	การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน	61
4.2	ดัชนีความก้าวหน้าของนักเรียนเป็นรายบุคคล	62
4.3	การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน	64
4.4	ดัชนีความก้าวหน้าของนักเรียนเป็นรายบุคคล	65
4.5	การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน	66
4.6	ดัชนีความก้าวหน้าของนักเรียนเป็นรายบุคคล	67
4.7	การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน	69
4.8	ดัชนีความก้าวหน้าของนักเรียนเป็นรายบุคคล	70
4.9	การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน	71
4.10	ดัชนีความก้าวหน้าของนักเรียนเป็นรายบุคคล	72

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้ วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-Based Society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์เพื่อที่จะมีความรู้ ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

คุณภาพในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นไปที่กระบวนการที่นักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำ (Hand-On) และฝึกคิดด้วยตนเองเป็นสำคัญ (Mind-On) ครูจะทำหน้าที่เป็นผู้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ศึกษาด้วยตัวเองมากกว่าที่จะเป็นผู้บอกเล่าให้นักเรียนได้จดจำเรื่องราวเนื้อหาสาระ แต่โดยส่วนมากครูยังใช้การสอนแบบบรรยายและการสาธิตเป็นหลัก ทำให้นักเรียนเรียนแบบท่องจำ คิดและทำไม่เป็น ไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ (ศักดิ์ศรี สุภาพร และ รุ่งนภา สายัญ, 2554) จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำลงอย่างมาก และตามรายงานสรุปผลการทดสอบการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (o-net) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2562 สาระที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 42.96 รองลงมาคือสาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 33.02 และอันดับที่สามคือสาระสิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 32.87 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางเมื่อวิเคราะห์เนื้อหาพบว่าเนื้อหาเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ทดลองให้เห็นเป็นรูปธรรมได้ยากทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหัวข้อเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมอยู่ในระดับต่ำ

โรงเรียนโยธินวิทยา เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษเปิดสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง 6 จำนวนนักเรียนในแต่ละห้องมีจำนวนมาก ประกอบกับการเรียนการสอนในหัวข้อเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมยังเน้นการบรรยายเป็นหลัก และจากประสบการณ์การสอนของผู้วิจัยที่ผ่านมา พบว่า ในหัวข้อเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ และยังมีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนในหลายประเด็นเช่น โครโมโซมอยู่ในดีเอ็นเอและยีนประกอบกันเป็นโครโมโซม (Hamdan et al, 2016) ลักษณะเด่นเท่านั้นที่สามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกได้ (วิไลวรรณ ภัยพิพงศ์, ประพันธ์ พงษ์โสภณ และสมศักดิ์ อภิสิทธิ์วานิช, 2552) ผู้วิจัยจึงสัมภาษณ์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 คน ได้ข้อสรุปที่เป็นปัญหา คือ เนื้อหาค่อนข้างซับซ้อนเข้าใจยาก กิจกรรมในการทดลองปฏิบัติน้อย ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ไม่เต็มที่ และโดยทั่วไปแล้วเรื่องราวต่าง ๆ ทางพันธุศาสตร์เกี่ยวข้องกับกระบวนการระดับต่าง ๆ ในเซลล์ที่ผู้เรียนมองไม่เห็น เช่น โปรตีน ยีน โครโมโซม สอดคล้องกับ Wood R. and Lewis and L. (2000) ที่พบว่านักเรียนมีความสับสนเกี่ยวกับธรรมชาติของสารพันธุกรรมในเซลล์ และกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรมจากเซลล์แม่ไปสู่เซลล์ลูกเช่นเดียวกับ (จิตตินันท์ สาตะนิมิ, 2550) ที่พบว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องยีน โครโมโซม แอลลีลเด่น แอลลีลด้อย โรคทางพันธุกรรม โครงสร้างสารพันธุกรรม จีโนมไทป์ พีโนไทป์ และมิวเทชันด้วยเหตุนี้ พันธุศาสตร์จึงกลายเป็นเรื่องนามธรรม และผู้เรียนมองว่าเป็นเรื่องยากในการทำความเข้าใจ อีกทั้งเมื่อเรียนแล้ว ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในหลายประเด็นเกี่ยวกับ ยีน แอลลีล การแยกกันของโครโมโซม จีโนมไทป์ พีโนไทป์ และกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ประเด็นเหล่านี้ถือเป็นเรื่องสำคัญในเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (วรุณศิริ โพธิ์ และสุภาพร พรไตร, 2557)

Galloway and Anderson (2014) รายงานว่า นักเรียนจะมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพันธุกรรมได้ดี และยั่งยืนเมื่อได้ลงปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับหลาย ๆ งานวิจัยที่พบว่า กิจกรรม Hands-On ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น (Boomer and Latham, 2011; Dunlap and Patrick, 2012; Phochaiyach and Porntrai, 2015) และการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่มีประสิทธิภาพ ต้องใช้กิจกรรมที่หลากหลายและเหมาะสมกับนักเรียนในบริบทของตนเอง โดยที่กิจกรรมการเรียนรู้นั้น ๆ ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry Process) (Smith, 1991) ได้แก่ การเกิดข้อสงสัยและนำไปสู่กระบวนการหาคำตอบ การเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับคำถาม การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากประจักษ์พยานที่ค้นพบ การเชื่อมโยงคำอธิบายไปยังองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ โดยใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์และการคิดเชิงเหตุผลที่นำไปสู่การเกิดความเข้าใจที่ถ่องแท้ (McDonald, 2012) รวมทั้งมีการนำเสนอเพื่อแสดงผลโต้แย้งในคำอธิบายที่

สร้างขึ้น ซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งในงานของตนเอง (National Research Council: NRC, 2000)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้เสนอแนะกระบวนการในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดจากความสงสัย หรือเริ่มจากความสนใจของนักเรียนเอง หรือเป็นเรื่องที่สามารถเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เรียนมาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างทอ้งแท้แล้ว จึงมีการวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจ ตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม และแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น และ ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้ะไรบ้างอย่างไรและมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นหรือคำถามหรือปัญหาที่จะสำรวจตรวจสอบต่อไปทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ เรียกว่า inquiry cycle กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลัก และทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป

จากความสำคัญที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงต้องการจัดกิจกรรมเน้นการปฏิบัติจริงให้นักเรียนได้ทำการทดลองหรือลงมือปฏิบัติด้วยตนเองในเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยหวังว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติจะช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและเรื่องอื่นที่เกี่ยวข้อง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และประสิทธิผล (E.I.) ของกิจกรรมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5E เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และ 0.5 ตามลำดับ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5E

1.2.3 เพื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม มีมาตรฐานตามเกณฑ์ 80/80 และมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 0.5

1.3.2 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง แล้วนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้น

1.4.2 จัดการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5E ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

1.4.3 เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติจริงในสาระวิชาอื่น

1.5 ขอบเขตการศึกษา

1.5.1 ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 17 ห้องเรียน รวมจำนวน 620 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนยโสธรพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 28

1.5.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการทดลองจำนวน 10 ชั่วโมงโดยทำการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563

1.5.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.5.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.4.1 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5Es หมายถึง การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตามแนวคิดของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) และรวมไปถึงการสอนในแบบสืบเสาะหาความรู้ วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5Es การสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่จะนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นจากความสงสัยหรือเกิดจากความสนใจของตัวนักเรียนเองโดยครูสร้างสถานการณ์ขึ้นแล้วใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากรู้ อยากเห็น อยากที่จะทดลองหรือตอบข้อสงสัยของปัญหานั้น

2) ขั้นการสำรวจค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนทำความเข้าใจกับประเด็นปัญหาที่นักเรียนสนใจและเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้แนวความคิดที่มีอยู่แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับประเด็นปัญหาเข้าเป็นหมวดหมู่โดยครูจะใช้คำถามกระตุ้นส่งเสริมและใช้คำถามชี้แนะแนวทางให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมไปในแนวทางที่กำหนดไว้

3) ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบจึงนำข้อมูลที่ได้อธิบายหรือสรุปผลและนำเสนอผลที่ได้โดยครูจะทำหน้าที่ป้อนคำถามให้นักเรียนอธิบายความรู้ที่นักเรียนได้รวบรวมมาในขั้นที่ 2 เป็นความคิดของนักเรียนเองเพื่อนำมาใช้ในการอธิบายหัวข้อที่กำลังศึกษาอยู่

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการสำรวจและตรวจสอบไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่โดยครูจะทำหน้าที่ใช้คำถามให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นหลังจากที่ได้มีการเชื่อมโยงความรู้แล้วถ้าในกรณีที่ข้อมูลเกิดการผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริงครูจะใช้คำถามชี้แนะให้คิดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องเพื่อเป็นพื้นฐานในขั้นต่อไป

5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นที่จะประเมินนักเรียนว่ามีความรู้ อะไรบ้างและมากน้อยเพียงใดโดยให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นหรืออธิบายความรู้ที่ได้จากการศึกษา มาครูจะใช้คำถามปลายเปิดให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นหรืออธิบายความรู้และใช้คำถามเพื่อตรวจสอบว่านักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับโดยผ่านขั้นตอนการเรียนรู้ทั้ง 4 แล้วนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

1.5.4.2 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะหาความรู้ 5Es หมายถึง กิจกรรมที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติทั้งในลักษณะกลุ่มและเดี่ยวเพื่อให้ได้รับประสบการณ์ตรงจากการลงมือปฏิบัติจริงโดยจัดการเรียนรู้ในรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 5Es

1.5.4.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึงความสามารถหรือผลสำเร็จที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es โดยวัดจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกจำนวน 30 ข้อ สอบก่อนและหลังเรียนแต่ละเนื้อหา ดังนี้

ตอนที่ 1 มีเนื้อหาอยู่ในแผนการจัดเรียนรู้ที่ 1 จำนวน 4 ข้อ

ตอนที่ 2 มีเนื้อหาอยู่ในแผนการจัดเรียนรู้ที่ 2 จำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 3 มีเนื้อหาอยู่ในแผนการจัดเรียนรู้ที่ 3 จำนวน 6 ข้อ

ตอนที่ 4 มีเนื้อหาอยู่ในแผนการจัดเรียนรู้ที่ 4 จำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 5 มีเนื้อหาอยู่ในแผนการจัดเรียนรู้ที่ 5 จำนวน 10 ข้อ

1.5.4.4 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) หมายถึง คะแนนระหว่างเรียนจากใบงานและใบกิจกรรม

1.5.4.5 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) หมายถึง คะแนนสอบหลังเรียนรายเนื้อหา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะหาความรู้ 5Es ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
- 2.2 กิจกรรมการลงมือปฏิบัติ (Hands-on activities)
- 2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.4 ประสิทธิภาพและประสิทธิของผลนวัตกรรม
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีหลายรูปแบบเช่นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5Es inquiry cycle: 5Es การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 7E inquiry cycle: 7E และการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Obsserve-Explain: POE) ฯลฯ

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.1.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มาจากภาษาอังกฤษว่า Inquiry Method มีการนำมาเรียกใช้ในภาษาไทยอยู่หลายคำเช่นการสอนแบบสืบสวนสอบสวน การสอนแบบค้นพบและวิธีสอนแบบสอบสวนจากการศึกษา พบว่ามีผู้ให้ความหมายในลักษณะที่แตกต่างกันไปสรุปได้ดังนี้

Good (1973) ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นเทคนิคหรือรูปแบบกลวิธีอย่างใดอย่างหนึ่งในการจัดการเรียนที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ของเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2550) ให้ความหมายว่าเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยให้ผู้เรียนเป็นผู้หาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยครูจะทำหน้าที่เป็นผู้คอยอำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียน

Lawson (2001) แสดงแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นวิธีสอนรูปแบบหนึ่งที่มีกระบวนการสอนอย่างหลากหลายเช่นการทดลองการตั้งคำถาม สาธิตการทำงานเป็นกลุ่มการสำรวจศึกษาการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดความเป็นรูปธรรมซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในบทเรียนมากกว่าการท่องจำ

National Science Education standards (2000) กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้คือวิธีการที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาธรรมชาติและอธิบายผลด้วยหลักฐานต่าง ๆ รวมถึงกิจกรรมที่พัฒนาความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์โดยการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542) ได้กล่าวถึงความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยตัวเอง ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรง ในการเรียนรู้เนื้อหาวิชาครูวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ศึกษาโครงสร้างของกระบวนการสอนการจัดลำดับเนื้อหา โดยครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วยและนักเรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดการวางแผนการเรียนนักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตัวเองมีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้ วิธีการเช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และเปลี่ยนแนวความคิดจากการที่เป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้และใช้ความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่นักเรียนได้สืบค้นเสาะหา ตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีต่าง ๆ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเองและเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน

สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหมายถึงการเรียนรู้ที่ศึกษาหาความรู้หรือแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.1.2 คุณลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่ให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการแสวงหาความรู้ โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยอำนวยความสะดวก (Facilitator) มีคุณลักษณะสำคัญ 5 ประการ (NRC, 2000) ดังนี้

2.1.2.1 ผู้เรียนจดจ่อกับคำถามที่จะนำไปสู่การสืบเสาะ

คำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับวัตถุสิ่งของ สิ่งมีชีวิต และเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ปรากฏในธรรมชาติ ล้วนแต่เชื่อมโยงกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ เป็นคำถามที่นำผู้เรียนไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ รวบรวมข้อมูล และนำข้อมูลที่ได้มาอธิบายสิ่งต่าง ๆ หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาตินั้น คำถามทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 2 ประเภท ได้แก่ คำถามประเภททำไม (Why) และคำถามประเภทอย่างไร (How) หลายครั้งที่ผู้เรียนจะถามคำถามประเภท Why ซึ่งคำถามเหล่านี้หากเปลี่ยนเป็นประเภท How ได้ จะทำให้ผู้เรียนเริ่มมีกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพราะคำถามประเภท How แคบและชัดเจนกว่าว่าต้องการรู้อะไร และสามารถหาคำตอบได้อย่างไรในห้องเรียน การใช้คำถามประเภท Why และ How อย่างเหมาะสม กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้และอยากสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งคำถามอาจมาจากผู้เรียน ครู สื่อการสอน เว็บไซต์ หรือแหล่งอื่น ๆ โดยครูเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการเป็นผู้ชี้แนะโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากคำถามนั้นมาจากผู้เรียน ครูมีบทบาทสำคัญในการช่วยทำให้คำถามเหล่านั้นเปลี่ยนเป็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ว่าเริ่มจากการใช้คำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีความหมาย ตรงประเด็น และสามารถหาคำตอบได้ด้วยการสืบเสาะ สืบตรวจสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งจากการสังเกตและจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ ดังนั้นครูที่ดีจึงควรช่วยให้ผู้เรียนจดจ่อกับคำถาม เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะในเรื่องที่น่าสนใจและมีประสิทธิภาพ

2.1.2.2 ผู้เรียนเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับคำถาม

การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ใช้หลักฐานสำหรับการอธิบายว่าสิ่งต่าง ๆ ในโลกมีกลไกการทำงานอย่างไร นักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจในการเก็บข้อมูลที่ถูกต้องจากการเฝ้าสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยใช้ประสาทสัมผัส และใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อช่วยประสาทสัมผัสให้ดียิ่งขึ้น เช่น กล้องโทรทรรศน์ หรือใช้เครื่องมือเพื่อการวัดสมบัติบางประการที่ประสาทสัมผัสของคนไม่สามารถรับรู้ได้ เช่น สนามแม่เหล็ก ความถูกต้องของหลักฐานที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาจากการวัดด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม การทำซ้ำ และการเก็บข้อมูลอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์นั้น ๆ จากข้อความข้างต้นอธิบายถึงหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์รวบรวมมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเช่นเดียวกับในห้องเรียน ผู้เรียนจะนำข้อมูลหลักฐานมาพัฒนาและอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งหลักฐานนั้นผู้เรียนอาจได้มาจากการสังเกตการวัดปริมาณต่าง ๆ เช่น การวัดอุณหภูมิ ระยะทาง หรือเวลา แล้วบันทึกข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานโดยหลักฐานนั้นอาจเป็นหลักฐานที่ได้มาจากครู สื่อการสอน เว็บไซต์ต่าง ๆ หรือสิ่งอื่น ๆ ที่สามารถนำไปใช้ในการตอบคำถามที่ผู้เรียนสนใจได้

2.1.2.3 ผู้เรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ค้นพบ

คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีพื้นฐานอยู่บนเหตุผล คำอธิบายเหล่านั้นจะให้เหตุและผล ความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานที่ค้นพบและข้อโต้แย้งทางตรรกะต่าง ๆ คำอธิบายทาง

วิทยาศาสตร์ต้องประกอบด้วยผลการทดลองหรือข้อมูลอื่น ๆ ที่ได้จากการสังเกต นักวิทยาศาสตร์ใช้ข้อมูลเหล่านั้นเป็นประจักษ์พยานที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มากกว่าความรู้ และอาจเกิดเป็นความรู้ใหม่ แต่สำหรับผู้เรียนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ค้นพบเป็นการสร้างความคิดใหม่จากความเข้าใจของตนเอง

2.1.2.4 ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายไปยังองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

หลังจากที่ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ผู้เรียนรวบรวมมาได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปผู้เรียนต้องมีการประเมินเพื่อตัดคำอธิบายที่ไม่นำไปได้ออก หรือแก้ไขปรับปรุงคำอธิบายให้ชัดเจนและเข้าใจง่ายยิ่งขึ้น ขั้นตอนนี้เป็นคุณลักษณะที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยผู้เรียนอาจตั้งคำถามว่า หลักฐานเชิงประจักษ์นี้สนับสนุนคำอธิบายที่น่าสนใจหรือไม่ คำอธิบายที่ได้ตอบคำถามที่ต้องการทราบหรือไม่ มีคำอธิบายอื่นที่มีเหตุผลกว่านี้หรือไม่ คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นควรได้รับการตรวจสอบจากครู ซึ่งครูอาจให้ผู้เรียนมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิด เปรียบเทียบ หรือตรวจสอบความถูกต้องจากการสอนที่ครูเตรียมไว้ให้ ขั้นตอนนี้มีความสำคัญเพราะเป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนจะได้เชื่อมโยงคำอธิบายของตนเองกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสม และข้อสำคัญคือครูได้ตรวจสอบว่าคำอธิบายของผู้เรียนถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์หรือไม่

2.1.2.5 ผู้เรียนสามารถสื่อสารและโต้แย้งแสดงเหตุผลสนับสนุนการค้นพบของตนเอง

เมื่อนักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบความรู้ใหม่ จะมีการนำเสนอเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้อยู่กับผู้อื่นทำให้งานในด้านนั้น ๆ การเกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้นักวิทยาศาสตร์ได้ทบทวนข้อสงสัยต่าง ๆ ให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น รวมไปถึงเปิดโอกาสให้นักวิทยาศาสตร์ท่านอื่นนำความรู้นี้ไปใช้ต่อไป การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนคำอธิบายต่อคำถามที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเป็นการให้ผู้เรียนคนอื่นมีโอกาสได้ถามคำถาม ตรวจสอบหลักฐานเชิงประจักษ์หรือเหตุผลที่ผิดไปจากความจริง ระบุง้อความที่เกินกว่าหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ผู้เรียนรวบรวมได้ และเสนอแนะคำอธิบายอื่น ๆ ที่เพื่อนสร้างขึ้นจากการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเดียวกัน การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนโต้แย้งหรือแลกเปลี่ยนคำอธิบายที่ผู้เรียนสร้างขึ้น ทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างคำถาม หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ผู้เรียนค้นพบ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างขึ้น ซึ่งเป็นการช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีกว่าการเรียนรู้ด้วยการรับฟังจากครูเพียงฝ่ายเดียว

คุณลักษณะสำคัญ 5 ประการนี้ไม่ได้มีลักษณะการนำดำเนินไปแบบเส้นตรง (Linear progression) แต่มีลักษณะเป็นวัฏจักร (Cycle) กล่าวคือเมื่อได้มีการสื่อสารและโต้แย้งแสดงเหตุผลสนับสนุนผลการค้นพบของตนเองในประเด็นหนึ่ง ๆ แล้ว จะนำไปสู่การสืบเสาะเพื่อหาคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ต่อไป (สุภาพพร พรไตร, 2555)

2.1.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es

นักการศึกษาจากกลุ่ม Biological Science Curriculum Society: BSCS (1997) ได้เสนอกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์หรือความรู้เดิม เป็นความรู้หรือแนวคิดของผู้เรียนเอง เรียกรูปแบบการสอนนี้ว่า Inquiry cycle หรือ 5Es มีขั้นตอนดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546; อ้างอิงจาก BSCS, 1997)

2.1.3.1 การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการเรียนรู้ที่จะนำเข้าสู่บทเรียน จุดประสงค์ที่สำคัญของขั้นตอนนี้ คือ ทำให้ผู้เรียนสนใจ ใคร่รู้ในกิจกรรมที่จะนำเข้าสู่บทเรียน ควรจะเชื่อมโยงประสบการณ์การเรียนรู้เดิมกับปัจจุบัน และควรเป็นกิจกรรมที่คาดว่ากำลังจะเกิดขึ้น ซึ่งทำให้ผู้เรียนสนใจจดจ่อที่จะศึกษาความคิดรวบยอด กระบวนการ หรือทักษะ และเริ่มคิดเชื่อมโยงความคิดรวบยอด กระบวนการ หรือทักษะกับประสบการณ์เดิม

2.1.3.2 การสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นตอนที่ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ร่วมกันในการสร้างและพัฒนาคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะ โดยการใช้เวลาและโอกาสแก่ผู้เรียนในการทำกิจกรรมการสำรวจและค้นหาสิ่งที่ผู้เรียนต้องการเรียนรู้ตามความคิดเห็นผู้เรียนแต่ละคน หลังจากนั้นผู้เรียนแต่ละคนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับการคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะในระหว่างที่ผู้เรียนทำกิจกรรมสำรวจและค้นหา เป็นโอกาสที่ผู้เรียนจะได้ตรวจสอบหรือเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความคิดรวบยอดของผู้เรียนที่ยังไม่ถูกต้องและยังไม่สมบูรณ์ โดยการให้ผู้เรียนอธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้เรียน ครูควรระลึกอยู่เสมอเกี่ยวกับความสามารถของผู้เรียนตามประเด็นปัญหา ผลจากการที่ผู้เรียนมีใจจดจ่อในการทำกิจกรรม ผู้เรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงการสังเกต การจำแนกตัวแปร และคำถามเกี่ยวกับเหตุการณ์นั้นได้

2.1.3.3 การอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการอธิบายความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจและค้นหา ครูควรให้โอกาสแก่ผู้เรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเกี่ยวกับทักษะหรือพฤติกรรมการเรียนรู้ การอธิบายนั้นต้องการให้ผู้เรียนได้ใช้ข้อสรุปร่วมกันในการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ ในช่วงเวลาที่เหมาะสมนี้ครูควรชี้แนะผู้เรียนเกี่ยวกับการสรุปและการอธิบายรายละเอียด อย่างไรก็ตาม ครูควรระลึกอยู่เสมอว่ากิจกรรมเหล่านี้ยังคงเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง นั่นคือ ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการอธิบายด้วยตัวผู้เรียนเอง บทบาทของครูเพียงแต่ชี้แนะผ่านทางกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสมากยิ่งขึ้นในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้ชัดเจน ในที่สุดผู้เรียนควรจะสามารถอธิบายความคิดรวบยอดได้อย่างเข้าใจ โดยเชื่อมโยงประสบการณ์ ความรู้เดิมและสิ่งที่เรียนรู้เข้าด้วยกัน

2.1.3.4 การขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ยืนยันและขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น และยังเปิดโอกาสให้

ผู้เรียนได้ฝึกทักษะและปฏิบัติตามที่ผู้เรียนต้องการ ในกรณีที่ผู้เรียนไม่เข้าใจหรือยังสับสนอยู่หรืออาจเข้าใจเฉพาะข้อสรุปที่ได้จากการปฏิบัติการสำรวจและค้นหาเท่านั้น ควรให้ประสบการณ์ใหม่ผู้เรียนจะได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น เป้าหมายที่สำคัญของขั้นนี้คือ ครูควรชี้แนะให้ผู้เรียนได้นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน จะทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดกระบวนการและทักษะเพิ่มขึ้น

2.1.3.5 การประเมินผล (Evaluation) ขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้และอธิบายความเข้าใจของตนเอง ในขั้นนี้ครูต้องกระตุ้นหรือส่งเสริมให้ผู้เรียนประเมินความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถของตนเอง และยังเปิดโอกาสให้ครูได้ประเมินความรู้ความเข้าใจและพัฒนาทักษะของผู้เรียนด้วย

นักพัฒนาหลักสูตรจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและจัดทำหลักสูตรชีววิทยาของสหรัฐอเมริกาได้เสนอรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es มีขั้นตอน ดังนี้ (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2550)

(1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

การสร้างความสนใจเป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยการทบทวนประสบการณ์เดิมของผู้เรียนทั้งกระตุ้นความสนใจเพื่อนำไปสู่การกำหนดปัญหาที่ต้องการศึกษาโดยอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยความสนใจการอธิบายในกลุ่มซึ่งเรื่องที่นำเสนออาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้วซึ่งจะกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการสร้างคำถามและกำหนดประเด็นที่จะศึกษาผู้สอนอาจให้ผู้เรียนศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้ผู้เรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ผู้สอนกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะศึกษาเมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและผู้เรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษาจึงร่วมกันกำหนดขอบเขต และแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้นอาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้จากประสบการณ์เดิมหรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้นและมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

(2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

ขั้นสำรวจและค้นหาเป็นการตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่ต้องการศึกษาออกแบบการรวบรวมข้อมูลและปฏิบัติการเพื่อรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งวิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธีเช่นการทดลองทำกิจกรรมภาคสนามการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลองการศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

(3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปเป็นขั้นวิเคราะห์และสื่อความหมายข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ นำมาสู่การสรุปผลโดยเมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูลสารสนเทศ

ที่ได้มาวิเคราะห์และแปลผลสรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่นบรรยายสรุปสร้างแบบจำลองรูปวาดสร้างตารางการค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทางเช่นสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

(4) ขยายความรู้ (Elaboration)

ขยายความรู้เป็นขั้นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นก่อให้เกิดประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบต่อไปเกิดเป็นกระบวนการต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยซึ่งจะช่วยเชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

(5) ประเมิน (Evaluation)

ประเมินเป็นการประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริงซึ่งจะแทรกอยู่ในแต่ละขั้นเป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้างอย่างไรมากน้อยเพียงใดจากนั้นนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

Pedaste et al. (2015) ได้แบ่งขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 5 ขั้นคือ

(1) ขั้นนำ (Orientation) เป็นขั้นตอนแรกในการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนและนำไปสู่การตั้งปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการทราบ

(2) ขั้นสร้างแนวคิด (Conceptualization) เป็นขั้นการตั้งคำถามหรือปัญหาที่จะนำไปสู่การสืบเสาะ ตั้งสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ทางวิทยาศาสตร์ระดมสมองเพื่อกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาที่ตั้งขึ้น

(3) ขั้นสืบเสาะ (Investigation) เป็นขั้นทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อดำเนินการตามแผนที่ได้วางไว้ เพื่อตีความหมายและรูปแบบของข้อมูลเพื่อจะนำไปสู่การสรุป

(4) ขั้นสรุป (Conclusion) เป็นขั้นตอนที่นำข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมด มาสรุปประเมินค่า หรือตัดสินหรือแก้ปัญหาที่ได้ตั้งไว้ตอนแรก

(5) ขั้นอภิปรายผล (Discussion) ขั้นอภิปรายผลเป็นให้มีการสะท้อนความคิดเหตุผลโต้แย้งและอธิบายข้อสรุปที่ได้ผู้เรียนมีการสื่อสารกันร่วมกันเปรียบเทียบความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นตลอดจนทำนายผลรับที่จะเกิดขึ้นในสถานการณ์ใหม่

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้แบ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) การนำเข้าสู่บทเรียน หรือเรื่องที่สนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรือเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองเกิดจากการอภิปรายภายใน กลุ่ม

เป็นเรื่องที่น่าสนใจจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น ๆ หรือเป็นเรื่องที่สามารถ เชื่อมโยงกับ ความรู้เดิมที่เรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษาบ้างใน กรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อนให้ตั้งคำถาม เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับจึงให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา และร่วมกัน กำหนดขอบเขตแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

(2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจ จะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว จึงมีการวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน ลงมือ ปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรม ภาควิชาการ การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (armulation) การศึกษาหาข้อมูลจาก เอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ มากมาย

(3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจ ตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้อธิบายวิเคราะห์ แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งผลที่ ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้โดยต้องมีหลักฐานและเหตุผล รองรับ

(4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้ เพิ่มและแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ซึ่งจะช่วยให้อธิบายเชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

(5) ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนมีความรู้ะไรบ้างอย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไป ประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบ ต่อไปทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จึงเรียกว่า inquiry cycle กระบวนการ สืบเสาะหาความรู้จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลัก และหลักการทฤษฎีตลอดจนการ ลงมือ ปฏิบัติเพื่อให้ได้ความรู้ ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป

2.1.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การที่จะจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ให้ประสบความสำเร็จนั้น ครูผู้สอน จะต้องเปลี่ยนบทบาทจากผู้ถ่ายทอดความรู้ไปสู่การเป็นผู้จัดการเรียนรู้ โดยทำหน้าที่อำนวยความสะดวก ให้คำปรึกษาแนะนำแก่ผู้เรียน ส่วนผู้เรียนเองก็มีบทบาทสำคัญที่จะทำให้การเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ประสบผลสำเร็จ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2550; National Research Council, 2000) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครูและนักเรียน	
	ครู	นักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	-สร้างความสนใจ - สร้างความอยากรู้ -ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด	- ถามคำถามเช่นเพราะเหตุใดสิ่งนี้จึงเกิดขึ้น หรือสิ่งนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ - สังเกตและฟังการโต้ตอบระหว่างนักเรียนกับนักเรียน -ให้เวลานักเรียนคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่าง ๆ - ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	- คิดอย่างอิสระอยู่ในขอบเขตของกิจกรรม - ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐานใหม่ - พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้น
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวคิดให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของตนเอง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้เหตุผลและอธิบายให้แจ้ง - ให้นักเรียนอธิบายภาพ ให้คำจำกัดความและชี้บอกส่วนต่าง ๆ ในภาพ - ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายแนวคิด	-อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ - ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างวิเคราะห์ - ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นอธิบาย - ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย

ตารางที่ 2.1 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครูและนักเรียน	
	ครู	นักเรียน
4. ขยายความรู้ (Elaboration)	- คาดหวังให้นักเรียนใช้ประโยชน์จากการสืบค้นส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความ และอธิบายสิ่งที่เรียนรู้มาแล้ว - ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่	- นำข้อมูลที่ได้จากแผนภาพคำจำกัดความ คำอธิบายและทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถามกำหนดจุดประสงค์ในการแก้ปัญหา ตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง
	- ให้นักเรียนอธิบายอย่างมีความหมาย - ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามว่านักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง	- ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ - บันทึกสังเกตการณ์อธิบาย - ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน
5. ประเมิน (Evaluation)	- สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ - ประเมินความรู้และทักษะของผู้เรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนแนวคิดหรือพฤติกรรม	- ตอบคำถามปลายเปิดโดยใช้การสังเกต หลักฐาน คำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว - แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด

2.2 กิจกรรมการลงมือปฏิบัติ (Hands-on activities)

2.2.1 ความหมายของกิจกรรมการลงมือปฏิบัติ

กิจกรรมการลงมือปฏิบัติ (Hands-on activities) คือ กิจกรรมภาคปฏิบัติหรือการเรียนรู้โดยลงมือทำ (Learning by doing) (Haury and Rillero, 1994) ซึ่งหมายถึง การเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติหรือจับต้องอุปกรณ์ของจริงเนื่องจากการทำปฏิบัติการในวิชาวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมการลงมือปฏิบัติเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Bigler and Hanegan, 2011) แต่ในบางครั้งก็ถูกจำกัดด้วยจำนวนนักเรียน ระยะเวลา หรืออุปกรณ์ (Pettikirige, 2009; อ้างอิงจาก Ruby, 1995) การเรียนรู้จากกิจกรรมการลงมือปฏิบัติยังมีความหมายรวมถึงการเรียนรู้ประสบการณ์โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะคล้ายกับการสอนปฏิบัติการร่วมกับการสอนแบบบรรยาย กล่าวคือ การเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัตินักเรียนจะต้องทำการทดลองกับอุปกรณ์จริง คล้ายกับการทำปฏิบัติการ แต่ไม่มีคู่มือทำปฏิบัติการ โดยจะมีครูเป็นผู้ควบคุมและแจกใบงานที่ละน้อย แล้วให้นักเรียนช่วยกันวิเคราะห์หรือหาข้อสรุป เพื่อเป็นองค์ความรู้ของตนเองหรือเป็นของกลุ่ม (นัฐชยพร คำนวน, 2551; สราวุธ ทองปัน, 2546)

2.2.2 คุณลักษณะของกิจกรรมการลงมือปฏิบัติ

คุณลักษณะของกิจกรรมการลงมือปฏิบัติ (พรุ่ง สิริศิริจันทร์, 2554; มยุรฉัตร ชาวเลย, 2559; Piaget, 1986; Rutherford, 1993) ได้แก่

2.2.2.1 เป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมลงมือปฏิบัติจริงและเรียนรู้จากประสบการณ์

2.2.2.2 มีการทำงานร่วมกันอย่างกระตือรือร้น ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น

2.2.2.3 เป็นพื้นฐานสำหรับการสร้างองค์ความรู้

2.2.2.4 สภาพแวดล้อมที่จะพัฒนาการเรียนรู้ต้องประกอบด้วยประสบการณ์ทางกายภาพที่สามารถจับต้องได้

2.2.3 ข้อดีของการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ

การเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติเป็นวิธีการทางศึกษาที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับผู้เรียน โดยกระตุ้นให้นักเรียนทำกิจกรรมบางอย่างเพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งนั้น ข้อดีและข้อเสียบางประการของการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ สรุปได้ดังนี้

2.2.3.1 การเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติเป็นวิธีการเดียวในการสอนสถานการณ์บางอย่างที่จะต้องลงมือปฏิบัติแทนที่จะพยายามเรียนรู้จากหนังสือ เช่น การสอนเด็กให้เรียนรู้จักรยานจากหนังสือเรียน ไม่ทำให้นักเรียนปั่นจักรยานได้ เหมือนกับนักเรียนออกไปข้างนอกเพื่อลองปั่นจักรยาน

2.2.3.2 การเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติทำให้นักเรียนสามารถสังเกตและเข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้นได้โดยตรง เป็นหนทางที่จะทำให้ประสบความสำเร็จในการสอนผู้เรียน ทำให้การเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติกลายเป็นที่นิยมมากขึ้นในด้านการศึกษา

2.2.3.3 กระตุ้นให้เด็กนักเรียนทำสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเองซึ่งจะช่วยให้พวกเขาเรียนรู้ได้อย่างอิสระ ทักษะชีวิตที่สำคัญเช่นนี้มักถูกละเลยด้วยการสอนผ่านการบอกเล่าข้อเท็จจริง

นอกจากนี้ Martin (2018) ได้กล่าวถึงประโยชน์หรือข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติไว้ดังนี้

(1) เป็นวิธีการที่ทำให้การเรียนรู้มีความน่าสนใจมากขึ้น ทำให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองนำไปสู่ทำให้นักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้

(2) นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ ทำให้ได้ฝึกฝนทักษะการแก้ปัญหาและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

(3) ได้ผลการเรียนรู้ที่เป็นชิ้นงานที่จับต้องได้ ทำให้นักเรียนเห็นว่าความสำคัญของการเรียนรู้ของตนเอง

นอกจากนี้ Daniel (2010) ยังกล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติไว้ดังนี้

(1) ช่วยเพิ่มความคงทนในการเรียนรู้ที่ดีกว่าการเรียนรู้ผ่านการเห็นและได้ยิน เนื่องจากกิจกรรมในลักษณะนี้ทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นได้ และทำให้การเรียนรู้เนื้อหาที่เป็นนามธรรมเป็นรูปธรรมมากขึ้น

(2) ช่วยเพิ่มทักษะความคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากในการทำกิจกรรมนักเรียนมีโอกาสนำมาใช้ความคิดสร้างสรรค์ ในการเลือกวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อสร้างผลงานของตนเอง

(3) ช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ เนื่องจากกิจกรรมแบบลงมือปฏิบัติมีนักเรียนต้องมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ส่งผลให้นักเรียนได้ความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม

(4) ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน

2.2.4 ข้อเสียของการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ

2.2.4.1 บ่อยครั้งที่การสาธิตจะให้แนวคิดหลักเกี่ยวกับกระบวนการทำงานบางอย่าง แต่ให้ความสำคัญกับรายละเอียดน้อยลง สำหรับนักเรียนที่หวังว่าจะได้เกรดสูงสุดพวกเขาอาจจำเป็นต้องอ่าน เพื่อพัฒนาความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น นักเรียนอาจรู้สึกว้าหลังจากเรียนรู้พื้นฐานแล้ว นักเรียนไม่จำเป็นต้องลงมือทำเพื่อศึกษาเพิ่มเติม ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อผลการเรียนของพวกเขา

2.2.4.2 บางเนื้อหาอาจไม่สามารถสอนได้โดยใช้การเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ ตัวอย่างเช่น พืชชนิดที่มีความซับซ้อน ซึ่งวิธีที่ดีที่สุดในการสอนเรื่องนี้ คือ การสอบแบบบรรยาย เนื่องจากกิจกรรมการสาธิตเชิงปฏิบัติที่สามารถทำได้ในเนื้อหา นี้ เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจมีน้อยมาก หัวข้ออื่นอาจยากที่จะทำให้ครอบคลุมเนื่องจากอุปกรณ์มีค่าใช้จ่ายสูง เช่น จรวดอวกาศ มีโรงเรียนเพียงไม่กี่แห่งที่สามารถไปเยี่ยมชมศูนย์อวกาศได้ สิ่งนี้สามารถเพิ่มการแบ่งแยกระหว่างโรงเรียนของรัฐ

และโรงเรียนเอกชน เนื่องจากโรงเรียนเอกชนมีแนวโน้มที่จะมีค่าใช้จ่ายในการเข้าชมอุปกรณ์ที่มีราคาแพงซึ่งทำให้นักเรียนที่เรียนในโรงเรียนรัฐเสียเปรียบ

2.2.4.3 การเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติจะมีประสิทธิภาพมากกว่าหากรวมกับการเรียนรู้แบบดั้งเดิมจากหนังสือ แม้ว่ามันจะดีมากในการให้รากฐานสำหรับความรู้และความเข้าใจในบางกรณี แต่อาจจะล้มเหลวในการพัฒนาความคิดในระดับที่สูงขึ้น

2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.3.1 ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Good (1973) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ว่า หมายถึงความสำเร็จ ความคล่องตัว ความชำนาญในทักษะหรือประยุกต์ใช้ความรู้ต่าง ๆ ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement) หมายถึง ความรู้ หรือทักษะอันเกิด จากการเรียนรู้ในวิชาต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว ซึ่งได้จากผลการทดสอบของครูผู้สอน หรือผู้รับผิดชอบในการสอนหรือทั้งสองอย่างรวมกัน

ไพโรจน์ คะเซนทร์ (2560) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า คือคุณลักษณะรวมถึงความรู้ ความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน หรือ มวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพทางสมอง ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถสมองของบุคคลว่าเรียนแล้วรู้อะไรบ้าง และมีความสามารถด้านใดมากน้อยเท่าไร ตลอดจนผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนการฝึกฝนหรือประสบการณ์ต่าง ๆ ทั้งในโรงเรียน ที่บ้าน และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ รวมทั้งความรู้สึก ค่านิยม จริยธรรมต่าง ๆ ก็เป็นผลมาจากการฝึกฝนด้วย

อัจฉรา สุขารมณ และอรพินท์ ชูชม (2530) กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับความสำเร็จที่ได้รับการเรียนซึ่งได้ประเมินผลจากหลายวิธีคือ กระบวนการที่ได้จากแบบทดสอบ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กระบวนการที่ได้มาซึ่งเกรดเฉลี่ยของนักเรียนต้องอาศัยกรรมวิธีที่ซับซ้อนและช่วงเวลาที่ยาวนาน โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นิยมใช้กันทั่วไปมักอยู่ในรูปของเกรดที่ได้จากการประเมินผลการเรียนของนักเรียนในโรงเรียน เนื่องจากให้ผลที่น่าเชื่อถือมากกว่า เพราะในการประเมินผลการเรียนจากการทดสอบนักเรียน ครูจะต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่น ๆ หลายด้าน จึงย่อมดีกว่าความสำเร็จทางการเรียนจากการทดสอบนักเรียนด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่ว ๆ ไป เพียงครั้งเดียว

สรุปว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความสามารถ ความสำเร็จ ประสบการณ์อันเกิดจากการจัดการเรียนรู้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเกรดที่ได้จากการประเมินผลการเรียนของนักเรียนในโรงเรียน

2.3.2 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมพร เชื้อพันธ์ (2547) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบหรือชุดของข้อสอบที่ใช้วัดความสำเร็จหรือความสามารถในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนว่าผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้เพียงใด

สุพัชชา ประเสริฐ (2552) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพ สมองค์ด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านมาแล้ว เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ความสามารถวิชาการ ของผู้เรียนที่เกิดจากประสบการณ์การเรียนรู้ และเป็นแบบทดสอบวัดความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการ ซึ่งเป็นพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจะเกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรม การเรียนการสอนว่าบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้เพียงใด

จากความหมายข้างต้นพอสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบ หรือชุดของข้อสอบ ที่ใช้วัดความสำเร็จ วัดสมรรถภาพ วัดความรู้ ความสามารถทางวิชาการของผู้เรียน ที่เกิดจากประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน จากกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนว่าบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้เพียงใด

2.3.3 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สุพัชชา ประเสริฐ (2552) แบ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.3.3.1 แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (teacher made test) เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น ใช้กันโดยทั่วไปในสถานศึกษา เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์หรือความสามารถทางวิชาการของผู้เรียนที่ได้เรียนรู้ ในแต่ละรายวิชา แบบทดสอบประเภทนี้มักสร้างขึ้นใช้เฉพาะเป็นครั้งคราว เมื่อสอบเสร็จมักจะทิ้งไป จะสอบใหม่ก็สร้างขึ้นใหม่ หรือปรับปรุงจากแบบทดสอบชุดเดิม ไม่ได้วิเคราะห์หาคุณภาพของ ข้อสอบเพื่อจัดเก็บไว้ใช้ต่อไป ซึ่งถ้าหากมีการหาคุณภาพของข้อสอบและปรับปรุงแก้ไขก็จะช่วยให้ได้ แบบทดสอบที่มีคุณภาพ และนำไปใช้ประโยชน์ได้คุ้มค่ายิ่งขึ้น แบบทดสอบประเภทนี้ยังแบ่งได้อีก 2 ชนิด คือ

- 1) แบบทดสอบความเรียง เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้แล้ว ผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติได้อย่างเต็มที่
- 2) แบบทดสอบแบบปรนัย หรือแบบให้ตอบสั้น ๆ เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้เขียนตอบสั้น ๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ความคิดได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบความเรียง แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2.3.3.2 แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่ว ๆ ไป ซึ่งสร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญด้วยกระบวนการ หรือวิธีการที่เป็นระบบ และใช้เวลามากกว่าแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างจริงจังมีคุณภาพ มีมาตรฐานสามารถนำไปวัดได้อย่างกว้างขวาง แบบทดสอบประเภทนี้ถือว่ามีความเป็นมาตรฐานอยู่ 2 ประการ คือ มาตรฐานในการดำเนินการสอบ ซึ่งไม่ว่าผู้ใดจะใช้แบบทดสอบมาตรฐานเมื่อใดก็ตามการดำเนินการสอบจะปฏิบัติเหมือนกันทุกขั้นตอน และมาตรฐานในการแปลความหมายคะแนนได้ ตรงกันว่า ใครเก่ง อ่อน เพียงไร โดยมีเกณฑ์ปกติ (Norm) สำหรับเปรียบเทียบคะแนนให้มีมาตรฐาน เดียวกัน

2.3.4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุญชม ศรีสะอาด (2545) กล่าวว่า การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอิงเกณฑ์ ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

(1) วิเคราะห์จุดประสงค์ ขั้นแรกจะต้องทำการวิเคราะห์ดูว่ามีหัวข้อเนื้อหาใดบ้างที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และที่จะต้องวัด แต่ละหัวข้อเหล่านั้นต้องการให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรม หรือสมรรถภาพอะไร กำหนดออกมาให้ชัดเจน

(2) กำหนดพฤติกรรมย่อยที่จะออกข้อสอบ จากขั้นแรกพิจารณาต่อไปว่าจะวัดพฤติกรรมย่อยอะไรบ้างอย่างละเอียด ข้อ พฤติกรรมย่อยดังกล่าวคือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมนั่นเอง เมื่อกำหนดจำนวนข้อที่ต้องการจริง เสร็จแล้วมาพิจารณาว่าต้องออกข้อสอบเกินไว้หัวข้อละกี่ข้อ ควรออกเกินไว้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 25 ทั้งนี้หลังจากที่นำไปทดลองใช้และวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบรายข้อแล้วจะตัดข้อที่มีคุณภาพไม่เข้าเกณฑ์ออก ข้อสอบที่เหลือจะได้ไม่น้อยกว่าข้อที่ต้องการจริง

(3) กำหนดรูปแบบของข้อคำถามและศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบ ขั้นตอนนี้จะเหมือนกับขั้นตอนที่ 2 ของการวางแผนสร้างข้อสอบแบบอิงกลุ่มทุกประการ คือตัดสินใจว่าจะใช้ข้อคำถามรูปแบบใด และศึกษาวิธีเขียนข้อสอบ เช่น ศึกษาหลักในการเขียนคำถามแบบนั้น ๆ ศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบเพื่อวัดจุดประสงค์ประเภทต่าง ๆ ศึกษาเทคโนโลยีในการเขียนข้อสอบของตน

(4) เขียนข้อสอบ ลงมือเขียนข้อสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ตามตารางที่กำหนดจำนวนข้อสอบของแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และใช้รูปแบบเทคนิคการเขียนตามที่ศึกษาในขั้นตอนที่ 3

(5) ตรวจสอบข้อสอบ นำข้อสอบที่ได้เขียนไว้แล้วในขั้นตอนที่ 4 มาพิจารณาทบทวนอีกครั้ง โดยพิจารณาความถูกต้องตามหลักวิชาแต่ละข้อวัดพฤติกรรมย่อยหรือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการหรือไม่ ตัวถูกตัวลวงเหมาะสมเข้าเกณฑ์หรือไม่ ทำการปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

(6) ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา นำจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและข้อสอบที่วัดแต่ละจุดประสงค์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและเนื้อหาจำนวนไม่ต่ำกว่า 3 คน

พิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อวัดตามจุดประสงค์ที่ระบุไว้นั้นหรือไม่ ถ้ามีข้อที่ไม่เข้าเกณฑ์ควรพิจารณาปรับปรุงให้เหมาะสม เว้นแต่จะไม่สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้อย่างชัดเจน

(7) พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง นำข้อสอบทั้งหมดที่ผ่านการพิจารณาว่าเหมาะสมเข้าเกณฑ์ในขั้นตอนที่ 6 มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบ มีคำชี้แจงเกี่ยวกับแบบทดสอบ วิธีตอบ จัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

(8) ทดลองใช้ วิเคราะห์คุณภาพ และปรับปรุง

(9) พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง โดยเน้นการพิมพ์ที่ประณีต มีความถูกต้อง มีคำชี้แจงที่ละเอียดชัดเจน ผู้อ่านเข้าใจง่าย

สมนึก ภัททิยธนี (2555) ได้กล่าวถึง หลักในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ ดังนี้

(1) เขียนตอนนำให้เป็นประโยคที่สมบูรณ์ แล้วใส่เครื่องหมาย ประศนี ไม่ควรสร้างตอนนำให้เป็นแบบอ่านต่อความ เพราะทำให้คำถามไม่กระชับ เกิดปัญหาสองแง่หรือข้อความไม่ต่อกัน หรือเกิดความสับสนในการคิดหาคำตอบ

(2) เน้นเรื่องจะถามให้ชัดเจนและตรงจุดไม่คลุมเครือ เพื่อว่าผู้อ่านจะไม่เข้าใจไขว่เขวสามารถมุ่งความคิดในคำตอบไปถูกทิศทาง

(3) ควรถามในเรื่องที่มีคุณค่าต่อการวัด หรือถามในสิ่งที่ตั้งถามมีประโยชน์ คำถามแบบเลือกตอบสามารถถามพฤติกรรมในสมองได้หลาย ๆ ด้าน ไม่ใช่คำถามเฉพาะความจำ หรือความจริงตามตำรา แต่ต้องถามให้คิดหรือนำความรู้ที่เรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

(4) หลีกเลี่ยงคำถามปฏิเสธ ถ้าจำเป็นต้องใช้ก็ควรขีดเส้นใต้คำปฏิเสธแต่คำปฏิเสธซ้อนไม่ควรใช้อย่างยิ่ง เพราะปกติผู้เรียนจะยุ่งยากต่อการแปลความหมายของคำถามและตอบคำถามที่ถามกลับ หรือปฏิเสธซ้อนผิดมากกว่าถูก

(5) อย่าใช้คำฟุ่มเฟือย ควรถามปัญหาโดยตรง สิ่งใดไม่เกี่ยวข้องหรือไม่ได้ใช้เป็นเงื่อนไขในการคิดก็ไม่ต้องนำมาเขียนไว้ในคำถาม จะช่วยให้คำถามรัดกุม ชัดเจนขึ้น

(6) เขียนตัวเลือกให้เป็นเอกพจน์ หมายถึง เขียนตัวเลือกทุกตัวให้เป็นลักษณะใดลักษณะหนึ่ง หรือมีทิศทางแบบเดียวกัน หรือมีโครงสร้างสอดคล้องเป็นทำนองเดียวกัน

(7) ควรเรียงลำดับตัวเลขในตัวเลือกต่าง ๆ ได้แก่ คำตอบที่เป็นตัวเลข นิยมเรียงจากน้อยไปหามาก เพื่อช่วยให้ผู้ตอบพิจารณาหาคำตอบได้สะดวก ไม่หลง และป้องกันการเดาตัวเลือกที่มีค่ามาก

(8) ใช้ตัวเลือกปลายเปิดหรือปลายปิดให้เหมาะสม ตัวเลือกปลายเปิด ได้แก่ ตัวเลือกสุดท้ายใช้คำว่า ไม่มีคำตอบถูก ที่กล่าวมาผิดหมด ผิดหมดทุกข้อ หรือสรุปแน่นอนไม่ได้

(9) ข้อเดียวต้องมีคำตอบเดียว ป้องกันการเกิดปัญหาสองแง่สองมุม

(10) เขียนทั้งตัวถูกและตัวผิดให้ถูกหรือผิดตามหลักวิชา คือจะกำหนดตัวถูกหรือผิด เพราะสอดคล้องกับความเชื่อของสังคม หรือกับคำพังเพยทั่ว ๆ ไป ไม่ได้ ทั้งนี้ เนื่องจากการเรียนการสอนมุ่งให้ทราบความจริงตามหลักวิชาเป็นสำคัญ จะนำความเชื่อโซกลาง หรือขนบธรรมเนียมประเพณีเฉพาะท้องถิ่นมาอ้างไม่ได้

(11) เขียนตัวเลือกให้อิสระจากกัน พยายามอย่าให้ตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง เป็นส่วนหนึ่งหรือส่วนประกอบของตัวเลือกอื่น ต้องให้แต่ละตัวเป็นอิสระจากกันอย่างแท้จริง

(12) ควรมีตัวเลือก 4 - 5 ข้อสอบแบบเลือกตอบนี้ ถ้าเขียนตัวเลือกเพียง 2 ตัวก็กลายเป็นข้อสอบแบบถูก-ผิด และเพื่อป้องกันไม่ให้เดาได้ง่าย ๆ จึงควรมีตัวเลือกมาก ๆ ตัว ที่นิยมใช้ หากสอบระดับประถมศึกษาปีที่ 1 - 2 ควรใช้ 3 ตัวเลือก ระดับประถมศึกษาปีที่ 3 - 6 ควรใช้ 4 ตัวเลือก และตั้งแต่มัธยมศึกษาขึ้นไปควรใช้ 5 ตัวเลือก

(13) อย่าแนะคำตอบ ซึ่งการแนะคำตอบมีหลายกรณี ดังนี้

(13.1) คำถามข้อหลังๆ แนะคำตอบข้อแรก ๆ

(13.2) ถามเรื่องที่ผู้เรียนคล่องปากอยู่แล้ว โดยเฉพาะคำถามประเภทคำพังเพย สุภาษิต คติพจน์หรือคำเตือนใจ

(13.3) ใช้ข้อความของคำตอบถูกซ้ำกับคำถามหรือเกี่ยวข้องกันอย่างเห็นได้ชัด เพราะนักเรียนที่ไม่มีความรู้ก็อาจจะเดาได้ถูก

(13.4) ข้อความของตัวถูกบางส่วนเป็นส่วนหนึ่งของทุกตัวเลือก

(13.5) เขียนตัวถูกหรือตัวลวงถูกหรือผิดเด่นชัดเกินไป

(13.6) คำตอบไม่กระจาย

2.3.5 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วนิดา ดีแป้น (2553) กล่าวว่า หลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ การพยายามที่จะจัดให้ได้ตรงตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนและตรงตามเนื้อหาสาระที่ครูจัดการเรียนการสอน ดังนั้น การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จึงต้องมุ่งที่จะทำความเข้าใจจุดมุ่งหมายของหลักสูตรระดับต่าง ๆ การจัดการศึกษาตลอดจนการเรียนการสอน เทคนิควิธี การวัดและประเมินการจัดการเรียนการสอน ของครู ซึ่งการวัดและการประเมินผลการเรียน คือ กระบวนการตรวจสอบนักเรียนว่าได้พัฒนาไปถึง จุดหมายปลายทางของหลักสูตรและมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์หรือไม่ รวมทั้งเป็นสิ่งที่ทำให้ทราบว่า นักเรียนเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่การวัดและการประเมินผลการเรียนมีจุดประสงค์ดังต่อไปนี้ คือ การจัดตำแหน่งเป็นการศึกษาว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้หรือทักษะเพียงพอหรือไม่ ซึ่งจะทำให้ทราบจุดเด่นจุดด้อยของนักเรียนเปรียบเทียบกับความสามารถเด็กเป็นการประเมินพัฒนาการของเด็ก แล้วนำไปทำนายเพื่อเป็นการแนะแนวทางในการประกอบอาชีพหรือศึกษาต่อ นำไปประเมินค่าซึ่งจะทำให้การสอนสิ้นสุดลง

กระบวนการเรียนรู้จะบรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้อยู่กับจุดประสงค์การเรียนรู้เป็นสำคัญ เช่นเดียวกันกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดพุทธิพิสัยของบลูมและคณะปรับปรุงใหม่ (Bloom's revised taxonomy) ที่ได้รับการยอมรับและมีการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง โดยมี 6 ลำดับชั้น ดังนี้ (วิภาวดี นวลพัต, 2555)

(1) จำ (Remember) หมายถึง ความสามารถในการระลึกได้ แสดงรายการได้ บอก ได้ ระบุนชื่อ บอกชื่อได้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถบอกความหมายของทฤษฎีได้

(2) เข้าใจ (Understand) หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมาย ยกตัวอย่างสรุป อ้างอิง ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดของทฤษฎีได้

(3) ประยุกต์ใช้ (Apply) หมายถึง ความสามารถในการนำไปใช้ ประยุกต์ใช้ แก้ไข ปัญหา ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหาได้

(4) วิเคราะห์ (Analyze) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ อธิบาย ลักษณะการจัดการ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างระหว่าง 2 ทฤษฎีได้

(5) ประเมินค่า (Evaluate) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบ วิวิจารณ์ ตัดสิน ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถตัดสินคุณค่าของทฤษฎีได้

(6) สร้างสรรค์ (Create) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ วางแผน ผลิต ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถนำเสนอทฤษฎีใหม่ที่แตกต่างไปจากทฤษฎีเดิมได้

ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของบลูม ครูสามารถนำไปใช้ในการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ การวางแผนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และประเมินผลการเรียนรู้ได้อย่างชัดเจน

2.3.6 การหาคุณภาพเครื่องมือ

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ครูผู้สอนต้องหาคุณภาพของเครื่องมือเพื่อเป็นการยืนยันว่าเครื่องมือดังกล่าวมีคุณภาพ ซึ่งการหาคุณภาพของเครื่องมือสามารถจำแนกเป็น 2 ลักษณะ

2.3.6.1 การหาคุณภาพของเครื่องมือทั้งฉบับ การวิเคราะห์ข้อสอบทั้งฉบับเป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดเกี่ยวกับความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) รายละเอียดดังนี้

1) ความเที่ยงตรง หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือวัด ที่สามารถวัดได้ในสิ่งที่ต้องการวัดเป็น ความสอดคล้องระหว่างผลการวัดกับสิ่งที่ต้องการวัด ความตรงที่ใช้ในการทดสอบจำแนกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ความตรงตามเนื้อหา ความตรงตามโครงสร้าง และความตรงตามเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องโดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จะเกี่ยวข้องกับความจริงตามเนื้อหามากกว่าความตรงชนิดอื่น ๆ

การหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นการหาความเที่ยงตรงที่ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าข้อสอบ หรือ ข้อคำถามแต่ละข้อวัดได้ตรงตามสิ่งที่ต้องการวัดเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์การเรียนรู้มากน้อยเพียงใด โดยใช้เกณฑ์การประเมินดังนี้

ให้คะแนน +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์/เนื้อหานั้น

ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์/เนื้อหานั้น

ให้คะแนน -1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่วัดจุดประสงค์/เนื้อหานั้น

แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ หาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์หรือเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence: IOC) จาก

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (2.1)$$

เมื่อ $\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

เกณฑ์การตัดสินค่า IOC ถ้ามีค่า 0.50 ขึ้นไป แสดงว่า ข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงจุดประสงค์ หรือตรงตาม เนื้อหานั้น แสดงว่า ข้อคำถามข้อนั้นใช้ได้

2) ความเชื่อมั่น ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงที่ของคะแนนที่วัดได้แต่ละครั้ง วิธีการหาความ เชื่อมั่นของแบบทดสอบทำได้หลายวิธีคือ

2.1) วิธีสอบซ้ำการหาความเชื่อมั่นโดยวิธีสอบซ้ำเป็นการหาความสัมพันธ์ของคะแนนจากการทำแบบทดสอบฉบับเดียวกันสองครั้ง โดยทิ้งช่วงห่างให้เหมาะสม (ประมาณ 2 สัปดาห์) การหาความเชื่อมั่น โดยวิธีนี้เป็นการตรวจสอบความคงที่ของการแสดงออกของผู้สอบสองครั้งว่า จะมีความคงที่หรือไม่ วิธีการนี้มีจุดอ่อนที่ความแปรเปลี่ยนภายในตัวผู้สอบในระหว่างทิ้งช่วงการสอบ ดังนั้น การหาความเชื่อมั่นโดยวิธีนี้ควรนำไปใช้กับแบบทดสอบวัดคุณลักษณะที่ ค่อนข้างจะคงที่ไม่แปรเปลี่ยนโดยง่าย

2.2) วิธีใช้แบบทดสอบคู่ขนาน การหาความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีแบบทดสอบคู่ขนาน เป็นการหาความสัมพันธ์ของคะแนนจากการนำแบบทดสอบ 2 ฉบับที่เทียบเท่ากันไปสอบกับบุคคลกลุ่มเดียวกัน วิธีการนี้มีจุดอ่อนที่ความเป็นคู่ขนานกันของ แบบทดสอบ 2 ฉบับซึ่งสร้างได้ยาก

2.3) วิธีหาความสอดคล้องภายใน

2.3.1) วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบการหาความเที่ยงโดยวิธีนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ของคะแนนจากการใช้แบบทดสอบฉบับเดียว และสอบเพียงครั้งเดียว โดยนำผลการ

สอบมาแบ่งเป็นข้อมูล 2 ชุด โดยอาจแบ่งเป็นข้อคู่ - ข้อคี่ แบ่งเป็นครั้งแรก ครึ่งฉบับหลัง จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะได้สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบครั้งแรก แล้วจึง นำไปปรับขยายเป็นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบทั้งฉบับ จากสูตรของสเปียร์แมน บราวน์ (Spearman Brown) ดังนี้

$$R_{tt} = \frac{2r_{mm}}{1+r_{mm}} \quad (2.2)$$

เมื่อ R_{tt} แทน ความเที่ยงแบบทดสอบทั้งฉบับ

R_{mm} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบครั้งแรก

2.3.2) วิธีหาจากสูตรของคูเดอร์และริชาร์ดสัน การหาความเที่ยงโดยวิธีนี้ เป็นการหาความสัมพันธ์ของคะแนนจากการใช้แบบทดสอบฉบับเดียวและสอบเพียงครั้งเดียว โดยนำผลการสอบมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ ใช้สูตรของคูเดอร์และริชาร์ดสันซึ่งเป็นการหาความเที่ยงของ แบบทดสอบที่มีระบบการให้คะแนนแบบ 0,1 (ผิด 0, ถูก 1) สูตรที่ใช้มี 2 สูตร คือ สูตร KR - 20 กับสูตร KR - 21 สูตร KR -20 ในกรณีที่ค่าความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อไม่เท่ากัน

$$r_{kr-20} = \frac{K}{k-1} \left[1 - \frac{\sum Pq}{s^2} \right] \quad (2.3)$$

เมื่อ r_{kr-20} แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อสอบ

P แทน ความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนที่ตอบผิด (1-p)

S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมของแบบทดสอบ

สูตร KR-21 ในกรณีที่ค่าความยากง่ายของข้อสอบทุกข้อเท่ากันหรือไม่แตกต่างกันมาก

$$R_{kr-21} = \frac{K}{K-1} \left[\frac{1 - \bar{x}(K - \bar{x})}{KS^2} \right] \quad (2.4)$$

เมื่อ R_t แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อสอบ

X แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมของแบบทดสอบทั้งฉบับ

S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมของแบบทดสอบ

2.3.6.2 การวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบรายข้อ

การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบแต่ละข้อโดยพิจารณาจากสมบัติที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่ ความยาก อำนาจจำแนก และประสิทธิภาพของตัวลอง

1) ความยากของข้อสอบ หมายถึง สัดส่วนของจำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบได้ถูกต้อง ต่อจำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบทั้งหมด หรือหมายถึงจำนวนร้อยละของผู้ตอบข้อสอบนั้น ๆ ถูก ตัวอย่างเช่น ค่า $p = 0.30$ แสดงว่า จำนวน ผู้ตอบ 100 คน มีผู้ที่ตอบข้อนั้น ๆ ถูก 30 คน ค่าความยากง่ายจะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1.00 สามารถหาได้จาก สูตร

$$p = \frac{R}{N} \quad (2.5)$$

เมื่อ p แทน ค่าดัชนีความยากง่าย
 R แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก
 N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ทำข้อสอบนั้น

ในการพิจารณาค่าความยากง่ายนั้นถ้าข้อสอบมีค่าความยากง่ายสูง เช่น $p = 0.95$ แสดงว่า มีผู้ตอบถูกจำนวนมาก จึงถือว่าเป็นข้อสอบที่ง่ายแต่ในทางกลับกัน ถ้าข้อสอบมีผู้ตอบถูกน้อย เช่น $p = 0.15$ แสดงว่าเป็นข้อสอบที่ยาก ข้อสอบที่ดีจะมีระดับความยากง่าย เท่ากับ 0.5 ซึ่งจะทำให้เกิดค่าอำนาจการจำแนกสูงสุดและมี ความเชื่อมั่นสูงอย่างไรก็ตามในการสอบวัดความรู้ผลการเรียนโดยทั่วไป มักนิยมให้มีข้อสอบที่มีระดับความยากง่ายในระดับต่าง ๆ ปะปนกันไป โดยจัดให้มีข้อสอบมีค่าความยากง่ายพอเหมาะ (p มีค่าใกล้เคียง 0.5) เป็นส่วนใหญ่ รวมทั้งให้มีข้อสอบที่ค่อนข้างยากและค่อนข้างง่ายอีกจำนวนหนึ่ง

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยาก (p) ของข้อสอบ

ความยากของข้อสอบ (p)	ความหมาย
0.81 - 1.00	ง่ายมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
0.60 - 0.80	ค่อนข้างง่าย (ดี)
0.40 - 0.59	ยากพอเหมาะ (ดีมาก)
0.20 - 0.39	ค่อนข้างยาก (ดี)
0 - 0.19	ยากมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

ที่มา: ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543)

2) อำนาจจำแนก (r) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนกหรือแยกให้เห็นความแตกต่างระหว่างผู้สอบที่มีผลสัมฤทธิ์ต่างกัน เพื่อที่จะใช้พยากรณ์หรือบ่งชี้ความแตกต่างที่เห็นชัดในด้านความสามารถ เช่น จำแนกคนเก่งกับคนอ่อนจากกันได้ โดยถือว่าคนเก่งควรทำข้อสอบข้อนั้นได้ ส่วนผู้ที่อ่อนไม่ควรทำข้อสอบข้อนั้น ได้ อำนาจจำแนกของข้อสอบ จะมีค่าตั้งแต่ - 1 ถึง + 1 ค่าอำนาจจำแนกที่ดี ควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบ

อำนาจจำแนกของข้อสอบ (r)	ความหมาย
0.60 - 1.00	อำนาจจำแนกดีมาก
0.40 - 0.59	อำนาจจำแนกดี
0.20 - 0.39	อำนาจจำแนกพอใช้
0.10 - 0.19	อำนาจจำแนกต่ำ (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
-1.00 - 0.09	อำนาจจำแนกต่ำมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

2.3.7 ความก้าวหน้าทางการเรียน

Hake (1998) ได้เสนอวิธีการใหม่ในการประเมินผลการเรียนรู้จากการสอบก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) เนื่องจากในการสอบครั้งหนึ่ง ๆ มีข้อจำกัดในเรื่องคะแนนต่ำสุด (Minimum or floor effect) ที่ทุกคนจะมีโอกาสได้คะแนนต่ำสุดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0 และโอกาสที่จะได้คะแนนสูงสุด (Maximum or ceiling effect) ไม่เกินร้อยละ 100 หรือที่เรียก Floor and ceiling effect ด้วยปัญหานี้ จึงได้มีการเสนอวิธีการในการประเมินผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น เรียกว่า ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain; <g>) โดยหาได้จากอัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) ต่อผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain) โดยจะนำคะแนนมาคำนวณเฉพาะผู้เรียนที่สอบทั้งก่อนและหลังเรียนเท่านั้น และเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$<g> = \frac{[(\% \text{post-test}) - (\% \text{pre-test})]}{[(100\%) - (\% \text{pre-test})]} \quad (2.6)$$

โดยที่	<g>	คือ ค่า Normalized gain
	%post-test	คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์
	%pre-test	คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

ค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน จำแนกได้เป็น 3 ระดับ ดังนี้

ความก้าวหน้าในระดับสูง (High gain) $\langle g \rangle \geq 7$

ความก้าวหน้าในระดับปานกลาง (Medium gain) $0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$

ความก้าวหน้าในระดับต่ำ (Low gain) $0.0 \leq \langle g \rangle < 0.3$

การประเมินผลการเรียนด้วยวิธี Normalized gain เพื่อประเมินว่าผู้เรียนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด สามารถจำแนกประเภทได้ดังนี้

(1) แบบรายชั้นเรียน (Class normalized gain or class average normalized gain) หมายถึง การพิจารณาว่าผลการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งชั้นเพิ่มขึ้นคิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ โดยพิจารณาได้จากคะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้น ทั้งก่อนเรียน และหลังเรียน การพิจารณาผลการเรียนของผู้เรียนในลักษณะนี้ใช้เพื่อดูว่าผลการเรียนการสอนโดยภาพรวมของทั้งชั้นนั้นมีพัฒนาการขึ้นมากน้อยเพียงใด ซึ่งโดยทั่วไปนักวิจัยจะอ้างถึงเนื่องจากสามารถบอกเป็นภาพรวมของทั้งชั้น อย่างไรก็ตามในการคิดคำนวณเพื่อหาค่า Normalized gain นี้ อาจใช้การนับคะแนนหรือนับจำนวนผู้เรียนที่ตอบข้อสอบได้ถูกต้องเพื่อมาคำนวณ ผลการคำนวณที่ได้จะเป็นการบอกภาพรวมของทั้งชั้นว่ามีผลการเรียนดีขึ้นมากน้อยเพียงใด

(2) แบบแต่ละรายบุคคล (Single student normalized gain) หมายถึง การพิจารณาว่าผู้เรียนแต่ละคนมีพัฒนาการการเรียนรู้เป็นอย่างไร โดยพิจารณาได้จากการนำคะแนนสอบก่อนเรียน และหลังเรียนของผู้เรียนแต่ละคนมาคำนวณหาค่า Normalized gain อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ อาจทำได้ยากสำหรับการพิจารณาค่า Normalized gain ของผู้เรียนแต่ละคนเนื่องจากต้องใช้เวลามาก โดยเฉพาะถ้าหากผู้เรียนมีจำนวนมาก แต่สำหรับชั้นเรียนที่มีผู้เรียนจำนวนน้อย เราสามารถพิจารณาได้ และจะเป็นการดีเพราะทำให้ผู้สามารถดูพัฒนาการของผู้เรียนแต่ละคนได้เป็นอย่างดี อันจะเป็นแนวทางในการช่วยเสริมผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ต่ำได้

(3) แบบแต่ละรายข้อ (Single test item normalized gain) หมายถึง การพิจารณาว่าจำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกสำหรับข้อสอบข้อหนึ่ง ๆ เพิ่มขึ้นเป็นเท่าใดในการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน การพิจารณาในลักษณะนี้มีข้อดี คือ ทำให้บอกได้ว่าผู้เรียนมีความเข้าใจต่อข้อสอบแต่ละข้ออย่างไร ซึ่งสามารถนำมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงการเรียนการสอนในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับข้อสอบข้อนั้น ๆ ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้การพิจารณาแบบนี้ยังบอกได้ว่า วิธีการสอนที่ใช้นั้นทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาของข้อสอบข้อนี้มากขึ้นมากน้อยเพียงใด ซึ่งสามารถนำมาใช้ประเมินถึงคุณภาพของวิธีการสอนได้ อย่างไรก็ตาม ผู้สอนหลายคนนิยมที่จะพิจารณาถึงพัฒนาการของผู้เรียนในกลุ่มของข้อสอบที่รวมกับเป็นแนวคิดรวบยอดมากกว่า ซึ่งจะได้พิจารณาได้ด้วยวิธีที่เรียกว่า แบบแต่ละความคิดรวบยอด (Conceptual dimensional normalized gain)

(4) แบบแต่ละความคิดรวบยอด (Conceptual dimensional normalized gain) เป็นการพิจารณาว่าพัฒนาการ หรือผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียนที่มีต่อความคิดรวบยอดหนึ่ง ๆ เป็นอย่างไรสำหรับข้อสอบชุดหนึ่ง ๆ โดยเฉพาะข้อสอบที่เป็นการสอบวัดความคิดรวบยอด (Conceptual test) ซึ่งมักจะมีการแบ่งหมวดหมู่ของข้อสอบออกเป็นกลุ่มตามแนวความคิดรวบยอด (Concept) ที่ผู้สร้างแบบทดสอบได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ก่อนสอน ดังนั้น จึงเป็นที่นิยมใช้ในการพิจารณาผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียนต่อกลุ่มข้อสอบกลุ่มหนึ่ง ๆ อันจะทำให้บอกได้ว่าผู้เรียนมีความเข้าใจต่อแนวความคิดรวบยอดแต่ละแนวความคิดอย่างไร วิธีการนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษา เนื่องจากข้อสอบมาตรฐานทั่วไปในทางฟิสิกส์ศึกษาจะมีการความเข้าใจรวบยอดเป็นกลุ่มอยู่ในข้อสอบชุดเดียวกัน ซึ่งหากพิจารณาเฉพาะคะแนนรวมไม่อาจบอกได้ว่าผู้เรียนมีความเข้าใจในแต่ละแนวความคิดรวบยอดนั้นมากน้อยเพียงใด จึงเป็นอีกข้อดีที่จะพิจารณาว่าผู้เรียนมีความเข้าใจในความคิดรวบยอดนั้น ๆ เป็นอย่างไร เพื่อที่จะเป็นแนวทางในการพัฒนาการสอนได้ตรงกับแนวความคิดรวบยอดที่ผู้เรียนมีความเข้าใจผิดกันมาก

2.4 ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของนวัตกรรม

เมื่อคิดค้นหรือประดิษฐ์นวัตกรรมด้านการเรียนการสอนแล้ว ต้องทดลองใช้นวัตกรรม ซึ่งถือเป็นขั้นตอนสำคัญ เพื่อเป็นการประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข ผลการทดลองจะทำให้ได้ข้อมูล ที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนานวัตกรรมต่อไป ถ้าหากมีการทดลองใช้นวัตกรรมหลายครั้งก็ย่อมมีความมั่นใจในประสิทธิภาพของนวัตกรรมนั้น ก่อนการทดลองใช้นวัตกรรมจะต้องมีการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของนวัตกรรมนั้น และเมื่อได้ทดลองใช้แล้วต้องมีการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของนวัตกรรม เพื่อประกอบการพิจารณาปรับปรุงนวัตกรรมนั้นให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้จัดทำกำหนด การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมเป็นการยืนยันว่านวัตกรรมที่ผลิตขึ้น เมื่อนำไปใช้สามารถเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.1 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของนวัตกรรม

เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ หากนวัตกรรมมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว นวัตกรรมนั้นจะมีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียน การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพทำได้โดย การประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional behavior) คือ การประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย ๆ หลาย ๆ อย่างเรียกว่ากระบวนการ (Process) ของผู้เรียนซึ่งเราสามารถสังเกตได้จากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม (รายงานของกลุ่ม) การปฏิบัติงานรายบุคคลอันได้แก่งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้ การประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal behavior) คือ การประเมินผล

ผลลัพธ์ เป็นการประเมินผลสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของผู้เรียนในเนื้อหาแต่ละหน่วย โดยพิจารณาผล การสอบหลังเรียน

โดยกำหนดสัญลักษณ์ของเกณฑ์ประสิทธิภาพเป็น E_1/E_2 โดยที่

(1) E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ เป็นตัวเลขที่แสดงร้อยละของค่าเฉลี่ยของ คะแนนที่ได้จากการทำงานทุกชิ้น ที่ได้รับมอบหมายระหว่างการใช้นวัตกรรม

(2) E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เป็นตัวเลขที่แสดงร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ ได้การทำแบบทดสอบหลังเรียนด้วยนวัตกรรม

ตัวอย่างการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ เช่น E_1/E_2 คือ 80/80 หมายความว่า เมื่อเรียน ด้วยนวัตกรรมนั้นแล้ว ผู้เรียนจะสามารถทำแบบฝึกหัด หรืองาน ที่ผลเฉลี่ยร้อยละ 80 และ แบบทดสอบหลังเรียนได้ผลเฉลี่ยร้อยละ 80

การกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 โดยปกติ เนื้อหาเป็นความรู้ความจำมักจะตั้งไว้ 80/80 หรือ 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะมักจะตั้งต่ำกว่านี้ เช่น 75/75 อย่างไรก็ตามก็ไม่มี หลักเกณฑ์ที่ตายตัวว่าควรกำหนดตัวเลขเป็นเท่าใด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ใช้นวัตกรรมที่จะต้อง พิจารณาใน 2 ประเด็น คือ

(1) ธรรมชาติของรายวิชา หรือเนื้อหา ความยากง่ายของรายวิชาหรือเนื้อหานั้น ถ้ายากก็ ตั้งสูง เพราะผู้เรียนอาจจะสามารถผ่านได้ง่ายถ้าเนื้อหายากก็ตั้งต่ำ ๆ หน่อย

(2) สมรรถภาพของผู้เรียน ว่าผู้เรียนมีคนที่คน ปานกลางกี่คน อ่อนกี่คน ประเมินโดย ภาพรวมว่าอยู่ระดับไหน อันนี้ถ้าในห้องเรียนนั้นมีนักเรียนที่เรียนเก่งอยู่มาก ประสิทธิภาพของสื่อของ เราก็ต้องสามารถช่วยยกระดับความรู้ให้เข้าใกล้ 100 ให้มากที่สุดตามไปด้วยนั่นเอง

ผู้พัฒนานวัตกรรมไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำจนเกินไป เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพของ นวัตกรรมที่ได้ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ เนื่องจากไม่ได้มีการปรับปรุงแต่อย่างใด ซึ่งโดยปกติทั่วไป แล้วในขั้นตอนการทดลองครั้งแรก ๆ จะได้ค่าประสิทธิภาพที่ต่ำแต่เมื่อได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ค่าประสิทธิภาพของนวัตกรรมก็จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ และในขณะเดียวกันหากได้ค่าประสิทธิภาพสูงมาก ๆ ก็ไม่ควรจะตัดสินใจยอมรับค่านั้นในทันทีเพราะค่าประสิทธิภาพที่สูง อาจจะเกิดจากสาเหตุหลาย ประการ เช่น เนื้อหาที่จัดให้ง่ายกว่าความสามารถของผู้เรียนหรือข้อสอบยังไม่ดีพอ โดยอาจจะเกิด จากการสร้างตัวเลือกไม่ดี เดาง่าย เป็นต้น ดังนั้นผู้พัฒนานวัตกรรมต้องตรวจสอบกระบวนการในการ พัฒนานวัตกรรมในแต่ละขั้นว่าถูกต้องและเหมาะสมเพียงใดอีกด้วย

2.4.2 การคำนวณค่าประสิทธิภาพของนวัตกรรม

2.4.2.1 การหาค่า E_1

$$E_1 = \frac{\sum x}{N} \times 100 \quad (2.7)$$

เมื่อ	E_1	แทนค่า ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	$\sum X$	แทนค่า คะแนนรวมของแบบฝึกหัดหรืองาน
	N	แทนค่า จำนวนผู้เรียน
	A	แทนค่า คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชิ้นรวมกัน

2.4.2.2 การหาค่า E_2

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100 \quad (2.8)$$

เมื่อ	E_2	แทนค่า ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
	$\sum F$	แทนค่า คะแนนรวมของการสอบหลังเรียน
	N	แทนค่า จำนวนผู้เรียน
	B	แทนค่า คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

2.4.3 เกณฑ์การยอมรับประสิทธิภาพของนวัตกรรม

เมื่อได้ทดลองภาคสนามจนได้ค่าประสิทธิภาพของนวัตกรรมแล้ว ผู้สร้างนวัตกรรมจะต้องอภิปรายผลของค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ อาจจะอนุมานให้มีระดับผิดพลาดได้ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ 2.5 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์การยอมรับเกณฑ์ประสิทธิภาพของนวัตกรรมนิยามกำหนดไว้ 3 ระดับ

2.4.3.1 สูงกว่าเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของนวัตกรรมสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้เกินกว่าร้อยละ 2.5 เช่น เกณฑ์ เท่ากับ 80/80 ได้ 83/83

2.4.3.2 เท่ากับเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของนวัตกรรมเท่ากับหรือสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้แต่ไม่เกินร้อยละ 2.5 เช่น เกณฑ์ เท่ากับ 80/80 ได้ 80/80 หรือ 82/82

2.4.3.3 ต่ำกว่าเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของนวัตกรรมต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ไม่เกินร้อยละ 2.5 เช่น เกณฑ์ เท่ากับ 80/80 ได้ 78/78

ในกรณีที่มียุคค่าหนึ่งเป็นที่ยอมรับ แต่ในขณะที่อีกค่าหนึ่งต่ำกว่าที่จะยอมรับได้ เช่น กำหนดเกณฑ์ไว้ 90/90 เมื่อทดลองได้ค่า $E_1/E_2 = 86/92$ จะเห็นได้ว่า ค่า E_1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ในกรณีนี้จะต้องนำนวัตกรรมมาพิจารณาปรับปรุงแก้ไขประสิทธิภาพของกระบวนการแล้วนำไปทดลองอีกครั้ง

2.4.4 การหาค่าดัชนีประสิทธิผลของนวัตกรรม

ดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness index: E.I.) เป็นค่าที่สะท้อนพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเป็นการพิจารณาว่าก่อนและหลังการเรียนรู้เรื่องใด ๆ นักเรียนมีพัฒนาการหรือมีความรู้ความสามารถเพิ่มขึ้นเท่าใด หรือเชื่อถือได้หรือไม่ ดังนั้นค่าดัชนีประสิทธิผลจึงเป็นตัวเลขที่สะท้อนถึงคุณภาพของนวัตกรรมได้เช่นเดียวกับค่า E_1/E_2 โดยทั่วไป นวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ จะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนมีคะแนนดัชนีประสิทธิผลตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

การคำนวณค่า E.I. อาจพิจารณาจากค่าคะแนนดิบ หรือคะแนนร้อยละก็ได้ ถ้าใช้ค่าคะแนนดิบ จะใช้สูตรในการคำนวณดังปรากฏด้านล่าง แต่ถ้าใช้คะแนนร้อยละ จากสูตรให้เปลี่ยนจากการใช้คะแนนเต็มเป็น 100

$$E.I. = \frac{\text{คะแนนสอบหลังเรียน} - \text{คะแนนสอบก่อนเรียน}}{\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนสอบก่อนเรียน}} \quad (2.9)$$

เผชิญ กิจระการ (2544) ได้ให้ข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับค่า E.I. ไว้ดังนี้

(1) E.I. เป็นเรื่องอัตราส่วนของผลต่าง จะมีค่าสูงสุดเป็น 1.00 ส่วนค่าต่ำสุดไม่สามารถกำหนดได้ เพราะมีค่าต่ำกว่า -1.00 ก็ได้ และถ้าเป็นค่าลบแสดงว่าคะแนนผลสอบก่อนเรียนมากกว่าหลังเรียน ซึ่งมีความหมายว่าระบบการเรียนการสอนหรือนวัตกรรมที่ใช้ล้มเหลว ไม่มีคุณภาพ

(2) ถ้าค่า E.I. มีค่าเป็น 1.00 ซึ่งจะพบในกรณีที่นักเรียนทุกคนได้คะแนนสอบหลังเรียนเต็ม ถือได้ว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนคิดเป็นร้อยละ 100 หรือบรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนตามที่ต้องการ

(3) การหาค่า E.I. ต้องใช้ค่าคะแนนสอบหลังเรียน ซึ่งจะเป็นค่าเดียวกันกับ E_2 ดังนั้นหากค่า E.I. ต่ำ ค่า E_2 มักจะไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนด

(4) ค่า E.I. ที่เกิดจากนักเรียนแต่ละกลุ่มความสามารถไม่ควรนำมาเปรียบเทียบกับ เพราะไม่ได้เริ่มจากฐานของความรู้ที่เท่ากัน ควรอธิบายค่า E.I. ของแต่ละกลุ่มตามพัฒนาการเฉพาะกลุ่มเท่านั้น

(5) ข้อความที่เหมาะสมในการแปลผลค่า E.I. ควรเป็นดังนี้ ถ้าค่า E.I. เท่ากับ 0.6240 ควรกล่าวว่า “ค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.6240 แสดงว่านักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น 0.6240 หรือคิดเป็นร้อยละ 62.40” ไม่ควรใช้ข้อความว่า “ค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.6240 แสดงว่านักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 62.40”

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่องพันธกรรม

การจัดการเรียนรู้ เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ผู้สอนบางท่านได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อลดแนวคิดที่ไม่สมบูรณ์และมีคลาดเคลื่อน การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ เช่น

รุ่งรัชณี อินตาคำ (2553) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดการเรียนรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง การสืบพันธุ์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษาลำปาง เขต1 พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดการเรียนรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง การสืบพันธุ์และการถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรมมีความก้าวหน้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดการเรียนรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์เรื่องการสืบพันธุ์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม มีความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก

มะลิวัลย์ ประทุมทอง (2557) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 35 คนผลการวิจัยพบว่าจำนวนนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นกว่าก่อนเรียนในทุกแนวคิด

พิศเนตร อุทัยไชย (2554) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือในการวิจัยคือ แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุล พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและเมื่อจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่านักเรียนมีแนวคิดแบบสมบูรณ์และนักเรียนมีแนวคิด คลาดเคลื่อนลดลง

จะเห็นว่าในเรื่องพันธุศาสตร์เป็นเรื่องนามธรรมและนักเรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนอีกหลายประเด็นมีการพัฒนาแนวคิดและผลสัมฤทธิ์ด้วยวิธีที่หลากหลายดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกเนื้อหาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5E

2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ 5Es

ผู้สอนหลายท่านได้นำกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ร่วมกับสื่อและเทคนิคต่าง ๆ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ พัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ให้หลากหลาย เช่น

บุษยา แสงทอง (2561) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องสมบัติของสารพันธุกรรม โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es พบว่าสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำไปสู่ระดับดีเยี่ยม

สุชาดา พ่อไชยราช (2559) ได้ศึกษาการยกระดับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ที่เน้นการคิดวิเคราะห์ทุกขั้นตอน สามารถยกระดับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์จากระดับอ่อนให้อยู่ในระดับดีมากได้ นักเรียนมีความก้าวหน้าทางเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง และนักเรียนมีความคงทนในการเรียน ครอบคลุมทั้งการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์และหลักการ เนื่องจากนักเรียนได้มีการคิดวิเคราะห์ในประเด็นย่อยต่าง ๆ และเชื่อมโยงกันจึงเกิดความเข้าใจองค์แท้และเข้าใจลึกซึ้งในงานของตนเอง และมีการพัฒนาความคิดอย่างต่อเนื่อง

อรุณี จันทร์หอม (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สารพันธุกรรม โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่าสามารถพัฒนาความก้าวหน้าของผู้เรียนไปสู่ระดับที่มีประสิทธิภาพได้โดยมีความก้าวหน้า ทางการเรียนอยู่ในระดับสูง มีค่าดัชนีความก้าวหน้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.7693 ($\geq 0.7 = \text{High gain}$) รูป แบบความคิดให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเรียน (81.82%) มีค่ามากกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (25.76%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ชัยวัฒน์ นวลตา (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น พบว่านักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (24.89 ± 4.81) สูงกว่าก่อนเรียน (10.56 ± 3.51) อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่มีความแตกต่างกันกับคะแนนความคงทนทางการเรียน (24.67 ± 4.77) อย่างไม่มีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะอยู่ในระดับมากที่สุด

ยุพิน พลอยยอด (2560) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบจำลองทางความคิด เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 31.28 ± 3.61 สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน 12.14 ± 3.73 อย่างมีนัยทางสถิติที่ระดับ .05 แบบจำลองทางความคิดหลังเรียนมีการพัฒนาจากก่อนเรียนและนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด

จะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนั้นผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการนี้ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรมเพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตัวเอง เกิดการจดจำโดยไม่ต้องท่องจำ และเกิดความภาคภูมิใจจากงานที่สำเร็จจากการลองผิดลองถูกด้วยตนเองอีกทั้งผู้เรียนสามารถแสวงหาความรู้และจัดลำดับความคิดก่อนหลังได้อย่างเป็นขั้นตอน

2.5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะหาความรู้ 5Es

สุภาพร พรไตร (2555) การจัดการเรียนรู้วัฏจักรเครบส์ ในการสลายสารอาหารระดับเซลล์ ด้วยการ สืบเสาะวิทยาศาสตร์: กิจกรรมการลงมือปฏิบัติ (hands-on) พบว่าห้องเรียนที่ 1 นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนระดับสูง นักเรียนยกระดับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้จากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ไปสู่ระดับดีเยี่ยม ห้องเรียนที่ 2 นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนระดับสูงนักเรียนยกระดับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้จากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ไปสู่ระดับดีเยี่ยม

วรวิทย์ ศรีโพธิ์ และสุภาพร พรไตร (2557) ศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ พัฒนากิจกรรม และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยกิจกรรมการจำลองพันธุศาสตร์ของมังกรเพื่อทำนายลักษณะลูกของมังกรที่จะเกิดขึ้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ พบว่าในการจัดการเรียนรู้เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมครูเน้นการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน ($p < .05$) และมีความก้าวหน้าระดับสูงและปานกลางตามลำดับ

ชนันธร อุดมศิลป์ และสุภาพร พรไตร (2560) ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องวัฏจักรเซลล์และไมโทซิสด้วยกิจกรรมลงมือปฏิบัติ (hand-on) แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์โดยใช้ชุดอุปกรณ์แบบจำลองวัฏจักรเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ห้องเรียนพบว่านักเรียนห้องที่ 1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 25.44) และระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 80.99) นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 74.35 จัดเป็นความก้าวหน้าในระดับสูง สำหรับนักเรียนห้องที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 27.64) และระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 80.22) นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 72.35 จัดเป็นความก้าวหน้าในระดับสูง

Monvises et al. (2011) ศึกษาผลสัมฤทธิ์และเจตคติของผู้เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะและกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้ลงมือปฏิบัติ (Hand-on learning) โดยใช้คลิปหนีบกระดาษที่มีสีต่างกันแทนปลา กัด เพื่อทำนายลักษณะลูกปลา กัดที่จะเกิดขึ้นในรุ่นถัดไป เปรียบเทียบกับการสอนแบบบรรยาย ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ พบว่า ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ในกลุ่มทดลองสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนแบบสืบเสาะ

Galloway K. and Anderson N. (2014) ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง (Cootie Genetics) เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามกฎของเมนเดลพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น ร้อยละ 50 เปรียบเทียบกับนักเรียนที่ไม่ได้จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง (Cootie Genetics)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาค้นคว้าเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es ผู้วิจัยได้ ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนต่อไปนี้

- 3.1 แบบแผนในการวิจัย
- 3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ
- 3.5 วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.6 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

3.1 แบบแผนในการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นแบบการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental design) ใช้รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว มีการทดสอบก่อนและหลัง (One-group pretest and posttest design) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$O_1 \text{ ----- } X \text{ ----- } O_2 \quad (3.1)$$

เมื่อ O_1 แทนค่า การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)

O_2 แทนค่า การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

X แทนค่า การจัดการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะ 5Es เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 17 ห้องเรียน รวม 620 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนโยธรพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 28

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนโยธรพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดโยธรที่กำลังเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 29 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling)

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะหาความรู้ 5Es ใช้เวลา 12 คาบ จำนวน 5 แผน ในแต่ละแผนจะใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะหาความรู้ 5Es ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ(Engagement) ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา(Exploration) ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) ทั้งนี้ แผนจัดการเรียนรู้ทุกแผนได้ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญในด้านความถูกต้องของรูปแบบ สารการเรียนรู้ มาตรฐาน ตัวชี้วัด กิจกรรม สื่อการเรียน การสอน การวัด และการประเมินผล และผ่านการทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายและได้รับการปรับปรุงจนสมบูรณ์

3.3.2 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีคำตอบถูก 1 คำตอบ จำนวน 30 ข้อ โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) อยู่ระหว่าง 0.67-1.0 ค่าความยาก (Difficulty Index: p) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index: r) อยู่ระหว่าง 0.33-0.80 และ 0.40-0.70 ตามลำดับ ในส่วนของค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.94 ทั้งนี้ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับนี้ได้รับการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 1 ท่าน ด้านการสอนชีววิทยา 1 ท่าน และด้านการวัดและประเมินผล 1 ท่าน และผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

3.4 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

3.4.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5Es เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งหมด 5 แผนรวม 12 ชั่วโมง มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.4.1.1 ศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ปรับปรุงล่าสุด 2560

3.4.1.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนโยธินวิทยา อําเภอเมือง จังหวัดโยธิน วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ในเรื่อง โครงสร้างรายวิชา เวลา เนื้อหาสาระ อัตราส่วนคะแนนที่จะนำมาจัดทำแผนการเรียนรู้

3.4.1.3 ศึกษาแนวคิด หลักการ ทฤษฎี วิธีการและเทคนิคการเขียนแผนโดยกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะ 5Es จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.4.1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติ บนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ทั้งหมด 5 แผนรวม 12 ชั่วโมงซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วย

- 1) สาระสำคัญ
- 2) จุดประสงค์การเรียนรู้
- 3) สาระการเรียนรู้
- 4) กิจกรรม กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es

ประกอบไปด้วย

- 4.1) ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ
- 4.2) ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา
- 4.3) ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป
- 4.4) ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้
- 4.5) ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล
- 5) สื่ออุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้
- 6) การวัดและประเมินผล

3.4.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ (ภาคผนวก ข) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) โดยมีการกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง ดังนี้ +1 คือ ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าสอดคล้อง 0 คือ ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง -1 คือ ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าไม่สอดคล้อง จากนั้นนำข้อคำถามนำ

คะแนนที่ได้ มาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละข้อคำถาม หากค่าที่ได้มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่าการจัดการเรียนรู้นั้นมีกิจกรรมการเรียนรู้ตรงตามจุดประสงค์ (ภาคผนวก ค)

3.4.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ (E_1/E_2) โดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ทั้งนี้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยกิจกรรมหลักที่สำคัญ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมหลักในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน

แผนที่/เรื่อง/จำนวนคาบ	กิจกรรมการเรียนรู้หลัก	ขั้นตอนกิจกรรม
1. ลักษณะทางพันธุกรรม (2 คาบ)	กิจกรรมบิงโกลักษณะทางพันธุกรรม	ขั้นสำรวจและค้นหา
	กิจกรรมสำรวจลักษณะพันธุกรรมของครอบครัวตนเอง	ขั้นสำรวจและค้นหา
	กิจกรรมมาจากไหนกันนะ	ประเมินผล
2. โครโมโซม (2 คาบ)	กิจกรรมแบบจำลองโครโมโซมเพื่อศึกษารูปร่างลักษณะของโครโมโซม	ขั้นสำรวจและค้นหา
	กิจกรรมจัดเรียงโครโมโซม	ขั้นสำรวจและค้นหา
3. ดีเอ็นเอและยีน (2 คาบ)	กิจกรรมสร้างแบบจำลองที่แสดงถึงองค์ประกอบของโครโมโซม	ขั้นสำรวจและค้นหา
	กิจกรรมแบบจำลองดีเอ็นเอกระดาษ	ขั้นสำรวจและค้นหา
4. การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล (3 คาบ)	กิจกรรม จับคู่หรรษา ถั่วลันเตา 7 ลักษณะ	ขั้นสำรวจและค้นหา
	กิจกรรมกฎของเมนเดล	ขั้นสำรวจและค้นหา
5. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (3 คาบ)	กิจกรรมแบบจำลองยีนบนโครโมโซม	ขั้นสำรวจและค้นหา
	กิจกรรมแบบจำลองพันธุกรรมของกระต่าย	ขั้นสำรวจและค้นหา

กิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็นการจัดการเรียนรู้ ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และไม่ให้เกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน ครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางแนะนำให้ผู้เรียนปฏิบัติสำรวจตรวจสอบ วิธีการดำเนินกิจกรรมประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

แผนที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม (100 นาที)

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engagement)

ครูเตรียมภาพครอบครัวและเด็กจำนวนหลายภาพมาให้นักเรียนจับคู่ ภาพเด็กและครอบครัวให้ถูกต้อง ครูสุ่มถามนักเรียนถึงเหตุผลที่จับคู่ภาพเด็กและครอบครัว (แนวคำตอบลักษณะเส้นผม สีผิว เป็นต้น) ครูถามต่อว่า แล้วทำไมคนในครอบครัวเดียวกันถึงมีลักษณะคล้ายคลึงกัน (แนวคำตอบ เพราะลักษณะต่าง ๆ ของลูกจะได้รับมาจากพ่อและแม่) ครูเกริ่นนำเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนว่าวันนี้เราจะได้อะไรมาจากการเรียนรู้เพื่อตอบคำถาม ดังนี้ 1) ลักษณะใดบ้างที่เป็นลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม 2) เหตุใดสิ่งมีชีวิตแต่ละรุ่นจึงมีลักษณะเฉพาะที่คล้ายคลึงกับพ่อแม่ และ 3) ลักษณะทางพันธุกรรมมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration)

แบ่งนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 5 คน โดยคณะเพศและความสามารถ ครูแจกอุปกรณ์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยครูแจกบัตรเกมและเบี้ยที่จะวางให้แต่ละคนและเล่นโดยให้ครูเป็นคนขาน เบี้ยรับหน้าที่จับสลากลักษณะทางพันธุกรรมและประกาศผลให้นักเรียนทราบ เช่น มีลักษณะใดบ้างที่นักเรียนแต่ละคนสังเกตตัวเองถ้ามีลักษณะนี้ให้หยิบเบี้ยวางลงในบัตรบิงโกของตัวเอง ต่อไปครูก็ประกาศลักษณะถัดไปจนกว่าจะมีผู้ชนะโดยการวางเบี้ยบนบัตรบิงโกต้องมีลักษณะดังนี้

(1) วางเป็นแถวตั้งตรงทั้งแถว

(2) วางเป็นแนวยาวขนานกันทั้งแถว

(3) วางเป็นแถวทแยงมุมซ้ายหรือแถวทแยงมุมขวา

(4) วางเป็นรูปมุม 4 มุมใหญ่หรือรูปมุม 4 มุมเล็กตรงกลาง ครูและนักเรียน เริ่มเกมบิงโก และหากกลุ่มผู้ชนะออกมารับรางวัล หลังจากนั้นครูสรุปการทำกิจกรรม ลักษณะที่ครูประกาศในการเล่นเป็นลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่มีการถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งสู่รุ่นต่อ ๆ ไป ซึ่งจากการเล่นเกม นักเรียนจะพบว่าทุกคนจะมีลักษณะทางพันธุกรรมต่างกัน จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรมเรื่องสำรวจลักษณะทางพันธุกรรมที่สังเกตเห็นได้ บันทึกลงในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

ครูสุ่มนักเรียนแต่ละคนนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียนต่อจากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการทำกิจกรรมดังต่อไปนี้

(1) ลักษณะทางพันธุกรรมใดบ้างที่นักเรียนเหมือนพ่อแม่

(2) นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าลักษณะใดคือลักษณะทางพันธุกรรม (ทราบได้จากการสำรวจลักษณะในแต่ละรุ่น ลักษณะทางพันธุกรรมคือลักษณะที่ถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่ไปสู่ลูกหลานหรือแสดงออกในบางรุ่น)

(3) เหตุใดลักษณะบางลักษณะของนักเรียนไม่เหมือนกับพ่อหรือแม่ของตน แต่เหมือนกับญาติคนอื่น ๆ ของตน (แนวคำตอบ เพราะว่า ลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะอาจไม่ปรากฏในรุ่นลูกแต่อาจปรากฏในรุ่นหลาน)

(4) ลักษณะใดบ้างที่ไม่สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ (ลักษณะบางอย่างที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโดยที่ไม่ใช่วิธีธรรมชาติ เช่น การตัดผม การทำศัลยกรรม การเกิดอุบัติเหตุ)

(5) ผลสรุปของกิจกรรมนี้คืออะไร (ลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมจะปรากฏในสมาชิกครอบครัวเดียวกันมากกว่าคนอื่น ลักษณะบางลักษณะไม่แสดงออกในรุ่นลูกแต่แสดงออกในรุ่นหลาน)

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration)

ครูใช้ภาพครอบครัวที่ลูกมีลักษณะแตกต่างจากพ่อแม่ ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ลักษณะที่แตกต่างไปนั้นมีสาเหตุจากสิ่งใดและนักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการแปรผันทางพันธุกรรม

ขั้นที่ 5 ประเมินผล (Evaluation)

นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมเรื่อง มาจากไหนกันนะหลังจากนั้นครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2-3 คน นำเสนอสิ่งที่ได้จากการปฏิบัติใบกิจกรรม หน้าชั้นเรียน เพื่อนในห้องและครูร่วมกัน แสดงความคิดเห็น และพิจารณาว่าถูกต้องหรือไม่ อย่างไร

B	I	N	G	O
 ผมยาว	 ใช้ของที่ทำมาจากพลาสติก	 ไม่มีกระดูก	 ไม่มีกระดูก	 มีกระดูก
 กระดูกโดยที่ไม่มีกระดูก	 นิ้วหัวแม่มือซ้ายอยู่ด้านบน	 มีกระดูก	 ขมับเรียบขวา	 ตาสีฟ้า
 ตาสีน้ำตาล	 นิ้วก้อยตรง	FREE	 นิ้วหัวแม่มือซ้ายอยู่ด้านซ้าย	 ผมตรง
 ไม่มีลิ้น	 หนังตาสองชั้น	 ตาสีฟ้า	 ใช้ของที่ทำมาจากพลาสติก	 กระดูกโดยที่ไม่มีกระดูก
 ไม่มีกระดูก	 ขมับเรียบซ้าย	 ช่องลิ้นไม่มีลิ้น	 หนังตาชั้นเดียว	 มีลิ้น

(ก) กิจกรรมบิงโกลักษณะทางพันธุกรรม

บัตรคำกิจกรรมจากไหนกันนะ	
# 1 นางสาวฟ้าดาวลักษณะใช้สีลักษณะพิเศษเขียวอ่อน สีลักษณะพิเศษต่างของเสื้อคลุมของนางฟ้าลวดลาย 	# 2 นางสาวฟ้าดาวลักษณะใช้สีลักษณะพิเศษเขียวอ่อน สีลักษณะพิเศษต่างของเสื้อคลุมของนางฟ้าลวดลาย 
# 3 นางสาวฟ้าดาวลักษณะใช้สีลักษณะพิเศษเขียวอ่อน สีลักษณะพิเศษต่างของเสื้อคลุมของนางฟ้าลวดลาย 	# 4 นางสาวฟ้าดาวลักษณะใช้สีลักษณะพิเศษเขียวอ่อน สีลักษณะพิเศษต่างของเสื้อคลุมของนางฟ้าลวดลาย 

(ข) กิจกรรมมาจากไหนกันนะ

ภาพที่ 3.1 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม

แผนที่ 2 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง โครโมโซม (100 นาที)

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engagement)

ครูให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิมเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมโดยครูกล่าวว่าการที่สิ่งมีชีวิตมีลักษณะบางอย่างเหมือนกับสิ่งมีชีวิตรุ่นก่อนนั้นเพราะได้รับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากสิ่งมีชีวิตรุ่นพ่อแม่หลังจากนั้น ครูให้นักเรียนดูวิดีโอเรื่องการปฏิสนธิของมนุษย์ และถามนักเรียนต่อว่าอะไรที่พ่อและแม่ถ่ายทอดมาให้ลูก (โครโมโซม) แล้วจึงถามคำถามสำคัญ ดังนี้

- (1) โครโมโซมมีรูปร่างลักษณะอย่างไร
- (2) จำนวนโครโมโซมมีความสัมพันธ์กับขนาดของสิ่งมีชีวิตหรือไม่
- (3) โครโมโซมของเซลล์ร่างกายเพศหญิงและเพศชายเหมือนหรือต่างกันอย่างไร
- (4) จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตเหมือนหรือต่างกัน

อย่างไร

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration)

ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ความสะดวกในการทำกิจกรรมเรื่องแบบจำลองโครโมโซม ครูชี้แจงเกี่ยวกับการทำกิจกรรม โดยมีคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ในกิจกรรมคือ โครโมโซมมีรูปร่างลักษณะอย่างไร ต่อจากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองโครโมโซม โดยใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้คือ ลวดก้ามหอย ลูกปัด พร้อมทั้งศึกษาเพิ่มเติมจากหนังสือเรียน และครูสุ่มนักเรียนออกมา 2 กลุ่มเพื่อนำเสนอผลการทำกิจกรรมครูและนักเรียนอภิปรายผลการข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรม ดังนี้ โครโมโซมมีลักษณะเป็นแท่งประกอบด้วยแขน 2 ข้าง เรียกโครมาทิด ซึ่งแขนทั้งสองข้างจะมีจุดเชื่อมต่อกันเรียกว่า เซ็นโทรเมียร์หลังจากนั้นครูถามนักเรียนต่อว่า นักเรียนคิดว่าจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นมีจำนวนเท่ากับหรือแตกต่างจากมนุษย์หรือไม่ ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยใช้ตาราง จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด นักเรียนรับใบกิจกรรมที่ 2.2 จัดเรียงโครโมโซม คุณครูอธิบายลำดับขั้นตอนการทำกิจกรรมดังนี้ สังเกตและจับคู่โครโมโซมที่เหมือนกัน โดยเขียนหมายเลขเดียวกัน กำกับไว้ในแต่ละคู่ ตัดคู่ของโครโมโซมออก แล้วนำมาเรียงลำดับจากใหญ่ไปหาเล็ก

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

ครูสุ่มนักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรมและอภิปรายเกี่ยวกับจำนวน ขนาด รูปร่างและความแตกต่างของโครโมโซมของเพศชายและเพศหญิง ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรม ควรได้ข้อสรุปว่า โครโมโซมของคน เพศชายและเพศหญิงมีจำนวนเท่ากันคือ 46 แท่ง ซึ่งเมื่อจัดโครโมโซมเป็นคู่ ๆ จะได้ 23 คู่ โดยในเพศหญิงโครโมโซมแต่ละคู่มีขนาดเท่ากันรูปร่างและลักษณะเหมือนกันแต่คู่ที่ 23 จะมีรูปร่างและขนาดต่างกันโดยโครโมโซมแท่งหนึ่งเล็ก อีกแท่งหนึ่งใหญ่

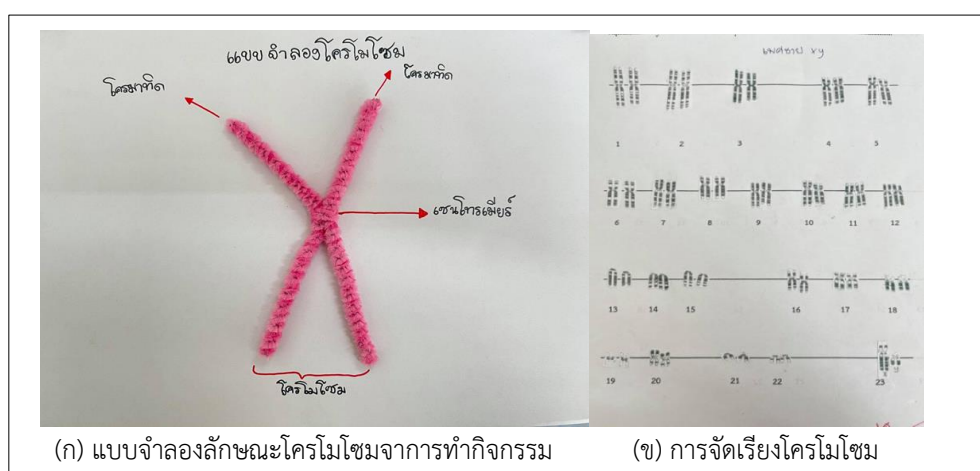
โครโมโซมคู่ที่มีลักษณะเหมือนกันทั้งในเพศชายและเพศหญิง ซึ่งในคนมีด้วยกัน 22 คู่ เรียกว่า ออโตโซม ส่วนโครโมโซมคู่ที่มีลักษณะแตกต่างกันในเพศชายและเพศหญิงเรียกว่า โครโมโซมเพศ

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration)

ครูใช้คำถามเพิ่มเติมว่า เพราะเหตุใดเซลล์สืบพันธุ์จึงมีจำนวนโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกายนักเรียนสืบค้นข้อมูลและบันทึกลงในสมุดประจำตัว

ขั้นที่ 5 ประเมินผล (Evaluation)

ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่าจากหัวข้อที่เรียนมาและการปฏิบัติกิจกรรม มีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือมีข้อสงสัย ถ้ามีข้อสงสัยครูอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจหลังจากนั้นนักเรียนตอบคำถามในใบกิจกรรม เรื่องโครโมโซม



(ก) แบบจำลองลักษณะโครโมโซมจากการทำกิจกรรม

(ข) การจัดเรียงโครโมโซม

ภาพที่ 3.2 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง โครโมโซม

แผนที่ 3 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอและยีน (100 นาที)

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engagement)

ครูทบทวนความรู้เดิมโดยให้นักเรียนดู ตารางจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตหลังจากนั้นครูถามนักเรียนว่า เพราะเหตุใดการรวมตัวกันของโครโมโซมที่เกิดในกระบวนการปฏิสนธิจึงทำให้ลักษณะพันธุกรรมจาก พ่อแม่ ถ่ายทอดสู่รุ่นต่อ ๆ ไปได้ (การปฏิสนธิมีการรวมตัวกันของโครโมโซมจากพ่อและแม่ และบนโครโมโซมมีหน่วยที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม) แล้วจึงถามคำถามสำคัญ ดังนี้

- (1) องค์ประกอบของโครโมโซมได้แก่อะไรบ้าง
- (2) DNA คืออะไร
- (3) หน่วยที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมที่อยู่บน DNA คืออะไร
- (4) โครโมโซม DNA ยีน มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

(5) โครโมโซม DNA ยีน มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration)

ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ละครความสามารถ จากนั้นครูเตรียมวัสดุให้นักเรียนดังนี้ ไม้ไอศกรีมกลุ่มละ 2 อัน เชือกสีขาวขนาดเล็ก 1 ม้วน ดินน้ำมัน 2 ก้อน ครูชี้แจงเกี่ยวกับการทำกิจกรรม โดยมีคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ในกิจกรรมคือ โครโมโซมมีองค์ประกอบอะไรบ้าง นักเรียนสร้างแบบจำลองที่แสดงถึงองค์ประกอบของโครโมโซม พร้อมทั้งศึกษาเพิ่มเติมจากหนังสือเรียนครูสุ่มเลือกแบบจำลองที่มีความสมบูรณ์ ออกมา 2 กลุ่มเพื่อนำเสนอผลการทำกิจกรรม ครูและนักเรียนอภิปรายผลข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรม ดังนี้ โครโมโซมของสิ่งมีชีวิตประกอบด้วย สารประกอบ 2 ชนิด ได้แก่ ดีเอ็นเอ และโปรตีน โดยสารพันธุกรรมที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรม สิ่งมีชีวิต คือ ดีเอ็นเอ (ภาพที่ 3.4)

จากนั้นให้นักเรียนศึกษาภาพโครงสร้างของ DNA เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้าง DNA และการจับกันของเบสคู่สม ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนทำกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง DNA โดยใช้วัสดุ ดังนี้ แผ่นนิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) ซึ่งประกอบไปด้วยเบสแต่ละตัว ใบกิจกรรม โมเดล DNA กาวสองหน้า กรรไกร สีไม้/สีเมจิก

ขั้นที่ 3 การอภิปรายและลงข้อสรุป (Explanation)

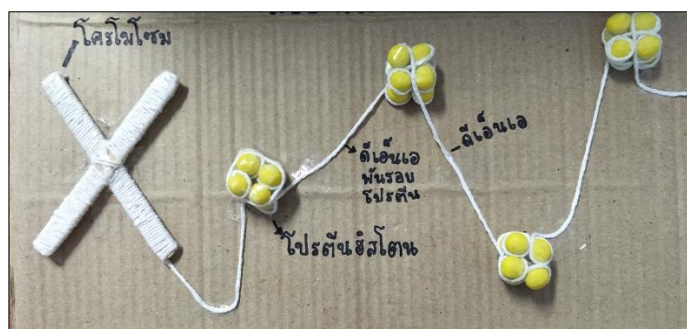
ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรม

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration)

ครูให้นักเรียนศึกษาภาพความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน และถามนักเรียนว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง โครโมโซม DNA และยีนในภาพเป็นอย่างไรหลังจากนั้นนักเรียนเขียนสรุปลงในใบงานเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน

ขั้นที่ 5 ประเมินผล (Evaluation)

ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่าจากหัวข้อที่เรียนมาและการปฏิบัติกิจกรรม มีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือมีข้อสงสัย ถ้ามีข้อสงสัยครูอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ



ภาพที่ 3.3 แบบจำลององค์ประกอบของโครโมโซมจากการทำกิจกรรม

แผนที่ 4 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องการศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล (150 นาที)

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engagement)

ครูกระตุ้นความสนใจนักเรียน โดยนำจิกซอร์มาให้นักเรียนกลุ่มละ 1 ชุด หลังจากนั้นให้นักเรียนต่อจิกซอร์จนเสร็จแล้วสุ่มถามนักเรียน จากภาพคือนักวิทยาศาสตร์ท่านใด (แนวคำตอบ เกรเกอร์ เมนเดล) ครูถามต่อว่านักเรียนคิดว่าเกรเกอร์เมนเดล เป็นใคร เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในด้านใด (แนวคำตอบ นักเรียนตอบคำถามตามความคิดเห็น ครูยังไม่เฉลย คำตอบให้นักเรียนทราบ) ครูเชื่อมโยงความสงสัยของนักเรียนเข้าสู่บทเรียน โดยกล่าวใจความว่า เราจะมาศึกษาหาคำตอบของคำถามดังกล่าว และถามคำถามสำคัญ ดังนี้

- (1) ลักษณะสำคัญของพืชที่เมนเดลศึกษาคืออะไร
- (2) ลักษณะของถั่วลันเตาที่เมนเดลนำศึกษาได้แก่อะไรบ้าง
- (3) ผลการทดลองของเมนเดลคืออะไร
- (4) ลักษณะเด่น ลักษณะด้อยคืออะไร

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration)

ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 6 กลุ่มละความสามารถ นักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบกิจกรรมจับคู่หรรษา เรื่องถั่วลันเตา 7 ลักษณะนักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมจับคู่หรรษา พร้อมทั้งศึกษาเพิ่มเติมจากหนังสือเรียน ครูสุ่มนักเรียนตัวแทนนักเรียนออกมา 1 กลุ่มนำเสนอการทำกิจกรรม ครูและนักเรียนอภิปรายข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมดังนี้ พืชที่เมนเดลใช้ในการศึกษาคือถั่วลันเตาเนื่องจากปลูกง่าย อายุสั้น เจริญเติบโตเร็ว และให้ผลผลิตจำนวนมากมีลักษณะแตกต่างกันชัดเจน สามารถคัดเลือกลักษณะที่ต้องการได้ง่ายและดอกถั่วลันเตาเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ในธรรมชาติมีการผสมในดอกเดียวกันและสามารถควบคุมการทดลองให้ผสมข้ามต้นได้ง่าย ครูอธิบายต่อว่าลักษณะของถั่วลันเตาที่เมนเดลเลือกนำมาศึกษา ได้แก่ รูปร่างของเมล็ด สีของเมล็ด รูปร่างของฝัก สีของฝัก สีของดอก ตำแหน่งของดอก ความสูงของลำต้น ซึ่งนักเรียนจะเห็นได้จากการทำกิจกรรมจับคู่หรรษา หลังจากนั้นนักเรียนศึกษาการทำทดลองของเมนเดลและตอบคำถามในใบงานเรื่องการทดลองของเมนเดล

ต่อจาก นั้นครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมกฎของเมนเดลครูแจกอุปกรณ์และอธิบายวิธีการทำกิจกรรม (ภาพที่ 3.4)

ขั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรม

- (1) การศึกษาพันธุศาสตร์ของ เมนเดล ทำให้ทราบว่า สิ่งมีชีวิตมีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากพ่อแม่ไปยังลูกโดยผ่านกระบวนการสืบพันธุ์ และลักษณะที่แสดงออกของสิ่งมีชีวิตถูกควบคุมโดยหน่วยควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมที่เรียกว่า ยีนซึ่งอยู่กันเป็นคู่

(2) ยีนที่อยู่เป็นคู่จะแยกจากกันไปอยู่ในเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียเปรียบได้กับขั้นตอนที่นักเรียนสุ่มหยิบไม้ไอติมจากแก้วเกสรเพศเมียและแก้วเกสรเพศผู้เรียกว่า กฎการแยก (Law of Segregation) ดังนั้นภายในเซลล์สืบพันธุ์จะไม่มียีนที่เป็นคู่กันเลย

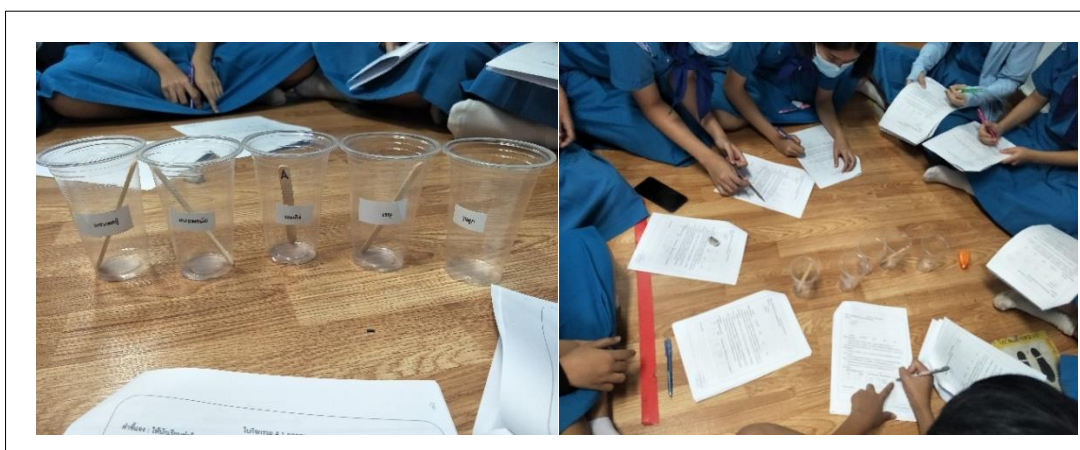
(3) ยีนที่อยู่เป็นคู่กันเมื่อแยกออกจากกันแล้ว จะกลับมารวมกันอย่างอิสระจึงทำให้สามารถทำนายผลที่เกิดขึ้นในรุ่นลูกรุ่นหลานได้ ขั้นตอนที่นักเรียนหยิบไม้ไอติมออกจากแก้วเซลล์ไข่และแก้วเรณูแล้วนำไปใส่ในแก้วรุ่นลูกเรียกว่า กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ (Law of independent assortment) ครูกล่าวต่อว่า ลักษณะที่ปรากฏในรุ่นลูก F_1 เรียกว่า ลักษณะเด่น (Dominant Trait) ลักษณะที่ไม่ปรากฏในรุ่น F_1 แต่ปรากฏในรุ่น F_2 เรียกว่า ลักษณะด้อย ลักษณะที่ปรากฏในรุ่น F_2 พบว่าจะมีอัตราส่วนระหว่างลักษณะเด่นกับลักษณะด้อยประมาณ 3 ต่อ 1 และเมนเดลได้สรุปผลการทดลองว่าลักษณะต่าง ๆ ของถั่วลันเตาต้องมีหน่วยควบคุมลักษณะแต่ละลักษณะที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูกได้ เรียกว่า ยีน (Gene)

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration)

นักเรียนช่วยกันสืบค้นข้อมูลและช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้ ตำแหน่งของยีนที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมเดียวกัน อยู่บนโครโมโซมในลักษณะใด หลังจากนั้นนักเรียนหาความหมายของคำศัพท์ (Gene Phenotype Genotype Homologous chromosome homozygous gene dominant recessive heterozygous gene) และเขียนสรุปลงในสมุดบันทึกของตนเอง

ขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation)

ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่าจากหัวข้อที่เรียนมาและการปฏิบัติกิจกรรม มีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือมีข้อสงสัย ถ้ามีข้อสงสัยครูอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ



ภาพที่ 3.4 กิจกรรมกฎของเมนเดล

แผนที่ 5 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (150 นาที)

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engagement)

ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมโดยครูนำภาพครอบครัวมาให้ให้นักเรียนดูแล้วถามนักเรียนว่าคนในครอบครัวเดียวกันมีหน้าตา หรือลักษณะเหมือนกันหรือไม่ครูกล่าวต่อว่าเด็กหรือลูกที่เกิดมาจะมีรูปร่างและลักษณะที่คล้ายกับพ่อแม่ เนื่องจากมีการถ่ายทอดลักษณะจากพ่อแม่ไปสู่รุ่นลูกครูถามต่อว่าหน่วยที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมคืออะไร (ยีน) และมีการถ่ายทอดอย่างไรแล้วจึงถามคำถามสำคัญ ดังนี้

- (1) รูปแบบของยีนบนโครโมโซมมีลักษณะอย่างไร
- (2) การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมมีกระบวนการอย่างไร
- (3) การคำนวณหาจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูกมีวิธีการอย่างไร

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration)

(1) ครูเตรียมอุปกรณ์มาแจกให้กับนักเรียนแต่ละคน ดังนี้ ไม้ไอศกรีมจำนวน 8 อัน ยางรัดผมจำนวน 32 เส้น โดยมีสีส้มและเขียว อย่างละ 8 เส้น และยางรัดผมสีเหลืองและชมพูอย่างละ 8 เส้น ครูกล่าวว่าคุณสมบัติที่ครูแจกให้ ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองของโครโมโซม ที่มียีนอยู่บนโครโมโซม โดยใช้ไม้ไอศกรีมแทนโครโมโซม และหนังยางรัดผมแทนยีนที่อยู่บนโครโมโซมโดยนักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับยีนบนโครโมโซมจากหนังสือเรียน ครูกำหนดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองโดยมีเงื่อนไข ดังนี้

แบบที่ 1 โครโมโซมที่มียีนควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต 1 ลักษณะ โดยมียีนรูปแบบเดียวกัน

แบบที่ 2 โครโมโซมที่มียีนควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต 1 ลักษณะ โดยมียีนรูปแบบต่างกัน

แบบที่ 3 โครโมโซมที่มียีนควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต 2 ลักษณะ โดยมียีนรูปแบบเดียวกันทั้ง 2 ลักษณะ

แบบที่ 4 โครโมโซมที่มียีนควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต 2 ลักษณะ โดยมียีนรูปแบบต่างกันทั้ง 2 ลักษณะหลังจากนั้นครูสุ่มเรียกนักเรียน 1 กลุ่มออกมานำเสนอแบบจำลองและอภิปรายผลร่วมกัน

(2) ครูนำภาพสัญลักษณ์ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็ก จำนวน 15 คู่ เช่น A, a, B, b, C, c, R, r และ T, t มาให้นักเรียนหยิบคนละ 1 แผ่น นักเรียนสังเกตและร่วมตอบคำถามดังนี้ “สัญลักษณ์ที่นักเรียนหยิบได้คืออะไร (อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่, ตัวพิมพ์เล็ก) สัญลักษณ์ตัวอักษรภาษาอังกฤษใช้กำหนดอะไร (รูปแบบของยีน) สัญลักษณ์ตัวอักษรภาษาอังกฤษ

ตัวพิมพ์ใหญ่ แทนยืนเด่นหรือยืนด้อย (ยืนเด่น) สัญลักษณ์ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ตัวพิมพ์เล็ก แทนยืนเด่นหรือยืนด้อย (ยืนด้อย)”

(3) ให้นักเรียนจับคู่ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ที่แสดงการเข้าคู่ยืน 1 ลักษณะ สุ่มถามผู้เรียน

(4) นักเรียนทำกิจกรรมตัวอักษรลักษณะของกระต่ายโดยมีลำดับกิจกรรมดังนี้ เตรียมไม้ไอศกรีม แล้วเขียนรหัสข้อมูลทางพันธุกรรม ซึ่งแบ่งเป็นโครโมโซมของพ่อครึ่งหนึ่งและโครโมโซมของแม่จำนวนครึ่งหนึ่ง โดยใช้ลักษณะทางพันธุกรรมตามใบกิจกรรม

(5) นักเรียนแต่ละคนหยิบไม้ไอศกรีมโครโมโซมจากพ่อและจากแม่อย่างละ 1 แท่ง และกลับไปยังที่นั่งจากนั้น ให้นักเรียนแต่ละคนเขียนรูปแบบของยืน (จีโนไทป์) และลักษณะที่แสดงออก (ฟีโนไทป์) ลงในใบงาน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมกระต่ายของฉันทัน

(6) นักเรียนแต่ละคนแปลรหัสตามตารางระบุลักษณะที่แสดงออกของกระต่ายตนเอง และไปปรับชิ้นส่วนต่าง ๆ ของกระต่ายเพื่อสร้างกระต่ายของตนเองพร้อมทั้งระบุเพศของลูกที่ได้จากโครโมโซมของพ่อและแม่ที่แต่ละคนจับได้ในข้อ 5 หลังจากนั้นนักเรียนสร้างกระต่ายของตนเอง พร้อมทั้งระบายสีให้สวยงามตามลักษณะที่กำหนดไว้ (ภาพที่ 3.5)

ขั้นที่ 3 การอภิปรายและลงข้อสรุป(Explanation)

ครูสุ่มเลือกตัวแทนนักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรมและร่วมกันสรุปหลังทำกิจกรรมด้วยคำถามดังนี้ “จีโนไทป์และฟีโนไทป์ของแต่ละลักษณะของกระต่ายเป็นอย่างไร” “สิ่งใดกำหนดฟีโนไทป์ของกระต่ายแต่ละลักษณะ” และ “เมื่อนำกระต่ายของนักเรียนแต่ละคนมาผสมกัน ลูกที่เกิดขึ้นมีอัตราส่วนการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์อย่างไร” หลังจากนั้นนักเรียนทำแบบฝึกหัดในใบงาน กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration)

ครูกำหนดปัญหาเพิ่มเติมเกี่ยวกับ การผสมพันธุ์สุนัขโดยจำลองสถานการณ์ให้นักเรียนวางแผนผสมพันธุ์สุนัขชนสีดำพันธุ์แท้กับสุนัขอีกตัวหนึ่ง พบว่าลูกสุนัขมีขนสีเทาทั้งหมด ให้นักเรียนออกแบบและวิเคราะห์ว่า พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ควรมีจีโนไทป์แบบใด และรุ่นหลาน (F2) จะมีจีโนไทป์และฟีโนไทป์แบบใด

ขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation)

ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2-3 คน นำเสนอสิ่งที่ได้จากการปฏิบัติใบกิจกรรม หน้าชั้นเรียน เพื่อนในห้องและครูร่วมกัน แสดงความคิดเห็น และพิจารณาว่าถูกต้องหรือไม่ อย่างไร



ภาพที่ 3.5 ลูกกระต่ายที่ได้จากการทำกิจกรรม

3.4.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ผู้ศึกษาค้นคว้าได้ดำเนินการสร้างขึ้น มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.4.2.1 ศึกษาทฤษฎี วิธีการสร้าง และเทคนิคการเขียนข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก (multiple Choice) ผู้วิจัยปรับปรุงมาจากแนวคิดของ Bloom

3.4.2.2 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตร คู่มือการจัดการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ปรับปรุง 2560 สาระการเรียนรู้ตัวชี้วัดและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม จากนั้นกำหนดกรอบแนวคิดและขอบข่ายโครงสร้างของเนื้อหาและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 โครงสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เรื่อง	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	ชั่วโมงสอน	จำนวนข้อสอบ	รวม
1. ลักษณะทางพันธุกรรม	1.บอกความหมายของลักษณะทางพันธุกรรมได้	2	1	4
	2. อธิบายและยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดไปยังรุ่นต่าง ๆ ในสิ่งมีชีวิตได้		1	

ตารางที่ 3.2 โครงสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ต่อ)

เรื่อง	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	ชั่วโมง สอน	จำนวน ข้อสอบ	รวม
	3. อธิบายความแตกต่างของการแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรมได้		2	
2. โครโมโซม	4. อธิบายส่วนประกอบ รูปร่าง ลักษณะและหน้าที่ของโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตได้	2	2	5
	5. อธิบายความหมายของออโตโซม และโครโมโซมเพศของคนได้		1	
	6. เปรียบเทียบจำนวนโครโมโซมของเซลล์ร่างกายกับเซลล์สืบพันธุ์ของมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ได้		2	
3. ดีเอ็นเอ และยีน	7. อธิบายความสำคัญของ ยีน และ DNA	2	3	6
	8. อธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่าง โครโมโซม ดีเอ็นเอ ยีน		3	
4. การศึกษา พันธุศาสตร์ ของเมนเดล	9. อธิบายการทดลองและผลการทดลองทางพันธุศาสตร์ของเมนเดลได้	3	3	5
	10. บอกความหมายของยีนเด่นและยีนด้อยได้		2	
5. การ ถ่ายทอด ลักษณะทาง พันธุกรรม	11. อธิบายการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของลูกได้	3	5	10
	12. คำนวณอัตราส่วนการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูกได้		5	
รวม		12	30	30

3.4.2.3 สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามตัวชี้วัด แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4
ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์ตัวชี้วัด

3.4.2.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการใช้ คำถาม ใช้ภาษา และความเหมาะสมกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

3.4.2.5 ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ เพื่อนำเสนอผู้เชี่ยวชาญ พิจารณาความครอบคลุมของเนื้อหาวิชา ความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับเกณฑ์ รายข้อ เพื่อหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนใช้วิธีประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วผู้วิจัยนำมาหาค่าเฉลี่ย เรียกว่าค่า IOC ถ้าได้คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.0 ข้อสอบนั้นใช้ได้ มีเกณฑ์ในการประเมินดังนี้

- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบวัดตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้
- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบวัดไม่ตรงตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3.4.2.6 บันทึกผลการพิจารณาลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนในแต่ละข้อ แล้วหาผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดเป็นรายข้อ แทนค่าโดยสูตร

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

3.4.2.7 คัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.5 หรือมากกว่า 0.5 นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะให้เรียบร้อย

3.4.2.8 นำแบบทดสอบ 30 ข้อที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม แล้วนำมาตรวจให้คะแนนวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อเพื่อหาค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับแบบทดสอบทั้งฉบับด้วยสูตร KR - 20 หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) คัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพได้ค่าความยากตั้งแต่ 0.33 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.40 ถึง 0.70 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.94

3.4.2.9 จัดทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก (Choice multiple Choice) ฉบับจริงจำนวน 30 ข้อเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ณ โรงเรียนยโสธรพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28 จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาแบบ การสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) โดยมีการดำเนินการดังนี้

3.5.1 ครูชี้แจงรูปแบบกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะหาความรู้ 5Es

3.5.2 ทดสอบก่อนเรียนโดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ตอนที่ 1 เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งมีเนื้อหาอยู่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 จำนวน 4 ข้อ

3.5.3 แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย 6 กลุ่ม โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยใช้คะแนนจากผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน

3.5.4 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะหาความรู้ 5Es ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างไว้ 1 แผน พร้อมเก็บรวบรวมข้อมูลคะแนนในแผนการจัดการเรียนรู้

3.5.5 ทดสอบหลังเรียนโดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนชุดเดิมกับก่อนเรียนแต่มีการสลับข้อ

3.5.6 ดำเนินการตั้งแต่ข้อ 3.5.2-3.5.5 ซ้ำ โดยแบ่งการสอบอีก 4 ครั้ง โดยเปลี่ยนแบบทดสอบดังนี้

3.5.6.1 ตอนที่ 2 มีเนื้อหาอยู่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 จำนวน 5 ข้อ

3.5.6.2 ตอนที่ 3 มีเนื้อหาอยู่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 จำนวน 6 ข้อ

3.5.6.3 ตอนที่ 4 มีเนื้อหาอยู่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 จำนวน 5 ข้อ

3.5.6.4 ตอนที่ 5 มีเนื้อหาอยู่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 จำนวน 10 ข้อ

3.5.7 นำคะแนนจากการทำกิจกรรมในขณะดำเนินกิจกรรมในแต่ละแผน และคะแนนทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนจากแบบทดสอบทุกฉบับ มาหาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลในส่วนอื่น ๆ ต่อไป

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ ผู้วิจัยจะนำคะแนนที่ได้จากการทำกิจกรรม และคะแนนจากการทำแบบทดสอบทุกฉบับ มาวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.6.1 วิเคราะห์คะแนนสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน หาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.6.2 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยแบ่งผลการเรียนออกเป็น 8 ระดับ ตามเกณฑ์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ดังนี้ ดีเยี่ยม (80-100 คะแนน) ดีมาก (75-79 คะแนน) ดี (70-74 คะแนน) ค่อนข้างดี (65-69 คะแนน) พอใช้ (55-59 คะแนน) ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (50-54 คะแนน) ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (0-49 คะแนน)

3.6.3 นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้การทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent samples)

3.6.4 วิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการเรียนโดยหาค่าดัชนีความก้าวหน้า (Normalized gain: <g>) ทั้งแบบรายชั้น รายคน และรายเนื้อหา และแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มตามความก้าวหน้าทางการเรียน (Hake, 1998) ดังนี้

กลุ่มที่มีความก้าวหน้าในระดับสูง (High gain) <g> ≥ 0.7

กลุ่มที่มีความก้าวหน้าในระดับปานกลาง (medium gain) $0.3 \leq <g> < 0.7$

กลุ่มที่มีความก้าวหน้าในระดับต่ำ (low gain) $0.0 \leq <g> < 0.3$

3.6.5 นำคะแนนระหว่างเรียนและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมาหาค่า E_1/E_2 โดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

3.6.6 นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมาหาค่า E.I. และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 กับเกณฑ์มาตรฐาน 0.5 โดยใช้การทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One sample t-test)

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าเฉลี่ย

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (3.2)$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทนค่า ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum x$ แทนค่า ผลรวมของคะแนน

n แทนค่า จำนวนคะแนนทั้งหมด

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$SD = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \quad (3.3)$$

เมื่อ SD แทนค่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 $\sum x^2$ แทนค่า ผลรวมของคะแนนยกกำลังสอง
 $(\sum x)^2$ แทนค่า กำลังสองของคะแนนผลรวม
 n แทนค่า จำนวนข้อมูล

3.7.2 ร้อยละ

$$P = \frac{f \times 100}{N} \quad (3.4)$$

เมื่อ P แทนค่า ค่าร้อยละ
 f แทนค่า ค่าที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
 N แทนค่า จำนวนความถี่ทั้งหมด

3.7.3 ความแปรปรวน

$$s^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1} \quad (3.5)$$

เมื่อ s^2 แทนค่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างยกกำลังสอง
 N แทนค่า จำนวนคะแนนทั้งหมด
 $\sum (x - \bar{x})^2$ แทนค่า ผลรวมของคะแนนลบด้วยคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดยกกำลังสอง

3.7.4 วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สถิติสำหรับการวิเคราะห์แบบ Dependent Sample t-test (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543)

$$T = \frac{\sum \Delta}{\sqrt{[N\sum \Delta^2 - (\sum \Delta)^2] / (N-1)}} \quad (3.6)$$

เมื่อ T	แทนค่า	ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน <i>t-Distribution</i>
ΣD^2	แทนค่า	ผลรวมของผลต่างของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
$(\Sigma D)^2$	แทนค่า	ผลรวมของผลต่างของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
N	แทนค่า	จำนวนผู้เรียนในกลุ่มตัวอย่าง
Df	แทนค่า	$N-1$

3.7.5 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N} \quad (3.7)$$

เมื่อ IOC	แทนค่า	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบ
R	แทนค่า	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
N	แทนค่า	ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

3.7.6 ค่าความยาก

ค่าความยาก (Difficulty index) คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนคนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก กับจำนวนคนที่ตอบข้อนั้นทั้งหมด ถ้าข้อสอบมีคนที่ทำถูกมากข้อสอบข้อนั้นง่าย แต่ถ้าข้อสอบข้อใดคนทำถูกน้อยข้อสอบนั้นยาก

$$P = \frac{R}{N} \quad (3.8)$$

เมื่อ P	แทนค่า	ค่าดัชนีความยากง่าย
R	แทนค่า	จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก
N	แทนค่า	จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ทำข้อสอบนั้น

เกณฑ์ในการพิจารณา อำนาจจำแนกของข้อสอบ (r)

0.81 - 1.00	ความหมาย	ง่ายมาก (ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
0.60 - 0.80	ความหมาย	ค่อนข้างยาก
0.40 - 0.59	ความหมาย	ปานกลาง
0.20 - 0.39	ความหมาย	ค่อนข้างยาก
0 - 0.19	ความหมาย	ยากมาก (ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

3.7.7 ค่าอำนาจจำแนก

ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Power) ของแบบทดสอบ วิธีหาจากสูตร ของ Pemberton A. Johnson

$$r = \frac{R_H - R_L}{N_H} \quad (3.9)$$

อำนาจจำแนก (r) หมายถึงข้อสอบแต่ละข้อนั้น มีอำนาจจำแนกผู้ที่เรียนเก่งและเรียนอ่อนออกจากกันได้มาก เพียงใด ข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกดี คือ ข้อสอบที่ผู้เข้าสอบในกลุ่มเก่งตอบถูกมากกว่าผู้เข้าสอบในกลุ่มอ่อน ค่า r จะมีค่าระหว่าง + 1.00 ถึง - 1.00

เกณฑ์ในการพิจารณา อำนาจจำแนกของข้อสอบ (r)

0.60 - 1.00 ความหมาย เป็นข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกดีมาก

0.40 - 0.59 ความหมาย เป็นข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกดี

0.20 - 0.39 ความหมาย เป็นข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกพอใช้

0.10 - 0.19 ความหมาย เป็นข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกต่ำ

3.7.8 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

การหาความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีการของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder- richardson Method) การหาค่าความเชื่อมั่นวิธีนี้ จะใช้แบบทดสอบฉบับเดียวไปทดสอบกับผู้ทดสอบครั้งเดียว โดยมีการให้คะแนนเป็นระบบ 0 - 1 คือ ตอบถูกได้ 1 ตอบผิดได้ 0 คะแนน สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน คือ KR-20

$$r_{kr-20} = \frac{K}{k-1} \left[1 - \frac{\sum Pq}{s^2} \right] \quad (3.10)$$

เมื่อ r_{kr-20} แทนค่า ความเที่ยงของแบบทดสอบ

K แทนค่า จำนวนข้อสอบ

P แทนค่า ความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อ

q แทนค่า สัดส่วนที่ตอบผิด (1-p)

s^2 แทนค่า ความแปรปรวนของคะแนนรวมของแบบทดสอบ

3.7.9 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียน

$$\frac{[(\% \text{post-test})](\% \text{pre-test})}{[(100\%) - (\% \text{pre-test})]} \quad (3.11)$$

เมื่อ $\langle g \rangle$	แทนค่า ค่า Normalized gain
%post-test	แทนค่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์
%pre-test	แทนค่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

3.7.10 ค่าดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้

$$E.I = \frac{\%ของผลรวมของคะแนนหลังเรียน - \%ของคะแนนก่อนเรียน}{100 - \%ของผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน} \quad (3.12)$$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

งานวิจัยเพื่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะ 5Es ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเรียงตามลำดับ ได้แก่ ประสิทธิภาพและดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยรายงานเนื้อหาเรียง ตามลำดับ ดังนี้

- 4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนแยกตามเนื้อหา
- 4.2 ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การลักษณะทางพันธุกรรม
- 4.3 ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โครโมโซม
- 4.4 ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอและยีน
- 4.5 ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล
- 4.6 ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
- 4.7 อภิปรายผล

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนแยกตามเนื้อหา

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนทุกแผนจัดการเรียนรู้พบว่าร้อยละของคะแนนอยู่ระหว่างร้อยละ 24.14 ถึงร้อยละ 39.66 โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ 1) ดีเอ็นเอและยีน 2) โครโมโซม 3) การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล 4) ลักษณะทางพันธุกรรม และ 5) การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม หลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะ 5Es นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นร้อยละของคะแนน อยู่ระหว่างร้อยละ 80.00 ถึงร้อยละ 88.28 โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ 1) การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล 2) การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม 3) ดีเอ็นเอและยีน 4) ลักษณะทางพันธุกรรม และ 5) โครโมโซม (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนแยกตามเนื้อหา

แผนจัดการเรียนรู้	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		E_1/E_2	E.I.	ความก้าวหน้า ทางการเรียน <g>
	ก่อนเรียน (ร้อยละ)	หลังเรียน (ร้อยละ)			
ลักษณะทางพันธุกรรม	32.76	81.03	82.18/81.00	0.7	0.7
โครโมโซม	35.86	80.00	82.87/ 80.00	0.7	0.7
ดีเอ็นเอและยีน	39.66	83.33	83.79/ 83.33	0.7	0.7
การศึกษาพันธุศาสตร์ ของเมนเดล	34.48	88.28	84.14/ 88.28	0.8	0.8
การถ่ายทอดลักษณะ ทางพันธุกรรม	24.14	85.17	97.82/85.17	0.8	0.8

4.2 ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม

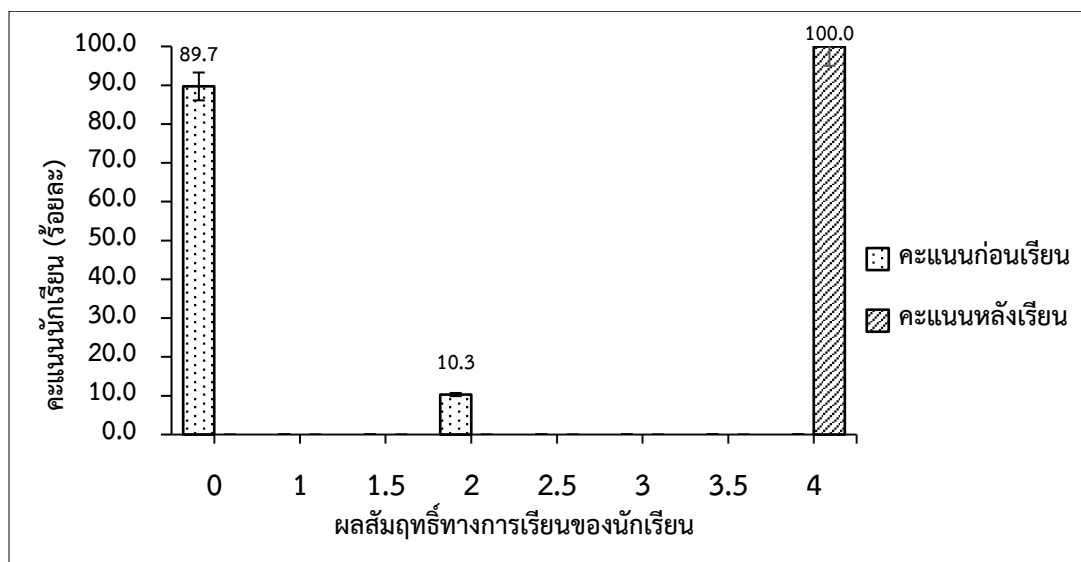
4.2.1 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) และดัชนี ประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ (E.I.)

จากการวิเคราะห์คะแนนใบงานและใบกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วย ใบงาน 1 ใบงาน
คะแนนเต็ม 10 คะแนน และใบกิจกรรม 1 กิจกรรม คะแนนเต็ม 5 คะแนน คะแนนรวมทั้งสิ้น
15 คะแนน ซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และคะแนนสอบหลังเรียนซึ่งสะท้อน
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ พบว่า ค่า E_1/E_2 เท่ากับ 82.18/81.00 แสดงให้
เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80/80 และจาก
ข้อมูลดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนทำให้สรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้เมื่อใช้กับนักเรียนกลุ่ม
ตัวอย่าง มีค่า E.I. เท่ากับ 0.7 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการวิเคราะห์คะแนนสอบก่อนเรียนของนักเรียน พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ
ร้อยละ 32.76 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ แบ่งเป็นอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ 9 คน และ ไม่ผ่าน
เกณฑ์ขั้นต่ำ 20 คน เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม ด้วยกิจกรรมการ
ลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะ 5Es และมีการทดสอบหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของ
นักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 81.03 อยู่ในระดับดีมาก แบ่งเป็นอยู่ในระดับดีเยี่ยม 10 คน ระดับดี
มาก 15 คน และผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ 4 คน (ภาพที่ 4.1) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนกับ
คะแนนสอบหลังเรียน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐาน
การสืบเสาะแบบ 5Es มีคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

(ตารางที่ 4.2) สรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es ที่พัฒนาขึ้น สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำไปอยู่ในระดับดีมากได้



ภาพที่ 4.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า t

ชุดข้อมูล	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	t	df	Sig 1 tailed
ก่อนเรียน	32.76	11.77	48.28	19.62*	28	0.000
หลังเรียน	81.03	15.88				

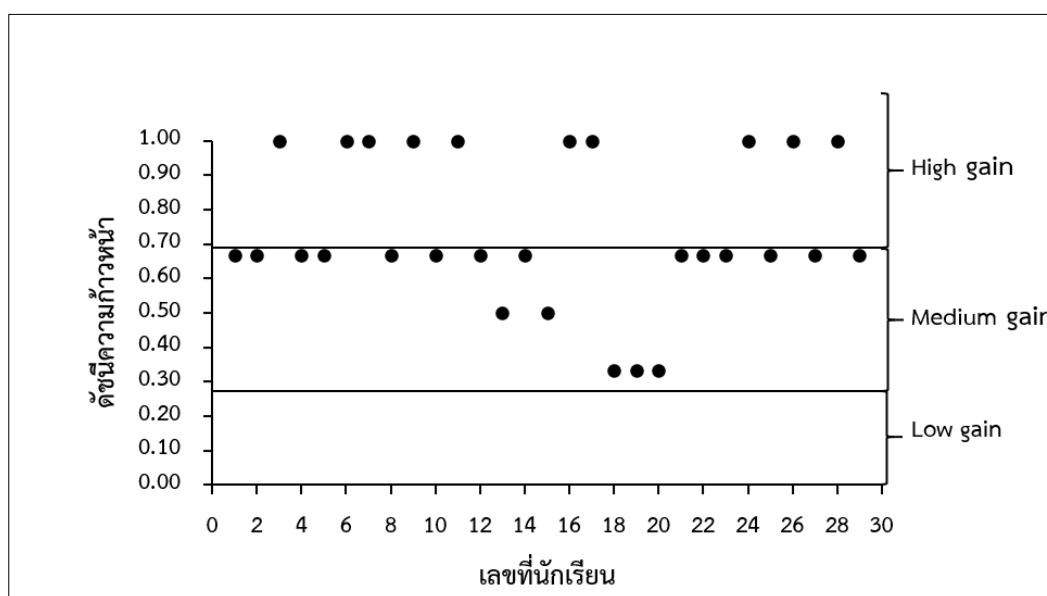
หมายเหตุ: * $p < 0.05$

4.2.3 ความก้าวหน้าทางการเรียน

เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น พบว่า จัดอยู่ในระดับสูง โดยมีค่า $<g>$ เท่ากับ 0.7 ทั้งนี้มี นักเรียนจำนวน 19 คน (ร้อยละ 65.52) มีความก้าวหน้าระดับปานกลาง นักเรียนจำนวน 10 คน (ร้อยละ 34.48) มีความก้าวหน้าระดับสูง (ภาพที่ 4.2)

นอกจากนี้ หากพิจารณาการตอบข้อสอบเป็นรายข้อ พบว่า จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบหลังเรียนในแต่ละข้อถูกต้องมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกข้อ และหากพิจารณาในแต่ละประเด็นความคิดหลัก ได้แก่ 1) ความหมายของลักษณะทางพันธุกรรม 2) ลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดไป

ยังรุ่นต่าง ๆ 3) การแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม จะพบว่า จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบหลังเรียนถูกในแต่ละประเด็นความคิดหลักมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกประเด็น โดยมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 96.55 - 100 และมีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนในแต่ละประเด็นความคิดหลักอยู่ระหว่าง 0.97 - 1.00 (ตารางที่ 4.3)



ภาพที่ 4.2 ดัชนีความก้าวหน้าของนักเรียนเป็นรายบุคคล

ตารางที่ 4.3 ความถี่ร้อยละและดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่ตอบคำถามถูกในแต่ละประเด็นความคิดหลักของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ประเด็นความคิดหลัก (จำนวนข้อ)	ความถี่นักเรียนที่ตอบถูกต้อง				
	ก่อนเรียน		หลังเรียน		<g>
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
1. ความหมายของลักษณะทางพันธุกรรม (1)	7	24.14	28	96.55	0.95
2. ลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดไปยังรุ่นต่าง ๆ (1)	17	58.62	29	100	1.00
3. การแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม (2)	25	43.10	57	98.27	0.97

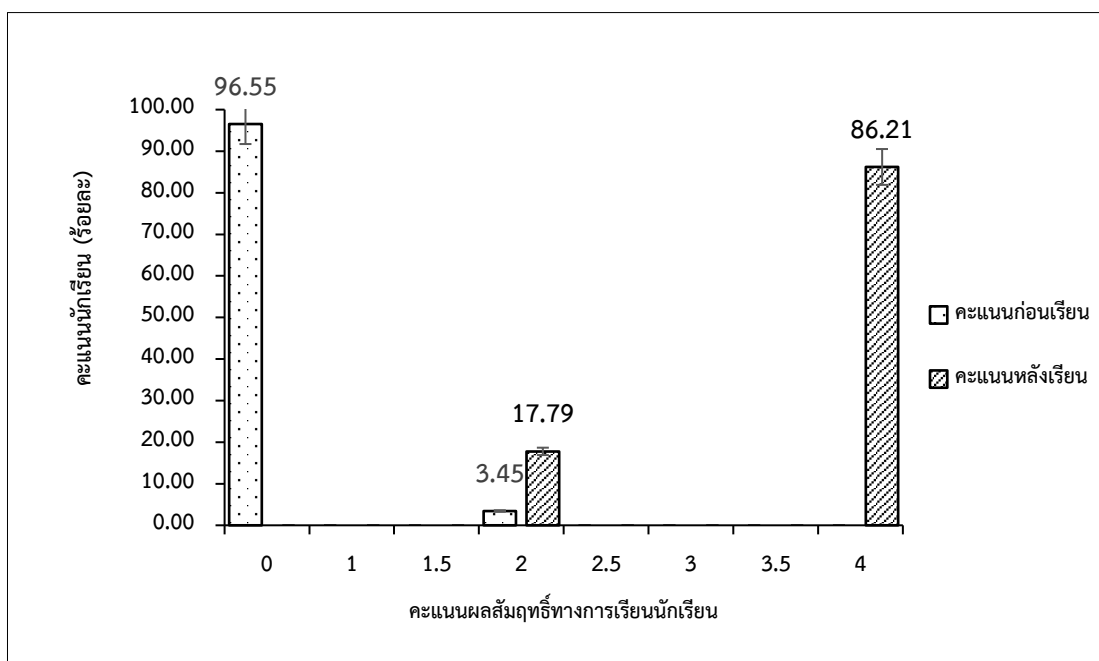
4.3 ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โครโมโซม

4.3.1 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) และดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ ($E.I$)

จากการวิเคราะห์คะแนนใบงานและใบกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วย ใบงาน 1 ใบงาน คะแนนเต็ม 10 คะแนน ใบกิจกรรม 2 กิจกรรม คะแนนเต็ม 20 คะแนน คะแนนรวมทั้งสิ้น 30 คะแนน ซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และคะแนนสอบหลังเรียนซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ พบว่า ค่า E_1/E_2 เท่ากับ 82.87/ 80.00 แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80/80 และจากข้อมูลดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนทำให้ สรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้เมื่อใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่า $E.I$ เท่ากับ 0.7 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการวิเคราะห์คะแนนสอบก่อนเรียนของนักเรียน พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 35.86 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ แบ่งเป็นอยู่ในระดับน่าพอใจ 1 คน และไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ 28 คน เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โครโมโซม ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es และมีการทดสอบหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนมีค่าเฉลี่ย เท่ากับร้อยละ 80.00 อยู่ในระดับดีมาก แบ่งเป็นอยู่ในระดับดีเยี่ยม 25 คน ระดับน่าพอใจ 4 คน (ภาพที่ 4.3) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนกับคะแนนสอบหลังเรียน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es มีคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4.4) สรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es ที่พัฒนาขึ้น สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำไปอยู่ในระดับดีมากได้



ภาพที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า t

ชุดข้อมูล	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	t	df	Sig 1 tailed
ก่อนเรียน	35.86	9.826	44.14	21.249*	28	0.000
หลังเรียน	80.00	11.952				

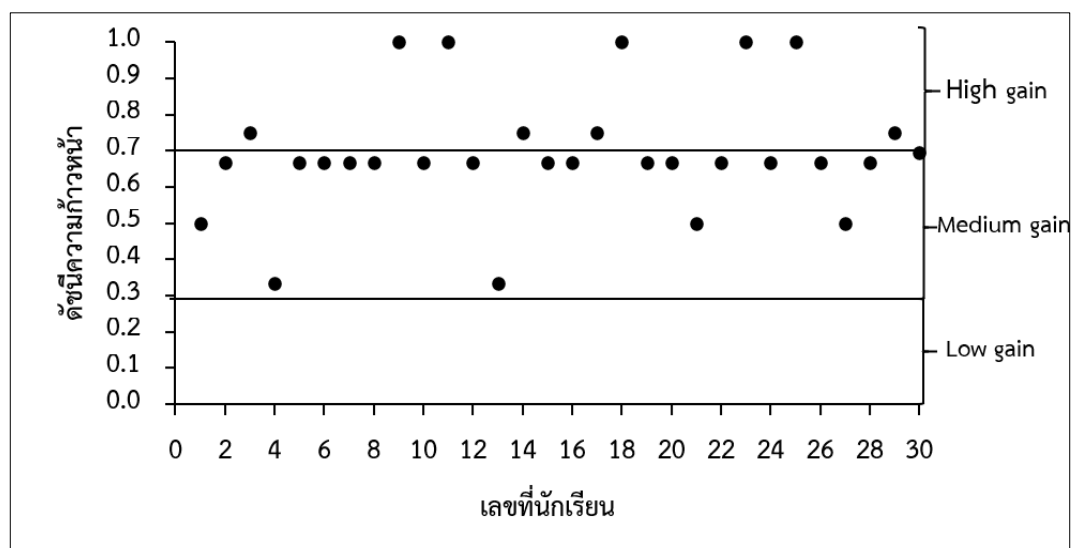
หมายเหตุ: * $p < 0.05$

4.3.3 ความก้าวหน้าทางการเรียน

เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น พบว่า จัดอยู่ในระดับระดับสูงโดยมี ค่า $<g>$ เท่ากับ 0.7 ทั้งนี้มีนักเรียนจำนวน 21 คน (ร้อยละ 72.41) มีความก้าวหน้าระดับปานกลาง นักเรียนจำนวน 8 คน (ร้อยละ 27.58) มีความก้าวหน้าระดับสูง (ภาพที่ 4.4)

นอกจากนี้ หากพิจารณาการตอบข้อสอบเป็นรายข้อ พบว่า จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบหลังเรียนในแต่ละข้อถูกต้องมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกข้อ และหากพิจารณาในแต่ละประเด็นความคิดหลัก ได้แก่ 1) ส่วนประกอบ รูปร่าง ลักษณะของโครโมโซม จำนวน 2 ข้อ 2) ความหมายของออโตโซม และโครโมโซมเพศของคน จำนวน 2 ข้อ และ 3) จำนวนโครโมโซมของเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ จำนวน 1 ข้อ จะพบว่าจำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบหลังเรียนถูกในแต่ละประเด็น

ความคิดหลักมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกประเด็น โดยมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 67.24-84.48 และมีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนในแต่ละประเด็นความคิดหลักอยู่ระหว่าง 0.46-0.76 (ตารางที่ 4.5)



ภาพที่ 4.4 ดัชนีความก้าวหน้าของนักเรียนเป็นรายบุคคล

ตารางที่ 4.5 ความถี่ร้อยละและดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่ตอบคำถามถูกใน แต่ละข้อของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ประเด็นความคิดหลัก (จำนวนข้อ)	ความถี่นักเรียนที่ตอบถูกต้อง				
	ก่อนเรียน		หลังเรียน		<g>
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
1. ส่วนประกอบ รูปร่าง ลักษณะของโครโมโซม (2)	21	36.20	49	84.48	0.76
2. ออโตโซม และโครโมโซมเพศของคน (2)	23	39.66	39	67.24	0.46
3. โครโมโซมของเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ (1)	13	20.69	22	75.86	0.70

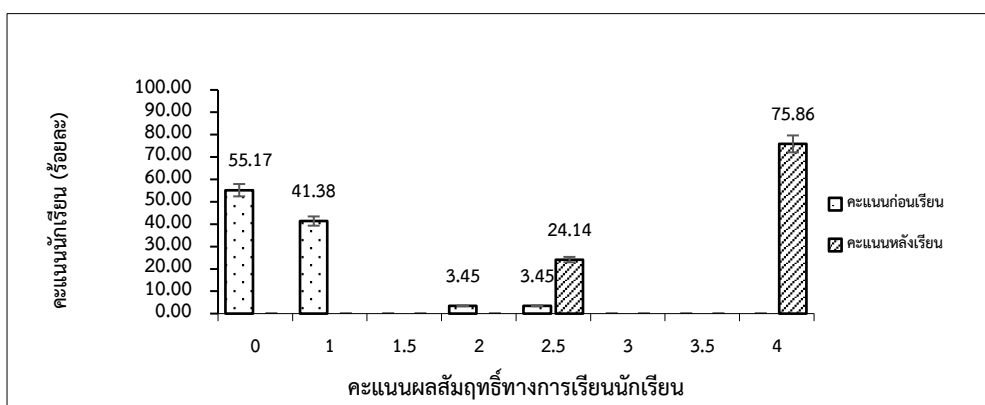
4.4 ผลการจัดการเรียนรู้เรื่อง ดีเอ็นเอและยีน

4.4.1 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) และดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ ($E.I$)

จากการวิเคราะห์คะแนนใบงานและใบกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วย ใบงาน 1 ใบงาน คะแนนเต็ม 10 คะแนน ใบกิจกรรม 2 กิจกรรม คะแนนเต็ม 20 คะแนน คะแนนรวมทั้งสิ้น 30 คะแนน ซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และคะแนนสอบหลังเรียนซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ค่า E_1/E_2 เท่ากับ $83.79/83.33$ แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80/80 และจากข้อมูลดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนทำให้สรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้เมื่อใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่า $E.I.$ เท่ากับ 0.7 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการวิเคราะห์คะแนนสอบก่อนเรียนของนักเรียน พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 39.66 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ แบ่งเป็นผลการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ 16 คน ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ 12 คน ผลการเรียนน่าพอใจ 1 คน ผลการเรียนค่อนข้างดี 1 คน เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอและยีน ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es และมีการทดสอบหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 83.33 อยู่ในระดับดีเยี่ยม แบ่งเป็นอยู่ในระดับดีเยี่ยม 22 คน ระดับค่อนข้างดี 7 คน (ภาพที่ 4.5) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนกับคะแนนสอบหลังเรียน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es มีคะแนนสอบหลังเรียนสูง กว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4.6) สรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es ที่พัฒนาขึ้น สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำไปอยู่ในระดับดีเยี่ยมได้



ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า t

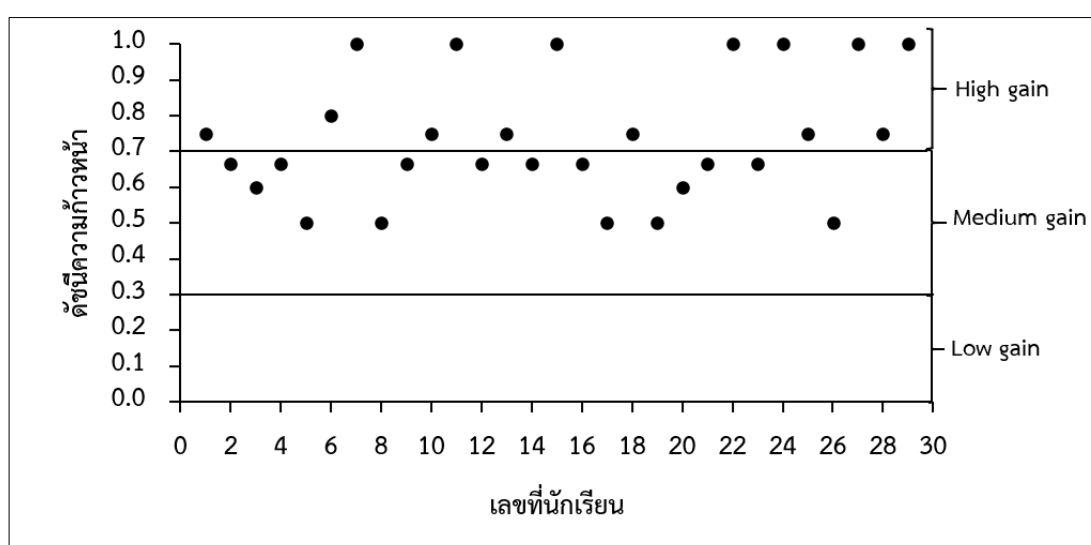
ชุดข้อมูล	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ผลต่างของ ค่าเฉลี่ย	t	df	Sig 1 tailed
ก่อนเรียน	39.66	12.128	43.68	20.851*	28	0.000
หลังเรียน	83.33	11.785				

หมายเหตุ: * $p < 0.05$

4.4.3 ความก้าวหน้าทางการเรียน

เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น พบว่า จัดอยู่ในระดับสูง โดยมีค่า $\langle g \rangle$ เท่ากับ 0.7 ทั้งนี้มีนักเรียนจำนวน 15 คน (ร้อยละ 51.72) มีความก้าวหน้าระดับปานกลาง นักเรียนจำนวน 14 คน (ร้อยละ 48.27) มีความก้าวหน้าระดับสูง (ภาพที่ 4.6)

นอกจากนี้ หากพิจารณาการตอบข้อสอบเป็นรายข้อ พบว่า จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบหลังเรียนในแต่ละข้อถูกต้องมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกข้อ และหากพิจารณาในแต่ละประเด็นความคิดหลัก ได้แก่ 1) ความสำคัญของยีนและดีเอ็นเอ จำนวน 3 ข้อ 2) ความสัมพันธ์ระหว่าง ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม จำนวน 3 ข้อ จะพบว่า จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบหลังเรียนถูกในแต่ละประเด็นความคิดหลักมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกประเด็น โดยมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 58.62-93.10 และมีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนในแต่ละประเด็นความคิดหลักอยู่ระหว่าง 0.33-0.86 (ตารางที่ 4.7)



ภาพที่ 4.6 ดัชนีความก้าวหน้าของนักเรียนเป็นรายบุคคล

ตารางที่ 4.7 ความถี่ร้อยละและดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่ตอบคำถามถูกใน แต่ละข้อของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ประเด็นความคิดหลัก (จำนวนข้อ)	ความถี่นักเรียนที่ตอบถูกต้อง				
	ก่อนเรียน		หลังเรียน		<g>
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
1. ความสำคัญของยีนและดีเอ็นเอ (3)	39	44.82	75	86.20	0.75
2. ความสัมพันธ์ระหว่าง ยีน ดีเอ็นเอ และ โครโมโซม (3)	32	36.78	60	68.96	0.51

4.5 ผลการจัดการเรียนรู้เรื่อง การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล

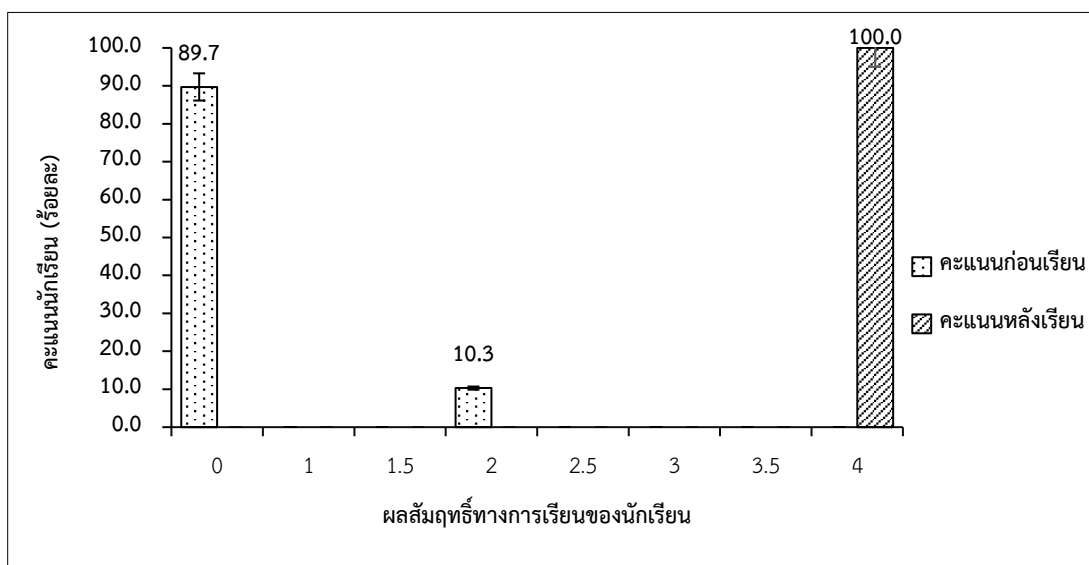
4.5.1 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) และดัชนี

ประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ ($E.I$)

จากการวิเคราะห์คะแนนใบงานใบกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วย ใบงาน 1 ใบงาน คะแนน 10 คะแนน ใบกิจกรรม 2 กิจกรรม คะแนน 17 คะแนน คะแนนเต็ม 27 คะแนน ซึ่งสะท้อน ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และคะแนนสอบหลังเรียนซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ พบว่า ค่า E_1/E_2 เท่ากับ 84.14/ 88.28 แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการ เรียนรู้นี้มีประสิทธิภาพมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80/80 และจากข้อมูลดัชนีความก้าวหน้า ทางการเรียนทำให้สรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้เมื่อใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่า $E.I.$ เท่ากับ 0.8 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.5.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการวิเคราะห์คะแนนสอบก่อนเรียนของนักเรียน พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 34.48 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ แบ่งเป็น อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ 26 คน และอยู่ในระดับ น่าพอใจ 3 คนเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล ด้วย กิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es และมีการทดสอบหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบ หลังเรียนของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 88.28 อยู่ในระดับดีเยี่ยม แบ่งเป็นอยู่ในระดับดีเยี่ยม 29 (ภาพที่ 4.7) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนกับคะแนนสอบหลังเรียน พบว่า นักเรียนที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะ 5Es มีคะแนนสอบหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4.8) สรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้แบบ ลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะ 5Es ที่พัฒนาขึ้นสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำไปอยู่ในระดับดีเยี่ยมได้



ภาพที่ 4.7 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า t

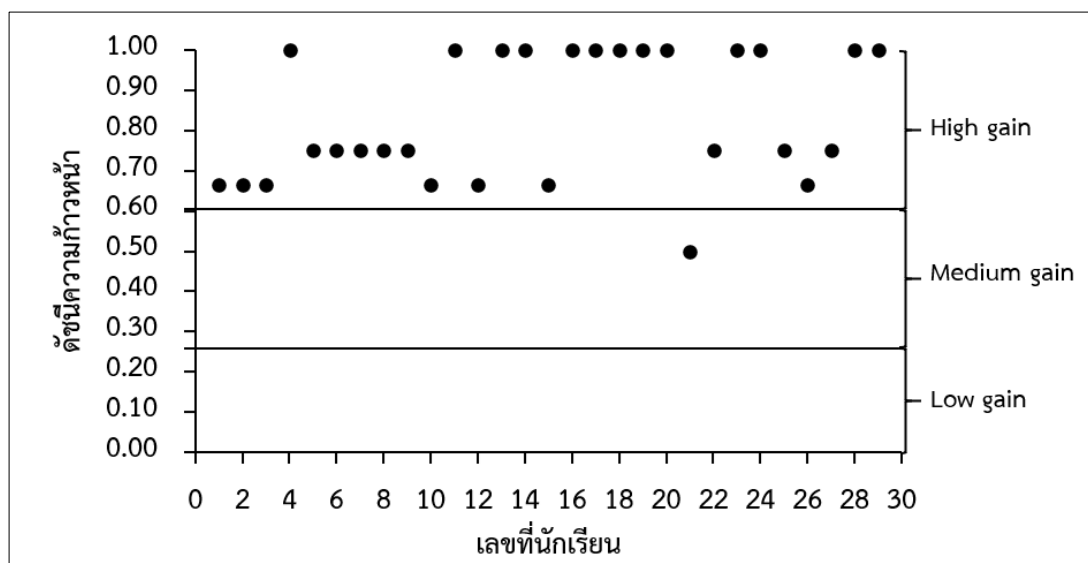
ชุดข้อมูล	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	t	df	Sig 1 tailed
ก่อนเรียน	34.48	12.980	53.79	23.990*	28	0.000
หลังเรียน	88.28	11.361				

หมายเหตุ: * $p < 0.05$

4.5.3 ความก้าวหน้าทางการเรียน

เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น พบว่า จัดอยู่ในระดับสูง โดยมีค่า $<g>$ เท่ากับ 0.8 ทั้งนี้มีนักเรียนจำนวน 1 คน (ร้อยละ 3.44) มีความก้าวหน้าระดับปานกลาง นักเรียนจำนวน 28 คน (ร้อยละ 96.55) มีความก้าวหน้าระดับสูง (ภาพที่ 4.8)

นอกจากนี้ หากพิจารณาการตอบข้อสอบเป็นรายข้อ พบว่า จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบหลังเรียนในแต่ละข้อถูกต้องมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกข้อ และหากพิจารณาในแต่ละประเด็นความคิดหลัก ได้แก่ 1) การทดลองพันธุศาสตร์ของเมนเดล 3 ข้อ 2) ความหมายยีนเด่นยีนด้อย 2 ข้อ จะพบว่า จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบหลังเรียนถูกในแต่ละประเด็นความคิดหลักมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกประเด็น โดยมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 58.62–89.66 และมีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนในแต่ละประเด็นความคิดหลักอยู่ระหว่าง 0.33–0.87 (ตารางที่ 4.9)



ภาพที่ 4.8 ดัชนีความก้าวหน้าของนักเรียนเป็นรายบุคคล

ตารางที่ 4.9 ความถี่ร้อยละและดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่ตอบคำถามถูกใน แต่ละประเด็นความคิดหลักของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ประเด็นความคิดหลัก (จำนวนข้อ)	ความถี่นักเรียนที่ตอบถูกต้อง				
	ก่อนเรียน		หลังเรียน		<g>
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
การทดลองพันธุศาสตร์ของเมนเดล (3)	33	37.93	76	87.35	0.80
ความหมายยีนเด่นยีนด้อย (2)	17	29.31	43	74.13	0.63

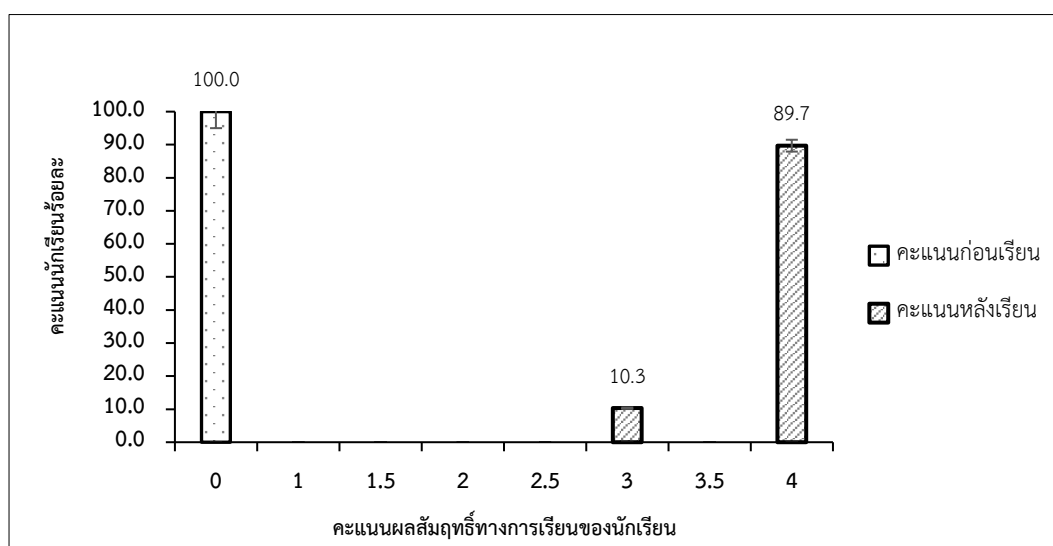
4.6 ผลการจัดการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

4.6.1 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) และดัชนี ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ ($E.I.$)

จากการวิเคราะห์คะแนนใบงานและใบกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วย ใบงาน 2 ใบงาน คะแนนเต็ม 20 คะแนน และใบกิจกรรม 1 กิจกรรม คะแนนเต็ม 10 คะแนน คะแนนรวมทั้งสิ้น 30 คะแนน ซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และคะแนนสอบหลังเรียนซึ่งสะท้อน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ พบว่า ค่า E_1/E_2 เท่ากับ 97.82/85.17 แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80/80 และจาก ข้อมูลดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนทำให้สรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้เมื่อใช้กับนักเรียนกลุ่ม ตัวอย่าง มีค่า $E.I.$ เท่ากับ 0.8 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.6.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการวิเคราะห์คะแนนสอบก่อนเรียนของนักเรียน พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 24.14 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ แบ่งเป็นอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ 29 คน เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es และมีการทดสอบหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 85.17 อยู่ในระดับดีเยี่ยม แบ่งเป็นอยู่ในระดับดีเยี่ยม 26 คน ระดับดี 3 คน (ภาพที่ 4.9) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนกับคะแนนสอบหลังเรียน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะวิทยาศาสตร์แบบ 5Es มีคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4.10) สรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es ที่พัฒนาขึ้น สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำไปอยู่ในระดับดีเยี่ยมได้



ภาพที่ 4.9 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า t

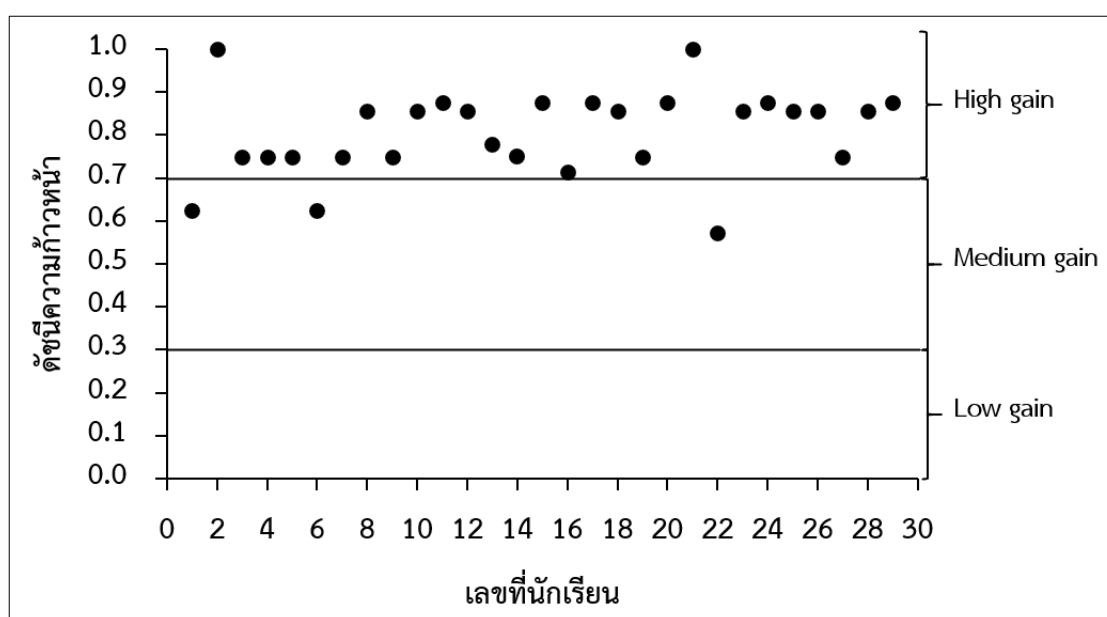
ชุดข้อมูล	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	t	df	Sig 1 tailed
ก่อนเรียน	24.14	6.278	61.03	45.378*	28	0.000
หลังเรียน	80.5	7.847				

หมายเหตุ: * $p < 0.05$

4.6.3 ความก้าวหน้าทางการเรียน

เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น พบว่า จัดอยู่ในระดับสูง โดยมีค่า $\langle g \rangle$ เท่ากับ 0.8 ทั้งนี้ มีนักเรียนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10.34 มีความก้าวหน้าระดับปานกลาง นักเรียนจำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 89.66 มีความก้าวหน้าระดับสูง (ภาพที่ 4.10)

นอกจากนี้ หากพิจารณาการตอบข้อสอบเป็นรายข้อ พบว่า จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบหลังเรียนในแต่ละข้อถูกต้องมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกข้อ และหากพิจารณาในแต่ละประเด็นความคิดหลัก ได้แก่ 1) ระบุลักษณะฟิโนไทป์ของรุ่นพ่อแม่ 1 ข้อ และ 2) อัตราส่วนจีโนไทป์ของลูก 3 ข้อ 3) หาจีโนไทป์ของรุ่นพ่อแม่ 4 ข้อ 4) หาอัตราส่วนฟิโนไทป์ของลูกรุ่นที่ 2 2 ข้อ จะพบว่า จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบหลังเรียนถูกในแต่ละประเด็นความคิดหลักมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกประเด็น โดยมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 68.69 - 96.55 และมีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนในแต่ละประเด็นความคิดหลักอยู่ระหว่าง 0.64 - 0.96 (ตารางที่ 4.11)



ภาพที่ 4.10 ดัชนีความก้าวหน้าของนักเรียนเป็นรายบุคคล

ตารางที่ 4.11 ความถี่ร้อยละและดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่ตอบคำถามถูกใน
แต่ละประเด็นความคิดหลักของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ประเด็นความคิดหลัก (จำนวนข้อ)	ความถี่นักเรียนที่ตอบถูกต้อง				
	ก่อนเรียน		หลังเรียน		<g>
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
1.ระบุลักษณะฟีโนไทป์ของรุ่นพ่อแม่ (1)	9	31.03	25	86.21	0.80
2.อัตราส่วนจีโนไทป์ของลูก (3)	19	21.83	84	96.55	0.96
3. หาจีโนไทป์ของรุ่นพ่อ แม่ (4)	36	31.03	101	87.06	0.81
4. หาอัตราส่วนฟีโนไทป์ของลูกรุ่นที่ 2 (2)	7	12.06	40	68.69	0.64

4.7 อภิปรายผล

4.7.1 ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่องลักษณะทางพันธุกรรม

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 82.18/81.00 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพเท่ากับเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น จัดอยู่ในระดับสูง โดยมีค่าดัชนีความก้าวหน้า (<g>) เท่ากับ 0.7 ประสิทธิภาพเท่ากับ 0.7 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (0.5) แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5Es นั้นเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากที่สุด ส่งเสริมให้นักเรียนค้นพบความรู้ใหม่ด้วย ตนเอง รูปแบบการจัดกิจกรรมใช้สื่อที่ดึงดูดความสนใจทำให้นักเรียนมีความสนใจ เข้าใจในเนื้อหาที่นามธรรมมากขึ้น สอดคล้องกับ บุชยาแสงทอง (2561) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติของสารพันธุกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ไปสู่ระดับดีเยี่ยม ระดับความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับสมบูรณ์มากขึ้นและมีความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ในระดับที่คลาดเคลื่อนลดลงอีกทั้งกิจกรรมที่เน้นการปฏิบัติ (hand-on) นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรม ผ่านเกมส์ ด้วยตนเองทุกขั้นตอน ทำให้นักเรียนเห็นผลที่เกิดขึ้น จากการทำกิจกรรมโดยตรงอย่างชัดเจน

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม โดยการจัดการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 81.03 ± 15.88 สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน 32.76 ± 11.77 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.7.2 ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่องโครโมโซม

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 84.8/85.7 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (80/80) ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น จัดอยู่ในระดับสูง โดยมีค่าดัชนีความก้าวหน้า ($<g>$) เท่ากับ 0.7 ประสิทธิภาพเท่ากับ 0.7 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (0.5) แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ สุขาดา พ่อไชยราช (2559) ศึกษาการยกระดับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์ พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดวิเคราะห์ทุกขั้นตอน สามารถยกระดับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์จากระดับอ่อนให้อยู่ในระดับดีมากได้ นักเรียนมีความก้าวหน้าทางเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง และนักเรียนมีความคงทนในการเรียน ครอบคลุมทั้งการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์และหลักการ เนื่องจากนักเรียนได้มีการคิดวิเคราะห์ในประเด็นย่อยต่าง ๆ และเชื่อมโยงกันจึงเกิดความเข้าใจถ่องแท้ และเข้าใจลึกซึ้งในงานของตนเอง และมีการพัฒนาความคิดอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่าในระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความกระตือรือร้น ต่อการเรียนรู้ การได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทุกขั้นตอน ในการสร้างแบบจำลองโครโมโซม การจัดเรียงโครโมโซม ทำให้นักเรียนได้ใช้ประสบการณ์ตรงในการแก้ปัญหาและทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจ แทนการจดจำตำรา ทำให้นักเรียนไม่เกิดความเบื่อหน่าย เกิดแรงกระตุ้นในการเรียนสอดคล้องกับ ชนนันธร อุดมศิลป์ และสุภาพร พรไตร (2560) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องวัฏจักรเซลล์และไมโทซิสด้วยกิจกรรมลงมือปฏิบัติ (hand-on) แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์โดยใช้ชุดอุปกรณ์แบบจำลองวัฏจักรเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำเป็นระดับดีเยี่ยมและมีความก้าวหน้าทางการเรียนระดับสูง

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องโครโมโซม โดยการจัดการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 80.00 ± 11.95 สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน 35.86 ± 9.826 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงกล่าวได้ว่าการจัดการจัดการเรียนรู้นี้จะเอื้อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้อย่างแท้จริง ผู้เรียนได้ฝึกออกแบบสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปผล การคิดค้นประดิษฐ์ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและสื่อสารคำอธิบาย (Wu and Hsieh, 2006)

4.7.3 ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่องดีเอ็นเอและยีน

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 83.79/ 83.33 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (80/80) ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น จัดอยู่ในระดับสูง โดยมีค่าดัชนีความก้าวหน้า ($<g>$) เท่ากับ 0.7 ประสิทธิภาพ

เท่ากับ 0.7 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (0.5) แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น เนื่องจากกิจกรรมการลงมือปฏิบัติในขั้นตอนการเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับคำถามของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความกระตือรือร้น สนใจกิจกรรมการเรียน มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดเวลา จึงไม่เกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน ทำให้นักเรียนเห็นปรากฏการณ์และเข้าใจ สิ่งที่กำลังเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง นำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองอย่างถ่องแท้ซึ่งความรู้ี้จะมีความคงทนมากกว่า ความรู้ที่เกิดจากการท่องจำเพียงอย่างเดียว (Porntrai, 2015) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องดีเอ็นเอและยีนมีการจัดกิจกรรม การสร้างแบบจำลองที่แสดงถึงองค์ประกอบของโครโมโซมและกิจกรรมแบบจำลองดีเอ็นเอกระดาษ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีสีสันช่วยดึงดูดความสนใจทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติหรือค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนได้มีการปฏิสัมพันธ์กันทั้งด้านความคิดและสติปัญญาไปพร้อม ๆ กันสอดคล้องกับ Monvises et al. (2011) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์และเจตคติของผู้เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะและกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้ลงมือปฏิบัติ (Hand- on learning) ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ พบว่า ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ในกลุ่มทดลองสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนแบบสืบเสาะ

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องดีเอ็นเอและยีน โดยการจัดการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 83.33 ± 11.78 สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน 39.66 ± 12.12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ ชัยวัฒน์ นวลตา (2560) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 24.89 ± 4.81 สูงกว่าก่อนเรียน 10.56 ± 3.51 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ มะลิวัลย์ ประทุมทอง (2557) พัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่าจำนวนนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นกว่าก่อนเรียนในทุกแนวคิด

4.7.4 ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่องการศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 84.14/ 88.28 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (80/80) ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น จัดอยู่ในระดับสูง โดยมีค่าดัชนีความก้าวหน้า ($<g>$) เท่ากับ 0.8 ประสิทธิภาพเท่ากับ 0.8 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (0.5) แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้า ทางการเรียนเพิ่มขึ้น

สอดคล้องกับวรวิฑูรี ศรีโพธิ์ (2558) ศึกษาการพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมด้วย ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น พบว่าความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนรายชั้นเท่ากับ 0.68 จัดอยู่ในระดับกลางและเมื่อพิจารณาเป็นรายบุคคล พบว่ามีมี นักเรียนที่มีความก้าวหน้าอยู่ในระดับสูง มีค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.5824 อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะ 5Es นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการปฏิบัติ นักเรียนมีโอกาส ได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง มีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา นักเรียน โอกาสได้ฝึกความคิดฝึกการกระทำ ทำให้เรียนรู้วิธีการจัดระบบความคิดและแสวงหาความรู้ด้วย ตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ (ภพ เลหาไพบุลย์, 2542)

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล โดยการ จัดการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 88.28 ± 11.36 สูงกว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน 34.48 ± 12.98 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ สุภาพร พรไตรและโรสรินา อาแวหามะ (2561) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการถ่ายเทยีนอยู่ บนโครโมโซมเพศ ด้วยกิจกรรมลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะวิทยาศาสตร์ พบว่าประสิทธิภาพ และประสิทธิผลการเรียนรู้เท่ากับ 87.34/83.64 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนคิด เป็น ร้อยละ 77.17 ($= 0.7717$) จัดเป็นความก้าวหน้าในระดับสูง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังเรียนอยู่ในระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 83.64) ซึ่งสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน (ร้อยละ 28.31 ระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ) ($p < .05$) สรุปได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนของนักเรียนได้

4.7.5 ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 97.82/85.17 แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (80/80) ความก้าวหน้าทางการ เรียนของนักเรียนทั้งชั้น จัดอยู่ในระดับสูง โดยมีค่าดัชนีความก้าวหน้า ($<g>$) เท่ากับ 0.8 ประสิทธิภาพ เท่ากับ 0.8 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (0.5) แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก กระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัตินี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วน ร่วมในกิจกรรมอย่างมาก เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิด ฝึกสังเกต ฝึกนำเสนอ ฝึกสร้างองค์ความรู้ ด้วยตนเอง โดยครูตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้ หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง (Newman et al., 2004; Pedaste et al., 2015) ทั้งนี้ประสิทธิภาพกระบวนการของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม แตกต่างจากประสิทธิภาพผลลัพธ์เป็นอย่างมากอาจจะเนื่องมาจากกิจกรรมแบบจำลองพันธุกรรมของ

กระต่ายเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้นและยังมีการระบายสีทำให้ผู้เรียนรู้สึกผ่อนคลายและสนุกกับการเรียนและยังเป็นกิจกรรมที่สามารถอธิบายในสิ่งที่นักเรียนไม่สามารถมองเห็นได้จริงได้เห็นภาพชัดเจนทำให้เข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนได้มากยิ่งขึ้น

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยการจัดการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติบนฐานการสืบแบบ 5Es สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 85.17 ± 7.85 สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน 24.14 ± 6.28 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกับ วรวิทย์ ศรีโพธิ์ (2558) การจำลองพันธุศาสตร์ของมังกรเพื่อการเรียนรู้: กิจกรรมการเรียนรู้การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของครูและนักเรียนกลุ่มเป้าหมายสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน ($p < .05$) โดยมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเท่ากับ ร้อยละ 94.5 และร้อยละ 75.4 และมีความก้าวหน้าในการเรียนอยู่ในระดับสูงและปานกลาง

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเพื่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es สามารถสรุปผล ตลอดจนมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผล

5.1.1 ภาพรวมการจัดการเรียนรู้ เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วยการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะหาความรู้ 5Es ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และคะแนนสอบหลังเรียนซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ พบว่าค่า E_1/E_2 เท่ากับ $86.14/85.86$ และค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.7897 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับสูง ทำให้นักเรียนยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 33.56) ไปสู่ระดับดีเยี่ยมได้ (ร้อยละ 85.86) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนกับคะแนนสอบหลังเรียน พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es มีคะแนนสอบหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.1.2 เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม

ผลการจัดกิจกรรม เรื่องลักษณะทางพันธุกรรมด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และคะแนนสอบหลังเรียนซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ พบว่าค่า E_1/E_2 เท่ากับ $82.18/81.00$ และค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.7 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับสูง ทำให้นักเรียนยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 32.76) ไปสู่ระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 81.03) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนกับคะแนนสอบหลังเรียน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es มีคะแนนสอบหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.1.3 เรื่อง โครโมโซม

ผลการจัดกิจกรรม เรื่องโครโมโซม ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และคะแนนสอบหลังเรียนซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของผลลัพธ์

(E_2) ของการจัดการเรียนรู้ พบว่าค่า E_1/E_2 เท่ากับ 82.87/ 80.00 และค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.7 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับปานกลางสูง ทำให้นักเรียนยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 35.86) ไปสู่ระดับดีมาก (ร้อยละ 80.00) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนกับคะแนนสอบหลังเรียน พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es มีคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.1.4 เรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอและยีน

ผลการจัดกิจกรรม เรื่องดีเอ็นเอและยีน ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และคะแนนสอบหลังเรียนซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ พบว่าค่า E_1/E_2 เท่ากับ 83.79/83.33 และค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.7 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับสูง ทำให้นักเรียนยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 39.66) ไปสู่ระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 83.33) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนกับคะแนนสอบหลังเรียน พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es มีคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.1.5 เรื่อง การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล

ผลการจัดกิจกรรม เรื่องการศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และคะแนนสอบหลังเรียนซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ พบว่าค่า E_1/E_2 เท่ากับ 84.14/88.28 และค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.8 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับสูง ทำให้นักเรียนยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 34.48) ไปสู่ระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 88.28) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนกับคะแนนสอบหลังเรียน พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es มีคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.1.6 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ผลการจัดกิจกรรม เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และคะแนนสอบหลังเรียนซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ พบว่าค่า E_1/E_2 เท่ากับ 97.82/85.17 และค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.8 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับสูง ทำให้นักเรียนยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 24.14) ไปสู่ระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 85.17) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนกับคะแนนสอบหลังเรียน พบว่านักเรียน

ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะแบบ 5Es มีคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

5.2.1.1 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ระบบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ทุกแผนอาจมีข้อจำกัด เรื่องเวลาน้อยเกินไป และมีกิจกรรมในแผนจัดการเรียนรู้มาก ผู้สอนที่จะนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้ ควรศึกษาและทำความเข้าใจในแต่ละกิจกรรมให้ละเอียด เตรียมอุปกรณ์ให้พร้อม และนำไปใช้ให้มีความเหมาะสมและตรงบริบทของผู้เรียน

5.2.1.2 หลังจากจัดกิจกรรมแล้ว ควรทำการทดสอบความคงทนของความรู้โดยเพื่อยืนยันว่านักเรียนเกิดความจำและเกิดความเข้าใจในระยะยาวหรือไม่

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

5.2.2.1 แผนจัดการเรียนรู้ เรื่อง โครโมโซมในกิจกรรมการจัดเรียงโครโมโซมควรนำโครโมโซมของคนที่มีความผิดปกติมาให้นักเรียนจัดเรียงด้วย เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับโรคทางพันธุกรรม

5.2.2.2 ควรให้นักเรียนเขียนคำถามหรือข้อสงสัยที่เกิดขึ้นหลังทำกิจกรรม

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ฉบับปรับปรุง 2560. กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2560.
- ชนิษฐา กรกำแหง. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และคุณธรรมจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนโยธินบำรุง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค TGT กับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2551.
- จิตตินันท์ สาดะนิมิ. การสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550.
- ชนันธร อุดมศิลป์ และสุภาพร พรไตร. “การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องวัฏจักรเซลล์และไมโทซิสด้วยกิจกรรมลงมือปฏิบัติ (hand-on) แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์โดยใช้ชุดอุปกรณ์ แบบจำลองวัฏจักรเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4”, วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 8(2): ตุลาคม, 2560.
- ชัยวัฒน์ นวลดา. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2560.
- นัฐชยพร คำนวน. การเรียนจากการลงมือทำปฏิบัติการเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสารสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2551.
- บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สุริยาสาน, 2545.
- บุษยา แสงทอง. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้ 5Es. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2561.
- เผชญิ กิจระการ. 2544. รายงานการวัดผลการศึกษามหาวิทยาลัยมหาสารคาม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2544.
- พิคเนตร อุทัยไชย. การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุล ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2554.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิดวิธีและเทคนิคการสอน 1. กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้นท์, 2550.
- พรุ่ง สิริศรีจันทร์. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนโดยใช้การเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เรื่อง ตัวเก็บประจุ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.
- ไพโรจน์ คะเชนทร์. (2560). “การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน”, การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. www.wattoongpel.com Sarawichakarn/wichakarn/1-10. 5 เมษายน, 2564
- ภพ เล่าห์ไพบูลย์. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิชย์, 2542.
- มยุรฉัตร ชาวเลย. กิจกรรมการเรียนรู้โดยการลงมือทำชุดทดลองยูนีเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์แบบกระดาษจากสารสกัดของพืช สำหรับส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนในวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2559.
- มะลิวัลย์ ประทุมทอง. การพัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2557.
- ยุพิน พลอยยอด. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบจำลองทางความคิดเรื่องการถ่ายทอด ลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้ 5 ชั้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2560.
- รุ่งรัชณี อินตาคำ. การพัฒนาชุดการเรียนรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขต พื้นที่การศึกษาลำปาง เขต 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2553.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สุริยาสาน, 2543.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- วิไลวรรณ ภัยรพีพงศ์, ประพันธ์ พงษ์โสภณ และสมศักดิ์ อภิสทธีวณิช. “ความเข้าใจแนวคิด เรื่อง การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3”, ใน การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. น.87-98. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, 2552.
- วนิดา ดีแป้น. ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 ในโรงเรียนสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเลย โดยการวิเคราะห์ พหุระดับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, 2553.
- วรวิมล ศิริโพธิ์. การพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ด้วยชุด กิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักร การเรียนรู้ 5 ขั้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.
- วิภาวดี นวลพัฒน์. การศึกษาความสามารถในการอ่านเชิงวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดพุทธิพิสัยของบลูม. วิทยานิพนธ์ ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.
- ศักดิ์ศรี สุภาขร และรุ่งนภา สายัญ. “การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นปฏิบัติจริงเพื่อพัฒนาเจตคติต่อ วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการเปลี่ยนแปลงสารและการแยกสาร”, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคเหนือ. 10(ฉบับพิเศษ): 156; มกราคม-เมษายน, 2554.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. การจัดการการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, 2546.
- สรารุณ ทองปิ่น. การสร้างชุดฝึกปฏิบัติการ เรื่องการเก็บรักษาตัวอย่างพืชและสัตว์สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยบูรพา, 2546.
- สุชาดา พ่อไชยราช. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยการจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2559.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- สุพัชชา ประเสริฐ. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องร่างกาย มนุษย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบBackward Design. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, 2552.
- สุภาพร พรไตร. “การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดวิเคราะห์”, วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 1(5): 118-210; กรกฎาคม, 2555.
- สุภาพร พรไตร และโรสลีนา อาแวหามะ. “การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการถ่ายทอดยีน ที่อยู่บนโครโมโซมเพศด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะวิทยาศาสตร์”, วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษามหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 1(1): 38-48; ตุลาคม, 2561.
- สมนึก ภัททิยธนี. การวัดผลการศึกษา. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์, 2555.
- สมพร เชื้อพันธ์. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับการจัดการเรียนการสอนตามปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, 2547.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. แนวทางการกระจายอำนาจการบริหาร และการจัดการศึกษาให้คณะกรรมการสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาและสถานศึกษาตามกฎหมายกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการกระจายอำนาจบริหารและจัดการศึกษา พ.ศ. 2550. กรุงเทพมหานคร: อรุณลาดพร้าว, 2550
- อัจฉรา สุขารมณ และอรพินท์ ชูชม. การศึกษาเปรียบเทียบนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าระดับความสามารถกับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปกติ. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2530.
- อรุณี จันทร์หอม. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารพันธุกรรม โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2561
- Biological Science Curriculum Society. Teacher's guide BSCS biology: A human approach. Kendell: Hunt, 1997.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Bigler and Hanegan. “Student Content Knowledge Increases After Participation in a Hands-on Biotechnology Intervention”, **Journal of Science Education and Technology**. 20(1): 246–257; January, 2011.
- Boomer S.M. and Latham K.L. “Manipulatives-Based Laboratory for Majors Biology a Hands- On Approach to Understanding Respiration and Photosynthesis”, **Journal of Microbiology and Biology Education**. 12(2): 127-134; December, 2011.
- Daniel. W.W. **Biostatistics: Basic Concepts and Methodology for the Health Sciences**. 9th ed. New York: John Wiley & Sons, 2010.
- Dunlap D. and Patrick P. “The Beads of Translation: Using Beads to Translate mRNA into a Polypeptide Bracelet”, **The American Biology Teacher**. 74(4): 262-265; October, 2012.
- Galloway K. and Anderson N. “Cootie Genetics: Simulating Mendel’s Experiments to Understand the Laws of Inheritance”, **The American Biology Teacher**. 76(3): 189-193; March, 2014.
- Galloway K. and Anderson N. “Cootie Genetics: Simulating Mendel’s Experiments to Understand the Laws of Inheritance”, **The American Biology Teacher**. 76(3): 189-193; March, 2014.
- Good C.V. **Dictionary of Education**. New York: McGraw-Hill Book, 1973.
- Hamdan and et al. “Impact of high-fidelity simulation on the development of clinical judgment and motivation among Lebanese nursing students”, **Nurse Education Today**. 46: 36–42; March, 2016.
- Hake R.R. “Interactive- engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses”, **American Journal of Physics**. 66(1): 64-74; November, 1998.
- Haury and Rillero. “Perspectives of Hands-On Science Teaching”, **ERIC Clearinghouse for Science**. 151(1): 101-112; March, 1994.
- Lawson. “Active citizenship in schools and the community”, **The Curriculum Journal**. 12(1): 163-178; October, 2001.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- McDonald G. “Teaching Critical and Analytical Thinking in High School Biology”,
The American Biology Teacher. 74(3): 178-181; March, 2012.
- Martin. **Factual Writing: Exploring and Challenging Social Reality.** New York:
Oxford University Press, 2018.
- Monvises A.and et al. “Promoting student understanding of genetic and biodiversity
by using inquiry-based and hand learning unit with emphasis on guided
inquiry”, **The international journal of learning.** 17(12): 227-244; June,
2011.
- National Research Council. **Inquiry and the National Science Education Standards:
A Guide for Teaching and Learning.** Washington, D.C.: National Academy,
2000.
- Newman and et al. “Dilemmas of teaching inquiry in elementary science methods”,
Journal of science teacher education. 15(4): 257-279; November, 2004.
- Pedaste and et al. “Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry
cycle”, **Educational research review.** 14: 47-61; September, 2015.
- Pettikirige S. **Exploring the implication of science communication practices on a
model for teacher professional development: Serving up the Pierian
Waters.** Doctor’s Theiss: The Australian National University, 2009.
- Phochaiyarach S. and Porntrai S. “Enhancing Analytical Thinking Abilities Using
Science Inquiry Approach”, **Journal of Research on Science, Technology
and Environment for Learning.** 6(1): 46-56; December, 2015.
- Piaget J. **The construction of reality in the child.** New York: Ballantine Books,
1986.
- Promwong C. “Developmental testing of media or teaching package’s efficiency”,
Silpakorn Education Research Journal. 5(1): 7-20; January-June, 2013.
- Porntrai. “Learning cell cycle and mitosis by science inquiry: An active way to
increase academic achievement and knowledge retention”, **Journal of
Research on Science, Technology and Environment for Learning.** 7(2):
175-187; June, 2015.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Ruby. "The moral burden of authorship in ethnographic film", **Visual Anthropology Review**. 11(2): 77-82; January, 1995.
- Smith M.U. "Teaching Cell Division: Student Difficulties and Teaching Recommendations", **Journal of College Science Teaching**. 21(1): 28-33; September, 1991.
- Wood R., Lewisand L. "What's in a cell? - young people's understanding of the genetic relationship between cells", **Journal of Within an individual**. 34(1): 129-132; December, 2000.
- Wu H. and Hsieh C. "Developing sixth grades inquiry skill to construct explanations in inquiry –basedlearning environments", **International Journal of Science Education**. 28(11): 1289-1313; February, 2006.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัย

ภาคผนวก ข

ดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ (IOC)

ตารางที่ ข.1 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1. ลักษณะทางพันธุกรรม	+1	+1	+1	1.00
2. โครโมโซม	+1	+1	+1	1.00
3. ดีเอ็นเอและยีน	+1	+1	+1	1.00
4. การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล	+1	+1	+1	1.00
5. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	+1	+1	+1	1.00

ภาคผนวก ค
คุณภาพของแบบทดสอบ

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก อำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น
ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะ
ทางพันธุกรรม

ข้อที่	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)	หมายเหตุ
1	1.00	0.67	0.53	ใช้ได้
2	1.00	0.53	0.53	ใช้ได้
3	1.00	0.47	0.80	ใช้ได้
4	1.00	0.53	0.80	ใช้ได้
5	0.67	0.67	0.40	ใช้ได้
6	1.00	0.80	0.40	ใช้ได้
7	1.00	0.40	0.40	ใช้ได้
8	1.00	0.70	0.60	ใช้ได้
9	1.00	0.70	0.33	ใช้ได้
10	1.00	0.70	0.60	ใช้ได้
11	0.67	0.67	0.40	ใช้ได้
12	1.00	0.70	0.47	ใช้ได้
13	0.67	0.43	0.60	ใช้ได้
14	1.00	0.43	0.60	ใช้ได้
15	1.00	0.67	0.40	ใช้ได้
16	0.67	0.47	0.53	ใช้ได้
17	1.00	0.63	0.63	ใช้ได้
18	1.00	0.70	0.60	ใช้ได้
19	1.00	0.60	0.67	ใช้ได้
20	1.00	0.63	0.47	ใช้ได้
21	1.00	0.67	0.40	ใช้ได้
22	0.67	0.67	0.67	ใช้ได้
23	1.00	0.60	0.53	ใช้ได้
24	1.00	0.57	0.73	ใช้ได้
25	1.00	0.70	0.47	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก อำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น
ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะ
ทางพันธุกรรม (ต่อ)

ข้อที่	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)	หมายเหตุ
26	1.00	0.53	0.80	ใช้ได้
27	1.00	0.63	0.73	ใช้ได้
28	1.00	0.70	0.33	ใช้ได้
29	0.67	0.43	0.60	ใช้ได้
30	1.00	0.40	0.80	ใช้ได้
ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.94				

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแผนจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน 5 รหัส ว23101
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 พันธุศาสตร์

เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

เวลา 3 ชั่วโมง

ชื่อครูผู้สอน นางสาวสุปราณี หวดอน

1. มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ตัวชี้วัด

ว 1.3 ม.3/1 อธิบายความสำคัญของสารพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอ และกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

3. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม คือ ลักษณะที่สามารถถ่ายทอดต่อไปยังรุ่นลูกหลานได้ตามกฎของเมนเดลมี 2 ลักษณะคือ ลักษณะเด่นจะถ่ายทอดในทุกรุ่น ลักษณะด้อยจะถ่ายทอดในรุ่นใดรุ่นหนึ่งเท่านั้น

4. สาระการเรียนรู้

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

ลักษณะทางพันธุกรรมจากพ่อแม่สามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกผ่านทางเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิ ซึ่งลูกที่เกิดขึ้นจึงมีลักษณะพันธุกรรมจากทั้งพ่อและแม่ นักวิทยาศาสตร์พบว่าลักษณะที่ถ่ายทอดไปยังลูกหลานนั้น บางอย่างเป็นลักษณะเด่น บางอย่างเป็นลักษณะด้อย เมนเดลได้ศึกษาการถ่ายทอด

ลักษณะทางพันธุกรรมของต้นถั่วชนิดหนึ่ง และนำมาสู่หลักการพื้นฐานของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตที่มีโครโมโซมเป็น 2 ชุด ยีนแต่ละตำแหน่งบนฮอโมโลกัสโครโมโซมมี 2 แอลลีลโดยแอลลีลหนึ่งมาจากพ่อและอีกแอลลีลหนึ่งมาจากแม่ ซึ่งอาจมีรูปแบบเดียวกัน หรือต่างกัน แอลลีลที่แตกต่างกันนี้ แอลลีลหนึ่งอาจมีการแสดงออกข่มอีกแอลลีลหนึ่งได้ เรียกแอลลีลนั้นว่าเป็นแอลลีลเด่น ส่วนแอลลีลที่ถูกข่มอย่างสมบูรณ์เรียกว่าเป็นแอลลีลด้อย เมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ แอลลีลที่เป็นคู่กันในแต่ละฮอโมโลกัสโครโมโซมจะแยกจากกันไปสู่เซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์ โดยแต่ละเซลล์สืบพันธุ์ จะได้รับเพียง 1 แอลลีล และจะมาเข้าคู่กับแอลลีลที่ตำแหน่งเดียวกันของอีกเซลล์สืบพันธุ์หนึ่งเมื่อเกิดการปฏิสนธิ จนเกิดเป็นจีโนไทป์และแสดงฟีโนไทป์ในรุ่นลูก

5. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

- 1) อธิบายการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของลูกได้

ด้านกระบวนการ (P)

- 1) คำนวณอัตราส่วนการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูกได้
- 2) สร้างแบบจำลองพันธุกรรมของกระต่าย

ด้านคุณลักษณะ (A)

- 1) มีความรับผิดชอบ มุ่งมั่นในการทำงาน

6. คำถามสำคัญ

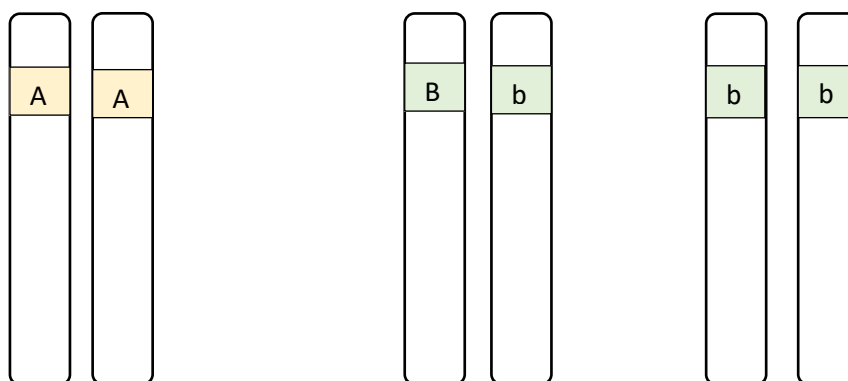
- 1) รูปแบบของยีนบนโครโมโซมมีลักษณะอย่างไร
- 2) การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมมีกระบวนการอย่างไร
- 3) การคำนวณหาจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูกมีวิธีการอย่างไร

7. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engagement)

- 1) ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมโดยครูนำภาพครอบครัวมาให้ให้นักเรียนดูแล้วถามนักเรียนว่าคนในครอบครัวเดียวกันมีหน้าตา หรือลักษณะเหมือนกันหรือไม่ (แนวคำตอบ เหมือนกัน)
- 2) ครูกล่าวต่อว่าเด็กหรือลูกที่เกิดมาจะมีรูปร่างและลักษณะที่คล้ายกับพ่อแม่ เนื่องจากมีการถ่ายทอดลักษณะจากพ่อแม่ไปสู่รุ่นลูกครูถามต่อว่าหน่วยที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมคืออะไร (ยีน)

3) ครูแจกไม้ไอศกรีมให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกต จำนวน 2 อันซึ่งไม้ไอศกรีมแต่ละอันจะมีแถบกระดาษและเขียนอักษรภาษาอังกฤษไว้ ดังตัวอย่าง



4) ครูถามนักเรียนว่าไม้ไอศกรีมที่ครูนำมาแจกให้นักเรียนสื่อถึงอะไร (แนวคำตอบ ฮอมอโลกัส โครโมโซม) ครูกล่าวต่อว่าวันนี้เราจะได้เรียนรู้ รูปแบบของยีนบนโครโมโซม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมและ การคำนวณหาจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูก

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration) (50 นาที)

1) ครูเตรียมอุปกรณ์มาแจกให้กับนักเรียนแต่ละคน ดังนี้

- ไม้ไอศกรีมจำนวน 8 อัน
- ยางรัดผมจำนวน 16 เส้น โดยมีสีส้มและเขียว อย่างละ 8 เส้น และยางรัดผมสีเหลืองและชมพู อย่างละ 8 เส้น

2) ครูกล่าวว่าอุปกรณ์ที่ครูแจกให้ ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองของโครโมโซม ที่มียีนอยู่บนโครโมโซมโดยใช้ไม้ไอศกรีมแทนโครโมโซม และหนัยางรัดผมแทนยีนที่อยู่บนโครโมโซมโดยนักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับยีนบนโครโมโซมจากหนังสือเรียน

3) ครูกำหนดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองโดยมีเงื่อนไข ดังนี้

- แบบที่ 1 : โครโมโซมที่มียีนควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต 1 ลักษณะ โดยที่มียีนรูปแบบเดียวกัน
- แบบที่ 2 : โครโมโซมที่มียีนควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต 1 ลักษณะ โดยที่มียีนรูปแบบต่างกัน
- แบบที่ 3 : โครโมโซมที่มียีนควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต 2 ลักษณะ โดยที่มียีนรูปแบบเดียวกันทั้ง 2 ลักษณะ
- แบบที่ 4 : โครโมโซมที่มียีนควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต 2 ลักษณะ โดยที่มียีนรูปแบบต่างกันทั้ง 2 ลักษณะ

- 4) ครูสุ่มเรียกนักเรียน 1กลุ่มออกมานำเสนอแบบจำลองและอภิปรายผลร่วมกัน
- 5) นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ไมไอสกริม 1 ไม คือ โครโมโซม 1 แท่ง โดยโครโมโซมเปรียบเสมือนมีไมไอสกริม 2 ไม่ ย่างรัดผมที่ผูกติดกับไมไอสกริมเปรียบเสมือนยีนที่ควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต ซึ่งยีนจะอยู่กันเป็นคู่ และอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน เรียกตำแหน่งของยีนว่า โลคัส โดยยีนที่ควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต 1 ลักษณะ อาจมีรูปแบบยีนที่เหมือนหรือแตกต่างกัน เรียกรูปแบบของยีนหรือสียารัดผมว่า แอลลีล
- 6) ครูกล่าวต่อว่ารูปแบบของยีนเรียกว่า จีโนไทป์ และลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่แสดงออกมาเรียก ฟีนไทป์
- 7) ครูผู้สอนนำภาพสัญลักษณ์ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็ก จำนวน 15 คู่ เช่น A, a, B, b, C, c, R, r และ T, t มาให้นักเรียนหยิบคนละ 1 แผ่นนักเรียนสังเกตและร่วมตอบคำถามดังนี้

A	a	B	b	R	r
---	---	---	---	---	---

- สัญลักษณ์ที่นักเรียนหยิบได้คืออะไร (แนวคำตอบ อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่, ตัวพิมพ์เล็ก)

- สัญลักษณ์ตัวอักษรภาษาอังกฤษใช้กำหนดอะไร (รูปแบบของยีน)
- สัญลักษณ์ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ตัวพิมพ์ใหญ่ แทนยีนเด่นหรือยีนด้อย (ยีนเด่น)
- สัญลักษณ์ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ตัวพิมพ์เล็ก แทนยีนเด่นหรือยีนด้อย (ยีนด้อย)
- ให้นักเรียนจับคู่ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ที่แสดงการเข้าคู่ยีน 1 ลักษณะ

8) ครูให้นักเรียนเขียนการจับคู่ตัวอักษรภาษาอังกฤษของแต่ละคู่บนกระดาน เสร็จแล้วกล่าวต่อว่าการเข้าคู่ของยีนมีหลายรูปแบบ เช่น Aa, aa, AA เมื่อมีการเข้าคู่กันของยีนกรณีที่เป็นรูปแบบที่เหมือนกัน เช่น AA, TT หรือ aa, tt เรียกลักษณะนี้ว่า พันธุ์แท้ และกรณีที่เป็นรูปแบบต่างกัน เช่น Aa, Tt เรียกลักษณะนี้ว่า พันธุ์ทาง (หากเป็นลักษณะของโรค เรียกว่า เป็นพาหะ) และจากการทดลองของเมนเดลยีนเด่นข่มยีนด้อยอย่างสมบูรณ์ดังนั้นเมื่อมีการเข้าคู่ของยีนที่มีรูปแบบต่างกัน จึงแสดงลักษณะเด่น

- 9) นักเรียนรับใบกิจกรรมที่ 4.2 เรื่องตัวอักษรลักษณะของกระต่ายโดยมีลำดับกิจกรรมดังนี้

10) เตรียมไม้ไอศกรีม แล้วเขียนรหัสข้อมูลทางพันธุกรรม ซึ่งแบ่งเป็นโครโมโซมของพ่อครึ่งหนึ่ง และโครโมโซมของแม่จำนวนครึ่งหนึ่ง โดยใช้ลักษณะทางพันธุกรรมดังตาราง

ลักษณะ	ลักษณะเด่น		ลักษณะด้อย	
	ฟีโนไทป์	จีโนไทป์	ฟีโนไทป์	จีโนไทป์
สีขน	สีน้ำตาล	AA, Aa	สีเทา	aa
ตา	ตาโต	BB, Bb	ตาเล็ก	bb
จมูก	สามเหลี่ยม	DD, Dd	วงกลม	dd
หู	หูพับ	RR, Rr	หูตรง	rr
หาง	สั้น	PP, Pp	ยาว	pp
เพศ	ผู้	XY	เมีย	XX

11) นักเรียนแต่ละคนหยิบไม้ไอศกรีมโครโมโซมจากพ่อและจากแม่อย่างละ 1 แท่ง และกลับไปยังที่นั่งจากนั้น ให้นักเรียนแต่ละคนเขียนรูปแบบของยีน (จีโนไทป์) และลักษณะที่แสดงออก(ฟีโนไทป์) ลงในใบงานที่ 4.2การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมกระต่ายของฉัน

12) นักเรียนแต่ละคนดูลักษณะที่แสดงออกของกระต่ายตนเองและไปปรับชิ้นส่วนต่างๆ ของกระต่ายเพื่อสร้างกระต่ายของตนเองพร้อมทั้งระบุเพศของลูกที่ได้จากโครโมโซมของพ่อแม่ที่แต่ละคนจับได้ใน

13) นักเรียนสร้างกระต่ายของตนเอง พร้อมทั้งระบายสีให้สวยงามตามลักษณะที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 3 การอภิปรายและลงข้อสรุป (Explanation)

1) ครูสุ่มเลือกตัวแทนนักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรมและร่วมกันสรุปหลังทำกิจกรรมด้วยคำถามดังนี้

1.1) จีโนไทป์และฟีโนไทป์ของแต่ละลักษณะของกระต่ายเป็นอย่างไร

(ขึ้นอยู่กับผลการทำกิจกรรมของแต่ละคน เช่น ถ้าหยิบได้ AA, Aa ขนสีน้ำตาล เป็นต้น)

1.2) สิ่งใดกำหนดฟีโนไทป์ของกระต่ายแต่ละลักษณะ (จีโนไทป์ของแต่ละลักษณะ)

1.3) เมื่อนำพ่อแม่มาผสมพันธุ์กับแม่ ลูกที่เกิดขึ้นมีอัตราส่วนการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์อย่างไร (ขึ้นอยู่กับจีโนไทป์ของพ่อและแม่ที่ผสม)

1.4) จากกิจกรรมสรุปได้ว่า

- การเข้าคู่กันของแอลลีลทำให้เกิดจีโนไทป์ต่างกันที่กำหนดลักษณะฟีโนไทป์ลักษณะที่แสดงออกต่างกันจึงทำให้กระต่ายของแต่ละคนแตกต่างกัน

- ลักษณะที่ปรากฏในรุ่นลูกเป็นผลมาจากการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ ซึ่งได้จากพ่อและแม่ โดยผ่านทางเซลล์สืบพันธุ์ และลักษณะต่าง ๆ ต้องมีหน่วยควบคุมลักษณะแต่ละลักษณะที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูกได้ เรียกว่า ยีน (Gene)

- ลักษณะของยีนที่ได้รับจากพ่อและแม่ส่งผลต่อลักษณะที่แสดงออกในรุ่นลูก ซึ่งก่อนจะเข้าคู่กันใหม่นั้น คู่ของยีนของพ่อและแม่จะแยกออกจากกัน แล้วยีนจากพ่อและแม่แต่ละชิ้น (ซึ่งมาจากโครโมโซมคู่เหมือนของแต่ละคน) มาเข้าคู่กันในระหว่างการปฏิสนธิ

2) ครูกล่าวต่อว่าถ้าเราทราบจีโนไทป์ของพ่อและแม่ สามารถคำนวณหาอัตราส่วนจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของลูกได้

3) นักเรียนทำแบบฝึกหัด ใบงานที่ 4.3 กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration)

ครูกำหนดปัญหาเกี่ยวกับ การผสมพันธุ์สุนัขโดยจำลองสถานการณ์ให้นักเรียนวางแผนผสมพันธุ์สุนัขชนสีดำพันธุ์แท้กับสุนัขอีกตัวหนึ่ง พบว่าลูกสุนัขมีขนสีเทาทั้งหมด ให้นักเรียนออกแบบและวิเคราะห์ว่า พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ควรมีจีโนไทป์แบบใด และรุ่นหลาน (F2) จะมีจีโนไทป์และฟีโนไทป์แบบใด โดยวาดแผนผังการถ่ายทอดยีนหรือใช้ตารางพันเนตต์ ของสุนัขลงในสมุดประจำตัว คำนวณอัตราส่วนของจีโนไทป์และฟีโนไทป์

ขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation)

ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2-3 คน นำเสนอสิ่งที่ได้จากการปฏิบัติใบกิจกรรม หน้าชั้นเรียน เพื่อนในห้องและครูร่วมกัน แสดงความคิดเห็น และพิจารณาว่าถูกต้องหรือไม่ อย่างไร

8. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
- 2) ใบกิจกรรมที่ 4.1 ตัวอักษรลักษณะของกระต่าย
- 3) ใบกิจกรรมที่ 4.2 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมกระต่ายของฉันทัน
- 4) ใบงานที่ 4.3 การคำนวณอัตราส่วนจีโนไทป์และฟีโนไทป์
- 5) แผ่นส่วนประกอบต่างๆ ของกระต่าย (ตัว, หู, หาง, เท้า, จมูก และตา)
- 6) กรรไกร

7) สีส้ม/สีเมจิก

8) กาวสองหน้า

9. กระบวนการวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือ
1. ด้านความรู้ อธิบายการเกิดจีโนไทป์ และฟีโนไทป์ของลูกได้	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 4.2 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรมกระต่ายของฉันทัน	1) ใบกิจกรรมที่ 4.2 เรื่อง การ ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม กระต่ายของฉันทัน
2. คำนวณอัตราส่วนการ เกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ ของรุ่นลูกได้ 3. สร้างแบบจำลองกระต่าย (P)	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 4.3 การ คำนวณอัตราส่วนจีโนไทป์และ ฟีโนไทป์ - ตรวจแบบจำลองพันธุกรรม กระต่าย	ใบกิจกรรมที่ 4.3 การคำนวณ อัตราส่วนจีโนไทป์และฟีโนไทป์ - สมุดประจำตัวแบบจำลอง พันธุกรรมกระต่าย
4. มีความรับผิดชอบ มุ่งมั่น ในการทำงาน (A)	- สังเกตพฤติกรรมนักเรียน รายบุคคล	- แบบสังเกตการปฏิบัติงาน

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุดเด่นและจุดอ่อนของผู้เรียน

จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุดอ่อน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางการแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวสุปราณี หั่วดอน)

ผู้บันทึก

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบสังเกตการปฏิบัติงาน
เรื่อง กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (A)
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

เลขที่	เลขประจำตัว	ชื่อ - สกุล	ความรับผิดชอบในการทำงาน	ความร่วมมือในการทำงาน	ความตั้งใจในการทำงาน	กระบวนการทำงาน	รวมคะแนน	ระดับคุณภาพ	
			3	3	3	3		ผ่าน	ไม่ผ่าน
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									

เกณฑ์การประเมิน/ระดับคุณภาพ

10-12 คะแนน หมายถึง ดีมาก

7-9 คะแนน หมายถึง ดี

4-6 คะแนน หมายถึง พอใช้

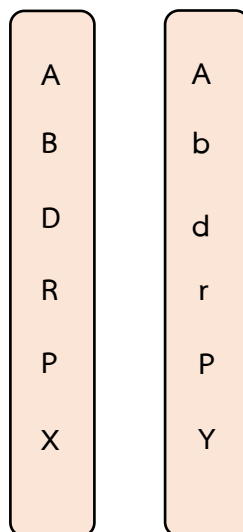
1-3 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

เกณฑ์การประเมิน ได้ 7 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

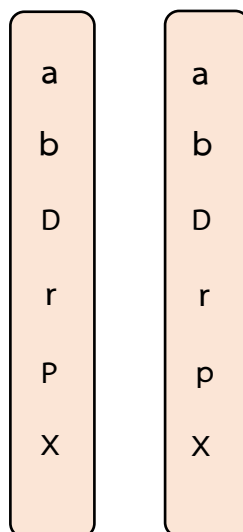
รายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนนจากแบบสังเกตการปฏิบัติงาน
เรื่อง กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (A)
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน 3	ระดับคะแนน 2	ระดับคะแนน 1
ความรับผิดชอบในการทำงาน	ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มความสามารถและพยายามแก้ปัญหาด้วยตนเองทุกครั้งผลงานมีคุณภาพดี	ทำงานที่ได้รับมอบหมายเป็นบางครั้งไม่แก้ปัญหาด้วยตัวเอง	ไม่รับผิดชอบการทำงานที่รับมอบหมาย/ผลงานพอใช้
ความร่วมมือในการทำงาน	ให้ร่วมมือในการทำกิจกรรมอย่างเต็มใจทุกครั้ง	ให้ความร่วมมือและแสดงความเห็นเป็นบางครั้ง	หลีกเลี่ยงและไม่ร่วมมือ/ไม่แสดงความคิดเห็นเลย
ความตั้งใจในการทำงาน	ทำงานที่ได้รับมอบหมายตามกำหนดเวลา	ต้องคอยระวังให้ทำงานที่ได้รับมอบหมายเป็นบางครั้ง	ต้องควบคุมและชี้แจงการทำงานที่รับมอบหมายบ่อย ๆ
กระบวนการทำงาน	ดำเนินการวางแผนและปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างมีระบบ	ดำเนินการวางแผนแต่ปฏิบัติงานไม่เป็นไปตามขั้นตอน	ไม่มีการวางแผนที่ดีขั้นตอนการปฏิบัติการไม่มีระบบ

ตัวอย่างโครโมโซมของพ่อและแม่



ตัวอย่าง โครโมโซมชุดจากพ่อ



ตัวอย่าง โครโมโซมชุดจากแม่

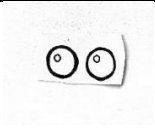
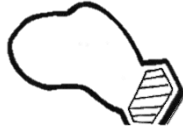
ใบกิจกรรมที่ 4.1 ตัวอักษรลักษณะของกระต่าย

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลจากตารางต่อไปนี้ แล้วสร้างกระต่ายจากข้อมูลที่กำหนด

กำหนด อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ แทนลักษณะเด่น
อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก แทนลักษณะด้อย

ลักษณะ	ลักษณะเด่น		ลักษณะด้อย	
	ฟิโนไทป์	จีโนไทป์	ฟิโนไทป์	จีโนไทป์
สีขน	สีน้ำตาล	AA, Aa	สีเทา	aa
ตา	ตาโต	BB, Bb	ตาเล็ก	bb
จมูก	สามเหลี่ยม	DD, Dd	วงกลม	dd
หู	หูพับ	RR, Rr	หูตรง	rr
หาง	สั้น	PP, Pp	ยาว	pp
เพศ	ผู้	XY	เมีย	XX

ลักษณะต่าง ๆ ของกระต่าย

สีขน	สีน้ำตาล		สีเทา	
ตา	ตาโต		ตาเล็ก	
จมูก	สามเหลี่ยม		วงกลม	
หู	หูพับ		หูตรง	
หาง	สั้น		ยาว	

ใบงานที่ 4.2

เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมกระต่ายของฉัน

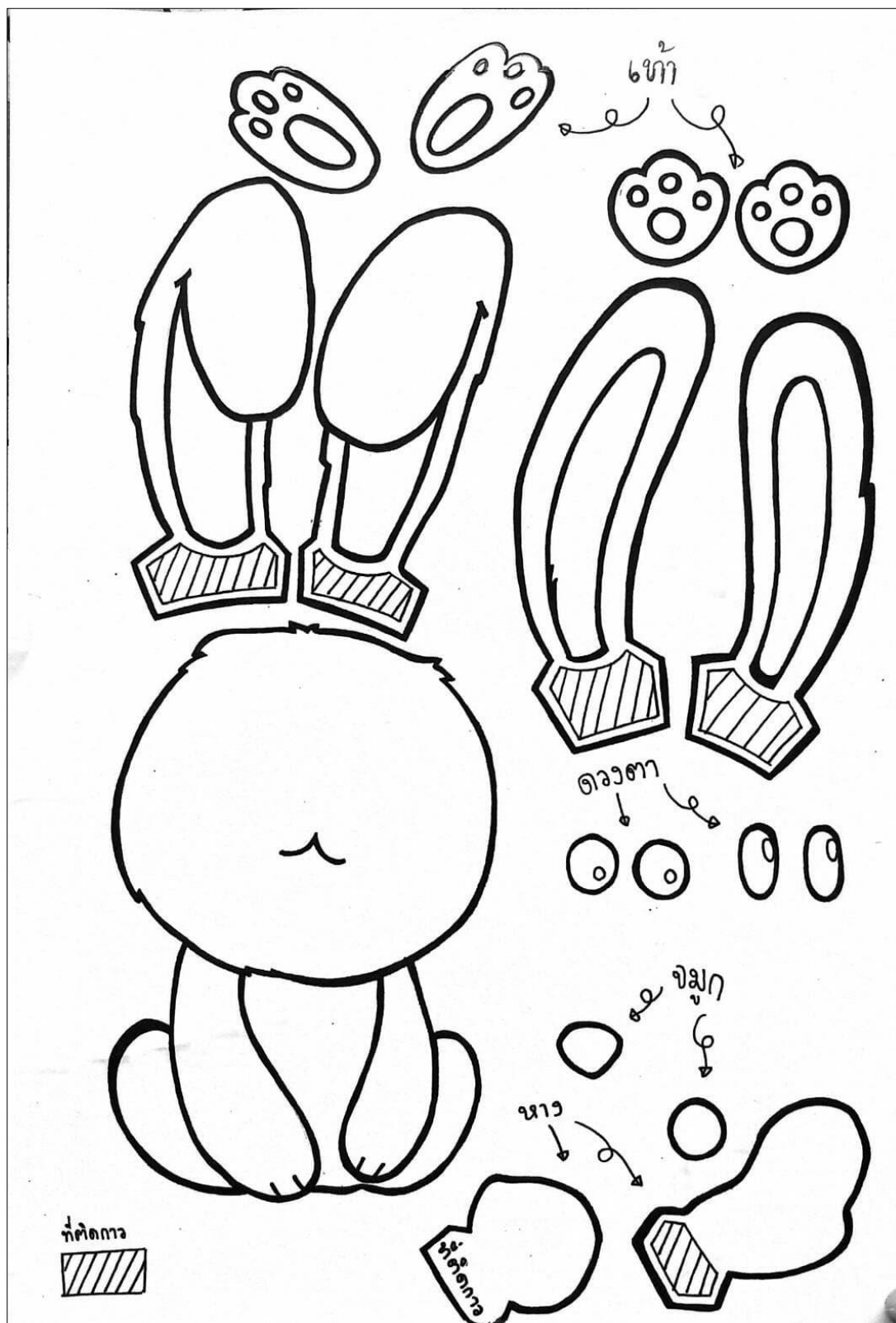
คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

โครโมโซมร่างกาย

จีโนไทป์		จีโนไทป์ ลูกกระต่าย	ฟีโนไทป์ ลูกกระต่าย
จากพ่อ	จากแม่		

โครโมโซมเพศ

จีโนไทป์		จีโนไทป์ ลูกกระต่าย	ฟีโนไทป์ ลูกกระต่าย
จากพ่อ	จากแม่		



ใบงานที่ 4.4

เรื่อง กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

คำชี้แจง จงเติมข้อความลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

- เมื่อผสมพันธุ์ถั่วลันเตาเมล็ดสีเหลืองพันธุ์ทางซึ่งเป็นลักษณะเด่น กับเมล็ดสีเขียวพันธุ์แท้ซึ่งเป็นลักษณะด้อย จงหาลักษณะสีของเมล็ดในรุ่นลูก (F_1)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

รุ่นลูก F_1 มีจีโนไทป์.....แบบได้แก่.....และ
มีฟีโนไทป์.....แบบได้แก่.....ใน
อัตราส่วน.....

- วัวตัวผู้สีแดงพันธุ์ทางผสมกับวัวตัวเมียสีขาว โอกาสที่ลูกวัวจะมีขนสีขาวคิดเป็นร้อยละเท่าใด
กำหนดให้ R เป็นยีนเด่นขนสีแดง r เป็นยีนด้อย ขนสีขาว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 4.3 จีโนไทป์กระต่าย

คำชี้แจง จงเติมข้อความลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

สีขน	A	a
a		
a		

เมื่อผสมกระต่ายขนสีน้ำตาลซึ่งเป็นลักษณะเด่นกับกระต่ายขนสีเทาซึ่งเป็นลักษณะด้อย ลูกที่เกิดมาจะมีลักษณะใดบ้าง

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

ตา	B	B
b		
b		

เมื่อนำกระต่ายที่มีตาโตซึ่งเป็นลักษณะเด่นผสมกับกระต่ายที่มีตาเล็กซึ่งเป็นลักษณะด้อย ลูกที่เกิดมาจะมีลักษณะตาแบบใดบ้าง

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

จมูก		
	Dd	dd
	Dd	dd

ถ้าลูกกระต่ายที่เกิดมามีทั้งจมูกเหลี่ยมเป็นลักษณะเด่นและจมูกกลมที่เป็นลักษณะด้อยจีโนไทป์ของกระต่ายรุ่นพ่อแม่ควรมีลักษณะอย่างไร

หู		
	Rr	Rr
	Rr	Rr

ถ้าลูกกระต่ายที่เกิดมามีหูพับทั้งหมดซึ่งเป็นลักษณะเด่นจีโนไทป์ของกระต่ายรุ่นพ่อแม่ควรมีลักษณะอย่างไร

หาง	P	P
p		
p		

เมื่อทดลองผสมกระต่ายที่มีหางสั้นซึ่งเป็นลักษณะเด่นกับกระต่ายที่มีหางยาวซึ่งเป็นลักษณะด้อยลูกกระต่ายจะมีลักษณะใดบ้าง

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวสุปราณี หวดอน
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554-2559 มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2559-ปัจจุบัน โรงเรียนโยธินวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดยโสธร
ตำแหน่ง	ครู
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนโยธินวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดยโสธร