การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

ฝ่ายหอสมุด
สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ยุพิน พลอยยอด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

THE STUDY OF GRADE 10 STUDENT'S ACADEMIC ACHIEVEMENT AND MENTAL MODELS IN THE TOPIC OF GENETIC INHERITANCE LEARNING BY 5E INQUIRY CYCLE

YUPIN PLOYYOD

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 2017

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

ผู้วิจัย นางสาวยุพิน พลอยยอด

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน พินสุวรรณ์	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร พรไตร	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธนา ปลอดสมบูรณ์	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร พรไตร)

....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชริดา ปุกหุต)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2560

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิด เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนในวิชาชีววิทยา เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น สำเร็จลุล่วงไปด้วยความอนุเคราะห์และความเมตตากรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร พรไตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้แนวคิด ให้คำปรึกษา และตรวจแก้ไขให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและดูแลด้านการศึกษา ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนคำแนะนำและข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ในการทำวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการศึกษา ระดับปริญญาโท ในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ขอขอบคุณครอบครัว บิดา มารดา และสามี ที่ให้กำลังใจและส่งเสริม เพื่อนพี่น้องร่วมรุ่นหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ผู้อำนวยการสถานศึกษาและคณะครูโรงเรียนมัธยมตระการพืชผล ตลอดจนผู้มีพระคุณที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่สามารถกล่าวได้หมด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและกำลังใจอันดีงามจากทุกท่าน จึงกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ยุพิน พลอยยอด

ยุพิน พลอยยอด
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

ผู้วิจัย : ยุพิน พลอยยอด

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร พรไตร

คำสำคัญ : แบบจำลองทางความคิด, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม, การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น, ความพึงพอใจ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน 2) ศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และ 3) ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 36 คน โดยการเลือกสุ่มแบบกลุ่ม ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย การทดสอบก่อนเรียน การจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจค้นหา ขั้นสร้างคำอธิบาย ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล รวมเวลา 12 ชั่วโมง และการทดสอบหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 31.28 ± 3.61 สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน 12.14 ± 3.73 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนหลังเรียนมีการพัฒนาจากก่อนเรียน และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ในระดับมากที่สุด

ABSTRACT

TITLE : THE STUDY OF GRADE 10 STUDENT'S ACADEMIC ACHIEVEMENT AND MENTAL MODELS IN THE TOPIC OF GENETIC INHERITANCE LEARNING BY 5E INQUIRY CYCLE

AUTHOR : YUPIN PLOYYOD

DEGREE : MASTER DEGREE OF SCIENCE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

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

KEYWORDS : MENTAL MODEL, LEARNING ACHIVEMENT, GENETIC INHERITANCE, 5E INQUIRY CYCLE, SATISFACTION

This research aimed to 1) compare learning achievement before and after learning by using 5E inquiry cycle in genetic inheritance, 2) study students' mental model before and after learning, and 3) study students' satisfaction towards genetic inheritance lesson plan in first semester, academic year 2015. The participants were 36 students of grade 10 selected by cluster sampling at Mathayomtrakanpuetphon School. Research methodology comprised the pretest, 12 hours learning through 5E inquiry cycle lesson plans; engagement, exploration, explanation, elaboration, and followed by the posttest. The results indicated that 1) the posttest score of learning achievement exam (31.28 ± 3.61) were higher than those of the pretest score (12.14 ± 3.73) at a significance level of 0.05, 2) students' mental models had developed themselves at a later time, and 3) their satisfaction towards the 5E inquiry lesson plan was at the high level.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	5
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย	6
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	7
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	9
บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์	10
2.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น	12
2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	16
2.4 แบบจำลองทางความคิด (Mental Model)	20
2.5 ความพึงพอใจ	24
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 รูปแบบการวิจัย	32
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	33
3.3 ตัวแปรในการวิจัย	33
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	33
3.5 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	34
3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล	43
3.8 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	45
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	
4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	49
4.2 แบบจำลองทางความคิด	54
4.3 ความพึงพอใจ	130
4.4 อภิปรายผล	132
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	142
5.2 ข้อเสนอแนะ	149
เอกสารอ้างอิง	**151**
ภาคผนวก	
ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	163
ข แผนการจัดการเรียนรู้	165
ค แบบวัดแบบจำลองทางความคิด	192
ง แบบสอบถามความพึงพอใจ	202
ประวัติผู้วิจัย	**204**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้หลักในแต่ละแผนการเรียนรู้	34
3.2	การวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อสร้างข้อสอบ	37
3.3	โครงสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยจำแนกตามระดับพฤติกรรม	38
4.1	แผนการจัดการเรียนรู้	50
4.2	ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ 5 ขั้น	131

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดในการวิจัยโดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)	7
2.1	วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น	14
4.1	ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนในระดับต่าง ๆ	50
4.2	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนรายเรื่อง	51
4.3	ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนในระดับต่าง ๆ	52
4.4	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรายเรื่อง	53
4.5	เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	54
4.6	ลักษณะของบุตรชาย (ก่อนเรียน)	56
4.7	ลักษณะของบุตรชาย (หลังเรียน)	58
4.8	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	59
4.9	ความสัมพันธ์ของนิวเคลียส โครโมโซม โปรตีนฮิสโตน และยีน (ก่อนเรียน)	61
4.10	ความสัมพันธ์ของนิวเคลียส โครโมโซม โปรตีนฮิสโตน และยีน (หลังเรียน)	63
4.11	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	64
4.12	วัฏจักรของเซลล์ (ก่อนเรียน)	66
4.13	วัฏจักรของเซลล์ (หลังเรียน)	67
4.14	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์และวัฏจักร	68
	ของเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	68
4.15	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะอินเตอร์เฟส (ก่อนเรียน)	70
4.16	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะอินเตอร์เฟส (หลังเรียน)	71
4.17	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะอินเตอร์เฟส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	72
4.18	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะโพรเฟส (ก่อนเรียน)	74
4.19	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะโพรเฟส (หลังเรียน)	75
4.20	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะโพรเฟส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	76

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.21	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเมตาเฟส (ก่อนเรียน)	78
4.22	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเมตาเฟส (หลังเรียน)	79
4.23	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเมตาเฟส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	80
4.24	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะแอนาเฟส (ก่อนเรียน)	82
4.25	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะแอนาเฟส (หลังเรียน)	83
4.26	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะแอนาเฟส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	84
4.27	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเทโลเฟส (ก่อนเรียน)	85
4.28	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเทโลเฟส (หลังเรียน)	86
4.29	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเทโลเฟส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	87
4.30	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะอินเตอร์เฟส I (ก่อนเรียน)	89
4.31	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะอินเตอร์ I (หลังเรียน)	90
4.32	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะอินเตอร์เฟส I ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	91
4.33	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส I (ก่อนเรียน)	93
4.34	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส I (หลังเรียน)	94
4.35	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส I ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	95
4.36	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส I (ก่อนเรียน)	97
4.37	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส I (หลังเรียน)	98
4.38	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส I ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	99
4.39	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส I (ก่อนเรียน)	101
4.40	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส I (หลังเรียน)	102

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.41	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส I ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	103
4.42	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส I (ก่อนเรียน)	105
4.43	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส I (หลังเรียน)	106
4.44	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส I ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	107
4.45	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส II (ก่อนเรียน)	109
4.46	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส II (หลังเรียน)	110
4.47	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส II ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	111
4.48	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส II (ก่อนเรียน)	113
4.49	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส II (หลังเรียน)	114
4.50	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส II ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	115
4.51	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส II (ก่อนเรียน)	117
4.52	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส II (หลังเรียน)	118
4.53	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส II ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	119
4.54	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส II (ก่อนเรียน)	121
4.55	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส II (หลังเรียน)	122
4.56	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส II ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	123
4.57	การถ่ายทอดยีนลักษณะคางบุ๋ม (ก่อนเรียน)	125
4.58	การถ่ายทอดยีนลักษณะคางบุ๋ม (หลังเรียน)	127

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.59	เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องโครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)	129
ข.1	ขั้นตอนการทำปฏิบัติการ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส	171
ข.2	Mitosis and Meiosis Simulation	172

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โลกปัจจุบันได้ก้าวเข้าสู่ยุคโลกาภิวัตน์ที่ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ละประเทศจึงจำเป็นต้องเรียนรู้ที่จะปรับตัวให้ทันการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา (ธีรพงษ์ แสงสิทธิ์, 2555) สังคมไทยในปัจจุบันเป็นสังคมที่อยู่ท่ามกลางกระแสโลกาภิวัตน์ที่ไร้พรมแดนทั้งด้านความรู้ เศรษฐกิจ เทคโนโลยีสารสนเทศ การสื่อสาร ศาสนาและวัฒนธรรม เป็นต้น ดังนั้น ทุกคนในชาติต้องได้รับการศึกษาที่ดีมีคุณภาพและมีประสิทธิภาพ เพื่อที่จะเป็นกำลังขับเคลื่อนสังคมไทยให้ก้าวหน้า (เทวฤทธิ์ จันทร์เสริม, 2555; อ้างอิงจาก โฉมทัย อุดมบุญญานุภาพ, 2546)

สังคมในโลกศตวรรษที่ 21 เป็นสังคมที่มีการแข่งขันสูงมากในทางเศรษฐกิจ ประเทศที่มีศักยภาพสูงก็จะแข่งขันเพื่อให้ได้เปรียบประเทศอื่น ๆ ส่วนประเทศที่มีศักยภาพต่ำก็ต้องแข่งขันเพื่อความอยู่รอด และประเทศที่ไม่มีศักยภาพในการแข่งขันก็อาจอยู่ไม่รอด ซึ่งเป็นที่ยอมรับทั่วกันแล้วว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะเป็นวัฒนธรรมใหม่ของสังคมในศตวรรษที่ 21 และจะเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับแข่งขันทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (เทวฤทธิ์ จันทร์เสริม, 2555; อ้างอิงจาก สุนีย์ คล้ายนิล, 2547) ซึ่งการจัดการศึกษาของประเทศไทยนั้นต้องเป็นไปเพื่อมุ่งส่งเสริมผู้เรียนมีคุณธรรม รักความเป็นไทย ให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ สร้างสรรค์ มีทักษะด้านเทคโนโลยี สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมโลกอย่างสันติ (สำนักงานวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551; อ้างอิงจาก ชนกนาถ ชื่นมณี, 2554) ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้ 1) ความสามารถในการสื่อสาร 2) ความสามารถในการคิด 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และ 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (รุ่งฤดี ชนะมาน, 2555)

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคนทั้งในการดำรงชีวิตประจำวัน งานอาชีพต่าง ๆ เครื่องมือเครื่องใช้ ตลอดจนผลผลิตต่าง ๆ ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและในการทำงาน ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ที่ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์ด้านอื่น ๆ ซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดการพัฒนาด้านเทคโนโลยีอย่างมาก แต่ในทางกลับกันเทคโนโลยีก็มีส่วนสำคัญมากที่จะให้มีการศึกษาค้นคว้าความรู้ทาง

วิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง วิทยาศาสตร์ทำให้คนได้พัฒนาทั้งวิธีคิด ความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์และวิจารณ์ พร้อมทั้งมีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ และมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ (Knowledge based-society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy for all) เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และสามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ มีคุณธรรม ความรู้วิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่นำมาใช้ในการ พัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดี แต่ยังช่วยให้คนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ การดูแลรักษา ตลอดจนการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติอย่างสมดุลและยั่งยืน และที่สำคัญอย่างยิ่งคือ ความรู้วิทยาศาสตร์ ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจสามารถแข่งขันกับนานาประเทศ และดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคมโลกได้อย่างมีความสุข (กรมวิชาการ, 2544)

ในกระบวนการของการหาความรู้ ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่บอกว่าการเรียนรู้ไม่ใช่การเติมสมองให้ว่างเปล่าของนักเรียนให้เต็ม หรือไม่ใช่การได้มาซึ่งความคิดใหม่ ๆ ของนักเรียนแต่เป็นการพัฒนาหรือการเปลี่ยนความคิดที่มีอยู่แล้วของนักเรียน การเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เป็นการสร้างการยอมรับความคิดใหม่ ๆ หรือเป็นการจัดโครงสร้างความคิดเดิมที่มีอยู่แล้วใหม่ ทรรศนะเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบนี้เรียกว่าการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ซึ่งตระหนักว่านักเรียนเป็นผู้สร้างความหมายจากประสบการณ์ด้วยตนเอง (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540; อ้างอิงจาก Bell,1993) ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ครูจึงต้องทราบพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียน และความเข้าใจแนวคิดหรือมโนมติหลัก (Concept) ของนักเรียนในเนื้อหาที่เรียนเรื่องนั้น ๆ ซึ่งวิธีการที่จะเข้าใจสิ่งนั้นอาจทำได้หลากหลายวิธี เช่น การทดสอบ การสอบถาม การสัมภาษณ์ การที่ให้นักเรียนสื่อสารสิ่งที่พวกเขาคิดออกมาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเขียนคำอธิบาย การเขียนแผนภาพ การบรรยายด้วยคำพูด การแสดงท่าทาง และการวาดภาพพร้อมคำอธิบาย

จากแนวคิดในธรรมชาติวิทยาศาสตร์และทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้ความเข้าใจของมนุษย์ที่ว่า ความรู้ของมนุษย์นั้นเป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้น และสื่อสารผ่านตัวแทน โดยมีนักปราชญ์พยายามที่จะอธิบายสิ่งที่เป็นตัวแทนภายในจิตใจของมนุษย์ (Mental representation) ซึ่งเป็นสิ่งที่อยู่ระหว่างความคิดพื้นที่ในมโนภาพของเรากับพื้นที่แห่งความเป็นจริงและเป็นเครื่องมือที่ง่ายต่อการอธิบายสำหรับการสื่อสาร (Brewer, 1999) ความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเพื่อจะให้เหตุผล บรรยาย อธิบาย ทำนายปรากฏการณ์ หรือสร้างแบบจำลองในหลาย ๆ รูปแบบ เพื่อสื่อสารแนวคิดของตนเองกับบุคคลอื่นหรือเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ เรียกว่า รูปแบบการทำความ

เข้าใจ (Mental model) หมายถึง ที่แสดงถึงความเข้าใจของบุคคลนั้น ๆ ที่อาจสื่อออกมาในรูปของการบรรยาย การอธิบาย การวาดรูป การประดิษฐ์ การสร้างวัสดุอุปกรณ์ และอื่น ๆ หรืออะไรก็ได้ที่แสดงถึงความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ ซึ่งรูปแบบการทำความเข้าใจของแต่ละบุคคลอาจไม่เหมือนกัน ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการเรียนรู้และอายุของบุคคลนั้น ๆ (เทวฤทธิ์ จันเสริม และโชคชัย ยืนยง, 2549; อ้างอิงจาก Norman, 1983) ซึ่งในการสร้างสิ่งขึ้นแทนความรู้ (Representation) ของมนุษย์ในลักษณะของความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง ความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ (Declarative Knowledge) (Merrienboer, 1997) นั้นมีลักษณะที่ใช้พิจารณา 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to complex) 2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to general) และ 3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to abstract) (เทวฤทธิ์ จันเสริม, 2555; อ้างอิงจาก สุมาลี ชัยเจริญ, 2549) ซึ่งการศึกษาสิ่งที่แรกว่าตัวแทนความคิดนั้น ก็เพื่อเป็นการทำให้ครูเข้าใจถึงความคิดและความเข้าใจของนักเรียนในเรื่องนั้นอย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น ทั้งสิ่งที่เป็นความรู้เดิมของนักเรียนก่อนจัดการเรียนการสอน และสิ่งที่เป็นความเข้าใจในแนวความคิดหรือมโนมติหลักของนักเรียนที่ได้รับการพัฒนาจากการจัดการเรียนการสอนของครู

จากสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 29 พบว่า การจัดการเรียนการสอนของครูส่วนใหญ่จะทำหน้าที่ให้ความรู้กับผู้เรียนด้วยการสั่งสอน การถ่ายทอดความรู้ หรือการป้อนข้อมูลให้กับผู้เรียนเท่านั้น ทำให้ผู้เรียนขาดโอกาสในการทำกิจกรรมและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างความรู้มากกว่าการรับรู้ความรู้ ผู้เรียนจะสร้างความรู้โดยการลงมือกระทำและเชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีมาก่อนกับข้อมูลข่าวสารใหม่จนสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาได้ หรือกระทั่งเกิดความรู้ (Cognitive constructivism) นั่นเอง (เทวฤทธิ์ จันทร์เสริม, 2555) อีกทั้งการเรียนการสอนแบบนี้ทำให้ผู้เรียนขาดการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งเป็นการปิดกั้นความรู้ของผู้เรียนในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น (Social constructivism) และเมื่อพิจารณาเนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม พบว่าเนื้อหาค่อนข้างยาก ซับซ้อน และเป็นนามธรรม ซึ่งส่งผลให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนได้ง่าย และไม่สามารถสื่อออกมาในรูปของการบรรยาย การอธิบาย การวาดรูป การประดิษฐ์ การสร้างวัสดุอุปกรณ์ และอื่น ๆ หรืออะไรก็ได้ที่แสดงถึงความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ ได้ และสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ผิดแผกแตกต่างไปจากแบบจำลองทางความคิดของนักวิทยาศาสตร์นั้นเป็นผลเนื่องมาจากความเชื่อ ประสบการณ์ ตำราเรียน ภาษา วุฒิภาวะและพัฒนาการด้านสติปัญญาของตัวนักเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และตัวครูผู้สอนมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ (วิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง, 2543) เช่น เรื่องการแบ่งเซลล์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ในรายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีแบบจำลองทางความคิดของนักวิทยาศาสตร์ (สถาบัน

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) โดยสรุปว่า การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส แต่เมื่อสอบถามนักเรียนโรงเรียนมัธยมตระการพืชผล ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียนในเนื้อหานี้มาแล้ว พบว่านักเรียนมีปัญหาและเกิดความสับสน เช่น สับสนเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ลำดับขั้นตอนของกระบวนการแบ่งเซลล์ เป็นต้น และมีแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแตกต่างไปจากแบบจำลองทางความคิดของนักวิทยาศาสตร์

ทำให้ผู้วิจัยสนใจและต้องการที่จะศึกษาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนและแก้ไขแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ผิดแผกแตกต่างไปจากแบบจำลองทางความคิดของนักวิทยาศาสตร์ต่อไป โดยจะทำการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนจากการวาดภาพ เนื่องจากการวาดภาพเป็นกระบวนการที่นักเรียนได้แสดงความคิดของตนเองออกมา ทำให้เข้าใจความคิดของนักเรียน นักเรียนสามารถนำเสนอความคิดที่หลากหลายและเป็นความคิดอิสระผ่านการวาดภาพ การวาดภาพจึงเป็นการให้นักเรียนได้แสดงความคิดของตนเองได้อย่างเต็มที่และสร้างสรรค์ (Musa Dikmenli, 2010 อ้างถึงใน Renine and Jarvis, 1995) ในด้านวิทยาศาสตร์การศึกษา มีการใช้การวาดภาพเพื่อศึกษาความเข้าใจหรือแนวคิดของนักเรียนอย่างกว้างขวาง (Musa Dikmenli, 2010; อ้างอิงจาก Ben-Zvi Assaraf and Orion, 2005) อย่างเช่นงานวิจัยของ Sacit Kose (2008) ได้ศึกษาเกี่ยวกับมโนมติที่คลาดเคลื่อนเรื่องกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และกระบวนการหายใจของพืชของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยปามุคคาเล โดยใช้วิธีการวาดภาพ การวาดภาพจึงเป็นวิธีการสำรวจแนวความคิดที่ให้นักเรียนได้แสดงความคิดอย่างอิสระ ไม่ได้มาจากความรู้สึกที่ถูกจำกัดเพื่อพยายามที่จะตอบคำถามในขอบเขตที่ผู้วิจัยกำหนด (Musa Dikmenli, 2010; อ้างอิงจาก White and Gunstone, 2000)

จากความสำคัญดังกล่าวผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม พร้อมทั้งวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และการศึกษาครั้งนี้จะเป็นพื้นฐานให้ผู้เรียนเข้าใจในเรื่องกระบวนการสืบพันธุ์ การเจริญเติบโต และพันธุศาสตร์ต่อไปด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

1.2.2 เพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

1.2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 12 ห้อง รวม 450 คน

1.4.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/11 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 36 คน ที่ได้มาโดยการเลือกสุ่มแบบกลุ่ม

1.4.3 เนื้อหาที่ทำการศึกษาเป็นเนื้อหาในรายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน รหัสวิชา ว31103 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่

1.4.3.1 ลักษณะทางพันธุกรรม

1.4.3.2 โครโมโซมและสารพันธุกรรม

1.4.3.3 การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์

1.4.3.4 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส

1.4.3.5 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซีส

1.4.3.6 โครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

1.4.4 ตัวแปรที่ศึกษา แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.4.4.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

1.4.4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

2) แบบจำลองทางความคิดหลัง เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

3) ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

1.4.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1.4.5.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น รายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม จำนวน 7 แผน ใช้เวลาในการสอน 12 ชั่วโมง

1.4.5.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

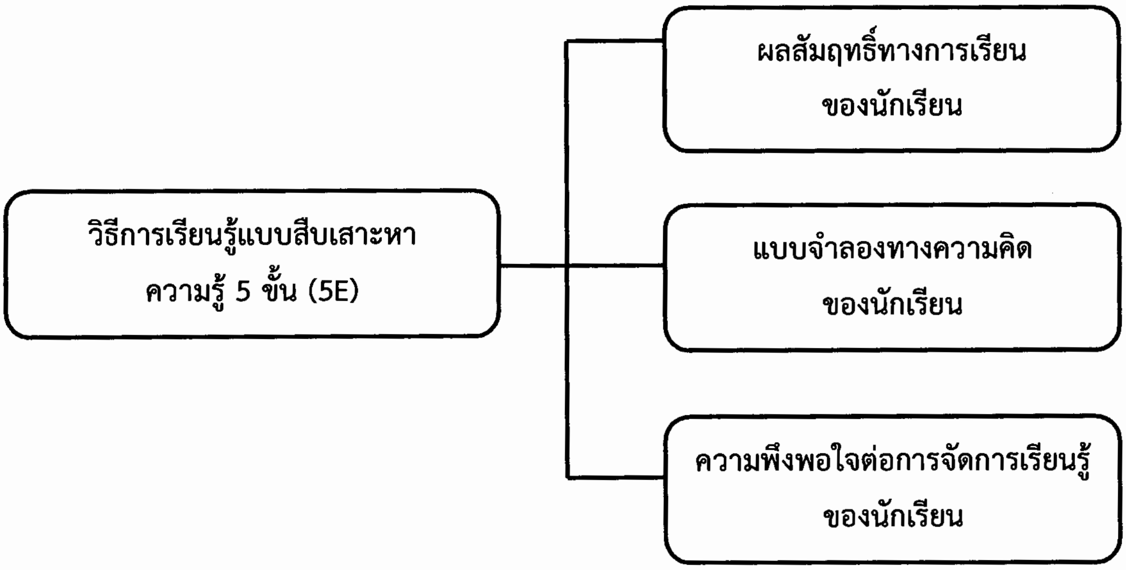
1.4.5.3 แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิดแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ

1.4.5.4 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านผู้สอน ด้านการออกแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ และด้านการออกแบบแบบจำลองความคิด จำนวน 11 ข้อ

1.4.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ดำเนินการภายในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558

1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทบทวนเอกสารทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มารวบรวมเป็นกรอบแนวคิดของงานวิจัยดังแผนภาพที่ 1 ต่อไปนี้



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัยโดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น หมายถึง การดำเนินการเรียนการสอนโดยที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาหรือค้นหาคำตอบ ทำให้เกิดความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ ซึ่งมีรูปแบบการจัดกิจกรรม 5 ขั้น ดังนี้ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation)

1.6.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเทียบกับเกณฑ์ 70% ของคะแนนเต็ม

1.6.3 แบบจำลองทางความคิด หมายถึง แบบจำลองความรู้ ความคิดของผู้เรียนที่แสดงออกมาในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง เช่น วัตถุทางกายภาพ สิ่งที่เป็นรูปธรรม แบบตัวอย่าง คำอธิบาย แผนภาพ รูปภาพ หรือสมการเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยประยุกต์จากการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดของ Chi and Roscoe (2002) ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

1.6.3.1 แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct Mental Models: CMM) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง และอธิบาย เหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

1.6.3.2 แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete Correct Mental Models: ICMM) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้องและอธิบายเหตุผลถูกต้อง สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

1.6.3.3 แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete Flawed Mental Models: CFMM) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือวาดภาพไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

1.6.3.4 แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed Mental Models: FMM) หมายถึง นักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

1.6.3.5 แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent Mental Model: IMM) หมายถึง นักเรียนวาดภาพและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อคำถาม หรือเขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล

1.6.3.6 ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No Response: NR) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือเขียนข้อความแต่ไม่วาดภาพ หรือวาดภาพแต่ไม่เขียนข้อความ

โดยใช้การสัมภาษณ์ในประเด็นคำถามที่ให้นักเรียนอธิบายความคิดของตนเองให้กระจ่างขึ้นเท่านั้น ซึ่งจะให้อิสระในการตอบคำถามแก่นักเรียน และผู้สัมภาษณ์ไม่ต้องตัดสินถูกหรือผิด เพียงแต่ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความเข้าใจความคิดของตนเองอย่างชัดเจนที่สุด

1.6.4 ความพึงพอใจ หมายถึง ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านผู้สอน ด้านการออกแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ และด้านการออกแบบแบบจำลองความคิด โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาเพื่อสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 11 ข้อ เป็นแบบเลือกตอบตามระดับความพึงพอใจ ตามแบบประเมินค่า (Rating scale) ของ Likert มี 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การแปลค่าความหมายคะแนนแบบวัด ดังนี้

4.51 - 5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

3.51 - 4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

2.51 - 3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

1.51 - 2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

1.00 - 1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 เป็นข้อมูลด้านแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนสำหรับครูผู้สอนรายวิชาชีววิทยาในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าในเกี่ยวกับเนื้อหาชีววิทยามากขึ้น

1.7.2 เป็นแนวทางของครูผู้สอนในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ในเนื้อหาอื่น ๆ ของรายวิชาวิทยาศาสตร์ต่อไป

1.7.3 เป็นข้อมูลและแนวทางสำหรับผู้ที่จะทำงานวิจัยทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ต่อไป

บทที่ 2
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ศึกษาแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ผู้วิจัยได้ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นต่างๆ แล้วนำมาสรุป เรียบเรียง และนำเสนอเป็นลำดับดังนี้

2.1 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

2.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.4 แบบจำลองทางความคิด

2.5 ความพึงพอใจ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism Theory)

จากการศึกษาความหมายของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มีนักการศึกษาหรือนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

ไพจิตร สะดวกการ (2539; อ้างอิงจาก Von Glasersfeld, 1991) กล่าวว่า ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์อธิบายเกี่ยวกับความหมายของความรู้ (Knowledge) ว่า เป็นผลของความพยายามทางปัญญาของมนุษย์ในการจัดการกับโลกทางประสบการณ์ของตนด้วยตนเอง

น้ำค้าง จันเสริม (2551; อ้างอิงจาก Bell,1993) กล่าวว่า ทรรศนะเกี่ยวกับการเรียนรู้ตามแนว Constructivism เป็นการเรียนรู้ไม่ใช่การเติมสมองที่ว่างเปล่าของนักเรียนให้เต็ม หรือไม่ใช่การได้มาซึ่งความคิดใหม่ ๆ ของนักเรียน แต่เป็นการพัฒนาหรือเปลี่ยนความคิดที่มีอยู่แล้วของนักเรียน การเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เป็นการสร้าง และการยอมรับความคิดใหม่ ๆ หรือเป็นการจัดโครงสร้างทางความคิดเดิมที่มีอยู่แล้วใหม่ ซึ่งจะตระหนักว่านักเรียนเป็นผู้สร้างความคิดมากกว่าการดูดซึมความคิดใหม่ๆ และนักเรียนเป็นผู้สร้างความหมายจากประสบการณ์ด้วยตนเอง

น้ำค้าง จันเสริม (2551; อ้างอิงจาก Cobb, 1994) กล่าวว่า การเรียนรู้ตามแนว Constructivism เป็นกระบวนการที่ไม่หยุดนิ่งอยู่กับที่ในการสร้าง การรวบรวม และการตกแต่งความรู้ ผู้เรียนมีโครงสร้างทางความรู้ที่ไม่ใช่การตีความหมาย และทำนายเหตุการณ์ต่าง ๆ รอบตัวเขา โครงสร้างทาง

ความรู้ของผู้เรียนอาจจะแปลกและแตกต่างจากโครงสร้างทางความรู้ของผู้เชี่ยวชาญ นอกนั้นยังกล่าวถึงทรรศนะทางวัฒนธรรม สังคมของ Constructivism ว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสังคม และเป็นการร่วมมือกันระหว่างผู้สอนและผู้เรียนในการประนีประนอมความหมายที่สร้างขึ้น บุคคลที่แวดล้อม ผู้เรียนมีอิทธิพลต่อความคิดเห็นของผู้เรียน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2541) กล่าวว่า คอนสตรัคติวิสซึม เป็นทฤษฎีที่เน้นการเรียนรู้ด้วยการกระทำของตนเอง โดยให้ผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา โดยผู้เรียนจะต้องพยายามคิดหรือกระทำอย่างไตร่ตรอง จนสามารถนำไปสู่การสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญาที่สามารถคลี่คลายสถานการณ์ที่เป็นปัญหาได้ ซึ่งความรู้ใหม่ที่ได้สามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย เป็นความรู้ที่สร้างด้วยตนเอง

วรรณจรีย์ มังสิงห์ (2541) กล่าวว่า ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม หรือแนวคิดคอนสตรัคติวิสซึม เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้โดยนักจิตวิทยาการเรียนรู้กลุ่ม constructivist เชื่อว่า ความรู้ไม่ได้มาจากการค้นพบที่มีอยู่แล้ว แต่ความรู้เป็นสิ่งที่มนุษย์กำหนดขึ้น ดังนั้นการรับรู้ของมนุษย์จึงถูกกำหนดโดยความรู้เดิม ความเชื่อ ทฤษฎี และความคาดหวังของแต่ละบุคคล การทำความเข้าใจต่อเหตุการณ์หนึ่งๆ จึงไม่ได้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์นั้นเพียงสถานการณ์เดียว แต่ยังอยู่กับการแปลความหมายของสถานการณ์ของบุคคลนั้น ๆ ด้วย

สุมาลี ชัยเจริญ (2545) กล่าวว่า คอนสตัคติวิสซึม เป็นทฤษฎีของความรู้ที่มีรากฐานมาจากปรัชญาจิตวิทยา และการศึกษาเกี่ยวกับการสื่อความหมายและการควบคุมกระบวนการสื่อความหมายในตัวคน ทฤษฎีของความรู้นี้อ้างถึงหลักการ 2 ข้อ คือ 1) ความรู้ไม่ได้เกิดจากการรับรู้เพียงอย่างเดียว แต่เป็นการสร้างขึ้นโดยที่มีความรู้ความเข้าใจ 2) หน้าที่ของการรับรู้ การปรับตัวและการประมวลประสบการณ์ทั้งหมด แต่ไม่ใช่เพื่อการค้นพบสิ่งที่เป็นจริง ซึ่งถ้านำหลักการทั้งสองนี้ไปใช้จะมีผลเกิดขึ้นตามมาแผ่กว้างในการศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาและการเรียนรู้

ณราภรณ์ บุญกิจ (2553) กล่าวว่า การเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ เป็นการสร้างตัวแทน (Representation) ใหม่ของความจริง โดยคนเป็นผู้สร้าง เป็นการจัดโครงสร้างของความคิดที่มีอยู่แล้วใหม่ เกิดจากการลงมือกระทำ มีกระบวนการแลกเปลี่ยนความคิดที่หลากหลาย เป็นการร่วมมือกันระหว่างผู้สอนและผู้เรียนในการประนีประนอมความหมายที่สร้างขึ้น บุคคลที่แวดล้อมผู้เรียนภาษาและวัฒนธรรม เป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน

สรุปว่า ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึมเป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ โดยอาศัยพื้นฐานทางจิตวิทยา ปรัชญา และมานุษยวิทยา ว่าความรู้คืออะไรและได้ความรู้มาอย่างไร และเป็นแนวคิดในการจัดการศึกษาแนวหนึ่งที่เน้นตรงการสร้างความรู้ใหม่โดยผู้เรียนต้องสร้างความรู้ใหม่นั้นด้วยตนเอง ด้วยการเชื่อมประสบการณ์ที่มีอยู่แล้วกับความรู้ใหม่ ซึ่งอาศัยบรรยากาศที่เหมาะสม การทำงานร่วมกันและการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน

2.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

2.2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

นักการศึกษาได้เรียกวิธีสอนแบบ Inquiry หลายชื่อแตกต่างกันไป เช่น การสอบแบบสืบสวนสอบสวน การสอบแบบสอบสวน การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอบแบบสืบเสาะ การสอนแบบสืบค้น การสอนให้นักเรียนค้นหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางความคิด การสอนแบบค้นพบ การสอนแบบแก้ปัญหา การสอนแบบสืบเรื่องราว การสอนแบบสืบสอบ เป็นต้น (จริยา จำปาหอม, 2555) ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ คำว่า “การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry Cycle)” ซึ่งได้มีผู้ให้ความหมายไว้ ดังนี้

ฐาปนีย์ อัยวรรณ (2555; อ้างอิงจาก ทิศนา แขมมณี 2551; เบญจมาศ เกตุแก้ว, 2545; ปิยรัตน์ คัญทัพ, 2545; พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2544) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดในการแสวงหาความรู้ หรือสร้างความรู้ใหม่ ๆ ได้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น

จริยา จำปาหอม (2555; อ้างอิงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548) กล่าวว่า การสอบแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผสมผสานระหว่างการใช้กระบวนการคิดและทักษะต่าง ๆ เพื่อที่จะแก้ปัญหาหรือค้นหาคำตอบ ทำให้เกิดความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

จากความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น หมายถึง การดำเนินการเรียนการสอนโดยที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาหรือค้นหาคำตอบ ทำให้เกิดความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

2.2.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548; อ้างอิงจาก Biological Sciences Curriculum Study, 1997) กล่าวว่าการเรียนรู้เป็นวัฏจักร เนื่องจากความรู้ใหม่จะอยู่บนพื้นฐานของความรู้เดิม วัฏจักรการเรียนรู้เป็นวิธีการของการสร้างบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม โดยพบว่า วัฏจักรการเรียนรู้ที่เป็นแบบแผนแรกนั้นคิดค้นขึ้นมาโดย Atkinand Karplus ซึ่งเรียกว่า 3-phase model ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ 3 ขั้น คือ การสำรวจ (Exploration) การพัฒนาความคิด (Concept development) และการประยุกต์

(Application) ต่อมา มาร์ติน เซ็กตันและเกอร์โลวิช (Matin Sexton and Gerlovich) ได้เสนอรูปแบบของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4E ประกอบด้วยขั้นต่าง ๆ 4 ขั้น คือ การสำรวจ (Exploration) การอธิบาย (Explanation) การขยายความ(Expansion) และการประเมินผล (Evaluation) จนกระทั่งต่อมา Roger Bybee นักพัฒนาหลักสูตรจากหน่วยงานซึ่งเกี่ยวข้องกับการศึกษาและการจัดทำหลักสูตรชีววิทยา (Biological Sciences Curriculum Study) หรือที่รู้จักกันในนาม BSCS ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้เสนอรูปแบบของวัฏจักรการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ขึ้นมา ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ของการเรียนรู้ รวม 5 ขั้น หรือที่เรียกว่า วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น หรือ 5E ซึ่งประกอบด้วย 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป(Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) ซึ่งได้รับความนิยมกันแพร่ หลายในปัจจุบัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) มีรูปแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษา ครูไม่ควรบังคับให้นักเรียนสนใจในเรื่องที่ครูกำลังสนใจ หรือเป็นเรื่องที่จะใช้ในการศึกษา

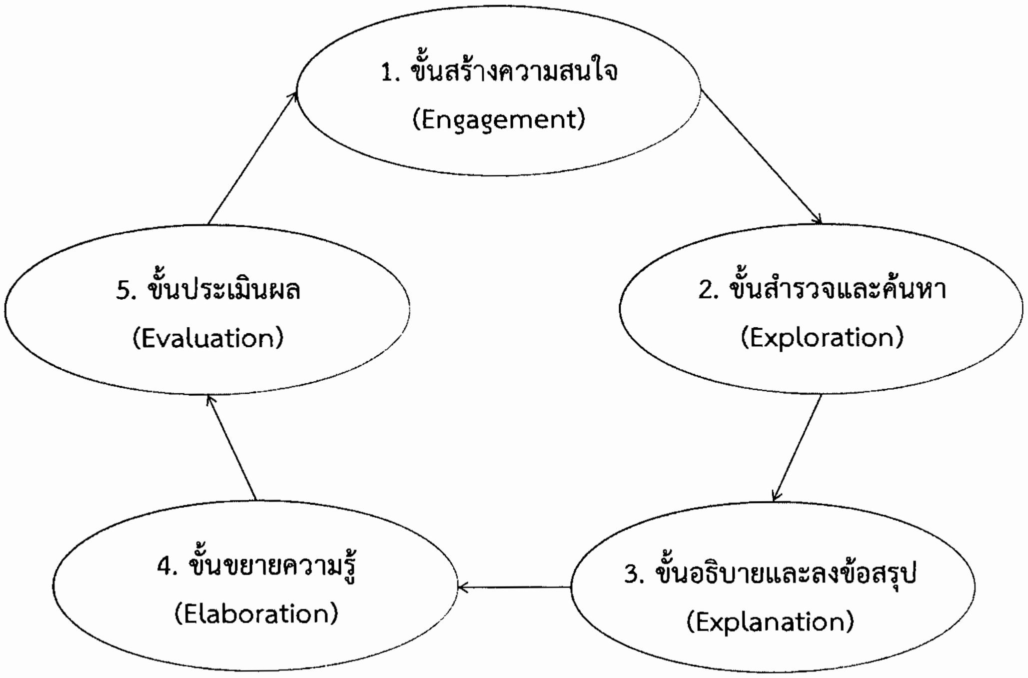
(2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นตอนต่อไป

(3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป รูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นตอนนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ หรือเกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ แต่ผลที่เกิดในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้ และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

(4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่ได้สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจาลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขึ้น

(5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนาความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมทั้ง 5 ขั้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสรุปเป็นแผนภาพแสดงวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ได้ ดังนี้



ภาพที่ 2.1 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)

สมบัติ การจนารักพงศ์ (2549) รูปแบบการจัดกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ มีขั้นตอนในการจัดกิจกรรม ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Engagment) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นของการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษาในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจ เป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจง

รายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวม ความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการตรวจสอบอย่างหลากหลาย

ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ในการสำรวจ นักเรียนสำรวจและค้นหาในเนื้อหาและสร้างแนวความคิดที่ได้มาจากประสบการณ์ของนักเรียนเอง และกำหนดปรากฏการณ์ที่ได้จากการสำรวจโดยการสร้างเป็นคำพูดของตนเอง ผู้เรียนมีเวลาที่จะพูดคุยกับนักเรียนคนอื่น ๆ จากนั้นนักเรียนก็สร้างองค์ความรู้ และทำความเข้าใจด้วยตนเอง และในขณะเดียวกันก็ทำตามความเข้าใจเรื่องของคนอื่นด้วย เมื่อนักเรียนกำหนดปัญหาที่จะสำรวจตรวจสอบได้แล้ว ครูมีหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหา และนักเรียนดำเนินการสำรวจตรวจสอบสืบค้นและรวบรวมข้อมูลโดยการวางแผนสำรวจตรวจสอบลงมือปฏิบัติวิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น การทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป (Explaination) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่ได้จากการสำรวจค้นคว้า ซึ่งผู้เรียนได้ดำเนินการมาแล้ว นักเรียนจะสามารถกำหนดแนวคิดรวบยอดตามแนวเข้าใจของนักเรียนเอง โดยผ่านประสบการณ์และความรู้เดิมของนักเรียนที่มีอยู่ และสามารถประมวลเป็นความรู้เพื่อถ่ายทอดและสื่อสารไปยังผู้อื่นได้ เมื่อได้ข้อมูลจากการสำรวจ ตรวจสอบ สืบค้นข้อมูลแล้ว ขั้นตอนนี้ครูมีหน้าที่ส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อมูลมาวิเคราะห์ จัดกระทำข้อมูลในรูปตาราง กราฟ แผนภาพเป็นต้นให้เห็นแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุปผลและอภิปรายผลการทดลองโดยอ้างอิงหลักการและวิชาการประกอบอย่างเป็นเหตุเป็นผล มีการอ้างอิงหลักฐานชัดเจนแล้วนำเสนอผลงาน ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ ครูมีหน้าที่จัดกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดด้วยตัวเอง ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน เหตุผลประกอบการอธิบาย

ขั้นที่ 4 การขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นตอนนี้นักเรียนมีโอกาสในการประยุกต์ใช้แนวความคิดรวบยอดนำไปสู่การค้นหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่ละเอียดและระดับลึกลงไปนักเรียนสามารถค้นคว้ารายละเอียดในสิ่งที่ต้องการศึกษาและสำรวจตรวจสอบได้มากขึ้น ตลอดจนมีการใช้ทักษะต่าง ๆ และมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่น ขั้นนี้นักเรียนควรได้รับความรู้ความเข้าใจและแนวความคิดรวบยอดที่ลึกลงไป เพื่อให้ความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นเองจากการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเองสมบูรณ์ชัดเจนและลึกซึ้งยิ่งขึ้น ครูควรจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนมีความรู้ลึกซึ่งยิ่งขึ้น ขยายรอบความคิดให้กว้างยิ่งขึ้น เชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่นำไปสู่การศึกษาค้นคว้าเพิ่มขึ้น หรือให้ค้นคว้าเพิ่มเติมในประเด็นที่นักเรียนสนใจ

ขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นสำคัญ เนื่องจากนักเรียนที่จะได้รับผลสะท้อนย้อนกลับ (Feedback) จากประสบการณ์และความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนยังคงพัฒนาแนวความคิดรวบยอดและความเข้าใจต่อเนื่อง นักเรียนจะประเมินความเข้าใจของตนเองจากแนวความคิดที่เป็นกุญแจสำคัญและการพัฒนาของทักษะพื้นฐานที่จำเป็นส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ หรือนำไปประยุกต์ใช้ นอกจากนี้ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีโอกาสตรวจสอบซึ่งกันและกันโดยการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่ได้จากการวิเคราะห์ผลการสำรวจตรวจสอบ

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น สามารถสรุปได้ว่าเป็นรูปแบบการจัดกิจกรรมที่ยึดผู้เรียนเป็นความสำคัญ โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ และค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยครั้งผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามรูปแบบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยได้ดำเนินการสอนตามขั้นตอนทั้ง 5 ขั้น ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น หรือเรียกย่อว่า 5E ประกอบด้วย 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation)

2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จิรากุล พิพัฒนตันติศักดิ์ (2546; อ้างอิงจาก Husen and Postlethwaite, 1985) ได้ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นผลสะท้อนของความรอบรู้และการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างที่ทักษะและความรู้กำลังพัฒนา

พัฒนาพงษ์ สีกา (2551; อ้างอิงจาก Eysenck, Arnold and Meili, 1972) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการเรียนโดยอาศัยความสามารถเฉพาะตัวของบุคคล โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจได้จากการทดสอบ เช่น การสังเกต หรือการตรวจการบ้าน หรือเกรดของการเรียน ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการที่ซับซ้อนและระยะเวลา หรืออาจวัดด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน

ปราณี กองจินดา (2549) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถหรือผลสำเร็จที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์

เรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย และยังได้จำแนกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ตามลักษณะของวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน

อารีรัตน์ ศิริ (2552; อ้างอิงจาก ภูมิใจ ลำพงษ์เหนือ, 2547; นรินทร์ ศรีวิชัย, 2550; มะลิวัลย์ ม่วงคุณ, 2550) ได้ให้ความหมายว่า ความสามารถของบุคคลที่เกิดจากการเรียนการสอนทั้งด้านความรู้ ทักษะ ความสามารถในด้านต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับการฝึกอบรมหรือการสอน ระดับความรู้ในการทำกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งที่เกิดจากการเรียนการสอน และมีการวัดและประเมินตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ความสำเร็จในด้านความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพด้านต่าง ๆ ของสมองหรือประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน การฝึกฝน หรือประสบการณ์ต่าง ๆ ของแต่ละบุคคล สามารถวัดได้โดยการทดสอบด้วยวิธีต่าง ๆ

ขนิษฐา บุญภักดี (2552) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอน อาจได้มาจากกระบวนการที่ไม่ต้องอาศัยการทดสอบ เช่น การสังเกต และจากการใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป

พิมพ์ประภา อรัญมิตร (2552) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและความรู้ความสามารถที่แสดงถึงความสำเร็จที่ได้จากการเรียนการสอนในวิชาต่าง ๆ ซึ่งสามารถวัดเป็นคะแนนได้จากแบบทดสอบทางภาคทฤษฎีหรือภาคปฏิบัติหรือทั้งสองอย่าง

วุฒิชัย ดานะ (2553) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ระดับความรู้ความสามารถและทักษะที่ได้รับและพัฒนามาจากการเรียนการสอนวิชาต่าง ๆ โดยอาศัยเครื่องมือในการวัดผลหลังจากการเรียนหรือจากการฝึกอบรม

จากความหมายข้างต้นพอสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในวิชาต่าง ๆ สามารถวัดได้โดยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่จะทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและมีการแสดงออกมาทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

2.3.2 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมพร เชื้อพันธ์ (2547) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบหรือชุดของข้อสอบที่ใช้วัดความสำเร็จหรือความสามารถในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนว่าผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้เพียงใด

สุพัชชา ประเสริฐ (2552; อ้างอิงจาก สมนึก ภัททิยธนี, 2546; วิไล ทองแผ่, 2547; ธงชัย ช่อพฤกษา, 2548) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านมาแล้ว เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ความสามารถวิชาการของผู้เรียนที่เกิดจากประสบการณ์การเรียนรู้ และเป็นแบบทดสอบวัดความรู้ ทักษะ และ

ความสามารถทางวิชาการ ซึ่งเป็นพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจะเกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนว่าบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้เพียงใด

จากความหมายข้างต้นพอสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบหรือชุดของข้อสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ ความสามารถทางวิชาการ และสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านมาแล้ว ซึ่งเป็นพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจะเกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนว่าบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้เพียงใด ซึ่งจะเป็นเครื่องบ่งชี้ว่าการเรียนการสอนประสบความสำเร็จหรือไม่ อย่างไร

2.3.3 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สุพัชชา ประเสริฐ (2552; อ้างอิงจาก วิไล ทองแผ่, 2547) แบ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.3.3.1 แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (teacher made test) เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้กันโดยทั่วไปในสถานศึกษา เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์หรือความสามารถทางวิชาการของผู้เรียนที่ได้เรียนรู้ในแต่ละรายวิชา แบบทดสอบประเภทนี้มักสร้างขึ้นใช้เฉพาะเป็นครั้งคราว เมื่อสอบเสร็จมักจะทิ้งไป จะสอบใหม่ก็สร้างขึ้นมาใหม่ หรือปรับปรุงจากแบบทดสอบชุดเดิม ไม่ได้วิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบเพื่อจัดเก็บไว้ใช้ต่อไป ซึ่งถ้าหากมีการหาคุณภาพของข้อสอบและปรับปรุงแก้ไขก็จะช่วยให้ได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพ และนำไปใช้ประโยชน์ได้คุ้มค่ายิ่งขึ้น แบบทดสอบประเภทนี้ยังแบ่งได้อีก 2 ชนิด คือ

1) แบบทดสอบความเรียง เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้แล้วผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติได้อย่างเต็มที่

2) แบบทดสอบแบบปรนัย หรือแบบให้ตอบสั้น ๆ เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้เขียนตอบสั้นๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ความคิดได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบความเรียง แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2.3.3.2 แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่ว ๆ ไป ซึ่งสร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญด้วยกระบวนการ หรือวิธีการที่เป็นระบบ และใช้เวลามากกว่าแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพ มีมาตรฐานสามารถนำไปวัดได้อย่างกว้างขวาง แบบทดสอบประเภทนี้ถือว่ามีความเป็นมาตรฐานอยู่ 2 ประการ คือ มาตรฐานในการดำเนินการสอบ ซึ่งไม่ว่าผู้ใดจะใช้แบบทดสอบมาตรฐานเมื่อใดก็ตาม การดำเนินการสอบจะปฏิบัติเหมือนกันทุกขั้นตอน และมาตรฐานในการแปลความหมายคะแนนได้ตรงกันว่า ใครเก่ง อ่อน เพียงไร โดยมีเกณฑ์ปกติ (Norm) สำหรับเปรียบเทียบคะแนนให้มีมาตรฐานเดียวกัน

2.3.4 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วนิดา ดีแป้น (2553) กล่าวว่า หลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ การพยายามที่จะจัดให้ได้ตรงตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนและตรงตามเนื้อหาสาระที่ครูจัดการเรียนการสอน ดังนั้น การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงต้องมุ่งที่จะทำความเข้าใจจุดมุ่งหมายของหลักสูตรระดับต่าง ๆ การจัดการศึกษาตลอดจนการเรียนการสอน เทคนิควิธี การวัดและประเมินการจัดการเรียนการสอนของครู ซึ่งการวัดและการประเมินผลการเรียน คือ กระบวนการตรวจสอบนักเรียนว่าได้พัฒนาไปถึงจุดหมายปลายทางของหลักสูตรและมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์หรือไม่ รวมทั้งเป็นสิ่งที่ทำให้ทราบว่านักเรียนเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่การวัดและการประเมินผลการเรียนมีจุดประสงค์ดังต่อไปนี้ คือ การจัดตำแหน่งเป็นการศึกษาว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้หรือทักษะเพียงพอหรือไม่ ซึ่งจะทำให้ทราบจุดเด่นจุดด้อยของนักเรียนเปรียบเทียบความสามารถเด็กเป็นการประเมินพัฒนาการของเด็ก แล้วนำไปทำนายเพื่อเป็นการแนะแนวทางในการประกอบอาชีพหรือศึกษาต่อ นำไปประเมินค่าซึ่งจะทำเมื่อการสอนสิ้นสุดลง

กระบวนการเรียนรู้จะบรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้ย่อมขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การเรียนรู้เป็นสำคัญ เช่นเดียวกันกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดพุทธิพิสัยของบลูมและคณะปรับปรุงใหม่ (Bloom’s revised taxonomy) ที่ได้รับการยอมรับและมีการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง โดยมี 6 ลำดับขั้น ดังนี้ (วิภาวดี นวลพัด, 2555)

2.3.4.1 จำ (Remember) หมายถึง ความสามารถในการระลึกได้ แสดงรายการได้ บอกได้ ระบุชื่อ บอกชื่อได้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถบอกความหมายของทฤษฎีได้

2.3.4.2 เข้าใจ (Understand) หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมาย ยกตัวอย่าง สรุป อ้างอิง ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดของทฤษฎีได้

2.3.4.3 ประยุกต์ใช้ (Apply) หมายถึง ความสามารถในการนำไปใช้ ประยุกต์ใช้ แก้ไขปัญหา ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหาได้

2.3.4.4 วิเคราะห์ (Analyze) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ อธิบายลักษณะการจัดการ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างระหว่าง 2 ทฤษฎีได้

2.3.4.5 ประเมินค่า (Evaluate) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบ วิจารณ์ ตัดสิน ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถตัดสินคุณค่าของทฤษฎีได้

2.3.4.6 สร้างสรรค์ (Create) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ วางแผน ผลิต ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถนำเสนอทฤษฎีใหม่ที่แตกต่างไปจากทฤษฎีเดิมได้

ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของบลูม ครูสามารถนำไปใช้ในการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ การวางแผนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และประเมินผลการเรียนรู้ได้อย่างชัดเจน

2.4 แบบจำลองทางความคิด (Mental Model)

2.4.1 ความหมายของแบบจำลองทางความคิด

มีนักการศึกษาบางท่านกล่าวไว้ว่า แบบจำลองทางความคิด หมายถึง สิ่งที่แสดงถึงความเข้าใจของแต่ละบุคคลที่อาจสื่อออกมาในรูปของการบรรยาย การอธิบาย การวาดรูป การประดิษฐ์ การสร้างวัสดุอุปกรณ์ และอื่น ๆ หรืออะไรก็ได้ที่แสดงถึงความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ ซึ่ง Mental model ของแต่ละบุคคลไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการเรียนรู้และอายุของบุคคลนั้น ๆ สามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ Physical และ Conceptual ในส่วนของ Physical คือ โมเดลที่แสดงออกในทางกายภาพ ส่วน Conceptual คือ การสร้างโมเดลที่เป็นนามธรรม (Norman, 1983 อ้างถึงใน เทวฤทธิ์ จันเสริม และโชคชัย ยืนยง, 2549) แต่อย่างไรก็ตามจะพบว่ามีนักการศึกษาจำนวนหนึ่งที่ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

ขวัญชนก กัญทาทอง (2553; อ้างอิงจาก Brewer,1999) กล่าวว่า ตัวแทนความคิด (Mental Representation) สามารถที่จะอธิบายความรู้เกี่ยวกับความคิดมนุษย์ที่จะสร้างการแสดงออกจินตภาพของโลก ตัวแทนความเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่แสดงออกมาอาจเป็นวัตถุทางกายภาพ สิ่งที่เป็นรูปธรรม ระบบ แบบตัวอย่าง แผนภาพ รูปภาพ หรือสมการ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาตินอกจากนี้รวมถึงการจาลองภาพแห่งความจริงมาสู่รูปการคงสภาพแทน เช่น แผนที่หุ่นทดลองวิทยาศาสตร์ ฯลฯ ความเป็นตัวแทนความคิดจึงน่าจะอยู่ระหว่างความคิด พื้นที่ในมโนภาพเรา กับ พื้นที่แห่งความเป็นจริง และเป็นเครื่องมือที่ง่ายต่อการอธิบายสำหรับการสื่อสาร

สุชาติ วัฒนชัย (2547; อ้างอิงจาก Frederiken, White and Gutwill, 1999; Jonassen and Henning, 1999) กล่าวว่า Mental Model หมายถึง สิ่งที่สร้างแทนความรู้ในความจำขณะทำงานที่สามารถดำเนินการโดยผู้เรียนในการทำความเข้าใจระบบแก้ปัญหา หรือคาดการณ์หรือทำนายเหตุการณ์ต่าง ๆ โดย Mental models สามารถแยกเป็นส่วน ๆ และผู้เรียนสามารถพัฒนาไม่ว่าจะเป็น Mental models ที่ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง อย่างไรก็ตามความคิดที่มีต่อ Mental models แตกต่างกัน นักจิตวิทยาบางท่านกล่าวว่า “ภาพภายในสมองเป็น Mental models” นักจิตวิทยาท่านอื่น ๆ กล่าวว่า สิ่งที่สร้างขึ้นแทนความรู้ (Representation) สามรถดาเนินการโดยผู้เรียนกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงเป็นโครงสร้างภายในสมองที่เปลี่ยนจากความจาระยะสั้นไปสู่ความจาระยะยาว

รุ่งฤดี ชนะมาน(2555; อ้างอิงจาก Prain (2009) กล่าวว่า สิ่งที่เป็นตัวแทน (Representation) คือสิ่งที่สื่อสารออกมาในรูปแบบต่าง เช่น การเขียนคำอธิบาย การเขียนแผนภาพ การบรรยายด้วยคำพูดการแสดงท่าทาง และการวาดภาพพร้อมคำอธิบายนั้น แทนความรู้ความคิด

สุมาลี ชัยเจริญ (2551) กล่าวว่า เมนทอลโมเดล (Mental models) เป็นสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทำความเข้าใจสิ่งที่เรียน

อิศรา ก้านจักร (2552) กล่าวว่า เมนทอลโมเดล (Mental models) เป็นสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นแทนความรู้ภายในสมอง (Mental representation) เพื่อใช้ในการทำความเข้าใจเรื่องที่เรียน และเป็นสิ่งที่สร้างความเชื่อมโยงระหว่างวัตถุหรือเหตุการณ์ที่แท้จริงกับความเป็นนามธรรม (Abstract)

ขวัญชนก กัญทาทอง (2553) กล่าวว่า ตัวแทนความคิด คือสิ่งที่มนุษย์ใช้เป็นตัวแทนเพื่อสื่อสารหรือแสดงออกถึงความคิดความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ เป็นตัวแทนของความคิดซึ่งเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมขึ้นมา ซึ่งอาจแสดงออกมาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเขียนคำอธิบาย แผนภาพ รูปภาพ การแสดงท่าทาง การทำแบบจำลอง ฯลฯ

ณราภรณ์ บุญกิจ (2553) กล่าวว่า ตัวแทนความคิด คือแบบจำลองความรู้ ความคิดของผู้เรียนที่สร้างขึ้นด้วยตนเอง อาจแสดงออกมาเป็นวัตถุทางกายภาพสิ่งที่เป็นรูปธรรม แบบตัวอย่าง คำอธิบาย แผนภาพ หรือสมการเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ

สงกรานต์ มูลศรีแก้ว (2553) กล่าวว่า เมนทอลโมเดล (Mental models) เป็นสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นแทนความรู้ภายในสมอง (Mental representation) และแสดงออกมาตามจิตสำนึก อาจสื่อออกมาในรูปของการบรรยาย การวาดภาพ การประดิษฐ์ การสร้างวัสดุอุปกรณ์ และอื่น ๆ เพื่อใช้ทำความเ ข้าใจเรื่องที่เรียน

กล่าวโดยสรุป แบบจำลองทางความคิด (Mental model) คือ แบบจำลองความรู้ความคิดของผู้เรียนที่เกิดขึ้นภายในสมองของนักเรียนแต่ละคน ซึ่งแสดงออกมาเพื่อใช้ทำความเข้าใจในเรื่องที่เรียน อาจสื่อออกมาเป็นวัตถุทางกายภาพสิ่งที่เป็นรูปธรรม แบบจำลอง แบบตัวอย่าง การบรรยาย คำอธิบาย แผนภาพ รูปภาพ การวาดภาพ การประดิษฐ์ การสร้างวัสดุอุปกรณ์ แผนผัง สมการเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือการแสดงกิริยาท่าทางต่าง ๆ ที่สะท้อนถึงกระบวนการทำงานทางสติปัญญา

2.4.2 ประเภทของแบบจำลองทางความคิด

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556; อ้างอิงจาก Johnson-Laird, 1983; Boulter and Buckley, 2000; Coll, 1999; Park, 2006) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองทางความคิด ในการจำแนกแบบจำลองทางความคิดต่างกัน ดังต่อไปนี้

(1) แบบจำลองทางความคิดออกเป็นแบบจำลองทางความคิดทางกายภาพ (Physical mental model) ซึ่งจะแสดงลักษณะการสร้างความคิดในสิ่งที่เป็นกายภาพและเป็นรูปธรรม ส่วนแบบจำลองทางความคิดเชิงแนวคิด (Conceptual mental model) จะแสดงลักษณะการสร้างความคิดเกี่ยวกับแนวคิด มีลักษณะเป็นแบบจำลองที่เป็นนามธรรม

(2) แบบจำลองทางความคิดตามขั้นตอนของการเป็นตัวแทน มี 2 ประเภท คือ แบบจำลองทางความคิดภายใน (Internal model) และแบบจำลองทางความคิดภายนอกหรือ

แบบจำลองแสดงออก (Expressed model or external model) เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม สัญลักษณ์ ภาพ ลักษณะท่าทาง และคำพูด เป็นต้น

(3) แบบจำลองทางความคิดโดยใช้ผู้สร้างเป็นเกณฑ์ ดังนี้ แบบจำลองทางความคิดของนักวิทยาศาสตร์ (Scientist's model) แบบจำลองทางความคิดของครู (Teacher's model) แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน (Student's model) นอกจากนี้ Norman (1983) ยังใช้เกณฑ์การมีส่วนร่วมของกลุ่มสังคม ในการแบ่งประเภทของแบบจำลองทางความคิดออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ แบบจำลองทางความคิดเฉพาะบุคคล (Individual model) แบบจำลองทางความคิดของกลุ่ม (Consensus or social model) และแบบจำลองทางคิดทางประวัติศาสตร์ (Historical model)

(4) แบบจำลองผลงาน (Performance model) แบบจำลองการเรียนรู้ (Learning model) แบบจำลองการให้เหตุผล (Reasoning model) และแบบจำลองการออกแบบ (Design model) ทั้งนี้แบบจำลองทางความคิดในแต่ละประเภทขึ้นอยู่กับมุมมองของแต่ละบุคคล

จะเห็นได้ว่าแบบจำลองทางความคิดนั้นสามารถจำแนกได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง เพื่อให้สอดคล้องกับความหมายที่กล่าวไว้ข้างต้นแบบจำลองทางความคิดในความหมายของผู้วิจัยเป็นแบบจำลองความคิดที่เกิดขึ้นภายในสมองของแต่ละบุคคล นักเรียนจะสร้างหรือแสดงความคิด ความรู้ต่าง ๆ ที่ใช้อธิบายหรือบรรยายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ออกมาในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง เช่น การบรรยาย คำอธิบาย การวาดภาพ การเขียนแผนผัง เป็นต้น เพื่อใช้ทำความเข้าใจในเรื่องที่เรียน ดังนั้นประเภทของแบบจำลองทางความคิดในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบจำลองทางความคิดภายใน (Internal model) ซึ่งเป็นแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนแต่ละคนสร้างขึ้น และแบบจำลองทางความคิดภายนอกหรือแบบจำลองแสดงออก (Expressed model or external model) เป็นสิ่งที่นักเรียนแสดงออกมา อาจจะเป็นคำพูด สัญลักษณ์ แผนผัง ภาพวาด ลักษณะท่าทาง ภาพเคลื่อนไหว หรือสิ่งที่เป็นรูปธรรม เป็นต้น

2.4.3 แนวทางการวัดแบบจำลองทางความคิด

การวัดแบบจำลองทางความคิดทำให้ทราบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนว่าสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ และแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องนั้น ๆ เป็นอย่างไร ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการวัดแบบจำลองทางความคิดพบว่าสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

2.4.3.1 การวาดรูป (Drawing) เป็นภาษาแบบหนึ่งแต่เป็นภาษาที่ไม่ใช้คำพูด แต่อาจจะทำให้เกิดความเข้าใจผิดได้ในการตีความ ดังนั้นจึงควรมีการอธิบายเพิ่มเติมในสิ่งที่วาด (ศุภกาญจน์ รัตนกร, 2552; อ้างอิงจาก Jonassen and Cho, 2008)

2.4.3.2 การเขียนแผนผังความคิด (Concept map) โดยจะสามารถวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้โดยพิจารณาจากแนวคิดแต่ละแนวคิดที่มีความเชื่อมโยงกัน (Chang, 2007; อ้างถึงจาก ศุภกาญจน์ รัตนกร, 2552)

2.4.3.3 การสัมภาษณ์ (ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556) เป็นวิธีการตรวจสอบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดในเรื่องนั้น ๆ หรือไม่ อย่างไร โดยถามคำถามให้นักเรียนอธิบายออกมาเป็นคำพูดด้วยภาษาและความคิดของตนเอง ซึ่งวิธีการวัดจะใช้การสัมภาษณ์ทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลที่มีรายละเอียดมากกว่าวิธีอื่น ๆ แต่การสัมภาษณ์จะมีข้อเสียคือใช้เวลาค่อนข้างนานและเหมาะสมกับกลุ่มที่ต้องการศึกษาที่มีจำนวนไม่มากจนเกินไป (Harrison and Treagust, 1996; Park and Light, 2009) ตัวอย่างเช่น Harrison and Treagust (1996) ได้ศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนโดยใช้การสัมภาษณ์ในเรื่องอะตอมและโมเลกุลของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ถึงปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียนวิชาเคมีมาแล้วอย่างน้อยหนึ่งหน่วยและได้รับการส่งเสริมให้ใช้แบบจำลองในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยการสัมภาษณ์ใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เริ่มต้นด้วยการให้ชิ้นส่วนแผ่นอะลูมิเนียมและแท่งเหล็กแก่นักเรียนแล้วถามนักเรียนว่า“คุณคิดว่าสิ่งของเหล่านี้ทามาจากอะไร” เพื่อให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับนิยามของอะตอมหรืออนุภาค หลังจากนั้นให้นักเรียนวาดภาพอะตอมพร้อมกับอธิบายเหตุผลประกอบ นอกจากนี้การเก็บรวมรวบข้อมูลโดยการสัมภาษณ์มีการบันทึกวิดีโอเสียงเพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงลึก

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด (ศุภกาญจน์ รัตนกร, 2552; ณัชธฤต เกื้อทาน และคณะ, 2554; อามีด๊ะ มูสอ, 2555; ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556) ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นแบบข้อคำถามปลายเปิด (Open-end) เพื่อให้นักเรียนได้เขียนอธิบายเหตุผล คิดหาเหตุผลในการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นของตนเองได้อย่างอิสระ ข้อคำถามโดยส่วนใหญ่จะให้นักเรียนวาดภาพประกอบกับเขียนบรรยายอธิบายเหตุผล ซึ่งบางครั้งการใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดโดยให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนอาจจะทำให้เกิดความเข้าใจผิดในการตีความของผู้วิจัยได้ ดังนั้นงานวิจัยโดยส่วนใหญ่จะใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดควบคู่ไปกับการวัดโดยใช้การสัมภาษณ์เพิ่มเติมในสิ่งที่วาด (Park and Light, 2009; Shepardson et al. 2011) ตัวอย่างเช่น ณัชธฤต เกื้อทาน และคณะ (2554) ได้ศึกษาแบบจำลองความคิดของนักเรียนเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 211 คน จากโรงเรียนรัฐบาล 5 แห่ง ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิดที่ให้วาดภาพและเขียนบรรยายพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ จำนวน 10 ข้อ และ Shepardson et al. (2011) ได้ศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกของนักเรียนเกรด 7 จำนวน 225 คน จาก 3 โรงเรียน โดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่เป็นตัวอย่างสถานการณ์เกี่ยวกับปรากฏการณ์เรือนกระจกและให้นักเรียนวาดภาพและเขียนอธิบายเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดของตนเอง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้การวัดแบบจำลองทางความคิดที่เป็นข้อคำถามแบบปลายเปิด ให้นักเรียนอธิบายคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ วาดภาพประกอบคำอธิบาย และการสัมภาษณ์เพิ่มเติม โดยแบบวัดแบบจำลองทางความคิดนี้ผู้วิจัยสร้างขึ้นและปรับปรุงข้อคำถามโดยอ้างอิงและเปรียบเทียบกับสาระมาตรฐานการจัดการเรียนรู้ แบบเรียนและคู่มือครูในรายวิชาชีววิทยาพื้นฐานของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

2.5 ความพึงพอใจ

2.5.1 ความหมายของความพึงพอใจ

จากการศึกษาความหมายของความพึงพอใจได้มีผู้ให้ความหมายเกี่ยวกับความพึงพอใจไว้ดังนี้

Wallerstein (1971) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย และความพึงพอใจเป็นกระบวนการทางจิตวิทยาที่ไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน แต่สามารถคาดคะเนได้ว่ามีหรือไม่มี ได้จากการสังเกตพฤติกรรมของคน การที่จะทำให้เกิดความพึงพอใจจะต้องศึกษาปัจจัย และองค์ประกอบที่เป็นสาเหตุแห่งความพึงพอใจ

Good (1973) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง สภาพหรือระดับความพึงพอใจที่เป็นผลมาจากความสนใจและเจตคติของบุคคล

Davis (1981) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกเมื่อได้รับในสิ่งที่อยากได้หรือเป็นไปตามต้องการ

Wolman (1989) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่มีความสุข เมื่อได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย ความต้องการ หรือแรงจูงใจ (Motivation)

Glietman (1992) กล่าวว่า ความพึงพอใจ คือสภาพความพร้อมที่จะแสดงออกในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง อาจเป็นการยอมรับหรือต่อต้านต่อสภาพการณ์บางอย่างของบุคคลหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

ราชบัณฑิตยสถาน (2546) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจ ว่าหมายถึง พอใจ ชอบใจ พฤติกรรมเกี่ยวกับความพึงพอใจของมนุษย์คือความพยายามที่จะขจัดความตึงเครียด หรือความกระวนกระวาย หรือภาวะไม่ได้ดุลยภาพในร่างกาย ซึ่งเมื่อมนุษย์สามารถขจัดสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าว ได้แล้วมนุษย์ย่อมได้รับความพึงพอใจในสิ่งที่ตนต้องการ

ภูมินทร์ พุ่มพันธุ์ม่วง (2547) ได้สรุปว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ แต่ถ้าเมื่อใดที่สิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้องการหรือทำให้บรรลุจุดมุ่งหมายได้ ก็จะเกิดความรู้สึกทางบวกแต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าสิ่งใดสร้างความรู้สึกผิดหวังไม่บรรลุจุดมุ่งหมาย ก็จะทำให้เกิดความรู้สึกทางลบเป็นความรู้สึกไม่พึงพอใจ

พวงเพชร สุวรรณชาติ (2553) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่ดีของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ ที่เขาได้รับและตรงกับความต้องการหรือความคาดหวังที่ควรจะเป็น

จากความหมายที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิด หรือเจตคติของบุคคลมีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ และในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งเน้นตรวจสอบความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านผู้สอน ด้านการออกแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ และด้านการออกแบบแบบจำลองความคิด

2.5.2 การวัดความพึงพอใจ

สุนทร สมบัติธีระ (2555) กล่าวว่า การวัดความพึงพอใจจะวัดในเรื่องใดนั้นย่อมแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของผู้ที่จะศึกษา ซึ่งมีวิธีที่นิยมใช้กัน ดังนี้คือ

(1) การสัมภาษณ์ วิธีนี้ผู้ศึกษาจะมีแบบสัมภาษณ์ที่มีคำถาม ซึ่งได้รับการทดสอบหาความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นแล้ว ทำการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง

(2) การใช้แบบสอบถาม เป็นวิธีที่มีผู้นิยมใช้มากที่สุด มีลักษณะเป็นคำถามที่ได้ทดสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นแล้วโดยให้กลุ่มตัวอย่างเลือกตอบหรือเติมคำ

(3) วิธีการใช้แบบสอบถามวิธีการนี้จะเป็นการใช้แบบสอบถามที่มีข้อคำอธิบายไว้อย่างเรียบร้อย เพื่อให้ผู้ตอบทุกคนตอบมาแบบแผนเดียวกัน มักใช้ในกรณีที่ต้องการข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างจำนวนมาก ๆ วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการวัดทัศนคติรูปแบบของแบบสอบถามจะใช้มาตราวัดทัศนคติ ซึ่งที่นิยมใช้ในปัจจุบันวิธีหนึ่ง คือ มาตราส่วนแบบลิเคิร์ท (Likert rating scales) ประกอบด้วยข้อความที่แสดงถึงทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้าอย่างใด อย่างหนึ่ง และมีคำตอบที่แสดงถึงระดับความรู้สึก 5 คำตอบ เช่น มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2550) ได้อธิบายความหมายของเครื่องมือวัดพฤติกรรมแบบมาตรประมาณค่าว่า มาตรประมาณค่าเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดคุณลักษณะนิสัยหรือลักษณะจิตวิทยา เช่น ความคิดเห็น ค่านิยม ความสนใจ การปรับตัว เป็นต้น

(1) รูปแบบของมาตรประมาณค่า มีหลายรูปแบบ ดังนี้

(1.1) มาตรประมาณค่าแบบบรรยาย (Descriptive rating scales) เป็นการใช้ข้อความบอกระดับที่ผู้ตอบจะพิจารณาเลือกตอบ ตัวอย่างเช่น การเรียนรู้หลักการวัดและประเมินผลการศึกษามีประโยชน์ต่อครู ( ) เห็นด้วยอย่างยิ่ง ( ) เห็นด้วย ( ) ไม่แน่ใจ ( ) ไม่เห็นด้วย ( ) ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

(1.2) มาตรประมาณค่าแบบตัวเลข (Numerical rating scales) เป็นการใช้ตัวเลขบอกระดับที่ผู้ตอบพิจารณาเลือกตอบ ตัวอย่างเช่น การเรียนรู้หลักการวัดและการประเมินผล

การศึกษามีประโยชน์ต่อครู 5 4 3 2 1 (5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4 หมายถึงเห็นด้วย 3 หมายถึง ไม่แน่ใจ 2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง)

(1.3) มาตรประมาณค่าแบบเส้นหรือกราฟ (Graphic rating scales) เป็นการใช้เส้นตรงแบ่งเขตช่องบอกระดับการเลือกตอบ ตัวอย่างเช่น การเรียนรู้หลักการวัดและการประเมินผลการศึกษามีประโยชน์ต่อครูเห็นด้วยอย่างยิ่ง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

(1.4) มาตรประมาณค่าแบบใช้สัญลักษณ์ (Symbolic rating scales) เป็นการใช้สัญลักษณ์บอกระดับที่ผู้ตอบจะพิจารณาเลือกตอบ สัญลักษณ์ที่ใช้อาจเป็นตัวอักษรหรือเป็นรูปภาพ

(1.5) การจัดอันดับ (Ranking) เป็นการใช้ตัวเลขแสดงการเรียงลำดับความสำคัญหรือให้จัดเรียงใหม่ ตัวอย่างเช่น สิ่งที่สำคัญที่สุดในชีวิต ได้แก่

(1.5.1) ภรรยา / สามี

(1.5.2) ตัวเอง

(1.5.3) บิดาและมารดา

(1.5.4) บุตร

(1.5.5) ญาติ

(1.5.6) เพื่อน

รูปแบบมาตรประมาณค่านี้หากกำหนดเป็นความรู้สึก ความคิดเห็น เจตคติหรือพฤติกรรมในเชิงสนับสนุนหรือไม่สนับสนุนข้อความนั้น กำหนดคำตอบเป็น 5 ระดับ เป็นการประมาณค่าของลิเคิร์ท (Likert rating scale) หากกำหนดคำคุณศัพท์ที่มีความหมายตรงกันข้ามโดยมีค่าหรือตัวเลขแสดงระดับพฤติกรรมตั้งแต่ต่ำสุดไปจนถึงสูงสุด เป็นการประมาณค่าของออสกูด (Osgood) หรือวิธีหาความแตกต่างของความหมาย (Sematic differential scale)

(2) การสร้างมาตรประมาณค่า มีแนวปฏิบัติ ดังนี้

(2.1) กำหนดลักษณะของสิ่งที่ต้องการวัด หรือตรวจสอบ

(2.2) กำหนดพฤติกรรมที่จะบ่งชี้ หรือแสดงคุณลักษณะของสิ่งที่ต้องการวัด

(2.3) เลือกรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่า

(2.4) เขียนข้อความที่แสดงพฤติกรรมหรือคุณลักษณะของสิ่งที่ต้องการวัด

(2.5) ตรวจสอบข้อความที่เขียนว่าชัดเจนหรือไม่ ซ้ำซ้อนกับรายการอื่นหรือไม่แล้วจัดเรียงข้อความตามลำดับการกระทำหรือพฤติกรรม

(2.6) นำไปทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไข

(3) ข้อดีของมาตราประมาณค่า

(3.1) ใช้ประเมินคุณลักษณะหรือใช้ประกอบการสังเกตพฤติกรรมได้อย่างละเอียด

(3.2) ผลการประเมินสามารถนำไปปรับปรุงพฤติกรรม หรือคุณลักษณะวัดได้

(4) ข้อจำกัดของมาตรประมาณค่า

(4.1) ข้อคำถามต้องชัดเจนมิฉะนั้นจะทำให้สื่อความหมายไม่ตรงกัน

(4.2) การพิจารณาตัดสินใจบางครั้งทำได้ยาก

การวัดความพึงพอใจสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ใช้แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบวัดมาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ท (Likert rating scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การแปลค่าความหมายคะแนนแบบวัด ดังนี้

4.51 - 5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

3.51 - 4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

2.51 - 3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

1.51 - 2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

1.00 - 1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางความคิด

ศุภกาญจน์ รัตนกร (2552) การศึกษาแบบจำลองทางความคิดและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องกรด-เบส ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองคุณสมบัติโดยทั่วไปของกรด-เบสหรือเป็นสัญลักษณ์ของกรด-เบส และมีบางส่วนที่คำตอบของนักเรียนไม่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ 2) นักเรียนทั้งสองกรณีศึกษามีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดให้สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้นหลังจากที่นักเรียนได้เรียนเรื่องกรด-เบสในห้องเรียนปกติแล้ว 3) นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองสอดคล้องกับความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์ แต่ก็มีนักเรียนบางส่วนที่มีความเข้าใจไม่สอดคล้อง โดยเข้าใจว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่ลอกเลียนแบบมาจากของจริง มีลักษณะเหมือนของจริงทุกประการ แบบจำลองไม่สามารถใช้ในการทำนายผลการทดลองได้ และแบบจำลองสามารถใช้ได้ในทุก ๆ กรณีไม่มีข้อจำกัด

ขวัญชนก กัญญาทอง (2553) ได้ศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง สมบัติเชิงกลของของเหลว ก่อน ระหว่าง และหลังได้รับกิจกรรมการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกุดขอนแก่นวิทยาคม อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น พบว่า นักเรียนได้มีการพัฒนามโนมติที่สอดคล้องกับตัวแทนความคิดของนักวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เป็นผลให้ตัวแทนความคิดหลังเรียนของนักเรียนมีความแตกต่างกันน้อยลงและนักเรียนส่วนใหญ่ คือประมาณร้อยละ 90 มีตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับตัวแทนความคิดของนักวิทยาศาสตร์

ณราภรณ์ บุญกิจ (2553) ศึกษาตัวแทนความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องแสงก่อนและหลังกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้วิธี POE กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนแคมป์สนวิทยาคม หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้วิธี POE พบว่าในแต่ละเรื่องที่ทำการศึกษานักเรียนส่วนใหญ่มีตัวแทนความคิดที่สอดคล้องตามตัวแทนความคิดนักวิทยาศาสตร์

สงกรานต์ มูลศรีแก้ว (2553) ได้ศึกษาตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามปลายเปิดของนักเรียนเรื่องของไหล ได้แก่ ความหนาแน่น ความดัน ความตึงผิวและความหนืด และการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม โดยการใช้รูปแบบการสอนแบบ POE พบว่านักเรียนมีตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับตัวแทนความคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการเชื่อถือ โดยนักเรียนมีจำนวนกลุ่มตัวแทนความคิดหลังเรียนน้อยลงและในบางเรื่องนักเรียนมีตัวแทนความคิดที่ตรงกับตัวแทนความคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการเชื่อถือ โดยนักเรียนได้สื่อตัวแทนความคิดหลังเรียนของนักเรียนออกมาได้ตรงตามตัวแทนความคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการเชื่อถือมากขึ้น

ณัชธฤต เกื้อทาน (2557) ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 เป็นการวิจัยเชิงสำรวจเพื่อศึกษาแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีมาแล้ว จำนวน 211 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จากโรงเรียนมัธยมศึกษา 5 โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอำนาจเจริญ และสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 2 ได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง ระยะที่ 2 เป็นการวิจัยศึกษาเฉพาะกรณี เพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 39 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นการศึกษาอำนาจเจริญ ได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง ผลการวิจัยระยะที่ 1 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้องมากที่สุด คือ แนวคิดเกี่ยวกับการนาไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และการเกิดพันธะโลหะ และผลการวิจัยระยะที่ 2 พบว่าก่อนการจัดกิจกรรมนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก สภาพขั้วโมเลกุล การเกิดพันธะไอออนิก และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล เมื่อนักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิด ประเมินแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นด้วยกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติจริงและสื่อที่มีการเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีใน 3 ระดับ ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองและขยายแบบจำลองทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องโดยเฉพาะ

อย่างยิ่งแนวคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ และการนำไฟฟ้าของโลหะ

2.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์ (2550; Lewis and Kattmann, 2004) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจพันธุศาสตร์ของนักเรียนเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม ยีน อนุภาคข้อมูลทางพันธุกรรม โดยได้ทำการศึกษากับนักเรียนชาวเยอรมันจำนวน 10 คน อายุ 15-19 ปีโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ ผลการศึกษาพบว่านักเรียนจำนวนมากมีแนวความคิดว่ายีนมีขนาดเล็ก เป็นอนุภาค ซึ่งแนวความคิดเหล่านี้อาจจะจำ กัดความสามารถของนักเรียนในการพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น ถ้ายีนเป็นลักษณะทางพันธุกรรมนักเรียนก็ไม่สามารถแยกระหว่างจีโนไทป์กับฟีโนไทป์และไม่มีความจำเป็นต้องพิจารณากลไกการทำงานของยีนที่มีต่อฟีโนไทป์

Peter Akinsola Okebukola (1990) ได้ใช้การสอนแบบใช้แผนผังมโนมติในเรื่องพันธุกรรม พบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นว่าพันธุศาสตร์ว่าเป็นเนื้อหาที่ยากและมีความซับซ้อน ซึ่งเป็นเรื่องยากในการเรียนเมื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเนื้อหาเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ก็มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ เมื่อเขาได้ใช้การสอนแบบใช้ผังความคิดมาใช้ทดลองกับนักเรียน 138 คน พบว่า นักเรียน 63 คนสามารถทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจเรื่องพันธุศาสตร์ได้ดีกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ด้วยคะแนน $t\ (136) = 16.01$, $p < 0.001$ อย่างมีนัยสำคัญ

สุวรรณา คูณทัน (2550) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องการแบ่งเซลล์ โดยใช้ชุดการสอนแบบสื่อประสม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระแชงวิทยา อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ จากการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีค่าเฉลี่ยของความก้าวหน้าร้อยละ 37.84 และค่า t-test เท่ากับ 13.79 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนโดยใช้ชุดการสอนแบบสื่อประสม มีค่าอยู่ในระดับมาก คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 50.86

ศิริพรรณ ศรีวรรณวงษ์ (2553) ศึกษาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 โดยที่คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ระดับความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีลักษณะความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น และมีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง และการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หลังจากใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ Hewson & Hewson (2003) จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 42 คน มีนักเรียนจำนวน 37 คนที่มีการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ จากความเข้าใจคลาดเคลื่อนไปสู่ความเข้าใจที่ถูกต้อง

ณัฐริกา ฉายสถิตย์ (2555) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์และความเชื่อเกี่ยวกับแรงจูงใจ เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติ ของ Hewson and Hewson (2003) และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อเกี่ยวกับแรงจูงใจกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติ พบว่า นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่อง การแบ่งเซลล์ เนื่องจากมีสภาวะทางมโนมติ 3 สภาวะ คือ เข้าใจได้ มีเหตุผลและมีประโยชน์ จำนวน 11 คน (22.92%) โดยหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน เรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และความสัมพันธ์ระหว่างดีเอ็นเอ ยีนและโครโมโซม เมื่อศึกษาความเชื่อเกี่ยวกับแรงจูงใจของนักเรียนที่เปลี่ยนแปลงมโนมติทั้ง 11 พบว่า ความเชื่อเกี่ยวกับแรงจูงใจมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักเรียนที่เปลี่ยนแปลงมโนมติจำนวน 11 คน ได้ตั้งเป้าหมายในการศึกษาต่อ สนใจเนื้อหาเรื่อง การแบ่งเซลล์ เชื่อมั่นในความสามารถทางการเรียนและเชื่อถือกับความสามารถในการควบคุมตนเอง คิดเป็นร้อยละ 100 72.73, 45.45 และ 9.09 ตามลำดับ

2.6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยศึกษาแบบจำลองทางความคิดในวิชาชีววิทยาพื้นฐาน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

Musa Dikmenli (2010) ได้ศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่องการแบ่งเซลล์ของนักศึกษาสาขาชีววิทยา คณะศึกษาศาสตร์ โดยวิเคราะห์จากการวาดภาพและการสัมภาษณ์ จากการศึกษาพบว่า ส่วนมากมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสมากกว่าไมโทซิส ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนส่วนมากเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างที่มีการแบ่งเซลล์ ได้แก่ การจำลองตัวเองของ DNA ในระยะโพรเฟส ระยะอินเตอร์เฟสเป็นระยะพักในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จำนวนโครโมโซมที่เพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวในระยะโพรเฟสของไมโทซิส และลดลงเป็นครึ่งหนึ่งในระยะแอนาเฟสของไมโทซิส จำนวนโครโมโซมยังเหมือนเดิมเมื่อสิ้นสุดการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส I และลดลงครึ่งหนึ่งในระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส II และแต่ละโครโมโซมมีหนึ่งโครมาทิดเสมอในระหว่างที่มีการแบ่งเซลล์

พัชรพรรณ ประสานเนตร (2556) ได้ศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการใช้กระบวนการเรียนรู้โดยการสร้าง Slowmation ทำการศึกษาตัวแทนความคิดของนักเรียนโดยวิเคราะห์จากแบบการวาดภาพ การทำ Storyboard ผลงานการสร้างภาพเคลื่อนไหว และการนำเสนอผลงานของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่าเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีสของเซลล์สัตว์สามารถจัดกลุ่มตัวแทนความคิดตามแนวคิดของนักเรียนก่อนเรียนได้ 6 ตัวแทนความคิด หลังเรียนได้ 3 ตัวแทนความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีสของเซลล์พืชจัดกลุ่มตัวแทนความคิดของนักเรียนก่อนเรียนได้ 6 ตัวแทนความคิด หลังเรียนได้ 2 ตัวแทนความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซีสของเซลล์สัตว์จัดกลุ่มตัวแทนความคิดของนักเรียนก่อนเรียนได้ 10 ตัวแทนความคิด หลังเรียน

ได้ 2 ตัวแทนความคิด และเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซีสของเซลล์พืช จัดกลุ่มตัวแทนความคิดของนักเรียนก่อนเรียนได้ 11 ตัวแทนความคิด หลังเรียนได้ 2 ตัวแทนความคิด

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ศึกษาแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ผู้วิจัยได้ดำเนินตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 รูปแบบการวิจัย

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.5 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.8 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวที่มีการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (One group pretest and posttest design) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

Pretest	Treatment	Posttest
O_1 ------------	X	------------- O_2

โดยที่ O_1 คือ การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง (Pretest)

X คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (Treatment)

O_2 คือ การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง (Posttest)

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 12 ห้องเรียน รวม 450 คน

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/11 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 36 คน ที่ได้มาโดยการเลือกสุ่มแบบกลุ่ม

3.3 ตัวแปรในการวิจัย

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

3.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

3.3.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

3.3.2.2 แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

3.3.2.3 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัยเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น จำนวน 7 แผน ใช้เวลาในการสอน 12 ชั่วโมง

3.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล มีดังนี้

3.4.2.1 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

3.4.3.2 แบบวัดแบบจำลองทางความคิดก่อนและหลังเรียน แบบอัตนัยชนิดข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 6 ข้อ และใช้การสัมภาษณ์ในประเด็นคำถามที่ให้นักเรียนอธิบายความคิดของตนเองให้กระจ่างขึ้นทั้งก่อนและหลังเรียน

3.4.3.3 แบบสัมภาษณ์นักเรียนแบบไม่มีโครงสร้าง ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนการเรียนรู้

3.4.3.4 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ แบบวัดมาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ท (Likert rating scale) 5 ระดับ จำนวน 11 ข้อ

3.5 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.5.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.5.1.1 กำหนดกรอบเนื้อหาวิชาชีววิทยาเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 เรื่อง ประกอบด้วย ลักษณะทางพันธุกรรม โครโมโซมและสารพันธุกรรม การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และโครโมโซมและการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

3.5.1.2 ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

3.5.1.3 ดำเนินการสร้างและออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น จำนวน 7 แผน ใช้เวลาในการสอน 12 ชั่วโมง ให้สอดคล้องกับรายละเอียดเนื้อหาในแต่แผน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมการเรียนรู้หลักในแต่ละแผนการเรียนรู้

แผนที่	เรื่อง	ชั่วโมงสอน	กิจกรรมการเรียนรู้หลัก	สื่อ
1	ลักษณะทางพันธุกรรม	1	- อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน (Gallery Walk) - กิจกรรมกลุ่ม - ตั๋วออก (Exit ticket) เกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม	- ตั๋วออก (Exit ticket)
2	โครโมโซมและสารพันธุกรรม	2	- กลวิธี KWL เพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน - อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน (Gallery Walk) - กิจกรรมกลุ่ม	- KWL - ใบกิจกรรม - power point ประกอบการบรรยาย

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมการเรียนรู้หลักในแต่ละแผนการเรียนรู้ (ต่อ)

แผนที่	เรื่อง	ชั่วโมงสอน	กิจกรรมการเรียนรู้หลัก	สื่อ
3	การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์	1	-- อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน (Gallery Walk) - กิจกรรมกลุ่ม - ตั๋วออก (Exit ticket) เกี่ยวกับการแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์	- ตั๋วออก (Exit ticket) - ใบกิจกรรม - บัตรคำถาม
4	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	2	- เล่นเกม control of cell cycle - อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน (Gallery Walk) - กิจกรรมกลุ่ม - กิจกรรม Mitosis and Meiosis Simulation - กลวิธี KWL	- เกม control of cell cycle - ใบกิจกรรม
5	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	3	- ดู VDO - อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน (Gallery Walk) - กิจกรรมกลุ่ม - กิจกรรม Mitosis and Meiosis Simulation	- VDO การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส - ใบกิจกรรม
6	สรุปการแบ่งเซลล์แบบต่างๆ	2	- เล่นเกมต่อจิ๊กซอร์ - กิจกรรมกลุ่ม - กิจกรรม Mitosis and Meiosis Simulation	- เกมต่อจิ๊กซอร์ การแบ่งเซลล์แบบต่างๆ - ใบกิจกรรม
7	โครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	1	- อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน (Gallery Walk) - กิจกรรมกลุ่ม	- ใบกิจกรรม

3.5.1.4 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจ จำนวน 3 ท่าน สอบความถูกต้อง และความเหมาะสมของแผนกับเนื้อหาวิชาชีววิทยาพื้นฐานเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

3.5.1.5 ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของภาษา การวัดประเมินผลด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม) ด้านวิธีการสอน ตลอดจนตรวจสอบความ

สอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหากิจกรรมการเรียนรู้ (Index Of Item objective Congruence: IOC) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญจะพิจารณาให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนนเท่ากับ	+1	เมื่อแน่ใจว่าเหมาะสมและสอดคล้อง
ให้คะแนนเท่ากับ	-1	เมื่อแน่ใจว่าไม่เหมาะสมและสอดคล้อง
ให้คะแนนเท่ากับ	0	เมื่อไม่แน่ใจว่าเหมาะสมและสอดคล้อง

3.5.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น จากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่า IOC ได้ค่าเฉลี่ยเท่า 1.00

3.5.1.7 ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ และนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง

3.5.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.5.2 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.5.2.1 ศึกษาทฤษฎี วิธีการสร้าง และเทคนิคการเขียนข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

3.5.2.2 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตร คู่มือการจัดการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน วิชาชีววิทยาพื้นฐาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม จากนั้นกำหนดกรอบแนวคิดและขอบข่ายโครงสร้างของเนื้อหา และสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร ดังตาราง 3.2 เพื่อกำหนดน้ำหนักผลการเรียนรู้โดยจำแนกพฤติกรรมที่ต้องการวัดออกเป็น 4 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อสร้างข้อสอบ

เรื่อง	ผลการเรียนรู้	ชั่วโมงสอน	จำนวนข้อสอบ	
			ที่ออก	ที่ต้องการ
ลักษณะทางพันธุกรรม	- อธิบายและยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อ ๆ ไปในสิ่งมีชีวิต - อธิบายและยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันแบบต่อเนื่องและลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง - วิเคราะห์และเขียนแผนผังความคิดหลัก (concept map) แสดงลักษณะทางพันธุกรรม	1	3	3
โครโมโซมและสารพันธุกรรม	- อธิบายรูปร่าง ลักษณะของโครโมโซม - บอกความแตกต่างระหว่างจำนวนโครโมโซมของเซลล์ร่างกายกับเซลล์สืบพันธุ์ของคน - อธิบายโครงสร้างและบทบาทของ DNA - วิเคราะห์และสรุปโครงสร้างของนิวคลีโอไทด์และ DNA - สรุปความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซมกับสารพันธุกรรม - วาดภาพสรุปโครงสร้างของโครโมโซม DNA พร้อมทั้งอธิบาย	2	6	6
การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์	- อธิบายความหมายของการแบ่งเซลล์ได้ - บอกถึงความสำคัญของการแบ่งเซลล์ได้ - อธิบายวัฏจักรของเซลล์ได้ - สามารถวาดภาพเพื่อประกอบการอธิบายวัฏจักรของเซลล์ได้	1	3	3
การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	- อธิบายการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้ - ทดลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส - สังเกต วาดภาพ และอธิบายลักษณะการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสแต่ละระยะจากการทำปฏิบัติการได้ถูกต้อง	2	12	12

ตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อสร้างข้อสอบ (ต่อ)

เรื่อง	ผลการเรียนรู้	ชั่วโมงสอน	จำนวนข้อสอบ	
การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	- อธิบายการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสได้ - ทดลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซีส - สังเกต วาดภาพ และอธิบายลักษณะการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสแต่ละระยะจากการทำปฏิบัติการได้ถูกต้อง	3	10	10
สรุปการแบ่งเซลล์แบบต่างๆ	- เปรียบเทียบการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีสและไมโอซีส - สามารถวาดภาพแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์ (ไมโทซีสและไมโอซีส)	2	3	3
โครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	- สรุปความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม - สามารถเขียนแผนผังแสดงการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	1	3	3
	รวม	12	40	40

ตารางที่ 3.3 โครงสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยจำแนกตามระดับพฤติกรรม

ที่	เนื้อหา	จำนวน (ชม.)	ความจำ	ความเข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	รวม
1	ลักษณะทางพันธุกรรม	1	-	3	-	-	3
2	โครโมโซมและสารพันธุกรรม	2	1	4	-	1	6
3	การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์	1	-	2	-	1	3
4	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส	2	1	9	1	1	12
5	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซีส	3	1	4	-	5	10
6	สรุปการแบ่งเซลล์แบบต่าง ๆ	2	-	3	-	-	3
7	โครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	1	-	3	-	-	3
รวม		12	3	28	1	8	40

3.5.2.3 สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามตัวชี้วัด แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์ตัวชี้วัด

3.5.2.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการใช้คำถาม ภาษา และความเหมาะสมกับเนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3.5.2.5 นำแบบทดสอบที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องตามเนื้อหา ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและจุดประสงค์ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขโดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ดังสมการ

$$\text{IOC} = \frac{\sum R}{N} \tag{3.1}$$

เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่สอดคล้องกัน

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

3.5.2.6 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกไว้จำนวน 40 ข้อ เพื่อปรับปรุงและแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.5.2.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/12 โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 30 คน ซึ่งเคยผ่านการเรียนวิชาชีววิทยาพื้นฐาน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม มาแล้ว

3.5.2.8 นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้โปรแกรมตรวจข้อสอบ วิเคราะห์ข้อสอบ และวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ที่พัฒนาโดย ดร.ปกรณ์ ประจัญบาน (RENU3#1) อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิจัย วัดและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.77 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.25 – 0.56 จำนวน 40 ข้อ

3.5.2.9 นำแบบทดสอบที่เลือกแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.5.3 แบบวัดแบบจำลองทางความคิด

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สร้างขึ้นเพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนทั้งก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 6 ข้อ โดยมีขั้นตอนการสร้างและปรับปรุงดังนี้

3.5.3.1 ศึกษาหลักสูตร คู่มือการจัดการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม วิชาชีววิทยาพื้นฐาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม จากนั้นกำหนดกรอบแนวคิดและขอบข่ายโครงสร้างของเนื้อหา

3.5.3.2 ศึกษาเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

3.5.3.3 สร้างแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ลักษณะคำถามปลายเปิด ที่ให้วาดภาพและเขียนบรรยายพร้อมอธิบายเหตุผล และมีการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมหลังจากตอบคำถามในแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

3.5.3.4 นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่สร้างไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของคำถามกับเนื้อหาวิชา เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

3.5.3.5 แก้ไขและปรับปรุงตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

3.5.4 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยมีขั้นตอนการสร้างและปรับปรุงดังนี้

3.5.4.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้จากเอกสารที่เกี่ยวข้อง แล้วกำหนดแนวทางในการออกแบบแบบสอบถามความพึงพอใจ

3.5.4.2 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านผู้สอน ด้านการออกแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ และด้านการออกแบบแบบจำลองความคิด ซึ่งผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเป็นแบบประเมินค่า (Retting scale) ของ Likert และกำหนดความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ที่ศึกษาแบบจำลองทางความคิด เป็น 5 ระดับ ดังนี้

เห็นด้วยมากที่สุด	มีค่าระดับคะแนน 5
เห็นด้วยมาก	มีค่าระดับคะแนน 4

เห็นด้วยปานกลาง มีค่าระดับคะแนน 3

เห็นด้วยน้อย มีค่าระดับคะแนน 2

เห็นด้วยน้อยที่สุด มีค่าระดับคะแนน 1

ได้กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายระดับค่าคะแนนเฉลี่ย โดยอาศัยจุดกึ่งกลางของคะแนน (Mid Point) ดังนี้

4.50 - 5.00 หมายถึง ระดับความคิดเห็นมากที่สุด

3.50 - 4.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นมาก

2.50 - 3.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นปานกลาง

1.50 - 2.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นน้อย

1.00 - 1.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นน้อยที่สุด

3.5.4.3 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องของการใช้คำถาม ภาษา และปรับปรุงแก้ไข

3.5.4.4 นำแบบสอบถามความพึงพอใจไปใช้ในการเก็บข้อมูลต่อไป

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลของนักเรียน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยข้อมูลที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ใบกิจกรรม แบบทดสอบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/11 จำนวน 36 คน ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลกระทำในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 สถานที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี โดยมีวิธีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.6.1 ศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนก่อนเรียนโดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดในลักษณะคำถามปลายเปิด ที่ให้นักเรียนวาดภาพและเขียนบรรยายพร้อมอธิบายเหตุผลจำนวน 6 ข้อ และมีการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมหลังจากตอบคำถามในแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม โครโมโซมและสารพันธุกรรม การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และโครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

3.6.2 จากนั้นนำรูปแบบของคำตอบมาจัดกลุ่ม แบบจำลองความคิดของนักเรียนโดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ซึ่งประยุกต์จากการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิด ของ Chi and Roscoe (2002) และ

นับค่าความถี่ และร้อยละของแต่ละกลุ่มคำตอบมาวิเคราะห์เพื่อที่จะแสดงถึงตัวแทนความคิดของนักเรียน

3.6.3 ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม จำนวน 40 ข้อ

3.6.4 แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ 4-6 คน โดยคละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เก่ง ปานกลาง และอ่อน ที่แบ่งจากผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน

3.6.5 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามขั้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ดังนี้

3.6.5.1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่กระตุ้น ยั่วยุ ให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย ใคร่รู้อยากรู้อยากเห็น แล้วเกิดปัญหาหรือประเด็นที่จะศึกษา ซึ่งผู้เรียนจะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไปด้วยตัวของผู้เรียนเอง

3.6.5.2 ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ร่วมกันเป็นกลุ่มในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยการวางแผนกำหนดการสำรวจตรวจสอบและลงมือปฏิบัติ ในการสำรวจตรวจสอบปัญหาหรือประเด็นที่ผู้เรียนสนใจใคร่รู้ ครูมีหน้าที่ส่งเสริมกระตุ้น ให้คำปรึกษาชี้แนะ ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนดำเนินการสำรวจตรวจสอบเป็นไปด้วยดี

3.6.5.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ร่วมกันทั้งชั้นเรียน แล้วลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล

3.6.5.4 ขั้นขยายความรู้ เป็นการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนได้เพิ่มเติมหรือเติมเต็มองค์ความรู้ใหม่ให้กว้างขวางสมบูรณ์ กระจ่างและลึกซึ้งยิ่งขึ้น

3.6.5.5 ขั้นประเมินผล เป็นการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนได้ประเมินกระบวนการสำรวจตรวจสอบและผลการสำรวจตรวจสอบ หรือองค์ความรู้ใหม่ของตนเองและของเพื่อนร่วมชั้นเรียนโดยการวิเคราะห์วิจารณ์ อภิปรายซักถามแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ซึ่งกันและกันในเชิงเปรียบเทียบประเมินจุดดีหรือจุดด้อย

3.6.6 เก็บรวบรวมข้อมูลของนักเรียนหลังจากที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดในลักษณะคำถามปลายเปิด ที่ให้นักเรียนวาดภาพและเขียนบรรยายพร้อมอธิบายเหตุผล เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม จำนวน 6 เรื่อง ดังนี้ 1) ลักษณะทางพันธุกรรม 2) โครโมโซมและสารพันธุกรรม 3) การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์ 4) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส 5) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และ 6) โครโมโซมและการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ผลงานทั้งหมดของนักเรียนจากการดำเนินกิจกรรม และสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมหลังจากตอบคำถามในแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

3.6.7 ทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ชุดเดิมแต่มีการสลับข้อคำถาม จำนวน 40 ข้อ

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.7.1 การวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน

3.7.1.1 วิเคราะห์คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน หาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.7.1.2 วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยนำคะแนนทั้งหมดมาเรียงลำดับจากสูงสุดจนถึงต่ำสุด โดยใช้เทคนิค 27% แล้วจึงแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มสูง (นับจากผู้ที่ได้คะแนนสูงสุดไป 27%) กลุ่มต่ำ (นับจากผู้ที่ได้คะแนนต่ำสุดขึ้นไป 27%) ที่เหลือ คือ กลุ่มปานกลาง และจำแนกเป็น 8 ระดับ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2552) ได้แก่ ดีเยี่ยม (ช่วงคะแนนร้อยละ 80-100) ดีมาก (ช่วงคะแนนร้อยละ 75-79) ดี (ช่วงคะแนนร้อยละ 70-74) ค่อนข้างดี (ช่วงคะแนนร้อยละ 65-69) ปานกลาง (ช่วงคะแนนร้อยละ 60-64) พอใช้ (ช่วงคะแนนร้อยละ 55-59) ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ช่วงคะแนนร้อยละ 50-54) และต่ำกว่าเกณฑ์ (ช่วงคะแนนร้อยละ 0-49)

3.7.1.3 นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยใช้การทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent samples)

3.7.2 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบวัดแบบจำลองทางความคิด

3.7.2.1 นำข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบวัดแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ให้นักเรียนวาดภาพและเขียนบรรยายพร้อมอธิบายเหตุผล เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม โครโมโซมและสารพันธุกรรม การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และโครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม มาอ่านทีละคน

3.7.2.2 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์จัดกลุ่มคำตอบ โดยทำการวิเคราะห์ แบบจำลองความคิดของนักเรียนแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ซึ่งประยุกต์จากการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิด ของ Chi and Roscoe (2002) ดังนี้

1) แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct Mental Models: CMM) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง และอธิบาย เหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2) แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete Correct Mental Models: ICMM) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้องและอธิบายเหตุผลถูกต้อง สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

3) แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete Flawed Mental Models: CFMM) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือวาดภาพไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

4) แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed Mental Models: FMM) หมายถึง นักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5) แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent Mental Model: IMM) หมายถึง นักเรียนวาดภาพและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อคำถาม หรือเขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล

6) ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No Response: NR) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือเขียนข้อความแต่ไม่วาดภาพ หรือวาดภาพแต่ไม่เขียนข้อความ

3.7.2.3 เมื่อทำการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจของนักเรียนแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละ และนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความเข้าใจของนักเรียน นำมาแสดงเป็นแผนภูมิแท่งเพื่อพิจารณาในการสรุปผลและตีความร่วมด้วย

3.7.3 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียน

วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยศึกษาผลสัมฤทธิ์และแบบจำลองทางความคิดในวิชาชีววิทยาพื้นฐาน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูลโดยการให้น้ำหนักคะแนน ดังนี้

เห็นด้วยมากที่สุด	มีค่าระดับคะแนน 5
เห็นด้วยมาก	มีค่าระดับคะแนน 4
เห็นด้วยปานกลาง	มีค่าระดับคะแนน 3
เห็นด้วยน้อย	มีค่าระดับคะแนน 2
เห็นด้วยน้อยที่สุด	มีค่าระดับคะแนน 1

จากนั้นนำคะแนนทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) แล้วแปลความหมายตามเกณฑ์การแปลความหมายระดับค่าคะแนนเฉลี่ย โดยอาศัยจุดกึ่งกลางของคะแนน (Mid Point) ดังนี้

4.50 - 5.00 หมายถึง ระดับความคิดเห็นมากที่สุด

3.50 - 4.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นมาก

2.50 - 3.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นปานกลาง

1.50 - 2.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นน้อย

1.00 - 1.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นน้อยที่สุด

3.8 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.8.1 สถิติพื้นฐาน

3.8.1.1 ร้อยละ (Percentage)

$$P = \frac{f \times 100}{N} \tag{3.2}$$

เมื่อ P แทน ค่าร้อยละ

f แทน ความที่ที่ต้องการแปลงเป็นร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

3.8.1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{n} \tag{3.3}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของกลุ่ม

n แทน จำนวนของคะแนนในกลุ่ม

3.8.1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$SD = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \tag{3.4}$$

เมื่อ	SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนยกกำลังสอง
	$(\sum X)^2$	แทน	กำลังสองของคะแนนผลรวม
	n	แทน	จำนวนข้อมูล

3.8.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

3.8.2.1 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC)

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \qquad (3.5)$$

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้
	$\sum R$	แทน	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่สอดคล้องกัน
	n	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.8.2.2 ความยากของแบบทดสอบ (Difficulty: P)

$$P = \frac{R}{n} \qquad (3.6)$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากของข้อสอบ
	R	แทน	จำนวนคนตอบถูก
	n	แทน	จำนวนคนทั้งหมด

3.8.2.3 อำนาจจำแนกแบบทดสอบ

$$R = \frac{U}{n_1} - \frac{L}{n_2} \qquad (3.7)$$

เมื่อ R แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

U แทน จำนวนคนสอบผ่านเกณฑ์ ตอบถูก

L แทน จำนวนคนสอบไม่ผ่านเกณฑ์ ตอบถูก

n_1 แทน จำนวนคนสอบผ่านเกณฑ์

n_2 แทน จำนวนคนสอบไม่ผ่านเกณฑ์

3.8.2.4 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

โดยคำนวณจากสูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน

$$r_t = \frac{n}{n-1}\left\{1-\frac{\sum pq}{S_t^2}\right\} \tag{3.8}$$

$$S_t^2 = \frac{N\sum X^2-(\sum X)^2}{N^2} \tag{3.9}$$

เมื่อ r_t แทน สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้เรียนที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูกกับผู้เรียนทั้งหมด

q แทน สัดส่วนของผู้เรียนที่ทำข้อสอบข้อนั้นผิดกับผู้เรียนทั้งหมด

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนสอบทั้งฉบับ

N แทน จำนวนผู้เรียน

3.8.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานในการวิจัย

3.8.3.1 การทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระ (t-test for dependent samples)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{(n-1)}}} \tag{3.10}$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ
	D	แทน	ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน
	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น 2) ศึกษาแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ตามหัวข้อการวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.2 แบบจำลองทางความคิด

4.3 ความพึงพอใจ

4.4 อภิปรายผล

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

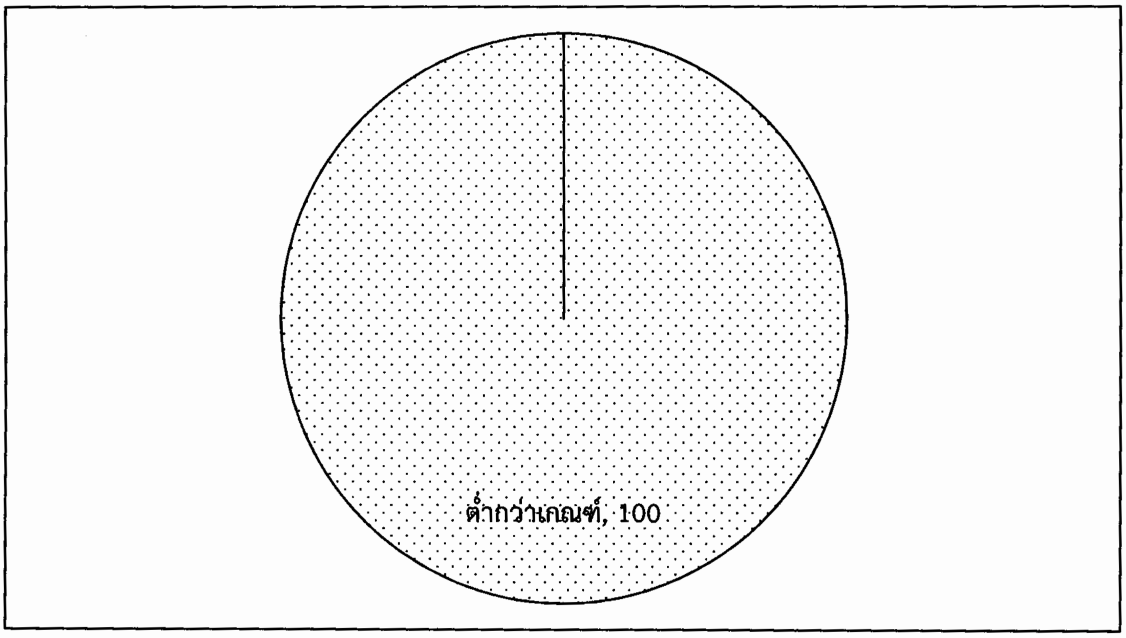
4.1.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน

การวิจัยเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากการออกแบบแผนการเรียนจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น จำนวน 7 แผน เวลา 12 ชั่วโมง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แผนการจัดการเรียนรู้

แผนที่	เรื่อง	จำนวนชั่วโมง
1	ลักษณะทางพันธุกรรม	1
2	โครโมโซมและสารพันธุกรรม	2
3	การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์	1
4	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	2
5	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	3
6	สรุปการแบ่งเซลล์แบบต่าง ๆ	2
7	โครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	1

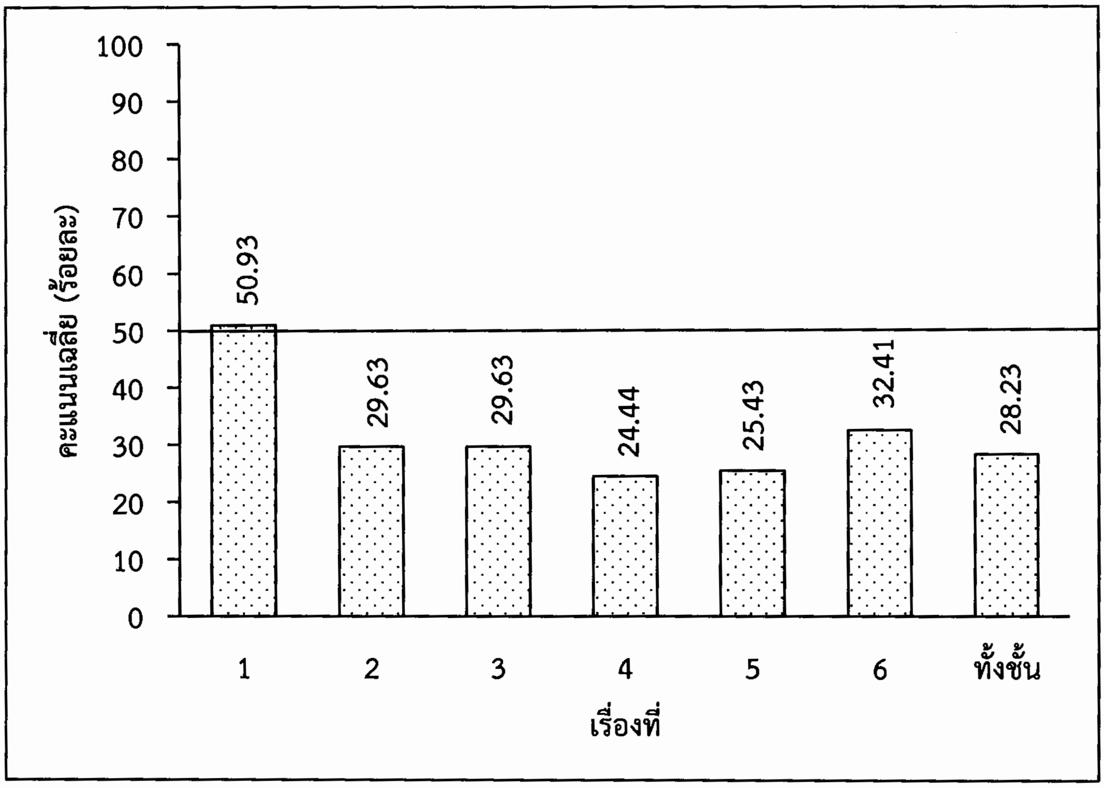
จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเฉลี่ยเท่ากับ 12.14 ± 3.73 คิดเป็นร้อยละ 28.23 อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ จำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 100 (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนในระดับต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนเป็นรายเรื่องพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำและระดับต่ำกว่าเกณฑ์ โดยนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ จำนวน 1 เรื่อง คือ เรื่องที่ 1 ลักษณะทางพันธุกรรม คิดเป็นร้อยละ 50.93 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนระดับต่ำกว่าเกณฑ์ จำนวน 5 เรื่อง

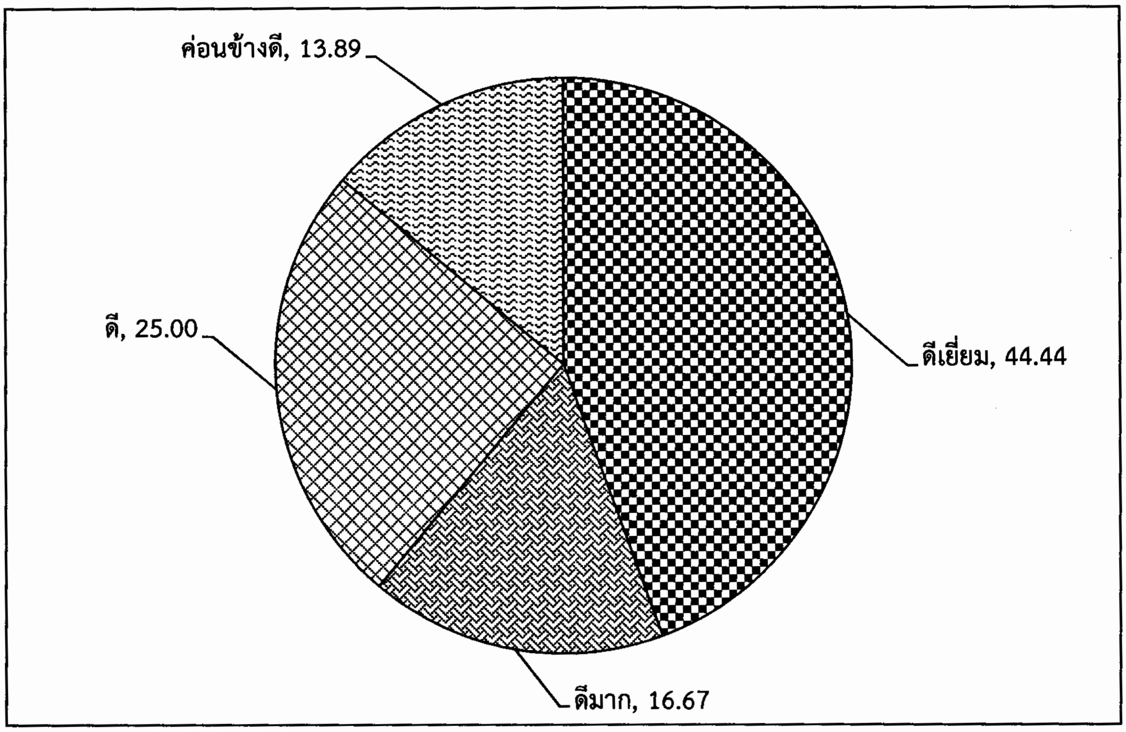
คือ เรื่องที่ 2 โครโมโซมและสารพันธุกรรม คิดเป็นร้อยละ 29.63 เรื่องที่ 3 การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์ คิดเป็นร้อยละ 29.63 เรื่องที่ 4 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส คิดเป็นร้อยละ 24.44 เรื่องที่ 5 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส คิดเป็นร้อยละ 25.43 และเรื่องที่ 6 โครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม คิดเป็นร้อยละ 32.41 (ภาพที่ 4.2)



ภาพที่ 4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนรายเรื่อง

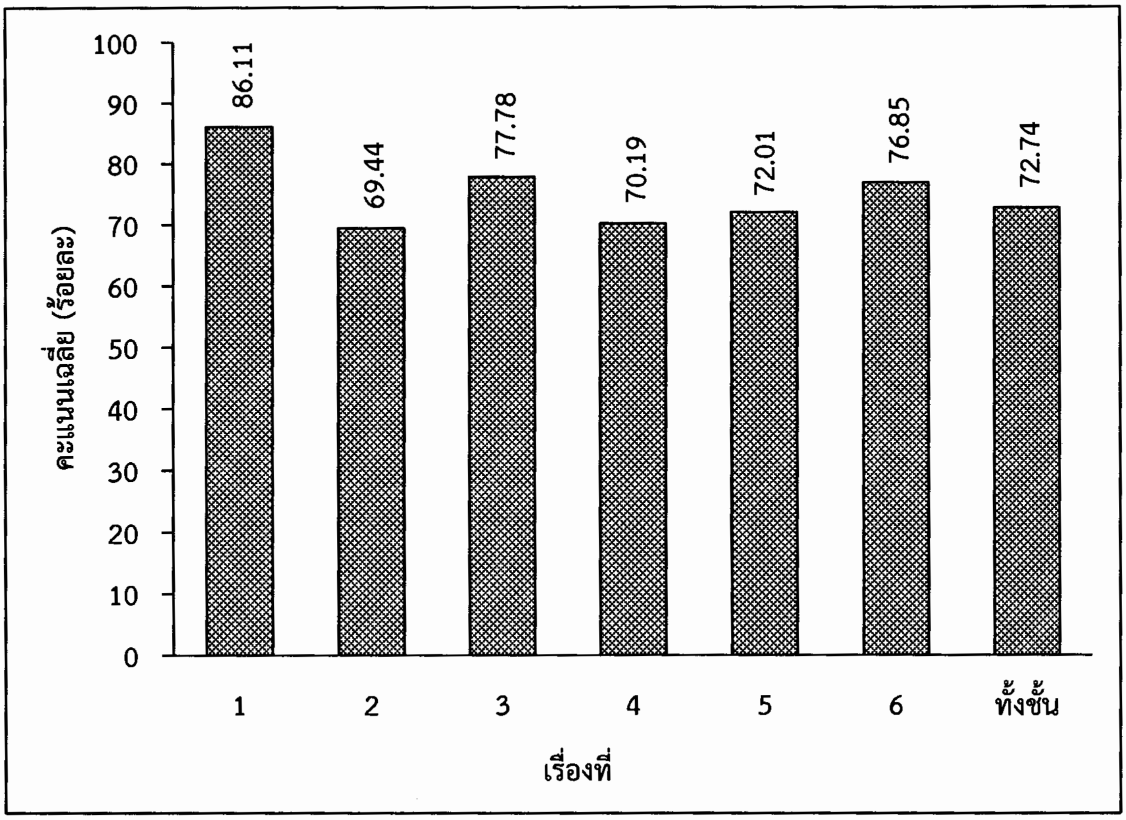
4.1.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 31.28 ± 3.61 คิดเป็นร้อยละ 72.74 อยู่ในระดับดี โดยแบ่งเป็นระดับดีเยี่ยม จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 44.44 ระดับดีมาก จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ระดับดี จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 25.00 และระดับค่อนข้างดี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 13.89 (ภาพที่ 4.3)



ภาพที่ 4.3 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนในระดับต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเป็นรายเรื่องพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนอยู่ในระดับดีเยี่ยม ดีมาก ดี และค่อนข้างดี โดยนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนระดับดีเยี่ยม จำนวน 1 เรื่อง คือ เรื่องที่ 1 ลักษณะทางพันธุกรรม คิดเป็นร้อยละ 86.11 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนระดับดีมาก จำนวน 2 เรื่อง คือ เรื่องที่ 3 การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์ คิดเป็นร้อยละ 77.78 และเรื่องที่ 6 โครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม คิดเป็นร้อยละ 76.85 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนระดับดี จำนวน 2 เรื่อง คือ เรื่องที่ 4 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส คิดเป็นร้อยละ 70.19 และเรื่องที่ 5 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส คิดเป็นร้อยละ 72.01 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนระดับค่อนข้างดี จำนวน 1 เรื่อง คือ เรื่องที่ 2 โครโมโซมและสารพันธุกรรม คิดเป็นร้อยละ 69.44 (ภาพที่ 4.4)

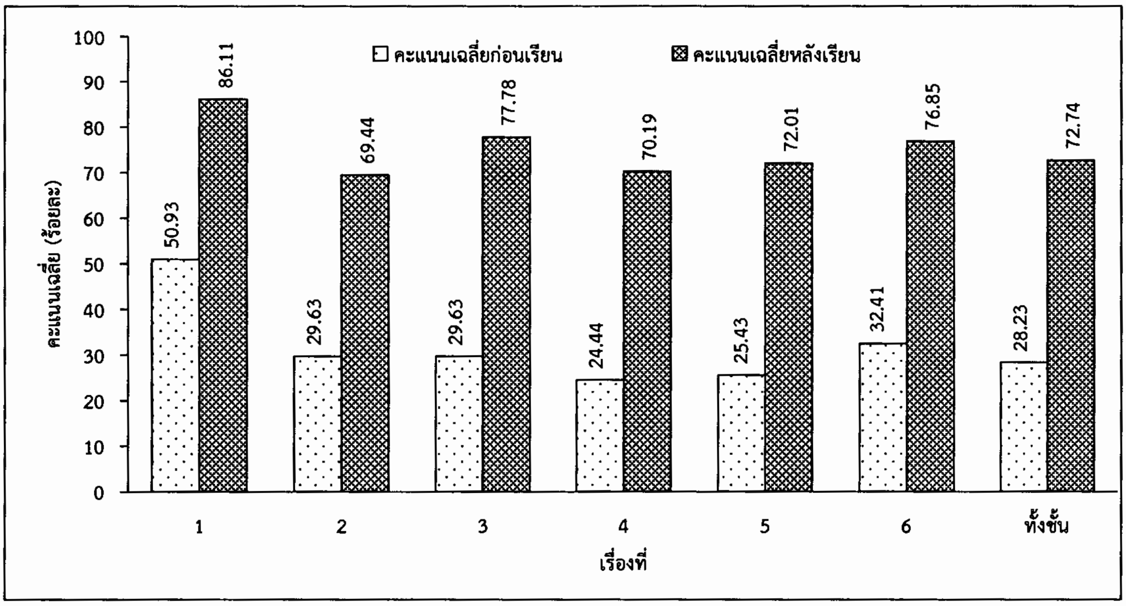


ภาพที่ 4.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรายเรื่อง

4.1.3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

เมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (t = 67.17* และ p = .00) โดยเรื่องที่ 1 ลักษณะทางพันธุกรรม นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 50.93 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 86.11 เรื่องที่ 2 โครโมโซมและสารพันธุกรรม นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 29.63 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 69.44 เรื่องที่ 3 การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 29.63 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 77.78 เรื่องที่ 4 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 24.44 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 70.19 เรื่องที่ 5 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 25.43 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 72.01 เรื่องที่ 6 โครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 32.41 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 76.85 นักเรียนมี

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนเฉลี่ยทุกเรื่อง คิดเป็นร้อยละ 28.23 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเฉลี่ยทุกเรื่อง คิดเป็นร้อยละ 72.74 (ภาพที่ 4.5)



ภาพที่ 4.5 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

4.2 แบบจำลองทางความคิด

การศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งประกอบด้วย 6 หัวข้อ คือ (1) ลักษณะทางพันธุกรรม (2) โครโมโซมและสารพันธุกรรม (3) การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์ (4) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (5) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และ (6) โครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเป็นดังนี้

4.2.1 ลักษณะทางพันธุกรรม

4.2.1.1 แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

จากข้อมูลที่กำหนดให้ "นายสมชายมีลักษณะเป็นคนผิวขาว ผมหยักศก ตาชั้นเดียว และไม่มีสันจมูก นางสาวสมศรีมีลักษณะเป็นคนผิวสองสี ผมตรงจากการยืด ตาชั้นเดียว มีสันจมูก ต่อมาทั้งสองแต่งงานกัน และมีบุตรชาย 1 คน" ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมของบุตรชายครอบครัวนี้ว่าควรมีลักษณะอย่างไรได้บ้าง และลักษณะที่แสดงออกในบุตรชายได้มาจากใคร เพราะอะไร เมื่อให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม พบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 22.2

2) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 66.7 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 11.1

1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 8 คน มีความเข้าใจถูกต้อง สมบูรณ์ ในประเด็นที่ว่า “บุตรชายมีผิวขาวหรือผิวสองสี ผมหยักศก ตาชั้นเดียว และมีสันจมูก” โดยนักเรียนวาดภาพลักษณะของบุตรชายครอบครัวนี้ได้ถูกต้อง คือ วาดผิวขาวหรือผิวสองสี ผมหยักศก ตาชั้นเดียว และมีสันจมูก (ภาพที่ 4.6ก) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียนไม่อธิบายว่า“ลักษณะทางพันธุกรรมที่แสดงออกในบุตรชายนั้นได้มาจากพ่อและแม่ขึ้นอยู่กับยีน”

2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 24 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

2.1) กลุ่มที่วาดภาพถูกต้อง นักเรียนทั้ง 24 คน วาดภาพแสดงลักษณะของบุตรชายครอบครัวนี้ได้ถูกต้อง โดยวาดผิวขาวหรือผิวสองสี ผมหยักศก ตาชั้นเดียว และมีสันจมูก (ภาพที่ 4.6ข)

2.2) กลุ่มที่อธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 15 คน อธิบายลักษณะสีผิวไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “บุตรชายมีผิวขาวหรือผิวสองสี เพราะเป็นลักษณะด้อยทั้งสอง และไม่อธิบายว่าได้ลักษณะสีผิวมาจากใคร” นักเรียน 15 คน อธิบายลักษณะเส้นผมไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “บุตรชายมีผมหยักศก แต่ไม่อธิบายว่าได้ลักษณะเส้นผมมาจากใคร” นักเรียน 13 คน อธิบายลักษณะตาไม่ถูกต้อง โดยนักเรียน 1 คน อธิบายว่า “บุตรชายมีตาสองชั้น” และนักเรียนอีก 12 คน อธิบายว่า “บุตรชายมีตาชั้นเดียว แต่ไม่อธิบายว่าได้ลักษณะตามาจากใคร” นักเรียน 13 คน อธิบายลักษณะสันจมูกไม่ถูกต้อง โดยนักเรียน 12 คน อธิบายว่า “บุตรชายมีสันจมูก แต่ไม่อธิบายว่าได้ลักษณะสันจมูกมาจากใคร”ขณะที่นักเรียนอีก 1 คน อธิบายว่า “บุตรชายไม่มีสันจมูก ได้รับการถ่ายทอดมาจากพ่อ” และนักเรียน 1 คน อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “ลักษณะที่แสดงออกในบุตรชายนั้นได้มาจากพ่อมากกว่าแม่ เพราะถ่ายทอดจากชายสู่ชาย”

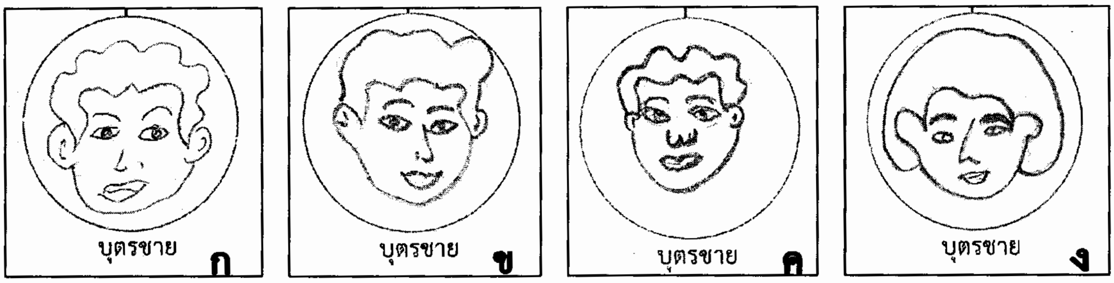
3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 4 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดไม่ครบทุกประเด็นคำตอบ ซึ่งมีประเด็นที่ไม่ถูกต้องและไม่ได้กล่าวถึง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 3 กลุ่ม คือ

3.1) กลุ่มวาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียน 3 คน มีความเข้าใจไม่ถูกต้องในประเด็นลักษณะสันจมูก โดยวาดภาพบุตรชายไม่มีสันจมูก (ภาพที่ 4.6ค) และนักเรียน 1 คน มีความเข้าใจไม่ถูกต้องในประเด็นลักษณะเส้นผม โดยวาดภาพบุตรชายมีเส้นผมตรง (ภาพที่ 4.6ง)

3.2) กลุ่มอธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน อธิบายลักษณะสีผิวไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “สีผิวได้จากพ่อ” นักเรียน 2 คน อธิบายลักษณะเส้นผมไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า

"บุตรชายมีผมตรงเหมือนพ่อ" นักเรียน 2 คน อธิบายลักษณะตาไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า "บุตรชายมีตาเหมือนพ่อคนเดียว" นักเรียน 1 คน อธิบายลักษณะสันจมูกไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า "บุตรชายได้ลักษณะจมูกจากแม่"และนักเรียน 3 คน อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า "ลักษณะทางพันธุกรรมที่แสดงออกในบุตรชายนั้นได้พ่อมากกว่าแม่ เพราะถ่ายทอดจากชายสู่ชาย"

3.3) ประเด็นที่ไม่ได้แสดงแบบจำลองทางความคิด นักเรียน 3 คน ไม่ได้แสดงแบบจำลองทางความคิดในประเด็นที่ว่า "บุตรชายมีผิวขาวหรือผิวสองสี ได้รับการถ่ายทอดจากพ่อหรือแม่" นักเรียน 2 คน ไม่ได้แสดงแบบจำลองทางความคิดในประเด็นที่ว่า "บุตรชายมีผมหยักศกได้รับการถ่ายทอดจากพ่อและแม่" นักเรียน 2 คน ไม่ได้แสดงแบบจำลองทางความคิดในประเด็นที่ว่า "บุตรชายมีตาชั้นเดียว ได้รับการถ่ายทอดจากพ่อและแม่" นักเรียน 3 คน ไม่ได้แสดงแบบจำลองทางความคิดในประเด็นที่ว่า "บุตรชายมีสันจมูก ได้รับการถ่ายทอดจากแม่" และนักเรียน 1 คน ไม่ได้แสดงแบบจำลองทางความคิดในประเด็นที่ว่า "การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมขึ้นอยู่กับยีน"



ภาพที่ 4.6 ลักษณะของบุตรชาย (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
(ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง
(ค-ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

4.2.1.2 แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

จากข้อมูลที่กำหนดให้ "นายสมชายมีลักษณะเป็นคนผิวขาว ผมหยักศกตาชั้นเดียว และไม่มีสันจมูก นางสาวสมศรีมีลักษณะเป็นคนผิวสองสี ผมตรงจากการยืด ตาชั้นเดียวมีสันจมูก ต่อมาทั้งสองแต่งงานกัน และมีบุตรชาย 1 คน" ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมของบุตรชายครอบครัวนี้ว่าควรมีลักษณะอย่างไรได้บ้าง และลักษณะที่แสดงออกในบุตรชายได้มาจากใคร เพราะอะไร เมื่อให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม พบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 30.6 2) แบบจำลอง

ทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.8 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 66.7

1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง นักเรียน 11 คน วาดภาพและอธิบายลักษณะทางพันธุกรรมที่แสดงออกในบุตรชายของครอบครัวนี้ได้ถูกต้อง โดยวาดภาพและอธิบายว่า "บุตรชายเป็นคนผิวขาวหรือผิวสองสี ผมหยักศก ตาชั้นเดียว และมีสันจมูก โดยบุตรชายได้ลักษณะสีผิวมาจากพ่อหรือแม่ ลักษณะเส้นผม มาจากพ่อ ลักษณะตา มาจากพ่อและแม่ และลักษณะสันจมูกมาจากแม่ เนื่องจากลักษณะต่าง ๆ ทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดไปยังบุตรชายขึ้นอยู่กับยีนที่เป็นสารพันธุกรรมซึ่งอยู่ในโครโมโซม โดยถ่ายทอดมาจากพ่อและแม่ ซึ่งลักษณะนั้น ๆ อาจแสดงออกหรือไม่แสดงออกในแต่ละรุ่นก็ได้ (ภาพที่ 4.7ก)

2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 1 คน มีความเข้าใจถูกต้อง สมบูรณ์ ในประเด็นที่ว่า "บุตรชายมีผิวขาวหรือผิวสองสี ผมหยักศก ตาชั้นเดียว และมีสันจมูก" โดยนักเรียนวาดภาพลักษณะของบุตรชายครอบครัวนี้ได้ถูกต้อง คือ วาดผิวขาวหรือผิวสองสี ผมหยักศก ตาชั้นเดียว และมีสันจมูก (ภาพที่ 4.7ข) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียนไม่อธิบายลักษณะบุตรชายว่า "มีลักษณะผิวขาวหรือผิวสองสี ถ่ายทอดมาจากพ่อหรือแม่ ผมหยักศก ถ่ายทอดมาจากพ่อ-แม่ ตาชั้นเดียว ถ่ายทอดมาจากพ่อ-แม่ และมีสันจมูก ถ่ายทอดมาจากแม่"

3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 24 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่วาดภาพถูกต้อง นักเรียนทั้ง 24 คน วาดภาพลักษณะของบุตรชายครอบครัวนี้ได้ถูกต้อง คือ วาดผิวขาวหรือผิวสองสี ผมหยักศก ตาชั้นเดียว และมีสันจมูก (ภาพที่ 4.7ค) แต่อธิบายไม่ถูกต้อง ดังนี้ นักเรียน 9 คน อธิบายลักษณะสีผิวไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า "บุตรชายมีผิวขาวหรือผิวสองสี เพราะเป็นลักษณะด้อยทั้งสอง และไม่อธิบายว่าได้ลักษณะสีผิวมาจากใคร" นักเรียน 17 คน อธิบายลักษณะเส้นผมไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า "บุตรชายมีผมหยักศก แต่ไม่อธิบายว่าได้ลักษณะเส้นผมมาจากใคร" นักเรียน 14 คน อธิบายลักษณะตาไม่ถูกต้อง โดยนักเรียน 1 คน อธิบายว่า "บุตรชายมี ตาสองชั้น" และนักเรียนอีก 13 คน อธิบายว่า "บุตรชายมีตาชั้นเดียว แต่ไม่อธิบายว่าได้ลักษณะตามาจากใคร" นักเรียน 8 คน อธิบายลักษณะสันจมูกไม่ถูกต้อง โดยนักเรียน 12 คน อธิบายว่า "บุตรชายมีสันจมูก แต่ไม่อธิบายว่าได้ลักษณะสันจมูกมาจากใคร" ขณะที่นักเรียนอีก 1 คน อธิบายว่า "บุตรชายไม่มีสันจมูก ได้รับการถ่ายทอดมาจากพ่อ" และนักเรียน 1 คน อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า "ลักษณะที่แสดงออกในบุตรชายนั้นได้มาจากพ่อมากกว่าแม่ เพราะถ่ายทอดจากชายสู่ชาย"

ภาพที่ 4.7 ลักษณะของบุตรชาย (หลังเรียน)

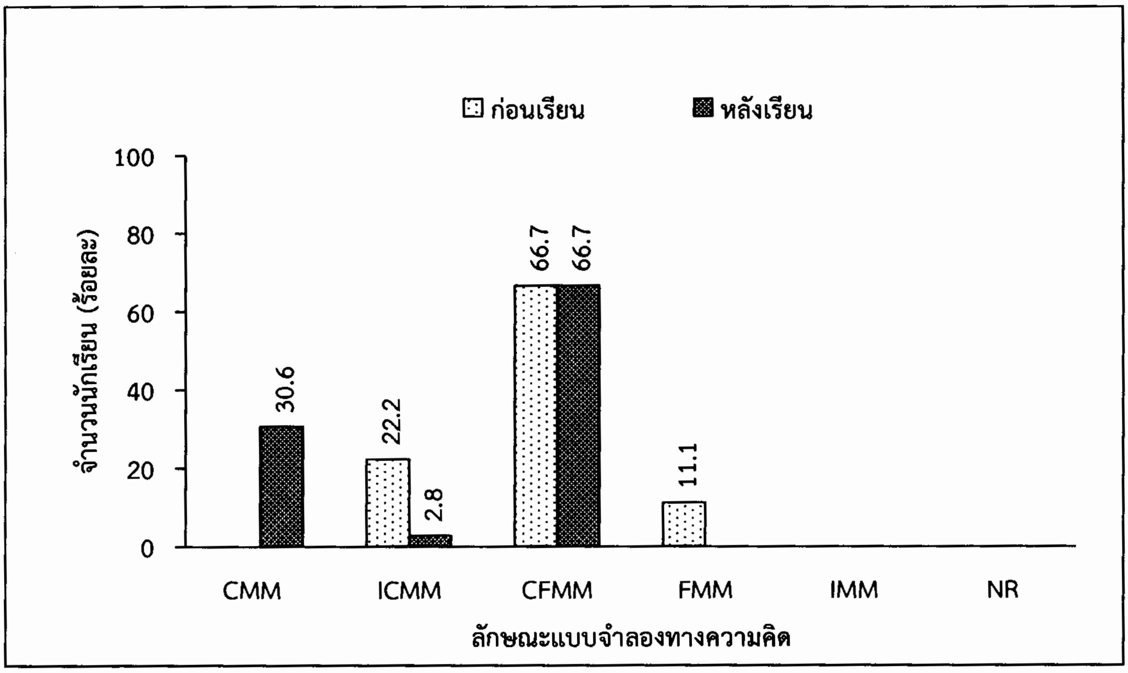
หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ค) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

4.2.1.3 เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 66.7 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 22.2 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 11.1 โดยไม่พบนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 30.6 และยังพบว่านักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 2.8 (ภาพที่ 4.8)



ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง

NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.2.2 โครโมโซมและสารพันธุกรรม

4.2.2.1 แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

"ในนิวเคลียสมีโครโมโซม และในโครโมโซมประกอบด้วยดีเอ็นเอ โปรตีน ฮิสโตน ซึ่งส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอมียีนเป็นองค์ประกอบ" จากคำกล่าวข้างต้น นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของนิวเคลียส โครโมโซม ดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน และยีน พร้อมทั้งอธิบายรายละเอียด พบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 13.9 2) แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 75 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 11.1

1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 5 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า "เห็นด้วยกับข้อความที่กล่าวว่า ในนิวเคลียสมีโครโมโซม" โดยวาดภาพโครโมโซมอยู่ภายในนิวเคลียส ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียนทั้ง 5 คน ไม่วาดภาพแสดงโครโมโซมประกอบด้วยดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน ซึ่งส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอมียีนเป็นองค์ประกอบ และไม่อธิบายว่า "ส่วนหนึ่งของ DNA มียีนเป็นองค์ประกอบ" (ภาพที่ 4.9ก)

2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 24 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

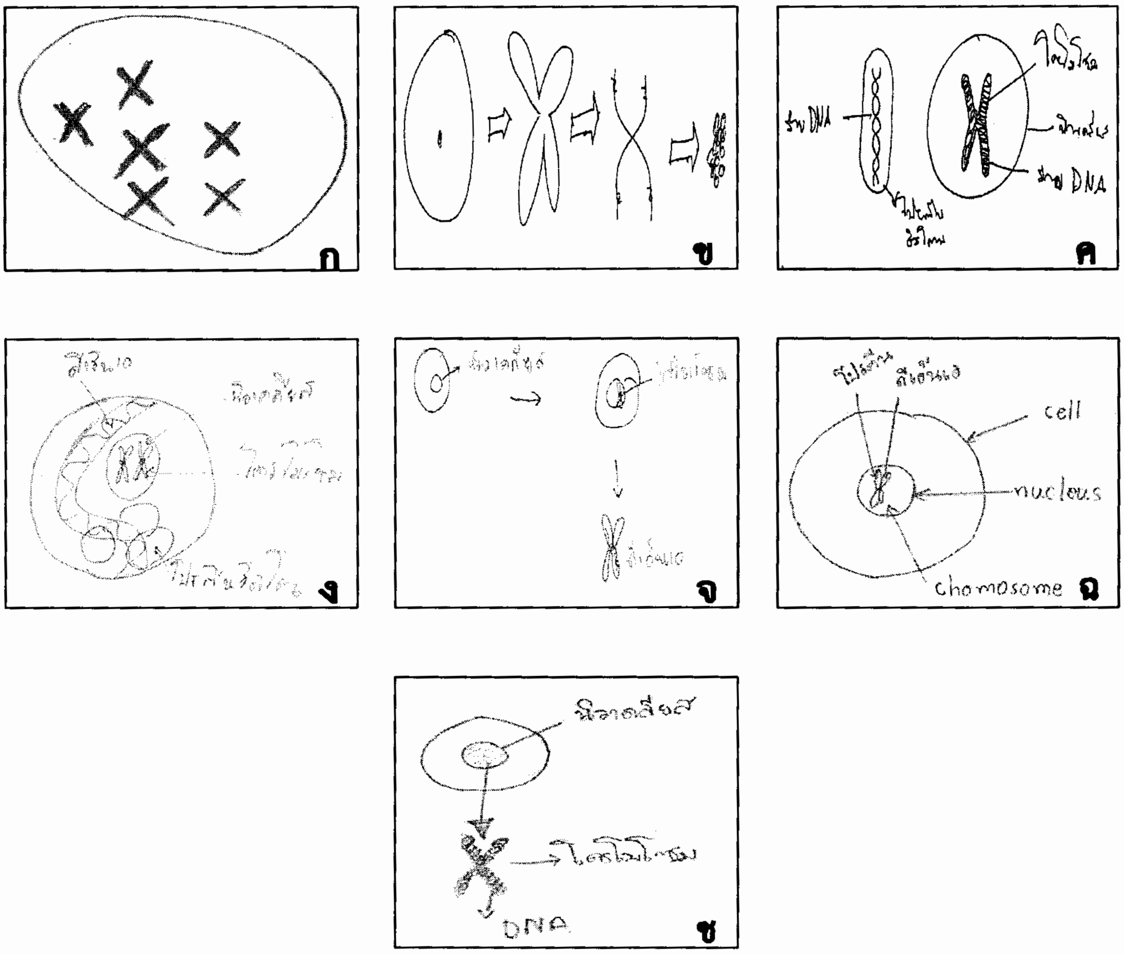
2.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียน 9 คน วาดภาพแสดงความสัมพันธ์ของนิวเคลียส โครโมโซม ดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน และยีน ไม่ถูกต้อง โดยวาดลูกศรแสดงความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง (ภาพที่ 4.9ข) วาดภาพโปรตีนฮิสโตนล้อมรอบดีเอ็นเอ (ภาพที่ 4.9ค) วาด ดีเอ็นเออยู่นอกนิวเคลียส (ภาพที่ 4.9 ง) วาดภาพโครโมโซมแต่เขียนกำกับว่าคือดีเอ็นเอ (ภาพที่ 4.9จ)

2.2) กลุ่มที่อธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 22 คน มีความเข้าใจไม่ถูกต้องในประเด็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของนิวเคลียส โครโมโซม ดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน และยีน โดยไม่ตอบว่า "เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับข้อความที่กล่าวว่า ในนิวเคลียสมีโครโมโซม และในโครโมโซมประกอบด้วยดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน ซึ่งส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอมียีนเป็นองค์ประกอบ" และอธิบายว่า "ในนิวเคลียสมีโครโมโซมในโครโมโซมมีดีเอ็นเอเท่านั้น"

3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 4 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดไม่ครบทุกประเด็นคำตอบ ซึ่งมีประเด็นที่ไม่ถูกต้องและไม่ได้กล่าวถึง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ

3.1) กลุ่มวาดภาพและอธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 4 คน มีความเข้าใจไม่ถูกต้องในประเด็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของนิวเคลียส โครโมโซม ดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน และยีน โดยนักเรียนวาดภาพแสดงความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง (ภาพที่ 4.9ฉ) และอธิบายไม่ถูกต้อง ซึ่งอธิบายว่า "ไม่เห็นด้วยกับข้อความที่กล่าวว่า ในนิวเคลียสมีโครโมโซม และในโครโมโซมประกอบด้วยดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน ซึ่งส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอมียีนเป็นองค์ประกอบ เพราะในนิวเคลียสมีโครโมโซม และในโครโมโซมประกอบด้วยดีเอ็นเอ แต่ไม่มีโปรตีนฮิสโตน" (ภาพที่ 4.9ช)

3.2) ประเด็นที่ไม่ได้แสดงแบบจำลองทางความคิด นักเรียนทั้ง 4 คน ไม่ได้แสดงแบบจำลองทางความคิดในประเด็นที่ว่า "เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับข้อความที่กล่าวว่า ในนิวเคลียสมีโครโมโซม และในโครโมโซมประกอบด้วยดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน ซึ่งส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอมียีนเป็นองค์ประกอบ"



ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของนิวเคลียส โครโมโซม โปรตีนฮิสโตน และยีน (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ข-จ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

(ฉ-ช) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

4.2.2.2 แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

"ในนิวเคลียสมีโครโมโซม และในโครโมโซมประกอบด้วยดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน ซึ่งส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอมียีนเป็นองค์ประกอบ" จากคำกล่าวข้างต้น นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของนิวเคลียส โครโมโซม ดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน และยีน พร้อมทั้งอธิบายรายละเอียด พบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 55.6 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 13.9 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 30.6

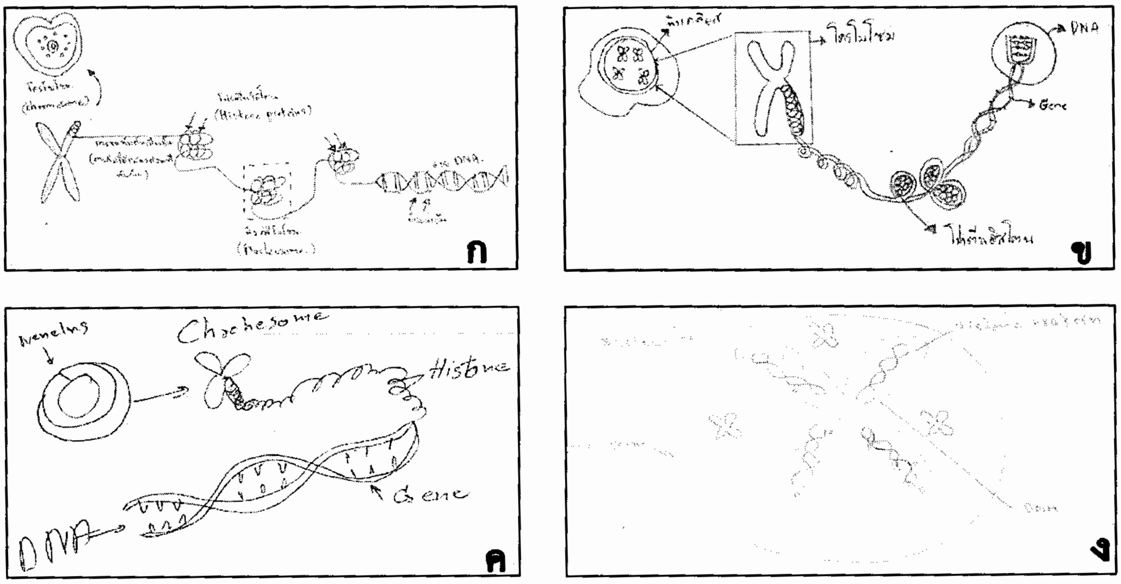
1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 20 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของนิวเคลียส โครโมโซม ดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน และยีนได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “เห็นด้วยกับข้อความที่กล่าวว่า ในนิวเคลียสมีโครโมโซม และในโครโมโซมประกอบด้วยดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน ซึ่งส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอมียีนเป็นองค์ประกอบ” (ภาพที่ 4.10ก)

2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 5 คน มีความเข้าใจมีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “เห็นด้วยกับข้อความที่กล่าวว่า ในนิวเคลียสมีโครโมโซม และในโครโมโซมประกอบด้วยดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน ซึ่งส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอมียีนเป็นองค์ประกอบ” โดยนักเรียนวาดภาพแสดงความสัมพันธ์ของนิวเคลียส โครโมโซม ดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน และยีน ได้ถูกต้อง (ภาพที่ 4.10ข) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 1 คน ไม่อธิบายว่า “ในนิวเคลียสมีโครโมโซม” นักเรียน 1 คน ไม่อธิบายว่า “ในโครโมโซมมีดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน” และนักเรียน 5 คน ไม่อธิบายว่า “ส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอมียีนเป็นองค์ประกอบ”

3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 11 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

3.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียน 10 คน วาดภาพแสดงความสัมพันธ์ของนิวเคลียส โครโมโซม ดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน และยีน ไม่ถูกต้อง โดยวาดลูกศรแสดงความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง (ภาพที่ 4.10ค) วาดภาพโครโมโซมแต่เขียนกำกับว่าคือดีเอ็นเอ และวาดภาพดีเอ็นเอแต่เขียนกำกับว่าคือโปรตีนฮิสโตน (ภาพที่ 4.10ง)

3.2) กลุ่มที่อธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 3 คน มีความเข้าไม่ถูกต้องในประเด็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของดีเอ็นและยีน โดยไม่อธิบายว่า “ส่วนหนึ่งของ DNA มียีนเป็นองค์ประกอบ”



ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ของนิวเคลียส โครโมโซม โปรตีนฮิสโตน และยีน (หลังเรียน)

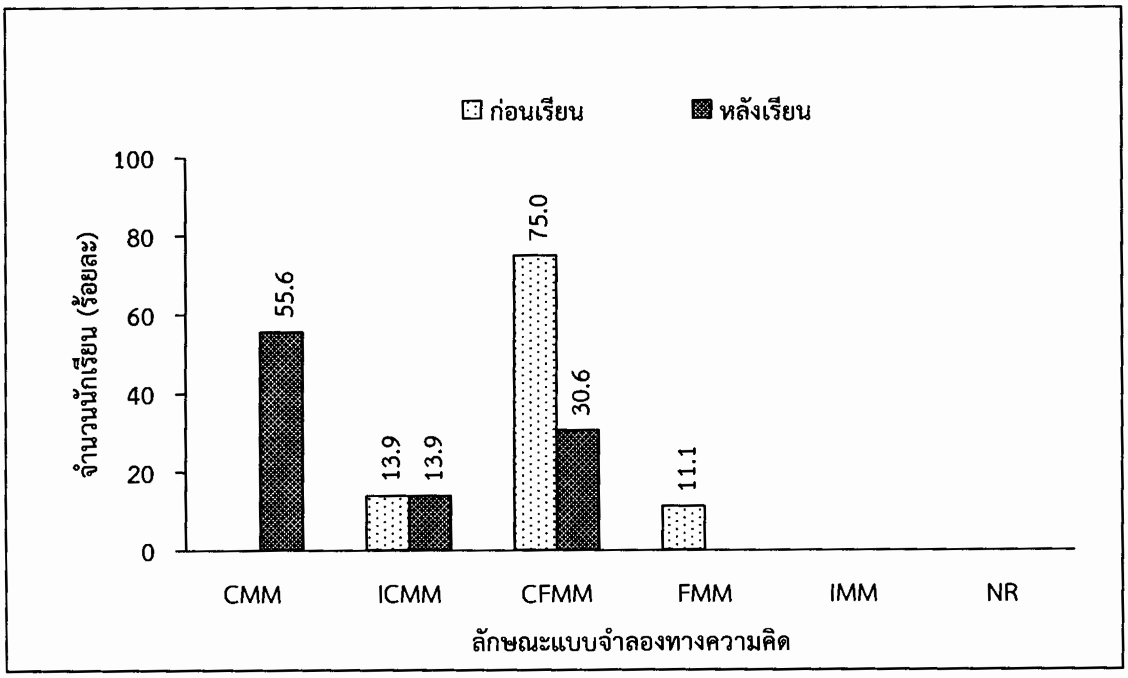
หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ค-ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

4.2.2.3 เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 75.0 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 13.9 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 11.1 โดยไม่พบนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้นที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.6 และนอกจากนี้ยังมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 30.6 (ภาพที่ 4.11)



ภาพที่ 4.11 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง

NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.2.3 การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์

4.2.3.1 แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

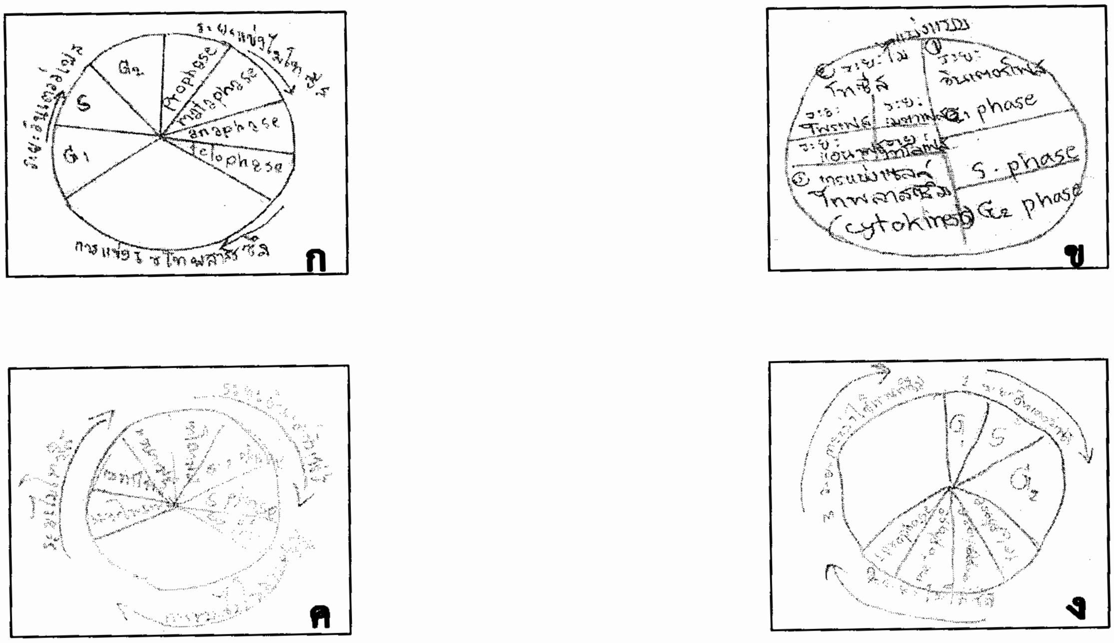
ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับวัฏจักรของเซลล์ (Cell cycle) จากข้อมูลที่กำหนดให้ โดยวาดแผนภาพเรียงลำดับขั้นตอนของกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งอธิบายรายละเอียด พบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.8 2) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 13.9 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 83.3

1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 1 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายวัฏจักรของเซลล์ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “วัฏจักรของเซลล์เริ่มตั้งแต่ระยะที่เซลล์เตรียมพร้อมจะ

แบ่งเซลล์ คือ ระยะอินเตอร์เฟสจนถึงระยะการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสจนไปสิ้นสุดที่การแบ่งไซโทพลาสซึม” (ภาพที่ 4.12ก)

2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 5 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 5 คน วาดภาพเรียงลำดับขั้นตอนวัฏจักรของเซลล์ไม่ถูกต้อง (ภาพที่ 4.12ข) แต่อธิบายลำดับขั้นตอนวัฏจักรของเซลล์ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “วัฏจักรของเซลล์เริ่มระยะอินเตอร์เฟสถึงระยะการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสจนไปสิ้นสุดที่การแบ่งไซโทพลาสซึมตามลำดับ”

3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 30 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดไม่ครบทุกประเด็นคำตอบ ซึ่งมีประเด็นที่ไม่ถูกต้องและไม่ได้แสดงแบบจำลองทางความคิด โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ กลุ่มวาดภาพไม่ถูกต้องและอธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 30 คน วาดภาพเรียงลำดับขั้นตอนวัฏจักรของเซลล์ไม่ถูกต้อง เช่น วาดภาพเรียงลำดับเริ่มจากระยะอินเตอร์เฟส การแบ่งไซโทพลาสซึม และระยะไมโทซิส (ภาพที่ 4.12ค) วาดภาพแสดงระยะย่อยของระยะไมโทซิสไม่ถูกต้อง โดยเรียงจากระยะเทโลเฟส ระยะแอนาเฟส ระยะเมตาเฟส ระยะโพรเฟส (ภาพที่ 4.12ง) และนักเรียน อธิบายเรียงลำดับขั้นตอนของจักรของเซลล์ไม่ถูกต้อง เช่น อธิบายว่า “วัฏจักรของเซลล์ เริ่มจากระยะไมโทซิส ระยะอินเตอร์เฟส และการแบ่งไซโทพลาสซึมตามลำดับ” หรืออธิบายว่า “วัฏจักรของเซลล์ เริ่มจากการแบ่งไซโทพลาสซึม ระยะไมโทซิส และระยะอินเตอร์เฟส ตามลำดับ”



ภาพที่ 4.12 วัฏจักรของเซลล์ (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

(ค-ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

4.2.3.2 แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับวัฏจักรของเซลล์ (Cell cycle) จากข้อมูลที่กำหนดให้ โดยวาดแผนภาพเรียงลำดับขั้นตอนของกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งอธิบายรายละเอียด พบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 63.9 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 16.7 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 19.4

1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 23 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายวัฏจักรของเซลล์ถูกต้อง โดยอธิบายว่า "วัฏจักรของเซลล์เริ่มตั้งแต่ระยะที่เซลล์เตรียมพร้อมจะแบ่งเซลล์ คือ ระยะอินเตอร์เฟสจนถึงระยะการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสจนไปสิ้นสุดที่การแบ่งไซโทพลาสซึม" (ภาพที่ 4.13ก)

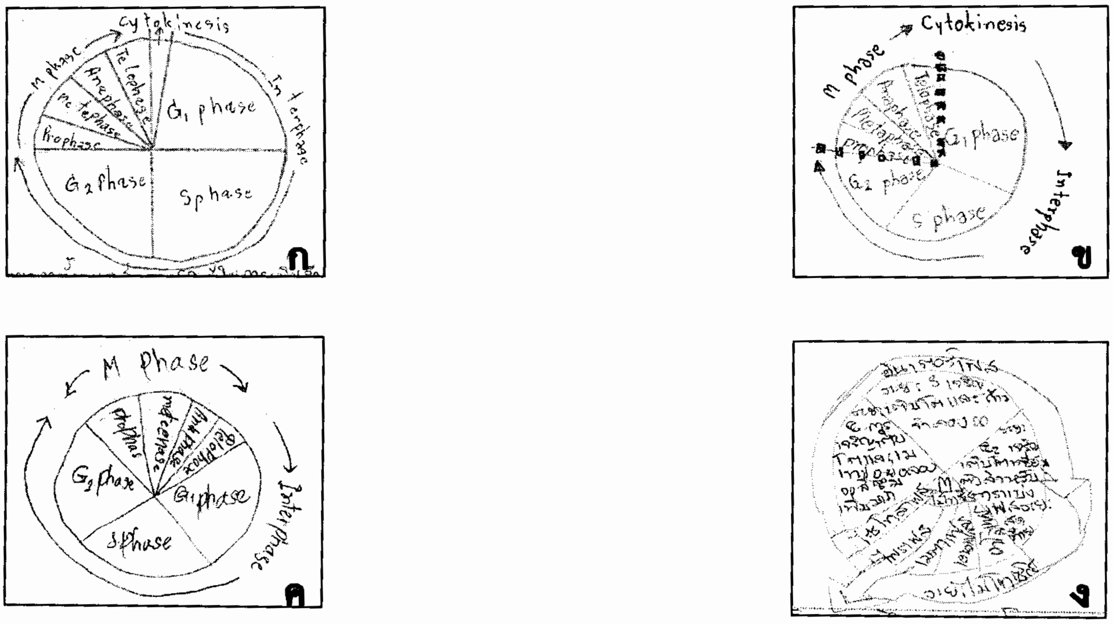
2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 6 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า "วัฏจักรของเซลล์เริ่มตั้งแต่ระยะอินเตอร์เฟสจนถึงระยะการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และไปสิ้นสุดที่การแบ่งไซโทพลาสซึม" โดยนักเรียนทั้ง 6 คน วาดภาพ

เรียงลำดับขั้นตอนวัฏจักรของเซลล์ได้ถูกต้อง (ภาพที่ 4.13ข) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 5 คน ไม่อธิบายในประเด็นที่ว่า “วัฏจักรของเซลล์เริ่มตั้งแต่ระยะอินเตอร์เฟสจนถึงระยะการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสจนไปสิ้นสุดที่การแบ่งไซโทพลาสซึม”

3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 7 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

3.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียน 4 คน มีความเข้าไม่ถูกต้องเกี่ยวกับวัฏจักรของเซลล์ โดยวาดภาพเรียงลำดับขั้นตอนวัฏจักรของเซลล์ไม่ถูกต้อง เช่น วาดภาพลูกศรแสดงการเรียงลำดับระยะไมโทซิสไม่ถูกต้องและไม่แสดงการแบ่งไซโทพลาสซึม (ภาพที่ 4.13ค) วาดภาพแสดงระยะย่อยของระยะไมโทซิสไม่ถูกต้อง โดยเรียงจากระยะเทโลเฟส ระยะแอนาเฟส ระยะเมตาเฟส ระยะโพรเฟส (ภาพที่ 4.13ง)

3.2) กลุ่มที่อธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 2 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับลำดับขั้นตอนวัฏจักรของเซลล์ โดยอธิบายว่า “วัฏจักรของเซลล์เริ่มจากการแบ่ง ไซโทพลาสซึมต่อด้วยระยะการแบ่งแบบไมโทซิส”



ภาพที่ 4.13 วัฏจักรของเซลล์ (หลังเรียน)

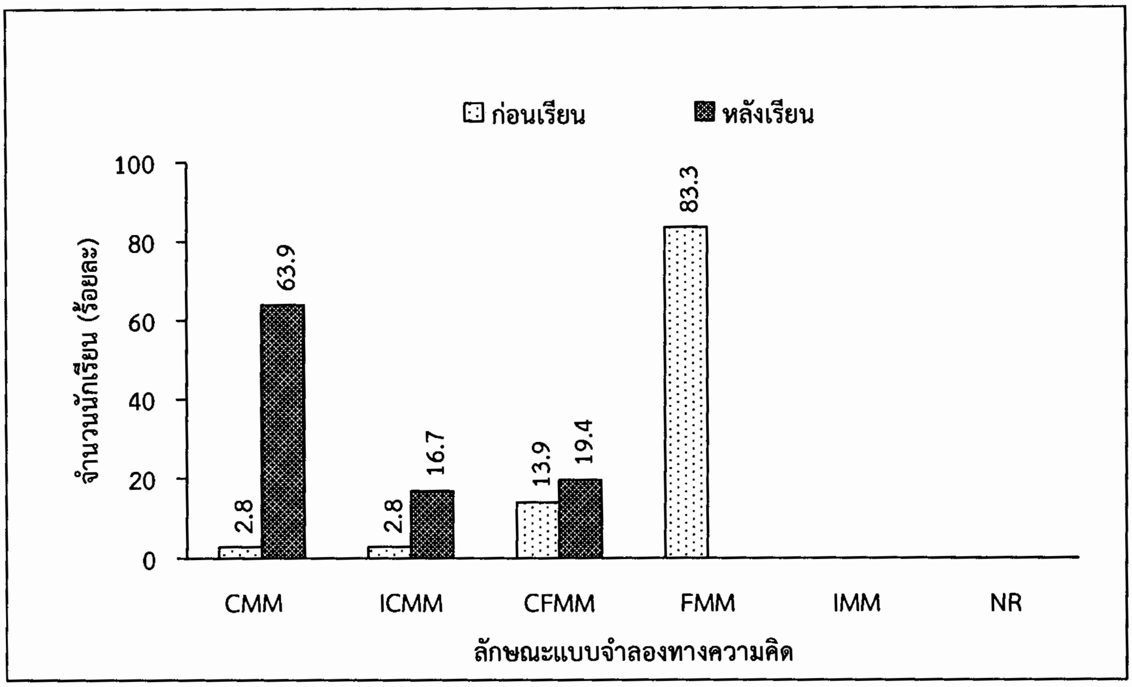
หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ค-ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

4.2.3.3 เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์ พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 83.3 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 13.9 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนเพียง ร้อยละ 2.8 เท่านั้นที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) แต่หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 63.9 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 16.7 (ภาพที่ 4.14)



ภาพที่ 4.14 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง
ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง
FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง
IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง
NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.2.4 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

เมื่อให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส โดยวาดภาพระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของเซลล์พืชจากการใช้แบบจำลองโครโมโซม (Chromosome Simulation) ซึ่งกำหนดให้จำนวนชุดโครโมโซม 2n = 4 พร้อมเขียนอธิบายลักษณะสำคัญในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส พบว่า

4.2.4.1 ระยะอินเตอร์เฟส

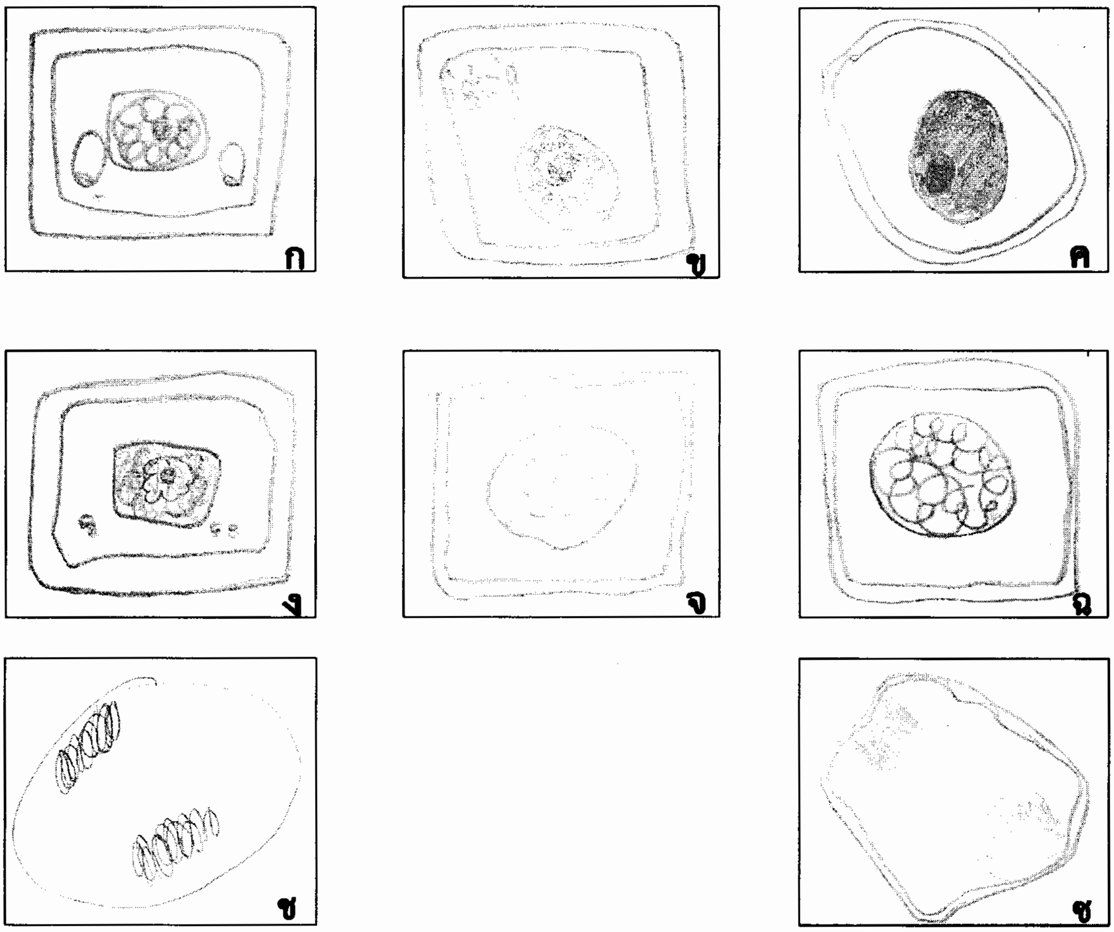
1) แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.6 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 75 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 19.4

1.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 2 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะอินเตอร์เฟสได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “โครโมโซมคลายตัวอยู่ในรูปของเส้นใยโครมาทิน มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส มีนิวคลีโอลัส และมีเซนโทรโซม 2 ชุด” (ภาพที่ 4.15ก)

1.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 27 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะอินเตอร์เฟส โดยนักเรียนทั้ง 27 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “โครโมโซมคลายตัวอยู่ในรูปของเส้นใยโครมาทิน และมี เยื่อหุ้มนิวเคลียส” (ภาพที่ 4.15ข) นักเรียน 5 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะอินเตอร์เฟสมีนิวคลีโอลัส” โดยนักเรียนวาดภาพแสดงนิวคลีโอลัสในนิวเคลียส (ภาพที่ 4.15ค) นักเรียน 4 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะอินเตอร์เฟส มีเซนโทรโซม 2 ชุด” (ภาพที่ 4.15ง) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 12 คน ไม่วาดภาพและไม่อธิบายเกี่ยวกับนิวคลีโอลัส (ภาพที่ 4.15จ) และนักเรียน 8 คน ไม่วาดภาพและไม่อธิบายเกี่ยวกับเซนโทรโซม 2 ชุด (ภาพที่ 4.15ฉ)

1.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 7 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดครบทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง โดยนักเรียน 3 คน วาดภาพระยะอินเตอร์เฟสไม่มี เยื่อหุ้มนิวเคลียส ไม่มีนิวคลีโอลัส และไม่มีเซนโทรโซม (ภาพที่ 4.15ช) และนักเรียน 7 คน วาดภาพโครมาทินไม่ถูกต้อง (ภาพที่ 4.15ซ)



ภาพที่ 4.15 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะอินเตอร์เฟส (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข-ฉ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

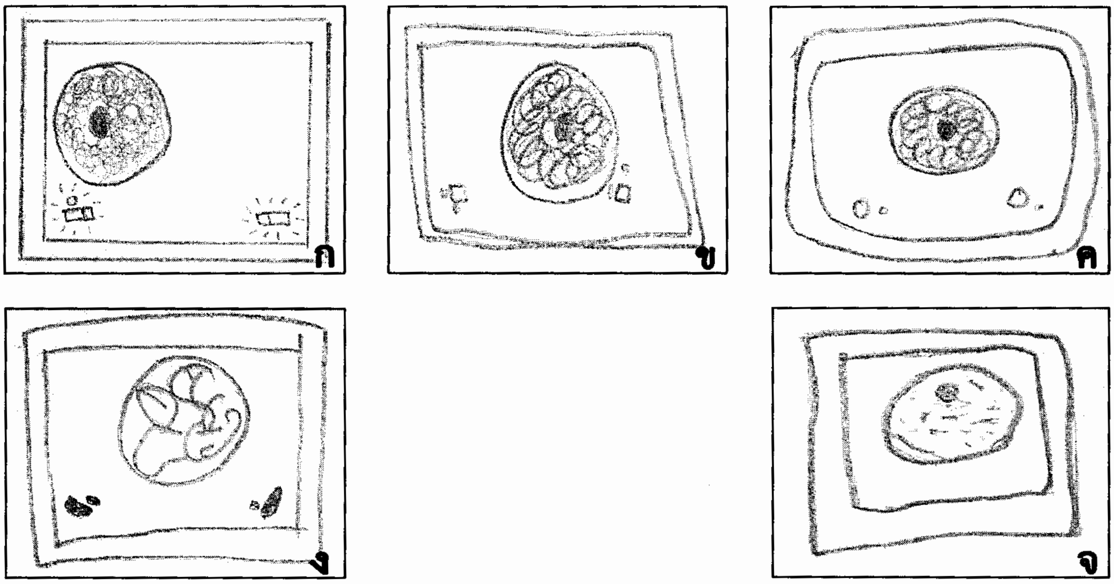
(ช-ซ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

2) แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน 2 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 33.3 และ 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 66.7

2.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 12 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะอินเตอร์เฟสได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “โครโมโซมคลายตัวอยู่ในรูปของเส้นใยโครมาทิน มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส มีนิวคลีโอลัส และมีเซนโทรโซม 2 ชุด” (ภาพที่ 4.16ก)

2.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 24 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะอินเตอร์เฟส โดยนักเรียนทั้ง 24 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “โครโมโซมคลายตัวอยู่ในรูปของเส้นใยโครมาทิน และมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส” (ภาพที่ 4.16ข) นักเรียน 23 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะอินเตอร์เฟส มีนิวคลีโอลัส” โดยวาดภาพแสดงนิวคลีโอลัสในนิวเคลียส (ภาพที่ 4.16ค) นักเรียน 21 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะอินเตอร์เฟสมีเซนโทรโซม 2 ชุด” (ภาพที่ 4.16ง) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึงคือ นักเรียน 3 คน ไม่วาดภาพแสดงเซนโทรโซม 2 ชุด (ภาพที่ 4.16จ)



ภาพที่ 4.16 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะอินเตอร์เฟส (หลังเรียน)

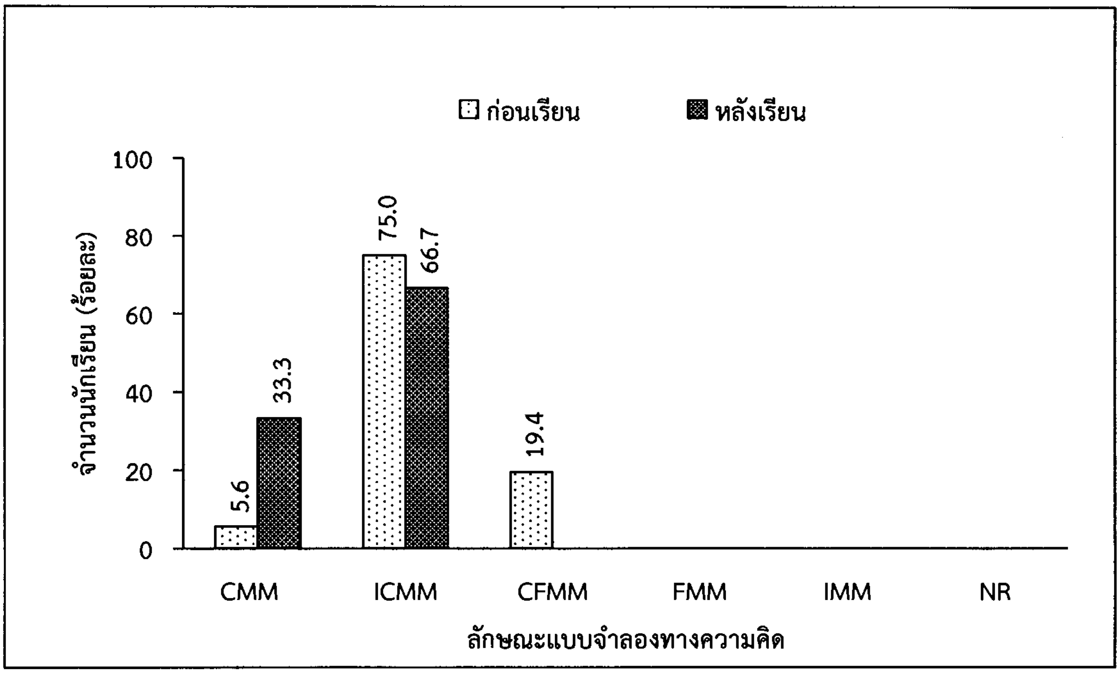
หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข-จ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

3) เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะอินเตอร์เฟส พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 75.0 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 19.4 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนเพียงร้อยละ 5.6 เท่านั้นที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) แต่หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมี

แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 33.3 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 66.7 (ภาพที่ 4.17)



ภาพที่ 4.17 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะอินเตอร์เฟส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง
ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง
FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง
IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง
NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.2.4.2 ระยะโพรเฟส

1) แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.8 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 50 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 47.2

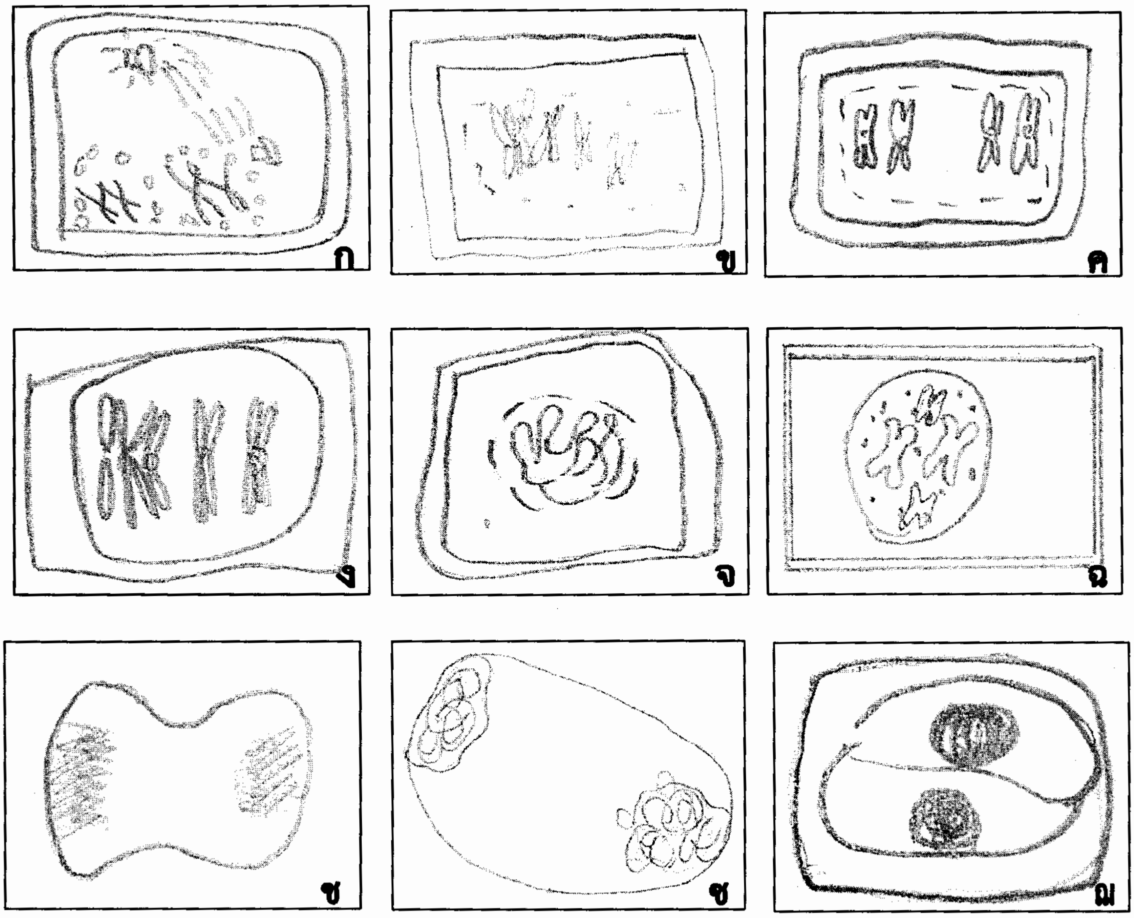
1.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 1 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะโพรเฟสได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “โครโมโซมชัดเจน เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มสลาย เซนโทรโซมเริ่มแยกออกจากกันและมีการสร้างเส้นใยสปินเดิล” (ภาพที่ 4.18ก)

1.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 18 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะโพรเฟส โดยนักเรียน 16 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะโพรเฟสเริ่มมีการสลายของเยื่อหุ้มนิวเคลียส” โดยวาดภาพแสดงการสลายของเยื่อหุ้มนิวเคลียส (ภาพที่ 4.18ข) นักเรียน 5 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะโพรเฟสไม่มีนิวคลีโอลัส” โดยไม่วาดภาพนิวคลีโอลัสในนิวเคลียส (ภาพที่ 4.18ค) และนักเรียนทั้ง 18 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะโพรเฟสเริ่มเห็นโครโมโซมชัดเจน” (ภาพที่ 4.18ง) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึงคือ นักเรียน 2 คน ไม่ได้แสดง นิวคลีโอลัส (ภาพที่ 4.18จ)

1.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 17 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

1.3.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียนวาดภาพแสดงลักษณะสำคัญในระยะโพรเฟสไม่ถูกต้อง โดยนักเรียน 16 คน วาดภาพระยะโพรเฟสที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส (ภาพที่ 4.18ฉ) นักเรียน 7 คน วาดภาพระยะโพรเฟสที่ไม่มีนิวคลีโอลัส และมีจำนวนเซลล์ 2 เซลล์ (ภาพที่ 4.18ช) นักเรียน 3 คน วาดภาพระยะโพรเฟสที่ไม่มีเซนโทรโซม และมีจำนวนเซลล์ 2 เซลล์ (ภาพที่ 4.18ซ) และนักเรียน 11 คน วาดภาพโครโมโซมไม่ถูกต้อง (ภาพที่ 4.18ฌ)

1.3.2) กลุ่มที่อธิบายไม่ถูกต้องนักเรียน จำนวน 1 คน อธิบายลักษณะโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “โครโมโซมมาเรียงตัวแนวเดียวกันในแนวกึ่งกลางเซลล์”



ภาพที่ 4.18 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะโพรเฟส (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข-จ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ฉ-ฌ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

2) แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 55.6 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 30.6 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 13.9

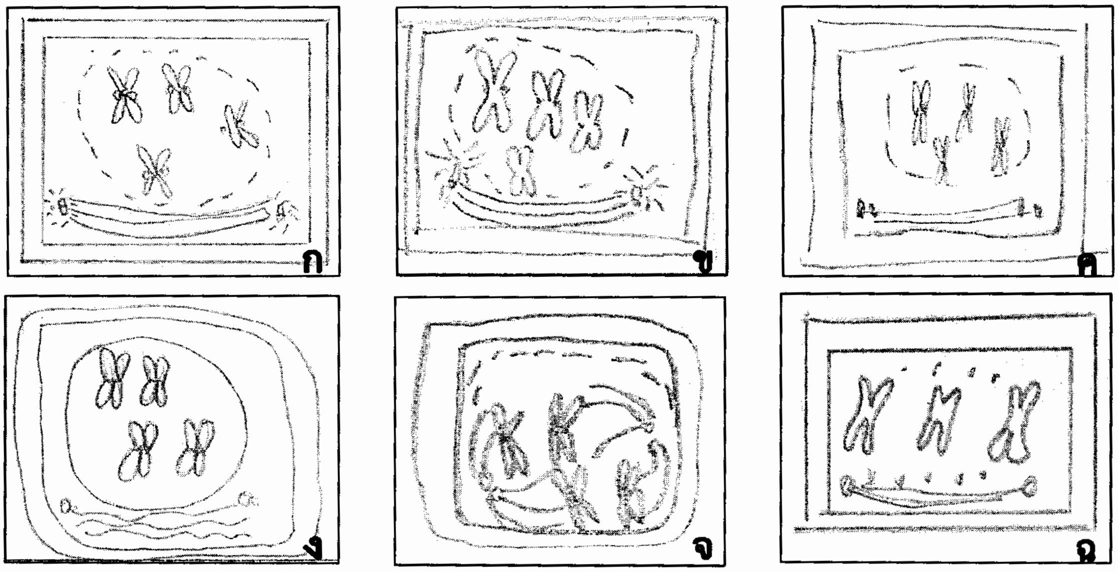
2.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 20 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะโพรเฟสได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “โครโมโซมชัดเจน เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มสลาย เซนโทรโซมเริ่มแยกออกจากกันและมีการสร้างเส้นใยสปินเดิล” (ภาพที่ 4.19ก)

2.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 11 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะโพรเฟส โดยนักเรียนทั้ง 11 คน มีความเข้าใจมีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะโพรเฟสมีโครโมโซมชัดเจน เยื่อหุ้มนิวเคลียสเริ่มสลาย เซนโทรโซมเริ่มแยกออกจากกันและมีการสร้างเส้นใยสปินเดิล” (ภาพที่ 4.19ข) นักเรียน 10 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะโพรเฟสนิวคลีโอลัสเริ่มสลาย” โดยวาดภาพไม่มีนิวคลีโอลัส (ภาพที่ 4.19ค) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 2 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะโพรเฟสนิวคลีโอลัสเริ่มสลาย”

2.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 5 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

2.3.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียนวาดภาพแสดงลักษณะสำคัญในระยะโพรเฟสไม่ถูกต้อง โดยนักเรียน 1 คน วาดภาพแสดงเยื่อหุ้มนิวเคลียส (ภาพที่ 4.19ง) นักเรียน 2 คน วาดภาพเซนโทรโซม จับที่เซนโทรเมียร์และดึงโครโมโซมไปเรียงตรงแนวกึ่งกลางเซลล์ (ภาพที่ 4.19จ) และนักเรียน1 คน วาดภาพจำนวนโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยวาด 3 โครโมโซม และเรียงในแนวกลางเซลล์ ซึ่งนักเรียนควรวาด 4 โครโมโซม (2n = 4) (ภาพที่ 4.19ฉ)

2.3.2) กลุ่มที่อธิบายไม่ถูกต้องนักเรียน จำนวน 1 คน อธิบายลักษณะโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “โครโมโซมมาเรียงตัวแนวเดียวกันในแนวกึ่งกลางเซลล์”



ภาพที่ 4.19 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะโพรเฟส (หลังเรียน)

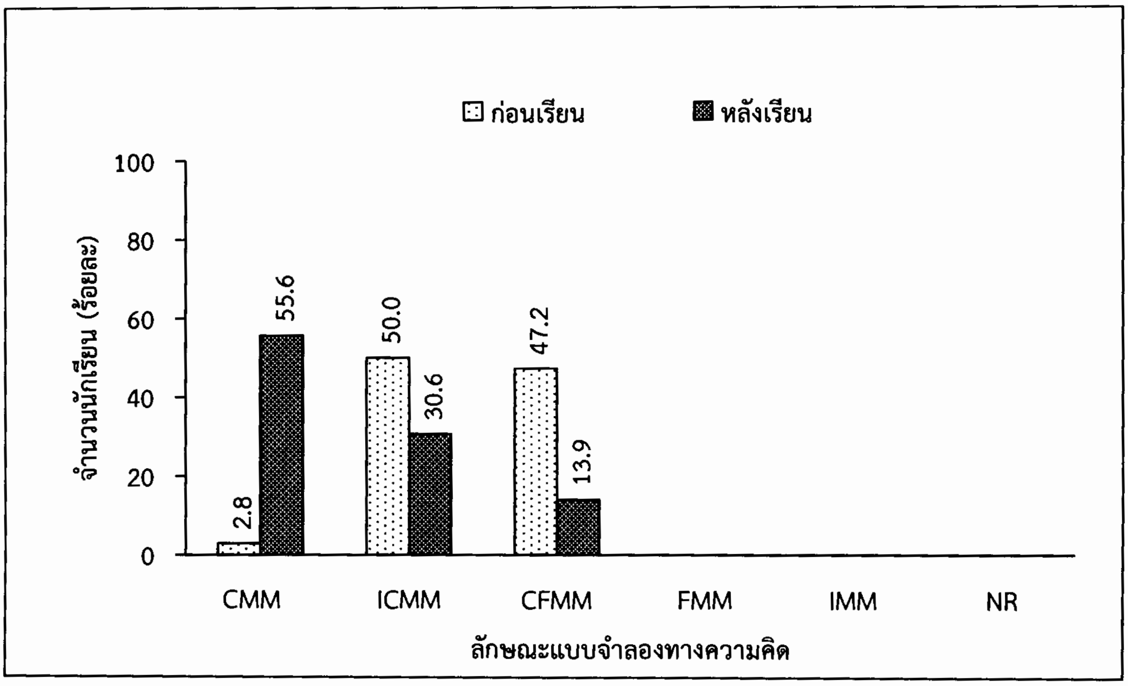
หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข-ค) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ง-ฉ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

3) เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะโพรเฟส พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 50.0 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 47.2 และมีนักเรียนเพียงร้อยละ 2.8 เท่านั้นที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) แต่หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.6 และนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 30.6 เช่นเดียวกับแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลงเหลือร้อยละ 13.9 (ภาพที่ 4.20)



ภาพที่ 4.20 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะโพรเฟส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง

NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.2.4.3 ระยะเมตาเฟส

1) แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 38.9 2) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 55.6 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.6

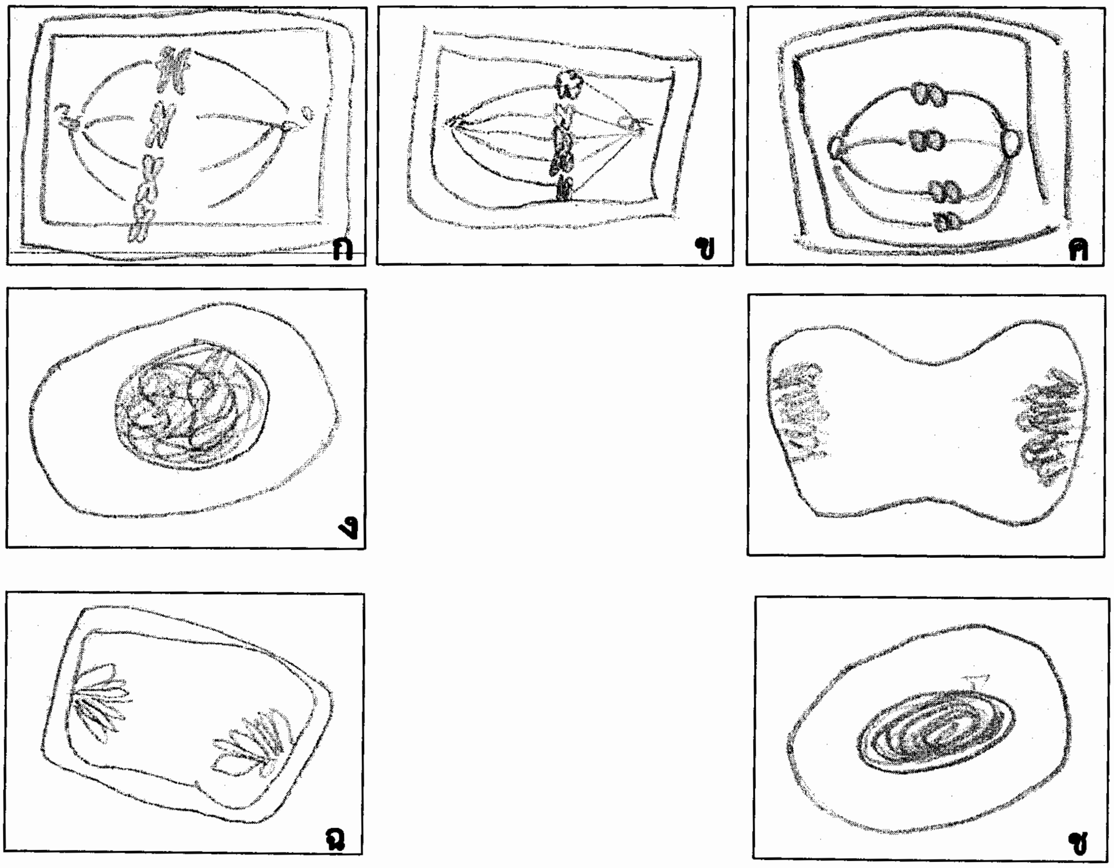
1.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 14 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเมตาเฟส โดยนักเรียนทั้ง 14 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะเมตาเฟส โครโมโซมจะมาเรียงอยู่ในแนวกึ่งกลางเซลล์ และไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส” (ภาพที่ 4.21ก) นักเรียน 5 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะเมตาเฟสไม่มีนิวคลีโอลัส” โดยวาดภาพระยะเมตาเฟสที่ไม่มีนิวคลีโอลัส (ภาพที่ 4.21ข) นักเรียน 6 คน มีความเข้าใจมีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะเมตาเฟสมีเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิลมาจับบริเวณเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม” (ภาพที่ 4.21ค) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 8 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะเมตาเฟส นิวคลีโอลัสเริ่มสลาย เซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิลมาจับบริเวณเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม”

1.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 20 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียนวาดภาพแสดงลักษณะสำคัญในระยะเมตาเฟสไม่ถูกต้องทุกประเด็นคำตอบ เช่น วาดภาพระยะเมตาเฟสที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส (ภาพที่ 4.21ง) วาดนิวคลีโอลัสและเซนโทรโซมไม่ถูกต้อง (ภาพที่ 4.21จ) และวาดภาพโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยวาดโครโมโซมแยกไปที่ขั้วของเซลล์ทั้งสองด้าน (ภาพที่ 4.21ฉ)

1.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 2 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดไม่ครบทุกประเด็นคำตอบ ซึ่งมีประเด็นที่ไม่ถูกต้องและไม่ได้กล่าวถึง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

1.3.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้องและอธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 2 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญในระยะเมตาเฟส โดยวาดภาพมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส โครโมโซมอยู่ในรูปเส้นใยโครมาทิน และอธิบายว่า “ซิสเตอร์โครมาทิดเรียงอยู่กึ่งกลางเซลล์” (ภาพที่ 4.21ช)

1.3.2) ประเด็นที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด นักเรียนทั้ง 17 ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิดในประเด็นที่ว่า ระยะเมตาเฟส ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัส มีเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกันและมีเส้นใยสปินเดิลมาจับบริเวณเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม”



ภาพที่ 4.21 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเมตาเฟส (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก-ค) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ง-ฉ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

(ช) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

2) แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.8 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 88.9 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 8.3

2.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 1 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเมตาเฟสได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “เป็นระยะโครโมโซมมา

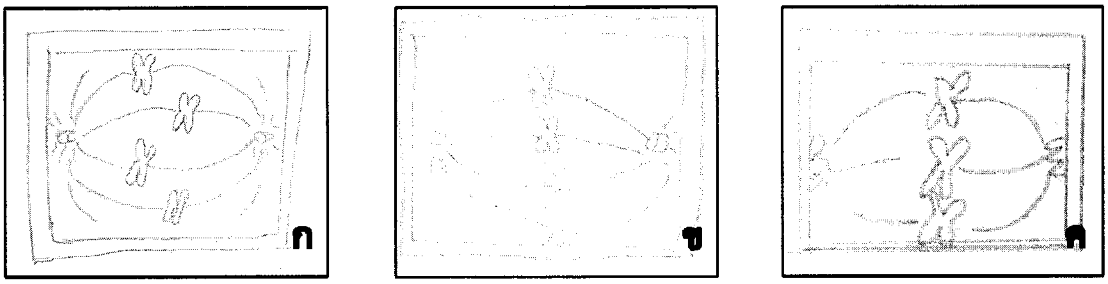
เรียงอยู่ในแนวกึ่งกลางเซลล์ ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัส เซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิลมาจับบริเวณเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม” (ภาพที่ 4.22ก)

2.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 32 คน วาดภาพเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเมตาเฟสได้ถูกต้องทุกประเด็นคำตอบ โดยวาดภาพโครโมโซมมาเรียงอยู่ในแนวกึ่งกลางเซลล์ ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัส เซนโทรโซม อยู่ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิลมาจับบริเวณเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม” (ภาพที่ 4.22ข) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียนทั้ง 32 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะเมตาเฟสไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและไม่มีนิวคลีโอลัส” และนักเรียน 26 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะเมตาเฟสมีเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิลมาจับบริเวณเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม”

2.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 3 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดครบทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

2.3.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน วาดจำนวนโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยวาดโครโมโซม 3 โครโมโซม ซึ่งนักเรียนควรวาด 4 โครโมโซม (2n=4) (ภาพที่ 4.22ค)

2.3.2) กลุ่มที่อธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 2 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะโครโมโซม โดยอธิบายว่า “ซิสเตอร์โครมาทิดเรียงอยู่กึ่งกลางเซลล์”



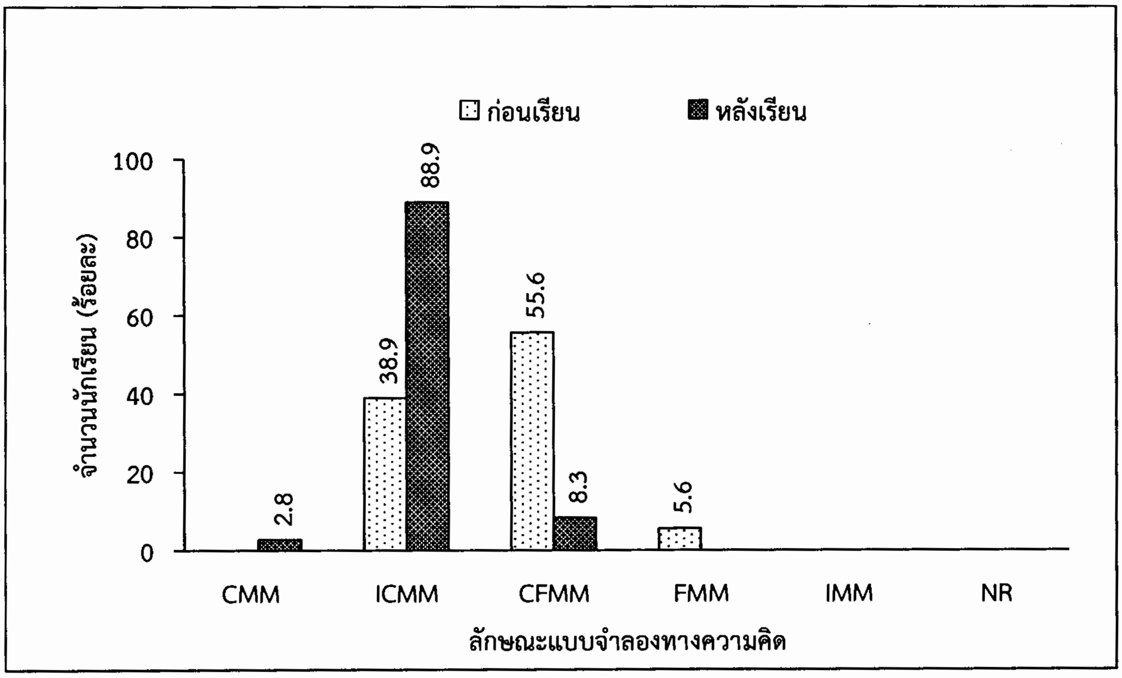
ภาพที่ 4.22 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเมตาเฟส (หลังเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง
(ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
(ค) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

3) เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเมตาเฟส พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทาง

ความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 55.6 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 38.9 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 5.6 แต่ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 2.8 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 88.9 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 8.3 (ภาพที่ 4.23)



ภาพที่ 4.23 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเมตาเฟส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง
ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง
FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง
IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง
NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

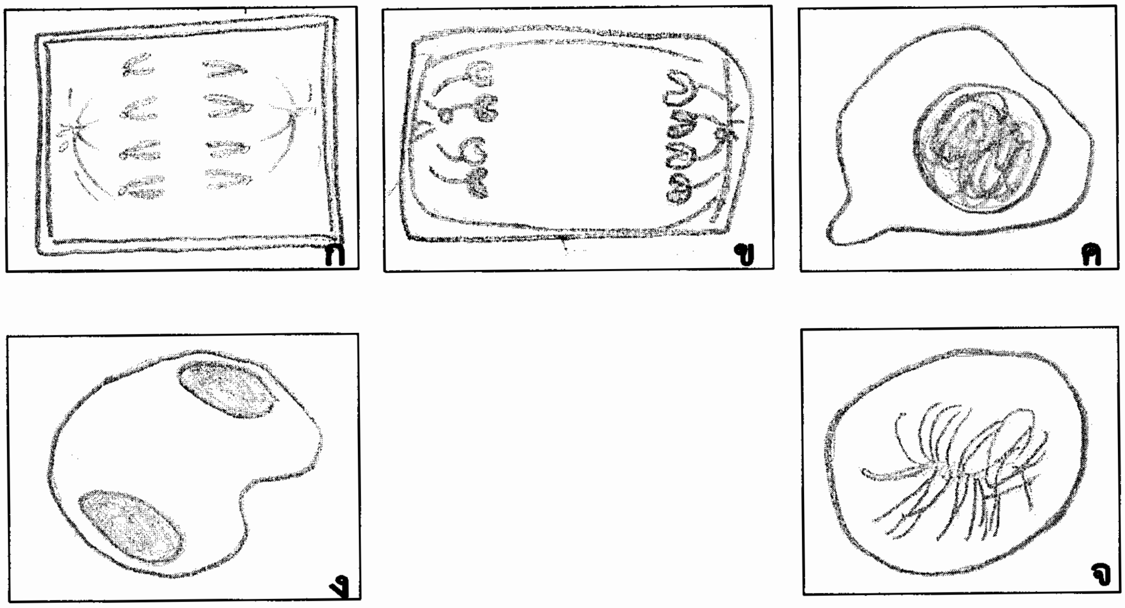
4.2.4.4 ระยะแอนาเฟส

1) แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 2 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 44.4 และ 2) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 55.6

1.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 16 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะแอนาเฟส โดยนักเรียนทั้ง 16 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะแอนาเฟส ซิสเตอร์โครมาทิด (sister chromatid) ถูกดึงแยกออกจากกันไปที่ขั้วเซลล์โดยเส้นใยสปินเดิล ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส” (ภาพที่ 4.24ก) นักเรียน 5 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะแอนาเฟส ไม่มีนิวคลีโอลัส เซนโทรโซม อยู่ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิลดึงซิสเตอร์โครมาทิดแยกไปยังแต่ละขั้วของเซลล์” (ภาพที่ 4.24ข) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 10 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะแอนาเฟสไม่มีนิวคลีโอลัส” นักเรียน 9 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะแอนาเฟสมีเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน และเส้นใยสปินเดิลดึงซิสเตอร์โครมาทิดแยกไปยังแต่ละขั้วของเซลล์”

1.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 20 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดครบทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 20 คน วาดภาพแสดงลักษณะสำคัญในระยะแอนาเฟสไม่ถูกต้องทุกประเด็นคำตอบ เช่น วาดภาพแสดงเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัส (ภาพที่ 4.24ค) ไม่วาดภาพแสดงเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิลดึงซิสเตอร์โครมาทิดแยกไปยังแต่ละขั้วของเซลล์ (ภาพที่ 4.24ง) และวาดซิสเตอร์โครมาทิดไม่ถูกต้อง โดยวาดเป็นเส้นใย โครมาทิน (ภาพที่ 4.24จ)



ภาพที่ 4.24 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะแอนาเฟส (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก-ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ค-จ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

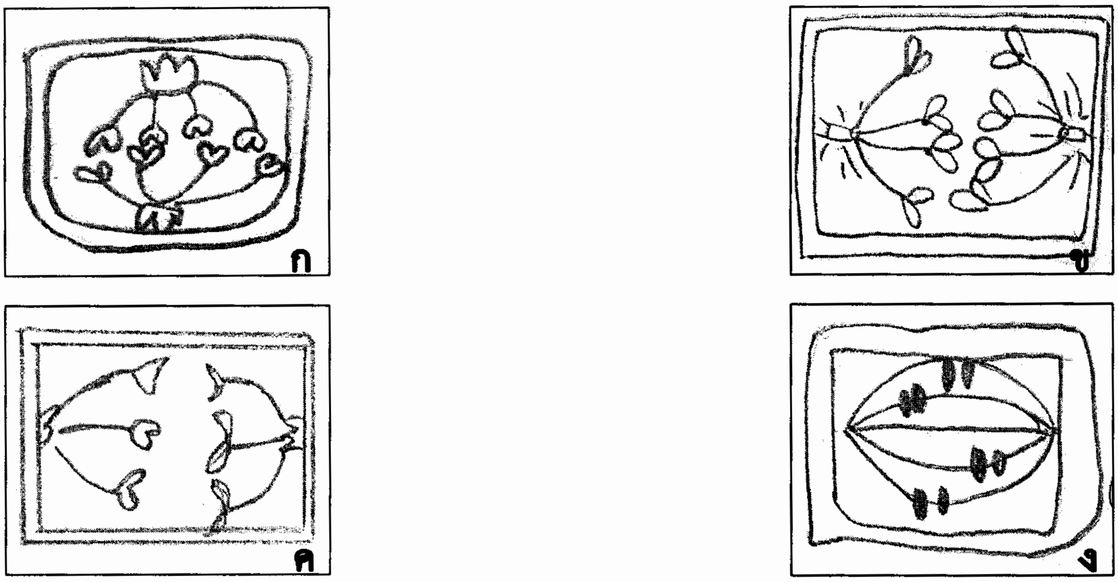
2) แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.8 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 88.9 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 8.3

2.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 1 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะแอนาเฟสได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “ระยะ แอนาเฟส ซิสเตอร์โครมาทิดถูกดึงแยกออกจากกันไปที่ขั้วเซลล์โดยเส้นใยสปินเดิล ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัส เซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิล” (ภาพที่ 4.25ก)

2.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 32 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะแอนาเฟสทุกประเด็นคำตอบ โดยนักเรียนวาดภาพซิสเตอร์โครมาทิดแยกออกจากกันไปยังแต่ละขั้วของเซลล์โดยเส้นใยสปินเดิล ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัส และเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน (ภาพที่ 4.25ข) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึงคือ นักเรียนทั้ง 32 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะแอนาเฟส ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและไม่มีนิวคลีโอลัส” และนักเรียน 27 คน ไม่อธิบายว่า “เซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิล”

2.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 3 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดครบทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง โดยนักเรียน 2 คน วาดภาพวาดซิสเตอร์โครมาทิดไม่ถูกต้อง ซึ่งนักเรียนควรวาดจำนวนโครโมโซม 2n = 4 (ภาพที่ 4.25ค) และนักเรียนอีก 1 คน วาดโครโมโซมเรียงในแนวกึ่งกลางเซลล์ (ภาพที่ 4.25ง)



ภาพที่ 4.25 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะแอนาเฟส (หลังเรียน)

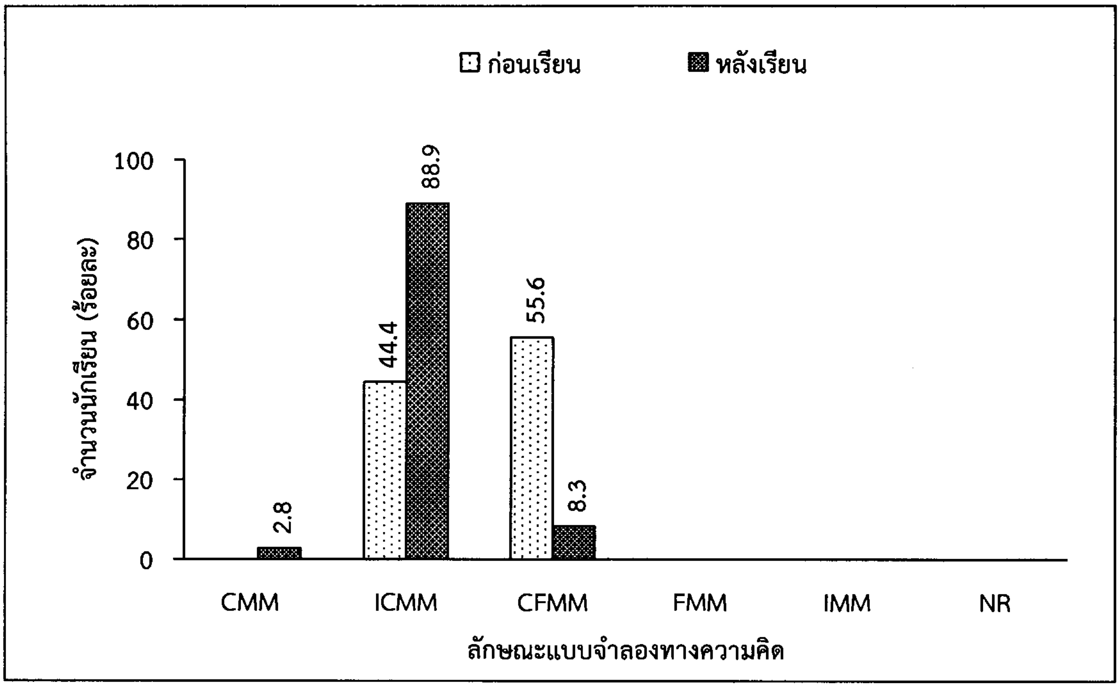
หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ค-ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

3) เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะแอนาเฟส พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 55.6 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 44.4 และไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 2.8 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 88.9 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 8.3 (ภาพที่ 4.26)



ภาพที่ 4.26 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะแอนาเฟส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง

NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.2.4.5 ระยะเทโลเฟส

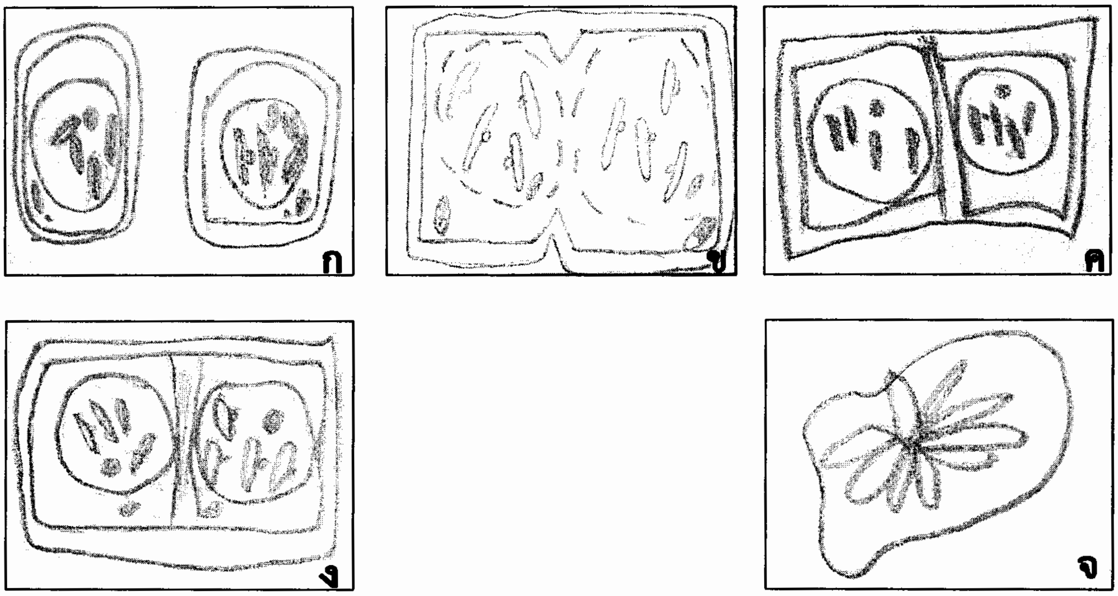
1) แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.8 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 41.7 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 55.6

1.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน วาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเทโลเฟสได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “ระยะเทโลเฟส โครโมโซมเกิดการคลายตัว เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มเกิดการสร้างขึ้นใหม่ มีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์ และได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์” (ภาพที่ 4.27ก)

1.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 15 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเทโลเฟส โดยนักเรียนทั้ง 15 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “โครโมโซมเกิดการคลายตัว เริ่มสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสขึ้นใหม่ และได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์” (ภาพที่ 4.27ข) นักเรียน 4 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้อง ในประเด็นที่กำหนด คือ “ระยะเทโลเฟสเริ่มสร้างนิวคลีโอลัสขึ้นมาใหม่” (ภาพที่ 4.27ค) นักเรียน 2 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะเทโลเฟสมีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์” (ภาพที่ 4.27ง) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึงคือ นักเรียน 4 คน ไม่ได้อธิบายว่า “ระยะเทโลเฟสเริ่มสร้างนิวคลีโอลัสขึ้นมาใหม่” และนักเรียน 9 คน ไม่ได้อธิบายว่า “ระยะเทโลเฟสมีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์”

1.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 20 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดครบทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง โดยนักเรียนทั้ง 20 คน วาดภาพลักษณะโครโมโซมไม่ถูกต้อง ไม่แสดงเยื่อหุ้มนิวเคลียส นิวคลีโอลัส เซนโทรโซม และวาดจำนวนเซลล์ใหม่ 1 เซลล์ ซึ่งนักเรียนควรวาด 2 เซลล์ (ภาพที่ 4.27จ)



ภาพที่ 4.27 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเทโลเฟส (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข-ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(จ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

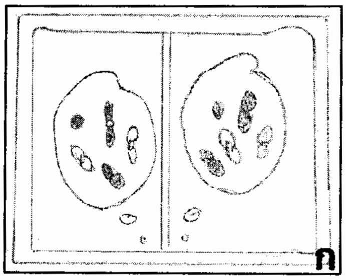
2) แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

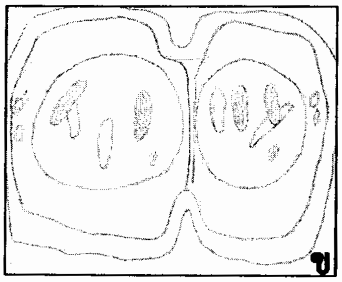
นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 11.1 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 88.9 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.8

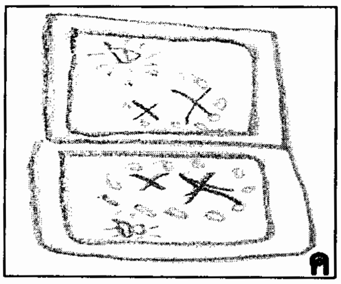
2.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง นักเรียน 4 คน วาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเทโลเฟสได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า "ระยะเทโลเฟส โครโมโซมเกิดการคลายตัว เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มเกิดการสร้างขึ้นใหม่ มีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์ และได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์" (ภาพที่ 4.28ก)

2.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 32 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเทโลเฟสทุกประเด็นคำตอบ โดยนักเรียนทั้ง 32 คน วาดภาพแสดงโครโมโซมเกิดการคลายตัว เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มเกิดการสร้างใหม่ มีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์ และได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์ (ภาพที่ 4.28ข) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 4 คน ไม่อธิบายว่า "ระยะเทโลเฟสเริ่มสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสขึ้นมาใหม่" นักเรียน 12 คน ไม่อธิบายว่า "ระยะเทโลเฟสเริ่มสร้างนิวคลีโอลัสขึ้นมาใหม่" นักเรียน 18 คน ไม่อธิบายว่า "ระยะเทโลเฟสเป็นระยะที่โครโมโซมเกิดการคลายตัว และมีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์" และนักเรียน 14 คน ไม่อธิบายว่า "ได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์"

2.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน วาดภาพแสดงลักษณะโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยนักเรียนวาดโครโมโซมที่มี 2 โครมาทิด ซึ่งนักเรียนควรวาดโครโมโซมที่มี 1 โครมาทิด (ภาพที่ 4.28ค)







ภาพที่ 4.28 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเทโลเฟส (หลังเรียน)

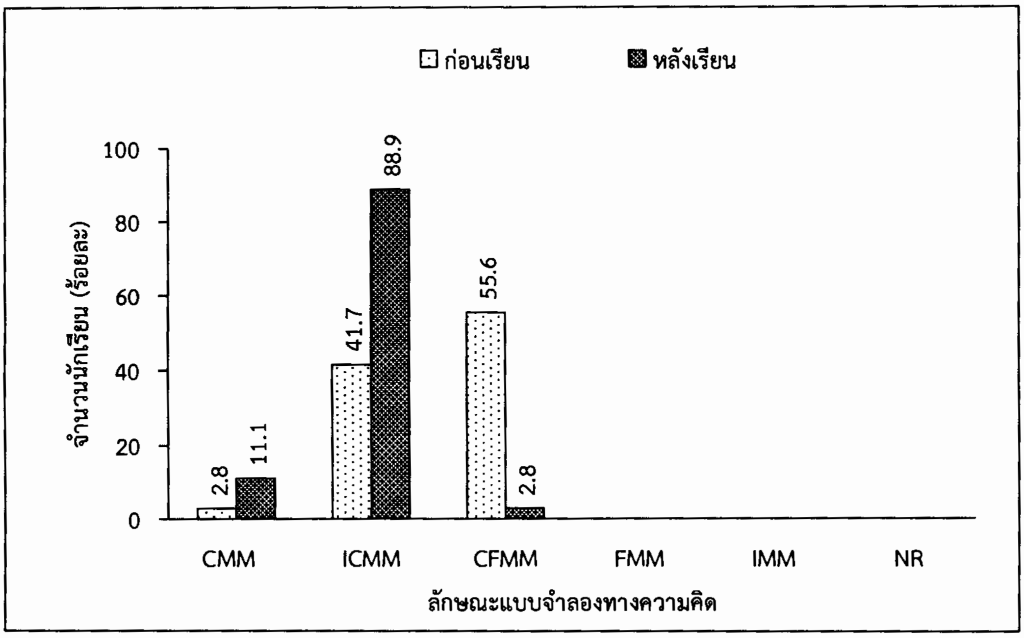
หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ค) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

3) เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเทโลเฟส พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 55.6 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 41.7 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนเพียงร้อยละ 2.8 เท่านั้นที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) และหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 11.1 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 88.9 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 2.8 (ภาพที่ 4.29)



ภาพที่ 4.29 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเทโลเฟส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง

NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.2.5 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

4.2.5.1 ระยะอินเตอร์เฟส I

1) แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 4 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.6 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 58.3 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 30.6 และ 4) แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.6

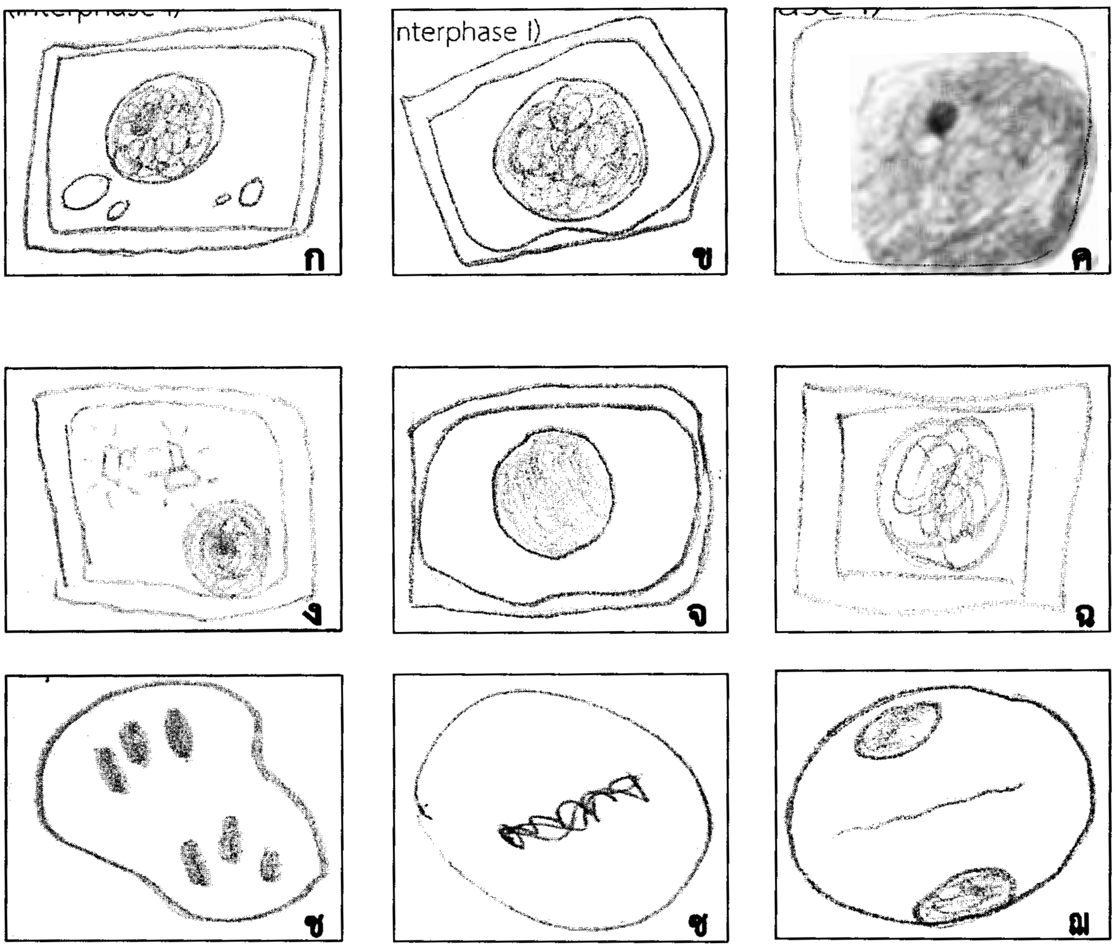
1.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 2 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะอินเตอร์เฟส I ได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “โครโมโซมคลายตัวอยู่ในรูปของเส้นใยโครมาทิน มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส มีนิวคลีโอลัส และมีเซนโทรโซม 2 ชุด” (ภาพที่ 4.30ก)

1.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 21 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะอินเตอร์เฟส I โดยนักเรียนทั้ง 21 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “โครโมโซมคลายตัวอยู่ในรูปของเส้นใยโครมาทิน และมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส” (ภาพที่ 4.30ข) นักเรียน 5 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะอินเตอร์เฟส I มีนิวคลีโอลัส” โดยวาดภาพแสดงนิวคลีโอลัสในนิวเคลียส (ภาพที่ 4.30ค) นักเรียน 4 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะอินเตอร์เฟส I มีเซนโทรโซม 2 ชุด” (ภาพที่ 4.30ง) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 9 คน ไม่วาดภาพและไม่อธิบายเกี่ยวกับนิวคลีโอลัส (ภาพที่ 4.30จ) และนักเรียน 10 คน ไม่วาดภาพและไม่อธิบายเกี่ยวกับเซนโทรโซม 2 ชุด (ภาพที่ 4.30ฉ)

1.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 11 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดครบทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 11 คน วาดภาพแสดงลักษณะสำคัญในระยะอินเตอร์เฟส I ไม่ถูกต้องทุกประเด็นคำตอบ โดยวาดโครมาทินไม่ถูกต้อง ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ไม่มีนิวคลีโอลัส และไม่มีเซนโทรโซม (ภาพที่ 4.30ช)

1.4) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 2 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดไม่ครบทุกประเด็นคำตอบ ซึ่งมีประเด็นที่ไม่ถูกต้องและไม่ได้กล่าวถึง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่มคือ กลุ่มวาดภาพไม่ถูกต้องและไม่อธิบาย นักเรียนทั้ง 2 คน แสดงลักษณะสำคัญในระยะอินเตอร์เฟส I ไม่ถูกต้อง โดยนักเรียน 1 คน วาดโครโมโซมเรียงในแนวกลางเซลล์

(ภาพที่ 4.30ซ) และ นักเรียนอีก 1 คน แสดงเซลล์ใหม่ 2 เซลล์ (ภาพที่ 4.30ฌ) ซึ่งนักเรียนทั้ง 2 คน ไม่อธิบายในประเด็นที่วาดภาพ



ภาพที่ 4.30 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะอินเตอร์เฟส I (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข-ฉ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ช) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

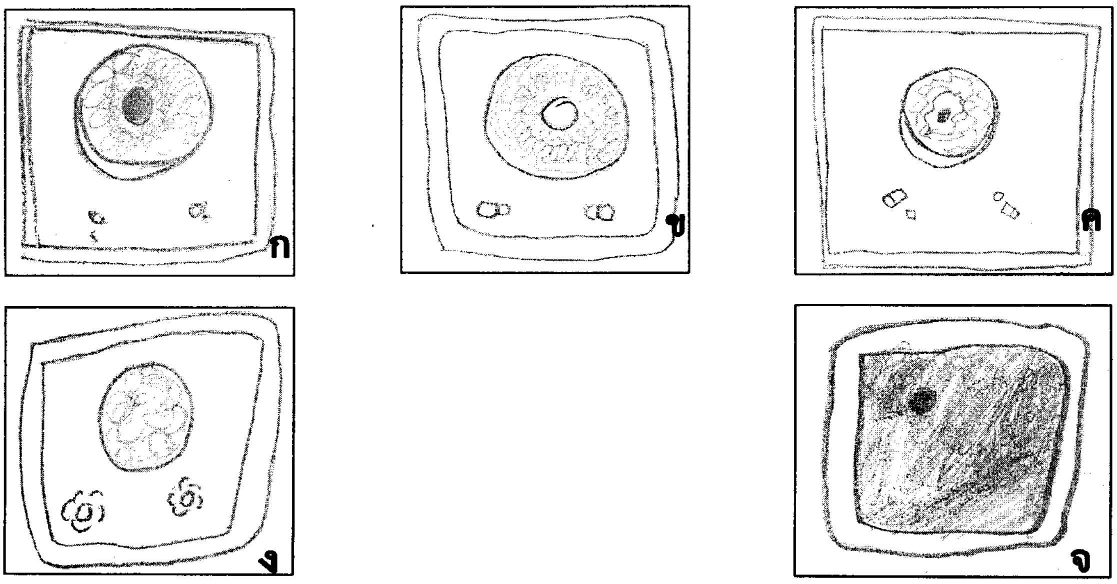
(ซ-ฌ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

2) แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน 2 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 16.7 และ 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 83.3

2.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 6 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะอินเตอร์เฟส I ได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “โครโมโซมคลายตัวอยู่ในรูปของเส้นใยโครมาทิน มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส มีนิวคลีโอลัส และมีเซนโทรโซม 2 ชุด” (ภาพที่ 4.31ก)

2.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 30 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะอินเตอร์เฟส I โดยนักเรียนทั้ง 30 คน มีความเข้าใจมีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “โครโมโซมคลายตัวอยู่ในรูปของเส้นใย โครมาทิน และมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส” (ภาพที่ 4.31ข) นักเรียน 29 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะอินเตอร์เฟส I มีนิวคลีโอลัสและเซนโทรโซม 2 ชุด” โดยวาดภาพแสดงนิวคลีโอลัสในนิวเคลียสและเซนโทรโซม 2 ชุด (ภาพที่ 4.31ค) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 1 คน ไม่วาดภาพและไม่อธิบายเกี่ยวกับนิวคลีโอลัส (ภาพที่ 4.31ง) นักเรียน 1 คน ไม่ได้แสดงเซนโทรโซม 2 ชุด (ภาพที่ 4.31จ)



ภาพที่ 4.31 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะอินเตอร์ I (หลังเรียน)

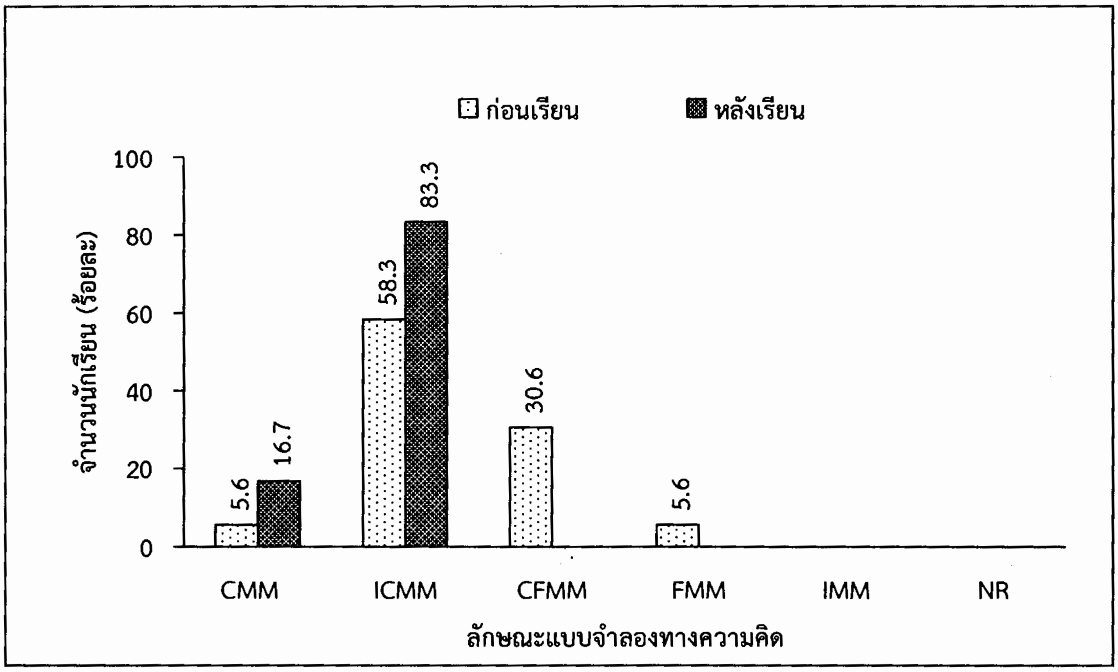
หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข-จ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

3) เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะอินเตอร์เฟส I พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 58.3 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่

สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 30.6 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) กับแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) เท่ากันคือร้อยละ 5.6 หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 16.7 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 83.3 (ภาพที่ 4.32)



ภาพที่ 4.32 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะอินเตอร์เฟส I ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง

NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.2.5.2 ระยะโพรเฟส I

1) แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 36.1 2) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 61.1 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.8

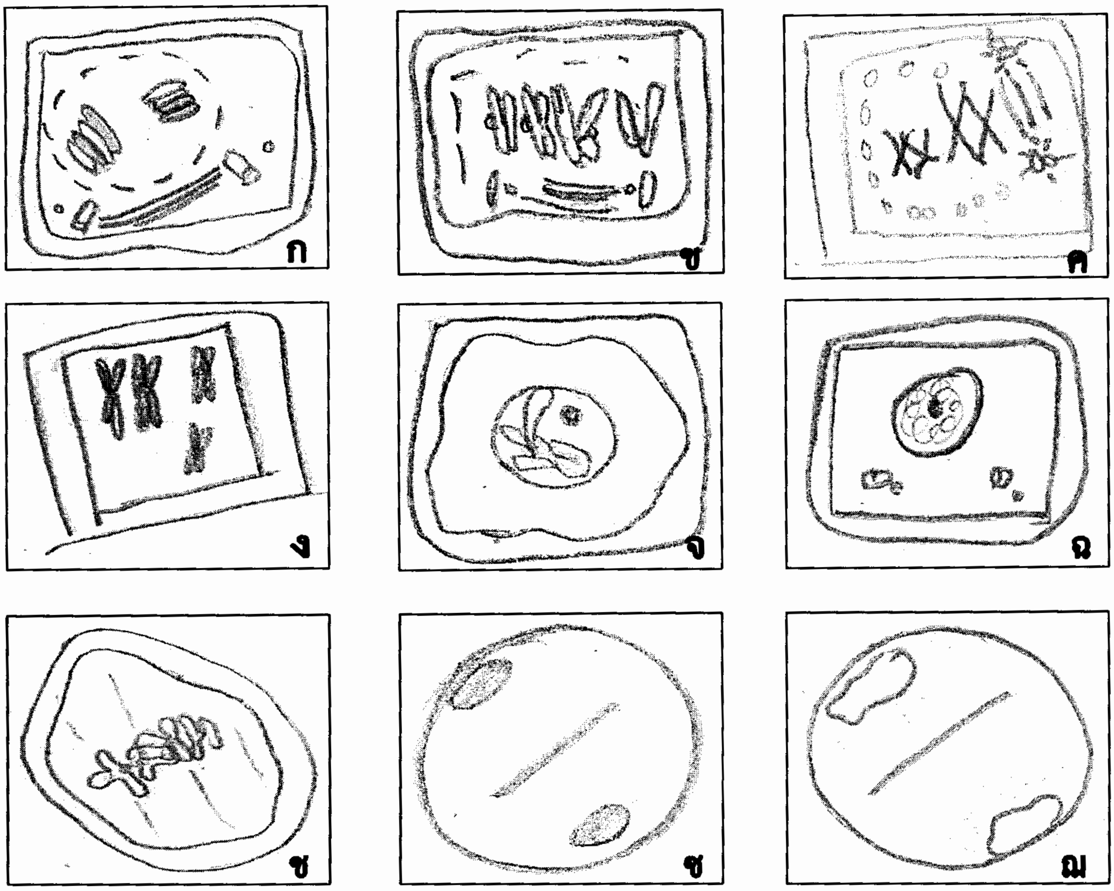
1.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 13 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะโพรเฟส I โดยนักเรียนทั้ง 13 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะโพรเฟส I เริ่มมีการสลายของเยื่อหุ้มนิวเคลียส และโครโมโซมคู่เหมือน (homologous chromosome) มาเข้าคู่กัน” (ภาพที่ 4.33ก) นักเรียน 6 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะโพรเฟส I นิวคลีโอลัสสลาย” โดยไม่วาดภาพนิวคลีโอลัสในนิวเคลียส (ภาพที่ 4.33ข) และนักเรียน 8 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “เซนโทรโซม เริ่มแยกออกจากกันและมีการสร้างเส้นใยสปินเดิล” (ภาพที่ 4.33ค) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึงคือ นักเรียน 5 คน ไม่แสดงเซนโทรโซม เริ่มแยกออกจากกันและเริ่มมีการสร้างเส้นใยสปินเดิล (ภาพที่ 4.33 ง) และนักเรียนอีก 2 คน ไม่อธิบายว่า “นิวคลีโอลัสสลาย”

1.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 22 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ

1.2.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียน 22 คน วาดภาพแสดงลักษณะสำคัญในระยะโพรเฟส I ในรูปแบบต่าง ๆ ไม่ถูกต้องทุกประเด็น เช่น นักเรียนวาดภาพแสดงเยื่อหุ้มและนิวคลีโอลัส (ภาพที่ 4.33จ) วาดเฉพาะเซนโทรโซม 2 ชุด แต่ไม่วาดเส้นใยสปิดิล (ภาพที่ 4.33ฉ) โครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยนักเรียนวาดโครโมโซมมาเรียงตัวแนวเดียวกันในแนวกึ่งกลางเซลล์ (ภาพที่ 4.33ช) และวาดเซลล์ใหม่ 2 เซลล์ (ภาพที่ 4.33ซ)

1.2.2) กลุ่มที่อธิบายไม่ถูกต้องนักเรียน จำนวน 1 คน อธิบายลักษณะโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “โครโมโซมมาเรียงตัวแนวเดียวกันในแนวกึ่งกลางเซลล์”

1.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน วาดภาพและอธิบายไม่ถูกต้อง โดยวาดภาพแสดงเยื่อหุ้มนิวเคลียส ไม่แสดงนิวคลีโอลัส เซนโทรโซม และเส้นใยสปินเดิล และอธิบายลักษณะโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “โครโมโซมมาเรียงตัวแนวเดียวกันในแนวกึ่งกลางเซลล์” (ภาพที่ 4.33ฌ)



ภาพที่ 4.33 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส I (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก-ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(จ-ซ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

(ฌ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

2) แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 16.7 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 63.9 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 19.4

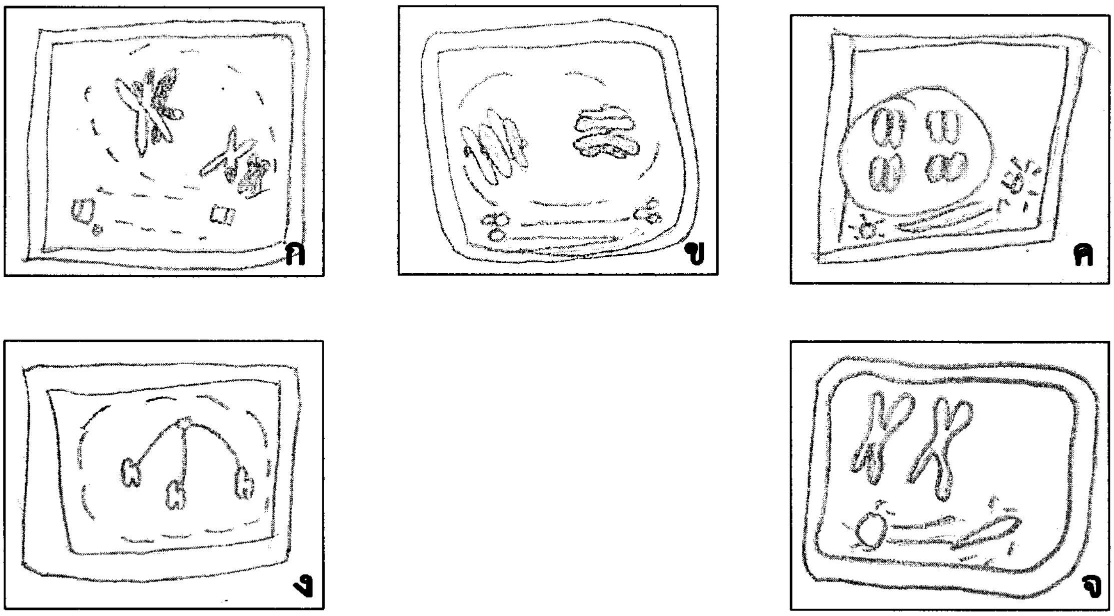
2.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 6 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะโพรเฟส I ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “โครโมโซมคู่เหมือนมาเข้าคู่กัน เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มสลาย เซนโทรโซมเริ่มแยกออกจากกันและเริ่มมีการสร้างเส้นใยสปินเดิล” (ภาพที่ 4.34ก)

2.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 23 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะโพรเฟส I โดยนักเรียนทั้ง 23 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “โครโมโซมคู่เหมือนมาเข้าคู่กัน เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มสลาย” (ภาพที่ 4.34ข) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ ไม่อธิบายว่า “นิวคลีโอลัสสลาย”

2.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 7 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ

2.3.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน วาดภาพแสดงเยื่อหุ้มนิวเคลียส (ภาพที่ 4.34 ค) นักเรียน 1 คน วาดภาพแสดงเซนโทรโซมและเส้นใยสปินเดิลไม่ถูกต้อง โดยวาดเส้นใยสปินเดิลที่สร้างจากเซนโทรโซม 1 ชุด (ภาพที่ 4.34ง) และนักเรียน 4 คน วาดภาพแสดงจำนวนโครโมโซมไม่ถูกต้อง เช่น วาดภาพโครโมโซมจำนวน 2 โครโมโซม ซึ่งนักเรียนควรวาดภาพโครโมโซม 4 โครโมโซม (2n = 4) (ภาพที่ 4.34จ)

2.3.2) กลุ่มที่อธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 2 คน อธิบายลักษณะโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “โครโมโซมมาเรียงตัวแนวเดียวกันในแนวกึ่งกลางเซลล์”



ภาพที่ 4.34 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส I (หลังเรียน)

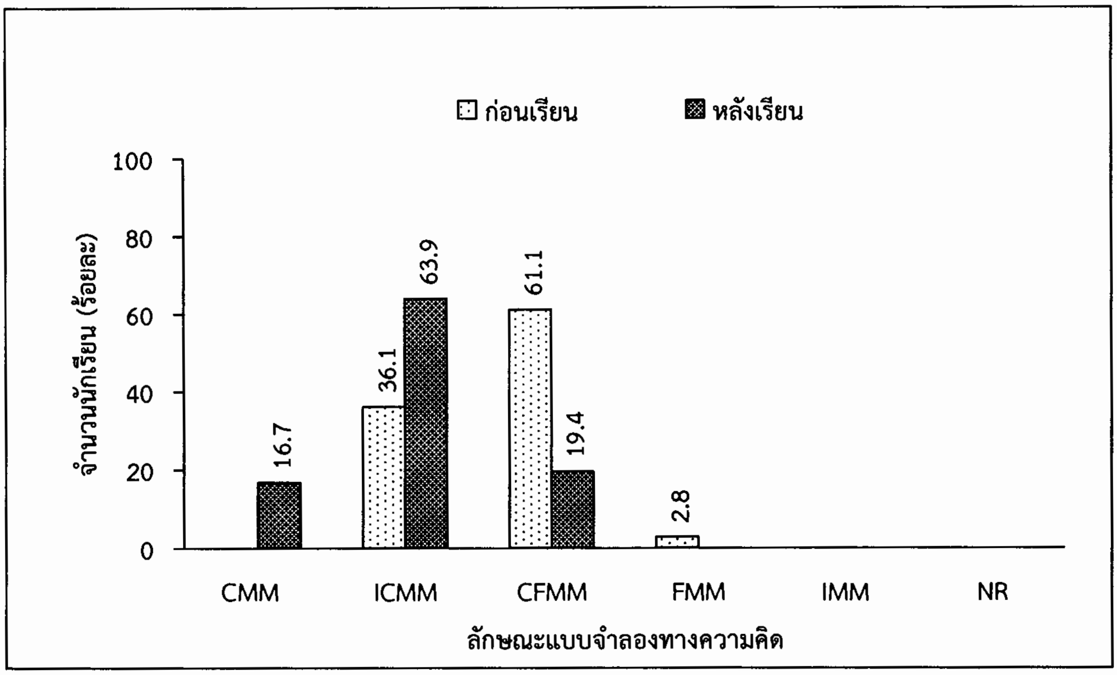
หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ค-จ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

3) เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส I พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) เป็นร้อยละ 61.1 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 36.1 และมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 2.8 โดยไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 16.7 และนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 19.4 (ภาพที่ 4.35)



ภาพที่ 4.35 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส I ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง

NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.2.5.3 ระยะเมตาเฟส I

1) แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 41.7 2) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 44.4 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 13.9

1.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 15 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเมตาเฟส I โดยนักเรียนทั้ง 15 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า "ระยะเมตาเฟส I โครโมโซมคู่เหมือนมาเรียงอยู่ในแนวกึ่งกลางเซลล์ และไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส" (ภาพที่ 4.36ก) นักเรียน 5 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า "ระยะเมตาเฟส I ไม่มีนิวคลีโอลัส" (ภาพที่ 4.36ข) นักเรียน 7 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า "ระยะเมตาเฟส I มีเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน และสร้างเส้นใยสปินเดิลยึดเกาะบริเวณเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม" (ภาพที่ 4.36ค) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 7 คน ไม่อธิบายว่า "ระยะเมตาเฟส I ไม่มีนิวคลีโอลัส" และนักเรียน 8 คน ไม่วาดภาพและอธิบายว่า "ระยะเมตาเฟส I มีเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน และสร้างเส้นใยสปินเดิลยึดเกาะบริเวณเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม" (ภาพที่ 4.36ง)

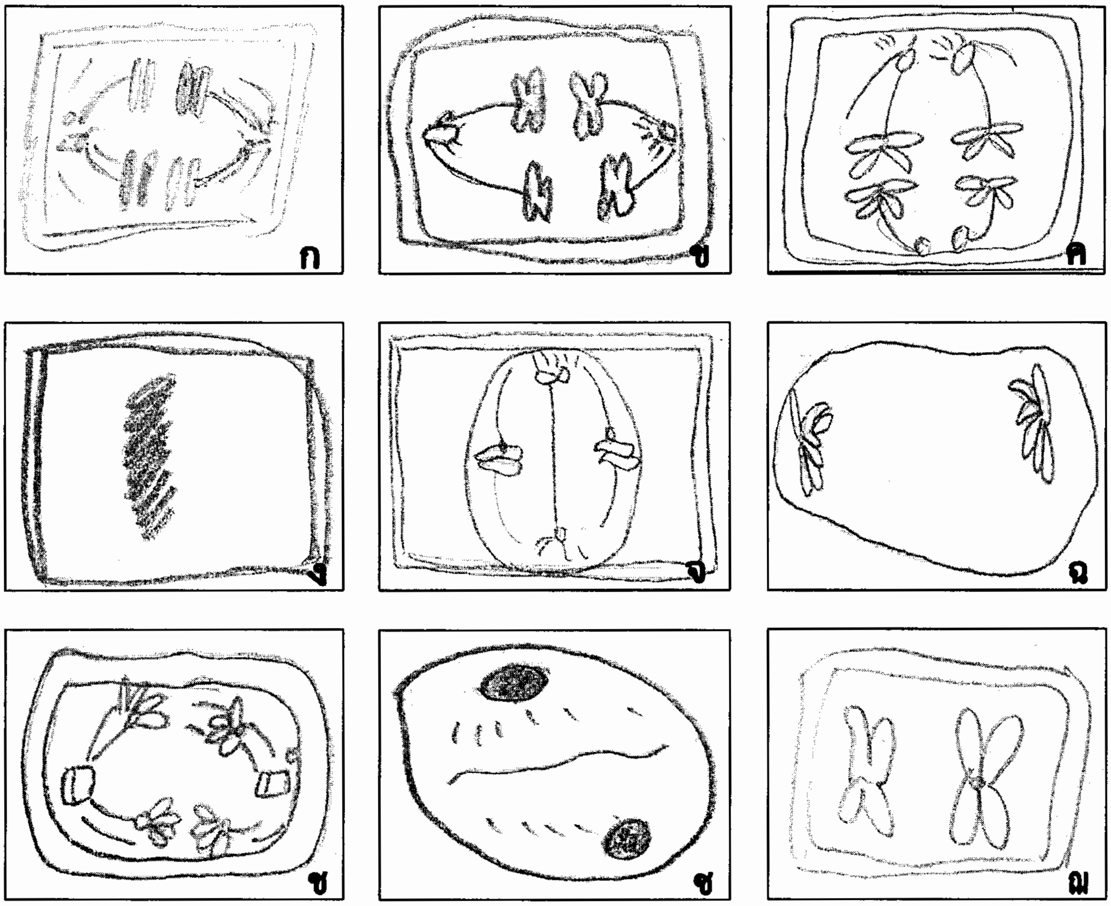
1.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 16 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 16 คน วาดภาพแสดงลักษณะสำคัญในระยะเมตาเฟส I ไม่ถูกต้องทุกประเด็นคำตอบ เช่น วาดแสดงเยื่อหุ้มนิวเคลียส (ภาพที่ 4.36จ) ไม่แสดงนิวคลีโอลัสและเซนโทรโซม (ภาพที่ 4.36ฉ) และวาดโครโมโซมแยกออกจากกันไปด้านตรงข้ามของเซลล์ (ภาพที่ 4.36ช)

1.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 5 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดไม่ครบทุกประเด็นคำตอบ ซึ่งมีประเด็นที่ไม่ถูกต้องและไม่ได้กล่าวถึง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

13.1) กลุ่มที่วาดภาพและอธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 3 คน วาดโครโมโซมแยกออกจากกันไปด้านตรงข้ามของเซลล์ และวาดเซลล์ใหม่ 2 เซลล์ (ภาพที่ 4.36ซ) นักเรียน 2 คน วาดจำนวนโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยวาดจำนวน 2 โครโมโซม ซึ่งนักเรียนควรวาด 4 โครโมโซม (2n=4) (ภาพที่ 4.36ฌ) และนักเรียนทั้ง 5 คน อธิบายลักษณะโครโมโซมในระยะเมตาเฟส I ไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า "ซิสเตอร์โครมาทิดเรียงอยู่กลางเซลล์"

1.3.2) ประเด็นที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด นักเรียนทั้ง 5 คน ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิดในประเด็นที่ว่า "ระยะเมตาเฟส I ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและ

นิวคลีโอลัส มีเซนโทรโซม อยู่ตรงข้ามกันและสร้างเส้นใยสปินเดิลยึดเกาะบริเวณเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม”



ภาพที่ 4.36 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส I (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก-ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(จ-ช) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

(ซ-ฌ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

2) แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน 2 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 83.3 และ 2) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 16.7

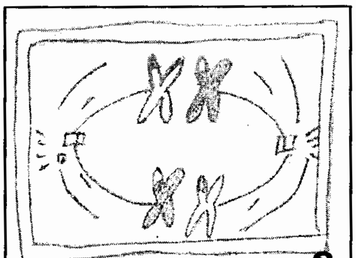
2.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 30 คน วาดภาพเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเมตาเฟส I ได้ถูกต้องทุกประเด็นคำตอบ โดยวาดภาพโครโมโซมคู่เหมือนมาเรียงอยู่ในแนวกึ่งกลางเซลล์ ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเซนโทรโซมอยู่

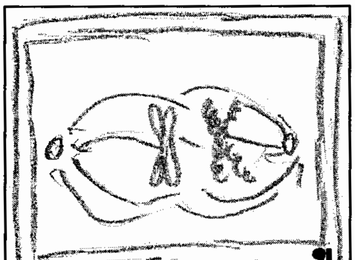
ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิลมาจับบริเวณเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม (ภาพที่ 4.37ก) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 7 คน ไม่อธิบายว่า "ระยะเมตาเฟส I ไม่มีนิวคลีโอลัส" นักเรียน 27 คน ไม่อธิบายว่า "ระยะเมตาเฟส I ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส และมีเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกันพร้อมกับสร้างเส้นใยสปินเดิลยึดเกาะบริเวณเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม" และนักเรียน 28 คน ไม่อธิบายว่า "ระยะเมตาเฟส I ไม่มีนิวคลีโอลัส"

2.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 6 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดไม่ครบทุกประเด็นคำตอบ ซึ่งมีประเด็นที่ไม่ถูกต้องและไม่ได้กล่าวถึง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ

2.2.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน วาดภาพจำนวนโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยวาด 2 โครโมโซม ซึ่งนักเรียนควรวาด 4 โครโมโซม ($2n = 4$) และวาดโครโมโซมเรียงอยู่ในแนวกึ่งกลางเซลล์ (ภาพที่ 4.37ข)

2.2.2) กลุ่มที่อธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 5 คนมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะโครโมโซมในระยะเมตาเฟส I โดยอธิบายว่า "ซิสเตอร์โครมาทิดเรียงอยู่กลางเซลล์"


ก


ข

ภาพที่ 4.37 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส I (หลังเรียน)

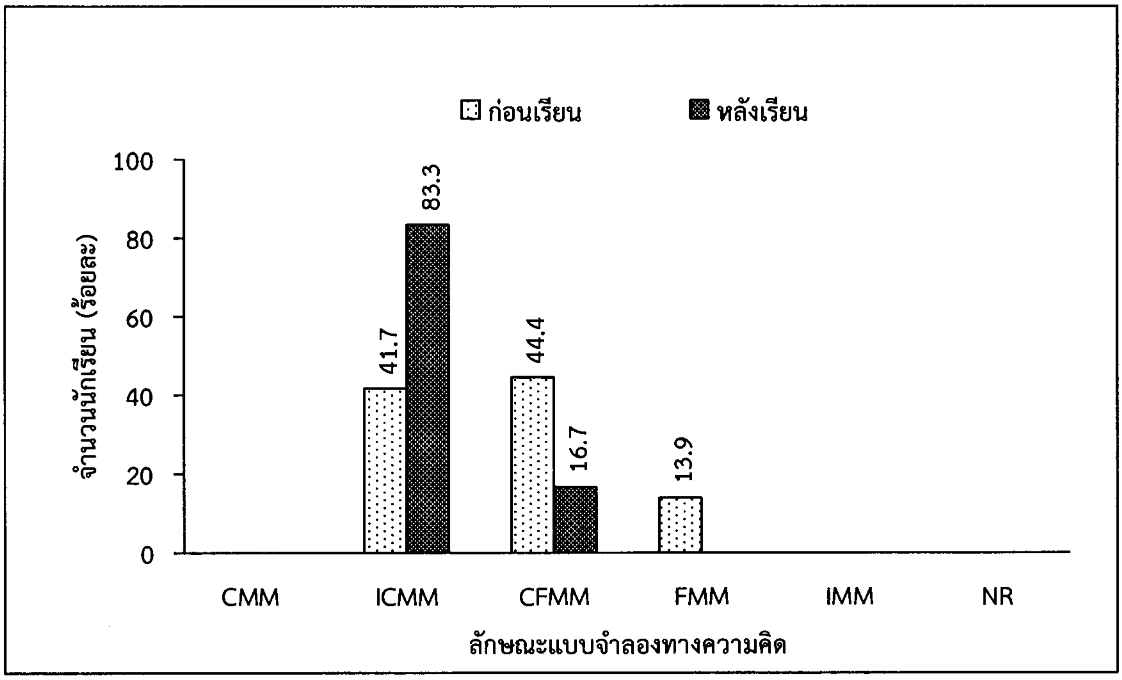
หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

3) เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส I พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 44.4 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 41.7 และมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 13.9 โดยไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้ม

ที่จะพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 16.7 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 83.3 (ภาพที่ 4.38)



ภาพที่ 4.38 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส I ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง
ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง
FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง
IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง
NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.2.5.4 ระยะแอนาเฟส I

1) แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

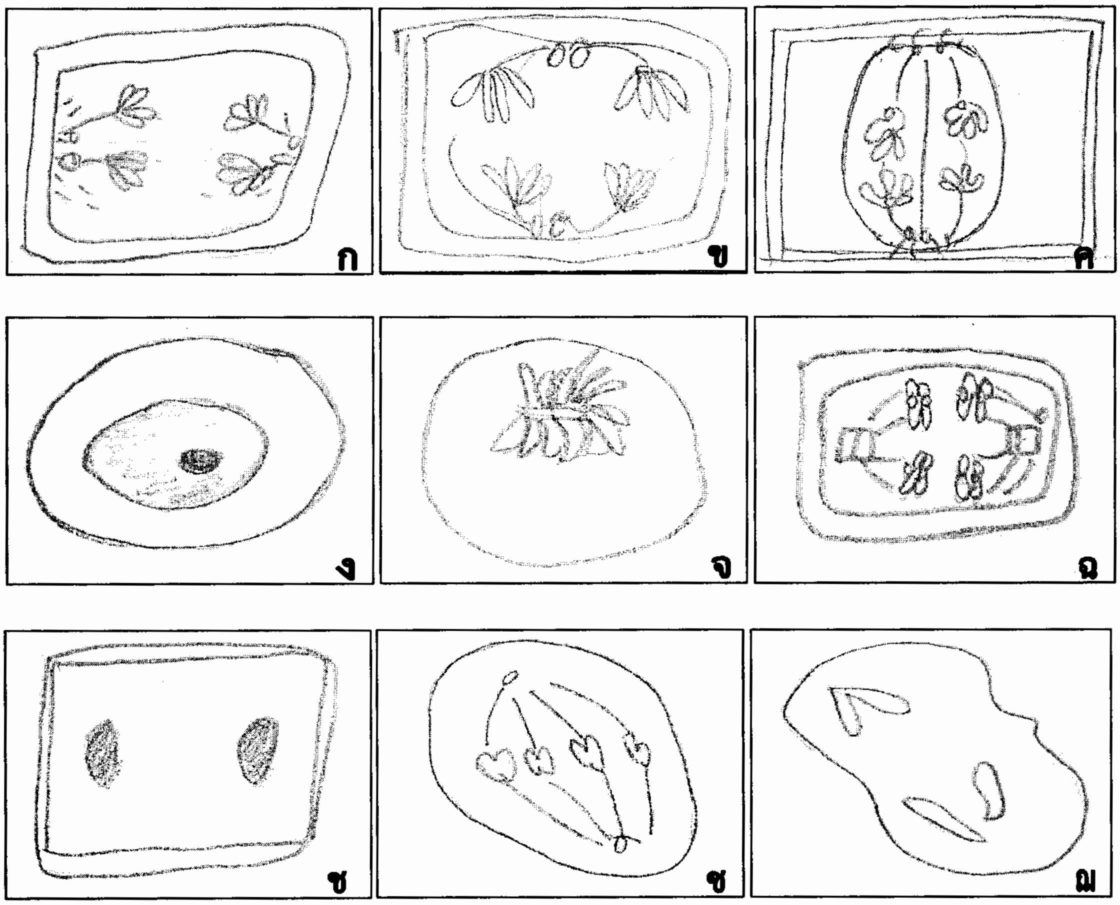
นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 2 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 27.8 2) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 61.1 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 11.1

1.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 10 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะแอนาเฟส I โดยนักเรียนทั้ง 10 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะแอนาเฟส I คู่ของโครโมโซมคู่เหมือนถูกดึงแยกออกจากกันไปอยู่คนละด้านของเซลล์ และไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส” (ภาพที่ 4.39ก) นักเรียน 4 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะแอนาเฟส I ไม่มีนิวคลีโอลัส เซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกันและมีเส้นใยสปินเดิลดึงแยกคู่ของโครโมโซมคู่เหมือนไปยังแต่ละขั้วของเซลล์” (ภาพที่ 4.39ข) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 6 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะแอนาเฟส I ไม่มีนิวคลีโอลัส” และนักเรียน 5 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะแอนาเฟส I มีเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกันและมีเส้นใยสปินเดิลดึงแยกคู่ของโครโมโซมคู่เหมือนไปยังแต่ละขั้วของเซลล์”

1.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 22 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดครบทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 22 คน วาดภาพแสดงลักษณะสำคัญในระยะแอนาเฟส I ในรูปแบบต่าง ๆ แต่ไม่ถูกต้องทุกประเด็น เช่น นักเรียนวาดภาพแสดงเยื่อหุ้มนิวเคลียส (ภาพที่ 4.39ค) วาดภาพแสดงนิวคลีโอลัส (ภาพที่ 4.39 ง) ไม่วาดแสดงเซนโทรโซมและเส้นใยสปิดิล (ภาพที่ 4.14จ) วาดภาพโครโมโซมมาเรียงตัวในแนวกึ่งกลางเซลล์ (ภาพที่ 4.39 ฉ) และวาดเซลล์ใหม่ 2 เซลล์ (ภาพที่ 4.39 ช)

1.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 4 คนแสดงแบบจำลองทางความคิดไม่ครบทุกประเด็นคำตอบ ซึ่งมีประเด็นที่ไม่ถูกต้องและไม่ได้กล่าวถึง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่วาดรูปและอธิบายไม่ถูกต้อง โดยนักเรียน 2 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ของโครโมโซมคู่เหมือนถูกดึงแยกออกจากกันไปอยู่คนละด้านของเซลล์” โดยวาดภาพโครโมโซมเรียงตัวแนวเดียวกันในแนวกึ่งกลางเซลล์ (ภาพที่ 4.39ซ) นักเรียน 2 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “จำนวนโครโมโซมที่กำหนด คือ 2n = 4” โดยนักเรียนวาดจำนวนโครโมโซม 2 โครโมโซม (2n = 2) (ภาพที่ 4.39ฌ) และนักเรียนทั้ง 4 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับประเด็นที่ว่า “ระยะแอนาเฟส I โฮโมโลกัสโครโมโซมแยกออกจากกันไปยังแต่ละขั้ว

ของเซลล์โดยการดึงของเส้นใยสปินเดิล” โดยนักเรียน 3 คน อธิบายว่า “ซิสเตอร์โครมาทิดแยกออกจากกัน” และนักเรียนอีก 1 คน อธิบายว่า “เซลล์มีการแบ่งไซโทพลาสซึม”



ภาพที่ 4.39 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส I (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก-ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
(ค-ช) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง
(ซ-ฌ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

2) แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน 2 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 80.6 และ 2) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 19.4

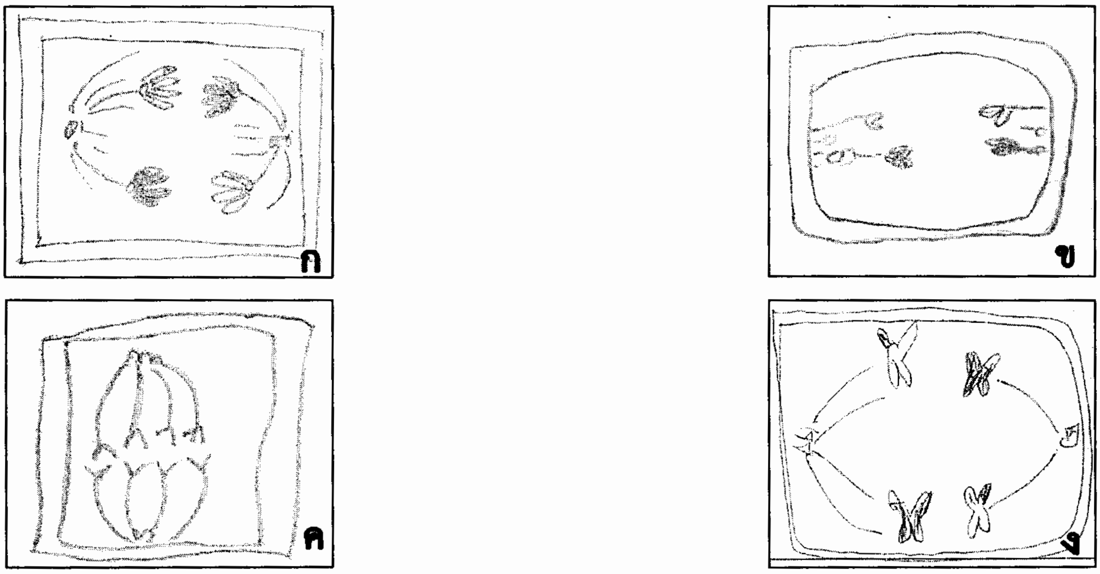
2.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 29 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะแอนาเฟส I ทุกประเด็นคำตอบ โดยนักเรียนทั้ง 29 คน วาดภาพคู่ของโครโมโซมคู่เหมือนถูกดึงแยกออกจากกันไปอยู่คนละด้านของเซลล์

ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ไม่มีนิวคลีโอลัส เซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกันและมีเส้นใยสปินเดิลดึงแยกคู่ของโครโมโซมคู่เหมือนไปยังแต่ละขั้วของเซลล์ (ภาพที่ 4.40ก) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 29 คน ไม่อธิบายว่า "ระยะแอนาเฟส I ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัส" และนักเรียน 26 คน ไม่อธิบายว่า "ระยะแอนาเฟส I มีเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกันและมีเส้นใยสปินเดิลดึงแยกคู่ของโครโมโซมคู่เหมือนไปยังแต่ละขั้วของเซลล์"

2.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 7 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

2.2.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียน 3 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า "ระยะแอนาเฟส I ฮอโมโลกัสโครโมโซมแยกออกจากกันไปยังแต่ละขั้วของเซลล์โดยการดึงของเส้นใยสปินเดิล" โดยนักเรียน 1 คน วาดภาพจำนวนโครโมโซม 2 โครโมโซม ซึ่งนักเรียนควรวาด 4 โครโมโซม (2n = 4) (ภาพที่ 4.40ข) นักเรียน 1 คน วาดซิสเตอร์ โครมาทิด (ภาพที่ 4.40ค) และนักเรียนอีก 1 คน วาดโครโมโซมคู่เหมือนเรียงในแนวกึ่งกลางเซลล์ (ภาพที่ 4.40ง)

2.2.2) กลุ่มที่อธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 4 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับประเด็นที่ว่า "ระยะแอนาเฟส I โครโมโซมคู่เหมือนแยกออกจากกันไปยังแต่ละด้านของเซลล์โดยการดึงของเส้นใยสปินเดิล" โดยนักเรียน 3 คน อธิบายว่า "ซิสเตอร์โครมาทิดแยกออกจากกัน" และนักเรียนอีก 1 คน อธิบายว่า "เซลล์มีการแบ่งไซโทพลาสซึม"



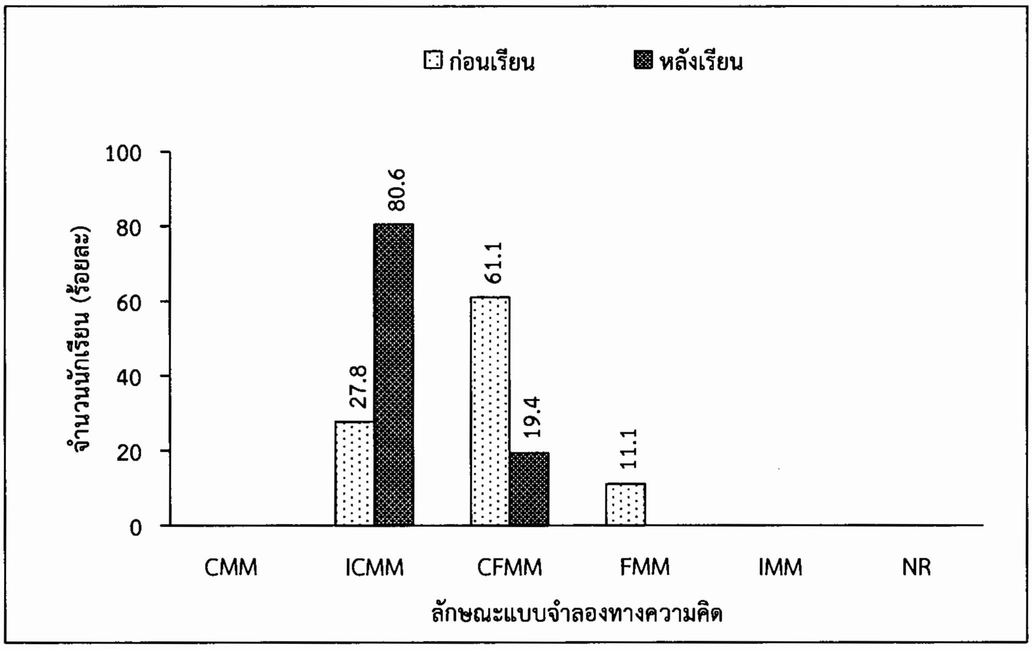
ภาพที่ 4.40 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส I (หลังเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ข-ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

3) เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส I พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 61.1 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 27.8 และมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 11.1 โดยไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 19.4 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 80.6 (ภาพที่ 4.41)



ภาพที่ 4.41 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส I ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง

NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.2.5.5 ระยะเทโลเฟส I

1) แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 4 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.6 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 41.7 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 47.2 และ 4) แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.6

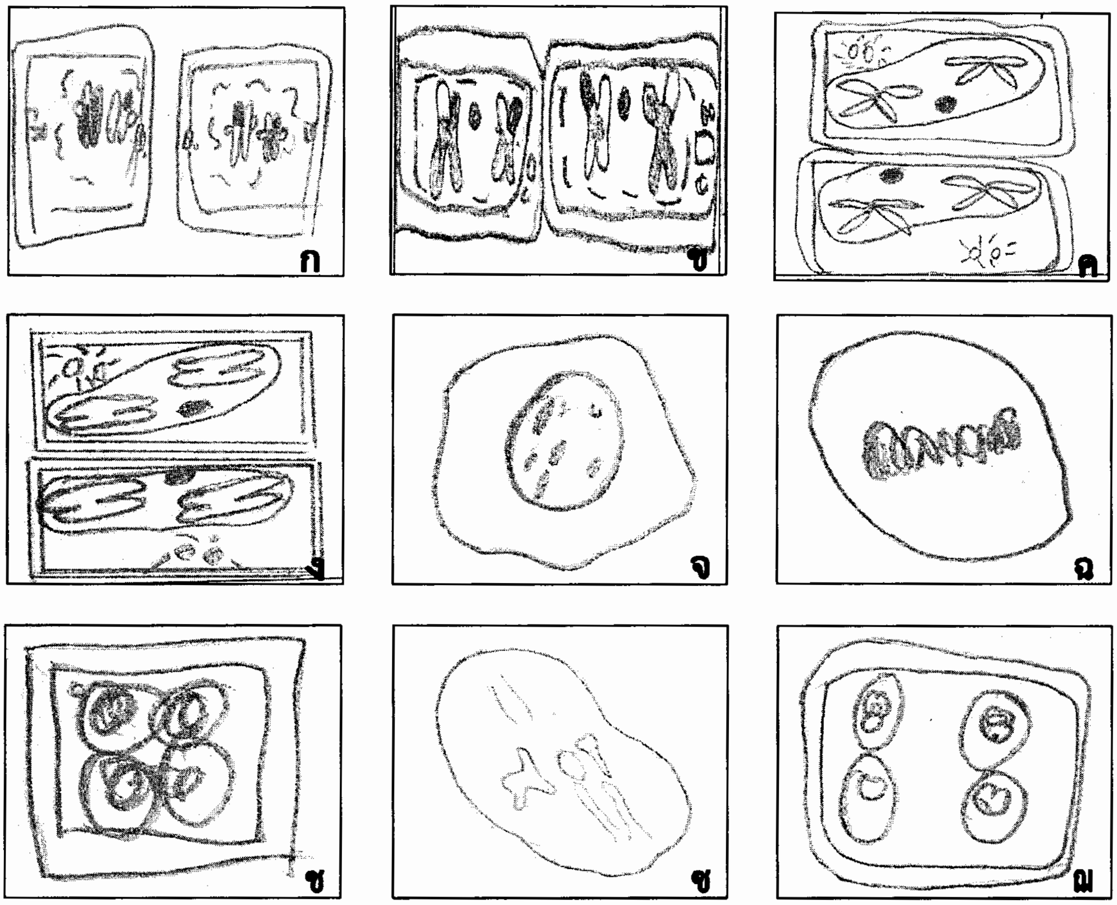
1.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 2 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเทโลเฟส I ได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “เป็นระยะที่โครโมโซมมี 2 โครมาทิด เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มเกิดการสร้างใหม่ มีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์และได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์” (ภาพที่ 4.42ก)

1.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 15 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเทโลเฟส I โดยนักเรียนทั้ง 15 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะเทโลเฟส I โครโมโซมมี 2 โครมาทิด เริ่มสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสขึ้นมาใหม่ และได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์” ซึ่งนักเรียนวาดภาพแสดงโครโมโซมมี 2 โครมาทิด เยื่อหุ้มนิวเคลียส และเซลล์ใหม่ 2 เซลล์ (ภาพที่ 4.42ข) นักเรียน 3 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะเทโลเฟส I เป็นระยะที่เริ่มสร้างนิวคลีโอลัสขึ้นมาใหม่” ซึ่งนักเรียนวาดภาพแสดงนิวคลีโอลัสในนิวเคลียส (ภาพที่ 4.42ค) และนักเรียน 5 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะเทโลเฟส I มีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์” (ภาพที่ 4.42ง) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 8 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะเทโลเฟส I เริ่มสร้างนิวคลีโอลัสขึ้นมาใหม่” และนักเรียน 6 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะเทโลเฟส I มีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์”

1.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 17 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 17 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญระยะเทโลเฟส I ในทุกประเด็นคำตอบ เช่น นักเรียนไม่วาดภาพแสดงเยื่อหุ้มนิวเคลียสนิวคลีโอลัส และเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์ (ภาพที่ 4.42จ) วาดภาพโครโมโซมไม่ถูกต้อง ซึ่งนักเรียนควรวาดภาพโครโมโซมมี 2 โครมาทิด แต่นักเรียนวาดภาพโครโมโซมอยู่กลางเซลล์ (ภาพที่ 4.42ฉ) และแสดงจำนวนเซลล์ใหม่ไม่ถูกต้อง ซึ่งนักเรียนควรวาดภาพแสดงเซลล์ใหม่ 2 เซลล์ แต่นักเรียนวาดเซลล์ใหม่ 4 เซลล์ (ภาพที่ 4.42ช)

1.4) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 2 คน วาดภาพและอธิบายไม่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญระยะเทโลเฟส I ในทุกประเด็นคำตอบ โดยไม่วาดภาพ

แสดงเยื่อหุ้มนิวเคลียส นิวคลีโอลัส เซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์ (ภาพที่ 4.42ซ) วาดภาพโครโมโซมไม่ถูกต้อง ซึ่งนักเรียนควรวาดภาพโครโมโซมมี 2 โครมาทิด แต่วาดโครโมโซมเรียงกลางเซลล์ และแสดงจำนวนเซลล์ใหม่ไม่ถูกต้อง ซึ่งนักเรียนควรวาดภาพแสดงเซลล์ใหม่ 2 เซลล์ แต่นักเรียนวาดเซลล์ใหม่ 4 เซลล์ ภาพที่ 4.42ฌ) และนักเรียนทั้ง 2 คน ไม่อธิบายลักษณะสำคัญระยะเทโลเฟส I ในทุกประเด็นคำตอบ



ภาพที่ 4.42 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส I (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข-ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(จ-ช) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

(ซ-ฌ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

2) แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน 2 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 8.3 และ 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 91.7

2.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 3 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเทโลเฟส I ได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “ระยะเทโลเฟส I โครโมโซมมี 2 โครมาทิด เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มเกิดการสร้างใหม่ มีเซนโทรโซม 1 ชุดต่อเซลล์ และได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์” (ภาพที่ 4.43ก)

2.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 33 คน มีมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเทโลเฟส I ทุกประเด็นคำตอบ โดยนักเรียนทั้ง 33 คน วาดภาพระยะเทโลเฟส I โครโมโซมมี 2 โครมาทิด เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มเกิดการสร้างใหม่ มีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์ และได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์ (ภาพที่ 4.43ข) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 6 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะเทโลเฟส I เริ่มสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสขึ้นมาใหม่” นักเรียน 22 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะเทโลเฟส I เริ่มสร้างนิวคลีโอลัสขึ้นมาใหม่” และนักเรียน 27 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะเทโลเฟส I มีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์”

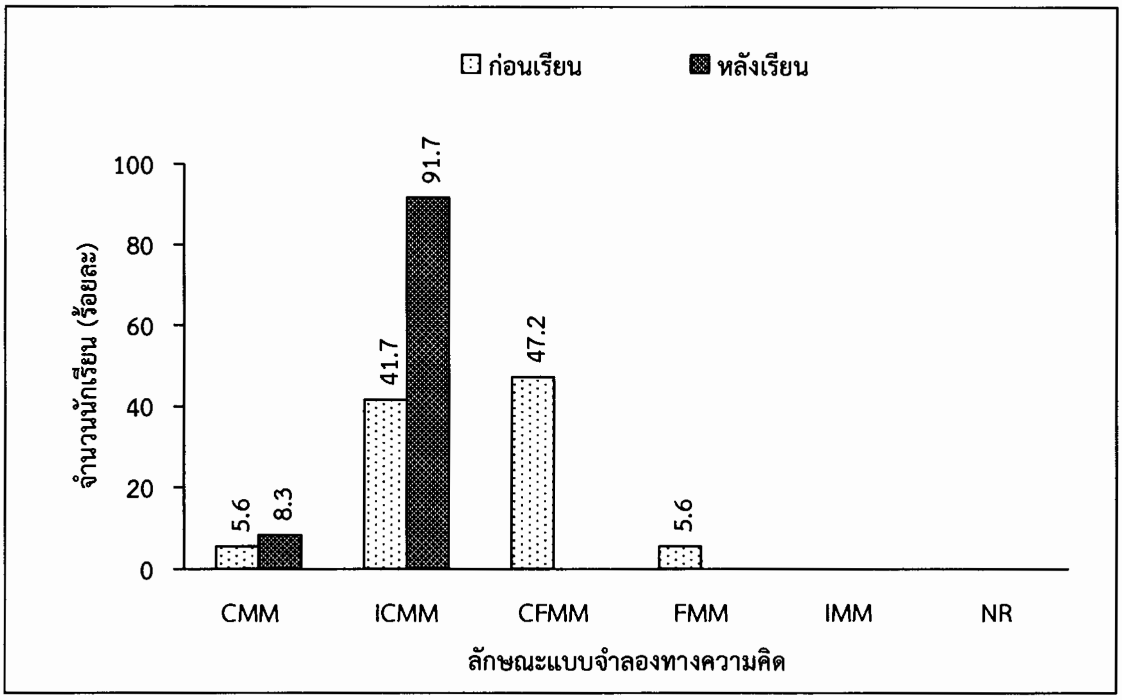
ภาพที่ 4.43 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส I (หลังเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง
(ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

3) เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส I พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 47.2 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 41.7 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) กับแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) เท่ากันคือร้อยละ 5.6 หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้

พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) กับแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 8.3 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 91.7 (ภาพที่ 4.44)



ภาพที่ 4.44 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส I ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง
ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง
FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง
IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง
NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.2.5.6 ระยะโพรเฟส II

1) แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

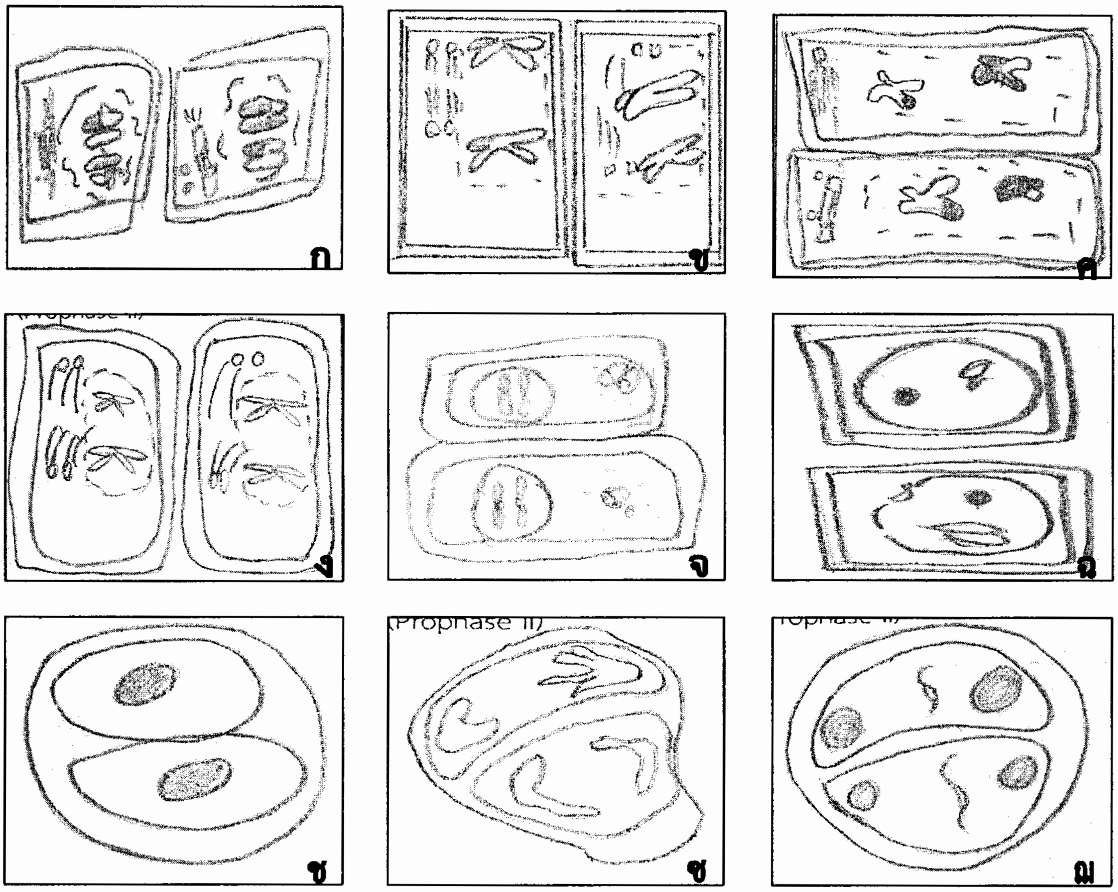
นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 4 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.8 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 22.2 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 72.2 และ 4) แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.8

1.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 1 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะโพรเฟส II ได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “เป็นระยะที่โครโมโซมชัดเจน เยื่อหุ้มนิวเคลียสสลายและนิวคลีโอลัสเริ่มสลาย เซนโทรโซมเริ่มแยกออกจากกันและเริ่มมีการสร้างเส้นใยสปินเดิล” (ภาพที่ 4.45ก)

1.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 8 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะโพรเฟส โดยนักเรียนทั้ง 8 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะโพรเฟส II โครโมโซมชัดเจน และเริ่มมีการสลายของเยื่อหุ้มนิวเคลียส” (ภาพที่ 4.45ข) นักเรียน 3 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะโพรเฟส II ไม่มีนิวคลีโอลัส” โดยไม่วาดภาพนิวคลีโอลัสในนิวเคลียส (ภาพที่ 4.45ค) และนักเรียน 4 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะโพรเฟส II เซนโทรโซมเริ่มแยกออกจากกันและเริ่มมีการสร้างเส้นใยสปินเดิล” (ภาพที่ 4.45ง) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 3 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะโพรเฟส II เริ่มมีการสลายของนิวคลีโอลัส”

1.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 26 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 26 วาดภาพแสดงลักษณะสำคัญในระยะโพรเฟส II ไม่ถูกต้องทุกประเด็นคำตอบ เช่น วาดภาพแสดงเยื่อหุ้มนิวเคลียส (ภาพที่ 4.45จ) วาดภาพนิวคลีโอลัส (ภาพที่ 4.45ฉ) ไม่วาดภาพเซนโทรโซมและเส้นใยสปินเดิล (ภาพที่ 4.45ช) วาดภาพโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยวาดโครโมโซมแยกไปยังขั้วของเซลล์ (ภาพที่ 4.45ซ)

1.4) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน วาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญในระยะโพรเฟส II ไม่ถูกต้องทุกประเด็นคำตอบ โดยนักเรียนวาดเยื่อหุ้มนิวเคลียส โครโมโซมในรูปเส้นใยโครมาทิน ไม่แสดงนิวคลีโอลัส เซนโทรโซม เส้นใยสปินเดิล และวาดจำนวนเซลล์ใหม่ 4 เซลล์ (ภาพที่ 4.14ฌ) และอธิบายลักษณะโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “มีการสร้างเส้นใยสปินเดินดึงซิสเตอร์โครมาทิดออกจากกัน”



ภาพที่ 4.45 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส II (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข-ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(จ-ซ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

(ฌ) หมายถึง กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

2) แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 22.2 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 63.9 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 13.9

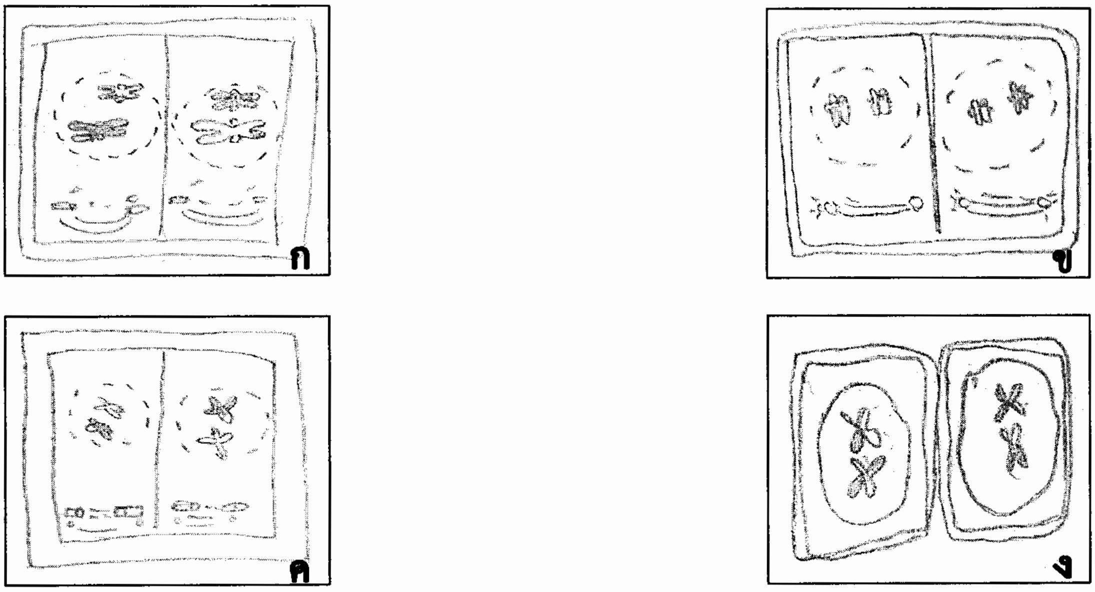
2.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 8 คน นักเรียนวาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะโพรเฟส II ได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “โครโมโซมชัดเจน เยื่อหุ้มนิวเคลียสสลายและนิวคลีโอลัสเริ่มสลาย เซนโทรโซมเริ่มแยกออกจากกันและเริ่มมีการสร้างเส้นใยสปินเดิล” (ภาพที่ 4.46ก)

2.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 23 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะโพรเฟส II โดยนักเรียนทั้ง 23 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า "โครโมโซมชัดเจน และเยื่อหุ้มนิวเคลียสเริ่มสลาย" (ภาพที่ 4.46ข) นักเรียน 22 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า "ระยะโพรเฟส II นิวคลีโอลัสเริ่มสลาย เซนโทรโซม เริ่มแยกออกจากกันและเริ่มมีการสร้างเส้นใยสปินเดิล" (ภาพที่ 4.46ค) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 7 คน ไม่อธิบายว่า "ระยะโพรเฟส II เริ่มมีการสลายของเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัส" และนักเรียน 21 คน ไม่อธิบายว่า "ระยะโพรเฟส II เซนโทรโซม เริ่มแยกออกจากกันและเริ่มมีการสร้างเส้นใยสปินเดิล"

2.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 5 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ

2.3.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียน 4 คน มีความเข้าใจไม่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า "ระยะโพรเฟส II เริ่มมีการสลายของเยื่อหุ้มนิวเคลียส" โดยนักเรียนวาดภาพแสดงเยื่อหุ้มนิวเคลียส (ภาพที่ 4.46ง)

2.3.2) กลุ่มอธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน อธิบายลักษณะโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า "มีการสร้างเส้นใยสปินเดินดึงซิสเตอร์โครมาทิดออกจากกัน"



ภาพที่ 4.46 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส II (หลังเรียน)

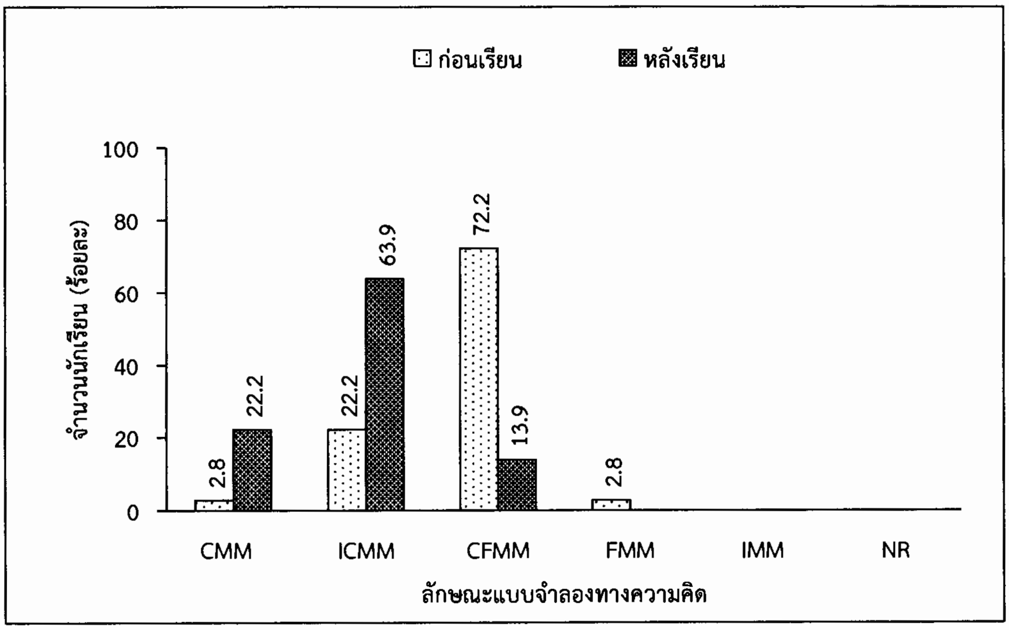
หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข-ค) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

3) เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส II พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 72.2 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 22.2 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) กับแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) เท่ากันคือร้อยละ 2.8 หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 22.2 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 63.9 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 13.9 (ภาพที่ 4.47)



ภาพที่ 4.47 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส II ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง

NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.4.5.7 ระยะเมตาเฟส II

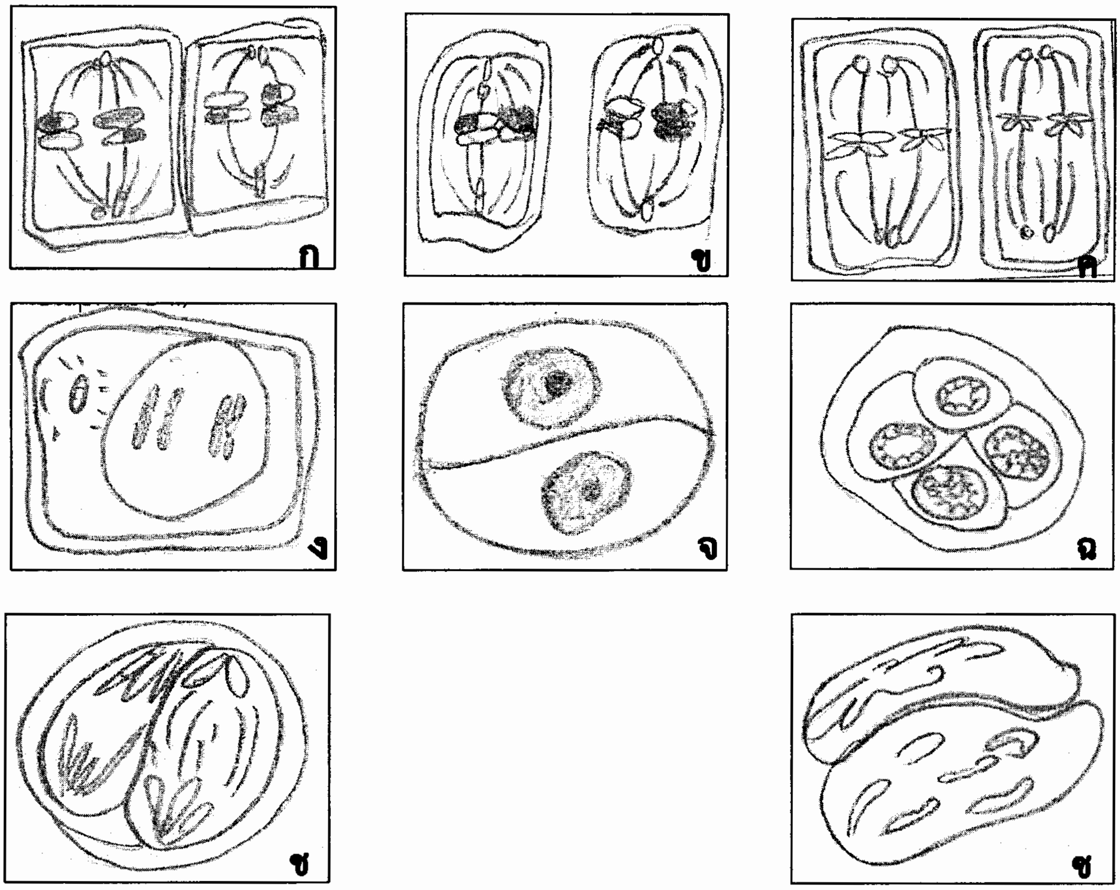
1) แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 36.1 2) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 61.1 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.8

1.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 13 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเมตาเฟส II โดยนักเรียนทั้ง 13 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะเมตาเฟส II โครโมโซมจะมาเรียงอยู่ในแนวกึ่งกลางเซลล์และไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส” (ภาพที่ 4.48ก) นักเรียน 4 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะเมตาเฟส II ไม่มีนิวคลีโอลัส” (ภาพที่ 4.48ข) และนักเรียน 7 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะเมตาเฟส II มีเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิลมาจับบริเวณเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม” (ภาพที่ 4.48ค) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 8 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะเมตาเฟส II ไม่มีนิวคลีโอลัส” และนักเรียน 6 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะเมตาเฟส II มีเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิลยึดที่ตำแหน่งเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม”

1.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 22 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 22 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญในระยะเมตาเฟส II ทุกประเด็นคำตอบ เช่น นักเรียนวาดภาพแสดงเยื่อหุ้มนิวเคลียสและจำนวนเซลล์ไม่ถูกต้อง โดยวาดแสดงจำนวนเซลล์ 1 เซลล์ ซึ่งนักเรียนควรวาดจำนวนเซลล์ 2 เซลล์ (ภาพที่ 4.48ง) วาดนิวคลีโอลัสและและไม่วาดเซนโทรโซม (ภาพที่ 4.48จ) วาดภาพจำนวนโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยวาดเส้นใยโครมาทิน (ภาพที่ 4.48ฉ) และวาดโครโมโซมแยกไปยังแต่ละขั้วของเซลล์ (ภาพที่ 4.48ช)

1.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดไม่ครบทุกประเด็นคำตอบ ซึ่งมีประเด็นที่ไม่ถูกต้องและไม่ได้กล่าวถึง ซึ่งนักเรียนวาดภาพและอธิบายไม่ถูกต้อง โดยวาดภาพโครโมโซมอยู่ในรูปเส้นใยโครมาทิน มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ไม่มีเซนโทรโซม และเส้นใยสปินเดิล และอธิบายว่า “ซิสเตอร์โครมาทิดเรียงอยู่กึ่งกลางเซลล์” (ภาพที่ 4.48ซ)



ภาพที่ 4.48 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส II (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก-ค) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ง-ช) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

(ซ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

2) แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน 2 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 91.7 และ 2) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 8.3

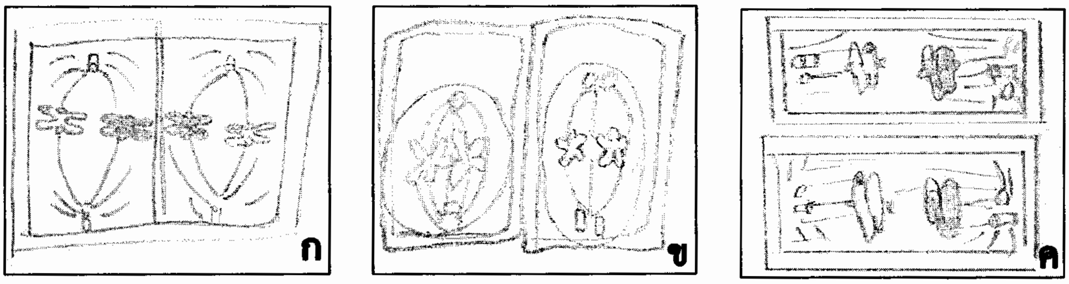
2.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียนทั้ง 33 คน วาดภาพเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเมตาเฟสได้ถูกต้องทุกประเด็นคำตอบ โดยวาดภาพโครโมโซมมาเรียงอยู่ในแนวกึ่งกลางเซลล์ ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัส เซนโทรโซม อยู่ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิลมาจับบริเวณเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม (ภาพที่ 4.49ก) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียนทั้ง 33 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะเมตาเฟส II ไม่มี

นิวคลีโอลัส และมีเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกันและมีเส้นใยสปินเดิลยึดที่ตำแหน่งเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม”

2.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 3 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

2.2.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียน 2 คน โดยนักเรียน 1 คน วาดภาพแสดงเยื่อหุ้มนิวเคลียส (ภาพที่ 4.49ข) และนักเรียนอีก 1 คน วาดภาพลักษณะโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยวาดภาพโครโมโซมไม่อยู่ในแนวกลางเซลล์ (ภาพที่ 4.49ค)

2.2.2) กลุ่มอธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน อธิบายลักษณะโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “ซิสเตอร์โครมาทิดเรียงอยู่กึ่งกลางเซลล์”



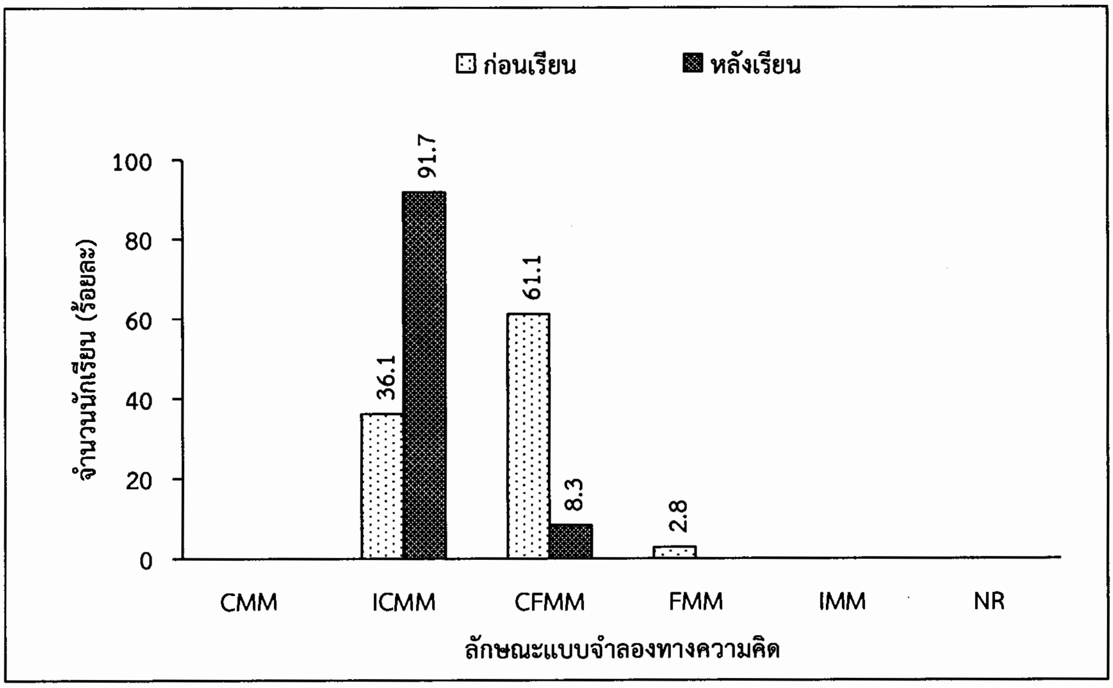
ภาพที่ 4.49 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส II (หลังเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ข-ค) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

3) เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส II พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 61.1 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 36.1 และมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 2.8 หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 91.7 และมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 8.3 (ภาพที่ 4.50)



ภาพที่ 4.50 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส II ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง
ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง
FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง
IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง
NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.2.5.8 ระยะแอนาเฟส II

1) แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 2 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 25 และ 2) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 75

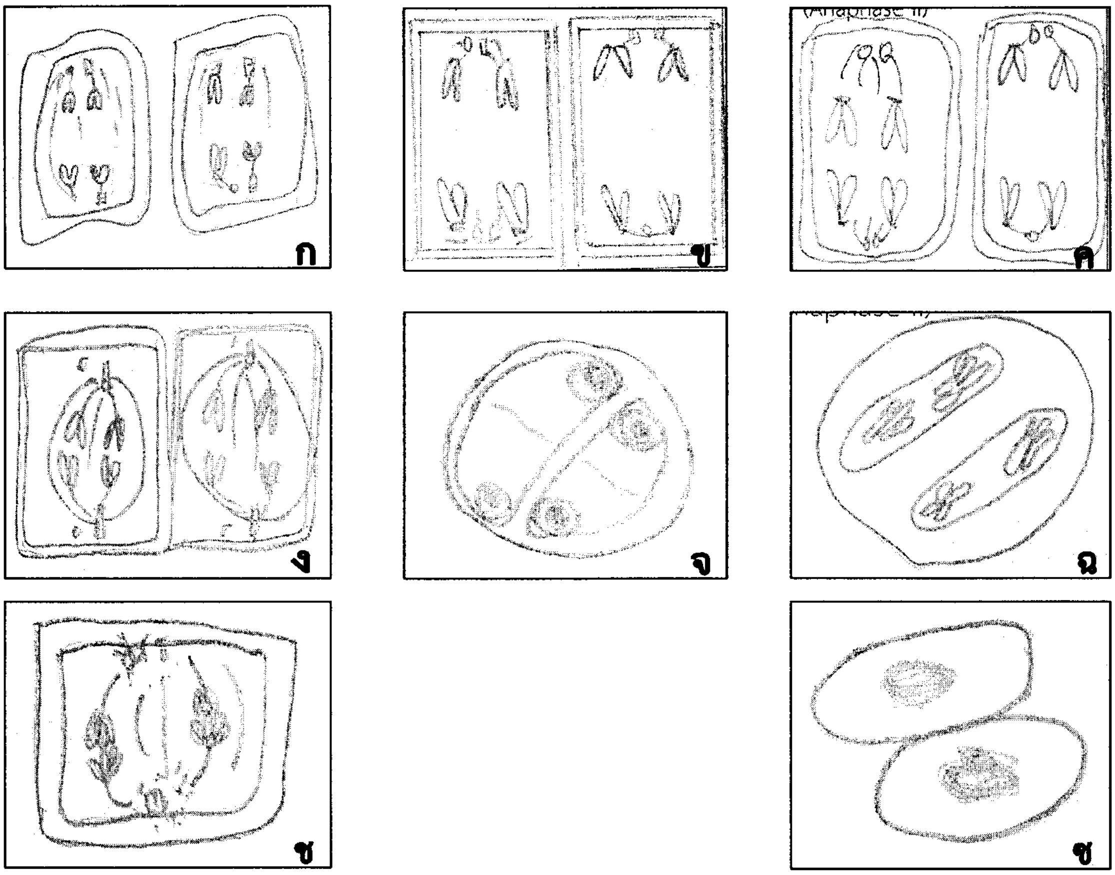
1.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 9 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะแอนาเฟส II โดยนักเรียนทั้ง 9 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า “ระยะแอนาเฟส II ซิสเตอร์โครมาทิดถูกดึงแยกออกจากกันไปที่ขั้วเซลล์โดยเส้นใยสปินเดิล และไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส” (ภาพที่ 4.51ก) นักเรียน 4 คน มีความเข้าใจที่

ถูกต้องในประเด็นที่ว่า "ระยะแอนาเฟส II ไม่มีนิวคลีโอลัส" (ภาพที่ 4.51ข) นักเรียน 5 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า "เซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิลดึงซิสเตอร์โครมาทิดแยกไปยังแต่ละขั้วของเซลล์" (ภาพที่ 4.51ค) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 4 คน ไม่อธิบายว่า "ระยะแอนาเฟส II ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส มีเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิลดึงซิสเตอร์โครมาทิดแยกไปยังแต่ละขั้วของเซลล์"

1.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 27 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดครบทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

1.2.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียน 21 คน วาดภาพแสดงลักษณะสำคัญในระยะแอนาเฟส II ไม่ถูกต้องทุกประเด็นคำตอบ เช่น วาดเยื่อหุ้มนิวเคลียส (ภาพที่ 4.51ง) วาดนิวคลีโอลัสและวาดแสดงจำนวนเซลล์ไม่ถูกต้อง โดยวาดจำนวนเซลล์ 4 เซลล์ ซึ่งนักเรียนควรวาด 2 เซลล์ (ภาพที่ 4.51จ) ไม่วาดเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกันและมีเส้นใยสปินเดิลดึงซิสเตอร์โครมาทิดแยกไปยังแต่ละขั้วของเซลล์ (ภาพที่ 4.51ฉ) และวาดภาพซิสเตอร์โครมาทิดไม่ถูกต้อง (ภาพที่ 4.51ช) วาดโครโมโซมในรูปเส้นใยโครมาทิน (ภาพที่ 4.51ซ)

1.2.2) กลุ่มอธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน นักเรียนอธิบายลักษณะโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า "โครโมโซมเรียงในแนวกลางเซลล์"



ภาพที่ 4.51 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส II (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก-ค) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ง-ซ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

2) แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

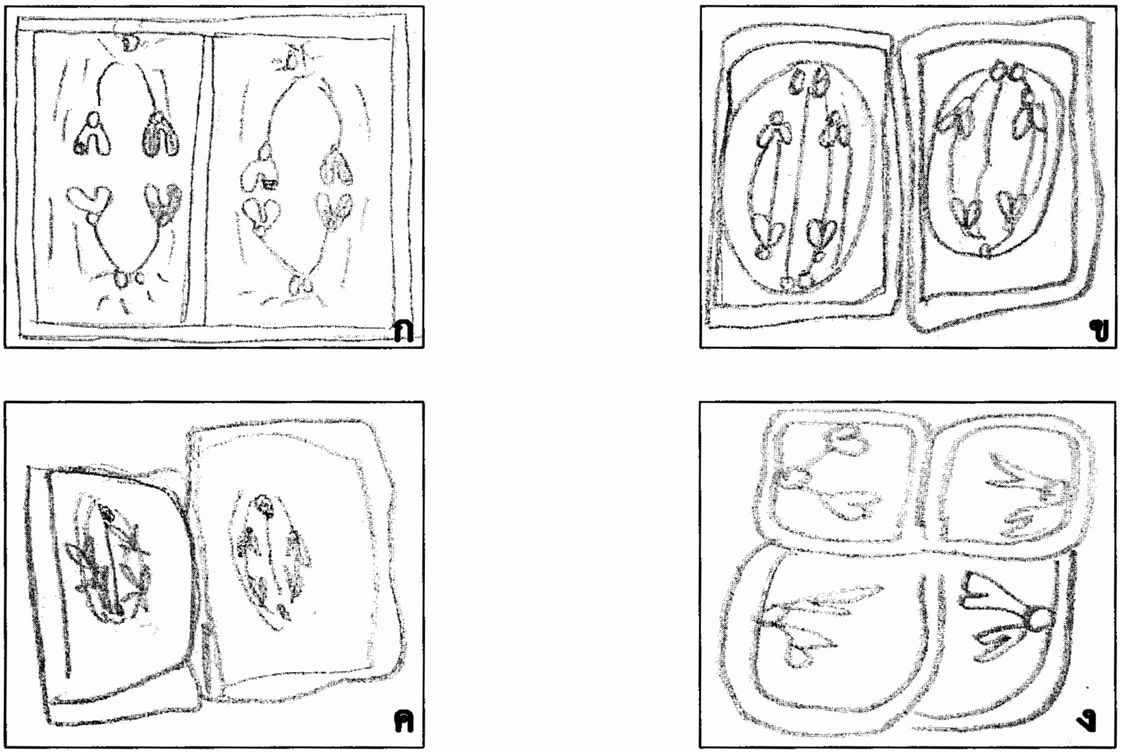
นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน 2 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 80.6 และ 2) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 19.4

2.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 29 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะแอนาเฟส II ทุกประเด็นคำตอบ โดยนักเรียนวาดภาพซิสเตอร์โครมาทิดแยกออกจากกันไปยังแต่ละขั้วของเซลล์โดยเส้นใยสปินเดิล ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัส และเซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน (ภาพที่ 4.52ก) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียนทั้ง 29 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะแอนาเฟส II ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัส” และนักเรียน 28 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะแอนาเฟส II เซนโทรโซมอยู่ตรงข้ามกัน และมีเส้นใยสปินเดิล”

2.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 7 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

2.2.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียน 6 คน วาดภาพลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะแอนาเฟส II ไม่ถูกต้อง โดยนักเรียน 1 คน วาดเยื่อหุ้มนิวเคลียส (ภาพที่ 4.52ข) นักเรียน 5 คน วาดโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยวาดในรูปแบบต่าง ๆ เช่น วาดโครโมโซมเรียงอยู่ในแนวกลางเซลล์ (ภาพที่ 4.52ค) วาดจำนวนโครมาทิดไม่ถูกต้อง (ภาพที่ 4.52ง)

2.2.2) กลุ่มอธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน นักเรียนอธิบายโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “โครโมโซมเรียงในแนวกลางเซลล์”



ภาพที่ 4.52 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส II (หลังเรียน)

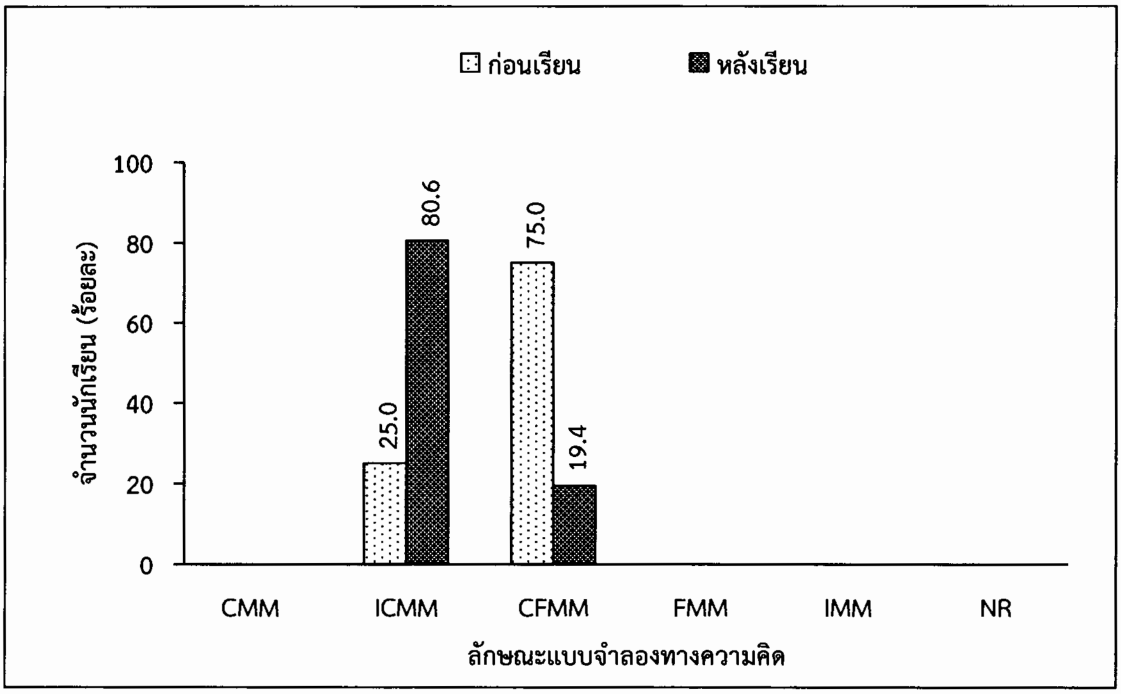
หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ข-ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

3) เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส II พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 75.0 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่

ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 25.0 หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 80.6 และมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 19.4 (ภาพที่ 4.53)



ภาพที่ 4.53 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส II ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง
ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง
FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง
IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง
NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.2.5.9 ระยะเทโลเฟส II

1) แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.6 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่

ไม่สมบูรณ์ จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 41.7 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 52.8

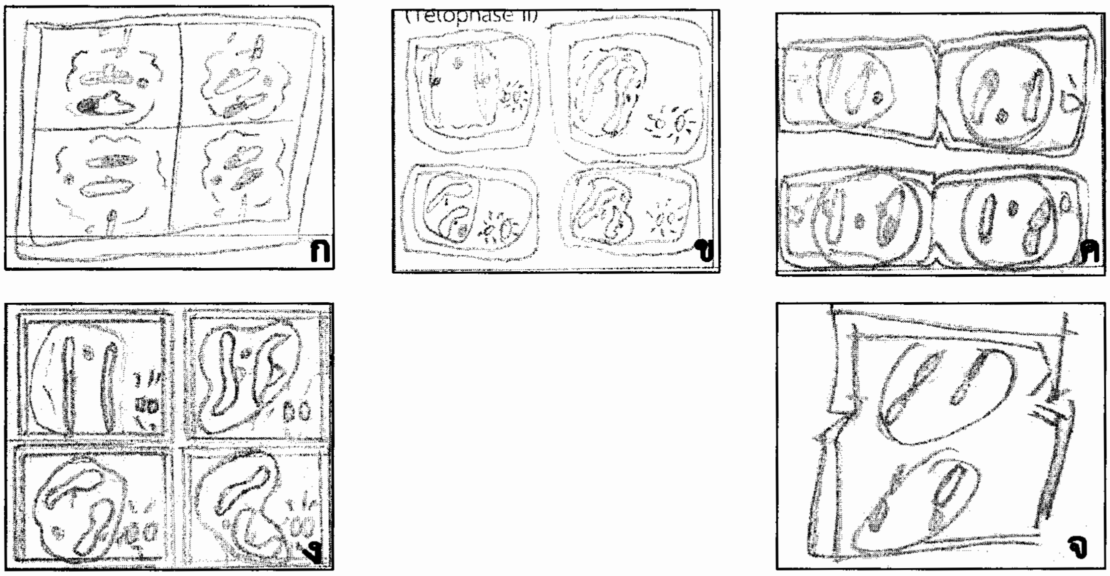
1.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง นักเรียน 2 คน วาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเทโลเฟส II ได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า "ระยะเทโลเฟส II โครโมโซมเกิดการคลายตัวกลายเป็นโครมาทิน เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มเกิดการสร้างใหม่ มีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์ และได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์" (ภาพที่ 4.54ก)

1.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 15 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเทโลเฟส II โดยนักเรียนทั้ง 15 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า "ระยะเทโลเฟส II โครโมโซมเกิดการคลายตัวกลายเป็น โครมาทิน เริ่มสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสขึ้นมาใหม่ และได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์" (ภาพที่ 4.54ข) นักเรียน 1 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า "ระยะเทโลเฟส II เริ่มสร้างนิวคลีโอลัสขึ้นมาใหม่" โดยนักเรียนวาดภาพแสดงนิวคลีโอลัส (ภาพที่ 4.54ค) นักเรียน 4 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นที่ว่า "ระยะเทโลเฟส II มีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์" (ภาพที่ 4.54ง) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 2 คน ไม่อธิบายว่า "ระยะเทโลเฟส II เริ่มสร้างนิวคลีโอลัสขึ้นมาใหม่" และนักเรียน 8 คน ไม่อธิบายว่า "ระยะเทโลเฟส II มีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์"

1.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 19 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

1.3.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 19 คน วาดภาพลักษณะสำคัญในระยะเทโลเฟส II ไม่ถูกต้องทุกประเด็นคำตอบ คือ ลักษณะโครโมโซม เยื่อหุ้มนิวเคลียส นิวคลีโอลัส เซนโทรโซมไม่ถูกต้อง และจำนวนเซลล์ไม่ถูกต้อง โดยวาดจำนวน 2 เซลล์ ซึ่งนักเรียนควรวาดจำนวน 4 เซลล์ (ภาพที่ 4.54จ)

1.3.2) กลุ่มอธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน อธิบายลักษณะโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า "โฮโมโลกัสโครโมโซมแยกไปแต่ละข้างของเซลล์"



ภาพที่ 4.54 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส II (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข-ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(จ) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

2) แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 11.1 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 72.2 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 16.7

2.1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง นักเรียน 4 คน วาดภาพและอธิบายลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเทโลเฟส II ได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “ระยะเทโลเฟส II โครโมโซมเกิดการคลายตัวกลายเป็นโครมาทิน เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มเกิดการสร้างใหม่ มีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์ และได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์” (ภาพที่ 4.55ก)

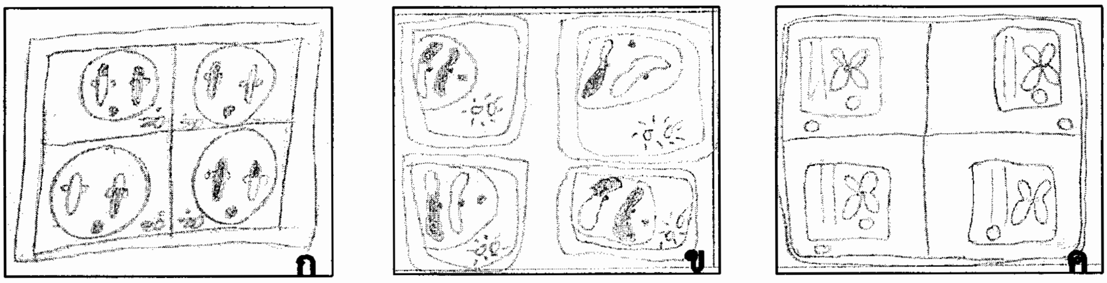
2.2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 26 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในระยะเทโลเฟส II ทุกประเด็นคำตอบ โดยนักเรียนวาดภาพแสดงโครโมโซมเกิดการคลายตัวกลายเป็นโครมาทิน เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มเกิดการสร้างใหม่ มีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์ และได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์ (ภาพที่ 4.55ข) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ นักเรียน 1 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะเทโลเฟส II เริ่ม

สร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสขึ้นมาใหม่” นักเรียน 4 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะเทโลเฟส II เริ่มสร้างนิวคลีโอลัสขึ้นมาใหม่” และนักเรียน 22 คน ไม่อธิบายว่า “ระยะเทโลเฟส II มีเซนโทรโซม 1 ชุด ต่อเซลล์”

2.3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 6 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

2.3.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 5 คน วาดภาพ ลักษณะโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยวาดโครโมโซมที่มี 2 โครมาทิด ซึ่งนักเรียนควรวาด 1 โครโมโซม มี 1 โครมาทิด (ภาพที่ 4.55ค)

2.3.2) กลุ่มอธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน อธิบายลักษณะโครโมโซมไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่า “โฮโมโลกัสโครโมโซมแยกไปแต่ละข้างของเซลล์”



ภาพที่ 4.55 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส II (หลังเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

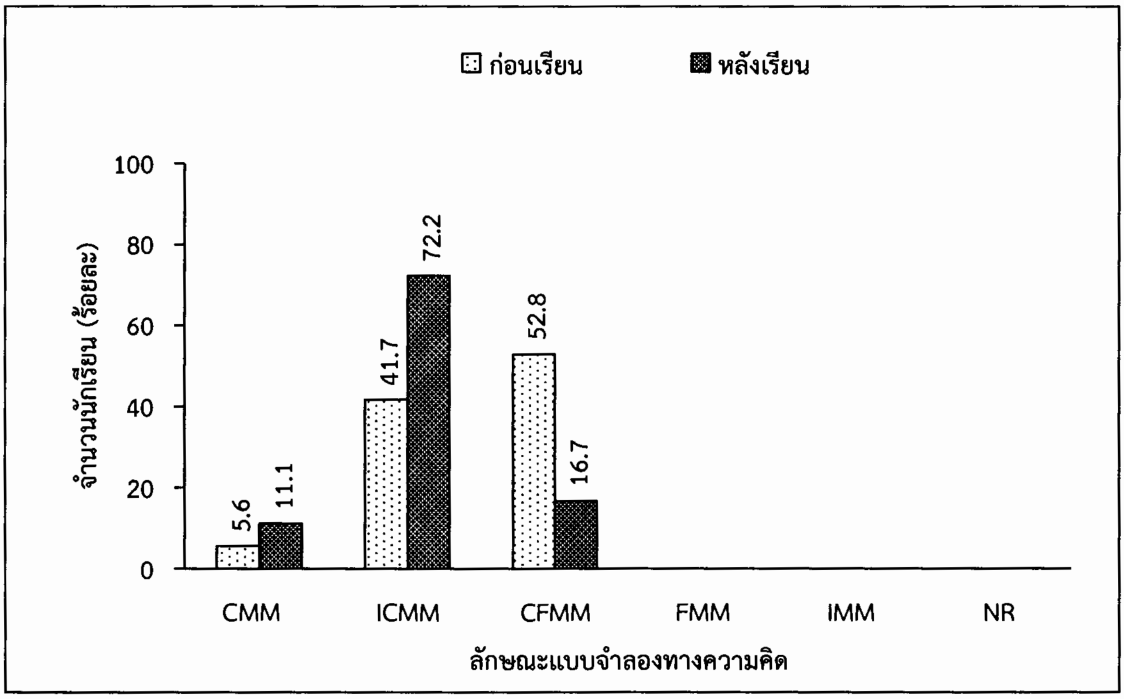
(ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ค) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

3) เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส II พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 52.8 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 41.7 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนเพียงร้อยละ 2.8 เท่านั้นที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 11.1 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 72.2 นอกจากนี้

ยังพบว่านักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 16.7 (ภาพที่ 4.56)



ภาพที่ 4.56 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส II ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง

NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.2.6 โครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

4.2.6.1 แบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ “N เป็นแอลลีลของยีนเด่นที่ควบคุมลักษณะคางบุ๋ม n เป็นแอลลีลของยีนด้อยที่ควบคุมลักษณะคางบุ๋ม เมื่อพ่อมีลักษณะคางบุ๋มชนิดพันธุ์ทางแต่งงานกับแม่ที่มีลักษณะคางบุ๋มพันธุ์แท้” ให้นักเรียนวาดแผนภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเอง

เกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนลักษณะคางบุ๋มจากพ่อแม่ไปยังลูก โดยระบุจีโนไทป์ ฟีโนไทป์ของพ่อ แม่ และลูก พร้อมอธิบายรายละเอียดพบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.8 2) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 33.3 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 63.9

1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียน 1 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนลักษณะคางบุ๋มจากพ่อพ่อแม่ไปยังลูก โดยวาดแผนผังแสดงการถ่ายทอดยีนลักษณะคางบุ๋มที่พ่อมีลักษณะคางบุ๋มชนิดพันธุ์ทาง กำหนดจีโนไทป์คือ Nn แม่มีลักษณะคางบุ๋มชนิดพันธุ์แท้ กำหนดจีโนไทป์คือ NN และได้ลูกที่มีลักษณะคางบุ๋มชนิดพันธุ์ทาง กำหนดจีโนไทป์ คือ Nn และลักษณะคางบุ๋มชนิดพันธุ์แท้ กำหนดจีโนไทป์คือ NN ในอัตราส่วนเท่ากัน คือ 50:50 ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ ไม่อธิบายว่า “จีโนไทป์พ่อ คือ Nn และจีโนไทป์แม่ คือ NN” (ภาพที่ 4.57ก)

2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 12 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดทุกประเด็นคำตอบ แต่มีประเด็นที่ไม่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

2.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 12 คน วาดแผนผังแสดงการถ่ายทอดยีนลักษณะคางบุ๋มไม่ถูกต้อง ดังนี้ กลุ่มที่ระบุจีโนไทป์พ่อไม่ถูกต้อง นักเรียน 5 คน โดยนักเรียนวาดแผนภาพระบุจีโนไทป์พ่อเป็น NN หรือ nn (ภาพที่ 4.57ข) กลุ่มที่ระบุจีโนไทป์แม่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 11 คน โดยนักเรียนวาดแผนภาพระบุจีโนไทป์แม่เป็น Nn หรือ nn (ภาพที่ 4.57ค) กลุ่มที่ระบุจีโนไทป์ลูกไม่ถูกต้อง นักเรียน 11คน เช่น วาดแผนภาพระบุจีโนไทป์ลูกเป็น NN, Nn, Nn, nn หรือ วาดแผนภาพระบุจีโนไทป์ลูกเป็น Nn หรือวาดแผนภาพระบุจีโนไทป์ลูกเป็น Nn, nn, NN (ภาพที่ 4.57ง)

2.2) กลุ่มที่อธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับจีโนไทป์พ่อ โดยอธิบายว่า “พ่อมีลักษณะคางบุ๋ม พันธุ์ทาง มีจีโนไทป์เป็น nn” นักเรียน 7 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับจีโนไทป์แม่ โดยอธิบายว่า “มีจีโนไทป์แม่เป็น Nn” นักเรียน 8 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับจีโนไทป์และฟีโนไทป์ลูก โดยนักเรียน 5 คน อธิบายว่า “ลูกมีลักษณะคางบุ๋มและคางไม่บุ๋ม” และนักเรียนอีก 3 คน อธิบายว่า “จีโนไทป์ลูกคือ NN, Nn, nn”

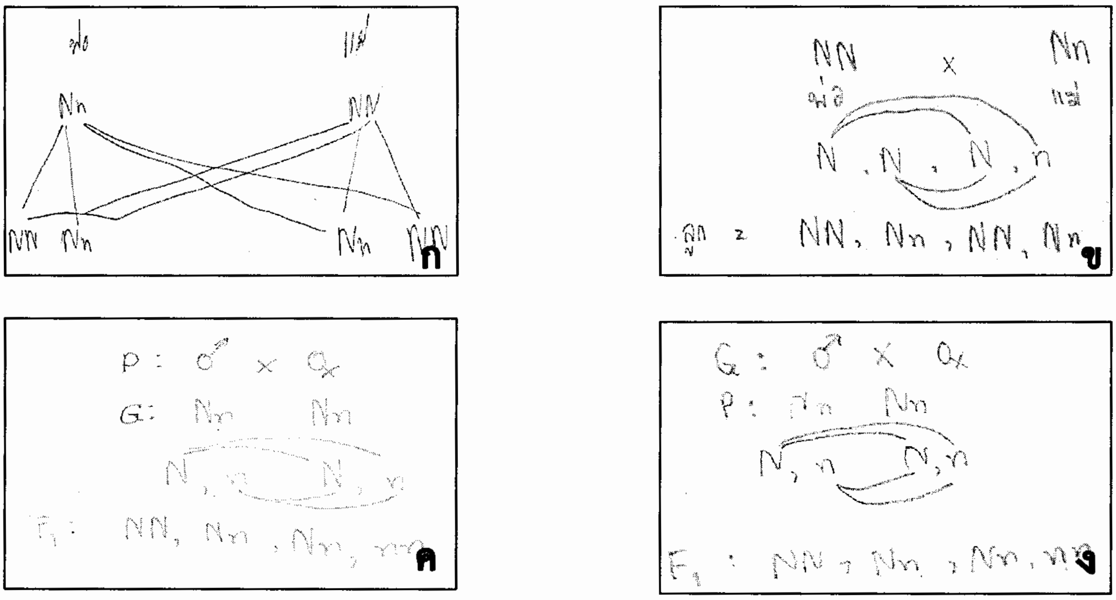
3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง นักเรียนทั้ง 23 คนแสดงแบบจำลองทางความคิดไม่ครบทุกประเด็นคำตอบ ซึ่งมีประเด็นที่ไม่ถูกต้องและไม่ได้กล่าวถึง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 3 กลุ่มคือ

3.1) กลุ่มที่วาดแผนภาพไม่ถูกต้อง นักเรียน 19 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับจีโนไทป์พ่อ โดยนักเรียนวาดแผนภาพระบุจีโนไทป์พ่อเป็น NN (ภาพที่ 4.57จ)

นักเรียน 20 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับจีโนไทป์แม่ โดยนักเรียนวาดแผนภาพระบุจีโนไทป์แม่เป็น Nn (ภาพที่ 4.57ฉ) นักเรียนทั้ง 23 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับจีโนไทป์ลูก เช่น วาดแผนภาพระบุจีโนไทป์ลูกเป็น NN, NN, nN, nN หรือวาดแผนภาพระบุจีโนไทป์ลูกเป็น Nn หรือวาดแผนภาพระบุจีโนไทป์ลูกเป็น NN, Nn, nn (ภาพที่ 4.57ช)

3.2) กลุ่มที่อธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 23 คนมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับจีโนไทป์ลูก โดยนักเรียน 19 คน อธิบายว่า “ลูกจะมีลักษณะคางบุ๋ม ที่เป็นยีนด้อย” นักเรียน 3 คน อธิบายว่า “ลูกมีลักษณะคางบุ๋ม พันธุ์ทาง” และนักเรียนอีก 1 คน อธิบายว่า “ลูกจะมีลักษณะคางบุ๋มและคางไม่บุ๋ม”

3.3) ประเด็นที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด นักเรียนทั้ง 23 คน ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิดในประเด็นที่เกี่ยวกับจีโนไทป์พ่อและแม่ โดยไม่ระบุว่า “พ่อมีลักษณะคางบุ๋มพันธุ์ทาง มีจีโนไทป์เป็น Nn และแม่มีลักษณะคางบุ๋ม พันธุ์แท้ มีจีโนไทป์เป็น NN”

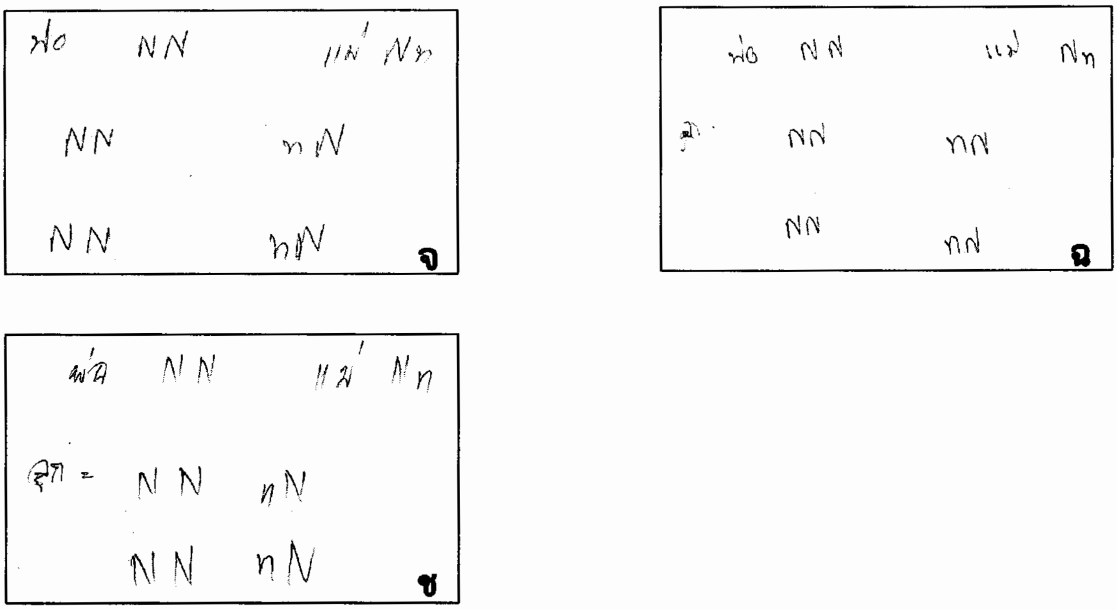


ภาพที่ 4.57 การถ่ายทอดยีนลักษณะคางบุ๋ม (ก่อนเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ข-ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

(จ-ช) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง



ภาพที่ 4.57 การถ่ายทอดยีนลักษณะคางบุ๋ม (ก่อนเรียน) (ต่อ)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ข-ง) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

(จ-ช) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

4.2.6.2 แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ “N เป็นแอลลีลของยีนเด่นที่ควบคุมลักษณะคางบุ๋ม n เป็นแอลลีลของยีนด้อยที่ควบคุมลักษณะคางบุ๋ม เมื่อพ่อมีลักษณะคางบุ๋มชนิดพันธุ์ทางแต่งงานกับแม่ที่มีลักษณะคางบุ๋มพันธุ์แท้” ให้นักเรียนวาดแผนภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนลักษณะคางบุ๋มจากพ่อแม่ไปยังลูก โดยระบุจีโนไทป์ ฟีโนไทป์ของพ่อ แม่ และลูก พร้อมอธิบายรายละเอียดพบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 3 กลุ่ม คือ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 22.2 2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 63.9 และ 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 13.9

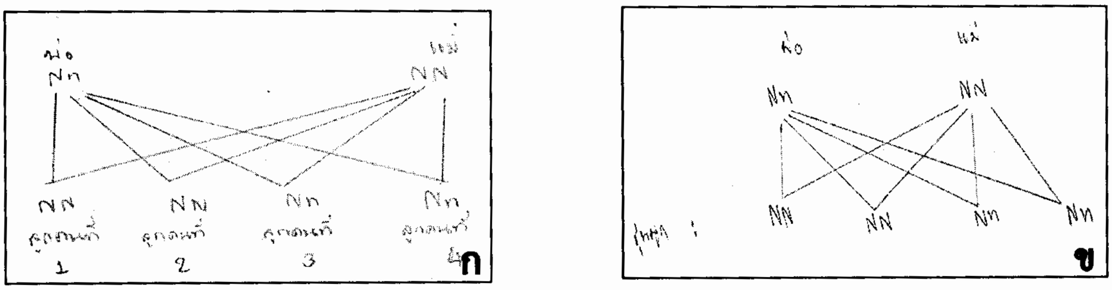
1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง นักเรียน 8 คน วาดแผนภาพและอธิบายเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนลักษณะคางบุ๋มจากพ่อแม่ไปยังลูกได้ถูกต้อง โดยระบุจีโนไทป์พ่อคือ Nn จีโนไทป์แม่ คือ NN จีโนไทป์ลูก Nn, NN ระบุฟีโนไทป์พ่อ คือ คางบุ๋มชนิดพันธุ์ทาง ฟีโนไทป์แม่ คือ คางบุ๋มชนิดพันธุ์แท้ และฟีโนไทป์ของลูก คือ คางบุ๋มชนิดพันธุ์ทางและคางบุ๋มชนิดพันธุ์แท้ (ภาพที่ 4.58ก)

2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียนทั้ง 23 คน มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนลักษณะคางบุ๋มจากพ่อแม่ไปยังลูก โดยวาดแผนภาพระบุจีโนไทป์พ่อคือ Nn จีโนไทป์แม่ คือ NN จีโนไทป์ลูก Nn, NN (ภาพที่ 4.58ข) ในส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง คือ ไม่อธิบายว่า “จีโนไทป์พ่อ คือ Nn ส่วนฟีโนไทป์ คือ คางบุ๋มชนิดพันธุ์ทาง และจีโนไทป์แม่ คือ NN ส่วนฟีโนไทป์ คือ คางบุ๋มชนิดพันธุ์ทาง”

3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง นักเรียน 5 คน แสดงแบบจำลองทางความคิดไม่ครบทุกประเด็นคำตอบ ซึ่งมีประเด็นที่ไม่ถูกต้องและไม่ได้กล่าวถึง โดยแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ

3.1) กลุ่มที่วาดภาพไม่ถูกต้อง นักเรียน 2 คน ระบุจีโนไทป์แม่ไม่ถูกต้อง โดยวาดแผนภาพระบุจีโนไทป์แม่เป็น Nn (ภาพที่ 4.58ค) นักเรียน 4 คน ระบุจีโนไทป์ฟีโนไทป์ลูกไม่ถูกต้อง โดยนักเรียน 1 วาดแผนภาพระบุจีโนไทป์ลูกเป็น NN, NN, NN, Nn (ภาพที่ 4.58ง) นักเรียน 1 วาดแผนภาพระบุจีโนไทป์ลูกเป็น Nn, Nn, nn, nn (ภาพที่ 4.58จ) นักเรียน 1 คน วาดแผนภาพระบุจีโนไทป์ลูกเป็น NN, Nn, Nn, nn (ภาพที่ 4.58ฉ) และนักเรียนอีก 1 วาดแผนภาพระบุจีโนไทป์ลูกเป็น NN, Nn, Nn, Nn (ภาพที่ 4.58ช)

3.2) กลุ่มที่อธิบายไม่ถูกต้อง นักเรียน 1 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับจีโนไทป์แม่ โดยอธิบายว่า “แม่มีจีโนไทป์เป็น Nn” และนักเรียน 2 คน มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับฟีโนไทป์ลูก โดยอธิบายว่า “ลูกจะมีลักษณะคางบุ๋มและคางไม่บุ๋ม”

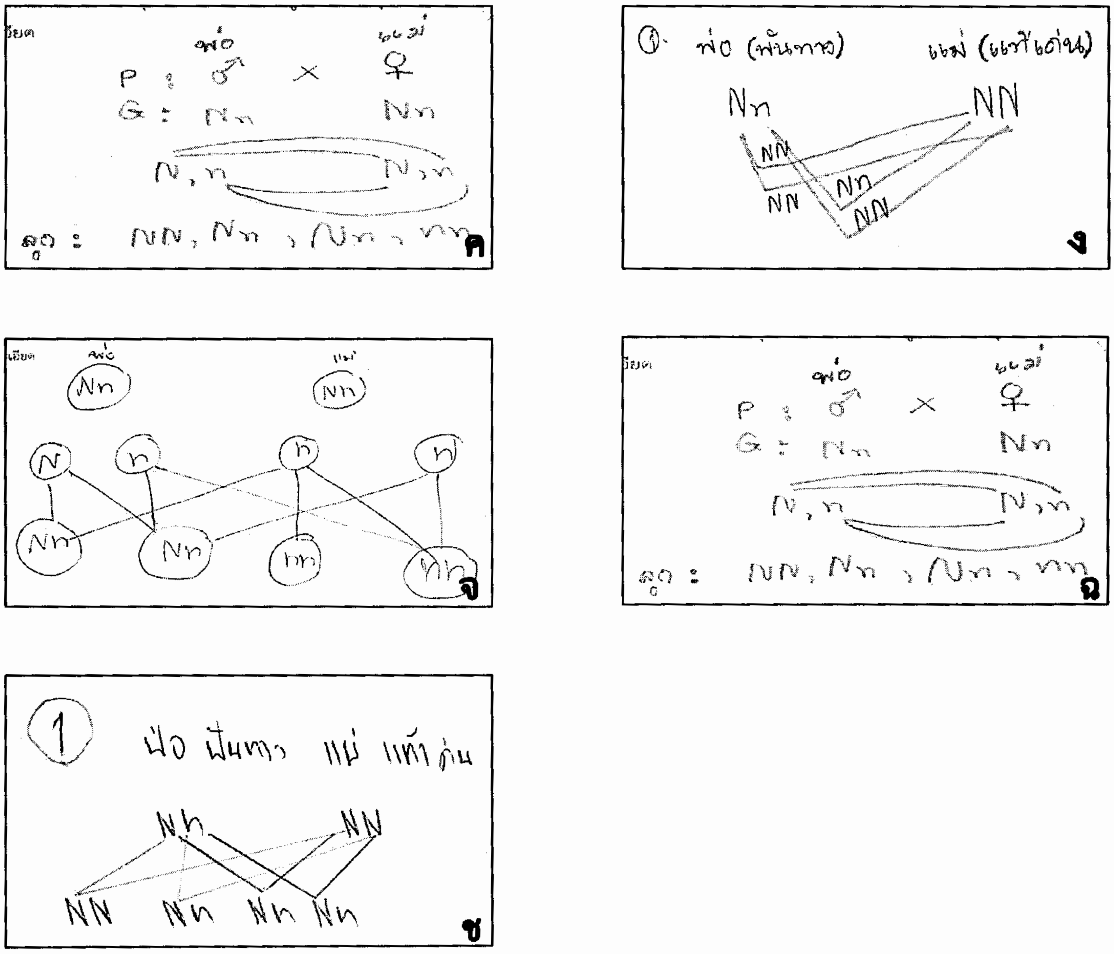


ภาพที่ 4.58 การถ่ายทอดยีนลักษณะคางบุ๋ม (หลังเรียน)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

(ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ค-ช) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง



ภาพที่ 4.58 การถ่ายทอดยีนลักษณะคางบุ๋ม (หลังเรียน) (ต่อ)

หมายเหตุ: (ก) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

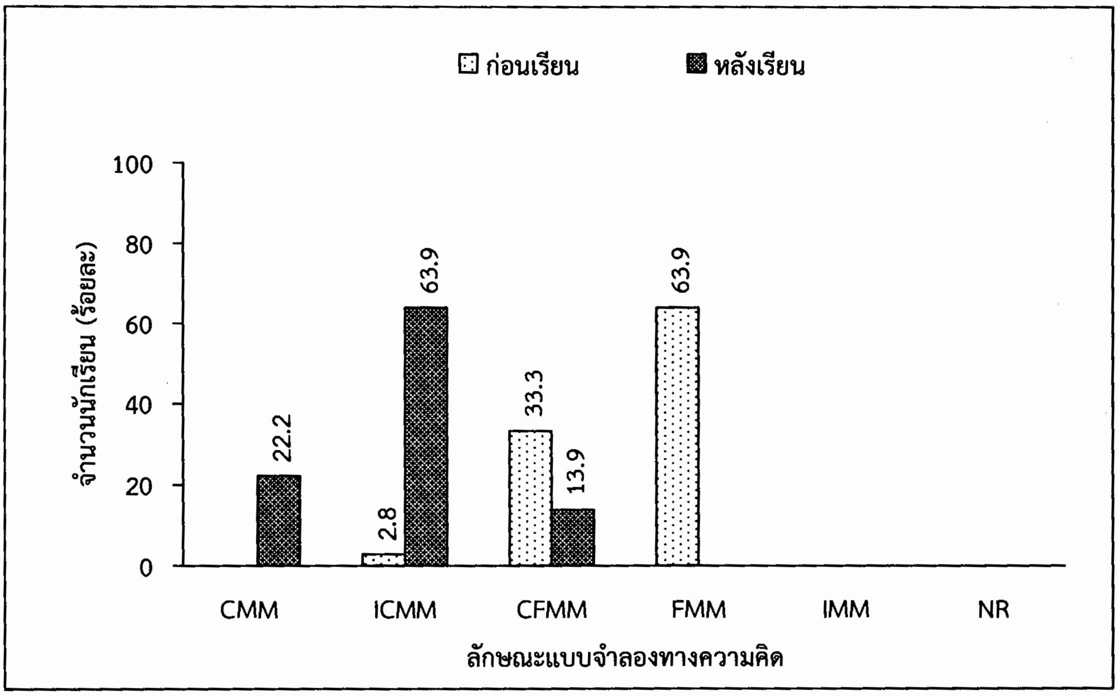
(ข) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

(ค-ช) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

4.2.6.3 เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องโครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 63.9 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 33.3 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 2.8 โดยไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 22.2 และมีแบบจำลองทาง

ความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 63.9 นอกจากนี้ยังมีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 13.9 (ภาพที่ 4.59)



ภาพที่ 4.59 เปรียบเทียบลักษณะแบบจำลองทางความคิด เรื่องโครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 36)

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง

ICMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

CFMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง

FMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

IMM หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง

NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

4.3 ความพึงพอใจ

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ใช้แบบสอบถามแบบประเมินค่า 5 ระดับ (rating scale) จำนวน 11 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านผู้สอน ด้านการออกแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ และด้านการออกแบบแบบจำลองความคิด พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 ± 0.07 โดยนักเรียนมีความพึงพอใจด้านผู้สอนในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 ± 0.08 ด้านการออกแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 ± 0.06 และด้านการออกแบบแบบจำลองความคิด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 ± 0.03

ด้านผู้สอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 ± 0.08 แปลผลความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาด้านผู้สอนในประเด็นต่าง ๆ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดในทุกประเด็น ซึ่งประกอบด้วยเรื่องครูอธิบายได้ใจความอย่างมีลำดับขั้นตอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 ± 0.45 ความพึงพอใจในเรื่องครูใช้เทคนิคเร้าความสนใจ นำเข้าสู่บทเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 ± 0.49 ความพึงพอใจในเรื่องครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามและแสดงความคิดเห็น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 ± 0.48 ความพึงพอใจในเรื่องครูให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 ± 0.43 ความพึงพอใจในเรื่อง ครูมีสื่อการสอน แบบทดสอบ และเอกสารประกอบการสอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 ± 0.37

ด้านการออกแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 ± 0.06 แปลผลความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาด้านการออกแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ในประเด็นต่าง ๆ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดในทุกประเด็น ซึ่งประกอบด้วยเรื่อง รูปแบบในการดำเนินการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ± 0.47 ความพึงพอใจในเรื่องผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้ สามารถที่จะเลือกค้นหาข้อมูลในเนื้อหาที่เรียนด้วยตนเอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 ± 0.49 และความพึงพอใจในเรื่องบรรยากาศในการเรียนมีการร่วมมือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 ± 0.43

ด้านการออกแบบแบบจำลองความคิด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 ± 0.03 แปลผลความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาด้านการออกแบบแบบจำลองความคิดในประเด็นต่าง ๆ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดในทุกประเด็น ซึ่งประกอบด้วยเรื่องรูปแบบ ขนาดตัวอักษรชัดเจน อ่านง่าย เหมาะสมต่อการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 ± 0.49 ความพึงพอใจในเรื่องเนื้อหามีความครอบคลุมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 ± 0.48 ความพึงพอใจในเรื่อง

เนื้อหานำเสนออย่างเป็นลำดับขั้นตอนและเป็นเหตุเป็นผล ทำให้เชื่อมโยงความรู้ได้เป็นอย่างดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 ± 0.46 (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
1. ด้านผู้สอน 1.1 ครูอธิบายได้ใจความอย่างมีลำดับขั้นตอน	4.72	0.45	มากที่สุด
1.2 ครูใช้เทคนิคเร้าความสนใจ นำเข้าสู่บทเรียน	4.61	0.49	มากที่สุด
1.3 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามและแสดงความคิดเห็น	4.64	0.48	มากที่สุด
1.4 ครูให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน	4.75	0.43	มากที่สุด
1.5 ครูมีสื่อการสอน แบบทดสอบ และเอกสารประกอบการสอน	4.83	0.37	มากที่สุด
รวมด้านผู้สอน	**4.71**	**0.08**	**มากที่สุด**
2. ด้านการออกแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ 2.1 รูปแบบในการดำเนินการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนได้	4.67	0.47	มากที่สุด
2.2 ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้ สามารถที่จะเลือกค้นหาข้อมูลในเนื้อหาที่เรียนด้วยตนเอง	4.61	0.49	มากที่สุด
2.3 บรรยากาศในการเรียนมีการร่วมมือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน	4.75	0.43	มากที่สุด
รวมด้านการออกแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์	**4.68**	**0.06**	**มากที่สุด**
3. ด้านการออกแบบแบบจำลองทางความคิด 3.1 รูปแบบ ขนาดตัวอักษรชัดเจน อ่านง่าย เหมาะสมต่อการเรียนรู้	4.61	0.49	มากที่สุด
3.2 เนื้อหามีความครอบคลุมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.64	0.48	มากที่สุด

ตารางที่ 4.2 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
3.3 เนื้อหานำเสนออย่างเป็นลำดับขั้นตอนและเป็นเหตุเป็นผล ทำให้เชื่อมโยงความรู้ได้เป็นอย่างดี	4.69	0.46	มากที่สุด
รวมด้านการออกแบบแบบจำลองทางความคิด	**4.65**	**0.03**	มากที่สุด
สรุปรวมทุกด้าน	**4.68**	**0.07**	**มากที่สุด**

4.4 อภิปรายผล

4.4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 31.28 ± 3.61 สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน 12.14 ± 3.73 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายเรื่องอยู่ในระดับดีเยี่ยม ดีมาก ดี และค่อนข้างดี และมีผลสัมฤทธิ์รายเรื่องในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก จึงกล่าวได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจากมีการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหาและการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียนและนักเรียนกับครูผู้สอนได้ดียิ่งขึ้น (ยุพา กุมภาว์, 2550) สอดคล้องกับการศึกษาของ พรทิวา ทองปน (2556) ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การดำรงชีวิตของพืช และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ชุดกิจกรรมร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เช่นเดียวกับงานวิจัยของศิวพร ตาใจ (2551) พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องพลังงานแสง โดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยกิจกรรมที่นักเรียนสามารถศึกษาและเรียนรู้ได้ง่าย ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ มีความเข้าใจ มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน (Honeycutt and Pierce, 2007; Moore et. al., 2012) และสนุกในการเรียนมากยิ่งขึ้น (Chinnici et.al., 2004) และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการเรียนรู้หนึ่งที่มีความสำคัญในการนำมาใช้จัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพราะช่วยให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงในการแสวงหาความรู้

ต่าง ๆ อย่างเชื่อมโยงกัน ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้นเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้มีระดับสูงขึ้น รวมทั้งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความพึงพอใจของนักเรียนอีกด้วย (พีรพล โรจนรัตน์, 2550)

4.4.2 แบบจำลองทางความคิด

4.4.2.1 ลักษณะทางพันธุกรรม

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 30.6 ในขณะที่ก่อนเรียนไม่พบแบบจำลองทางความคิดกลุ่มนี้ มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หลังเรียนลดลงจากก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 2.8 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องหลังเรียนและก่อนเรียนเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 66.7 นอกจากนี้ไม่พบแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องในหลังเรียน ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือกระทำและได้ใช้กระบวนการคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เขาได้กระทำลงไป โดยนักเรียนจะเปลี่ยนบทบาทจากผู้รับความรู้ไปสู่การมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบนี้จึงช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ที่ท้าทายผู้เรียน สร้างความกระตือรือร้น และความมีชีวิตชีวาให้กับนักเรียนได้เป็นอย่างดี (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2547) สอดคล้องกับการศึกษาของ ธีรพงษ์ แสงสิทธิ์ (2555) สร้างโมเดล Clay animation ร่วมกับการเปรียบเทียบ ด้วยกิจการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนร่วมกับการเปรียบเทียบ ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่สะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจมโนมติเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และนักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง จากการตรวจสอบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนในกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 11.1 พบว่านักเรียนกลุ่มนี้มีความเข้าใจในเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมอยู่บ้างแต่การวาดภาพลงรายละเอียดไม่ครบ เช่น วาดภาพบุตรชายไม่มีสันจมูก และอธิบายว่าบุตรชายได้ลักษณะจมูกจากแม่ วาดภาพลักษณะเส้นผมตรง และอธิบายว่าบุตรชายมีผมตรงเหมือนพ่อ การที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดในลักษณะนี้ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนเลือกใช้แบบจำลองที่คุ้นเคยหรือที่เคยเรียนมาก่อนในเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมใช้ในการอธิบายลักษณะทางพันธุกรรมของบุตรชาย จึงทำให้นักเรียนเกิดความสับสนเมื่อแสดงแบบจำลองทางความคิด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Taber (2003) ที่ระบุว่านักเรียนมักจะนำประสบการณ์เดิม หรือความรู้เดิมที่เคยเรียนมาก่อน

4.4.2.2 โครโมโซมและสารพันธุกรรม

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 55.6 ในขณะที่ก่อนเรียนไม่พบแบบจำลองทางความคิดกลุ่มนี้ มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หลังเรียนและก่อนเรียนเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 13.9 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องหลังเรียนลดลงจากก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 30.6 นอกจากนี้ไม่พบ

แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องในหลังเรียน สอดคล้องกับการศึกษาของ ชนกนาถ ชื่นมณี (2554) ศึกษาตัวแทนความคิดขั้นสูง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานร่วมกับเทคนิคหมวกหกใบ ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องร่างกายมนุษย์ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการแสดงตัวแทนความคิดขั้นสูงเรื่องร่างกายมนุษย์ด้านความคิดสร้างสรรค์ของกลุ่มเป้าหมายมากกว่าความคิดวิเคราะห์ ความคิดอย่างเป็นเหตุผล ความคิดวิพากษ์วิจารณ์ และความคิดเชิงวิทยาศาสตร์โดยลักษณะและแบบจำลองทางความคิดขั้นสูงที่มีการแสดงมากที่สุด คือ การแสดงตัวแทนความคิดขั้นสูงในรูปแบบการเขียนบรรยาย สะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมหรือลงมือปฏิบัติสร้างความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเองในแต่ละสถานการณ์ทำให้มีคุณลักษณะที่แตกต่างกันทางด้านเหตุการณ์และการกระทำ เช่น วิธีการลงมือทดลอง พิสูจน์ ฉะนั้น กระบวนการคิดหรือความพยายามในการสร้างรูปแบบการทำความเข้าใจในสมองขึ้นแทนความรู้ต่าง ๆ ได้ยาก ที่ได้จากการทดลอง การสังเกต การปฏิบัติกิจกรรม สามารถช่วยสนับสนุนการเพิ่มพูนและขยายความคิดให้กับผู้เรียนได้อย่างดี (เทวฤทธิ์ จันเสริม, 2555) นอกจากนี้ก่อนเรียนยังมีนักเรียนบางกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง ในแนวคิดเรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 11.1 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนไม่ได้พยายามที่จะทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของนิวเคลียส โครโมโซม ดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน และยีน และเนื้อหามีลักษณะนามธรรมจึงยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนจึงไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ ดังเห็นได้จากการที่นักเรียนระบุว่า ในนิวเคลียสมีโครโมโซม และในโครโมโซมประกอบด้วยดีเอ็นเอ แต่ไม่มีโปรตีนฮิสโตน ดังนั้นเนื้อหาที่เป็นนามธรรมเหล่านี้ควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เป็นรูปธรรมโดยวิธีการหาวัสดุภาพและเสียงและรูปแบบอื่น ๆ นอกจากนี้ควรมีการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้เข้าใจในสถานการณ์และเตรียมการแก้ปัญหาได้ จะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาเพิ่มขึ้น (Ayşe and Ahmet, 2013)

4.4.2.3 การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 63.9 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องหลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 16.7 และร้อยละ 19.4 ตามลำดับ นอกจากนี้ไม่พบแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องในหลังเรียน จะเห็นได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้นเมื่อดูจากการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิด แสดงให้เห็นนักเรียนมีการพัฒนาความรู้โดยมีพื้นฐานจากความรู้เดิมรวมกับความรู้ใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึมที่ว่าเป็นทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในบุคคล บุคคลเป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม เกิดเป็นโครงสร้างทางปัญญาแล้วสร้างเป็นความรู้ใหม่ เพื่อให้ผู้เรียนค้นพบหรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียน

สามารถสร้างสรรค์ความรู้ได้ หากมีการจัดการศึกษาที่เอื้ออำนวยในบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดและสร้างสรรค์ด้วยตนเอง (รุ่งฤดี ชนะมาน, 2555) สอดคล้องกับการศึกษาของ Mehmet and Ayşe (2014) ได้ศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเรื่องการขยายตัวและการหดตัวของวัสดุ กรณีศึกษาจากประชากรนักเรียนเกรด 7-12 จำนวน 155 คน ในใจกลางเมืองในตุรกี รวบรวมข้อมูลโดยใช้คำถามปลายเปิดให้นักเรียนคำอธิบายหรือการวาดภาพแสดงการขยายตัวและการหดตัวของวัสดุ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนในเกรดต่ำมีแบบจำลองทางความคิดแบบพื้นฐานทั่วไป แต่พบแบบจำลองทางความคิดที่มีการสังเคราะห์ในนักเรียนเกรดสูง จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า การอธิบายของนักเรียนสามารถแสดงแบบจำลองทางความคิดได้ครอบคลุมมากกว่าการวาดภาพ เนื่องจากคำบางคำยากที่จะบรรยายออกมาเป็นภาพวาด การที่นักเรียนในเกรดต่ำมีแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์น้อย และนักเรียนเกรดสูงมีแบบจำลองทางความคิดที่พัฒนาสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น เนื่องจากความแตกต่างเรื่องสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ ความแตกต่างที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นเพราะความล้มเหลวของตัวนักเรียน แต่เป็นเพราะนักเรียนไม่สามารถมองเห็นถึงกระบวนการของการขยายตัวและการหดตัวของวัสดุ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุล ดังนั้นความรู้เป็นสิ่งไม่หยุดนิ่ง มีการเปลี่ยนแปลงและถูกสร้างขึ้นภายในตัวบุคคล การสร้างความรู้ใหม่โดยผู้เรียนต้องสร้างความรู้ใหม่นั้นด้วยการกระทำของตนเอง ด้วยการเชื่อมประสบการณ์ที่มีอยู่แล้วกับความรู้ใหม่ ซึ่งอาศัยบรรยากาศที่เหมาะสม การทำงานร่วมกัน และปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน (ณราภรณ์ บุญกิจ, 2553) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนมีผลต่อแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน และจากการสอบถามนักเรียนพบว่านอกจากการเรียนการสอนในห้องเรียนแล้ว สื่อต่าง ๆ ก็มีส่วนช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องการแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์ด้วย เช่น หนังสือเรียน ใบความรู้ อินเตอร์เน็ต สอดคล้องกับการวิจัยของ Chiu and Lin (2007) ที่พบว่าแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนนั้นได้พัฒนามาจากการเรียนรู้ของนักเรียนซึ่งเป็นผลมาจากสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวของนักเรียน

4.4.2.4 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ในแต่ละระยะการแบ่งเซลล์ พบว่า

1) ระยะอินเตอร์เฟส นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 33.3 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หลังเรียนลดลงจากก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 66.7 นอกจากนี้ไม่พบแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องในหลังเรียน

2) ระยะโพรเฟส นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 55.6 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และ

แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องหลังเรียนลดลงจากก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 30.6 และร้อยละ 13.9 ตามลำดับ

3) ระยะเมตาเฟส นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 2.8 ในขณะที่ก่อนเรียนไม่พบแบบจำลองทางความคิดกลุ่มนี้ มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 88.9 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องหลังเรียนลดลงจากก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 8.3 นอกจากนี้ไม่พบแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องในหลังเรียน

4) ระยะแอนาเฟส พบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 2.8 ในขณะที่ก่อนเรียนไม่พบแบบจำลองทางความคิดกลุ่มนี้ มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 88.9 และมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องหลังเรียนลดลงจากก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 8.3

5) ระยะเทโลเฟส นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 11.1 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 88.9 และมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องหลังเรียนลดลงจากก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 2.8

นักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) นักเรียนสามารถวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส โดยวาดภาพระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของเซลล์พืชจากการใช้แบบจำลองโครโมโซมได้ถูกต้อง ซึ่งแบบจำลองโครโมโซมนั้นใช้วัสดุที่มีราคาถูก หาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด และนำมาประยุกต์ใช้งานได้ง่าย เหมาะกับเนื้อหาที่มีความซับซ้อน เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นและเข้าใจด้วยตนเอง และต้องอาศัยจินตนาการในการทำความเข้าใจ ทำให้ผู้เรียนเห็นภาพและเกิดความเข้าใจอย่างแท้จริง (Moore et al., 2012) อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ดังนั้นครูจำเป็นต้องออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียนในบริบทของตนเอง ขณะที่นักเรียนบางกลุ่มมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนไม่ได้พยายามที่จะทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้ว่าลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร ทำให้ไม่สามารถวาดภาพและอธิบายขั้นตอนการแบ่งเซลล์ได้ครบสมบูรณ์ทุกประเด็นคำตอบ เช่น ระยะอินเตอร์เฟส นักเรียนอธิบายว่า โครโมโซมคลายตัวอยู่ในรูปของเส้นใยโครมาทิน และมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ระยะโพรเฟส นักเรียนอธิบายว่า มีโครโมโซมชัดเจน และเยื่อหุ้มนิวเคลียสเริ่มสลาย ระยะเมตาเฟส นักเรียนอธิบายว่า โครโมโซมมาเรียงอยู่ในแนวกึ่งกลางเซลล์ ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ระยะแอนาเฟส นักเรียนอธิบายว่า ซิสเตอร์โครมาทิดแยกออกจากกันไปยังแต่ละขั้วของเซลล์โดยเส้นใยสปินเดิล และไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส และระยะ

เทโลเฟส นักเรียนอธิบายว่า โครโมโซมเกิดการคลายตัว เริ่มสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสขึ้นใหม่ จากแบบจำลองดังกล่าวจึงควรมีการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น และเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน จัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ (พัชรพรรณ ประสานเนตร และวิมล สำราญวานิช, 2557) นอกนี้ยังมีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) นักเรียนวาดภาพระยะการแบ่งเซลล์ได้ถูกต้องบางส่วนเท่านั้น แต่สามารถอธิบายเหตุผลถูกต้องและสอดคล้องแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบแบบจำลองกลุ่มนี้หลังเรียนมากสุดในระยะโพรเฟส (ร้อยละ 13.9) นักเรียนแสดงประเด็นคำตอบที่ไม่ถูกต้องบางประเด็น เช่น วาดภาพแสดงเยื่อหุ้มนิวเคลียส และเส้นใยสปินเดิลจับที่เซนโทรเมียร์และดึงโครโมโซมไปเรียงตรงแนวกึ่งกลางเซลล์ จะเห็นว่านักเรียนมีความสับสนระว่างระยะอินเตอร์เฟส โพรเฟส และเมตาเฟส นั่นคือนักเรียนพยายามเอาลักษณะที่เกิดขึ้นในระยะอินเตอร์เฟสมาอธิบายในระยะโพรเฟส และเอาลักษณะที่เกิดขึ้นในระยะเมตาเฟสมาอธิบายในระยะโพรเฟสนั่นเอง แสดงว่านักเรียนเลือกใช้แบบจำลองที่คุ้นเคยหรือเคยเรียนมาก่อน (Taber, 2003) ในการอธิบายลักษณะที่เกิดขึ้นในแต่ละระยะการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dikmenli (2010) ที่รายงานว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องการแบ่งเซลล์ค่อนข้างมาก เช่น การจำลองดีเอ็นเอเกิดขึ้นในระยะโพรเฟส จำนวนโครโมโซมเป็นสองเท่าระยะโพรเฟสและลดลงครึ่งหนึ่งในระยะแอนาเฟส ตลอดการแบ่งเซลล์โครโมโซมจะมี 2 โครมาทิด ความแตกต่างระหว่างโครมาทิด โครโมโซม และฮอโมโลกัสโครโมโซม (Clark and Mathis, 2000) ดังนั้นครูควรทราบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเป็นอย่างไร เพื่อที่จะได้ปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้ถูกต้อง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Chiu and Lin (2007) ที่พบว่าสื่อมีผลต่อแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน และส่วนน้อยที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คือ นักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนอาจจะวาดภาพจากประสบการณ์ที่คุ้นเคยหรือที่เคยเรียนมาก่อน ซึ่งพบแบบจำลองกลุ่มนี้เฉพาะก่อนเรียนในระยะเมตาเฟส (ร้อยละ 5.6) โดยนักเรียนวาดภาพระยะเมตาเฟสมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส โครโมโซมอยู่ในรูปเส้นใยโครมาทิน และอธิบายว่า "ซิสเตอร์โครมาทิดเรียงอยู่กึ่งกลาง ซึ่งสอดคล้องกับที่ Greca and Moreira (2000) ได้กล่าวว่าแบบจำลองความคิดจะสร้างขึ้นบนพื้นฐานของความคิดหรือแนวคิดที่มีอยู่เดิมและประสบการณ์เดิมที่ผ่านมา และใช้ในการสร้างความหมายในเรื่องที่เรียนภายหลัง (Taber, 2003) นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสะท้อนให้เห็นอีกว่าสิ่งที่เป็นอุปสรรคอย่างหนึ่งในการเรียนรู้ในเรื่องนี้คือนักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่เป็นพื้นฐานที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) และไม่เข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพราะนักเรียนส่วนใหญ่เลือกที่จะเรียนรู้เนื้อหานี้ด้วยวิธีการท่องจำแทน

การทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้ ส่งผลให้เป็นอุปสรรคของการเรียนในเรื่องต่อไป (ณัชธฤต เกื้อทาน, 2554)

4.4.2.5 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

เปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ในแต่ละระยะการแบ่งเซลล์ พบว่า

1) ระยะอินเตอร์เฟส I นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 16.7 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 83.3 นอกจากนี้ไม่พบแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องและแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้องในหลังเรียน

2) ระยะโพรเฟส I นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 16.7 ในขณะที่ก่อนเรียนไม่พบแบบจำลองทางความคิดกลุ่มนี้ มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 63.9 และมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องหลังเรียนลดลงจากก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 19.4 นอกจากนี้ไม่พบแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้องในหลังเรียน

3) ระยะเมตาเฟส I นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 83.3 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องหลังเรียนลดลงจากก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 16.7 นอกจากนี้ไม่พบแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้องในหลังเรียน

4) ระยะแอนาเฟส I นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 80.6 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องหลังเรียนลดลงจากก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 19.4 นอกจากนี้ไม่พบแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้องในหลังเรียน

5) ระยะเทโลเฟส I นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 8.3 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 91.7 นอกจากนี้ไม่พบแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องและแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้องในหลังเรียน

6) ระยะโพรเฟส II นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 22.2 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 63.9 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องหลังเรียนลดลงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 13.9 นอกจากนี้ไม่พบแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้องในหลังเรียน

7) ระยะเมตาเฟส II นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 91.7 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องหลังเรียนลดลงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 8.3 นอกจากนี้ไม่พบแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้องในหลังเรียน

8) ระยะแอนาเฟส II นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 80.6 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องหลังเรียนลดลงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 19.4

9) ระยะเทโลเฟส II นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 11.1 และร้อยละ 72.2 ตามลำดับ และมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องหลังเรียนลดลงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 16.7

จากการวิจัยพบว่าแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เป็นแนวคิดที่ยากสำหรับนักเรียนเพราะเนื้อหาเป็นนามธรรมจึงต้องอาศัยจินตนาการในการทำความเข้าใจ ซึ่งนักเรียนยังมีแนวคิดทางเลือกและมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ณัชธฤต เกื้อทาน, 2554; อ้างอิงจาก Harrison and Treagust, 1996) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงรูปแบบความคิดทางวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้อง เนื้อหาที่มีรูปแบบความคิดที่เป็นนามธรรมเหล่านี้ควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เป็นรูปธรรมโดยวิธีการหาวัสดุภาพและเสียงและรูปแบบอื่น ๆ นอกจากนี้ควรมีการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้เข้าใจในสถานการณ์และเตรียมการแก้ปัญหาได้ (Ayşe and Ahmet, 2013) เช่น ใช้แบบจำลองโครโมโซม ที่ประดิษฐ์ขึ้นจากวัสดุที่มีราคาถูก หาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด และนำมาประยุกต์ใช้งานได้ง่าย เพื่อให้เหมาะกับเนื้อหาที่มีความซับซ้อน เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นและเข้าใจด้วยตนเอง และต้องอาศัยจินตนาการในการทำความเข้าใจทำให้ผู้เรียนเห็นภาพและเกิดความเข้าใจอย่างแท้จริง (Moore et. al., 2012) นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการทำกิจกรรมได้ดีกว่าการท่องจำเพียงอย่างเดียว ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการจดจำเพิ่มขึ้น (ธีรพงษ์ แสงสิทธิ์, 2555) เห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังเรียนเพิ่มมากขึ้น และไม่พบแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องในหลังเรียนในทุกระยะย่อยของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ซึ่งนักเรียนสามารถวาดภาพและอธิบายเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โดยวาดภาพระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสของเซลล์พืชจากการใช้แบบจำลองโครโมโซมได้ถูกต้อง ขณะที่นักเรียนบางกลุ่มมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) นักเรียนไม่สามารถวาดภาพและอธิบายขั้นตอนการแบ่งเซลล์ได้ครบสมบูรณ์ทุกประเด็นคำตอบ ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจว่า ระยะเทโลเฟส I โครโมโซมมี 2 โครมาทิด เริ่มสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสขึ้นมาใหม่ และได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์ โดยไม่พูดถึงนิวคลีโอลัส

จากแบบจำลองดังกล่าวควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับการใช้คำถาม การตรวจสอบความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน เน้นให้มีการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อให้นักเรียนได้สังเกตผลที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์ จัดกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน เน้นกระบวนการแสดงออกและการอภิปรายร่วมกัน (ฮามีด๊ะ มูสอ, 2555) นอกนี้ยังมีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) นักเรียนวาดภาพระยะการแบ่งเซลล์ได้ถูกต้องบางส่วนเท่านั้น แต่สามารถอธิบายเหตุผลถูกต้องและสอดคล้องแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างเช่น ระยะโพรเฟส I หลังเรียน (ร้อยละ 19.4) นักเรียนแสดงประเด็นคำตอบที่ไม่ถูกต้องบางประเด็น เช่น วาดภาพแสดงเยื่อหุ้มนิวเคลียส และอธิบายว่าโครโมโซมมาเรียงตัวแนวเดียวกันในแนวกึ่งกลางเซลล์ แสดงว่านักเรียนเกิดความสับสนและไม่เข้าใจลักษณะที่เกิดขึ้นในแต่ละระยะการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสไม่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ ณัฐริกา ฉายสถิตย์ (2555) ที่รายงานว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และความสัมพันธ์ระหว่างดีเอ็นเอ ยีนและโครโมโซม ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการบูรณาการธรรมชาติของแบบจำลองเข้าไปในบทเรียน (ศุภกาญจน์ รัตนกร, 2552) เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น และเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน จัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ (พัชรพรรณ ประสานเนตร และวิมล สำราญวานิช, 2557)

4.4.2.6 โครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 22.2 ในขณะที่ก่อนเรียนไม่พบแบบจำลองทางความคิดกลุ่มนี้ มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หลังเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 63.9 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องหลังเรียนลดลงจากก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 13.9 นอกจากนี้ไม่พบแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องในหลังเรียน

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2558) ศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสามารถส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ณราภรณ์ บุญกิจ, 2553) และมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในกลุ่มที่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา เกิดจากการที่นักเรียนมีโอกาสได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์และลงมือทำจะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้มีความถูกต้องและ

สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้ สอดคล้องกับ ธีรพงษ์ แสงสิทธิ์ (2555) กล่าวว่าความสามารถในการสร้างจินตภาพจากรูปภาพจะเกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่าคำ และการมีรหัสความจำทั้งสองแบบเพื่อเป็นตัวแทนของเนื้อหาจะมีโอกาสในการจำได้ดีกว่ามีเพียงรหัสเดียว เนื้อหาเชิงนามธรรมและเข้าใจได้ยาก หากมีการประมวลผลและจัดเก็บข้อมูลด้วยภาพและคำพูด ก็จะช่วยจดจำและทำความเข้าใจในเนื้อหาได้ดีกว่า

4.4.3 ความพึงพอใจ

ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น นักเรียนมีความพึงพอใจด้านผู้สอนในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 ± 0.08 ด้านการออกแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 ± 0.06 และด้านการออกแบบแบบจำลองความคิด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 ± 0.03 ตามลำดับ สอดคล้องกับพัฒนาพร ศรีโปฎก (2556) ที่พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาเพื่อการสื่อสารโดยใช้โครงงาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก และ ศิริพร เชื้อวังคำ (2557) พบว่าความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ในนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 อยู่ในระดับมาก เพราะนักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม นักเรียนก็มีความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้นโดยปริยาย เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นี้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ทำให้เข้าใจในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนและเป็นนามธรรม เห็นภาพชัดเจน มีความสนุกสนานกับการเรียนและการทำกิจกรรมเพิ่มขึ้น อีกทั้งกิจกรรมนี้ยังมุ่งเน้นให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเองโดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นำไปสู่การจัดระบบความคิดและเกิดการสร้างองค์ความรู้อย่างสร้างสรรค์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิจัยตามหัวข้อการวิจัยดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.1.1.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน

นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเฉลี่ยเท่ากับ 12.14 ± 3.73 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 28.23 อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ จำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 100 และนักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนรายเรื่องอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำและระดับต่ำกว่าเกณฑ์ โดยระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ จำนวน 1 เรื่อง คือ เรื่องที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 50.93 ระดับต่ำกว่าเกณฑ์ จำนวน 5 เรื่อง คือ เรื่องที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 29.63 เรื่องที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 29.63 เรื่องที่ 4 คิดเป็นร้อยละ 24.44 เรื่องที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 25.43 และเรื่องที่ 6 คิดเป็นร้อยละ 32.41 ในภาพรวมนักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนรายเรื่องอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 32.07

5.1.1.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 31.28 ± 3.61 คิดเป็นร้อยละ 72.74 อยู่ในระดับดี โดยแบ่งเป็นระดับดีเยี่ยม จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 44.44 ระดับดีมาก จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ระดับดี จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 25 และระดับค่อนข้างดี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 13.89 และนักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรายเรื่องอยู่ในระดับดีเยี่ยม ดีมาก ดี และค่อนข้างดี โดยระดับดีเยี่ยม จำนวน 1 เรื่อง คือ เรื่องที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 86.11 ระดับดีมาก จำนวน 2 เรื่อง คือ เรื่องที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 77.78 และเรื่องที่ 6 คิดเป็นร้อยละ 76.85 ระดับดี จำนวน 2 เรื่อง คือ เรื่องที่ 4 คิดเป็นร้อยละ 70.19 และเรื่องที่ 5 คิดเป็น

ร้อยละ 72.01 และระดับค่อนข้างดี จำนวน 1 เรื่อง คือ เรื่องที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 69.44 ในภาพรวม นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรายแผนอยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 75.39

5.1.1.3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

เมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (t = 67.17* และ p = .00) คะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 12.14 ± 3.73 คะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 31.28 ± 3.61 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนเฉลี่ยทุกเรื่อง คิดเป็นร้อยละ 32.07 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเฉลี่ยทุกเรื่อง คิดเป็นร้อยละ 75.39

5.1.2 แบบจำลองทางความคิด

ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองทางความคิดครบทั้ง 6 ชุด ก่อนเรียนและหลังเรียน สามารถนำมาสรุปได้ ดังนี้

5.1.2.1 ลักษณะทางพันธุกรรม

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม โดยก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 66.7 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 22.2 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 11.1 โดยไม่พบนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 30.6 และยังพบว่านักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 2.8

5.1.2.2 โครโมโซมและสารพันธุกรรม

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 75.0 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 13.9 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 11.1 โดยไม่พบนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้นที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.6 และนอกจากนี้ยังมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 30.6

5.1.2.3 การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์ โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 83.3 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 13.9 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนเพียง ร้อยละ 2.8 เท่านั้นที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) แต่หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง(CMM) เพิ่มขึ้นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 63.9 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 16.7

5.1.2.4 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

1) ระยะอินเตอร์เฟส

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะอินเตอร์เฟส โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 75.0 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 19.4 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนเพียงร้อยละ 5.6 เท่านั้นที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) แต่หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 33.3 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 66.7

2) ระยะโพรเฟส

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะโพรเฟส โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 50.0 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 47.2 และมีนักเรียนเพียงร้อยละ 2.8 เท่านั้นที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) แต่หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.6 และนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 30.6 เช่นเดียวกับแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลงเหลือร้อยละ 13.9

3) ระยะเมตาเฟส

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเมตาเฟส โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 55.6 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 38.9 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 5.6 แต่ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 2.8 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 88.9 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 8.3

4) ระยะแอนาเฟส

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะแอนาเฟส โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 55.6 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 44.4 และไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 2.8 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 88.9 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 8.3

5) ระยะเทโลเฟส

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะเทโลเฟส โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 55.6 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 41.7 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนเพียงร้อยละ 2.8 เท่านั้นที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) และหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 11.1 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 88.9 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 2.8

5.1.2.5 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

1) ระยะอินเตอร์เฟส I

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะอินเตอร์เฟส I โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 58.3 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 30.6 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) กับแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) เท่ากันคือร้อยละ 5.6 หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 16.7 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 83.3

2) ระยะโพรเฟส I

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส I โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) เป็นร้อยละ 61.1 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 36.1 และมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 2.8 โดยไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 16.7 และนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 19.4

3) ระยะเมตาเฟส I

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส I โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 44.4 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 41.7 และมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 13.9 โดยไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 16.7 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 83.3

4) ระยะแอนาเฟส I

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส I โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 61.1 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 27.8 และมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 11.1 โดยไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 19.4 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 80.6

5) ระยะเทโลเฟส I

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส I โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 47.2 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 41.7 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) กับแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) เท่ากันคือร้อยละ 5.6 หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) กับแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 8.3 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 91.7

6) ระยะโพรเฟส II

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะโพรเฟส II โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 72.2 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 22.2 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) กับแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) เท่ากันคือร้อยละ 2.8 หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 22.2 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 63.9 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 13.9

7) ระยะเมตาเฟส II

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเมตาเฟส II โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 61.1 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 36.1 และมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 2.8 หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 91.7 และมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 8.3

8) ระยะแอนาเฟส II

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะแอนาเฟส II โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 75.0 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 25.0 หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 80.6 และมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 19.4

9) ระยะเทโลเฟส II

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระยะเทโลเฟส II โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 52.8 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 41.7 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนเพียงร้อยละ 2.8 เท่านั้นที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 11.1 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 72.2 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 16.7

5.1.2.6 โครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง โครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 63.9 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ

33.3 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 2.8 โดยไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 22.2 และมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 63.9 นอกจากนี้ยังมีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลง คิดเป็นร้อยละ 13.9

5.1.3 ความพึงพอใจ

ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านผู้สอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 ± 0.08 ด้านการออกแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 ± 0.06 และด้านการออกแบบแบบจำลองความคิด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 ± 0.03 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 ± 0.07

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ควรมีการเพิ่มกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ที่ความหลากหลาย เช่น การทดลอง การแสดงละครสั้น การแต่งเพลง เป็นต้น พร้อมกับผลิตสื่อการเรียนรู้หรือนวัตกรรมประกอบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้มีความน่าสนใจและตื่นเต้นมากขึ้น เช่น แบบจำลอง เกม แอนิเมชัน บทเรียนออนไลน์ e-book เป็นต้น

5.2.2 ควรมีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น โดยอาจพัฒนาหรือสร้างชุดกิจกรรม การใช้แอนิเมชัน การใช้แบบจำลอง การใช้เกม วิดีโอที่เกี่ยวกับเนื้อหาที่มีความน่าสนใจ ที่สามารถสื่อสารให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น

5.2.3 หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้ว พบว่ายังมีนักเรียนบางส่วนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูผู้สอนควรสำรวจความรู้เดิมของผู้เรียนว่ามีแนวคิดในเรื่องดังกล่าวอย่างไร รวมทั้งแนวคิดที่เป็นพื้นฐานของเรื่องนั้น ๆ ว่าเป็นอย่างไร และควรศึกษาในกลุ่มตัวอย่างหลาย ๆ ระดับชั้น เนื่องจากเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม นักเรียนได้เรียนตั้งแต่อยู่ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งจะช่วยให้ได้ข้อมูลพื้นฐานว่านักเรียนมีความเข้าใจในเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เป็นอย่างไร ก่อนที่นักเรียนจะเรียนในระดับที่สูงขึ้น

5.2.4 ในขั้นตอนการวิเคราะห์คำตอบแบบจำลองทางความคิด ควรมีการตรวจสอบยืนยันรูปของคำตอบจากผู้ตรวจ 3 คนขึ้นไป เพื่อความถูกต้องในการวิเคราะห์จัดกลุ่มคำตอบ

5.2.5 ควรศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาชีววิทยา ในหน่วยการเรียนรู้อื่น ๆ ที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรม โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

5.2.6 ควรมีการออกแบบวิธีการวัดแบบจำลองทางความคิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาชีววิทยา เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ให้มีรูปแบบการวัดที่หลากหลาย เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบและยืนยันผลการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542.** กรุงเทพมหานคร: องค์การรับส่งสินค้า และพัสดุภัณฑ์, 2546.

ขนิษฐา บุญภักดี. **การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนักศึกษาระดับปริญญาตรีคณะครุศาสตร์อุสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2552.

ขวัญชนก กัญทาทอง. **ตัวแทนความคิด เรื่อง สมบัติเชิงกลของของเหลวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนระหว่างและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรายวิชา ฟิสิกส์ โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE).** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

จิรากุล พิพัฒนตันติศักดิ์. **การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดบุรีรัมย์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2546.

ชนกนาถ ชื่นมณี. **ตัวแทนความคิดขั้นสูงเรื่องร่างกายมนุษย์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานร่วมกับเทคนิคหมวกหกใบ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. **การบริหารสื่อและเทคโนโลยีการศึกษา.** กรุงเทพมหานคร: พัฒนาพานิช, 2547.

จริยา จำปาหอม. **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาการบวก ลบ คูณ หาร โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ (5Es) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.

ฐาปนีย์ อัยวรรณ. **การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5Es).** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ณราภรณ์ บุญกิจ. **ตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องแสง จากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนบนพื้นฐานทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกตอธิบาย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

ณัชธฤต เกื้อทาน. **การพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2557.

ณัชธฤต เกื้อทาน. "แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4", **วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์**. 17(2): 299-314; มีนาคม–เมษายน, 2554.

ณัฐริกา ฉายสถิตย์. **การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์และความเชื่อเกี่ยวกับแรงจูงใจ เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.

เทวฤทธิ์ จันเสริม และโชคชัย ยืนยง. "รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental model) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ธรรมชาติของแสง", ใน **เอกสารประชุมวิชาการ เนื่องในวันคล้ายวันสถาปนา**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2549.

เทวฤทธิ์ จันเสริม. **การศึกษารูปแบบการทำความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้า ของผู้เรียนที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.

ธีรพงษ์ แสงสิทธิ์. **การศึกษาตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ด้วยการสร้างโมเดล Clay Animation ร่วมกับการเปรียบเทียบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.

น้ำค้าง จันเสริม. **ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องงานและพลังงานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธี POEs.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ปราณี กองจินดา. **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะการคิดเลขในใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบซิปปาโดยใช้แบบฝึกหัดที่เน้นทักษะการคิดเลขในใจกับนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คู่มือครู.** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, 2549.

พัชรพรรณ ประสานเนตร. **ตัวแทนความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการใช้กระบวนการเรียนรู้โดยการสร้าง Slowmation.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2556.

พัชรพรรณ ประสานเนตร และวิมล สำราญวานิช. “ตัวแทนความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการใช้กระบวนการเรียนรู้โดยการสร้าง Slowmation”, **วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.** 8(2): 91-98; เมษายน-มีนาคม; 2557.

พัฒนพงษ์ สีกา. **การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 3 ซึ่งเป็นผลจากการทดสอบคุณภาพการศึกษาระดับชาติ ปีการศึกษา 2548 ของจังหวัดอุตรดิตถ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, 2551.

พัฒนาพร ศรีโปฎก. **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้โครงงาน.** การค้นคว้าอิสระปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2556.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. **หลักการวัดและประเมิลผลการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มิสท์, 2550.

พิมพ์ประภา อรัญมิตร. **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเลย เขต 3 โดยการวิเคราะห์พหุระดับ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, 2552.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. **แนวคิดและแนวทางของการจัดการเรียนการสอนที่ยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง.** กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. **วิธีวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป.** กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ จำกัด, 2548.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

พีรพล โรจนรัตน์. **การพัฒนาแผนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5**. การค้นคว้าอิสระปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2550.

พรทิวา ทองปน. **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การดำรงชีวิตของพืช และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ชุดกิจกรรมร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2556.

พวงเพชร สุวรรณชาติ. **ความพึงพอใจของประชาชนต่อการดำเนินการด้านโครงสร้างพื้นฐานของเทศบาลนครหาดใหญ่ ระหว่าง พ.ศ. 2552–พ.ศ. 2553.** วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารศาสตรมหาบัณฑิต: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2553.

ไพจิตร สะดวกการ. **ผลของการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์. **การศึกษาการเปลี่ยนมโนมติ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง หน้าที่ยีน โดยใช้กรอบการตีความหลายมิติ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550.

ภูมินทร์ พุ่มพันธุ์ม่วง. **ความพึงพอใจในการทำงานของตำรวจกองบังคับการตำรวจปราบปรามยาเสพติด 2.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. **การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจาลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจาลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. “การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4”, **วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้**. 1(1): 97-124; กรกฎาคม-ธันวาคม, 2558.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ยุพา กุมภาว์. **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้.** วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550.

ราชบัณฑิตยสถาน. **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542.** กรุงเทพมหานคร: นานมีบุคส์พับลิเคชั่นส์, 2546.

รุ่งฤดี ชนะมาน. **การพัฒนาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง คลื่นเสียงจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนบนพื้นฐานทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.

วรรณจรีย์ มังสิงห์. **เอกสารประกอบการสอน วิชาการเรียนรู้มโนมติทางวิทยาศาสตร์.** คณะศึกษาศาสตร์: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2541.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. **CONSTRUCTIVISM.** กรุงเทพมหานคร, 2540.

วนิดา ดีแป้น. **ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเลยโดยการวิเคราะห์พหุระดับ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, 2553.

วิภาวดี นวลพัด. **การศึกษาความสามารถในการอ่านเชิงวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดพุทธิพิสัยของบลูม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.

วิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง. **ผลการสอนซ่อมเสริมเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2543.

วุฒิชัย ดานะ. **ความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาในจังหวัดเลย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, 2553.

ศิริพรรณ ศรีวรรณวงษ์. **ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ศิริพร เชื้อวังคำ. **การพัฒนาชุดกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อเน้นการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วยการเรียนรู้ การดำรงชีวิตของพืช กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2557.

ศิวพร ตาใจ. **ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปี ที่ 4**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, 2551.

ศุภกาญจน์ รัตนกร. **การศึกษาแบบจำลองทางความคิดและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรด-เบส**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพมหานคร: สกสค ลาดพร้าว, 2546.

__________. **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต**. กรุงเทพมหานคร: สกสค ลาดพร้าว, 2548.

__________. **คู่มือครูรายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน**. กรุงเทพมหานคร: คุรุสภาลาดพร้าว, 2551.

__________. **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพมหานคร: สกสค ลาดพร้าว, 2554.

สุชาติ วัฒนชัย. **ผลของการเรียนบนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง การบาดเจ็บของข้อเข่าม้า สำหรับนักศึกษาสัตวแพทย์ศาสตร์ชั้นปีที่ 5**. การค้นคว้าอิสระปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2547.

สุนทร สมบัติธีระ. **การพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง จำนวนจริง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลซิปปา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.

สุพัชชา ประเสริฐ. **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่องร่างกายมนุษย์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบ Backward Design**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, 2552.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุมาลี ชัยเจริญ. **รายงานการวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยการเรียนจากสื่อบนเครือข่าย.** คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2545.

สุมาลี ชัยเจริญ. **เทคโนโลยีการศึกษา: หลักการ ทฤษฎี สู่การปฏิบัติ.** ขอนแก่น: คลังนานาวิทยา, 2551.

สุวรรณา คุณทัน. **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง การแบ่งเซลล์โดยใช้ชุดการสอนแบบสื่อประสม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2550.

สงกรานต์ มูลศรีแก้ว. **ตัวแทนความคิดเรื่องของไหลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการใช้วิธีการสอนแบบอธิบาย–สังเกต–การอธิบาย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

สมบัติ กาญจนารักพงค์. **เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E: กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร: ธารอักษร, 2549.

สมพร เชื้อพันธ์. **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับการจัดการเรียนการสอนตามปกติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, 2547.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. **แนวทางการพัฒนา การวัดและประเมินคุณลักษณะอัน พึงประสงค์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551**. กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2552.

อารีรัตน์ ศิริ. **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนของการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ TGT เรื่องเศษส่วน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชุมชนวัดศรีดงเย็น สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเชียงใหม่ เขต 3**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, 2552.

อิศรา ก้านจักร. **การพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่ส่งเสริมเมนทอลโมเดลแบบผู้เชี่ยวชาญ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552.

ฮามีด๊ะ มูสอ. **การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Brewer, W. F. "Scientific theories and naive theories as forms of mental representation", **Psychologism revived,Science & Education.** 8(5): 489–505; September, 1999.

Chinnici, J.P., Yue, J.W. and Torres, K.M. "Students as Human Chromosomes in Role-Playing Mitosis and Meiosis", **The American Biology Teacher**. 66(1): 35-39; January, 2004.

Chi, M.T.H. and Roscoe, R.D. "The process and challenges of conceptual change. In M. Limon and L. Mason (Eds)", **Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice.** Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2002.

Chiu, M.H. and W.N. Lin. "Exploring the charecteristics and diverse sources of students' mental models of acids and bases", **International Journal of Science Education.** 29(6): 771-803; May, 2007.

Clark, D. C., and Mathis, P. M. "Modelingmitosis and meiosis: A problem-solvingactivity", **The American Biology Teacher**. 62(3): 204–206; March, 2000.

Coll, R. K. **Learners' mental models of chemical bonding**. Doctor's Thesis: Curtin University of Technology, 1999.

Davis, Frederick B. **Education and Their Interpretation.** California: Wadsworth. 1981.

Glietman, H. **Basic Psychology.** New York: Norton & Company, 1992.

Good, Carter V. and Winifred R. Merkel. **Dictionary of Education**. New York: McGraw – Hill, 1973.

Greca, I.M. and Moreira, M.A. "Mental models, conceptual models, and modeling", **International Journal of Science Education**. 22(1): 1-11; January, 2000.

Harrison, A. G. and Treagust D.F.. "Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry", **Science Education.** 80(5): 509-534; January, 1996.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Harrison, A. G. and Treagust D.F.. "Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry", **Science Education.** 80(5): 509-534; January, 1996.

Honeycutt, B.B. and Pierce, B.A. "Illustrating Probability in Genetics with Hands-On Learning: Making the Math Real", **The American Biology Teacher**. 69(9): 544-551; January, 2007.

Kose S. "Diagnosing student misconception: Using drawings as a research method", **World Appl. Sci. J.** 3(2): 283-293; January, 2008.

Mehmet, A. Kurnaz and Ayşe, Y. Emen. "Student Mental Model Related to Expansion and Contraction", **Acta Didactica Napocensia**. 7(1): 60-68; August, 2014.

Merrienboer, J. G. **Training Complex Cognitive Skill.** Newjersy: Educational, 1997.

Moore, D. and et al. "The Mating Game: A Classroom Activity for Undergraduates that Explores the Evolutionary Basis of Sex Roles", **The American Biology Teacher.** 74(9): 648-651; November, 2012.

Ozcan, T., Yildirim, O., and Ozgur, S. "Determining of the university freshmenstudents'misconceptions and alternativeconceptions about mitosis and meiosis", **Procedia**. 46: 3677–3680; September, 2012.

Park. E. J and G. Light. "Identifying Atomic Structure as a Threshold Concept: Student Mental Models and Troublesomeness", **International Journal of Science Education.** 31(2): 233-258; December, 2009.

Peter Akinsola Okebukola. "Attaining meaningful learning of concepts and ecology : an examination of the potency of the concept-mapping technique", **Science Education**. 27(5): 493-504; May, 1990.

Rennie LJ, Jarvis T. "English and Australian children's perceptions about technology", **Res. Sci. Technol. Edu.** 13(1): 37-52; July, 1995.

Shepardson, D.P., and et al., "Seventh Grade Student's Mental Models of The Greenhouse Effect", **Environmental Education Research.** 17(1): 1-17; February, 2011.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Taber, K.S. "Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learner's prior learning", **Science Education**. 87(5): 732-758; July, 2003.

Wallerstein, H.A. **Dictionary of psychology**. New York: Penguin Books Inc., 1971.

White R, Gunstone R.F. **Probing understanding**. London: Falmer Press, 2000.

Wolman, Benjamin B. **Dictionary of Behavioral of Science**. San Diego, Calf: Academic Press, 1989.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร พรไตร	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
2. ดร.จุฑารัตน์ กุลสันติวงศ์	สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
3. นายนราธิป ประสมบูรณ์	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล

ภาคผนวก ข
แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส **เวลาที่ใช้สอน 3 คาบ**
รายวิชา ว 31103 ชีววิทยาพื้นฐาน **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**
ผู้สอน นางสาวยุพิน พลอยยอด **โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล**
ใช้สอน ม. 4/11 วันที่.......เดือน.....................พ.ศ. 2558 **เวลา.....................................**

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 1.2 ม. 4-6/1 อธิบายกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผันทางพันธุกรรมมิวเทชัน และการเกิดความหลากหลายทางชีวภาพ

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 1.8 ม.4-6/4 เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจตรวจสอบอย่าง ถูกต้องทั้งทางกว้างและลึกในเชิงปริมาณและคุณภาพ

ว 1.8 ม.4-6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงานและ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิดกระบวนการ และผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

2. สาระสำคัญ

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) เป็นการแบ่งของเซลล์ร่างกาย (somatic cell) เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ในขณะที่มีการเจริญเติบโต จำนวนโครโมโซมของเซลล์ลูกเท่ากับเซลล์เริ่มต้น (2n⟶2n) ประกอบด้วย 1) ระยะอินเตอร์เฟส 2) ระยะที่มีการแบ่งที่นิวเคลียส (karyokinesis) ประกอบด้วย 4 ระยะ ได้แก่ ระยะโพรเฟส ระยะเมทาเฟส ระยะแอนาเฟส ระยะเทโลเฟส และ 3) การแบ่งไซโทพลาสซึม (cytokinesis)

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

3.1 อธิบายการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้

ด้านทักษะ

3.2 ทดลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส

3.3 สังเกต วาดภาพ และอธิบายลักษณะการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสแต่ละระยะจากการทำปฏิบัติการได้ถูกต้อง

ด้านเจตคติ

3.4 มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม

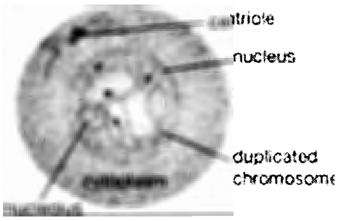
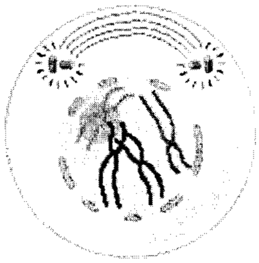
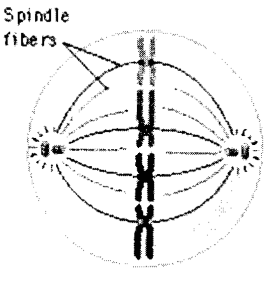
4. สาระการเรียนรู้

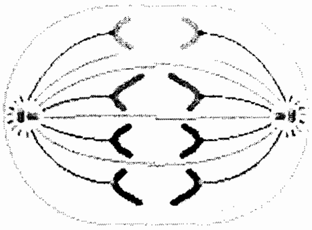
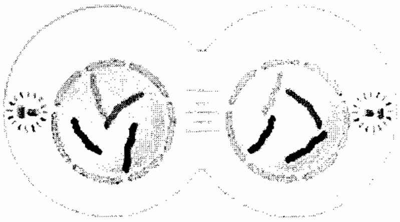
การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitotic division) เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (unicellular organism) ซึ่งมีโครโมโซมเพียงชุดเดียว (monoploid) และเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ของเซลล์ร่างกาย (somatic cell) ในการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ ซึ่งมีโครโมโซม 2 ชุด (diploid) โดยมีเซลล์เริ่มต้น 1 เซลล์ (mother cell) เมื่อแบ่งเสร็จสิ้นกระบวนการแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ลูก 2 เซลล์ (daughter cells) ซึ่งมีจำนวนโครโมโซมและสารพันธุกรรมในเซลล์ใหม่เหมือนในเซลล์เริ่มต้นทุกประการ (2n ไป 2n หรือ n ไป n)

ช่วงระยะเวลาที่เซลล์เตรียมตัวที่จะแบ่งเซลล์และเกิดกระบวนการแบ่งเซลล์จนกระทั่งเสร็จสิ้น เรียกว่า วัฏจักรเซลล์ (cell cycle) ซึ่งประกอบด้วย 2 ช่วงระยะใหญ่ๆ คือ ช่วงระยะอินเตอร์เฟส (interphase) และช่วงระยะการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส (mitosis phase) มี 4 ระยะ คือ โพรเฟส (prophase) เมทาเฟส (metaphase) แอนาเฟส (anaphase) และเทโลเฟส (telophase) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีสพบที่เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด ปลายราก แคมเบียมของพืชหรือเนื้อเยื่อบุผิว ไขกระดูกในสัตว์ การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืช ในเซลล์บางชนิด เช่น เซลล์เนื้อเยื่อเจริญของพืช เซลล์ไขกระดูก เพื่อสร้างเม็ดเลือดแดง เซลล์บุผิว พบว่า เซลล์จะมีการแบ่งตัวอยู่เกือบตลอดเวลา จึง

กล่าวได้ว่า เซลล์เหล่านี้อยู่ในวัฏจักรของเซลล์ตลอด แต่เซลล์บางชนิด เมื่อแบ่งเซลล์แล้วจะไม่แบ่งตัวอีกต่อไป นั่นคือ เซลล์จะไม่เข้าสู่วัฏจักรของเซลล์อีก เข้าสู่ G_0 จนกระทั่งเซลล์ชราภาพ (cell aging) และตายไป (cell death) ในที่สุด แต่เซลล์บางชนิด จะพักตัวหรืออยู่ใน G_0 ชั่วระยะเวลาหนึ่ง ถ้าจะกลับมาแบ่งตัวอีก ก็จะเข้าวัฏจักรของเซลล์ต่อไป ซึ่งขั้นตอนต่าง ๆ ในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

ระยะการแบ่ง	การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ
อินเตอร์เฟส (interphase)  	เพิ่มจำนวนโครโมโซม (Duplication) ขึ้นมาอีกชุดหนึ่ง และติดกันอยู่ที่เซนโทรเมียร์ (1โครโมโซม มี 2 โครมาทิด) มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีมากที่สุด (metabolic stage) เซนตริโอ แบ่งเป็น 2 อัน ใช้เวลานานที่สุด โครโมโซมมีความยาวมากที่สุด
โพรเฟส (prophase) 	โครมาทิดหดสั้น ทำให้มองเห็นเป็นแท่งชัดเจน เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสหายไป เซนตริโอลเคลื่อนไป 2 ข้างของเซลล์ และสร้างไมโทติก สปินเดิลไปเกาะที่เซนโทรเมียร์ ระยะนี้มีเซนตริโอล 2 อัน
เมทาเฟส (metaphase)  	โครโมโซมเรียงตัวตามแนวกึ่งกลางของเซลล์ เหมาะต่อการนับโครโมโซม และศึกษารูปร่าง โครงสร้างของโครโมโซม เซนโทรเมียร์จะแบ่งครึ่ง ทำให้โครมาทิดเริ่มแยกจากกัน

ระยะการแบ่ง	การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ
	โครโมโซมหดสั้นมากที่สุด สะดวกต่อการเคลื่อนที่
แอนาเฟส (anaphase) 	โครมาทิดถูกดึงแยกออกจากกัน กลายเป็นโครโมโซมอิสระ โครโมโซมภายในเซลล์เพิ่มเป็น 2 เท่าตัว หรือจาก 2n เป็น 4n (tetraploid) มองเห็นโครโมโซม มีรูปร่างคล้ายอักษรรูปตัว V , J , I ใช้เวลาสั้นที่สุด
เทโลเฟส (telophase) 	โครโมโซมลูกจะไปรวมอยู่ขั้วตรงข้ามของเซลล์ เยื่อหุ้มนิวเคลียส และนิวคลีโอลัสเริ่มปรากฏ มีการแบ่งไซโทพลาสซึม เซลล์สัตว์ เยื่อหุ้มเซลล์คอดเข้าไป บริเวณกลางเซลล์ เซลล์พืช เกิดเซลล์เพลท (Cell plate) กั้นแนวกลางเซลล์ ขยายออกไปติดกับผนังเซลล์เดิม ได้ 2 เซลล์ใหม่ เซลล์ละ 2n เหมือนเดิมทุกประการ

5. คำถามสำคัญ

5.1 เซลล์ใดบ้างในสิ่งมีชีวิตที่จะมีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

5.2 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสคืออะไร มีกี่ขั้นตอน อะไรบ้าง

5.3 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีสของสิ่งมีชีวิตมีความสำคัญอย่างไร

6. กิจกรรมการเรียนรู้

6.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

6.1.1 เพื่อกระตุ้นความสนใจในการเรียน ครูเปิดเกม The Control of the Cell Cycle Game (http://www.nobelprize.org/educational/medicine/2001/cellcycle.html) แล้ว ให้นักเรียนลองเล่นไปพร้อม ๆ กัน เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีสที่จะเรียนต่อไป

6.1.2 จากนั้นครูนำเข้าสู่กิจกรรมโดยใช้คำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน และให้นักเรียนอภิปรายในลักษณะความคิดของตนเองร่วมกันดังนี้

1) จากวีดีโอส่วนของเนื้อเยื่อของผิวหนังที่ถูกทำลาย และหายไป นักเรียนคิดว่าร่างกายของคนเราจะมีกระบวนการหรือวิธีการใดในการซ่อมแซมส่วนที่ถูกทำลายไป

(นักเรียนควรตอบหรืออภิปรายว่า :ร่างกายของคนเรามีกระบวนการแบ่งเซลล์เพื่อไปทดแทน หรือซ่อมแซมใหม่ โดยสามารถแบ่งเซลล์ใหม่ทดแทนเซลล์เก่าได้ตลอดเวลา)

2) เซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปทำหน้าที่เฉพาะอย่างไปแล้ว สามารถเกิดการแบ่งเซลล์ได้อีกหรือไม่

(นักเรียนควรตอบหรืออภิปรายว่า : โดยปกติแล้วเซลล์ที่มีกรเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปทำหน้าที่เฉพาะอย่างไปแล้ว จะไม่แบ่งเซลล์อีก แต่ถ้าได้รับการกระตุ้นที่เหมาะสมจะสามารถแบ่งเซลล์ได้ เช่น ตับที่ได้รับการผ่าตัด เซลล์ตับจะสามารถแบ่งเพื่อทดแทน หรือซ่อมแซมใหม่ได้)

6.1.3 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนให้นักเรียนทราบ

6.2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Exploration)

6.2.1 แบ่งนักเรียนเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละ 6-7 โดยแต่ละกลุ่มจะได้รับตะกร้าอุปกรณ์การทำปฏิบัติการการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส และชุด Mitosis and Meiosis Simulation กลุ่มละ 1 ชุด

6.2.2 ครูอธิบายขั้นตอนการทำกิจกรรมการทดลอง เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส ให้นักเรียนฟังก่อนทำการทำกิจกรรม โดยครูอธิบายวิธีการทำปฏิบัติการบนกระดานอย่างคร่าว ๆ ดังแผนผัง (เขียนกระดาน)

1) ในขั้นตอนนี้ครูบอกให้นักเรียนศึกษาวิธีการทำปฏิบัติการการแบ่งเซลล์ จากคู่มือการทำปฏิบัติการ เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส มาล่วงหน้า

2) ครูสาธิตการตัดปลายรากหอม ผ่านสไลด์บนเปลวไฟ การล้างกรดไฮโดรคลอริก และการย้อมสีอะซีโตนคาร์มีน

3) ครูเตือนนักเรียนเรื่อง การให้ระวังอย่าให้เปลวไฟลนสไลด์นานเกินไปจนกระทั่งสีแห้งหรือเดือด เพราะว่าเนื้อเยื่อจะหดตัวและสังเกตโครโมโซมได้ยาก

4) ครูบอกข้อปฏิบัติในการใช้กล้องจุลทรรศน์และให้นักเรียนตระหนักถึงข้อพึงและไม่พึงปฏิบัติ

ในระหว่างการทำปฏิบัติการ เช่น ไม่หยอกล้อกันขณะทำปฏิบัติการ เมื่อไม่ใช้กล้องจุลทรรศน์ควรปิดไฟ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ให้นักเรียนใช้ความระมัดระวังขณะใช้ใบมีดโกนตัดปลายรากหอม ไม่ควรหยอกล้อเล่นกัน เพราะอาจทำให้ใบมีดโกนบาดมือ ได้รับอันตรายได้

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส

การศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของเซลล์บริเวณปลายรากหอม

↓

เพาะหอมแดง ให้งอกรากยาว 1-2 ซม.

↓

ตัดปลายรากหอมยาว 0.5 ซม. วางบนสไลด์ แล้วหยดกรด HCl (แช่ทิ้งไว้นาน 5 นาที)

↓

ผ่านสไลด์บนเปลวไฟ 3-4 ครั้ง ระวังอย่าให้ HCl แห้ง / เดือด

↓

ล้าง HCl ออกด้วยน้ำกลั่น 2-3 ครั้ง

↓

ซับน้ำให้แห้งแล้วหยดสีอะซีโตคาร์มีนเข้มข้น 0.5 %

↓

ผ่านสไลด์บนเปลวไฟอีกครั้ง (อย่าให้สีแห้ง / เดือด)

↓

ใช้ดินสอด้านที่มียางลบติดอยู่เคาะเบาๆ บนกระจกปิดสไลด์

↓

ตรวจสอบและศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์

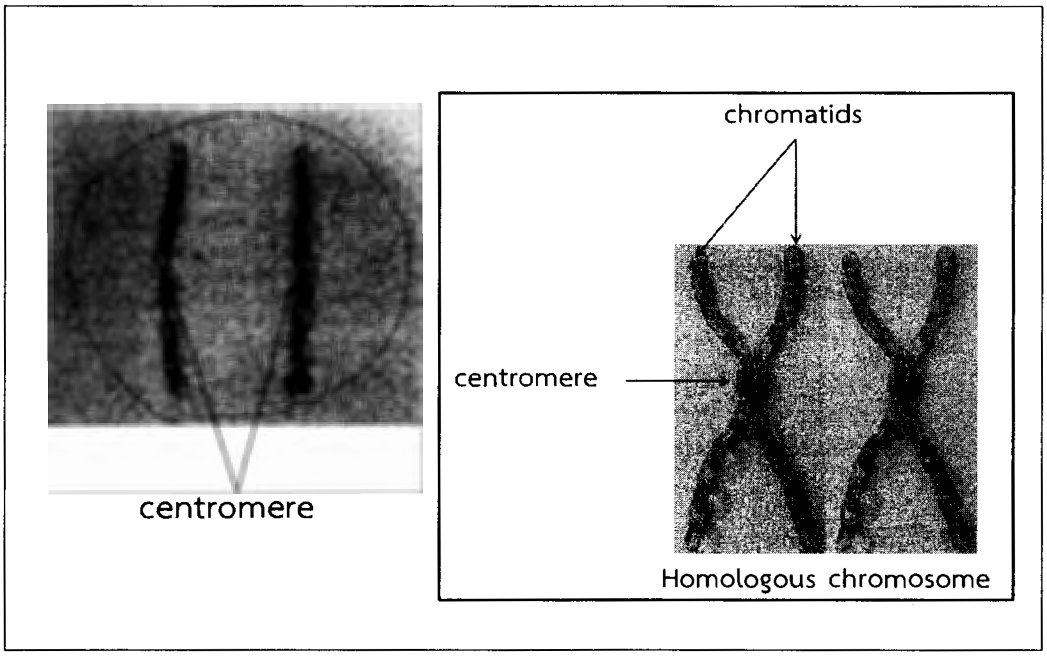
ภาพที่ ข.1 ขั้นตอนการทำปฏิบัติการ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส

2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือทำปฏิบัติการ และบันทึกข้อมูลลงในแบบวัดตัวแทนความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส (งานเดี่ยว) โดยวาดภาพที่สังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์ เขียนกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์กำกับ และจัดลำดับขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส โดยเปรียบเทียบจากข้อความที่ครูติดไว้ให้บนโต๊ะ (Pretest แบบวัดตัวแทนความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส)

2.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส โดยครูชี้แจงวิธีการใช้ Mitosis and Meiosis Simulation ดังนี้

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มจะมีโครโมโซมอยู่ 4 แท่ง (2n = 4) ซึ่งโครโมโซมแต่ละแท่งก็จะมี 2 โครมาทิด รวมเป็นกลุ่มละ 8 โครมาทิด

2) ในที่นี้จะสมมุติให้โซ่พลาสติกที่ต่อกับแม่เหล็กแต่ละเส้น เปรียบเสมือนโครมาทิด 1 โครมาทิด และเมื่อนำโซ่พลาสติกที่ต่อกับแม่เหล็กมารวมกันเป็น 2 เส้น หมายถึง โครโมโซม 1 แท่ง (2 โครมาทิด) ดังรูปที่ 1



ภาพที่ ข.2 Mitosis and Meiosis Simulation

3) การเปลี่ยนแปลงของโซ่พลาสติกในแต่ละภาพก็เปรียบเสมือนการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซม ในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

2.5 นักเรียนแต่ละคนบันทึกข้อมูลลงในแบบวัดตัวแทนความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส (งานเดี่ยว) โดยวาดภาพที่สังเกตได้จากการใช้ Mitosis and Meiosis Simulation และจัดลำดับขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส โดยเปรียบเทียบจากข้อความที่ครูติดไว้ให้บนโต๊ะ (Protest แบบวัดตัวแทนความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส) และในขั้นตอนนี้นักเรียนต้องถ่ายรูประยะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีสที่ได้จากการใช้ Mitosis and Meiosis Simulation ส่งด้วย (งานกลุ่ม)

6.3 ขั้นการอธิบาย (Explanation)

6.3.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรมของกลุ่มตัวเองที่หน้าชั้นเรียน โดยเขียนลงในกระดาษแผ่นใหญ่ พร้อมทั้งแสดงภาพการใช้ Mitosis and Meiosis Simulation ประกอบ

6.3.2 เมื่อนำเสนอเสร็จให้นำกระดาษแผ่นใหญ่นั้นไปติดที่ผนังห้องเรียน และอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน (Gallery Walk)

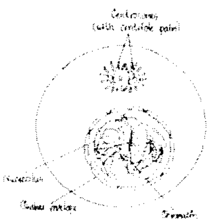
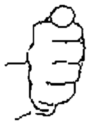
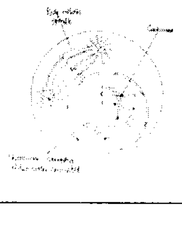
6.3.3 ให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลการทำกิจกรรม

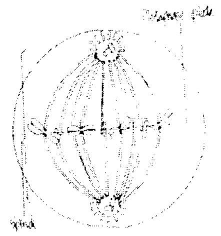
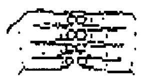
6.3.4 ครูให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส (Cell Cycle and Mitosis [3D Animation] จากเว็บไซต์ https://www.youtube.com/watch?v=JcZQkmooyPk) พร้อมอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมแต่ละระยะ เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพและเข้าใจมากขึ้น

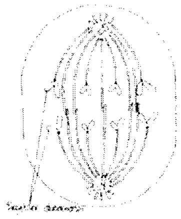
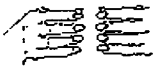
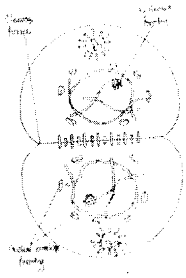
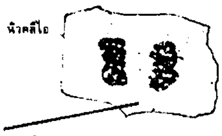
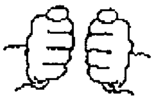
6.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

6.4.1 นักเรียนตอบคำถามหลังทำกิจกรรมเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส ในแบบทดสอบหลังเรียน

6.4.2 ครูอธิบายการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีสแต่ละระยะด้วยการสื่อออกมาในรูปแบบภาษามือ โดยครูอธิบายรูปร่างและลักษณะของโครโมโซมในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส เพื่อความเข้าใจที่ตรงกันในที่นี้จะสมมติให้นิ้วมือแต่ละนิ้วของคนเราเปรียบเสมือนโครโมโซม 1 แท่ง และการเปลี่ยนแปลงของนิ้วมือแต่ละภาพเปรียบเสมือนการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส ดังตาราง ดังต่อไปนี้

ระยะการแบ่งเซลล์	**ภาพวาด**	**ภาษามือ**	**การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญพร้อมอธิบาย**
1. ระยะอินเตอร์เฟส (Interphase)			เป็นระยะที่เซลล์มีการเตรียมพร้อมสำหรับการแบ่งเซลล์มีการจำลองโครโมโซมและ DNA เพิ่มเป็น 2 เท่า โครโมโซมจะอยู่ในรูปโครมาทินเปรียบเทียบกับกำมือของคนเราซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนกลมๆ นิ้วแต่ละนิ้วชิดกันจนแยกไม่ออกว่านิ้วไหนเป็นนิ้วไหน
2. ระยะโพรเฟส (Prophase)			โครโมโซมจะหดสั้นเข้าทำให้เห็นเป็นแท่งโครโมโซมชัดเจนในระยะนี้จะมีการจับคู่กัน

ระยะการแบ่งเซลล์	ภาพวาด	ภาษามือ	การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญพร้อมอธิบาย
			ของโครมาทิด โดยมีเซนโทรเมียร์เป็นจุดเชื่อม เปรียบได้กับนิ้วมือแต่ละข้างของคนเราซึ่งตอนนี้ถูกแบออกให้เห็นนิ้วมือชัดเจนและมีลักษณะอยู่แนบชิดกันเป็นคู่ ๆ สังเกตได้ว่านิ้วก้อยของมือซ้าย ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับนิ้วก้อยของมือขวาก็จะมาเข้าคู่กัน และนิ้วอื่น ๆ ของมือทั้งสองก็เช่นกัน เปรียบได้กับการจับคู่ของโครโมโซมที่มีลักษณะเหมือนกัน
3. ระยะ เมทาเฟส (Metaphase)			เป็นระยะที่สังเกตโครโมโซมได้ชัดเจนที่สุดและเห็นได้ชัดที่สุดในของจริง ในระยะนี้โครมาทิดจะเลื่อนมากลางเซลล์ โดยที่เส้นใยสปินเดิลจากขั้วเซลล์ทั้งสองข้างจะเริ่มเข้ามาจับที่เซนโทรเมียร์ของโครมาทิดแต่ละคู่เพื่อแยกโครโมโซมที่เข้าคู่กันอยู่ออกจากกัน เปรียบได้กับนิ้วมือของมือแต่ละ

ระยะการแบ่งเซลล์	ภาพวาด	ภาษามือ	การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญพร้อมอธิบาย
			ข้างของคนเราที่เคยแนบชิดกันในระยะโพรเฟสบัดนี้จะแยกออกจากกันโดยแต่ละคู่จะมาเรียงกันกลางเซลล์
4. ระยะอะนาเฟส (Anaphase)			เป็นระยะที่โครโมโซมจากโครมาทิดแต่ละคู่เริ่มถูกดึงให้แยกออกจากกันอย่างช้า ๆ เปรียบได้กับในภาษามือ คือจะสังเกตว่านิ้วมือของมือแต่ละข้างจะค่อยๆ แยกออกจากกัน
5. ระยะเทโลเฟส (Telophase)	 **เซลล์สัตว์**  **เซลล์พืช**		ระยะนี้โครโมโซมจะแบ่งออกเป็น 2ชุดชัดเจนพร้อม ๆ กับมีการแบ่งไซโตพลาซึมออกเป็น 2 ส่วน ทำให้ได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์ที่พร้อมจะมีการเจริญเติบโตและพร้อมที่จะมีการแบ่งเซลล์ต่อไป เปรียบได้กับการกำมือทั้ง 2 ข้างที่เหมือนกันของเรา เหมือนกับเซลล์ใหม่ 2 เซลล์ที่เกิดขึ้นและมีลักษณะเหมือนกันทุกประการทั้ง 2 เซลล์

6.5 ขั้นประเมินผล (Evaluation)

6.5.1. นักเรียนสรุปความรู้ด้วยการวาดภาพการขั้นตอนแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส (concept picture)

6.5.2. หลังจบบทเรียน โดยให้ทุกคนเขียนว่าได้เรียนรู้อะไร (What I learned: L) ลงในกระดาษแผ่นเล็กที่ครูแจกให้ ส่งท้ายคาบเรียน

6.5.3. สังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน เพื่อประเมินและกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วม

6.5.4. ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การใช้คำถาม การเข้าไปร่วมคุยในกลุ่ม ในทุกขั้นตอนของการสอนใช้ชิ้นงาน และสมุดจด ประกอบการประเมินคุณลักษณะของผู้เรียนตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

7. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้

7.1 กล้องจุลทรรศน์

7.2 หอมแดง

7.3 สไลด์และกระจกปิดสไลด์

7.4 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 5%

7.5 ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์

7.6 ใบมีดโกน

7.7 สีอะซิโตคาร์มีน

7.8 เข็มเขี่ย และหลอดหยด

7.9 กระดาษทิชชู

7.10 น้ำกลั่น

7.11 ดินสอที่มียางลบติดที่ปลาย

7.12 กระดาษพรู๊ฟ

7.13 ปากกาเมจิก

7.14 กระดาษ A4

7.15 เกม control of cell cycle (www.nobelprize.org)

7.16 คลิปวิดีโอ เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

7.17 ใบกิจกรรม เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

7.18 แบบจำลองตัวแทนความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ (Mitosis and Meiosis Simulation)

7.19 สิ่งที่รู้แล้ว สิ่งที่อยากเรียนรู้ เรียนแล้วรู้อะไร (KWL) เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

7.20 แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

8. การวัดและประเมินผล

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	หลักฐานการเรียนรู้	วิธีการและเครื่องมือวัด
1) ด้านความรู้ (K) - อธิบายการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้	1) ด้านความรู้ (K) - แบบทดสอบหลังเรียน - KWL (เขียนเฉพาะขั้น L)	1) แบบทดสอบหลังเรียน - ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน 2) KWL (เขียนเฉพาะขั้น L) - ตรวจความถูกต้อง
2) ด้านทักษะกระบวนการ (P) - ทดลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส - สังเกต วาดภาพและอธิบายลักษณะการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสแต่ละระยะจากการทำปฏิบัติการได้ถูกต้อง	2) ด้านทักษะกระบวนการ (P) - แบบวัดตัวแทนความคิด	1) แบบวัดตัวแทนความคิด - ตรวจแบบวัดตัวแทนความคิด - แบบประเมินแผนภาพแบบวัดตัวแทนความคิด - สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรม - แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรม
3) ด้านเจตคติ (A) - มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม	3) ด้านเจตคติ (A) - พฤติกรรมที่แสดงถึงการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม	1) พฤติกรรม - สังเกตพฤติกรรม - แบบสังเกตพฤติกรรมการมีส่วนร่วม

9. บันทึกผลหลังการสอน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/8

9.1 แผนการจัดการเรียนรู้ (จุดเด่น/ดี จุดด้อย/ข้อบกพร่อง/แนวทางแก้ไขพัฒนา)

....

....

....

....

....

....

9.2 ปัญหา/อุปสรรค

....

....

....

....

....

9.3 แนวทางแก้ไข

....

....

....

....

....

9.4 ข้อเสนอแนะ

....

....

....

....

....

ลงชื่อ...ผู้สอน

(นางสาวยุพิน พลอยยอด)

วันที่................/................./..............

เกณฑ์ประเมินทักษะการทดลอง

เกณฑ์ประเมิน	ระดับคุณภาพ/คะแนน		
	ดีมาก (3)	**พอใช้ (2)**	**ปรับปรุง (1)**
1. การใช้อุปกรณ์	ใช้อุปกรณ์ในการทดลองได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้องตามหลักปฏิบัติ	ใช้อุปกรณ์ในการทดลองได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ล่องแคล่ว	ใช้อุปกรณ์ไม่ถูกต้อง และทำการทดลองไม่เสร็จตามเวลาที่กำหนด
2. การจัดกระทำข้อมูล และการนำเสนอ	จัดกระทำข้อมูลเป็นระบบและนำเสนอได้ถูกต้องชัดเจน	จัดกระทำข้อมูลเป็นระบบแต่นำเสนอไม่ค่อยชัดเจน ถูกต้อง	จัดกระทำข้อมูลไม่เป็นระบบ การนำเสนอไม่ชัดเจน ไม่สื่อความ
3. การตอบคำถามท้ายการทดลอง	ตอบคำถามท้ายการทดลองถูกตั้งแต่ 80% ขึ้นไป	ตอบคำถามท้ายการทดลองถูกตั้งแต่ 50% - 80%	ตอบคำถามท้ายการทดลองถูกไม่ถึง 50%

เกณฑ์ประเมินพฤติกรรมการมีส่วนร่วม

พฤติกรรมการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม	การปฏิบัติ	
	ปฏิบัติ (1)	**ไม่ปฏิบัติ (0)**
มีการสนทนาแลกเปลี่ยน ซักถาม ฟัง อ่าน และสืบค้นร่วมกับสมาชิกในกลุ่ม		
มีส่วนร่วมในการตัดสินใจกำหนดการปฏิบัติงานกลุ่ม		
มีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานภายในกลุ่ม		
มีส่วนร่วมในการนำเสนอผลงานของกลุ่ม		

แบบประเมินทักษะการทดลอง

กลุ่มที่	ชื่อ-สกุล	ประเด็นที่ 1			ประเด็นที่ 2			ประเด็นที่ 3			หมายเหตุ
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	

แบบประเมินทักษะการทดลอง

กลุ่มที่	ชื่อ-สกุล	ประเด็นที่ 1			ประเด็นที่ 2			ประเด็นที่ 3			หมายเหตุ
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	

ประเมินโดย ☐ ครู ☐ เพื่อน ลงชื่อ..ผู้ประเมิน

( )

แบบสังเกตพฤติกรรมการนำเสนอผลงาน

<u>คำชี้แจง</u> ให้ทำเครื่องหมาย ☐ ตรงกับพฤติกรรมของสมาชิกในกลุ่มที่ได้ปฏิบัติ ตามรายการประเมินต่อไปนี้

ชื่อ-สกุล	รายการสังเกตพฤติกรรม					
	นำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้ถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์	นำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน	นำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยภาษาของตนเอง เข้าใจง่าย	นำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยความมั่นใจ สื่อความหมายชัดเจน	รวมความถี่	ระดับคุณภาพ

เกณฑ์การประเมิน ระดับคุณภาพ

คะแนนรวมความถี่ 0 - 1 ระดับคุณภาพ 1

คะแนนรวมความถี่ 2 – 3 ระดับคุณภาพ 2

คะแนนรวมความถี่ 4 ระดับคุณภาพ 3

ประเมินโดย ลงชื่อ...ผู้ประเมิน

( )

แบบสังเกตพฤติกรรมการมีส่วนร่วม

<u>คำชี้แจง</u> ให้ทำเครื่องหมาย ☐ ตรงกับพฤติกรรมของสมาชิกในกลุ่มที่ได้ปฏิบัติ ตามรายการประเมินต่อไปนี้

ชื่อ-สกุล	รายการสังเกตพฤติกรรม					
	มีการสนทนาแลกเปลี่ยน ซักถาม ฟัง อ่าน และสืบค้นร่วมกับสมาชิกในกลุ่ม	มีส่วนร่วมในการตัดสินใจ กำหนดการปฏิบัติงานกลุ่ม	มีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานภายในกลุ่ม	มีส่วนร่วมในการนำเสนอผลงานของกลุ่ม	รวมความถี่	ระดับคุณภาพ

เกณฑ์การประเมิน ระดับคุณภาพ

คะแนนรวมความถี่ 0 - 1 ระดับคุณภาพ 1

คะแนนรวมความถี่ 2 – 3 ระดับคุณภาพ 2

คะแนนรวมความถี่ 4 ระดับคุณภาพ 3

ประเมินโดย ลงชื่อ..ผู้ประเมิน

( )

แบบประเมินแผนภาพแบบวัดตัวแทนความคิด

ชื่อ-สกุล..เลขที่..................ชั้น..................

ประเมินโดย ☐ ผู้สอน ☐ นักเรียน ☐ เพื่อน ☐ ผู้เกี่ยวข้อง (โปรดระบุ.................................)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
การจัดกระทำและนำเสนอแผนภาพ			

ลงชื่อผู้ประเมิน...วันที่......................................

ระดับคุณภาพ

3 หมายถึง ดี ได้คะแนนรวม 8 – 10 คะแนน

2 หมายถึง พอใช้ ได้คะแนนรวม 5 – 7 คะแนน

1 หมายถึง ต้องปรับปรุง ได้คะแนนรวมต่ำกว่า 5 คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนแบบการประเมินตามสภาพจริงตามพฤติกรรมการจัดกระทำและนำเสนอแผนภาพ

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	3 (8-10 คะแนน)	2 (5-7 คะแนน)	1 (ต่ำกว่า 5 คะแนน)
การจัดกระทำและนำเสนอแผนภาพ	จัดกระทำแผนภาพอย่างเป็นระบบ และนำเสนอด้วยแบบที่ชัดเจน ถูกต้อง	จัดกระทำแผนภาพอย่างเป็นระบบ แต่นำเสนอด้วยแบบที่ไม่ถูกต้อง	จัดกระทำแผนภาพอย่างไม่เป็นระบบ และนำเสนอไม่สื่อความหมายและไม่ชัดเจน

ปฏิบัติการการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจากรากหอมแดง

วัสดุอุปกรณ์

1. ขวดปากกว้าง หรือบิ๊กเกอร์ขนาด 50 cm^3 ที่มีน้ำบรรจุอยู่
2. ใบมีดโกน
3. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
4. กล้องจุลทรรศน์
5. สไลด์ และกระจกปิดสไลด์
6. หลอดหยด
7. ไม้หนีบ
8. ดินสอชนิดที่มียางลบ
9. กระดาษทิชชู
10. กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 1 mol/l
11. น้ำกลั่น
12. สีอะซีโทคาร์มีน เข้มข้น 0.5 %
13. รากหัวหอมแดง

วิธีการทดลอง

1. เพาะหอมแดง โดยวางบนขวดปากกว้าง หรือวางบนบีกเกอร์ที่มีน้ำอยู่จนรากประมาณ 1-2 ซม.

2. ตัดปลายรากหอมยาวประมาณ 0.5 ซม. นำมาวางบนสไลด์ แล้วหยดกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 1 mol/l ให้ท่วม ผ่านสไลด์ไปมาบนเปลวไฟ 3-4 ครั้ง ระวังอย่าให้กรดไฮโดรคลอริกแห้ง แล้วล้างกรดไฮโดรคลอริกออกโดยหยดน้ำกลั่นลงบนสไลด์และเทออก 2-3 ครั้ง

3. ซับน้ำให้แห้งแล้วหยดสีอะซีโตคาร์มีน (acetocarmine) เข้มข้น 0.5% ผ่านสไลด์บนเปลวไฟ ระวังอย่าให้สีเดือดและแห้ง แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์

4. ใช้ดินสอด้านที่มียางลบติดอยู่เคาะเบา ๆ บนกระจกปิดสไลด์ เพื่อให้เซลล์กระจาย แล้วใช้กระดาษทิชชูซับบริเวณข้าง ๆ กระจกสไลด์ให้แห้ง

5. ตรวจดูเซลล์รากหอมที่อยู่บนสไลด์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายต่ำสุด เลือกบริเวณในสไลด์ที่เห็นนิวเคลียสลักษณะต่าง ๆ กัน แล้วจึงใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายสูงจนเห็นภาพชัดเจน สังเกตความแตกต่างของแต่ละเซลล์ แล้วบันทึกภาพ นำมาเปรียบเทียบกับแผนภาพที่แสดงนิวเคลียสแต่ละเซลล์ของรากหอมในระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส
รายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

☞ **คำชี้แจง**

1. ให้นักเรียนตอบคำถามโดยการวาดภาพ และอธิบายเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส
2. ขอให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดอย่างตั้งใจ และเต็มความสามารถ

ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Mitosis) โดยวาดภาพระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีสของเซลล์พืชที่ดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ (สอบก่อนเรียน) และจากการใช้แบบจำลองโครโมโซม (Chromosome Simulation) (สอบหลังเรียน) ซึ่งกำหนดให้ 2n = 4 พร้อมเขียนอธิบายลักษณะสำคัญในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส (Mitosis)

ภาพวาดจากกล้องจุลทรรศน์	ภาพวาดจากการทำโมเดล	ลักษณะสำคัญ
1.ระยะอินเตอร์เฟส (Interphase)		
2. ระยะโพรเฟส (Prophase)		
3. ระยะเมตาเฟส (Metaphase)		
4. ระยะแอนาเฟส (Anaphase)		
5. ระยะเทโลเฟส (Telophase)		

แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส

1. ระยะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ประกอบด้วยขั้นตอนใดบ้าง

....

....

....

2. การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสมีกี่ระยะ อะไรบ้าง

....

....

....

3. เหตุใดจึงนิยมนับจำนวนโครโมโซมของเซลล์ในระยะเมทาเฟส

....

....

....

4. ในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสมีวิธีการอย่างไรจึงทำให้นิวเคลียสที่เกิดขึ้นใหม่ทั้งสองนิวเคลียส มีปริมาณของสารพันธุกรรมหรือจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์เดิม

....

....

....

5. การแบ่งไซโตพลาซึมเกิดขึ้นในระยะใด มีชื่อเรียกว่าอย่างไร

....

....

....

6. ลักษณะของโครโมโซมในระยะโพรเฟสมีความแตกต่างกันจากเซลล์เริ่มต้น โดย 1 โครโมโซม มี 2 โครมาทิด (chromatid) แสดงว่าเกิดอะไรขึ้นกับโครโมโซม

....

....

....

7. การแบ่งไซโตพลาซึมในเซลล์พืชแตกต่างจากเซลล์สัตว์อย่างไร

....

....

....

8. ถ้าหากว่าเซลล์ของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งมีโครโมโซมอยู่ 4 โครโมโซมในระยะอินเตอร์เฟส นักเรียนคิดว่า ภายหลังการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จะได้เซลล์ใหม่กี่เซลล์ในแต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซมอยู่กี่โครโมโซม

....

....

....

9. ถ้าเส้นใยสปินเดิลไม่ดึงโครมาทิดแยกออกจากกันจะเกิดอะไรขึ้น

....

....

....

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส

1. ระยะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ประกอบด้วยขั้นตอนใดบ้าง

ตอบ การแบ่งของนิวเคลียส แล้วตามด้วยการแบ่งของไซโตพลาซึม

2. การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสมีกี่ระยะ อะไรบ้าง

ตอบ 4 ระยะ ได้แก่ ระยะโพรเฟส ระยะเมทาเฟส ระยะอะนาเฟส ระยะเทโลเฟส

3. เหตุใดจึงนิยมนับจำนวนโครโมโซมของเซลล์ในระยะเมทาเฟส

ตอบ เพราะระยะนี้โครโมโซมมีการขดตัว มีขนาดใหญ่ที่สุด

4. ในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสมีวิธีการอย่างไรจึงทำให้นิวเคลียสที่เกิดขึ้นใหม่ทั้งสองนิวเคลียส มีปริมาณของสารพันธุกรรมหรือจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์เดิม

ตอบ มีการสร้าง DNA เป็น 2 เท่า ทำให้แต่ละโครโมโซมประกอบด้วย 2 โครมาทิด การขดตัวของโครโมโซมและการเรียงตัวอยู่ตรงกึ่งกลางเซลล์ในระยะเมทาเฟส ทำให้มีการแบ่งโครมาทิดเป็น 2 กลุ่มได้ง่ายขึ้น โดยการขดตัวของเส้นใยสปินเดิล ทำให้โครโมโซมแต่ละกลุ่มหรือแต่ละนิวเคลียสมีจำนวนเท่ากัน

5. การแบ่งไซโตพลาซึมเกิดขึ้นในระยะใด มีชื่อเรียกว่าอย่างไร

ตอบ ระยะ M – phase เรียกว่า cytokinesis

6. ลักษณะของโครโมโซมในระยะโพรเฟสมีความแตกต่างกันจากเซลล์เริ่มต้น โดย 1 โครโมโซม มี 2 โครมาทิด (chromatid) แสดงว่าเกิดอะไรขึ้นกับโครโมโซม

ตอบ โครโมโซมเพิ่มจำนวนขึ้นแต่มีบางส่วนยังติดกันอยู่

7. การแบ่งไซโตพลาซึมในเซลล์พืชแตกต่างจากเซลล์สัตว์อย่างไร

ตอบ เซลล์พืชจะไม่มีเซนทริโอลแต่มีไมโทติกสปินเดิลกระจายออกจากขั้วของเซลล์ทั้งสองข้างตรงข้ามกัน และในระยะเทโลเฟสพืชจะมีแผ่นกั้นเซลล์เกิดขึ้นตรงกลางระหว่างโครโมโซมสองกลุ่มต่อมาจะกลายเป็นส่วนของผนังเซลล์ ส่วนเซลล์สัตว์จะมีเซนทริโอลในระยะโพรเฟสมีการสร้างไมโทติกสปินเดิลจากเซนทริโอลไปยังโครโมโซม ในระยะเทโลเฟส ไซโตพลาซึมของเซลล์สัตว์จะคอดตรงกลาง แบ่งโครโมโซมและไซโตพลาซึมออกเป็น 2 เซลล์ ซึ่งมีส่วนประกอบต่าง ๆ คล้ายคลึงกัน

8. ถ้าหากว่าเซลล์ของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งมีโครโมโซมอยู่ 4 โครโมโซมในระยะอินเตอร์เฟส นักเรียนคิดว่าภายหลังการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จะได้เซลล์ใหม่กี่เซลล์ในแต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซมอยู่กี่โครโมโซม

   ตอบ 2 เซลล์ แต่ละเซลล์มี 4 โครโมโซม

9. ถ้าเส้นใยสปินเดิลไม่ดึงโครมาทิดแยกออกจากกันจะเกิดอะไรขึ้น

   ตอบ เซลล์จะไม่สามารถแบ่งโครโมโซมให้มีจำนวนเท่ากันได้

ภาคผนวก ค

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด

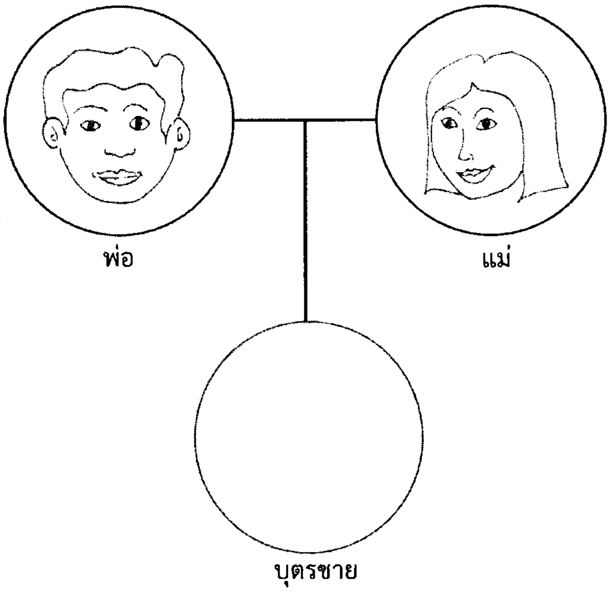
แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม
รายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

☞ **คำชี้แจง**

1. ให้นักเรียนตอบคำถามโดยการวาดภาพและอธิบายเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม
2. ขอให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดอย่างตั้งใจและเต็มความสามารถ

> “นายสมชายมีลักษณะเป็นคนผิวขาว ผมหยักศก ตาชั้นเดียว และไม่มีสันจมูก
> นางสาวสมศรีมีลักษณะเป็นคนผิวสองสี ผมตรงจากการยืด ตาชั้นเดียว มีสันจมูก
> ต่อมาทั้งสองแต่งงานกัน และมีบุตรชาย 1 คน”

จากข้อมูลข้างต้น ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมของบุตรชายครอบครัวนี้ว่าควรมีลักษณะอย่างไรได้บ้าง และลักษณะทางพันธุกรรมที่แสดงออกในบุตรชายนั้นได้มาจากใคร เพราะอะไร



....

....

....

....

....

....

....

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม

รายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

☞ **คำชี้แจง**

1. ให้นักเรียนตอบคำถามโดยการวาดภาพและอธิบายเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับโครโมโซมและสารพันธุกรรม
2. ขอให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดอย่างตั้งใจและเต็มความสามารถ

"ในนิวเคลียสมีโครโมโซม และในโครโมโซมประกอบด้วยดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน ซึ่งส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอ มียีนเป็นองค์ประกอบ"

จากคำกล่าวข้างต้น นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของนิวเคลียส โครโมโซม ดีเอ็นเอ โปรตีนฮิสโตน และยีน พร้อมทั้งอธิบายรายละเอียด

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์
รายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

☞ **คำชี้แจง**

1. ให้นักเรียนตอบคำถามโดยการวาดภาพและอธิบายเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์และวัฏจักรของเซลล์
2. ขอให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดอย่างตั้งใจและเต็มความสามารถ

กำหนดให้

1. ระยะแบ่งแบบไมโทซีส (Mitotic phase หรือ M phase) เป็นระยะของการแบ่งนิวเคลียส ประกอบด้วยระยะย่อย 4 ระยะ คือ 1) ระยะโพรเฟส (prophase) 2) ระยะเมตาเฟส (metaphase) 3) ระยะแอนาเฟส (anaphase) และ 4) ระยะเทโลเฟส (telophase)
2. ระยะอินเตอร์เฟส (interphase) เป็นระยะที่เซลล์เตรียมความพร้อมที่จะแบ่งเซลล์ ประกอบด้วยระยะย่อย 3 ระยะ คือ 1) ระยะจี 1 (G_1 phase) เป็นระยะก่อนสร้าง DNA 2) ระยะเอส (S phase) เป็นระยะสร้าง DNA และ 3) ระยะจี 2 (G_2 phase) เป็นระยะหลังสร้าง DNA
3. การแบ่งไซโทพลาสซึม (cytokinesis)

ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับวัฏจักรของเซลล์ (Cell cycle) จากข้อมูลที่กำหนดให้ โดยวาดแผนภาพเรียงลำดับขั้นตอนของกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งอธิบายรายละเอียด

....

....

....

....

....

....

....

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส
รายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

☞ **คำชี้แจง**

1. ให้นักเรียนตอบคำถามโดยการวาดภาพและอธิบายเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส
2. ขอให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดอย่างตั้งใจและเต็มความสามารถ

ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Mitosis) โดยวาดภาพระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีสของเซลล์พืชที่ดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ (สอบก่อนเรียน) และจากการใช้แบบจำลองโครโมโซม (Chromosome Simulation) (สอบหลังเรียน) ซึ่งกำหนดให้ 2n = 4 พร้อมเขียนอธิบายลักษณะสำคัญในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส (Mitosis)

ภาพวาดจากกล้องจุลทรรศน์	ภาพวาดจากการทำโมเดล	ลักษณะสำคัญ
1.ระยะอินเตอร์เฟส (Interphase)		
2. ระยะโพรเฟส (Prophase)		
3. ระยะเมตาเฟส (Metaphase)		
4. ระยะแอนาเฟส (Anaphase)		
5. ระยะเทโลเฟส (Telophase)		

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซีส
รายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

☞ **คำชี้แจง**

1. ให้นักเรียนตอบคำถามโดยการวาดภาพและอธิบายเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซีส
2. ขอให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดอย่างตั้งใจและเต็มความสามารถ

ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซีส (Meiosis) โดยวาดภาพระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซีสของเซลล์พืชที่ดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ (สอบก่อนเรียน) และจากการใช้แบบจำลองโครโมโซม (Chromosome Simulation) (สอบหลังเรียน) ซึ่งกำหนดให้ 2n = 4 พร้อมเขียนอธิบายลักษณะสำคัญในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซีส

การแบ่งเซลล์แบบไมโอซีส I (Meiosis I)

ภาพวาดจากกล้องจุลทรรศน์	ภาพวาดจากการทำโมเดล	ลักษณะสำคัญ
1.ระยะอินเตอร์เฟส I (Interphase I)		
2. ระยะโพรเฟส I (Prophase I)		
3.ระยะเมตาเฟส I (Metaphase I)		
4. ระยะแอนาเฟส I (Anaphase I)		
5. ระยะเทโลเฟส I (Telophase I)		

การแบ่งเซลล์แบบไมโอซีส II (Meiosis II)

ภาพวาดจากกล้องจุลทรรศน์	ภาพวาดจากการทำโมเดล	ลักษณะสำคัญ
1. ระยะโพรเฟส II (Prophase II)		
2. ระยะเมตาเฟส II (Metaphase II)		
3. ระยะแอนาเฟส II (Anaphase II)		
4. ระยะเทโลเฟส II (Telophase II)		

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
รายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

☞ **คำชี้แจง**

1. ให้นักเรียนตอบคำถามโดยการวาดภาพและอธิบายเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับโครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
2. ขอให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดอย่างตั้งใจและเต็มความสามารถ

กำหนดให้	N	เป็นแอลลีลของยีนเด่นที่ควบคุมลักษณะคางบุ๋ม
	n	เป็นแอลลีลของยีนด้อยที่ควบคุมลักษณะคางบุ๋ม

"เมื่อพ่อมีลักษณะคางบุ๋มชนิดพันธุ์ทางแต่งงานกับแม่ที่มีลักษณะคางบุ๋มพันธุ์แท้"

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ข้างต้น ให้นักเรียนวาดแผนภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนลักษณะคางบุ๋มจากพ่อแม่ไปยังลูก โดยระบุจีโนไทป์ ฟีโนไทป์ของพ่อ แม่ และลูก พร้อมอธิบายรายละเอียด

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

ภาคผนวก ง

แบบสอบถามความพึงพอใจ

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้
เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

ข้อความ	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
ด้านผู้สอน					
1. ครูอธิบายได้ใจความอย่างมีลำดับขั้นตอน					
2. ครูใช้เทคนิคเร้าความสนใจ นำเข้าสู่บทเรียน					
3. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามและแสดงความคิดเห็น					
4. ครูให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน					
5. ครูมีสื่อการสอน แบบทดสอบ และเอกสารประกอบการสอน					
ด้านการออกแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์					
6. รูปแบบในการดำเนินการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนได้					
7. ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้ สามารถที่จะเลือกค้นหาข้อมูลในเนื้อหาที่เรียนด้วยตนเอง					
8. บรรยากาศในการเรียนมีการร่วมมือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน					
ด้านการออกแบบแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม					
9. รูปแบบ ขนาดตัวอักษรชัดเจน อ่านง่ายเหมาะสมต่อการเรียนรู้					
10. เนื้อหามีความครอบคลุมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
11. เนื้อหานำเสนออย่างเป็นลำดับขั้นตอนและเป็นเหตุเป็นผล ทำให้เชื่อมโยงความรู้ได้เป็นอย่างดี					

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวยุพิน พลอยยอด
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2548 - 2551 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา
	พ.ศ. 2552 – 2553 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2554 -ปัจจุบัน
ตำแหน่ง	ครู คศ.1
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล
	อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี 34130