



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์ศึกษา

การศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาแนวคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนการสอน  
พันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้  
The Development of Concepts, Science Process Skills and Attitudes towards Teaching  
and Learning Genetics of Grade 9<sup>th</sup> Students using Inquiry Cycle

นามผู้วิจัย นางชิ่งจิต แสนสุข

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( รองศาสตราจารย์สุนันท์ สังข์อ่อน, ต. ด. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( รองศาสตราจารย์สมศักดิ์ อภิสิทธิ์วานิช, Dr.Agr.Sci. )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุดารัตน์ สารสว่าง, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแนวคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนการสอน  
พันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

The Development of Concepts, Science Process Skills and Attitudes towards  
Teaching and Learning Genetics of Grade 9<sup>th</sup> Students using Inquiry Cycle

โดย

นางฉันทิต แสนสุข

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชั้นจิต แสนสุด 2553: การพัฒนาแนวคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียน การสอนพันธูกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้  
ปรัชญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สุนันท์ สังข์อ่อง, ค.ศ. 249 หน้า

วัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้ 1) สำรวจแนวคิดพันธูกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 2) ศึกษา การจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธูกรรมระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 3) เปรียบเทียบแนวคิดพันธูกรรมของนักเรียนก่อนและ หลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธูกรรม 4) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนก่อนและหลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธูกรรม 5) ศึกษาเจตคติต่อการเรียนการสอนของ นักเรียนหลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธูกรรม

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 84 คน นักเรียนระดับมัธยมศึกษา ปีที่ 3 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 45 คน และ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์จำนวน 2 ท่านของโรงเรียนแห่งหนึ่ง การวิจัยครั้งนี้เป็น การวิจัยกรณีศึกษา ซึ่งดำเนินการวิจัย 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 สำรวจแนวคิดพันธูกรรมของนักเรียนและศึกษาการจัด การเรียนการสอนเรื่องพันธูกรรม ระยะที่ 2 สร้างพัฒนาหน่วยการเรียนรู้และศึกษาผลการใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง พันธุกรรม เครื่องมือวิจัยได้แก่ 1) แบบวัดแนวคิดพันธูกรรม แบบคำถามปลายเปิด 2) แบบสัมภาษณ์การจัดการเรียน การสอนเรื่องพันธูกรรม 3) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4) แบบวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักร การสืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย 1) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดพันธูกรรมจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องกฎการแยกตัว ดีเอ็นเอ และยีน 2) วิธีการจัดการเรียนการสอนครู คือ การสอนแบบ บรรยายและสื่อการสอนที่ใช้ คือ ใบความรู้ รูปภาพ และใบงาน 3) นักเรียนพัฒนาแนวคิดพันธูกรรมจัดเป็นแนวคิด ถูกต้องเพิ่มขึ้นหลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 4) นักเรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพิ่มขึ้นหลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5) นักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่อง พันธุกรรมมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนในระดับสูง

ลายมือชื่อนิติติ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Chuenjit Saensut 2010: The Development of Concepts, Science Process Skills and Attitudes towards Teaching and Learning Genetics of Grade 9<sup>th</sup> Students using Inquiry Cycle. Master of Education (Science Education), Major Field: Science Education, Department of Education. Thesis Advisor: Associate Professor Sunun Sung-ong, Ed.D. 249 pages.

The Purpose of this Research were 1) to investigate the concepts of Grade 9<sup>th</sup> students about genetic 2) to explore teaching strategies used genetics concepts 3) to compare genetics concepts between before and after using inquiry cycle 4) to compare science process skills between before and after using inquiry cycle 5) to study attitudes towards teaching and learning using inquiry cycle.

The groups of study were 84 Grade 9<sup>th</sup> students in second semester of 2008 academic year, 45 Grade 9<sup>th</sup> students in first semester of 2009 academic year and 2 science teachers. This research was case study which consists of 2 phases 1) investigate genetics concepts and explore the teaching strategies used genetics concepts 2) design a learning unit implement and evaluate the learning unit. The research instruments were open-end questions test about genetic concepts, structure interview with teacher, science process skills test and attitudes towards teaching and learning questionnaire. The data were analyzed by content analysis, means, percentage and standard deviation.

The result were 1) most of the students held Partial Understanding with a Specific Misconception and students had Specific Misconception about law of segregation, DNA, and gene 2) teaching methods were teachers' explanation and instructional materials were information sheets, diagram and worksheets 3) students' concepts on genetics were develop after student had been taught through inquiry cycle 4) student's science process skills were develop after student had been taught through inquiry cycle 5) students had positive attitudes towards teaching and learning after studied the genetic inquiry cycle.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงยิ่งของ รศ.ดร. สุรินทร์ สังข์อ่อง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ.ดร. สมศักดิ์ อภิสิทธิ์วานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์ ดร. เอกรัตน์ ศรีตัญญู ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร. ไพบุลย์ วิริยะวัฒนะ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้แนวความคิด คำปรึกษา แนะนำและตรวจแก้ไข เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัยและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่านที่ช่วยเหลือ สนับสนุน และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการศึกษา

คุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ชินจิต แสนสุข  
พฤษภาคม 2553

## สารบัญ

## หน้า

สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(11)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
คำถามวิจัย	4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
ขอบเขตการวิจัย	5
นิยามศัพท์เฉพาะ	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	8
แนวคิด	10
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	23
เจตคติต่อการเรียนการสอน	28
การสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้	31
บทที่ 3 วิธีวิจัย	41
รูปแบบการวิจัย	41
กลุ่มที่ศึกษา	42
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	42
การสร้างเครื่องมือ	43
การเก็บรวบรวมข้อมูล	50
การวิเคราะห์ข้อมูล	52
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์	56
ผลการสำรวจแนวคิดพื้นฐานกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3	57
ผลการศึกษากิจการจัดการเรียนการสอนเรื่องพื้นฐานกรรมระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3	71

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
แนวคิดพื้นฐานของนักเรียนก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยวัฏจักร การสืบเสาะหาความรู้	75
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยวัฏจักร การสืบเสาะหาความรู้	117
เจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ ของนักเรียน	129
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	133
สรุป	133
ข้อเสนอแนะ	138
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	140
ภาคผนวก	153
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	154
ภาคผนวก ข แบบวัดแนวคิดพื้นฐาน	156
ภาคผนวก ค แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	167
ภาคผนวก ง แบบวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะ หาความรู้เรื่องพื้นฐาน	177
ภาคผนวก จ แบบสัมภาษณ์การจัดการเรียนการสอนเรื่องพื้นฐาน	183
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะ หาความรู้เรื่องพื้นฐาน	187
ภาคผนวก ช ผลการวิเคราะห์แนวคิดพื้นฐานและทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์จากใบงาน	200
ภาคผนวก ซ คุณภาพเครื่องมือ	245
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	249

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	บทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบ Inquiry Cycle (5Es)	36
2	บทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอนแบบ Inquiry Cycle (5Es)	38
3	เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้	55
4	เกณฑ์ในการตัดสินเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้	55
5	ผลการสำรวจแนวคิดพื้นฐานของนักเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	57
6	ผลการจัดการเรียนการสอนเรื่องพื้นฐานของครูผู้วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3	71
7	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องความหมายของลักษณะทางพื้นฐาน ก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	75
8	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องลักษณะทางพื้นฐานและลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพื้นฐาน ก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	77
9	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องความแปรผันของลักษณะทางพื้นฐาน ก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	78
10	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะทางพื้นฐาน ก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	80

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องรูปร่างของโครโมโซม ก่อนและ หลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	82
12	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซม ก่อนและ หลังการเรียนจำแนกตามประเภทแนวคิด	84
13	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องความแตกต่างของโครโมโซม โครมาติน และโครมาติด ก่อนและหลังการเรียนจำแนกตามประเภทแนวคิด	86
14	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน ก่อนและหลังการเรียนจำแนกตามประเภทแนวคิด	88
15	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องดีเอ็นเอและยีนของนักเรียน ก่อนและหลัง การเรียนจำแนกตามประเภทแนวคิด	90
16	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและ เซลล์สืบพันธุ์ ก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	91
17	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องจำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต ก่อนและ หลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	93
18	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องโครโมโซมเพศ ก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	94
19	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องตำแหน่งโครโมโซมร่างกายมนุษย์ ก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	96

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องสาเหตุของโรคทางพันธุกรรม ก่อนและ หลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	97
21	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องอาการของโรคทางพันธุกรรม ก่อนและ หลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	99
22	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องลักษณะเด่น ลักษณะด้อย ก่อนและ หลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	101
23	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องจีโนไทป์ ฟีนไทป์ ก่อนและ หลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	103
24	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องพันธุแท้ พันทาง ก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	105
25	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องกฎการแยกตัว ก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	107
26	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องกฎการรวมตัวอย่างอิสระ ก่อนและ หลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	109
27	ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม ก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด	111
28	ผลการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการเรียน ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้	117

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
29	ผลการศึกษาเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหา ความรู้เรื่องพันธุกรรม	129
<b>ตารางผนวกที่</b>		
1	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องความหมายของลักษณะทางพันธุกรรม จากใบงานเรื่องครอบครัวของฉัน	201
2	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องความแปรผันทางพันธุกรรมจากใบงาน เรื่องความแปรผันทางพันธุกรรม	202
3	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อ ลักษณะพันธุกรรมจากใบงานเรื่องความแปรผันทางพันธุกรรม	203
4	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องรูปร่างโครโมโซมจากใบงานเรื่อง รูปร่างและโครงสร้างของโครโมโซม	204
5	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซมจาก ใบงานเรื่องรูปร่างและโครงสร้างของโครโมโซม	205
6	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องความแตกต่างระหว่างโครโมโซม โครโมติน และโครมาติดจากใบงานเรื่องรูปร่างและโครงสร้างของ โครโมโซม	206
7	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีนจากใบงานเรื่องโครงสร้างของเซลล์	207

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
8	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องดีเอ็นเอและยีนจากใบงานเรื่อง โครงสร้างของเซลล์	208
9	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องสาเหตุของโรคความผิดปกติทางพันธุกรรมจากใบงานเรื่อง ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม	209
10	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องอาการของโรคความผิดปกติทางพันธุกรรมจากใบงานเรื่อง ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม	210
11	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องลักษณะเด่น ลักษณะด้อย จากใบงานเรื่อง ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย	211
12	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องจีโนไทป์และฟีโนไทป์ จากใบงานเรื่อง จีโนไทป์และฟีโนไทป์	212
13	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องพันธุ์แท้และพันธุ์ทาง จากใบงานเรื่อง จีโนไทป์และฟีโนไทป์	213
14	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องกฎการแยกตัวและกฎการรวมตัวอย่างอิสระจากใบงานเรื่อง กฎของเมนเดล	214
15	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องกฎของเมนเดลจากใบงานเรื่อง กฎของเมนเดล	215
16	ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่อง ประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม จากใบงาน เรื่อง ประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม	216

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
17	ผลการวิเคราะห์ทักษะการสังเกตของนักเรียนจากใบงานเรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม	221
18	ผลการวิเคราะห์ทักษะการสังเกตของนักเรียนจากใบงานเรื่องรูปร่าง และโครงสร้างของโครโมโซม	219
19	ผลการวิเคราะห์ทักษะการสังเกตของนักเรียนจากใบงานเรื่อง ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม	221
20	ผลการวิเคราะห์ทักษะการสังเกตของนักเรียนจากใบงานเรื่อง สิ่งมีชีวิตคัดแปลงพันธุกรรม	222
21	ผลการวิเคราะห์ทักษะการวัดจากใบงานเรื่องความแปรผันของ ลักษณะทางพันธุกรรม	224
22	ผลการวิเคราะห์ทักษะการวัดจากใบงานเรื่องความแปรผันของ ลักษณะทางพันธุกรรม	225
23	ผลการวิเคราะห์ทักษะการคำนวณของนักเรียนจากใบงานเรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม	226
24	ผลการวิเคราะห์ทักษะการคำนวณของนักเรียนจากใบงานเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	227
25	ผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดจำแนกประเภทจากใบงานเรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม	228

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
26	ผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดจำแนกประเภทใบงานเรื่องจำนวน โครโมโซมจำแนกตามกลุ่ม	229
27	ผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดจำแนกประเภทจากใบงานเรื่อง ความคิดปกติของของโรคทางพันธุกรรม	230
28	ผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลจาก ใบงานเรื่องความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม	232
29	ผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล ของนักเรียนจากการออกแบบโครงสร้างโครโมโซม	234
30	ผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล ของนักเรียนจากแผนผังความคิดเรื่องสาเหตุของโรคทางพันธุกรรม	235
31	ผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล ของนักเรียนจากใบงานเรื่องประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม	237
32	ผลการวิเคราะห์ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลของนักเรียน จากใบงานเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม	238
33	ผลการวิเคราะห์ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลที่นักเรียนจาก ใบงานเรื่องจำนวนโครโมโซม	240
34	ผลการวิเคราะห์ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลของนักเรียน จากใบงานเรื่อง จีโนไทป์ ฟีนไทป์	241

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
35	ผลการวิเคราะห์ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลของนักเรียน จากใบงานเรื่อง กฎของเมนเดล	242
36	ผลการวิเคราะห์ทักษะการพยากรณ์จากข้อมูลของนักเรียนจาก ใบงานเรื่องกฎของเมนเดล	243
37	ผลการวิเคราะห์ทักษะการพยากรณ์จากข้อมูลของนักเรียนจาก ใบงานเรื่องกฎของเมนเดล	244
38	ผลการหาความสอดคล้องความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดแนวคิด พันธุกรรม (IOC)	246
39	ผลการหาความสอดคล้องความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับนิยามเชิงปฏิบัติการ (IOC)	247

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการเกิดแนวคิด	15
2	ภาพคำถามแนวคิดย่อยเรื่องรูปร่างโครโมโซม	61
3	แนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซม	85
4	แนวคิดถูกต้องเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซม	85
7	ส่วนประกอบของโครโมโซมจากใบงาน	87
8	แผนภูมิแสดงร้อยละของแนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้	112
9	แผนภูมิแสดงร้อยละของแนวคิดเรื่องโครโมโซม ก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้	113
10	แผนภูมิแสดงร้อยละของแนวคิดเรื่องความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรมก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้	113
11	แผนภูมิแสดงร้อยละของแนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้	114
12	แผนภูมิแสดงร้อยละของแนวคิดเรื่องประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรมก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้	114

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความสำคัญของปัญหา

ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะความรู้วิทยาศาสตร์ในสาขาพันธุศาสตร์ เนื่องจากพันธุศาสตร์เป็นสาขาวิชาที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับสัมพันธกับการดำรงชีวิตประจำวันหลายด้าน เช่น ด้านการแพทย์ การผลิตวัคซีน การบำบัดรักษาโรคด้วยยีน การตรวจวินิจฉัยโรค (อมรา คัมภีรานนท์, 2546) และด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้นำความรู้ทางพันธุศาสตร์มาช่วยในการพิสูจน์ความเกี่ยวพันกันทางสายเลือดของบิดา มารดา และทารก (พรทิพย์ โรจนสุนันท์, 2546) ดังนั้นความรู้วิทยาศาสตร์ในสาขาพันธุศาสตร์เป็นอีกสาขาหนึ่งที่เยาวชนไทยต้องเรียนรู้แม้ว่าจะเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากเนื่องจากเนื้อหามีความเป็นนามธรรมและข้อความรู้ส่วนใหญ่ได้มาจากการพิสูจน์ทฤษฎี (Pinar and Tekkya, 2008)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงได้บรรจุเนื้อหาพันธุศาสตร์ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ในสาระการเรียนรู้ที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต มาตรฐาน ว 1.2 ในทุกช่วงชั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2546) แต่จากผลการศึกษานักการศึกษาหลายท่าน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดพันธุกรรมคลาดเคลื่อนจากแนวคิดถูกต้องในหลายแนวคิด ดังผลการศึกษาของ จิตตินันท์ สาตะนิมิ (2550) พบว่า นักเรียนมากกว่าร้อยละ 50 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างนิวเคลียส โครโมโซม และยีน จำนวน โครโมโซมของสิ่งมีชีวิต และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาวิจัยของ Saka *et al.* (2006) พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาและระดับมหาวิทยาลัย เข้าใจคลาดเคลื่อนในแนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่าง ยีน และ โครโมโซม เนื่องจากนักเรียนขาดความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานเรื่อง ยีน และ โครโมโซม ซึ่งสาเหตุในการเกิดแนวคิดพันธุกรรมคลาดเคลื่อนของนักเรียนอาจเนื่องมาจาก 1) ความยากของเนื้อหาเนื่องจากเนื้อหาพันธุกรรมส่วนใหญ่มีเป็นนามธรรมยากต่อการจัดการสอนของครูและยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน (Knippels, Waarlo, and Boersma, 2005) 2) ครูผู้สอนมีแนวคิดพันธุกรรมคลาดเคลื่อน ดังผลการศึกษาของพงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, พัฒนี จันทรโรทัย, และ วรณทิพา รอดแรงคำ (2546) ที่พบว่า นิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพรู วิชาเอกชีววิทยา ส่วนใหญ่มีแนวคิดพันธุกรรมคลาดเคลื่อนจากแนวคิดที่ถูกต้อง ซึ่งแนวคิดคลาดเคลื่อนของครูสามารถถ่ายทอดไปสู่นักเรียนได้

(Longden, 1982) 3) วิธีการจัดการเรียนการสอนทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนได้ (Hackling and Treagust, 1984) โดยเฉพาะวิธีการสอนแบบบรรยายซึ่งการสอนแบบบรรยาย นักเรียนเป็นผู้รับข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียว ขาดการลงมือปฏิบัติซึ่งการลงมือปฏิบัติเป็นวิธีการที่ทำให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถจดจำสิ่งที่เรียนรู้ได้ยาวนานและพัฒนาไปสู่การสร้างแนวคิดต่อไป (ทัศนียา รัตนฤทัย, 2549)

ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรเน้นให้นักเรียนเป็นผู้คิดลงมือปฏิบัติ ศึกษา ค้นคว้าอย่างเป็นระบบด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย การเรียนรู้ของนักเรียนจะเกิดขึ้นระหว่างที่นักเรียนมีส่วนร่วมโดยตรงจากการทำกิจกรรม ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์มีความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้รวมทั้งสามารถสื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531) โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้ให้คำปรึกษาและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จากการสืบค้น สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าหาข้อมูลเป็นการรับรู้ที่มีความหมายทำให้นักเรียนเข้าใจและสร้างเป็นองค์ความรู้ของตนเองเก็บเป็นข้อมูลในสมองได้ยาวนานสามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ที่เผชิญหน้า (ชาติรี เกิดธรรม, 2542; สสวท., 2546) แต่จากผลการศึกษาของ รัตนภรณ์ ผ่านพิเคราะห์, 2544; สุภาพ เวียงแก้ว, 2544 พบว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ครูยังเป็นศูนย์กลาง นักเรียนเป็นผู้รับฟัง และจดจำเฉพาะความรู้ในเนื้อหาเท่านั้น ทำให้นักเรียนมีความรู้และทักษะกระบวนการพื้นฐานไม่เพียงพอในการเรียนเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้ต่อไปทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้เดิมไปใช้ในการแสวงหาความรู้ใหม่ได้ และการเรียนแบบท่องจำไม่เพียงพอที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ (Beaumont-Walters and Soyibo, 2001) จากสาเหตุดังกล่าวทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ (สุกัญญา มาธานี, 2543) เช่นเดียวกับผลการวิจัยของ อุษา นาคทอง, ธีราพร อนันตะเศรษฐกุล, และ นฤมล ยุตาคม, 2550 ที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในหลายด้าน เช่น การคำนวณ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน และการตีความหมาย และการลงข้อสรุป

สสวท. (2546) ได้นำวิธีการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) มาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์โดยเสนอขั้นตอนในการเรียนการสอนเป็น 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมินผล (Evaluation) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับผลการใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า รูปแบบการเรียน

การสอนดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้มีแนวคิดคลาดเคลื่อนลดลง (Pinar and Tekkya, 2008) เนื่องจากการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนปรับเปลี่ยนแนวคิดคลาดเคลื่อนเป็นแนวคิดถูกต้องได้ (Guzzetti *et al.* 1993 อ้างใน สุรจิตา เศรษฐภักดี, 2547) นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น (ประกาศิต จันทส, 2537) และนักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ (สสวท., 2546) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายด้วยการลงมือปฏิบัติในการแสวงหาความรู้ส่งผลให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับความรู้ใหม่เพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้ของตนเองอย่างมีเหตุผล นักเรียนได้ทำกิจกรรมตามความสนใจของตนเอง และเข้าใจลึกซึ้งจากการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ (สุรจิตา เศรษฐภักดี, 2547) เมื่อนักเรียนมีความสุขในการเรียนทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี สมอภรณ์มณีนัยมีศกยภาพในการเรียนรู้สูงสุด เมื่อได้เรียนรู้อย่างมีความสุข (ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์, 2544) ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องส่งเสริมให้นักเรียนได้รับทั้ง ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมี เจตคติที่ดีต่อการเรียนซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญในการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (สสวท., 2546)

ด้วยเหตุผลที่แสดงความสำคัญและความจำเป็นดังกล่าว จึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาแนวคิดพันธกรรม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และศึกษาเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการสำรวจแนวคิดพันธกรรมของนักเรียนพร้อมทั้งศึกษาการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธกรรมในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อนำข้อเท็จจริงที่ได้มาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดพันธกรรม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และศึกษาเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธกรรมของนักเรียนต่อไป

### คำถามการวิจัย

1. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งมีแนวคิดพันธุกรรมเป็นอย่างไร
2. การจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรมในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งเป็นอย่างไร
3. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีแนวคิดพันธุกรรม ก่อนและหลังการเรียนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมเป็นอย่างไร
4. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการเรียนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมเป็นอย่างไร
5. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมเป็นอย่างไร

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสำรวจแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง
2. เพื่อศึกษาการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรมในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง
3. เพื่อเปรียบเทียบแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการเรียนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม
4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการเรียนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม

5. เพื่อศึกษาเจตคติต่อการเรียนการสอนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม

### ขอบเขตการวิจัย

1. สถานที่ดำเนินการวิจัย ได้แก่ โรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพฯ เขต 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร

2. กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่

2.1 นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 84 คน และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 45 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพฯ เขต 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร

2.2 ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพฯ เขต 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 2 ท่าน

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พันธุกรรม ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับการดำรงชีวิต ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 25 คาบ คาบละ 50 นาที ครอบคลุมแนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม โครโมโซม ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม

### นิยามศัพท์เฉพาะ

**แนวคิดพันธุกรรม** หมายถึง ความคิดที่บุคคลสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการจัดจำแนกวัตถุ ปรากฏการณ์ตามความสัมพันธ์อย่างมีความหมาย แนวคิดเป็นผลมาจากการคิดสังเคราะห์ของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับ ลักษณะทางพันธุกรรม โครโมโซม ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม แสดงออกและวัดได้จากการตอบแบบวัดแนวคิดโดยจัดกลุ่มคำตอบตามแนวคิดของ Abraham, Williamson, and Westbrook (1994) แบ่งกลุ่มแนวคิดออกเป็น 5 แนวคิด ดังนี้

1. แนวคิดถูกต้อง (Sound understanding: SU) หมายถึง คำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งหมด
2. แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง คำตอบอย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบเป็นไปตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบอื่นไม่กล่าวถึง
3. แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with a specific misconception: PU/SM) หมายถึง คำตอบบางองค์ประกอบมีแนวคิดถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์และบางองค์ประกอบมีแนวคิดไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์
4. แนวคิดคลาดเคลื่อน (Specific misconception: SM) หมายถึง คำตอบอธิบายเกี่ยวกับเรื่องที่ถามแต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์
5. ไม่มีแนวคิด (Not understanding: NU) หมายถึง อธิบายไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือตอบไม่ทราบ หรือ ไม่ตอบคำถาม

**ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง ความสามารถในการแสวงหาความรู้ การคิดค้น ตลอดจนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางปัญญาที่ใช้ในการแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาต่างๆ การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานที่มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องพันธุกรรม จำนวน 7 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจัดจำแนกประเภท ทักษะการคำนวณ ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล และทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

**เจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม** หมายถึง ความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม โดยแสดงพฤติกรรม ออกมาเป็น 2 ลักษณะ คือ เจตคติเชิงบวก แสดงออกมาซึ่งความชอบ ความพึงพอใจ การเห็นคุณค่า อยากรู้ อยากเห็น อยากให้เป็น เห็นด้วย และเจตคติเชิงลบ แสดงออกถึงความเกลียด ความไม่พอใจ ไม่สนใจ ไม่เห็นด้วยกับแนวคิดต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ หรือรู้สึกไม่ชอบวิทยาศาสตร์ ในการศึกษครั้งนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาเจตคติแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านการเรียนการสอน ด้านบทบาทครู ด้านบทบาทนักเรียน และด้านบรรยากาศในการเรียน

โดยกำหนดมาตรวัดของคำตอบออกเป็น 5 ระดับ คือ เห็นด้วยมากที่สุด เห็นด้วยมาก เห็นด้วยปานกลาง เห็นด้วยน้อย และเห็นด้วยน้อยที่สุด

การเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม หมายถึง การเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติกิจกรรม มีขั้นตอนในการเรียนการสอนจำนวน 5 ขั้น คือ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมินผล (Evaluation) ในแต่ละขั้นตอนใช้สื่อการสอนที่หลากหลาย เช่น สื่อมัลติมีเดียและสื่อแอนิเมชันมาประกอบการจัดการเรียนการสอนพร้อมทั้งกำหนดประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการพัฒนาในแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นข้อมูลให้ครูผู้สอนใช้วางแผนในการจัดการเรียนการสอนในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พันธุกรรม และในเรื่องอื่น ๆ
2. เป็นแนวทางสำหรับครูที่สนใจการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนของตนเองและเป็นแนวทางในการส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน
3. เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามกระบวนการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ ไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดแนวคิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอน

## บทที่ 2

### การตรวจเอกสาร

ในการศึกษาผลการพัฒนาแนวคิดพันธุกรรม ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนการสอนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยกระบวนการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

#### 1. แนวคิด

- 1.1 ความหมายของแนวคิด
- 1.2 แนวคิดวิทยาศาสตร์
- 1.3 แนวคิดคลาดเคลื่อน
- 1.4 สาเหตุของแนวคิดคลาดเคลื่อน
- 1.5 แนวคิดพันธุกรรมคลาดเคลื่อน
- 1.6 การสร้างแนวคิด
- 1.7 วิธีการสอนให้เกิดแนวคิด
- 1.8 แนวคิดพันธุกรรม ในมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.1 - ม.3

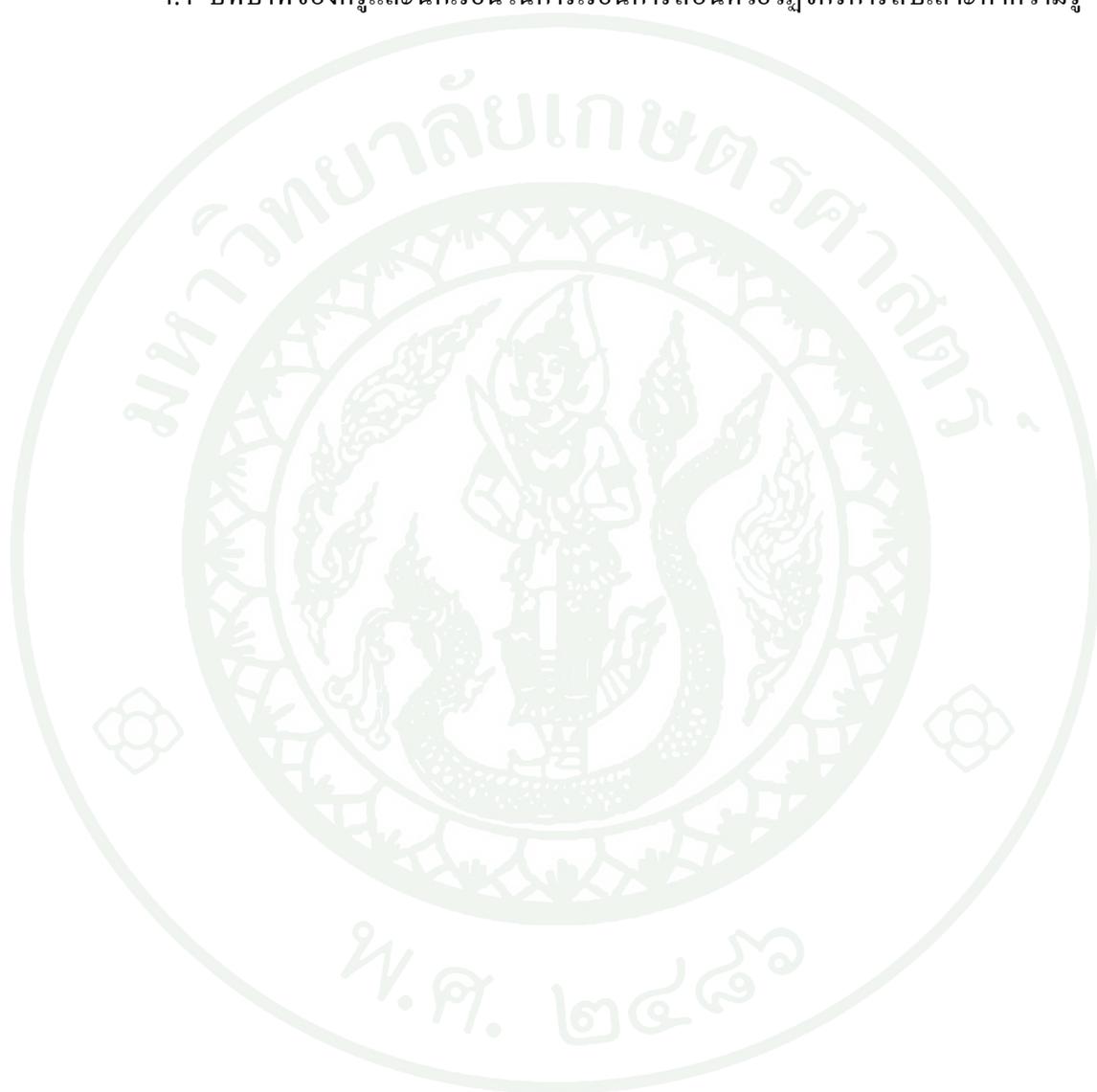
#### 2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- 2.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 2.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

#### 3. เจตคติต่อการเรียนการสอน

- 3.1 ความหมายของเจตคติ
- 3.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับเจตคติ
- 3.3 องค์ประกอบของเจตคติ
- 3.4 แนวทางในการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

4. การสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้
  - 4.1 ความหมายของการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้
  - 4.2 ความสำคัญของวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้
  - 4.3 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้
  - 4.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้



## แนวคิด

### ความหมายของแนวคิด

คำว่า “แนวคิด” เป็นคำที่แปลมาจากคำภาษาอังกฤษว่า “concept” ตามราชบัณฑิตยสถาน (ราชบัณฑิตยสถาน, 2536: 37) แนวคิดมีความหมายเช่นเดียวกับคำว่า มโนภาพ (ผดุงยศ ดวงมาลา, 2523) สังกัป (จันทน์ พรายเข้มแข, 2529) และความคิดรวบยอด (มังกร ทองสุคดี, 2538) ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่าแนวคิด ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ดังนี้

ภพ เลหาไพบุลย์ (2540) กล่าวว่า แนวคิดคือความรู้ความเข้าใจของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับ วัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยนำการรับรู้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม

Mcdonald (1959: 134) กล่าวว่า แนวคิด หมายถึง การจัดจำแนกประเภทกลุ่มของสิ่งเร้า เหตุการณ์ หรือลักษณะ ซึ่งมีลักษณะร่วมกัน ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งนั้นๆ แล้วนำมาแยกแยะสรุปรวบยอด

Fieldman (1987 : 210) ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นการจัดกลุ่มของเหตุการณ์ที่มี คุณสมบัติคล้ายคลึงกันเข้าด้วยกันทำให้เข้าใจสิ่งต่างๆ ได้ง่ายขึ้นและสามารถจัดจำแนกสิ่งใหม่ๆ ที่พบให้อยู่ในรูปที่สามารถเข้าใจได้โดยอาศัยประสบการณ์เดิม

จากความหมายที่หลากหลายของแนวคิด สรุปได้ว่า แนวคิด หมายถึง ความรู้ความเข้าใจ ของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่างๆ ซึ่งทำให้บุคคลนั้นสามารถสรุปลักษณะที่เหมือนหรือแยกแยะลักษณะที่ แตกต่างของวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ จากการสังเกตข้อเท็จจริงและการศึกษาหลักการทาง วิทยาศาสตร์โดยนำการรับรู้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม ใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น นำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปเป็นความคิดหรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งแนวคิด เป็นผลมาจากการคิดสังเคราะห์ของแต่ละบุคคล

## แนวคิดทางวิทยาศาสตร์

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์มีทั้งรูปธรรมและนามธรรมซึ่งมีความเชื่อมโยงต่อกัน แนวคิดหนึ่งๆ อาจเกิดจากการนำเอาแนวคิดหลายๆ อย่างมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล สำหรับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นสากลจึงช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจบทเรียน และมีความรู้ในระดับสูงอย่างชัดเจนยิ่งขึ้น ภพ เลาหไพบูลย์ (2540: 3-4) ได้แบ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับการแบ่งประเภท (Classificational concepts) เป็นแนวคิดที่ชี้แจงคำอธิบายหรือชี้แจงสมบัติ บอกสมบัติรวม โดยนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้นๆ
2. แนวคิดทางทฤษฎี (Theoretical concepts) เป็นแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายลักษณะบางสิ่งบางอย่าง หรือปรากฏการณ์ที่ไม่อาจสังเกตได้โดยตรงทั้งหมดแต่มีหลักฐานเป็นเหตุเป็นผลสนับสนุนแล้วสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง
3. แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ (Correlational concepts) เป็นแนวคิดที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล นำไปใช้ในการทำนาย หรือพยากรณ์เหตุการณ์ต่างๆ ได้

## แนวคิดคลาดเคลื่อน

แนวคิดคลาดเคลื่อนเป็นความคิดความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องอาจเนื่องมาจากการรับรู้ที่ไม่สมบูรณ์ คลุมเครือ (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2532) โดยปกตินักเรียนพยายามที่จะสร้างความหมายเพื่ออธิบายแนวคิดใดแนวคิดหนึ่งโดยอาศัยแนวคิดที่มีอยู่ก่อนแล้ว หรือความรู้ที่ได้จากการเรียนการสอนแต่แนวคิดดังกล่าวไม่สมบูรณ์ ไม่สอดคล้อง ไม่ถูกต้องตามความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (อบรม สันภิบาล, 2522) แนวคิดคลาดเคลื่อนเป็นแนวคิดที่ฝังแน่น คงทน เป็นลักษณะความคิดที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของเด็ก (Driver, Guesne, and Tiberghien, 1985) และเป็นอุปสรรคที่สำคัญต่อการเรียนรู้สิ่งใหม่ทำให้การเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่ช้าลง (บุญเสริม ฤทธาภิรมย์, 2523)

## สาเหตุของแนวคิดคลาดเคลื่อน

จากงานวิจัยทางการศึกษาที่ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดคลาดเคลื่อนสามารถสรุปสาเหตุของการเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ 4 สาเหตุ ดังนี้

### 1. ตัวนักเรียน

1.1 วุฒิภาวะและการพัฒนาการทางสติปัญญาของตัวนักเรียน โดยธรรมชาติของนักเรียนพยายามที่จะสร้างความคิดอย่างมีความหมายโดยใช้ประสบการณ์ความรู้ที่ได้จากการสอนของครู (Osborne and Freyberg, 1985 อ้างใน ทศนา นันทนาภิธาน, 2540)

1.2 การขาดประสบการณ์ หรือประสบการณ์มีจำกัดไม่เพียงพอในการลงข้อสรุป (ปฐมพงษ์ อัมระภา, 2546)

1.3 ความแตกต่างของความเชื่อ ขนบธรรมเนียมประเพณี วัฒนธรรมของแต่ละบุคคล (ปราณี รามสูต, 2528)

1.4 ความขัดแย้งระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ (Driver *et al.*, 1985)

1.5 นักเรียนมีอวัยวะรับสัมผัสบกพร่องไม่สามารถรับสัมผัสหรือนักเรียนมีความจำคลาดเคลื่อน (อบรม สันภิบาล, 2522)

2. ครูผู้สอน จากงานวิจัย พบว่า ครูผู้สอนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องที่ตนสอนทำให้นักเรียนได้รับการถ่ายทอดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนั้นๆ จากการศึกษาของ Longden (1982) พบว่า ครูผู้สอนมีแนวคิดพันธุกรรมคลาดเคลื่อนจากแนวคิดถูกต้องซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, พัฒน์ จันทร์โรทัย, และ วรณทิพา รอดแรงคำ (2546) ที่พบว่า นิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู วิชาเอกชีววิทยา ส่วนใหญ่มีแนวคิดพันธุกรรมคลาดเคลื่อนสำหรับแนวคิดพันธุกรรมที่ครูผู้สอนพบปัญหา คือแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์โปรตีนของดีเอ็นเอ และอาร์เอ็นเอ และพันธุวิศวกรรมที่ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน (ทัศนียา รัตนฤทัย, 2550)

3. การจัดการเรียนการสอน ผลการศึกษาของ ทศนียา รัตนฤทัย (2550) พบว่า วิธีการจัดการเรียนการสอนที่ครูใช้แล้วประสบความสำเร็จในการสอนพันธุศาสตร์ คือการสอนแบบบรรยาย เนื้อหาพร้อมกับการอภิปรายของครูซึ่งวิธีการสอนดังกล่าวทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้ เพราะนักเรียนได้รับข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียว นักเรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติจริงซึ่งการลงมือปฏิบัติช่วยให้นักเรียนเรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ที่นักเรียนได้ปฏิบัติและพัฒนาไปสู่การสร้างแนวคิดต่อไป การเรียนรู้ด้วยการอธิบายและการอภิปรายไม่เหมาะสมที่จะแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงความคิดของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนแนวคิดคลาดเคลื่อนที่ฝังแน่นและยึดติด (Driver *et al.*, 1985) ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนต้องมีความหลากหลาย และเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันมีการช่วยเหลือในการเรียนรู้ และร่วมมือกันในการทำงาน ซึ่งกิจกรรมการเรียนการสอนต้องสอดคล้องกับความสนใจของนักเรียน กิจกรรมการเรียนการสอนควรส่งเสริมการคิด พุด ลงมือปฏิบัติ และจดบันทึก ทำให้เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริงในเรื่องนั้นๆ (สุกัญญา ทองวัฒน์, 2545; รจนา วิเศษวงษา, 2547) ซึ่งการลงมือปฏิบัติทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากรูปธรรมมากกว่าการเรียนรู้จากนามธรรม นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดเดิมและแนวคิดใหม่ง่ายขึ้นส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ (Dewey, 1916; Abraham and Renner, 1986) สำหรับเนื้อหาพันธุกรรมที่เป็นนามธรรมบางเนื้อหาที่ไม่สามารถลงมือปฏิบัติได้ เช่นเรื่อง ดีเอ็นเอ ยีน โครโมโซม และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (Brown, 1990; Lewis, Leach, and Wood-Robinson, 2000a) การจัดการเรียนการสอนในเนื้อหา ดังกล่าวจำเป็นต้องใช้สื่อการสอนเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น (กิดานันท์ มลิทอง, 2540) แต่จากผลการศึกษา พบว่า สื่อการสอนที่ครูใช้ในการสอนพันธุกรรม คือ ใบความรู้ ใบงาน และรูปภาพ เท่านั้นซึ่งสื่อการสอนดังกล่าวอาจไม่เพียงพอต่อการทำความเข้าใจของนักเรียนได้ (ทศนียา รัตนฤทัย, 2550)

4. คำরা บางแนวคิดในคำরাไม่ได้ให้ความหมายทำให้นักเรียนคิดขึ้นเอง และภาษาในชีวิตประจำวันแตกต่างกับภาษาวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนมีแนวโน้มที่จะใช้ทั้งสองภาษาในการสร้างแนวคิด (Osborne and Freyberg, 1985: 12-13 อ้างใน ทศนา ฉันทนาภิธาน, 2540; Banker, 1991) นอกจากนี้แล้วการให้ความรู้โดยใช้สัญลักษณ์ทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้จากสัญลักษณ์ไปสัมพันธ์กับความรู้จริงได้ (Thomson and Stewart, 1985) สำหรับการเรียนรู้แนวคิดพันธุกรรมมีศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์จำนวนมาก (Knippels *et al.*, 2005) และคำศัพท์มีการเขียนและการออกเสียงใกล้เคียงกันเช่นคำว่า Homologue Homologous Homozygous และ Homozygote คำศัพท์เหล่านี้ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนและไม่สามารถเชื่อมโยงความหมายของคำศัพท์ได้ (Bahar *et al.*, 1999) และในการเรียนเนื้อหาเกี่ยวกับกฎของเมนเดลต้องอาศัยความรู้ทาง

คณิตศาสตร์ร่วมด้วย (Knippels *et al.*, 2005) และเนื้อหาเกี่ยวกับแนวคิดพันธุกรรมส่วนใหญ่เป็นเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมต้องอาศัยจินตนาการในการเรียนรู้ (Baker and Lawson, 2001)

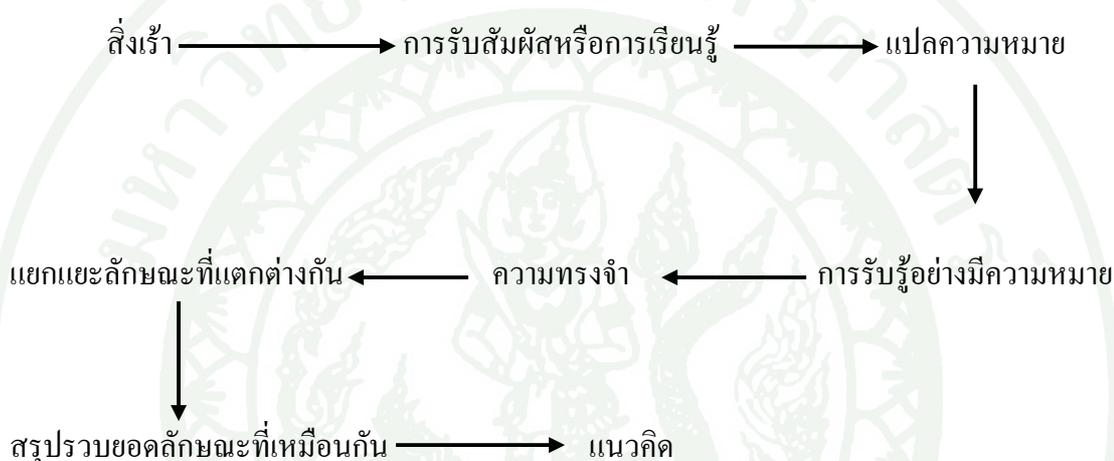
### แนวคิดพันธุกรรมคลาดเคลื่อน

จากงานวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดพันธุกรรมคลาดเคลื่อน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในหลายแนวคิด จากการศึกษาของ Saka *et al.* (2006) ได้ทำการสำรวจเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่าง ยีนดีเอ็นเอ และ โครโมโซม พบว่า นักเรียนเข้าใจว่ายีนมีโครงสร้างแตกต่างจากดีเอ็นเอ และนักเรียนบางคนเข้าใจว่าดีเอ็นเอเป็นส่วนหนึ่งของยีนซึ่งสอดคล้องกับผลการของ Lewis, Leach, and Wood-Robinson (2000a) พบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่อง ตำแหน่งของยีน โดยนักเรียนเข้าใจว่ายีนอยู่ในเซลล์ และนักเรียนเพียงส่วนน้อยที่ตอบว่ายีนอยู่ในโครโมโซม จากผลการวาดภาพแสดงความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอ และ โครโมโซม พบว่า นักเรียนวาดภาพ ยีน ดีเอ็นเอ และ โครโมโซม แยกจากกัน (Saka *et al.*, 2006) เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ จิตตินันท์สาตะนิมิ (2550) ที่พบว่า นักเรียนเตรียมทหาร ไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง ยีน โครโมโซม นิวคลีอัส และเซลล์ได้ เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดพื้นฐานทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดเดิมเข้ากับแนวคิดใหม่ได้ส่งผลให้นักเรียนมีแนวคิดพันธุกรรมคลาดเคลื่อนและนักเรียนมีแนวคิดพันธุกรรมคลาดเคลื่อนในเรื่อง จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกาย ฟีนไทป์ และลักษณะทางพันธุกรรมโดยนักเรียนเข้าใจว่า ลักษณะทางพันธุกรรม คือ ลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูกจะปรากฏให้เห็นตั้งแต่กำเนิด ลักษณะที่ไม่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นภายหลังและฟีนไทป์จะต้องเป็นรูปแบบที่สามารถปรากฏให้เห็นโดยสายตาเท่านั้น นอกจากนั้นแล้วนักเรียนขาดความเข้าใจเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สาเหตุเนื่องมาจากเนื้อหาเรื่องการแบ่งเซลล์ถูกแยกออกจากเนื้อหาเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมทั้งที่เนื้อหาดังกล่าวเป็นความรู้พื้นฐานในการเรียนเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมส่งผลให้นักเรียนมีข้อจำกัดในการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนมีแนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมคลาดเคลื่อน (Lewis and Wood Robinson, 2000b)

### การสร้างแนวคิด

แนวคิดของแต่ละคนถูกสร้าง และพัฒนาขึ้น โดยอาศัยประสบการณ์ในการเรียนรู้ ข้อเท็จจริง หลักการ และนัยทั่วไปของเรื่องๆ นั้นมาก่อนแล้วโดยสามารถระลึกได้ว่าสิ่งนั้นมีลักษณะเฉพาะอย่างไร โดยสามารถแยกแยะลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้นออกจากสิ่งอื่นได้

อย่างชัดเจนโดยอาศัยคุณสมบัติในการสังเกต (จันทน์ พรายเข็มแข, 2516) กระบวนการสร้างแนวคิดเกิดขึ้นเมื่อบุคคลได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าเกิดการรับสัมผัส หรือการเรียนรู้ประสาทสัมผัสจะแปลความหมายโดยอาศัยประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งเร้านั้นเป็นการรับรู้ที่มีความหมาย และเก็บการรับรู้ที่ไวในความทรงจำ เมื่อได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าใหม่ก็เกิดการรับรู้และเปรียบเทียบกับความรู้ที่มีอยู่เดิมแล้วแยกแยะลักษณะที่แตกต่างกันแล้วสรุปรวบยอดลักษณะที่เหมือนกันของสิ่งเร้าได้กลายเป็นแนวคิดที่ถูกต้อง (นวลจิตต์ เชาวศิริพิงษ์, 2537) แสดงดังภาพที่ 1 กระบวนการเกิดแนวคิด



ภาพที่ 1 กระบวนการเกิดแนวคิด

ที่มา: นวลจิตต์ เชาวศิริพิงษ์ (2537: 26)

ปัจจัยเกี่ยวกับตัวนักเรียนมีผลต่อการเกิดแนวคิดได้ดังนี้ (ทบทวมหาวิทยาลัย, 2536: 31-33)

1. ความพร้อมของนักเรียน ความพร้อมของนักเรียนทั้งทาง กาย จิตใจ และสติปัญญาทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดได้ดี
2. ประสบการณ์เดิมของนักเรียนที่นักเรียนมีประสบการณ์ หรือแนวคิดเดิมในปริมาณที่มากพอเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการที่จะทำให้เกิดแนวคิดในระดับสูงต่อไป
3. แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เป็นแรงกระตุ้นที่มีผลทำให้นักเรียนเกิดแนวคิด หรือสรุปรวมข้อมูลการเรียนรู้จากสิ่งที่ยากไปหาสิ่งที่ค่อนข้างยาก หรือการเรียนรู้ในสิ่งที่นักเรียนมีความสนใจ

ปัจจัยในเรื่องของ วัย วุฒิภาวะ ความรู้ ประสบการณ์ ที่เกี่ยวกับตัวนักเรียน และระดับความยากง่ายของแนวคิดมีผลต่อกระบวนการสร้างแนวคิด แนวคิดของบุคคลเป็นสิ่งสำคัญสามารถสร้างและพัฒนาขึ้นได้โดยอาศัยประสบการณ์เดิม ความรู้และภาษาที่ตนเข้าใจ (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2540: 22)

### วิธีการสอนให้เกิดแนวคิด

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ผู้สอนมีความปรารถนาที่จะพัฒนาการเรียนการสอนเพื่อช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (Children's science) สิ่งที่คุณเรียนต้องปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแนวคิด สามารถสรุปได้ดังนี้ (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2540: 51-51)

1. ผู้เรียนต้องตระหนักถึงความคิดของตนเองและของผู้อื่น และทำความคิดให้ชัดเจน
2. การแก้ปัญหาของความไม่สอดคล้องทางปัญญา
3. การสร้างความคิดใหม่หรือจัดระบบแนวคิดที่มีอยู่แล้วใหม่
4. การยอมรับแนวคิดใหม่
5. การใช้ความคิดใหม่ในสถานการณ์ที่คุ้นเคยและในสถานการณ์ใหม่

วิธีสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดที่ถูกต้อง (Bruning, Schraw, and Ronning, 1999 อ้างใน วัชรพงษ์ อภิญญาบุรี, 2548)

1. สอนแบบแก้ปัญหาซึ่งจะทำให้เด็กมีความเข้าใจได้มากกว่าการสอนให้นักเรียนรู้เพียงข้อเท็จจริง
2. ผู้สอนควรมีการตรวจสอบความรู้เดิมของเด็ก ซึ่งจะทำให้ผู้สอนเลือกวิธีสอนและวัสดุอุปกรณ์เพื่อใช้ในการสอนได้อย่างเหมาะสม

3. ผู้สอนจัดการเรียนการสอนตามความรู้เดิมของนักเรียน โดยเริ่มจากความคิดของนักเรียน และสร้างประสบการณ์ที่เหมาะสมกับความรู้เดิมของนักเรียน

4. ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้เกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ที่นักเรียน ได้ปฏิบัติ และพัฒนาไปสู่การสร้างแนวคิด

5. ผู้สอนควรใช้เวลาสำหรับการสร้างแนวคิดของนักเรียน ซึ่งการเกิดแนวคิดนั้นอาจเป็น กระบวนการระยะยาว นักเรียนต้องมีเวลาในการสร้างแนวคิดให้เกิดขึ้น ไม่ควรจัดการประเมินผล แนวคิดของนักเรียนในทันทีหลังจากจบการเรียนการสอน

6. ให้นักเรียนได้มีโอกาสพูดโดยอาจใช้การสัมภาษณ์และใช้การถามคำถาม

ภพ เลหาไพบูลย์ (2540) ได้กล่าวว่า การที่ผู้เรียนสามารถสร้างแนวคิดให้เป็นภาพในใจ ตามคำอธิบายได้นั้นผู้สอนควรให้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมแก่ผู้เรียนทำให้นักเรียนสามารถสร้าง แนวคิดอย่างมีเหตุผล และเข้าใจได้เกี่ยวกับแนวคิดที่สัมพันธ์กับสิ่งที่ผู้เรียนคุ้นเคยอยู่แล้ว การแสดงความเหมือน และความแตกต่างกันระหว่างสิ่งที่ผู้เรียนรู้อยู่แล้วกับสิ่งที่ผู้เรียนจะเรียนใหม่ วิธีการนี้ใช้การเปรียบเทียบในการทำให้ผู้เรียนดูซึมความรู้ใหม่เข้าไปสู่โครงสร้างความรู้ ความคิด ได้ดียิ่งขึ้น

กล่าวโดยสรุป ในการจัดการเรียนสอนให้นักเรียนพัฒนาแนวคิด ครูผู้สอนต้องคำนึงถึง ประสบการณ์เดิม วุฒิภาวะ ความสามารถในการพัฒนาทางสติปัญญาของนักเรียนรวมถึงความ ยากง่าย และแนวคิดคลาดเคลื่อนของเนื้อหาที่เรียนทำให้ครูผู้สอนเลือกวิธีสอน และวัสดุอุปกรณ์ เพื่อใช้ในการสอนได้อย่างเหมาะสมโดยกิจกรรมการเรียนการสอนควรเน้นให้นักเรียนได้ลงมือ ปฏิบัติเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ในการปฏิบัติ และพัฒนาไปสู่การสร้าง แนวคิด สื่อการสอนหรือตัวอย่างผู้สอนควรใช้สิ่งที่เป็นรูปธรรมเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถ สร้างแนวคิดอย่างมีเหตุผลและเข้าใจได้

## แนวคิดพันธกรรม ในมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.1 - ม.3

แนวคิดพันธกรรมได้จัดอยู่ในสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ โดยมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.1- ม.3 กำหนดให้นักเรียน สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบาย เกี่ยวกับสารพันธุกรรมในนิวเคลียสที่ควบคุมลักษณะ และกระบวนการต่างๆ ของเซลล์ (สสวท., 2546) ซึ่งประกอบด้วยผลการเรียนรู้ที่คาดหวังดังต่อไปนี้

1. สืบค้นข้อมูล และอธิบายได้ว่าในนิวเคลียสมีโครโมโซม บนโครโมโซมมีหน่วยควบคุมลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการต่างๆ ของเซลล์
2. สืบค้นข้อมูลและอธิบายลักษณะของโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต ยีนที่อยู่บนโครโมโซม สิ่งมีชีวิต และจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต
3. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และเขียนแผนภาพแสดงกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นพ่อแม่ไปสู่ลูกหลาน
4. สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างการนำความรู้ด้านพันธุกรรมไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ

## แนวคิดพันธกรรม

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้แบ่งแนวคิดพันธกรรมออกเป็น 5 แนวคิด ดังนี้

### แนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม

ลักษณะพันธุกรรม คือ ลักษณะที่ได้รับการถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งสู่อีกรุ่นหนึ่งโดยผ่านยีน เช่น สีผิว สีตา ความสูง สติปัญญา ลักยิ้ม ลักษณะเส้นผมเป็นต้น ลักษณะพันธุกรรมที่แสดงออกมาอาจมีความแปรผันทางพันธุกรรมได้ สาเหตุที่ทำให้เกิดการแปรผันคือ สภาพแวดล้อม แต่ลักษณะทางพันธุกรรมบางอย่างไม่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม เช่น หมู่เลือด ปลายนิ้วมือ

การแปรผันทางพันธุกรรมแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ 1) ลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันต่อเนื่อง เช่น สีผิว สีผม และความสูง ซึ่งลักษณะทางพันธุกรรมเหล่านี้เป็นลักษณะที่แยกจากกันได้ ไม่ชัดเจนมีระดับความแตกต่างเล็กน้อยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องซึ่งสามารถวัดค่าในเชิงปริมาณได้ 2) ลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันไม่ต่อเนื่อง เช่น ขวัญเวียนซ้าย ลักยิ้ม คีงหู และการห่อลิ้นได้ ซึ่งลักษณะทางพันธุกรรมเหล่านี้เป็นลักษณะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน แยกออกจากกันได้เด็ดขาด และสามารถวัดได้ในเชิงคุณภาพว่ามีหรือไม่มี

### แนวคิดเรื่องโครโมโซม

โครโมโซม เป็นโครงสร้างคล้ายเส้นด้าย ประกอบด้วยดีเอ็นเอโดยสายดีเอ็นเอที่อยู่ในนิวเคลียสที่เป็นเกลียวคู่พันกับ โปรตีนฮิสโตน และ โปรตีนชนิดอื่น เรียกว่า โครมาติน และ โครมาตินจะพันกันแน่น เรียงตัวกันเป็นวงกลมซ้อนกันเป็นกระบอก เรียกว่า โครโมโซม ตำแหน่งที่ชัดเจนจนเป็นรอยคอด เรียกว่า เซนโทรเมียร์ ตำแหน่งของเซนโทรเมียร์มีความสำคัญต่อการจำแนกชนิดของ โครโมโซม โดยโครโมโซมประกอบด้วยโครมาติด 1 หรือ 2 เส้น เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันเนื่องจากในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีนิวเคลียส ภายในนิวเคลียสมีโครโมโซม และโครโมโซมมียีนเป็นส่วนประกอบ

จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิต มีจำนวนแตกต่างกัน ในมนุษย์มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 23 คู่ หรือ 46 แท่ง ใน 23 คู่นี้ประกอบด้วยออโตโซม 22 คู่ และโครโมโซมเพศ 1 คู่ โครโมโซมของเซลล์สืบพันธุ์จะมีจำนวนโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย คือ 23 แท่ง เพศชายมีโครโมโซมเพศแท่งหนึ่งขนาดใหญ่ คือ โครโมโซม X และโครโมโซมเพศมีขนาดเล็กกว่า คือ โครโมโซม Y จึงใช้สัญลักษณ์ XY แทนโครโมโซมเพศชาย ส่วนโครโมโซมเพศหญิงเป็นโครโมโซม X เหมือนกันทั้งคู่ ใช้สัญลักษณ์ XX แทนโครโมโซมเพศหญิง

### แนวคิดเรื่องความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม

ความผิดปกติของ โรคทางพันธุกรรมเกิดขึ้นได้ 3 แบบคือ

1. ความผิดปกติของจำนวนโครโมโซม ซึ่งเกิดจากการขาด และเกินของจำนวนโครโมโซม อาจเกิดความผิดปกติในออโตโซม หรือโครโมโซมเพศ

## 1.1 การเปลี่ยนแปลงจำนวนอโครโซม

กลุ่มอาการดาวน์ (Down syndrome) เป็นความผิดปกติที่ตำแหน่งโครโมโซมคู่ที่ 21 เกิน คือ มีจำนวนโครโมโซมในตำแหน่งนี้ 3 แห่ง โดยพบได้ประมาณ 1 คนในเด็กเกิดใหม่ทุกๆ 1,000 คน โดยจะมีอัตราเสี่ยงสูงขึ้นในแม่ที่มีอายุมาก เด็กมีอาการปัญญาอ่อน หน้าแบน ตาเฉียงขึ้น ลิ้นใหญ่จุกปาก หูเล็ก และอาจมีความผิดปกติของหัวใจ (สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2546)

## 1.2 การเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมเพศ

1.2.1 กลุ่มอาการเทอร์เนอร์ (Turner syndrome) เป็นความผิดปกติของโครโมโซม X ในเพศหญิง หายไป 1 แห่ง พบได้ 1 ใน 2,500 คน สติปัญญาค่อนข้างปกติ เป็นหมัน เพราะรังไข่ไม่เจริญเติบโตและไม่มีประจำเดือน เตี้ย และมีปีกที่คอ (wedded neck) (สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2546)

1.2.2 กลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์ (Klinefelter syndrome) เกิดความผิดปกติที่จำนวนโครโมโซม X ในเพศชายเกินจากปกติ เป็น XXY หรือ XXXY พบได้ประมาณ 1 ต่อ 1,000 ของทารกเพศชาย ในวัยเด็กอาจไม่พบความผิดปกติแต่เมื่อเข้าสู่วัยรุ่นตัวจะสูง รูปร่างอ้วนแฉ้น มีเต้านมคล้ายผู้หญิง สติปัญญาอ่อน ลูกอ้วนขนาดเล็ก สร้างสเปิร์มน้อยทำให้เป็นหมัน (สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2546)

## 2. ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรมเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม

กลุ่มอาการคริดูซาร์ (Cri-du-chat หรือ Cat cry syndrome) เป็นความผิดปกติที่โครงสร้างโครโมโซมแท่งที่ 5 แขนของโครโมโซมหายไปบางส่วน ผู้ป่วยมีศีรษะเล็ก ใบหน้ากลม ตาเล็กอยู่ห่างกันและเฉียง ดั้งจมูกแบน ใบหูอยู่ต่ำกว่าปกติ เส้นสายเสียงผิดปกติทำให้เสียงเล็ก แหลมคล้ายเสียงร้องของแมว

### 3. ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับในระดับยีน

โรคธาลัสซีเมียเกิดจากความผิดปกติของยีนที่เกิดจากความผิดปกติของยีนที่ควบคุมการสร้างเฮโมโกลบินโครโมโซมมีจำนวนลดลง หรือหายไป ผู้ป่วยมีอาการซีด ตับ และม้ามโต อาจพบว่าภาวะเหล็กเกิน (สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2546)

#### แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

##### แนวคิดย่อยเรื่อง ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย

ลักษณะเด่น คือ ลักษณะที่ปรากฏทั้งในรุ่นลูกที่ 1 และ รุ่นลูกที่ 2 หรือทุกรุ่น โอกาสในการปรากฏหรือแสดงลักษณะได้มากเนื่องจากแอลลีลเด่นสามารถแสดงลักษณะได้แม้ว่าจะอยู่ในสภาพ AA หรือ Aa

ลักษณะด้อย คือ ลักษณะที่ไม่ปรากฏในรุ่นลูกที่ 1 แต่จะปรากฏในรุ่นลูกที่ 2 และมีโอกาสปรากฏ หรือแสดงออกได้น้อยเนื่องจากแอลลีลด้อยเมื่อเข้าสู่แอลลีลเด่นจะถูกข่ม และไม่สามารถแสดงลักษณะออกมาได้

##### แนวคิดย่อยเรื่อง จีโนไทป์ ฟีนไทป์ พันธุ์แท้ พันธทาง

จีโนไทป์ (genotype) คือ สภาพคู่ของแอลลีลที่ยีนตำแหน่งหนึ่ง เช่น AA Aa aa ใช้ชื่อให้รู้ตำแหน่งของยีนประเภทของจีโนไทป์ที่มีแอลลีลเหมือนกันเข้าสู่กันอาจจะเป็นแอลลีลเด่นหรือแอลลีลด้อย เรียกว่า พันธุ์แท้ หรือ ฮอมอไซโกท (Homozygote) เช่น AA และ aa จีโนไทป์ที่มีแอลลีลต่างกันเข้าสู่กัน เรียกว่า พันธทาง หรือ เฮเทอโรไซโกท (Heterozygote) เช่น Aa (สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2546)

ฟีนไทป์ (Phenotype) คือ ลักษณะที่แสดงออกมาให้เห็นสามารถตรวจสอบได้ เช่น ลักษณะผอมตรง ผมหยิก ลักษณะสูง เตี้ย (สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2546)

### แนวคิดย่อยเรื่อง กฎของเมนเดล

กฎการแยกตัว กล่าวว่า แอลลีลของยีนที่อยู่เป็นคู่ หรือจีโนไทป์จะมีการแยกตัวออกจากกัน ในระหว่างที่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ทำให้ยีนไปอยู่คนละเซลล์สืบพันธุ์ (สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2546)

กฎการรวมตัวกันอย่างอิสระ กล่าวว่า ยีนที่ควบคุมลักษณะแตกต่างกันมีความเป็นอิสระในการจัดกลุ่มเข้าไปอยู่ในเซลล์สืบพันธุ์ทำให้รุ่นลูกมีลักษณะที่แตกต่างกันหลายรูปแบบ (สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2546)

### แนวคิดเรื่องประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม

พันธุวิศวกรรม (Genetic Engineering) เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการตัดต่อตัดแต่งยีน โดยนำยีนที่ต้องการจากสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งไปถ่ายฝากให้สิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง เพื่อให้เกิดเซลล์ที่มีพันธุกรรมใหม่ วิธีการนี้มาใช้ประโยชน์ในหลายสาขา เช่น

ด้านการเกษตร นำมาใช้ประโยชน์ในการขยายพันธุ์ และการปรับปรุงพันธุ์เพื่อต้านทานโรคไวรัส ด้านทานแมลง ด้านทานต่อสภาพแวดล้อม และเพิ่มคุณภาพของผลผลิตเกี่ยวกับการยืดอายุการเก็บรักษา และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ตัวอย่างพืช เช่น ฝ้ายบีบี มะละกอ และข้าวโพด

ด้านการแพทย์ วิธีการพันธุวิศวกรรมนำมาใช้ในการรักษาโดยเฉพาะโรคที่เกิดจากความผิดปกติของยีน เช่น โรคเบาหวาน โรคธาลัสซีเมีย

ด้านกฎหมาย สามารถใช้พิสูจน์หาหลักฐานเกี่ยวกับคดีอาชญากรรมที่ซับซ้อนได้ เช่น การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

## ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

### ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวทางหรือกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้หรือค้นคว้าในสิ่งที่ไม่รู้หรือใช้ในการแก้ปัญหา (สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531) ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติหรือฝึกฝนความนึกคิดอย่างเป็นระบบในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาจนเกิดความชำนาญคล่องแคล่ว (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525; สสวท., 2526; ภพ เลหาไพบูลย์, 2540)

### ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science-AAAS) ได้พัฒนาหลักสูตรที่เน้นทักษะที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแก้ปัญหา และแบ่งทักษะดังกล่าวออกเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (Basic Skills) จำนวน 8 ทักษะ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม (Integrated Skills) จำนวน 5 ทักษะ ดังต่อไปนี้ (สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531; ภพ เลหาไพบูลย์, 2540)

#### 1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ ได้แก่

1.1 ทักษะการสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์เพื่อค้นหาข้อมูลซึ่งเป็นคุณสมบัติของสิ่งนั้นๆ โดยไม่ใส่ใจความเห็นของผู้สังเกตเห็นได้จากวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1.1.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นข้อมูลที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะคุณสมบัติของสิ่งที่สังเกต เช่น รูปร่าง กลิ่น รส เสียง และความรู้สึกจากการสัมผัส เช่น เมื่อให้สังเกตมะนาวจะบรรยายได้ว่า มีลักษณะกลม สีเขียว มีกลิ่น ผิวเรียบ รสเปรี้ยว

1.1.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นข้อมูลที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณ เช่น น้ำหนัก ขนาด อุณหภูมิ ข้อมูลที่ได้นี้จะบอกหน่วยมาตรฐานไว้ เช่น มะนาวหนักประมาณ 20 กรัม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.5 เซนติเมตร

1.1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตปฏิสัมพันธ์ของ สิ่งนั้นกับสิ่งอื่น ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงบางอย่างสามารถกระทำได้ด้วยการทดลอง โดยเก็บ ข้อมูลระยะก่อน และหลังการทดลอง หรือขณะทำการทดลอง

1.2 ทักษะการวัด หมายถึง ความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสม และความสามารถในการอ่านค่าที่ได้จากการวัดได้ถูกต้องรวดเร็ว และใกล้เคียงกับความจริงพร้อมทั้งมีหน่วยกำกับเสมอ

1.3 ทักษะการคำนวณ หมายถึง การนำเอาค่าที่ได้จากการวัดมาจัดกระทำเพื่อให้เกิด ค่าใหม่ เช่น การนับ การบวก คูณ หาค่าเฉลี่ย อัตราส่วนหรือสัดส่วน เป็นต้น การวัดเป็น การใช้เครื่องมือต่างๆ เพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณของสิ่งที่ศึกษาออกมาเป็นตัวเลขได้อย่าง ถูกต้องโดยมีหน่วยกำกับ เช่น เซนติเมตร ลิตร กรัม นิวตัน เป็นต้น

1.4 ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง ความสามารถในการจัดจำพวกหรือเรียงลำดับ วัตถุ หรือ ปรัชญาการณ์ต่างๆ ออกเป็นกลุ่ม โดยมีเกณฑ์และเกณฑ์พิจารณาตั้งกล่าวอาจจะใช้ ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง

1.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา หมายถึง การหาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลารวมทั้งเป็นการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ สมบูรณ์เกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของวัตถุ เช่น รูปทรง ขนาด ตำแหน่ง ทิศทางการเคลื่อนที่ของ วัตถุที่เวลาต่างๆ กันด้วย

1.6 ทักษะการสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการนำผลจาก การสังเกต การวัด และการทดลอง จากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำหรือสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยการพูด การเขียน การใช้แผนภูมิ แผนภาพกราฟ ไดอะแกรม หรือสมการ โดยคำนึงถึง ความชัดเจน ความสมบูรณ์ และความถูกต้อง

1.7 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุ หรือปรากฏการณ์ โดยอาศัยความรู้ หรือประสบการณ์เดิมเพื่อลงความคิดเห็นจากข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

1.8 ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง ความสามารถในการคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าหรือคาดคะเนความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่มีอยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยการอาศัยข้อมูล จากการสังเกต การวัด ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษามาแล้วหรือจากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎี

## 2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม 5 ทักษะ ได้แก่

2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้ก่อนการทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิม ที่เกี่ยวข้องกับสมมติฐานเป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ทั้งนี้สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจผิดทั้งหมดหรือถูกทั้งหมดหรือถูกบ้างปนผิดบ้างในบางส่วนซึ่งทราบได้จากการทดสอบหาคำตอบ

2.2 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือ ตัวแปรต่างๆ ในสมมติฐานที่ต้องการศึกษาให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตวัด หรือนำไปปฏิบัติ

2.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการชี้บ่งและจัดกระทำต่อตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมในการทดสอบสมมติฐานหนึ่งๆ

ตัวแปรต้น คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ เหนือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามจะเปลี่ยนตามไปด้วย

ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ สิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองซึ่งต้องควบคุม มิเช่นนั้นอาจทำให้การทดลองคลาดเคลื่อน

2.4 ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ซึ่งประกอบด้วยการออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง และการบันทึกผลการทดลอง ทั้งนี้การทดลองได้นำทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน และขั้นผสมหลายๆ ทักษะมาใช้ผสมผสานกัน

2.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการแปลหรือบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ ซึ่งอยู่ในรูปของกราฟ ตาราง รูปภาพ หรือค่าสถิติต่างๆ ตลอดจนสามารถบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือตัวแปรได้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้แนวคิดและหลักการต่างๆ (Finley, 1983) เนื่องจากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาความคิด หลักการทางวิทยาศาสตร์ รู้จักการใช้สติปัญญาในการแก้ปัญหา ตลอดจนค้นหาความรู้ใหม่ๆ ซึ่งวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ และยังสามารถนำไปใช้ในวิชาอื่นๆ ได้อย่างกว้างขวาง (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2539) นักการศึกษาจึงพยายามที่จะปลูกฝังทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียนเพื่อใช้ในการแสวงหาความรู้ และรู้จักวิธีแก้ปัญหา ตลอดจนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการชีวิตประจำวัน (จุฑามาศ พันธุ์ศรี, 2546) จึงจำเป็นที่จะต้องฝึกให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถนำไปใช้อย่างคล่องแคล่วและเกิดความชำนาญในการเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม (พวงทอง มั่งคั่ง, 2537) จากผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลายด้าน เช่น ทักษะการคำนวณ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร และทักษะการตีความหมายและการลงข้อสรุป ซึ่งทักษะเหล่านี้เป็นทักษะที่มีความสำคัญต่อนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าจากการทดลองทางวิทยาศาสตร์ และค้นคว้าหาความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะความรู้ (อุษา นาคทอง, ธีราพร อนันตะเศรษฐกุล, และ นฤมล ยุตาคม, 2550) ซึ่งการเรียนแบบท่องจำเนื้อหาจากแบบเรียนไม่เพียงพอที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ (Beaumont-Walters and Soyibo, 2001) ดังนั้น ครูผู้สอนจึงควรให้นักเรียนได้คิดและลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองเพื่อเป็นการเสริมสร้างทักษะที่ดีให้กับนักเรียน (Padilla, Okey, and Dillashaw, 1983)

การสอนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการสอนที่เน้นให้นักเรียนจะได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการลงมือปฏิบัติซึ่งนักเรียนจำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองตั้งแต่

ขึ้นสร้างแรงบันดาลใจซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะการตั้งสมมติฐานเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เพิ่มเติมในการเรียนชั้นสำรวจและค้นหา เนื่องจากขั้นตอนดังกล่าวว่านักเรียนมีบทบาทเต็มทีในการสำรวจสืบค้นพร้อมทั้งลงมือปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง ซึ่งกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจัดจำแนกประเภท ทักษะการคำนวณ ทักษะการพยากรณ์ และ ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ในชั้นอธิบายและลงข้อสรุป และชั้นขยายความรู้ นักเรียนจะต้องทำการรวบรวมและสรุปผล การสำรวจ ค้นคว้า พร้อมทั้งมีการนำเสนอผลการค้นคว้า และเชื่อมโยงความรู้ที่ค้นพบนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ดังนั้นในชั้นนี้นักเรียนจึงเกิดทักษะการจัดกระทำข้อมูล ทักษะการสื่อความหมายข้อมูล และทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล การจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ นักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น (จันทร์พร พรหมาศ, 2541; สราวุฒิ บุญยสิน, 2542; สุรจิตา เศรษฐภักดี, 2547; พรรณี กมฺพชาติ, 2547; สุมาลี วงษ์หอม, 2548) ทั้งนี้อาจเนื่องจากในขั้นตอนการสอน นักเรียนได้มีโอกาสที่จะใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตลอดเวลาในการดำเนินกิจกรรมแต่ละขั้นตอนซึ่งนักเรียนได้สำรวจปรากฏการณ์ที่เป็นรูปธรรม มีการกำหนดปัญหา สร้างสมมติฐานทำนายผล ดำเนินการทดสอบสมมติฐาน และสรุปเป็นแนวคิด ทำให้นักเรียนเกิดการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตลอดเวลา รายงานผลการวิจัยหลายงานวิจัย พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญ (สัญญาธิ์ ปรางทอง, 2539; ณรงค์เดช พลกระจาย, 2547; สุภาพร วงเวียง, 2549; อาพี ภิญญิตม, 2551)

ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบรูปแบบการสอนที่ส่งเสริม และพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขึ้นพื้นฐาน จำนวน 7 ทักษะ คือ ทักษะการสังเกต ทักษะการจัดจำแนกประเภท ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความคิดเห็น และทักษะการพยากรณ์

## เจตคติต่อการเรียนการสอน

### ความหมายของเจตคติ

ราชบัณฑิตยสถาน (2525) ได้ให้ความหมายของเจตคติ คือ ท่าทีหรือความรู้สึกของบุคคล ต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

สันติสุข ไชยมงคล (2542) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกและการแสดงการกระทำของบุคคลที่มีต่อบุคคล สิ่งของ หรือสถานการณ์ อาจมีลักษณะทางบวก คือ พอใจ ยินดี ลักษณะทางลบ คือ ไม่พอใจ ไม่ร่วมมือ และ ลักษณะแบบกลาง คือ รู้สึกเฉยๆ ไม่มีปฏิกิริยาใดๆ

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึก ความเชื่อ หรือศรัทธาต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งจนเกิดความพร้อมที่จะแสดงออกมาอาจเป็นทางดีหรือไม่ดีก็ได้

กล่าวโดยสรุป เจตคติ หมายถึง ความเชื่อ ความรู้สึก ความคิด หรือค่านิยมของบุคคลที่พร้อมจะตอบสนองต่อสิ่งเร้า สถานการณ์ ซึ่งสังเกตได้จากพฤติกรรมที่แสดงออกมา 2 ลักษณะ คือ เจตคติทางบวก แสดงออกถึงความชอบ ความพึงพอใจ ความสนใจ เห็นด้วย ยอมรับปฏิบัติ และ เจตคติเชิงลบ แสดงออกถึงความเกลียด ไม่พึงพอใจ ไม่เห็นด้วย หรือ ความเบื่อหน่าย และ นอกจากนี้แล้วเจตคติอาจแสดงออกมาในลักษณะกลาง เช่น รู้สึกเฉยๆ ไม่มีปฏิกิริยา

### ทฤษฎีเกี่ยวกับเจตคติ

#### ทฤษฎีการเรียนรู้ (Learning Theory)

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543) กล่าวว่า ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับเจตคติสรุปได้ดังนี้ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ การเสริมแรง และการเลียนแบบเป็นกลไกสำคัญในการเรียนรู้เจตคติ โดยทฤษฎีการเรียนรู้ทำให้เกิดเจตคติขึ้นจากการเรียนรู้ข้อเท็จจริง ความเชื่อต่างๆ แล้ว ประเมินว่ามีความสำคัญในทางบวกหรือในทางลบ

ริจวอน คำวชิรพิทักษ์ (2543) กล่าวว่า ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับเจตคติสรุปได้ดังนี้ ความรู้ความเข้าใจหรือความเชื่อในเรื่องใหม่จากการเรียนรู้ของนักเรียนอาจไม่สอดคล้องหรือขัดแย้งกับความรู้หรือความเชื่อเดิม ความไม่สอดคล้องดังกล่าวเป็นแรงผลักดันให้นักเรียนพยายามหาทางลดหรือหลีกเลี่ยงโดยการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมยอมรับข่าวสารและความคิดเห็นใหม่ๆ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเจตคติได้

### ทฤษฎีการวางเงื่อนไขและการให้แรงเสริม (Conditioning and Reinforcement Theory)

สก็ดส์ สุนทรเสณี (2531) กล่าวว่า การที่บุคคลใดบุคคลหนึ่งมีเจตคติที่ดีต่อสิ่งใดก็จะนำสิ่งนั้นมาเป็นเงื่อนไขหรือนำไปเกี่ยวข้องกับอีกสิ่งหนึ่งที่ชอบโดยจะทำการเชื่อมโยงของสองสิ่งและชอบในสิ่งที่เป็นเงื่อนไข เมื่อได้รับสิ่งเสริมแรง เช่น รางวัล คำชมเชย ทำให้บุคคลเกิดเจตคติ และพฤติกรรมใดที่ได้รับรางวัลบุคคลนั้นจะปฏิบัติพฤติกรรมดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง

#### องค์ประกอบของเจตคติ

องค์ประกอบของเจตคติแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบดังต่อไปนี้ (ภพ เลหาไพบูลย์, 2540)

1. องค์ประกอบด้านความนึกคิด (Cognitive Component) เป็นองค์ประกอบทางด้านความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้า (Object) นั้นๆ เพื่อเป็นเหตุผลในการที่จะสรุปรวมเป็นความเชื่อหรือช่วยในการประเมินสิ่งเร้านั้นๆ ทำให้เกิดแนวคิดว่าจะไร้อุทสาหะไร้อิศ สนใจ หรือไม่สนใจ
2. องค์ประกอบด้านรู้สึก (Feeling Component) เป็นองค์ประกอบทางด้านอารมณ์ของบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งเร้าต่างๆ เป็นผลต่อเนื่องมาจากการที่บุคคลประเมินสิ่งเร้านั้นแล้วว่าพอใจ หรือไม่พอใจ ต้องการ หรือไม่ต้องการ ดีหรือเลวอย่างไร
3. องค์ประกอบด้านความประพฤติหรือปฏิบัติ (Action Tendency Component) เป็นองค์ประกอบด้านความพร้อม หรือความโน้มเอียงที่บุคคลจะประพฤติหรือตอบสนองต่อสิ่งเร้าในทิศทางที่จะสนับสนุน หรือคัดค้านทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรู้สึกของบุคคลที่ได้จากการประเมินผล ซึ่งแสดงออกมาในรูปของการปฏิบัติโดยการยอมรับ หรือการปฏิเสธ หรือเฉยๆ และเป็น การกระทำที่สามารถสังเกตได้

## แนวทางในการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

ทบวงมหาวิทยาลัยได้เสนอแนวทางในการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ดังนี้  
(คณะอนุกรรมการพัฒนาหลักสูตรและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์, 2525)

1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์เพื่อการเรียนรู้อย่างเต็มที่โดยเน้นวิธีการเรียนรู้จากการทดลอง ให้นักเรียนมีโอกาสใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. มอบหมายให้ทำกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะการทดลองทุกกลุ่มควรได้ทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อการทำงานร่วมกับผู้อื่น ฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ฝึกความรับผิดชอบ ต่องานที่ได้รับมอบหมาย
3. การใช้คำถาม หรือการสร้างสถานการณ์เป็นการช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ได้ดี
4. กิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหว สถานการณ์ที่แปลกใหม่ การให้ความเอาใจใส่ของครู สิ่งเหล่านี้มีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาเจตคติ
5. ในการสอนควรสอดแทรกลักษณะเจตคติตามความเหมาะสมของเนื้อหาของบทเรียน และวัยของนักเรียน
6. ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และชี้ให้นักเรียนเห็นว่าทุกขั้นตอนมีลักษณะของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนสามารถพัฒนาได้
7. ยกตัวอย่างผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนสามารถศึกษา และเลียนแบบได้

จากการศึกษางานวิจัยทางการศึกษาเกี่ยวกับผลการเรียนด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีเจตคติที่ดีในระดับสูงต่อการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทั้งในด้านความนิยมชมชอบ ด้านความสนใจ ด้านการแสดงออกและการมีส่วนร่วม โดยนักเรียนมีเจตคติที่ดีในระดับสูงที่สุดในด้านการเห็นความสำคัญเนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นขยายความรู้ มุ่งเน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ที่

นักเรียนค้นพบกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน โดยนักเรียนได้สืบค้น สืบค้น และวิเคราะห์เพิ่มเติม เพื่อความเข้าใจที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้นทำให้นักเรียนเข้าใจ และเห็นความสำคัญของวิชาวิทยาศาสตร์นำความรู้ที่ได้ไปใช้ตอบข้อสงสัย หรือเชื่อมโยงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงได้ (สุรจิตา เศรษฐภักดี, 2547; วิชาญ เลิศลพ, 2543) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประภาศิต จันทศ (2537) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้มีเจตคติต่อการเรียนในระดับดีเนื่องจากการใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ในการเรียนช่วยให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมตามความสนใจของตนเอง เชื่อมโยงความรู้กับโลกภายนอก กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น นักเรียนเรียนรู้อย่างสนุกสนาน และมีความเข้าใจลึกซึ้งซึ่งทำให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้จักการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และจากผลการศึกษาของ McMilan and May (1979) พบว่า สิ่งที่มีอิทธิพลต่อเจตคติต่อวิทยาศาสตร์คือ กิจกรรมในห้องเรียน เนื่องจากนักเรียนร้อยละ 70 คิดว่ากิจกรรมการทดลอง การสืบเสาะ และกิจกรรมการลงมือปฏิบัติมีอิทธิพลต่อความชอบวิทยาศาสตร์ของตนเองและบุคลิกของครูมีผลต่อความชอบและไม่ชอบวิทยาศาสตร์ สิ่งที่ครูปฏิบัติโดยเฉพาะการช่วยเหลือ การให้ความอิสระแก่นักเรียนทำให้นักเรียนชอบวิชาวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้แล้วบรรยากาศในการเรียนที่สนุกสนาน ปลอดภัย ปราศจากการตำหนิ วิพากษ์วิจารณ์ ความคิด ทำให้นักเรียนมีความสุขในการเรียน เมื่อนักเรียนมีความสุขในการเรียนทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี (สันสนีย์ ฉัตรคุปต์, 2544) ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเจตคติต่อการเรียนการสอน 4 ด้าน คือ ด้านการเรียนการสอน ด้านบทบาทครู ด้านบทบาทนักเรียน และด้านบรรยากาศในการเรียน

### การสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

หลักการสำคัญในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดของนักเรียน คือ การเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้จักใช้ความคิดเหตุผล รู้จักสังเกต จัดจำแนกความแตกต่างสิ่งของต่างๆ ด้วยการพินิจพิเคราะห์ (จ่านง พรายเข้มแข, 2516; มังกร ทองสุขดี, 2535) โดยครูผู้สอนจัดการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงกับสภาพแวดล้อมของนักเรียน (Bruning *et al.*, 1990 อ่างใน วัชรพงษ์ อภิญญนุรังสี, 2548) ลดวิธีการสอนแบบบรรยาย และใช้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมเพื่อให้นักเรียนสร้างแนวคิดอย่างมีเหตุผลเข้าใจได้ (จ่านง พรายเข้มแข, 2516; กพ เลหาโพบูลย์, 2540) ซึ่งหลักการดังกล่าวสอดคล้องกับรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้แสวงหาความรู้ คำตอบ และข้อเท็จจริงด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ (อนันต์ จันทร์กวี, 2523; สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531)

## ความหมายของการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) เป็นวิธีสอนรูปแบบหนึ่งของการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งใช้กระบวนการสอนที่หลากหลาย เช่น การทดลอง การตั้งคำถาม การสาธิต การทำงานเป็นกลุ่ม การสำรวจศึกษา และการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แล้วครูและนักเรียนสามารถเข้าสู่วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ใหม่ได้ นอกจากนั้นแล้วแม้ว่าการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนยังไม่ครบวงจรก็สามารถขึ้นต้นวัฏจักรใหม่เพื่อสืบเสาะเรื่องใหม่ที่ซ่อนอยู่ในวัฏจักรเดิมได้ เหตุผลเพราะในชีวิตจริงมีเรื่องที่ชวนสงสัย และน่าศึกษาต่อเนื่องตลอดเวลาไม่สิ้นสุด (สมบัติ การจนารักพงศ์, 2549)

## ความสำคัญของวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

Abraham and Renner (1986) ได้สรุปรายงานการวิจัยของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายๆ ท่านเกี่ยวกับการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. การสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทำให้เกิดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่าการสอนแบบปกติ
2. การเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ เน้นให้นักเรียนค้นคว้าและอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ รวมทั้งออกแบบการทดลองแล้วสรุปผล ส่วนการสอนปกติเน้น การรับข้อมูลต่างๆ ก่อนการลงมือทดลองจริง
3. การสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนที่เรียนในชั้นคิด และปฏิบัติการด้วยนามธรรมเกิดการเรียนรู้แนวคิดในระดับรูปธรรม และนามธรรมได้ดีกว่านักเรียนที่เรียนในชั้นคิด และปฏิบัติด้วยรูปธรรมนักเรียนที่มีการพัฒนาทางสติปัญญาการเรียนรู้ชั้นคิด และปฏิบัติการด้วยรูปธรรมที่เรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านเนื้อหาวิชาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการสอนปกติ
4. การสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ ช่วยพัฒนาระดับสติปัญญาการเรียนรู้ของนักเรียนในชั้นคิด และปฏิบัติการด้วยรูปธรรมได้ดีกว่าการสอนปกติ

5. การสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทำให้เกิดความงงหนในการเรียนรู้และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีว่าการสอนปกติ

### รูปแบบการจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

Karplus (1977) ได้เสนอรูปแบบการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วย 3 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นการสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับรูปธรรม
2. ขั้นการเกิดความคิด (Invention) เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเสนอแนวคิดของตนเองมีการเสนอหลักการใหม่หรือคำอธิบายเสริมเพื่อช่วยให้นักเรียนประยุกต์รูปแบบการใช้เหตุผล
3. ขั้นการค้นพบ (Discovery) เป็นขั้นที่นักเรียนเกิดความรู้ มโนทัศน์ หรือทักษะที่เกิดขึ้นไปใช้ในสถานการณ์อื่นโดยยกตัวอย่างเพื่อแสดงมโนทัศน์ที่รู้นั้นๆ

ต่อมากลุ่มนักศึกษาก็ได้พัฒนาวิธีการและขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ เป็น 4 ขั้น (Barman, 1992) ดังนี้

1. ขั้นการสำรวจ (Exploration) ในขั้นตอนนี้กิจกรรมการเรียนการสอนเน้นให้นักเรียนเกิดการปรับขยายความคิดจากการกระตุ้นความไม่สมดุลของความคิดของนักเรียน โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษา นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการศึกษา สำรวจ การเก็บรวบรวมข้อมูลและบันทึกข้อมูลของตนเอง
2. ขั้นอธิบาย (Explanation) ในขั้นตอนนี้ นักเรียนมีบทบาทน้อยลง ครูมีหน้าที่ในการนำนักเรียนในการคิดเพื่อวางแผนแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียนร่วมกับนักเรียน ขั้นตอนนี้ช่วยให้นักเรียนปรับขยายโครงสร้างความคิด โดยมีครูคอยแนะแนวให้นักเรียนจนถึงคำอธิบายของตนเองได้

3. **ขั้นขยายความรู้ (Expansion)** ในขั้นตอนนี้ นักเรียนมีบทบาทสำคัญมากที่สุด ในขั้นตอนนี้ช่วยให้นักเรียนจัดระเบียบประสบการณ์ทางความคิดที่ค้นพบเชื่อมโยงกับ ประสบการณ์เดิมเพื่อขยายความรู้ของนักเรียนให้เพิ่มขึ้นและมีความเป็นปัจจุบัน วิธีการในขั้นตอนนี้คือ การเพิ่มตัวอย่างที่ศึกษาหรือจัดประสบการณ์เชิงการสำรวจเพิ่มเติม

4. **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** จุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้คือการทดสอบมาตรฐาน การเรียนรู้ การเรียนรู้ของนักเรียนจะเกิดการพัฒนาดังนั้นการประเมินผลควรประเมิน แบบต่อเนื่อง โดยใช้การวัดหลายชนิดต่อการจัดการประเมิน ในภาพรวมของการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อกระตุ้นการสร้างความคิดและทักษะกระบวนการ ดังนั้นการประเมินควรประเมินในทุกระยะ ของวัฏจักรการเรียนรู้

ต่อมานักการศึกษา กลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) ได้เสนอการจัด การเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้นตอน ดังนี้ (สสวท., 2546)

1. **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน หรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจาก การอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็น เรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนด ประเด็น ที่จะศึกษาในกรณีที่ยังไม่เป็นประเด็นน่าสนใจ ครูอาจให้การศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็น ผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็น หรือคำถาม ที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็น ประเด็นที่ต้องการให้ศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขต และแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษา ให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่างๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่อง หรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้นและมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจ ตรวจสอบอย่างหลากหลาย และนำไปสู่กระบวนการตรวจสอบด้วยตัวนักเรียนเอง

2. **ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** เมื่อทำความเข้าใจในประเด็น หรือคำถามที่สนใจ จะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐานกำหนด ทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการ

ตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไปดังกล่าวทำให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำงานตามความคิดอย่างอิสระ และได้ลงมือปฏิบัติในการสำรวจตรวจสอบ

3. **ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูล ข้อสนเทศ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล อภิปรายอย่างสมเหตุสมผล และนำเสนอผลงานในรูปแบบต่างๆ มาอภิปรายซักถามแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานของนักเรียนมีการพิสูจน์ตรวจสอบอย่างแน่ใจด้วยการทำซ้ำ หรือมีเอกสารอ้างอิงหรือมีหลักฐานชัดเจน

4. **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้นเชื่อมโยงความรู้เดิมไปสู่ความรู้ใหม่ และนำความรู้ใหม่นำไปสู่การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม

5. **ชั้นประเมินผล (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง มากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ เป็นการตรวจสอบความถูกต้องขององค์ความรู้ ด้วยการวิเคราะห์แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน อภิปราย ประเมิน ปรับปรุง หรือเพิ่มเติมทั้งกระบวนการ และองค์ความรู้ เปรียบเทียบผลการสำรวจตรวจสอบกับสมมติฐานที่กำหนดไว้

### **บทบาทของครูและนักเรียนในการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้**

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนจะประสบความสำเร็จได้ ในแต่ละขั้นตอนนี้ครูและนักเรียนต้องแสดงบทบาทของตนเอง ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2550)

ตารางที่ 1 บทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบ Inquiry Cycle (5Es)

ขั้นตอน การเรียนการสอน	สิ่งที่ครูควรรู้	
	สอดคล้องกับ 5Es	ไม่สอดคล้องกับ 5Es
1. สร้างความ สนใจ (Engagement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สร้างความสนใจ</li> <li>- สร้างความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>- ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด</li> <li>- ดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุม</li> </ul> <p>สิ่งที่นักเรียนรู้ หรือความคิด เกี่ยวกับความคิดรวบยอด</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อธิบายความคิดรวบยอด</li> <li>- ให้คำจำกัดความและคำตอบ</li> <li>- สรุปประเด็นให้</li> <li>- จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่บรรยาย</li> </ul>
2. สำรวจ และค้นหา (Exploration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงาน</li> <li>- ร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ</li> <li>- สังเกตและฟังการโต้ตอบกัน</li> <li>- ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน</li> <li>- ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจ</li> <li>- ตรวจสอบของนักเรียน</li> <li>- ให้นักเรียนในการคิดข้อ</li> <li>- สงสัยตลอดจนปัญหาต่าง ๆ</li> <li>- ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เตรียมคำตอบไว้ให้</li> <li>- บอกหรืออธิบายวิธีการแก้ปัญหา</li> <li>- จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่</li> <li>- บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก</li> <li>- ให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้ในการแก้ปัญหา</li> <li>- นำนักเรียนแก้ปัญหาที่ละขั้นตอน</li> </ul>
3. อธิบายและ ลงข้อสรุป (Explanation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบาย</li> <li>- ความคิดรวบยอดหรือแนวคิด</li> <li>- หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูด</li> <li>- ของนักเรียน</li> <li>- ให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้</li> <li>- เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง</li> <li>- ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัด</li> <li>- ความและชี้บอกส่วนต่าง ๆ ใน</li> <li>- แผนภาพ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ขอมรับคำอธิบายโดยไม่มีหลักฐาน</li> <li>- หรือมีเหตุผลประกอบ</li> <li>- ไม่สนใจคำอธิบายของนักเรียน</li> <li>- แนะนำนักเรียนโดยปราศจากการ</li> <li>- เชื่อมโยงแนวคิด หรือความคิด</li> <li>- รวบยอดหรือทักษะ</li> </ul>

## ตารางที่ 1 (ต่อ)

ขั้นตอน	สิ่งที่ครูควรรู้	
	สอดคล้องกับ 5Es	ไม่สอดคล้องกับ 5Es
การเรียนการสอน	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตน เป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิด</li> </ul>	
4. ขยายความรู้ (Elaboration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- คาดหวังให้นักเรียนใช้ประโยชน์จากการชี้บอก ส่วนประกอบต่างๆ ในแผนภาพคำจำกัดความและอธิบายสิ่งที่เรียนรู้มาแล้ว</li> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้ ทักษะในสถานการณ์ใหม่</li> <li>- ให้นักเรียนอธิบายอย่างมีความหมาย</li> <li>- ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถาม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้คำตอบที่ชัดเจน</li> <li>- บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก</li> <li>- ใช้เวลามากในการบรรยาย</li> <li>- นำนักเรียนแก้ปัญหาที่ละขั้นตอน</li> <li>- อธิบายวิธีการแก้ปัญหา</li> </ul>
5. การประเมินผล (Evaluation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้</li> <li>- ประเมินความรู้และทักษะ</li> <li>- หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม</li> <li>- ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่มถามคำถามปลายเปิด</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทดสอบคำนิยามศัพท์ ข้อเท็จจริง</li> <li>- ให้นำแนวคิด ความคิดรวบยอดใหม่</li> <li>- ทำให้คลุมเครือ</li> <li>- ส่งเสริมการอภิปรายที่ไม่เชื่อมโยงความคิดรวบยอดหรือทักษะ</li> </ul>

ตารางที่ 2 บทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอนแบบ Inquiry Cycle ( 5Es)

ขั้นตอน	สิ่งที่ครูควรรู้	
	สอดคล้องกับ 5Es	ไม่สอดคล้องกับ 5Es
การเรียนการสอน		
1. สร้างความสนใจ (Engagement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ถามคำถาม เช่น ทำไมสิ่งนี้จึงเกิดขึ้น ฉันได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้ แสดงความสนใจ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ถามหาคำตอบที่ถูกต้อง</li> <li>- ตอบเฉพาะคำตอบที่ถูก</li> <li>- ยืนยันคำตอบหรือคำอธิบาย</li> <li>- ค้นหาวิธีการแก้ปัญหาวิธีเดียว</li> </ul>
2. สำรวจและค้นหา (Exploration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม</li> <li>- ทดสอบการคาดคะเน</li> <li>- คาดคะเนและสมมติฐานใหม่</li> <li>- พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น ๆ</li> <li>- บันทึกการสังเกตให้ข้อคิดเห็นลงข้อสรุป</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้คนอื่นคิดและสำรวจตรวจสอบ</li> <li>- ทำงานเพียงลำพังโดยมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นน้อยมาก</li> <li>- ปฏิบัติสืบค้นไม่มีเป้าหมายที่ชัดเจน</li> <li>- เมื่อแก้ปัญหาได้แล้วไม่คิดต่อ</li> </ul>
3. อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้</li> <li>- ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างวิเคราะห์</li> <li>- ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย</li> <li>- ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย</li> <li>- อ้างอิงกิจกรรมที่ครูได้ปฏิบัติมาแล้ว</li> <li>- ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการสังเกตประกอบการอธิบาย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อธิบายโดยไม่มีเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม</li> <li>- ยกตัวอย่างและประสบการณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกัน</li> <li>- ขอมรับคำอธิบายโดยไม่มีเหตุผล</li> <li>- ไม่สนใจคำอธิบายของคนอื่นซึ่งมีเหตุผลที่เชื่อถือได้</li> </ul>

## ตารางที่ 2 (ต่อ)

ขั้นตอน	สิ่งที่ครูควรรู้	
	สอดคล้องกับ 5Es	ไม่สอดคล้องกับ 5Es
การเรียนรู้		
4. ขยายความรู้ (Elaboration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- นำข้อมูลที่ได้จากแผนภาพ คำจำกัดความ คำอธิบายและทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม</li> <li>- ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถาม กำหนดจุดประสงค์ในแก้ปัญหา ตัดสินใจและออกแบบการทดลอง</li> <li>- ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ</li> <li>- บันทึกการสังเกตและอธิบาย</li> <li>- ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปฏิบัติโดยไม่มีเป้าหมายชัดเจน</li> <li>- ไม่สนใจข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่</li> <li>- อธิบายเหมือนกับครูจัดเตรียมไว้หรือกำหนดให้</li> </ul>
5. ประเมินผล (Evaluation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ตอบคำถามปลายเปิดโดยใช้การสังเกต หลักฐาน และคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว</li> <li>- แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะวิทยาศาสตร์</li> <li>- ประเมินความก้าวหน้าหรือความรู้ด้วยตนเอง</li> <li>- ถามคำถามที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมให้มีการสำรวจตรวจสอบต่อไป</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ลงข้อสรุปโดยปราศจากหลักฐานหรือคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว</li> <li>- ตอบแต่เพียงว่าถูกหรือผิดและอธิบายให้คำจำกัดความโดยใช้ความจำ</li> <li>- ไม่สามารถอธิบายเพื่อแสดงความพอใจด้วยคำพูดของตนเอง</li> </ul>

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 ขั้น เนื่องจากผลการศึกษาหลายงานวิจัย พบว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นดังผลการการศึกษาของ สุรจิตา เศรษฐภักดี (2547) พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สูงขึ้นหลังจากได้รับการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เช่นเดียวกับ จิตราวดี ศรีโยธา (2551) พบว่า นักเรียนร้อยละ 80 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้คือร้อยละ 70 หลังการเรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้อีก 5 ชั้น นอกจากนั้นแล้วยังพบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น (สุรจิตา เศรษฐภักดี, 2547; ประภัสสร ผลสินธุ์, 2547) โดยนักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 6 ด้าน (ยกเว้นทักษะการวัดและทักษะการคำนวณ) หลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (สุมาลี วงศ์หอม, 2548) และนักเรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังการเรียนเพิ่มขึ้น โดยนักเรียนมีความพอใจในประสบการณ์เรียนรู้ เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนอย่างสนุกสนาน ตั้งใจเรียน เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์ (อุสา รินลา, 2551)

## บทที่ 3

### วิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเสนอวิธีการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

#### รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกรณีศึกษา (Case study research) เพื่อศึกษาการพัฒนาแนวคิด พันธกรรม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักร การสืบเสาะหาความรู้ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งสังกัดสำนักงาน เขตพื้นที่ กรุงเทพมหานคร เขต 2

การวิจัยครั้งนี้แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 ผู้วิจัยทำการสำรวจแนวคิดพันธกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบกับการสัมภาษณ์ครูเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธกรรม นำผลจากการศึกษาดังกล่าวเป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องพันธกรรมด้วยวัฏจักร การสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาแนวคิดพันธกรรม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติ ต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ระยะที่ 2 ผู้วิจัยทำการศึกษาผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหา ความรู้เรื่องพันธกรรมที่มีต่อการพัฒนาแนวคิดพันธกรรม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ เจตคติต่อการเรียนการสอนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยก่อนการปฏิบัติการสอนผู้วิจัย วัตถุประสงค์พันธกรรมและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ขณะปฏิบัติการสอน ผู้วิจัยเก็บรวบรวมหลักฐานจากใบงานและอนุทินสะท้อนความรู้สึกละเอียดของนักเรียนตลอดการเรียน การสอนเมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนการสอนผู้วิจัยทำการวัดแนวคิดพันธกรรม ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนการสอนของนักเรียนทำการวิเคราะห์ ตีความเพื่อลงข้อสรุป เกี่ยวกับการพัฒนาแนวคิดพันธกรรม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียน การสอนของนักเรียน หลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธกรรม

## กลุ่มที่ศึกษา

การศึกษาระยะที่ 1 สํารวจแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนพร้อมทั้งสัมภาษณ์ครูผู้สอน วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม

กลุ่มที่ศึกษาในการสํารวจแนวคิดพันธุกรรมเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียน รัฐบาลแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษารุงเทพฯ เขต 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 84 คน เป็นนักเรียนหญิงจำนวน 42 คนและนักเรียนชาย 42 คน โดยนักเรียนมีพื้นฐานทางการเรียนใกล้เคียงกันและมาจากครอบครัวที่ผู้ปกครองประกอบ อาชีพแตกต่างกัน โรงเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ เปิดสอน ทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีจำนวนนักเรียนประมาณ 3,300 คน และเป็นโรงเรียนที่สนับสนุนและส่งเสริมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์จำนวน 2 ท่าน เกี่ยวกับการจัด การเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม

การศึกษาระยะที่ 2 ศึกษาผลการพัฒนาแนวคิดพันธุกรรม ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม

กลุ่มที่ศึกษาในครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแห่งเดียวกันกับกลุ่ม สํารวจแนวคิด ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 45 คน เป็นนักเรียนหญิง 28 และนักเรียน ชาย 17 คน โดยนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาในระยะที่ 2 การศึกษาแนวคิดมีพื้นฐานทางการเรียนใกล้เคียง กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาในระยะที่ 1 การสํารวจแนวคิด

## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้การศึกษาจำแนกตามระยะการดำเนินการศึกษาวิจัย ดังนี้

ระยะที่ 1 สํารวจแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนและสัมภาษณ์ครูเกี่ยวกับการจัดการเรียน การสอนเรื่องพันธุกรรม

1. แบบวัดแนวคิดพันธุกรรม

2. แบบสัมภาษณ์ครูเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม

ระยะที่ 2 ศึกษาผลการพัฒนาแนวคิดพันธุกรรม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ เจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม

1. แบบวัดแนวคิดพันธุกรรม

2. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. แบบวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม

4. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม

5. แบบวิเคราะห์ใบงานเรื่องพันธุกรรม (ตารางผนวก ข)

6. อนุทินสะท้อนความรู้สึกลับ

### การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. แบบวัดแนวคิดพันธุกรรม

แบบวัดแนวคิดพันธุกรรมเป็นแบบวัดที่ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งเป็นแบบวัดแบบเลือกตอบและส่วนที่สองเป็นการเขียนอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบโดยกำหนดให้นักเรียนทำข้อสอบทั้งสองส่วน

## ขั้นตอนการสร้างแบบวัดแนวคิดพันธุกรรม

1.1 ศึกษาหลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตและกระบวนการดำรงชีวิตจากคู่มือการจัดเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แบบเรียน และเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องนำมาจัดทำรายการแนวคิดพันธุกรรมเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาให้ครอบคลุมเนื้อหาในหลักสูตรวิทยาศาสตร์

1.2 สร้างตารางวิเคราะห์จุดประสงค์และรายการแนวคิดที่ต้องการวัดและเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความครอบคลุมเนื้อหา

1.3 นำตารางที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาจัดทำแบบวัดแนวคิด จำนวน 17 ข้อ โดยแบบวัดแนวคิดเป็นแบบเลือกตอบพร้อมแสดงเหตุผลประกอบการตัดสินใจ

1.4 นำแบบวัดที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพิจารณาตรวจสอบแล้วนำมาแก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 1

1.5 นำแบบวัดแนวคิดที่ผ่านการแก้ไขครั้งที่ 1 เสนอต่อคณะกรรมการวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญสาขาชีววิทยา สาขาการวัดและประเมินผล และการสอนพันธุกรรม รวม 5 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบแล้วนำมาแก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 2

1.6 นำแบบวัดแนวคิดที่ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญไปดำเนินการทดสอบเครื่องมือกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาและผ่านการเรียนเรื่องพันธุกรรม ซึ่งได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประจำปีการศึกษา 2551 โรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษารุงเทพฯ เขต 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 9 คน 3 ห้องเรียน ซึ่งเป็น โรงเรียนเดียวกันกับกลุ่มที่ศึกษาในการทำงานวิจัยครั้งนี้ พร้อมทั้งสังเกตการทำแบบวัดแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียน

1.7 นำแบบวัดที่ผ่านการทดลองใช้นำมาปรับปรุงแก้ไขเกี่ยวกับ ภาษา แนวคำตอบ ให้มีความครอบคลุม และตรวจสอบความชัดเจนของแบบวัดแนวคิด

1.8 นำแบบวัดแนวคิดที่ผ่านการแก้ไขปรับปรุงเสนอต่อคณะกรรมการวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญ นำแบบวัดแนวคิดที่ได้รับความเห็นชอบดำเนินการเก็บข้อมูล

## 2. แบบสัมภาษณ์ครูเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม

การสร้างแบบสัมภาษณ์ครูมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาแนวคิด หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ของสถานศึกษา และแนวทางในการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

2.2 กำหนดคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ครูเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม และนำหัวข้อแนวคำถามที่สร้างเสนอต่อกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะก่อนนำไปใช้ในการวิจัย ประเด็นคำถามการสัมภาษณ์ประกอบด้วยข้อมูลพื้นฐานของครูและการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม

2.3 ตรวจสอบความตรงของเครื่องมือ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญสาขาการวัดประเมินผล และสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ รวม 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์แล้วนำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือตามคำแนะนำ

2.4 นำคำถามการสัมภาษณ์ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ทดลองใช้กับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 2 ท่านที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา เพื่อตรวจการใช้ภาษารวมทั้งตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการสัมภาษณ์ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ แล้วทำการปรับปรุงเครื่องมือและเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาความถูกต้องและเหมาะสมอีกครั้งแล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

## 3. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.1 กำหนดจุดประสงค์ในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยวัดความสามารถในการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

### 3.2 ศึกษาความหมายและแนวคิดเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.3 ศึกษาหลักการและวิธีการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากหนังสือ วารสาร เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.4 สร้างแบบทดสอบชนิด 5 ตัวเลือก ครอบคลุมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นพื้นฐาน 7 ทักษะ คือ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจัดจำแนกประเภท ทักษะการคำนวณ ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล และทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล รวมข้อสอบจำนวน 35 ข้อ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยในแต่ละข้อ หากตอบถูกต้อง 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน โดยกำหนดจุดตัดของคะแนน คือ 50% หรือเท่ากับ 17.5 คะแนนของคะแนนเต็ม และนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบแล้วนำมาปรับปรุงครั้งที่ 1

3.5 นำแบบทดสอบที่ผ่านการปรับปรุงครั้งที่ 1 เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญสาขาชีววิทยา สาขาการวัดและประเมินผล และการสอนพันธุกรรม รวม 3 ท่าน เพื่อพิจารณาและตรวจสอบแล้วนำมาปรับปรุงครั้งที่ 2

3.6 นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ทดลองใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษารุงเทพฯ เขต 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551

3.7 นำผลที่ได้จากการทดลองใช้เครื่องมือมาวิเคราะห์หาค่าความยาก ( $p$ ) ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (KR-20) พบว่า ข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.24 - 0.60 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.24 - 0.64 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.77

#### 4. แบบวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

แบบวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม เป็นแบบประเมินค่าตามแบบวัดของ Likert Scale มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

##### 4.1 ศึกษาการสร้างแบบวัดเจตคติ แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Likert Scale)

ผู้วิจัยทำการกำหนดประเด็นที่ต้องการวัด โดยวิเคราะห์หาพฤติกรรมที่แสดงถึงลักษณะของผู้ที่มีความคิดเห็นต่อการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านการเรียน การสอน ด้านบทบาทครู ด้านบทบาทนักเรียน และด้านบรรยากาศในการเรียน นำผลการวิเคราะห์ มาปรับปรุง และสร้างแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 40 ข้อ เป็นแบบวัดแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือให้ แสดงความคิดเห็นต่อข้อความว่า เห็นด้วยมากที่สุด เห็นด้วยมาก เห็นด้วยปานกลาง เห็นด้วยน้อย หรือ เห็นด้วยน้อยที่สุด

4.2 นำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่อง พันธุกรรมที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณา ตรวจสอบแล้วนำมา ปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 1

4.3 นำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่อง พันธุกรรมที่ได้รับการตรวจสอบและแก้ไข เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาและ สาขาการวัดและประเมินผลรวม 3 ท่าน เพื่อพิจารณาและตรวจสอบ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข ครั้งที่ 2

4.4 แบบวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่อง พันธุกรรมที่ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ทดลองใช้กับนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษากรุงเทพฯ เขต 2 จังหวัดกรุงเทพมหานครจำนวน 40 คน

4.5 นำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้ Cronbrach's alpha ได้ค่าเท่ากับ 0.8362

## 5. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม

5.1 ศึกษาตำรา เอกสาร ที่เกี่ยวกับการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

5.2 ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดประสงค์รายวิชา ขอบเขตของเนื้อหา เรื่องพันธุกรรม จากสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ และหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน

5.3 กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหา แนวคิดที่เกี่ยวข้องกิจกรรมการเรียนการสอน การวัดประเมินผล สื่อการสอน ในแต่ละแนวคิดให้สอดคล้องกับระยะเวลา

5.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม โดยนำผลจากการสำรวจแนวคิดพันธุกรรมและผลจากการสัมภาษณ์การจัดการเรียนการสอนมาพิจารณาประกอบการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม จำนวน 7 แผน 25 คาบ คาบละ 50 นาที ครอบคลุมแนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม โครโมโซม จำนวน โครโมโซม ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย จีโนไทป์ ฟีนไทป์ กฎของเมนเดล และประโยชน์จากความรู้อด้านพันธุกรรม ในแต่ละขั้นตอนนำสื่อการสอนที่หลากหลาย เช่น สื่อมัลติมีเดียและสื่อแอนิเมชันมาประกอบการจัดการเรียนการสอนพร้อมทั้งกำหนดประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการพัฒนาในแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้อย่างชัดเจน แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

5.4.1 ขั้นสร้างความสนใจ ผู้วิจัยนำนักเรียนเข้าสู่บทเรียน โดยการกระตุ้น ชัยุ และสร้างความสนใจให้กับนักเรียนด้วยการถามคำถาม สื่อแอนิเมชัน สื่อมัลติมีเดีย และเกม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสนใจและต้องการค้นหาคำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งในขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการสังเกตและทักษะการพยากรณ์

5.4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา สำหรับขั้นตอนนี้ให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลายอย่างอิสระ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจากการทดลองผ่านสื่อแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่มีความเป็นนามธรรม เช่นแนวคิดเรื่อง

โครโมโซม และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม กิจกรรมการเรียนการสอนในขั้นตอนนี้ ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการสังเกต ทักษะการจัดจำแนกประเภท ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ และทักษะการพยากรณ์

5.4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนนำข้อมูลจากการสำรวจและค้นคว้ามา วิเคราะห์ แปลผล สรุปผล อภิปรายอย่างสมเหตุสมผลและนำเสนอผลงานในรูปแบบต่างๆ มีการอภิปรายซักถามแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานของนักเรียนตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งกันและกันด้วยการทำซ้ำ หรือมีเอกสารอ้างอิงหรือมีหลักฐานชัดเจน ในขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการลงความเห็นจากข้อมูลและทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

5.4.4 ขั้นขยายความรู้ นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือ แนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่นๆ หรือ ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในเรื่องที่สนใจเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียนผ่านมา ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากสื่อการสอนและลงมือปฏิบัติกิจกรรมทำให้เกิดความรู้ที่กว้างขวาง ขึ้นสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมไปสู่ความรู้ใหม่ และนำความรู้ใหม่ไปสู่การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไป ในขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการสังเกต ทักษะการจัดจำแนกประเภท ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ และ ทักษะการพยากรณ์

5.4.5 ขั้นประเมินผล นักเรียนประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียน มีความรู้อะไรบ้างอย่างไร และมากน้อยเพียงใดนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ เป็นการตรวจสอบความถูกต้องขององค์ความรู้และกระบวนการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์ แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน อภิปราย ประเมิน ปรับปรุง หรือเพิ่มเติมทั้งกระบวนการ และองค์ความรู้ เปรียบเทียบผลการสำรวจตรวจสอบกับสมมติฐานที่กำหนดไว้

5.5 นำแผนจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาตรวจสอบและนำไปปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 1

5.6 นำแผนจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญสาขาชีววิทยาและการสอน พันธุกรรม รวม 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบและนำไปปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2

5.7 นำแผนจัดการเรียนรู้ที่ได้รับความเห็นชอบผู้เชี่ยวชาญดำเนินการวิจัย

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยมีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลจำแนกตามระยะเวลาการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยนำหนังสือจากภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ไปยังผู้อำนวยการ โรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพฯ เขต 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร เพื่อขออนุญาตดำเนินการศึกษาวิจัย ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยเก็บข้อมูล ดังนี้

ระยะที่ 1 ดำรงแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนและสัมภาษณ์เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม

### 1. การสำรวจแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียน

ผู้วิจัยทำการสำรวจแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 84 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่งที่ผ่านการเรียนการสอนเรื่อง พันธุกรรม โดยใช้แบบวัดแนวคิดพันธุกรรม จำนวน 17 ข้อ แบ่งออกเป็น 5 แนวคิด คือ ลักษณะทางพันธุกรรม โครโมโซม ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และ ประโยชน์จากความรู้อันพันธุกรรม

ขั้นตอนของการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยทำการแจ้งจุดประสงค์ในการทำแบบวัดแนวคิดก่อนทำการวัด และหากมีคำถามในข้อใดที่นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลไม่ชัดเจน คลุมเครือ สับสน ซึ่งอาจทำให้ผู้วิจัยลงความเห็นว่าผิดๆ ได้ ผู้วิจัยจึงทำการสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับคำตอบนั้นๆ โดยนำการอธิบายของนักเรียนในข้อที่ยังไม่เข้าใจนำมาตั้งเป็นคำถามเพื่อถามนักเรียนผู้วิจัย ทำการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล ขออนุญาตทำการบันทึกเทปและถอดเทปเพื่อนำคำตอบของนักเรียนมาทำการวิเคราะห์ นำผลที่ได้จากการวัดแนวคิดไปวิเคราะห์ผลเพื่อจัดกลุ่มแนวคิด

## 2. การสัมภาษณ์ครูผู้สอนเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม

ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์การจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรมของครูผู้สอน วิทยาศาสตร์จำนวน 2 ท่านโดยผู้วิจัยได้นัดหมาย และแจ้งกรอบการสัมภาษณ์ล่วงหน้า ขณะทำการสัมภาษณ์ทำการแจ้งจุดประสงค์ในการสัมภาษณ์อีกครั้งพร้อมทั้งขออนุญาตบันทึกเสียง การสัมภาษณ์ หลังจากเสร็จสิ้นการสัมภาษณ์ผู้วิจัยให้ครูตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่บ้านที่ก

ระยะที่ 2 ศึกษาผลการพัฒนาแนวคิดพันธุกรรม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และ เจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวิธีการการสืบเสาะหาความรู้ ในการรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยใช้ กระบวนการเก็บข้อมูลดังนี้

### 1. แนวคิดพันธุกรรม

ผู้วิจัยทำการวัดแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนแห่งหนึ่ง ซึ่งเป็นกลุ่มที่ศึกษาจากโรงเรียนเดียวกันกับกลุ่มที่ศึกษาในการสำรวจแนวคิด แบบวัดแนวคิดพันธุกรรมเป็นชุดเดียวกับการสำรวจแนวคิด ผู้วิจัยทำการแจ้งจุดประสงค์ในการทำแบบวัดแนวคิดก่อนทำการวัด และหากมีคำถามในข้อใดที่นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลไม่ชัดเจน คลุมเครือ สับสน ผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับคำตอบนั้นๆ โดยนำการอธิบายของนักเรียนในข้อที่ยังไม่เข้าใจมาตั้งเป็นคำถามเพื่อถามนักเรียน ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล ขออนุญาตทำการบันทึกเทป และถอดเทปเพื่อนำคำตอบของนักเรียนมาทำการวิเคราะห์เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการการเรียนการสอนผู้วิจัยทำการวัดแนวคิด พันธุกรรมของนักเรียนอีกครั้ง โดยใช้แบบวัดชุดเดิมนำผลที่ได้จากการวัดแนวคิดไปวิเคราะห์และตีความเพื่อจัดกลุ่มแนวคิดในการวัดแนวคิด

### 2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ผู้วิจัยทำการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนแห่งหนึ่ง จำนวน 35 ข้อ 7 ทักษะ ผู้วิจัยชี้แจงวิธีการทำแบบวัดทักษะเพื่อให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน ผู้วิจัยทำการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนการเรียน และหลังการเรียนด้วยวิธีการการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งการวัดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์หลังการเรียนผู้วิจัยวัดทันทีหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการจัดการเรียนการสอน

### 3. เจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ผู้วิจัยทำการศึกษาเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนแห่งหนึ่ง จำนวน 40 ข้อ โดยให้ครอบคลุมเนื้อหา 4 ด้าน คือ ด้านการเรียนการสอน ด้านบทบาทครู ด้านบทบาทนักเรียน และด้านบรรยากาศในการเรียน โดยทำการวัดหลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ในการวัดผู้วิจัยชี้แจงวิธีการในการทำแบบวัดเจตคติเพื่อให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน โดยทำการวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนทันทีหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการจัดการเรียนการสอน

### 4. แบบวิเคราะห์ใบงานของนักเรียน

การเก็บรวบรวมใบงานของนักเรียนในการทำกิจกรรมการเรียนการสอนตั้งแต่เริ่มจัดการเรียนการสอนในเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมเพื่อใช้ในการประเมินเกี่ยวกับการพัฒนาแนวคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมตามเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้ (ตารางผนวก ข)

### 5. อนุทินสะท้อนความรู้สึกลูก

ผู้วิจัยให้นักเรียนบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการอภิปรายเกี่ยวกับเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม โดยกำหนดให้นักเรียนบันทึกอนุทินเมื่อจบการเรียนในแต่ละแนวคิด ประเด็นที่เขียนบันทึกคือ ความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน บทบาทของครู บทบาทของนักเรียนและบรรยากาศในการเรียน

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยการวิเคราะห์ข้อมูล โดยจำแนกตามระยะการดำเนินการศึกษาวิจัย ดังนี้

ระยะที่ 1 สํารวจแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียน รวมทั้งสัมภาษณ์เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม

## 1. การวิเคราะห์ผลสำรวจวัดแนวคิดพื้นฐานของนักเรียน

1.1 ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการตอบแบบวัดแนวคิดพื้นฐาน การวิเคราะห์คำตอบแบบรายข้อ โดยอ่านคำตอบและการอธิบายเหตุผลของนักเรียนทุกคนในแต่ละคำถามเพื่อคุณภาพรวมของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดอย่างละเอียด ดีความ และจัดกลุ่มคำตอบ จากนั้นนำกลุ่มคำตอบ และคำอธิบายของนักเรียนมาจัดกลุ่มตามแนวคิดของ Abraham *et al.* (1994) แบ่งออกเป็น 5 แนวคิด คือ แนวคิดถูกต้อง (Sound understanding: SU) แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial understanding: PU) แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with a specific misconception: PU/SM) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Specific misconception: SM) และ ไม่มีแนวคิด (Not understanding: NU)

1.2 นำผลการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเสนอต่อครูผู้สอนสาขาชีววิทยา จำนวน 5 ท่าน เพื่อหาคำถามสอดคล้องในการจัดกลุ่มแนวคิดเป็นรายข้อ

1.3 เสนอผลการจัดกลุ่มแนวคิดต่อคณะกรรมการวิทยานิพนธ์เพื่อลงความเห็นต่อการวิเคราะห์แนวคิดพื้นฐานของผู้วิจัยว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับการตีความหมายและจำแนกแนวคิดของผู้วิจัยพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะ

1.4 ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลโดยหาความถี่ และรายงานผลโดยใช้คำร้อยละเพื่อแสดงจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดพื้นฐานแต่ละกลุ่มแนวคิด

2. การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์การจัดการเรียนการสอนในการจัดการเรียนการสอน นำข้อมูลที่ได้จากการวัดแนวคิดและนำผลการสัมภาษณ์ของครูทำการวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อจัดกลุ่มแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูตามประเด็นต่อไปนี้ การนำเข้าสู่บทเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอนที่ใช้ การนำเข้าสู่บทสรุป และการวัดประเมินผล จากนั้นนำผลจากการสำรวจแนวคิดพื้นฐานของนักเรียนและผลการสัมภาษณ์การจัดการเรียนการสอนเรื่องพื้นฐานเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อออกแบบการเรียนการสอนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ต่อไป

ระยะที่ 2 ศึกษาผลการพัฒนาแนวคิดพื้นฐาน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และ เจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลจากการวัดแนวคิดพื้นฐานของนักเรียนก่อนการเรียนและ หลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

1.1 ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการตอบแบบวัดแนวคิดพื้นฐานก่อนการเรียนและ หลังการเรียนมาวิเคราะห์คำตอบรายชื่อ โดยอ่านคำตอบ และการอธิบายเหตุผลของนักเรียนทุกคน ในแต่ละคำถามเพื่อคุณภาพรวมของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดอย่างละเอียด ติความ และจัดกลุ่ม คำตอบตามแนวคิดของ Abraham *et al.* (1994) แบ่งออกเป็น 5 แนวคิด ดังนี้ แนวคิดถูกต้อง (Sound understanding: SU) แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial understanding: PU) แนวคิดถูกต้อง บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with a specific misconception: PU/SM) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Specific misconception: SM) และ ไม่มีแนวคิด (Not understanding: NU)

1.2 นำผลการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเสนอต่อครูผู้สอนสาขาชีววิทยาจำนวน 5 ท่าน เพื่อหาค่าความสอดคล้องในการจัดกลุ่มแนวคิดเป็นรายชื่อตามเกณฑ์วิเคราะห์คำตอบ

1.3 เสนอผลการจัดกลุ่มแนวคิดต่อคณะกรรมการวิทยานิพนธ์เพื่อลงความเห็นต่อ การวิเคราะห์แนวคิดพื้นฐานของผู้วิจัยว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับการตีความหมายและ จำแนกแนวคิดของผู้วิจัยพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะ

1.4 ผู้วิจัยวิเคราะห์ผล โดยหาความถี่ และรายงานผล โดยใช้คำร้อยละเปรียบเทียบ แนวคิดของนักเรียนก่อนการเรียน และหลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เพื่อ แสดงการพัฒนาแนวคิด

2. การวิเคราะห์ข้อมูลจากการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนการเรียน และหลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ผู้วิจัยวิเคราะห์คะแนนก่อนการเรียนและหลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหา ความรู้ของนักเรียนจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการคำนวณค่าเฉลี่ยของ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนการเรียนและหลังการเรียนด้วยคำร้อยละ

3. การวิเคราะห์ข้อมูลจากการวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ผู้วิจัยวิเคราะห์คะแนนจากแบบวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ โดยการคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนและเกณฑ์การตัดสิน ดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ข้อความ	เชิงนิมิต	เชิงนิเสธ
เห็นด้วยมากที่สุด	5	1
เห็นด้วยมาก	4	2
เห็นด้วยปานกลาง	3	3
เห็นด้วยน้อย	2	4
เห็นด้วยน้อยที่สุด	1	5

ตารางที่ 4 เกณฑ์ในการตัดสินเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
4.50 - 5.00	มีเจตคติต่อการเรียนในระดับสูงสุด
3.50 - 4.49	มีเจตคติต่อการเรียนในระดับสูง
2.50 - 3.49	มีเจตคติต่อการเรียนในระดับปานกลาง
1.50 - 2.49	มีเจตคติต่อการเรียนในระดับต่ำ
1.00 - 1.49	มีเจตคติต่อการเรียนในระดับต่ำสุด

ที่มา: บุญชม ศรีสะอาด (2535)

## บทที่ 4

### ผลและวิจารณ์

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดพันธุกรรม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดกรุงเทพมหานคร เขต 2 ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. ผลการสำรวจแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. ผลการศึกษาการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรมระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3
3. แนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนก่อนและหลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้
4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้
5. เจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

### ผลการสำรวจแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3

จากการสำรวจแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบ่งแนวคิดพันธุกรรมออกเป็น 5 แนวคิดหลัก คือ ลักษณะทางพันธุกรรม โครโมโซม ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม แสดงผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการสำรวจแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนจำแนกตามประเภทแนวคิด

แนวคิดหลัก/แนวคิดย่อย	ประเภทแนวคิดของนักเรียน (ร้อยละ)				
	SU	PU	PU/SM	SM	NU
1. ลักษณะทางพันธุกรรม					
1.1 ความหมายของลักษณะพันธุกรรม	3.57	80.95	8.33	0	7.14
1.2 ลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม	9.52	7.14	79.76	0	3.57
1.3 ความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม	1.19	3.57	89.29	0	5.95
1.4 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะพันธุกรรม	64.28	0	35.71	0	0
2. โครโมโซม					
2.1 รูปร่างของโครโมโซม	0	42.86	54.76	0	2.38
2.2 ส่วนประกอบของโครโมโซม	7.14	16.67	75	0	1.19
2.3 ความแตกต่างของโครโมโซม โครมาตินและโครมาติด	0	13.10	76.19	8.33	2.38
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน	34.52	1.19	52.39	0	11.90
2.5 ดีเอ็นเอและยีน	1.19	2.38	47.62	44.05	4.76
2.6 จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์	1.19	8.33	82.14	5.95	2.38
2.7 จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต	36.90	27.38	22.62	7.14	5.95

ตารางที่ 5 (ต่อ)

แนวคิดหลัก/แนวคิดย่อย	ประเภทแนวคิดของนักเรียน (ร้อยละ)				
	SU	PU	PU/SM	SM	NU
2.8 โครโมโซมเพศ	72.62	3.57	7.14	11.90	4.76
2.9 ตำแหน่งของโครโมโซมร่างกายมนุษย์	40.38	19.05	17.86	15.48	7.14
3. ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม					
3.1 สาเหตุของโรคทางพันธุกรรม	44.05	13.10	15.48	20.24	7.14
3.2 อาการของโรคทางพันธุกรรม	0	39.29	8.33	25.00	27.38
4. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม					
4.1 ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย	60.71	13.10	10.71	0	15.48
4.2 จีโนไทป์ ฟีนไทป์	1.19	42.86	16.67	10.71	28.57
4.3 พันธุ์แท้ พันทาง	4.76	0	82.14	0	13.10
4.4 กฎของเมนเดล					
- กฎการแยกตัว	0	2.38	0	54.76	42.86
- กฎการรวมตัวอย่างอิสระ	19.05	2.38	38.09	0	40.48
5. ประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม	1.19	75	0	0	23.81

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

## 1. แนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม

ผลการสำรวจแนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม แบ่งผลการศึกษาเป็น 4 แนวคิดย่อย ดังตารางที่ 5

### 1.1 แนวคิดย่อยเรื่องความหมายของลักษณะพันธุกรรม

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องความหมายของลักษณะทางพันธุกรรม จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 80.95 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน โดยนักเรียนเข้าใจว่า “ลักษณะพันธุกรรมคือลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่ลูก ไม่ว่าจะ เป็นลักษณะเส้นผม การห่อลิ้นและการมีติ่งหู” โดยมีนักเรียนเพียงร้อยละ 3.57 เท่านั้นที่มีแนวคิดถูกต้อง โดยนักเรียน ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ลักษณะทางพันธุกรรม คือ การถ่ายทอดลักษณะของสิ่งมีชีวิตจากรุ่นหนึ่ง ไปสู่รุ่นหนึ่งผ่านเซลล์สืบพันธุ์ของพ่อและแม่” และนักเรียนร้อยละ 8.33 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยนักเรียนเข้าใจความหมายของลักษณะทางพันธุกรรมถูกต้อง ดังคำตอบที่ว่า “ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นสิ่งที่สืบทอดกันเป็นรุ่นๆ” แต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน ดังคำตอบที่ว่า “ลักษณะทางพันธุกรรมไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้มีมาแต่กำเนิด”

### 1.2 แนวคิดย่อยเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 79.76 มีแนวคิดย่อยเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรมจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าลักษณะจมูกโด่ง และรอยแผลเป็นไม่ใช่ลักษณะพันธุกรรม ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“สีผิว มีลักยิ้ม ผมตรง เป็นสิ่งที่ติดตัวมาตั้งแต่กำเนิดไม่ใช่เพราะสิ่งแวดล้อม ส่วนรอยแผลเป็น จมูกโด่ง และความสามารถในการเล่นเทนนิสเป็นเพราะสิ่งแวดล้อมภายนอกไม่ใช่พันธุกรรม”

นักเรียนร้อยละ 9.52 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องซึ่งนักเรียนสามารถระบุ และอธิบายเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรมได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“สีผิว มีลักษณะยืม ผมงตรง จมูกโด่ง สามารถถ่ายทอดไปยังลูกได้ ส่วนรอยแผลเป็น และความสามารถในการเล่นเทนนิสเป็นลักษณะที่ไม่สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้”

### 1.3 แนวคิดย่อยในเรื่องความแปรผันทางพันธุกรรม

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม จากตาราง ที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 89.29 มีแนวคิดย่อยในเรื่องความแปรผันทางพันธุกรรม จัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน จากคำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าการห่อลิ้นไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ความสูง และการมีดิงหู เป็นลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่ ส่วนห่อลิ้นได้เป็น ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเนื่องเป็นความสามารถส่วนบุคคลไม่เกี่ยวกับพันธุกรรม”

นักเรียนร้อยละ 1.19 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ความสูง สีผิว และผมสีดำ เป็นผลมาจากลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผัน แบบต่อเนื่อง ตา 2 ชั้น ดิงหู และห่อลิ้นได้ เป็นลักษณะทางพันธุกรรม แบบไม่ต่อเนื่อง”

### 1.4 แนวคิดย่อยในเรื่องปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะพันธุกรรม

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะพันธุกรรม จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 64.28 มีแนวคิดย่อยในเรื่องปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะพันธุกรรมจัดเป็นแนวคิดถูกต้อง เนื่องจากนักเรียนเข้าใจว่าอาการตาบอดสีที่เกิดจาก อุบัติเหตุไม่เกี่ยวกับพันธุกรรมสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“การที่ช็อคตาไม่สามารถมองเห็นวัตถุสีแดงมีผลเนื่องจากอุบัติเหตุไม่ใช่พันธุกรรม ดังนั้นจึงมีโอกาสมีลูกที่มองเห็นสีแดงได้”

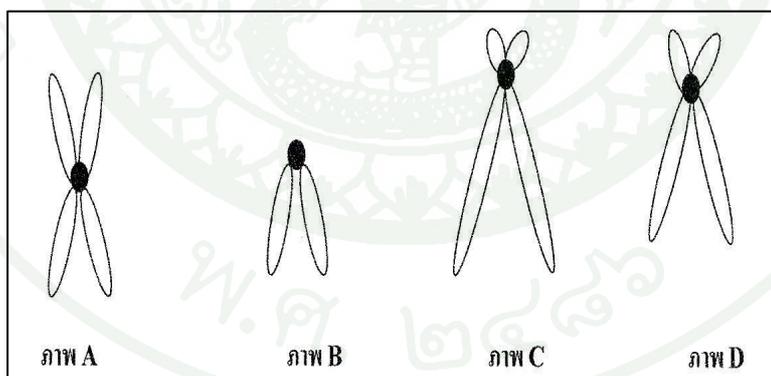
นักเรียนร้อยละ 35.71 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนโดยนักเรียนเข้าใจว่า “ฝ่ายชายยังมีสายตาศักดิ์สิทธิ์ความเป็นไปได้ที่ผู้ชายจะมีสายตาศักดิ์สิทธิ์” จัดเป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนเพราะยีนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมสีตาอยู่โครโมโซม X ซึ่งผู้ชายจะได้รับมาจากแม่เท่านั้น

## 2. แนวคิดเรื่องโครโมโซม

ผลการสำรวจแนวคิดเรื่องโครโมโซม แบ่งผลการศึกษาเป็น 9 แนวคิดย่อย ดังตารางที่ 5

### 2.1 แนวคิดย่อยเรื่องรูปร่างของโครโมโซม

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องรูปร่างของโครโมโซม จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 54.76 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับรูปร่างของโครโมโซมแต่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่าตำแหน่งเซนโทรเมียร์ คือโครโมติด ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “ภาพ A และ C เป็นภาพโครโมโซมเพราะมีรูปร่างเหมือนปาตองโก้ มีแขน 4 แขน และมีโครมาติดอยู่ตรงกลาง”

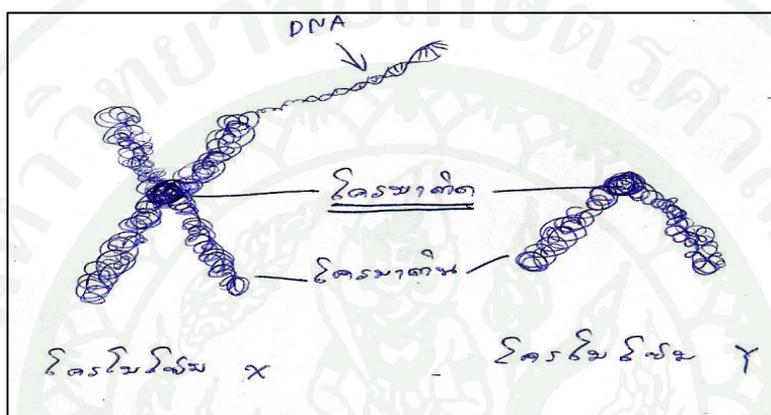


ภาพที่ 2 ภาพคำถามแนวคิดย่อยเรื่องรูปร่างโครโมโซม

จากคำตอบของนักเรียนไม่พบแนวคิดถูกต้องและนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 42.86 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วน ดังตัวอย่างที่ว่า “ภาพ A และ C เพราะมีรูปร่างเป็นปาตองโก้ มีแขน 4 แขน จุดตรงกลางเรียกว่า เซนโทรเมียร์”

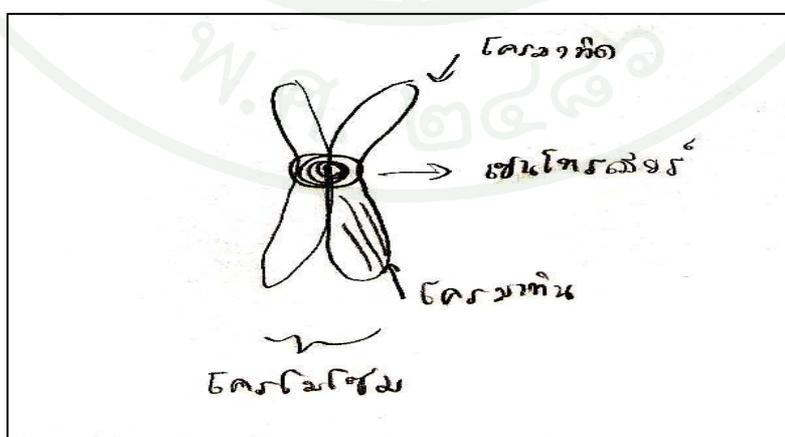
## 2.2 แนวคิดย่อยเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซม

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซม จากตารางที่ 5 พบว่านักเรียนร้อยละ 75 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนโดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับส่วนประกอบของโครโมโซมเนื่องจากนักเรียนระบุตำแหน่งของเซนโทรเมียร์เป็นโครมาติด แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซม

นักเรียนเพียงร้อยละ 7.14 เท่านั้นที่มีแนวคิดย่อยเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซมจัดเป็นแนวคิดถูกต้องเนื่องจากนักเรียนเขียนอธิบายส่วนประกอบของโครโมโซมได้ถูกต้อง แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แนวคิดถูกต้องเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซม

### 2.3 แนวคิดย่อยเรื่องความแตกต่างของโครโมโซม โครมาติน และโครมาติด

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องความแตกต่างของโครโมโซม โครมาติน และโครมาติด จากตารางที่ 5 ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 76.19 มีแนวคิดเรื่องความแตกต่างของโครโมโซม โครมาติน และโครมาติดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนโดยนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจถูกต้องว่า “โครโมโซม โครมาตินและโครมาติดแตกต่างกัน” แต่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า “โครโมโซมเป็นส่วนประกอบของยีนและโครมาติดคือ จุดกลางของโครโมโซม” และมีนักเรียนร้อยละ 8.33 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนเนื่องจากเข้าใจว่าโครโมโซม โครมาตินและโครมาติดเหมือนกัน ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“โครโมโซม โครมาติน และโครมาติด เหมือนกัน เพราะโครโมโซม โครมาติน และโครมาติดล้วนแล้วแต่เป็นส่วนหนึ่งของกันและกัน แตกต่างแค่เพียงตำแหน่ง”

### 2.4 แนวคิดย่อยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนร้อยละ 34.52 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องโดยนักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน ดังคำตอบที่ว่า “ในเซลล์มีนิวเคลียส ในนิวเคลียสมีโครโมโซมและโครโมโซมมียีน” และนักเรียนร้อยละ 52.39 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนเนื่องจากนักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีนได้ถูกต้องดังคำตอบที่ว่า “ยีนอยู่ในโครโมโซม” และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า “นิวเคลียสอยู่ในยีน”

### 2.5 แนวคิดย่อยเรื่องดีเอ็นเอและยีน

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องดีเอ็นเอ และยีน จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนร้อยละ 47.62 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ยีนและดีเอ็นเอแตกต่างกันเพราะดีเอ็นเอเป็นส่วนประกอบหนึ่งของยีน”

จากคำตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนเข้าใจถูกต้องว่า ดีเอ็นเอแตกต่างจากยีนแต่ นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ดีเอ็นเอเป็นส่วนหนึ่งของยีน

นักเรียนร้อยละ 44.05 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน โดยนักเรียนเข้าใจว่ายีนและดีเอ็นเอ เหมือนกันและเป็นสิ่งเดียวกัน ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“เหมือนกันเพราะยีนคือดีเอ็นเอและดีเอ็นเอคือยีนทั้งสองคือสิ่งเดียวกัน”

## 2.6 แนวคิดย่อยเรื่องจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องจำนวน โครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 82.14 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“เซลล์ละออองเรณูเป็นเซลล์สืบพันธุ์ ส่วนเซลล์ราก เซลล์เมล็ด เซลล์ไข่ และ เซลล์กลีบดอก เป็นเซลล์ร่างกาย เพราะเซลล์สืบพันธุ์มีไว้สืบพันธุ์กำหนดเพศ ส่วนเซลล์ร่างกาย มีไว้ควบคุมร่างกายให้ทำงานเป็นตัวกำหนดลักษณะของร่างกาย และระบุจำนวนโครโมโซม ไม่ถูกต้อง”

จากคำตอบของนักเรียนเข้าใจถูกต้องว่า “เซลล์ละออองเรณูเป็นเซลล์สืบพันธุ์ ส่วนเซลล์ราก เซลล์เมล็ด และเซลล์กลีบดอก เป็นเซลล์ร่างกาย” แต่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า “เซลล์ไข่เป็นเซลล์ร่างกาย”

นักเรียนร้อยละ 5.95 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน โดยนักเรียนเข้าใจว่าเซลล์ร่างกาย คือ ออโตโซม ส่วนเซลล์สืบพันธุ์ คือ โครโมโซมเพศ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“เซลล์ละออองเรณู เซลล์เมล็ด และเซลล์ไข่ เป็นเซลล์สืบพันธุ์ ส่วนเซลล์ราก และ เซลล์กลีบดอกเซลล์ร่างกายโครโมโซมคู่ที่ 1-22 ส่วนเซลล์สืบพันธุ์ คือโครโมโซมคู่ที่ 23”

## 2.7 แนวคิดย่อยเรื่องจำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องจำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิตจากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 36.90 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้อง โดยนักเรียน เข้าใจว่าจำนวนโครโมโซมของมนุษย์มีโครโมโซมเท่ากับ 23 คู่ ดังคำตอบที่ว่า “มนุษย์ เพราะมีโครโมโซม 23 คู่ คู่ที่ 23 เป็นโครโมโซมเพศ ” และนักเรียนร้อยละ 22.62 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน ซึ่งนักเรียนมีแนวคิดถูกต้องว่าโครโมโซมในแผนภาพเป็นโครโมโซมของมนุษย์แต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเนื่องจากนักเรียนเข้าใจว่าโครโมโซมร่างกาย คือ ออโตโซม ดังคำตอบที่ว่า “คนมีโครโมโซมร่างกาย 22 คู่ และมีโครโมโซมเพศ 1 คู่ ”

## 2.8 แนวคิดย่อยเรื่องโครโมโซมเพศ

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องโครโมโซมเพศ จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 72.62 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้อง โดยนักเรียนเข้าใจว่าเมื่อมีสัญลักษณ์ XY แสดงว่าเป็นเพศชายและนักเรียนร้อยละ 11.90 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน ดังตัวอย่างที่ว่า “เพศหญิง เพราะการเรียงตัวของโครโมโซมเป็น XY คือ เพศหญิง”

## 2.9 แนวคิดย่อยเรื่องตำแหน่งของโครโมโซมร่างกายมนุษย์

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องตำแหน่งของโครโมโซมร่างกายมนุษย์ จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 40.38 มีแนวคิดย่อยเรื่องตำแหน่งของโครโมโซมร่างกายมนุษย์ จัดเป็นแนวคิดถูกต้องจากคำตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนเข้าใจว่าโครโมโซมร่างกาย ประกอบด้วยออโตโซมและโครโมโซมเพศ ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ออโตโซม เพราะโครโมโซมคู่ที่ 1-22 เป็นออโตโซม” และ นักเรียนร้อยละ 17.86 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนซึ่งนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความหมายของโครโมโซมร่างกายและออโตโซมดังคำตอบที่ว่า “โครโมโซมคู่ที่ 1-22 เป็นโครโมโซมร่างกาย ส่วนโครโมโซมคู่ที่ 23 เป็นโครโมโซมเพศ ” และนักเรียนร้อยละ 15.48 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าไรโบนิวคลีโอไทด์โครโมโซมเกิดจากความผิดปกติของโครโมโซมเพศ

### 3. แนวคิดเรื่องความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม

ผลการสำรวจแนวคิดเรื่องความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม แบ่งผลการศึกษาเป็น 2 แนวคิดย่อย ดังตารางที่ 5

#### 3.1 แนวคิดย่อยเรื่องสาเหตุของโรคทางพันธุกรรม

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องสาเหตุของโรคทางพันธุกรรม จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 44.05 มีแนวคิดย่อยเรื่องสาเหตุของโรคทางพันธุกรรมจัดเป็นแนวคิดถูกต้อง จากคำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจว่าเมื่อจำนวนโครโมโซมในร่างกายขาดหรือเกินส่งผลให้เกิดโรคทางพันธุกรรมได้ ดังตัวอย่างของนักเรียนที่ว่า “ลูกคนที่ 1 เกิดความผิดปกติที่ออโตโซม เพราะโครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 แท่ง ลูกคนที่ 2 ผิดปกติที่โครโมโซมเพศ เพราะโครโมโซมคู่ที่ 23 ขาดหายไป 1 แท่ง” และมีนักเรียนร้อยละ 15.48 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนเนื่องจากนักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับตำแหน่งของการเกิดโรคทางพันธุกรรมแต่อธิบายเหตุผลคลาดเคลื่อนดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ลูกคนที่ 1 ผิดปกติที่ออโตโซม เพราะโครโมโซมร่างกายคู่ที่ 21 เกินมา 1 คู่” และนักเรียนร้อยละ 20.24 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนโดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าสาเหตุของโรคกลุ่มอาการดาวน์เกิดจากความผิดปกติบนโครโมโซมเพศ

#### 3.2 แนวคิดย่อยเรื่องอาการของโรคทางพันธุกรรม

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องอาการของโรคทางพันธุกรรม จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 39.29 มีแนวคิดย่อยเรื่องอาการของโรคทางพันธุกรรม จัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วน ซึ่งนักเรียนสามารถอธิบายอาการของโรคในลูกคนที่ 1 ได้ถูกต้องแต่นักเรียนไม่อธิบายอาการของโรคในลูกคนที่ 2

### 4. แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ผลการศึกษาแนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมแบ่งผลการศึกษาเป็น 4 แนวคิดย่อย ดังตารางที่ 5

#### 4.1 แนวคิดย่อยเรื่องลักษณะเด่น ลักษณะด้อย

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องลักษณะเด่น ลักษณะด้อย จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 60.71 มีแนวคิดย่อยเรื่องลักษณะเด่น ลักษณะด้อย จัดเป็นแนวคิดถูกต้อง ซึ่งนักเรียนเข้าใจว่าลักษณะเด่นมีโอกาสพบได้มากกว่าลักษณะด้อย ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ผิวเผือกเป็นลักษณะด้อยเพราะทั้งสามมีและภรรยาไม่มีสีผิวปกติลูกมีโอกาสเป็นผิวเผือกเพียง 1 ใน 4 การห่อลิ้นได้เป็นลักษณะเด่นเพราะสามารถถ่ายทอดรุ่นลูกได้ร้อยละ 75 ดอกชบาสีแดงเป็นลักษณะเด่นเพราะรุ่นลูกมีดอกสีแดงทั้งหมด และหนุขนสีดำเป็นลักษณะเด่น เพราะรุ่นลูกมีจำนวนมากกว่าหนุขนสีขาว”

นักเรียนร้อยละ 10.71 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนโดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าลักษณะด้อยเป็นลักษณะแฝงไม่แสดงออกมา ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ดอกชบาสีแดงเป็นลักษณะเด่นเพราะลูกมีดอกสีแดงทั้งหมดหนุขนสีดำเป็นลักษณะเด่นเพราะหนุขนสีดำมีจำนวนมากกว่า ห่อลิ้นได้เป็นลักษณะด้อยเพราะเป็นความสามารถพิเศษพบได้น้อย คนผิวเผือกเป็นลักษณะด้อย เพราะเป็นลักษณะที่แฝงไม่แสดงออกมา”

#### 4.2 แนวคิดย่อยเรื่องจีโนไทป์ ฟีนไทป์

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องจีโนไทป์ ฟีนไทป์ จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 42.86 มีแนวคิดย่อยเรื่องจีโนไทป์ ฟีนไทป์ จัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วน ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ดอกสีแดง สีชมพู และสีขาว เป็นฟีนไทป์เพราะเรามองเห็นเนื่องจากเป็นยีนเด่น ที่แสดงออกมา ส่วน TT และ Tt เป็น จีโนไทป์ เพราะถ้าเป็นฟีนไทป์ต้องเขียนว่าต้นสูงมี 2 รูปแบบ คือ ต้นสูงพันธุ์แท้ และ ต้นสูงพันธุ์ทาง”

นักเรียนร้อยละ 16.67 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนเนื่องจากนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า จีโนไทป์เป็นลักษณะของยีนที่แสดงออกมาให้เห็น ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“TT และ Tt เป็นจีโนไทป์เพราะเป็นลักษณะของยีนที่แสดงออกมาให้เห็น ส่วนดอกสีแดง สีชมพู และสีขาวเป็นฟีโนไทป์เพราะสามารถมีการผสมกันหรือมีหลากหลายแบบได้”

นักเรียนร้อยละ 10.71 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากคำตอบของนักเรียน พบว่านักเรียนไม่เข้าใจความหมายและไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างจีโนไทป์กับฟีโนไทป์ได้ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“TT และ Tt เป็นฟีโนไทป์เพราะเป็นการจับคู่กันของยีนในการควบคุมลักษณะ ส่วนดอกสีแดง สีชมพู และสีขาวเป็นจีโนไทป์เพราะลักษณะที่แสดงออกมา”

นักเรียนร้อยละ 28.57 ไม่มีแนวคิด จากการสัมภาษณ์เพิ่มเติม พบว่า นักเรียนจำเนื้อหาเรื่องจีโนไทป์ ฟีโนไทป์ ไม่ได้

#### 4.3 แนวคิดย่อยเรื่องพันธุ์แท้ พันทาง

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องพันธุ์แท้ พันทาง จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 82.14 มีแนวคิดย่อยเรื่องพันธุ์แท้ พันทาง จัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนเนื่องจากนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนดังคำตอบที่ว่า สุนัขขนสีดำ (BB) และถั่วฝักสีเหลือง (aa) เป็นพันธุ์แท้เพราะพ่อและแม่มียีนเด่น ทั้ง 2 ตัว ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“สุนัขขนสีดำ (BB) และถั่วฝักสีเหลือง (aa) เป็นพันธุ์แท้เพราะพ่อและแม่มียีนเด่น ทั้ง 2 ตัว ทำให้ลูกที่ออกมาเป็นพันธุ์แท้ ส่วนมะม่วงพันธุ์มหาชนกและถั่วคันสูงเป็นพันทาง เพราะเป็นการผสมต่างสายพันธุ์”

นักเรียนร้อยละ 13.10 ไม่มีแนวคิดเนื่องจากไม่ตอบคำถามเพราะไม่เข้าใจในเนื้อหาที่เรียนผ่านมาและมีนักเรียนเพียงร้อยละ 4.76 ที่มีแนวคิดถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“สุนัขขนสีดำ (BB) และถั่วฝักสีเหลือง (aa) เป็นพันธุ์แท้ เพราะเกิดจากการจับคู่ของแอลลีลที่มีลักษณะเหมือนกัน ส่วนมะม่วงพันธุ์มหาชนกเป็นพันธุ์ทาง เพราะมี R และ W อยู่ด้วยกัน และถั่วต้นสูงเป็นพันธุ์ทางเพราะต้นสูงต้องมีจีโนไทป์เป็น Tt จะทำให้ได้อัตราส่วนต้นสูงต่อเตี้ยเป็น 1:1”

#### 4.4 แนวคิดย่อยเรื่องกฎเมนเดล

ผลการสำรวจแนวคิดเรื่องกฎเมนเดลแบ่งออกเป็น 2 แนวคิดย่อยดังนี้

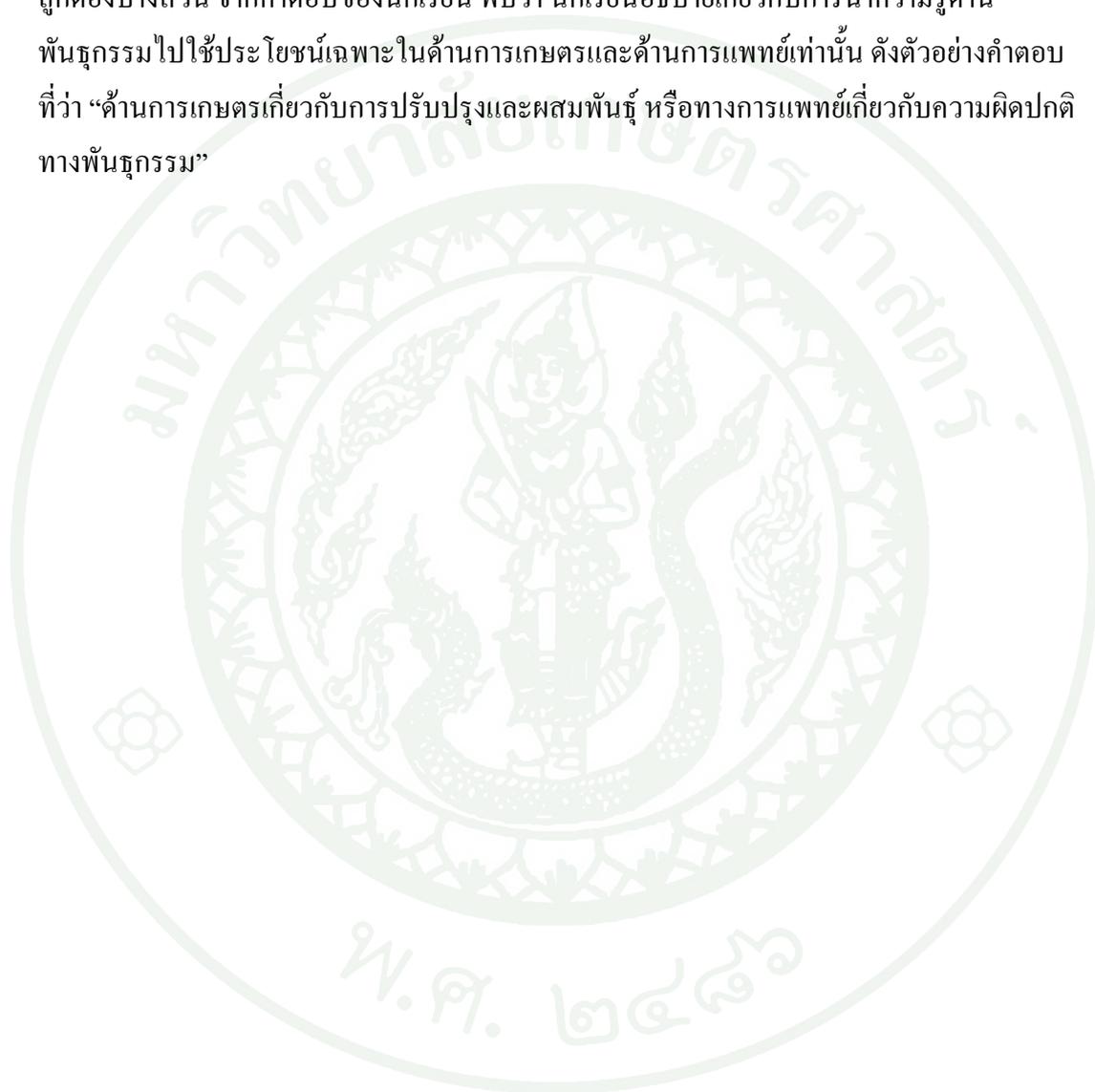
4.4.1 แนวคิดย่อยเรื่องกฎการแยกตัว จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 54.76 มีแนวคิดย่อยเรื่องกฎการแยกตัว จัดเป็นแนวคิดคลาดเคลื่อน จากคำตอบของนักเรียนพบว่า นักเรียนไม่สามารถแยกเซลล์สืบพันธุ์ของพ่อและแม่ได้ ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “RR และ WW คือแบบยีนในเซลล์สืบพันธุ์ของต้นพ่อและต้นแม่ เพราะ ต้นพ้อมีจีโนไทป์เป็น RR และต้นแม่มีจีโนไทป์เป็น WW” และนักเรียนร้อยละ 42.86 ไม่มีแนวคิดเนื่องจากไม่ตอบคำถามเพราะไม่เข้าใจเนื้อหาและลืมเนื้อหา

4.4.2 แนวคิดย่อยเรื่องกฎการรวมตัวอย่างอิสระ จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 40.48 มีแนวคิดย่อยเรื่องกฎการรวมตัวอย่างอิสระจัดเป็นไม่มีแนวคิดเนื่องจากนักเรียนไม่ตอบคำถาม จากการสัมภาษณ์เพิ่มเติม พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหาและนักเรียนร้อยละ 38.09 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนเนื่องจากผลการผสมในรุ่นลูก  $F_2$  ที่เกิดจากรุ่นพ่อแม่  $F_1$  มีจีโนไทป์เป็น RW ไม่ควรได้ลูกที่มีจีโนไทป์เป็น rr ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“รุ่นลูก  $F_1$  มีจีโนไทป์เป็น RW เพราะ R และ W เป็นยีนเด่นทั้งคู่ข่มกัน ไม่ลง ลูกจึงมีสีชมพูและรุ่นลูก  $F_2$  มีจีโนไทป์เป็น RR RW rr และ พีโนไทป์เป็นพันธุ์แท้ และพันธุ์ผสม” และนักเรียนเพียงร้อยละ 19.05 ที่มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “รุ่นลูก  $F_1$  มีจีโนไทป์เป็น RW เพราะเกิดจากการผสมของเซลล์สืบพันธุ์ของพ่อ R และแม่ W และรุ่นลูก  $F_2$  มีจีโนไทป์เป็น RR RW และ WW พีโนไทป์เป็นดอกสีแดง ดอกสีชมพู และดอกสีขาว”

## 5. แนวคิดเรื่องประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม

ผลการสำรวจแนวคิดเรื่องประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรมจากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 75 มีแนวคิดย่อยเรื่องประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรมจัดเป็นแนวคิด ถูกต้องบางส่วน จากคำตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับการนำความรู้ด้าน พันธุกรรมไปใช้ประโยชน์เฉพาะในด้านการเกษตรและด้านการแพทย์เท่านั้น ดังตัวอย่างคำตอบ ที่ว่า “ด้านการเกษตรเกี่ยวกับการปรับปรุงและผสมพันธุ์ หรือทางการแพทย์เกี่ยวกับความผิดปกติ ทางพันธุกรรม”



### ผลการศึกษาดูการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรมระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3

ในการศึกษาดูการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม คำถามในการสัมภาษณ์แบ่งตามประเด็นคำถามออกเป็น 5 ประเด็น คือ การนำเข้าสู่บทเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอนที่ใช้ การนำเข้าสู่บทสรุป และการวัดประเมินผล ผลการศึกษาดูการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรมของครูผู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรมของครูผู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำถาม	กลุ่มคำตอบของครู	ตัวอย่างคำตอบ
1. การนำเข้าสู่บทเรียน	- วาดการ์ตูนเพื่อนำนักเรียนเข้าสู่บทเรียน (ครู ก)	“ส่วนใหญ่จะวาดการ์ตูนเพื่อกระตุ้นความสนใจของเด็กแล้วเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาที่จะเรียน” (ครู ก)
	- ใช้คำถามในการนำนักเรียนเข้าสู่บทเรียน (ครู ข)	“ถามคำถามเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเช่น ข้าวเรื่องพีชจีเอ็มโอเพื่อถามความรู้ของนักเรียนก่อนการเรียน” (ครู ข)
2. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน	- ส่วนใหญ่ครูอธิบายเนื้อหาแล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด (ครู ก และ ข)	“ส่วนใหญ่อธิบายเนื้อหาให้เด็กฟังแล้วถามคำถามเด็กเพื่อตรวจสอบความเข้าใจแล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดบางครั้งก็เสริมด้วยใบความรู้”
3. สื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน	- สื่อที่ใช้เป็นใบงานและใบความรู้ (ครู ก)	“ส่วนใหญ่ที่สอนจะมีใบงานและใบความรู้ประกอบเสมอ” (ครู ก)
	- ใช้สื่อรูปภาพ ใบงาน แบบฝึกหัด (ครู ข)	“สื่อที่ใช้ก็มี รูปภาพ ใบงาน แบบฝึกหัด และใบความรู้” (ครู ข)
4. การนำเข้าสู่บทสรุป	- ส่วนใหญ่เป็นการถามคำถามเพื่อให้นักเรียนสรุปความเข้าใจเป็นรายบุคคลหรือตัวแทนกลุ่ม (ครู ก, ข)	“ส่วนใหญ่จะถามคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเป็นช่วงๆ และสุดท้ายให้นักเรียนสรุปเนื้อหาด้วยตนเองหรือแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปแล้วมานำเสนอผลการสรุปหน้าชั้นเรียน” (ครู ก และ ข)
5. การวัดประเมินผล	- แบบทดสอบและคะแนนจากสมุด (ครู ก และ ข)	“การวัดและประเมินผล ส่วนใหญ่ใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบทั้งการสอบท้ายบท สอบกลางภาค และสอบปลายภาค สำหรับห้องไม่เก่งจะใช้คะแนนสมุดประกอบด้วยทั้งห้องเก่งและห้องอ่อนใช้ข้อสอบชุดเดียวกัน” (ครู ก และ ข)

จากตารางที่ 6 การจัดการสอนครูผู้สอนทั้งสองท่านเป็นไปในทางเดียวกันคือครูเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ไปสู่ผู้เรียน สื่อการสอนที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน คือ ใบงาน ใบความรู้ รูปภาพ และแบบฝึกหัด ในขั้นตอนการนำเข้าสู่บทเรียนครูใช้คำถามที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือเหตุการณ์จริงเพื่อกระตุ้นความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนก่อนการเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนครูผู้สอนอธิบายเนื้อหาและใช้คำถามระหว่างการสอนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน การนำเข้าสู่บทสรุปส่วนใหญ่ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียน สรุปเนื้อหาที่เรียนแบบรายคนและรายกลุ่ม การวัดประเมินผลส่วนใหญ่ใช้แบบทดสอบ คะแนนสมุด และการถามตอบระหว่างการเรียน

กล่าวโดยสรุป จากผลการสำรวจแนวคิดพื้นฐานธรรมในการศึกษาในระยะที่ 1 ผลการสำรวจแนวคิดของนักเรียนครู และการจัดการเรียนการสอนเรื่องพื้นฐานธรรม จากการวิเคราะห์แนวคิดพื้นฐานธรรมของนักเรียน พบว่า แนวคิดที่นักเรียนคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ แนวคิดย่อยเรื่อง กฎการแยกตัว และ ดีเอ็นเอ ยีน คิดเป็นร้อยละ 54.76 และ 44.05 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Saka *et al.* (2006) ที่พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาและระดับมหาวิทยาลัยมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน โดยนักเรียนเข้าใจหน้าที่ของยีนแต่ไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง ยีน ดีเอ็นเอ ได้ จากผลการวาดภาพความสัมพันธ์ระหว่าง โครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน พบว่านักเรียนวาดภาพเซลล์ที่ประกอบ ยีน ดีเอ็นเอ และ โครโมโซมแยกกัน เช่นเดียวกับผลการศึกษาของจิตตินันท์ สาตะนิมิ (2550) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง ยีน โครโมโซม นิวเคลียส และเซลล์ได้ทั้งที่แนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดพื้นฐาน นอกจากนี้ จิตตินันท์ สาตะนิมิ ได้กล่าวเพิ่มเติมว่าถ้านักเรียนขาดความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดพื้นฐานแล้วย่อมทำให้นักเรียนไม่สามารถนำแนวคิดเดิมไปเชื่อมโยงกับแนวคิดใหม่ได้ สาเหตุสำคัญที่ทำให้ นักเรียนมีแนวคิดพื้นฐานคลาดเคลื่อนอาจเนื่องจากแนวคิดพื้นฐานส่วนใหญ่เป็นแนวคิดที่มีความเป็นนามธรรม มีคำศัพท์เฉพาะจำนวนมากและในแนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมต้องใช้ความรู้คณิตศาสตร์ (Knippels *et al.*, 2005) และจำเป็นต้องใช้แนวคิดพื้นฐานเรื่องการแบ่งเซลล์แต่หลักสูตรวิทยาศาสตร์แยกเนื้อหาดังกล่าวออกจากเนื้อหาเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมส่งผลให้นักเรียนมีข้อจำกัดในการเรียนรู้ (Lewis, Leach, and Wood-Robinson, 2000b)

การจัดการเรียนการสอนเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้ จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนการสอน พบว่า ครูผู้สอนใช้เทคนิคการสอนแบบบรรยายสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ทศนียา รัตนฤทัย (2549) พบว่า วิธีการสอน

ครูใช้ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุศาสตร์ คือ การสอนแบบบรรยาย ซึ่งวิธีการสอนแบบบรรยายทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนได้เพราะนักเรียนได้รับข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียว ขาดการลงมือปฏิบัติ การลงมือปฏิบัติเป็นวิธีการที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ที่นักเรียนได้ปฏิบัติ สามารถจดจำสิ่งที่เรียนรู้ได้ยาวนานและพัฒนาไปสู่การสร้างแนวคิดต่อไป สำหรับเนื้อหาพันธุกรรมบางเนื้อหาไม่สามารถลงมือปฏิบัติได้เนื่องจากเนื้อหาดังกล่าวมีความเป็นนามธรรมยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน เช่น เรื่องดีเอ็นเอ ยีน และโครโมโซม เป็นต้น นักเรียนไม่สามารถรับประสบการณ์ตรงในเนื้อหานั้นได้แต่ต้องใช้จินตนาการในการทำความเข้าใจ อาจทำให้นักเรียนเกิดจินตนาการที่ผิดจากความเป็นจริง (Fisher, 1985) ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนจำเป็นจะต้องใช้สื่อการสอนที่หลากหลายเช่น สื่อแอนิเมชัน สื่อมัลติมีเดีย เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรม แต่จากผลการสัมภาษณ์ครูผู้สอน พบว่า สื่อการสอนที่ครูใช้ในการจัดการเรียนการสอน คือ ใบความรู้ ใบงาน และรูปภาพ (ทัศนียา รัตนฤทัย, 2549) ส่งผลให้นักเรียนมีแนวคิดดังกล่าวคลาดเคลื่อนได้ สำหรับแนวคิดเรื่องโครโมโซมเพศและลักษณะเด่น ลักษณะด้อยเป็นแนวคิดที่นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 72.62 และ 60.71 ตามลำดับ สำหรับแนวคิดเรื่อง ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ทัศนียา รัตนฤทัย (2549) ที่พบว่า นักเรียนคิดว่าไม่มีปัญหาในการเรียนเรื่องลักษณะเด่น ลักษณะด้อย ส่วนแนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีแนวคิดในเรื่อง กฎการแยกตัว กฎการรวมตัวอย่างอิสระ และจีโนไทป์ ฟีนไทป์ เนื่องจากนักเรียนไม่ตอบคำถาม คิดเป็นร้อยละ 42.86 40.48 และ 28.57 ตามลำดับ โดยนักเรียนตอบว่าไม่เข้าใจเนื้อหาและลืมเนื้อหา

แม้ว่านักเรียนจะผ่านการเรียนในเนื้อหาเกี่ยวกับพันธุกรรมมาแล้วก็ตามจากผลการสำรวจแนวคิดพันธุกรรม พบว่า นักเรียนจำนวนมากยังมีแนวคิดพันธุกรรมในหลายแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องพันธุกรรมเพื่อพัฒนาแนวคิดที่ถูกต้องและลดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน หลักการสำคัญที่ผู้วิจัยใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมแนวคิด คือ นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติจริงทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ที่ได้ปฏิบัติ มีส่วนร่วมในการเรียนรู้จักใช้ความคิดเหตุผล จัดจำแนกความแตกต่างสิ่งของต่างๆ ด้วยการพินิจพิเคราะห์ และรู้จักสังเกต (จ่านง พรายเข้มแข, 2516; มังกร ทองสุชาติ, 2535) โดยครูผู้สอนจัดการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงกับสิ่งแวดล้อมของนักเรียน (Bruning *et al.*, 1990 อ้างใน วัชรพงษ์ อภิญญารังสี, 2548) ลดวิธีการสอนแบบบรรยายและใช้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมเพื่อให้นักเรียนสร้างแนวคิดอย่างมีเหตุผลและเข้าใจได้ (จ่านง พรายเข้มแข, 2516 และ ภพ เลหาไพบูลย์, 2540) ซึ่งหลักการดังกล่าวสอดคล้อง

กับรูปแบบการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้แสวงหาความรู้ คำตอบ และข้อเท็จจริงด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ (อนันต์ จันทร์กวี, 2523; สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531) จากผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้น (ไตรรัตน์ รัตนเดช, 2551 และ จันทร์จิรา ภมรศิลป์ธรรม, 2551) มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น (ประภัสสร ผลสินธุ์, 2547) และมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง (วิชาญ เลิศลพ, 2543; สุรจิตา เศรษฐภักดี, 2547) และการจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมในครั้งนี้ผู้วิจัยนำสื่อการเรียนการสอนที่หลากหลาย ประกอบการจัดการเรียนการสอนในแนวคิดที่เป็นนามธรรม ซึ่งการใช้สื่อการสอนจะช่วยเพิ่มความเข้าใจในแนวคิดนามธรรมที่เป็นแนวคิดพื้นฐานทางพันธุกรรมได้ (Rotbain, Marbach-Ad, and Stavy, 2007)

## แนวคิดพื้นฐานของนักเรียนก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

จากผลการศึกษาแนวคิดพื้นฐานก่อนการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพื้นฐานแบ่งการวิเคราะห์แนวคิดเป็น 5 แนวคิดหลักดังต่อไปนี้

### 1. แนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม

ผลการศึกษาแนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพื้นฐาน แบ่งออกเป็น 4 แนวคิดย่อย ดังนี้

#### 1.1 แนวคิดย่อยเรื่องความหมายของลักษณะทางพันธุกรรม

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องความหมายของลักษณะทางพันธุกรรม ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องความหมายของลักษณะทางพันธุกรรมก่อนและหลังการเรียนรู้ จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภทแนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	ลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูกหรือจากบรรพบุรุษสู่ลูกหลาน	21	46.67	39	86.67
PU	ลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูก	19	42.22	6	13.33
PU/SM	ลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูกหรือจากบรรพบุรุษสู่ลูกหลานและเปลี่ยนแปลงไม่ได้	4	8.89	-	-
SM	-	-	-	-	-
NU	ไม่ตอบคำถาม	1	2.22	-	-
	รวมทั้งหมด	45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 7 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องความหมายของลักษณะทางพันธุกรรม ก่อนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องร้อยละ 46.67 ซึ่งนักเรียน เข้าใจความหมายของลักษณะทางพันธุกรรมถูกต้องจากคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ลักษณะทาง พันธุกรรม หมายถึง ลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูกหรือจากบรรพบุรุษสู่ลูกหลาน” นักเรียน ร้อยละ 42.22 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนซึ่งนักเรียนเข้าใจว่า “ลักษณะทางพันธุกรรม หมายถึง ลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูก” และนักเรียนร้อยละ 8.89 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิด ถูกต้องบางส่วนซึ่งนักเรียนเข้าใจถูกต้องว่า “ลักษณะทางพันธุกรรม หมายถึง ลักษณะที่ถ่ายทอด จากพ่อแม่สู่ลูกหรือจากบรรพบุรุษสู่ลูกหลาน” แต่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า “ลักษณะทางพันธุกรรมไม่ สามารถเปลี่ยนแปลงได้”

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม พบว่า นักเรียนมีแนวคิดย่อยเรื่องความหมายของลักษณะทางพันธุกรรมจัดเป็นแนวคิดถูกต้อง เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 86.67 และนักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนลดลงคิดเป็นร้อยละ 13.33

จากผลการวิเคราะห์ใบงานเรื่อง ครอบครัวของฉัน (ตารางผนวกที่ 1) พบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนในเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมทำให้นักเรียนร้อยละ 64.44 สรุป ความหมายของลักษณะทางพันธุกรรมได้ถูกต้องอยู่ในระดับดี ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ลักษณะทางพันธุกรรม หมายถึง ลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏในตัวเราได้รับการ ถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษ โดยผ่านยีนและสามารถถ่ายทอดต่อไปยังลูกหลานได้”

## 1.2 แนวคิดย่อยเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะที่ไม่ใช่ ลักษณะทางพันธุกรรม ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรมก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	สีขาว มีลักษณะ ผมหงอก เป็นลักษณะทางพันธุกรรมเพราะเป็นลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูก ส่วนรอยแผลเป็น และความสามารถในการเล่นเทนนิสเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นภายหลังและเกิดจากการฝึกฝน	40	88.89	44	97.78
PU	สีขาว มีลักษณะ ผมหงอก เป็นลักษณะเด่นไม่สามารถสร้างเองได้ ส่วนรอยแผลเป็น ความสามารถในการเล่นเทนนิสเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นภายหลังและเกิดจากการฝึกฝน	5	11.11	1	2.22
PU/SM	-	-	-	-	-
SM	-	-	-	-	-
NU	-	-	-	-	-
	รวมทั้งหมด	45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 8 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรมก่อนการเรียน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรมจัดเป็นแนวคิดถูกต้องร้อยละ 88.89 ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม ดังคำตอบของนักเรียน “สีขาว มีลักษณะ ผมหงอก เป็นลักษณะทางพันธุกรรมเพราะเป็นลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูก ส่วนรอยแผลเป็น และความสามารถในการเล่นเทนนิสเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นภายหลังและเกิดจากการฝึกฝน” และนักเรียนร้อยละ 11.11 เข้าใจว่า “สีขาว มีลักษณะ ผมหงอก เป็นลักษณะเด่นไม่สามารถสร้างเองได้” ซึ่งจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วน

หลังจากได้รับการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนแนวคิด ถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 97.78 และมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเป็นร้อยละ 2.22

### 1.3 แนวคิดย่อยเรื่องความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม

ผลการศึกษานักเรียนแนวคิดย่อยเรื่องความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม  
ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรมก่อนและ  
หลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	-	-	-	-	-
PU	ความสูง และน้ำหนัก เป็นลักษณะพันธุกรรมที่แปรผันแบบต่อเนื่อง ส่วนการมีติ่งหู ห่อลิ้นได้ ตา 2 ชั้นเป็นลักษณะพันธุกรรมที่แปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง	23	51.11	40	88.89
	ความสูง เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันแบบต่อเนื่องและการมีติ่งหูและห่อลิ้นได้เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง แต่ไม่แสดงเหตุผลประกอบ	4	8.89	5	11.11
	รวม	27	60	45	100
PU/SM	ความสูง และน้ำหนัก เป็นลักษณะที่สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมไปสู่รุ่นลูกได้ ส่วนการมีติ่งหู ห่อลิ้นได้และตา 2 ชั้นเป็นลักษณะที่ไม่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมไปสู่รุ่นลูกได้	2	4.44	-	-
	ความสูง การมีติ่งหู เป็นลักษณะที่เปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่อง ส่วนการห่อลิ้นได้เป็นลักษณะที่เปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเนื่องเป็นความสามารถส่วนบุคคลไม่เกี่ยวกับพันธุกรรม	6	13.33	-	-
	รวม	8	17.78	-	-

## ตารางที่ 9 (ต่อ)

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SM	การมีคิงหูกและห่อลื่นได้เป็นเป็นลักษณะที่เปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่อง ส่วนความสูงเป็นลักษณะที่เปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเนื่อง	10	22.22	-	-
NU	-	-	-	-	-
	รวมทั้งหมด	45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 9 ผลการศึกษาแนวคิดย่อย เรื่องความแปรผันของลักษณะพันธุกรรม ก่อนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 60 มีแนวคิดดังกล่าวจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วน ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่สามารถแยกแยะความแตกต่างของความแปรผันแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องได้แต่ไม่อธิบายเหตุผล ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ความสูง และน้ำหนัก เป็นลักษณะพันธุกรรมที่แปรผันแบบต่อเนื่อง ส่วนการมีคิงหูก ห่อลื่นได้และตา 2 ชั้นเป็นเป็นลักษณะพันธุกรรมที่แปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง”

นักเรียนร้อยละ 17.78 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องจากคำตอบที่ว่า “ความสูง การมีคิงหูก เป็นลักษณะที่เปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่อง ส่วนการห่อลื่นได้เป็นลักษณะที่เปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเนื่อง” และนักเรียนอธิบายว่า การห่อลื่นได้เป็นความสามารถส่วนบุคคลไม่เกี่ยวกับพันธุกรรม ซึ่งจัดเป็นแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนร้อยละ 22.22 แสดงดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“การมีคิงหูกและห่อลื่นได้เป็นเป็นลักษณะที่เปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่อง ส่วนความสูงเป็นลักษณะที่เปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเนื่อง”

หลังจากได้รับการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิด ถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 100 ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่สามารถแยกแยะลักษณะพันธุกรรม แบบแปรผันต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องได้แต่ไม่แสดงผล ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ความสูง และน้ำหนัก เป็นลักษณะพันธุกรรมที่แปรผันแบบต่อเนื่อง ส่วนการมีติ่งหู ห่อลิ้น ได้และตา 2 ชั้นเป็นเป็นลักษณะพันธุกรรมที่แปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง”

ผลการวิเคราะห์ใบงานเรื่องความแปรผันทางพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ 2) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 97.78 สรุปความหมายเกี่ยวกับความแปรผันของลักษณะ พันธุกรรมอยู่ในระดับพอใช้ เนื่องจากนักเรียนสามารถแยกแยะความแตกต่างของความแปรผัน แบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องได้แต่ไม่แสดงผล ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ลักษณะทางพันธุกรรมแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ลักษณะทางพันธุกรรม แปรผันแบบต่อเนื่องสามารถเปลี่ยนแปลงได้เรื่อยๆ เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง และ ลักษณะ ทางพันธุกรรมแปรผันแบบไม่ต่อเนื่องไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เช่น ห่อลิ้น มีติ่งหู”

#### 1.4 แนวคิดย่อยเรื่องปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะทางพันธุกรรม

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะทางพันธุกรรม ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะทางพันธุกรรม ก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	ได้ เพราะช่อดคาบอดสีเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อมไม่ เกี่ยวข้องในระดับยีน ลักษณะดังกล่าวจึงไม่สามารถ ถ่ายทอดไปยังลูกได้ ดังนั้นลูกชายของช่อดคาและ กรวิกจึงสามารถมองเห็นวัตถุที่มีสีแดงได้	30	66.67	44	97.78

## ตารางที่ 10 (ต่อ)

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
PU	ได้ เพราะ อาการตาบอดสีเกิดจากอุบัติเหตุ	2	4.44	1	2.22
PU/SM	ได้ สายตาของคนไม่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม	5	11.11	-	-
	ได้ เพราะกรวิกมีสายตาปกติลูกจึงมีสายตาปกติ	3	6.67	-	-
	ไม่ได้เพราะ ซ้อลดาไม่ได้ตาบอดสีมาตั้งแต่เกิด	5	11.11	-	-
	รวม	13	28.89	-	-
SM	-	-	-	-	-
NU	-	-	-	-	-
	รวมทั้งหมด	45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 10 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะทางพันธุกรรมก่อนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 66.67 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้อง ซึ่งนักเรียนเข้าใจว่า ปัจจัยสิ่งแวดล้อมไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในระดับยีน ดังนั้นอาการตาบอดสีที่เกิดจากอุบัติเหตุจึงไม่ถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้ นักเรียนร้อยละ 4.44 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและนักเรียนร้อยละ 28.89 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนโดยนักเรียนเข้าใจแนวคิดดังกล่าวคลาดเคลื่อน ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “สายตาของคนไม่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม” และ “กรวิกมีสายตาปกติลูกจึงมีสายตาปกติ”

จากการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมนักเรียนอธิบายว่า สายตาปกติอาจเกิดขึ้นได้จากการได้รับยีนจากพ่อแต่ตามหลักวิทยาศาสตร์แล้วยีนควบคุมตาบอดสีอยู่บนโครโมโซม X ซึ่งลูกชายจะได้รับโครโมโซม X จากแม่เท่านั้น

หลังจากผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 97.78 และแนวคิดถูกต้องบางส่วนลดลงเป็นร้อยละ 2.22

กิจกรรมการเรียนการสอนในเรื่องปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะทางพันธุกรรมทำให้นักเรียนมีแนวคิดดังกล่าวจัดเป็นแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ใบงานเรื่อง ความแปรผันทางพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ 3) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 80 เข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรมจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับพอใช้ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“สภาพแวดล้อมและอาหาร ลักษณะทางพันธุกรรมที่เปลี่ยนแปลงไม่สามารถถ่ายทอดได้เพราะเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นภายหลัง”

## 2. แนวคิดเรื่องโครโมโซม

ผลการศึกษาแนวคิดเรื่องโครโมโซมก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม แบ่งออกเป็น 9 แนวคิดย่อยดังนี้

### 2.1 แนวคิดย่อยเรื่องรูปร่างของโครโมโซม

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องรูปร่างของโครโมโซม ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องรูปร่างของโครโมโซมก่อนและหลังการเรียนรู้จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภทแนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	ภาพ A B C และ D เพราะโครโมโซม 1 แท่งประกอบด้วย โครมาทิด 1 หรือ 2 สาย	0	0	10	22.22
PU	ภาพ A และ B เป็นโครโมโซมเดี่ยวและคู่	4	8.89	-	-
	ภาพ A เพราะโครโมโซมมีลักษณะเป็นคู่	10	22.22	-	-
	ภาพ A C เพราะโครโมโซมมีลักษณะเป็นคู่	4	8.89	12	26.67
	ภาพ A เพราะคล้ายปาตองโก้	9	20.00	3	6.67
	ภาพ A เพราะเคยเห็นในหนังสือเรียน	4	8.89	-	-

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
	ภาพ A เพราะรูปร่างครบองค์ประกอบ	14	31.11	-	-
	ภาพ A, C และ D เพราะประกอบด้วยโครมาติด 2 อัน และจุดเชื่อมเรียกว่าเซนโทริเมอร์	-	-	7	15.56
	ภาพ A,B,C และ D เพราะรูปร่างโครโมโซมขึ้นอยู่ กับตำแหน่งของเซนโทริเมอร์	-	-	13	28.89
	รวม	45	100	35	77.78
PU/SM	-	0	0	0	0
SM	-	0	0	0	0
NU	-	0	0	0	0
	รวมทั้งหมด	45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 11 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องรูปร่างของ โครโมโซมก่อนการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีแนวคิดเรื่องรูปร่างของ โครโมโซมจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนร้อยละ 100 โดยนักเรียนเข้าใจว่าโครโมโซมมีลักษณะเป็นคู่คล้ายปาตองโกซึ่งเกิดจากโครมาติด 2 อันประกอบกัน

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องรูปร่างของ โครโมโซมจัดเป็นแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 22.22 และแนวคิดถูกต้องบางส่วนลดลงเป็นร้อยละ 77.78 และผลการวิเคราะห์คำตอบจากใบงานเรื่องรูปร่างและโครงสร้าง ของโครโมโซม (ตารางผนวกที่ 4) พบว่า นักเรียนร้อยละ 40 เข้าใจเกี่ยวกับรูปร่างของโครโมโซมอยู่ในระดับดี เนื่องจากนักเรียนวาดภาพแสดงรูปร่างโครโมโซมที่ประกอบด้วย 1 หรือ 2 โครมาติดและอธิบายความแตกต่างของรูปร่างโครโมโซมว่าขึ้นอยู่กัตำแหน่งของเซนโทริเมอร์

## 2.2 แนวคิดย่อยเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซม

ผลการศึกษานแนวคิดย่อยเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซม ดังตารางที่ 12

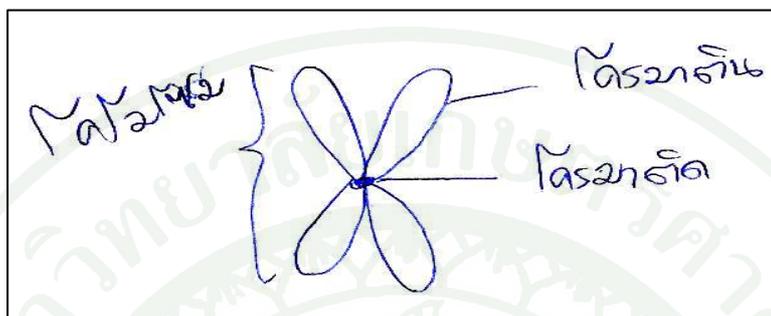
ตารางที่ 12 ผลการศึกษานแนวคิดย่อยเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซมก่อนและหลังการเรียน  
จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	วาดภาพโครโมโซมประกอบด้วย 1 หรือ 2 โครมาติด โดยเขียนระบุตำแหน่งของโครมาติด โครมาติน และเซนโทเมียร์ ได้ถูกต้อง	-	-	22	48.89
PU	วาดภาพโครโมโซมประกอบด้วย 1 หรือ 2 โครมาติดโครมาติดไม่ระบุส่วนประกอบ	28	62.22	-	-
	วาดภาพโครโมโซมประกอบด้วย 1 หรือ 2 โครมาติดระบุแต่ส่วนประกอบไม่สมบูรณ์	2	4.44	18	40.00
	รวม	30	66.67	18	40.00
PU/SM	วาดแสดงองค์ประกอบของโครโมโซมประกอบด้วย 1 หรือ 2 โครมาติดระบุส่วนประกอบคลาดเคลื่อน	11	24.44	5	11.11
SM	วาดองค์ประกอบของโครโมโซมคลาดเคลื่อน	4	8.89	-	-
NU	-	-	-	-	-
	รวมทั้งหมด	45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง  
แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน,  
NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

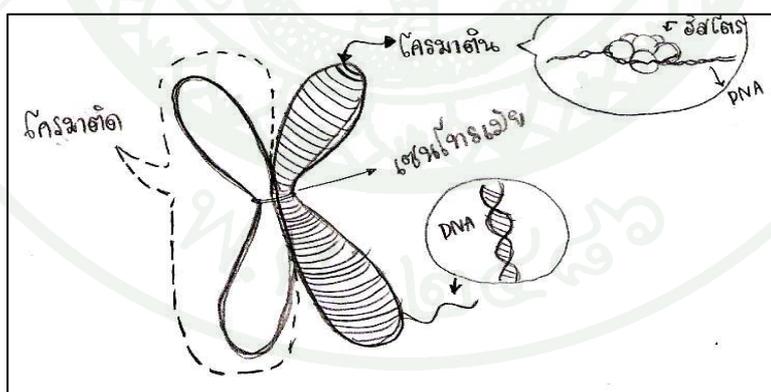
จากตารางที่ 12 ผลการศึกษานแนวคิดย่อยเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซม  
ก่อนการเรียน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซมจัดเป็นแนวคิดถูกต้อง  
บางส่วนร้อยละ 66.67 แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ 24.44 โดยนักเรียน

เข้าใจถูกต้องว่าโครโมโซมมีลักษณะเป็นคู่คล้ายปาตองโกซึ่งเกิดจากโครมาติด 2 อันประกบกันแต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเนื่องจากนักเรียนระบุส่วนประกอบของโครโมโซมคลาดเคลื่อน และนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนร้อยละ 8.89 เนื่องจากนักเรียนระบุตำแหน่งของเซนโทรเมียร์เป็นโครมาติด ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซม

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 48.89 โดยนักเรียนวาดภาพแสดงรูปร่างและองค์ประกอบของโครโมโซมได้ครบถ้วนและถูกต้อง (ดังภาพที่ 6) แนวคิดถูกต้องบางส่วนลดลงเป็นร้อยละ 40 และมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนลดลงเป็นร้อยละ 11.11



ภาพที่ 6 แนวคิดถูกต้องเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซม

ผลการวิเคราะห์คำตอบจากใบงานเรื่องรูปร่างและโครงสร้างของโครโมโซม (ตารางผนวกที่ 5) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 84.44 วาดภาพแสดงส่วนประกอบของโครโมโซมถูกต้องอยู่ในระดับดี ซึ่งโครโมโซมประกอบด้วย โครมาติน โครมาติด และเซนโทรเมียร์

### 2.3 แนวคิดย่อยเรื่องความแตกต่างของโครโมโซม โครมาตินและ โครมาติด

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องความแตกต่างของโครโมโซม โครมาติน และ โครมาติด ดังตารางที่ 13

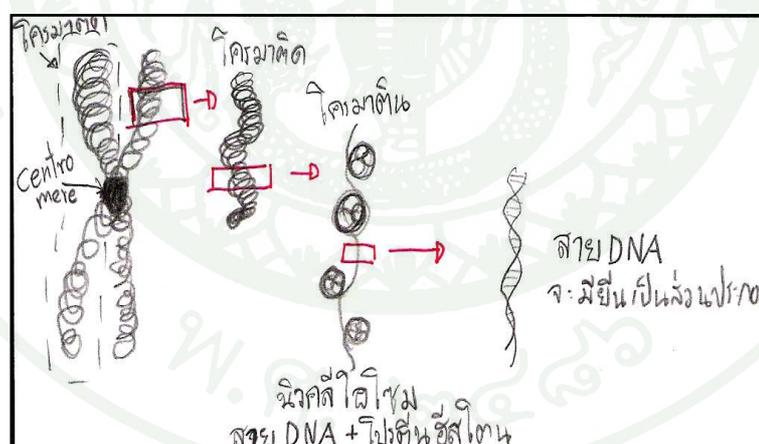
ตารางที่ 13 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องความแตกต่างของโครโมโซม โครมาติน และ โครมาติด ก่อนและหลังการเรียนรู้ จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภทแนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	-	-	-	-	-
PU	แตกต่างเพราะโครมาตินเกิดจากดีเอ็นเอพันกับโปรตีนเป็นโครมาติด โครมาติด 2 อันรวมกันเป็นโครโมโซม	-	-	16	35.56
	แตกต่างเพราะโครมาติดคือขาข้างหนึ่งของโครโมโซม โครมาตินคือดีเอ็นเอซึ่งพันกับโปรตีน	-	-	10	22.22
	แตกต่างเพราะโครมาตินและโครมาติดเป็นส่วนประกอบของโครโมโซม	7	15.56	9	20.00
	รวม	7	15.56	35	77.78
PU/SM	แตกต่างกันเพราะมีรูปร่างที่แตกต่างกัน	3	6.67	1	2.22
	แตกต่างกันเพราะชื่อแตกต่างกัน	23	51.11	-	-
	แตกต่างกันเพราะทำหน้าที่ต่างกัน	-	-	3	6.67
	เหมือนกันเพราะโครมาตินและโครมาติดเป็นส่วนหนึ่งของโครโมโซม	-	-	6	13.33
รวม	26	57.78	10	22.22	
SM	เหมือนกันเพราะมีชื่อคล้ายกัน	12	26.67	-	-
NU	-	-	-	-	
รวมทั้งหมด		45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 13 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องความแตกต่างของโครโมโซม โครมาติน และ โครมาติด ก่อนการเรียน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วน ร้อยละ 15.56 แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนสูงถึงร้อยละ 57.78 เนื่องจากนักเรียน เข้าใจถูกต้องว่า “โครโมโซม โครมาติน และ โครมาติดแตกต่างกัน” แต่นักเรียนให้เหตุผลจัดเป็น แนวคิดคลาดเคลื่อนเนื่องจากนักเรียนเข้าใจว่า “โครโมโซม โครมาติน และ โครมาติดแตกต่างกัน เพราะ ชื่อแตกต่างกัน” และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนร้อยละ 26.67 เนื่องจากเข้าใจว่า โครโมโซม โครมาติน และ โครมาติดเหมือนกันเพราะมีชื่อคล้ายกัน

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมี แนวคิดเรื่องความแตกต่างของโครโมโซม โครมาติน และ โครมาติด จัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วน เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 77.78 แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ 2.22 และนักเรียนมี แนวคิดคลาดเคลื่อนลดลงเป็นร้อยละ 20 จากผลการตรวจคำตอบจากใบงานเรื่องรูปร่างและ โครงสร้าง ของโครโมโซม (ตารางผนวกที่ 6) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 91.11 เข้าใจเกี่ยวกับโครโมโซม โครมาติน และ โครมาติด อยู่ในระดับดี เพราะนักเรียนสามารถวาดภาพแสดงแต่ละองค์ประกอบได้ ชัดเจนและถูกต้อง ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ส่วนประกอบของโครโมโซมจากใบงาน

จากภาพที่ 7 นักเรียนอธิบายว่า “ ขาข้างหนึ่งของโครโมโซมเรียกว่า โครมาติด เมื่อดึงออกคือโครมาติน โครมาตินประกอบด้วย ดีเอ็นเอกับโปรตีน”

## 2.4 แนวคิดย่อยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน ก่อนและหลังการเรียนรู้ จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภทแนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	วาดภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และ ยีน ได้ถูกต้องสมบูรณ์พร้อมอธิบายภาพได้ถูกต้อง	17	37.78	45	100.00
PU	วาดภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และ ยีน ได้ถูกต้องสมบูรณ์แต่ไม่อธิบายภาพ	1	2.22	-	-
PU/SM	วาดภาพใน 1 เซลล์หลายนิวเคลียสและอธิบายว่าในเซลล์มีนิวเคลียสในนิวเคลียสมีโครโมโซม ในโครโมโซมมียีน	9	20	-	-
	วาดภาพโครโมโซมและยีนแยกจากกัน	12	24.44	-	-
	โครโมโซมอยู่ในเซลล์ ยีนอยู่ในนิวเคลียส	6	13.33	-	-
	นิวเคลียสอยู่ในโครโมโซมแต่วาดรูปผิด				
	รวม	27	60	-	-
SM	-	-	-	-	-
NU	-	-	-	-	-
	รวมทั้งหมด	45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 14 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน ก่อนการเรียน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องร้อยละ 37.78 แนวคิดถูกต้องบางส่วนร้อยละ 2.22 และแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ 60 โดยนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเรียงลำดับส่วนประกอบจากภายนอกเซลล์เข้าไปภายในเซลล์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

“โครโมโซมอยู่ในเซลล์ ยีนอยู่ในนิวเคลียส นิวเคลียสอยู่ในโครโมโซม”

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน จัดเป็นแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 100 ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

“เซลล์มีนิวเคลียส ในนิวเคลียสมีโครโมโซมที่เกิดจากการขดแน่นของโครมาติน และในโครมาตินมีดีเอ็นเอและยีน”

จากผลการวิเคราะห์คำตอบจากใบงานเรื่อง โครงสร้างโครโมโซม (ตารางผนวกที่ 7) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 93.33 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีนในระดับดี ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ในเซลล์มีนิวเคลียสในนิวเคลียสมีโครโมโซมข้างหนึ่งของโครโมโซม เรียกว่า โครมาติด เมื่อยัดโครโมโซมออกได้โครมาติน ในโครมาตินมีเส้นดีเอ็นเอพันรวมกับโปรตีนและยีนเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอ”

## 2.5 แนวคิดย่อยเรื่องดีเอ็นเอและยีน

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องดีเอ็นเอและยีน ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องดีเอ็นเอและยีนของนักเรียนก่อนและหลังการเรียนรู้  
จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	-	-	-	-	-
PU	แตกต่างกันเพราะยีนเป็นพันธุกรรมที่อยู่ในดีเอ็นเอ สามารถถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรม	2	4.44	-	-
	แตกต่างกันเพราะยีนเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอ ทำหน้าที่ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	-	-	37	82.22
	รวม	2	4.44	37	82.22
PU/SM	แตกต่างกันเพราะ ดีเอ็นเอเป็นส่วนหนึ่งของยีน	8	13.33	-	-
	เหมือนกันเพราะทั้งยีนและดีเอ็นเอสามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้	26	53.33	5	11.11
	แตกต่างกันเพราะยีนเป็นหน่วยควบคุมลักษณะพันธุกรรม ส่วนดีเอ็นเอเป็นรหัสพันธุกรรม	9	20.00	-	-
	เหมือนกันเพราะยีนเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอ	-	-	3	6.67
รวม	43	95.56	8	17.78	
SM	-	-	-	-	-
NU	-	-	-	-	-
รวมทั้งหมด		45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 15 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องดีเอ็นเอและยีน ก่อนการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนร้อยละ 4.44 และแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ 95.56 โดยนักเรียนมีแนวคิดถูกต้องว่า ดีเอ็นเอและยีนต่างกันและมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า ดีเอ็นเอเป็นส่วนหนึ่งของยีน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ดีเอ็นเอและยีนแตกต่างกันเพราะดีเอ็นเอเป็นส่วนหนึ่งของยีน”

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่อง ดีเอ็นเอและยีน จัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้นเป็น 82.22 จากคำตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าดีเอ็นเอและยีน แตกต่างกัน โดยยีนเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอ ทำหน้าที่ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “ดีเอ็นเอและยีน แตกต่างกันเพราะยีนเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอทำหน้าที่ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม” และนักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนลดลงเป็นร้อยละ 17.78

จากผลการวิเคราะห์คำตอบจากใบงานเรื่อง โครงสร้างโครโมโซม (ตารางผนวกที่ 8) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 84.44 เข้าใจความแตกต่างของดีเอ็นเอและยีนอยู่ในระดับดี โดยนักเรียนเข้าใจว่า “ยีนเป็นส่วนประกอบของดีเอ็นเอและดีเอ็นเอมีลักษณะเป็นเกลียว”

## 2.6 แนวคิดย่อยเรื่องจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องจำนวน โครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์  
ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องจำนวน โครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์  
ก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	เซลล์อะออเรนญูและเซลล์ไข่เป็นเซลล์สืบพันธุ์ ส่วนเซลล์ราก เซลล์เมสตีด และเซลล์กลีบดอกเป็น เซลล์ร่างกายเซลล์สืบพันธุ์มีจำนวน โครโมโซม ครึ่งหนึ่งของจำนวน โครโมโซมในเซลล์ร่างกาย	4	8.89	45	100
PU	เซลล์อะออเรนญูและเซลล์ไข่เป็นเซลล์สืบพันธุ์ ส่วนเซลล์ราก เซลล์เมสตีด และเซลล์กลีบดอกเป็น เซลล์ร่างกายแต่ไม่อธิบายเหตุผล	4	8.89	-	-

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
PU/SM	เซลล์ของเรณูและเซลล์ไข่เป็นเซลล์สืบพันธุ์	23	51.11	-	-
	ส่วนเซลล์ราก เซลล์เมล็ด และเซลล์กลีบดอกเป็น				
	เซลล์ร่างกายระบุจำนวน โครโมโซมไม่ถูกต้อง				
	เซลล์ของเรณูเป็นเซลล์สืบพันธุ์ส่วนเซลล์ราก	3	6.67	-	-
PU/SM	เซลล์เมล็ด เซลล์ไข่ และเซลล์กลีบดอกเป็น				
	เซลล์ร่างกายและระบุจำนวน โครโมโซมไม่ถูกต้อง				
	เซลล์ของเรณู เซลล์เมล็ด และเซลล์ไข่เป็น	10	22.22	-	-
PU/SM	เซลล์สืบพันธุ์ส่วนเซลล์รากและเซลล์กลีบดอกเป็น				
	เซลล์ร่างกายระบุจำนวน โครโมโซมไม่ถูกต้อง				
	รวม	36	80.00	-	-
SM	-	-	-	-	-
NU	ไม่ตอบคำถาม	1	2.22	-	-
	รวมทั้งหมด	45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 16 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องจำนวน โครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ก่อนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ 80.00 โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องว่า “เซลล์ของเรณู เซลล์ไข่เป็นเซลล์สืบพันธุ์” และนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า “เซลล์เมล็ดเป็นเซลล์สืบพันธุ์” และนักเรียนร้อยละ 8.89 เท่านั้นที่มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้อง ดังคำตอบที่ว่า “เซลล์ของเรณูและเซลล์ไข่เป็นเซลล์สืบพันธุ์ส่วนเซลล์ราก เซลล์เมล็ด และเซลล์กลีบดอกเป็นเซลล์ร่างกายเซลล์สืบพันธุ์มีจำนวน โครโมโซมครึ่งหนึ่งของจำนวน โครโมโซมในเซลล์ร่างกาย”

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์จัดเป็นแนวคิดถูกต้อง ร้อยละ 100 โดยนักเรียนสามารถระบุจำนวนโครโมโซมได้ถูกต้องโดยจัดเซลล์ละของเรณูกับเซลล์ไข่เป็นเซลล์สืบพันธุ์ ส่วนเซลล์ราก เซลล์เมล็ด และเซลล์กลีบดอก เป็นเซลล์ร่างกาย

## 2.7 แนวคิดย่อยเรื่องจำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องจำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องจำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิตก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	มนุษย์เพราะมีโครโมโซมเท่ากับ 23 คู่	24	53.33	38	84.44
	มนุษย์เพราะมีอโตโซม 22 คู่ โครโมโซมเพศ 1 คู่	3	6.67	2	4.44
	รวม	27	60.00	40	88.89
PU	มนุษย์แต่ไม่แสดงเหตุผลหรือตอบว่าไม่ทราบ	9	20.00	-	-
	มนุษย์เพราะมีโครโมโซมเหมือนของมนุษย์	3	6.67	3	6.67
	รวม	12	26.67	3	6.67
PU/SM	มนุษย์เพราะมีโครโมโซม 22 คู่	3	6.67	2	4.44
SM	สัตว์เพราะมีโครโมโซม 22 คู่	2	4.44	-	-
NU	ไม่ตอบคำถามหรือตอบว่าไม่ทราบ	4	8.89	-	-
	รวมทั้งหมด	45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 17 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องจำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต ก่อนการเรียน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องร้อยละ 53.33 แนวคิดถูกต้องบางส่วน ร้อยละ 26.67 แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ 6.67 เนื่องจากนักเรียนเข้าใจว่าแผนภาพโครโมโซมจากแบบวัดแนวคิดพันธุกรรมเป็นโครโมโซมของมนุษย์แต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าโครโมโซมมนุษย์มีจำนวนเท่ากับ 22 คู่ และนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนร้อยละ 4.44 และไม่มีแนวคิดร้อยละ 8.89

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 88.89 ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “มนุษย์มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 23 คู่ ประกอบด้วยออโตโซม 22 คู่ และโครโมโซมเพศ 1 คู่” นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนลดลงเป็นร้อยละ 6.67 และแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนลดลงเป็นร้อยละ 4.44

## 2.8 แนวคิดย่อยเรื่องโครโมโซมเพศ

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องโครโมโซมเพศ ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องโครโมโซมเพศก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	เพศชายเพราะเพศชายมีโครโมโซมเป็น XY	33	73.33	-	-
	เพศชายเพราะโครโมโซมเพศคือโครโมโซมคู่ที่ 23 และเพศชายมีโครโมโซมเพศชายเป็น XY	-	-	45	100
	รวม	33	73.33	45	100
PU	เพศชายแต่ไม่ให้เหตุผล	2	4.44	-	-
PU/SM	-	-	-	-	-

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SM	เพศหญิงเพราะมีโครโมโซมเป็น XX	10	22.22	-	-
NU	-	-	-	-	-
รวมทั้งหมด		45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 18 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องโครโมโซมเพศก่อนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องร้อยละ 73.33 แนวคิดถูกต้องบางส่วนร้อยละ 4.44 และแนวคิดคลาดเคลื่อนร้อยละ 22.22

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องโครโมโซมเพศจัดเป็นแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 100 นักเรียนปรับเปลี่ยนแนวคิดเป็นแนวคิดที่ถูกต้องโดยนักเรียนอธิบายว่า “เพศชายเพราะ โครโมโซมคู่ที่ 23 เป็น XY ถ้าเป็นเพศหญิงโครโมโซมคู่ที่ 23 เป็น XX”

## 2.9 แนวคิดย่อยเรื่องตำแหน่งของโครโมโซมร่างกายมนุษย์

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องตำแหน่งของโครโมโซมร่างกายมนุษย์ ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องตำแหน่งของโครโมโซมร่างกายมนุษย์ก่อนและ  
หลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้อยู่		หลังเรียนรู้อยู่	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	ออโตโซมเพราะออโตโซมคือคู่ที่ 1-22	5	11.11	30	66.67
	ออโตโซมเพราะโครโมโซมเพศคือคู่ที่ 23	22	48.89	14	31.11
	รวม	27	60	44	97.78
PU	ออโตโซมแต่ไม่แสดงเหตุผล	7	15.56	-	-
PU/SM	โครโมโซมเพศเพราะ XX คือเพศหญิง	1	2.22	-	-
SM	โครโมโซมเพศเพราะ XX คือเพศหญิง	1	2.22	-	-
	โครโมโซมเพศเพราะมีลักษณะเป็นคู่	-	-	1	2.22
	โครโมโซมเพศแต่ไม่เขียนเหตุผล	9	20.00	-	-
	โครโมโซมเพศเพราะ XX คือเพศหญิง	1	2.22	-	-
	โครโมโซมเพศเพราะมีลักษณะเป็นคู่	-	-	1	2.22
	โครโมโซมเพศแต่ไม่เขียนเหตุผล	9	20.00	-	-
	รวม	10	22.22	1	2.22
NU	ไม่ตอบคำถาม	1	2.22	-	-
รวมทั้งหมด		45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง  
แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน,  
NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 19 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องตำแหน่งของโครโมโซมร่างกายมนุษย์  
ก่อนการเรียน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องร้อยละ 60 แนวคิดถูกต้องบางส่วน  
ร้อยละ 5.56 แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ 2.22 และแนวคิดคลาดเคลื่อน  
ร้อยละ 22.22 โดยนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับตำแหน่งโครโมโซมว่าประกอบด้วย  
ออโตโซมในตำแหน่งโครโมโซมคู่ที่ 1-22 โครโมโซมเพศ คือ ตำแหน่งโครโมโซมคู่ที่ 23  
ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “ออโตโซมเพราะ 22 คู่แรกเป็นออโตโซม ส่วนคู่ที่ 23 เป็นโครโมโซมเพศ”

### 3. แนวคิดเรื่องความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม

ผลการศึกษาแนวคิดเรื่องความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรมก่อนและหลังการเรียน ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม แบ่งเป็น 2 แนวคิดย่อยดังนี้

#### 3.1 แนวคิดย่อยเรื่องสาเหตุของโรคทางพันธุกรรม

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องสาเหตุของโรคทางพันธุกรรม ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องสาเหตุของโรคทางพันธุกรรมก่อนและหลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภทแนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	ลูกคนที่ 1 มีความผิดปกติที่อโดโซมเพราะโครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 แท่ง และลูกคนที่ 2 มีความผิดปกติเพราะโครโมโซมเพศขาดหายไป 1 แท่ง	29	64.44	33	73.33
PU	ลูกคนที่ 1 มีความผิดปกติที่อโดโซมเพราะโครโมโซมคู่ที่ 21 เกิน และลูกคนที่ 2 มีความผิดปกติเพราะโครโมโซมเพศขาดหายไป	10	22.22	10	22.22
PU/SM	ลูกคนที่ 1 มีความผิดปกติที่อโดโซมเพราะโครโมโซมเพศหายไป และลูกคนที่ 2 มีความผิดปกติที่โครโมโซมเพศไม่ระบุเหตุผล	2	4.44	-	-
	ลูกคนที่ 1 มีความผิดปกติที่อโดโซโครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 คู่ และลูกคนที่ 2 มีความผิดปกติที่โครโมโซมเพศหายไป 1 แท่ง	4	8.89	2	4.44
	รวม	6	13.33	2	4.44

## ตารางที่ 20 (ต่อ)

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SM	-	-	-	-	-
NU	-	-	-	-	-
	รวมทั้งหมด	45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 20 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องสาเหตุของโรคทางพันธุกรรม ก่อนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องสาเหตุของโรคทางพันธุกรรมจัดเป็นแนวคิดถูกต้อง ร้อยละ 64.44 แนวคิดถูกต้องบางส่วนร้อยละ 22.22 และแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ 13.33 จากการศึกษา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุของการเกิดโรคทางพันธุกรรมว่าเกิดจากการขาดและเกินของโครโมโซม ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ลูกคนที่ 1 มีความผิดปกติที่อโอโตโซมเพราะ โครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 แท่ง และลูกคนที่ 2 มีความผิดปกติที่โครโมโซมเพศ เพราะ โครโมโซมเพศขาดหายไป 1 แท่ง”

นักเรียนบางส่วนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า “ลูกคนที่ 1 มีความผิดปกติอโอโตโซม เพราะ โครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 คู่”

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 73.33 แนวคิดถูกต้องบางส่วนร้อยละ 22.22 และแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนลดลงเป็นร้อยละ 4.44 สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คำตอบจากใบงานเรื่องความผิดปกติทางพันธุกรรม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 88.89 เข้าใจสาเหตุการเกิดโรคทางพันธุกรรมอยู่ในระดับดี (ตารางผนวกที่ 9) โดยสาเหตุการเกิดโรคทางพันธุกรรมประกอบด้วย 4 สาเหตุ คือ การเปลี่ยนแปลงจำนวนอโอโตโซม การเปลี่ยนแปลงจำนวน

โครโมโซมเพศ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม และความผิดปกติในระดับยีน  
ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“กลุ่มอาการดาวน์ซินโดรม เกิดจากความผิดปกติเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงจำนวน  
อโครโซม กลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์ และเทอร์เนอร์เกิดจากความผิดปกติเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง  
จำนวนโครโมโซมเพศ กลุ่มอาการครีดูชาร์เกิดจากความผิดปกติเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง  
ของโครโมโซม และโรคธาลัสซีเมียเกิดจากความผิดปกติเกี่ยวกับความผิดปกติในระดับยีน”

### 3.2 แนวคิดย่อยเรื่องอาการของโรคทางพันธุกรรม

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องอาการของโรคทางพันธุกรรม ดังตารางที่ 21

**ตารางที่ 21** ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องอาการของโรคทางพันธุกรรมก่อนและหลังการเรียนรู้  
จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียน	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	ลูกคนที่ 1 ดาซัน ลินจุกปาก คิงจุมกเบน นิ้วมือสั้น ป้อม และมีการพัฒนาของสมองช้า ลูกคนที่ 2 เตี้ย เป็น หมั้น ต้นคอมีปีก เต้านมห่าง	-	-	8	17.78
PU	ลูกคนที่ 1 เป็นเด็กดาวน์ซินโดรม มีอาการปัญญา อ่อนลูกคนที่ 2 เป็นเทอร์เนอร์ซินโดรมมีอาการ ปัญญาอ่อน	33	73.33	15	3.38
	ลูกคนที่ 1 มีความผิดปกติทางสมองและมีพัฒนา การช้า ลูกคนที่ 2 มีความผิดปกติเกี่ยวกับเพศ	11	22.22	-	-
	ลูกคนที่ 1 มีโครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 แท่งและเป็น โรคดาวน์ซินโดรม ลูกคนที่ 2 มีโครโมโซมเพศเพียง แท่งเดียวอาจเป็นหมั้น	-	-	22	48.88
	รวม	44	97.78	37	82.22

## ตารางที่ 21 (ต่อ)

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
PU/SM	-	-	-	-	-
SM	-	-	-	-	-
NU	ไม่ตอบคำถาม	1	2.22	-	-
รวมทั้งหมด		45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 21 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่อง อาการของโรคทางพันธุกรรมก่อนการเรียน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องอาการของโรคทางพันธุกรรมจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วน ร้อยละ 97.78 เนื่องจากนักเรียนเข้าใจว่าอาการของโรคทางพันธุกรรม คือ ลูกจะมีอาการปัญญาอ่อน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“ลูกคนที่ 1 เป็นเด็กดาวน์ซินโดรม มีอาการปัญญาอ่อน ลูกคนที่ 2 เป็นเทอร์เนอร์ซินโดรมมีอาการปัญญาอ่อน”

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องอาการของโรคทางพันธุกรรมจัดเป็นแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 17.78 และนักเรียนร้อยละ 82.22 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วน สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คำตอบจากใบงานเรื่อง ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ 10) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มองคิดเป็นร้อยละ 75.56 เข้าใจเกี่ยวกับลักษณะอาการของโรคทางพันธุกรรมอยู่ในระดับดี

#### 4. แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ผลการศึกษาแนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ แบ่งออกเป็น 4 แนวคิดย่อยดังนี้

#### 4.1 แนวคิดย่อยเรื่องลักษณะเด่น ลักษณะด้อย

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องลักษณะเด่น ลักษณะด้อย ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องลักษณะเด่น ลักษณะด้อยก่อนและหลังการเรียนรู้  
จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน				
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้		
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	
SU	ดอกชบาสีแดง การห่อลิ้น และหนูตะเภา ชนิด้าเป็นลักษณะเด่นเพราะมีโอกาและจำนวน มาก ส่วนผิวเผือกเป็นลักษณะด้อยพบได้น้อย	15	33.33	31	68.89	
	PU	ดอกชบาสีแดง การห่อลิ้น และหนูตะเภา ชนิด้าเป็นลักษณะเด่นเพราะพบในรุ่นพ่อแม่ ผิวเผือกเป็นลักษณะด้อยเพราะพ่อแม่สีผิวปกติ	11	24.44	-	-
	ดอกชบาสีแดง การห่อลิ้น และหนูตะเภาชนิด้า สีด้าเป็นลักษณะเด่น และ ผิวเผือกเป็นลักษณะด้อย เพราะลักษณะเด่นข่มลักษณะด้อย	12	26.67	4	8.89	
	ดอกชบาสีแดง การห่อลิ้น และหนูตะเภาชนิด้า สีด้าเป็นลักษณะเด่น เพราะ ถ่ายทอดไปยังรุ่นลูก ทั้งหมดและผิวเผือกเป็นลักษณะด้อยเพราะมีโอกา เกิดได้น้อย	-	-	5	11.11	
	รวม	23	51.11	9	20.00	
PU/SM	การห่อลิ้นได้เป็นลักษณะเด่นเพราะพบได้มาก ส่วนดอกชบาสีแดง ผิวเผือกและหนูตะเภา ชนิด้าเป็นลักษณะด้อยเพราะพบได้น้อย	3	6.67	1	2.22	
	การห่อลิ้นได้ ดอกชบาสีแดง ผิวเผือกหนูตะเภา ชนิด้าเป็นลักษณะเด่นเพราะพบได้มาก	4	8.89	-	-	
	ผิวเผือก การห่อลิ้นได้ และ หนูตะเภาชนิด้าเป็น ลักษณะเด่น เพราะมีโอกาแสดงออกมากกว่า ส่วนดอกชบาสีแดงเป็นลักษณะด้อยเพราะมี แอลลีลด้อยจากแม่แฝงอยู่	-	-	4	8.89	
	รวม	7	15.56	5	11.11	

## ตารางที่ 22 (ต่อ)

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SM	-	-	-	-	
NU	-	-	-	-	
รวมทั้งหมด		45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 22 พบว่า นักเรียนมีแนวคิดย่อยเรื่องลักษณะเด่น ลักษณะค้อย ก่อนการเรียนรู้จัดเป็นแนวคิดถูกต้องร้อยละ 33.33 แนวคิดถูกต้องบางส่วนร้อยละ 51.11 โดยนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจเกี่ยวกับความหมายและจัดลักษณะของสิ่งมีชีวิตเป็นลักษณะเด่น ลักษณะค้อยจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วน ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ดอกชบาสีแดง การห่อลิ้น และหนุตะเกาขนสีดำเป็นลักษณะเด่น เพราะพบใน รุ้นพ่อและรุ้นแม่ผิวเผือกเป็นลักษณะค้อยเพราะพ่อแม่มีสีผิวปกติ”

นักเรียนร้อยละ 15.56 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อน บางส่วน โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องว่า การห่อลิ้นได้เป็นลักษณะเด่นเพราะโอกาสแสดงออกมากกว่า และนักเรียนเข้าใจว่า ผิวเผือกเป็นลักษณะเด่นเพราะพบได้มาก ซึ่งเป็นแนวคิดคลาดเคลื่อน ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“การห่อลิ้นได้ ดอกชบาสีแดง ผิวเผือกและหนุตะเกาขนสีดำ เป็นลักษณะเด่น เพราะพบได้มาก”

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องลักษณะเด่น ลักษณะด้อย จัดเป็นแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 68.89 แนวคิดถูกต้องบางส่วนลดลงเป็นร้อยละ 20.00 และแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนลดลงเป็นร้อยละ 11.11 สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คำตอบจากใบงานเรื่องต้นถั่วของเมนเดล (ตารางผนวกที่ 11) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 91.11 สามารถสรุปความหมายของลักษณะเด่น ลักษณะด้อยได้ถูกต้องอยู่ในระดับดี ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “ลักษณะเด่นคือลักษณะที่ปรากฏในทุกรุ่น โอกาสในการแสดงลักษณะได้มาก ส่วนลักษณะด้อยมีโอกาสแสดงลักษณะน้อย”

#### 4.2 แนวคิดย่อยเรื่องจีโนไทป์ ฟีนไทป์

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องจีโนไทป์ ฟีนไทป์ ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องจีโนไทป์ ฟีนไทป์ก่อนและหลังการเรียน  
จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	สีของดอกถั่วฝักยาวคือฟีนไทป์เป็นลักษณะที่แสดงออกมาให้เห็น ส่วนรูปแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะต้นสูงคือจีโนไทป์เพราะเป็นลักษณะที่ไม่สามารถมองเห็นได้และเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์	-	-	41	91.11
PU	สีของดอกถั่วฝักยาวคือฟีนไทป์ส่วนรูปแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะต้นสูงคือจีโนไทป์ ไม่แสดงเหตุผล	8	17.78	-	-
	สีของดอกถั่วฝักยาวคือฟีนไทป์เพราะเป็นลักษณะที่แสดงออกมาให้เห็น ส่วนรูปแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะต้นสูงคือจีโนไทป์เพราะเป็นลักษณะที่ไม่สามารถมองเห็นได้	9	20.00	-	-
	รวม	17	37.78	-	-
PU/SM	สีของดอกถั่วฝักยาวและรูปแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะต้นสูงคือฟีนไทป์เพราะเป็นลักษณะที่แสดงออกมาให้เห็น	5	11.11	2	4.44

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SM	สีของดอกกลั่นมังกรคือจีโนไทป์ส่วนรูปแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะต้นสูงคือฟีโนไทป์	16	35.55	-	-
NU	ไม่ตอบคำถาม	3	6.67	-	-
รวมทั้งหมด		45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 23 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องจีโนไทป์ ฟีโนไทป์ก่อนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 37.78 มีแนวคิดย่อยเรื่องจีโนไทป์ ฟีโนไทป์จัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วน โดยนักเรียนเข้าใจว่า “สีของดอกกลั่นมังกรคือฟีโนไทป์เพราะเป็นลักษณะที่แสดงออกมาให้เห็น ส่วนรูปแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะต้นสูงคือจีโนไทป์เพราะเป็นลักษณะที่ไม่สามารถมองเห็นได้” และนักเรียนร้อยละ 35.55 มีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนเนื่องจากนักเรียนสับสนเกี่ยวกับความหมายของจีโนไทป์ ฟีโนไทป์ ทำให้นักเรียนไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของจีโนไทป์ ฟีโนไทป์ได้ ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “สีของดอกมังกรคือจีโนไทป์ ส่วนรูปแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะต้นสูงคือ ฟีโนไทป์”

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องจีโนไทป์ ฟีโนไทป์จัดเป็นแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 91.11 โดยนักเรียนเข้าใจว่า “สีของดอกกลั่นมังกร คือ ฟีโนไทป์ เพราะเป็นลักษณะที่แสดงออกมาให้เห็น ส่วนรูปแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะต้นสูง คือ จีโนไทป์เพราะเป็นลักษณะที่ไม่สามารถมองเห็นได้และเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์” และแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนลดลงเป็นร้อยละ 8.89 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากใบงานเรื่องจีโนไทป์และฟีโนไทป์ (ตารางผนวกที่ 12) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 84.44 สามารถสรุปความหมายของจีโนไทป์ ฟีโนไทป์อยู่ในระดับดี ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “จีโนไทป์คือยีนที่ควบคุมลักษณะไม่สามารถมองเห็นได้แทนด้วยสัญลักษณ์ฟีโนไทป์เป็นลักษณะที่แสดงออกมาได้อย่างชัดเจนสามารถมองเห็นได้”

### 4.3 แนวคิดย่อยเรื่องพันธุ์แท้ พันทาง

ผลการศึกษานแนวคิดย่อยเรื่องพันธุ์แท้ พันทาง ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องพันธุ์แท้ พันทางก่อนและหลังการเรียน  
จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	สุนัขขนสีดำ(BB)และตัวฝึกสีเหลือง(aa)เป็น ลักษณะพันธุ์แท้ เพราะเป็นการผสมพันธุ์เดียวกัน ส่วน มะม่วงมหาชนก(RW)และถั่วต้นสูงเป็น ลักษณะพันทางเพราะเป็นการผสมต่างสายพันธุ์	15	33.33	13	28.89
	สุนัขขนสีดำ(BB)และตัวฝึกสีเหลือง(aa)เป็น ลักษณะพันธุ์แท้ เพราะมีจีโนไทป์เหมือนกันเข้าสู่ กัน ส่วน มะม่วงมหาชนก(RW) และถั่วต้นสูง เป็นลักษณะพันทางเพราะ มีจีโนไทป์ต่างกันเข้าสู่กัน	-	-	16	35.56
	รวม	15	33.33	29	64.44
PU	สุนัขขนสีดำ(BB)และตัวฝึกสีเหลือง(aa)เป็น พันธุ์แท้ ส่วน มะม่วงมหาชนก(RW)และถั่ว ต้นสูงเป็นลักษณะพันทางแต่ไม่แสดงเหตุผล	5	11.11	-	-
PU/SM	สุนัขขนสีดำ(BB) เป็นลักษณะพันธุ์แท้ ส่วน มะม่วงมหาชนก (RW) ถั่วต้นสูง และถั่วฝึกสี เหลือง(aa)เป็นลักษณะพันธุ์ทางไม่แสดงเหตุผล	7	15.55	5	11.11
	สุนัขขนสีดำ(BB) ถั่วต้นสูง และถั่วฝึกสีเหลือง(aa) เป็นลักษณะพันธุ์แท้เพราะเกิดจากผสมสายพันธุ์ เดียวกัน ส่วน มะม่วงมหาชนก(RW)เป็นลักษณะ พันธุ์ทาง เพราะเกิดจากผสมต่างสายพันธุ์	6	13.33	2	4.44

## ตารางที่ 24 (ต่อ)

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
	สุนัขขนสีดำ(BB) ถั่วต้นสูง และมะม่วงมหาชนก (RW) เป็นลักษณะพันธุ์แท้เพราะมีจีโนไทป์เหมือนกันเข้าคู่กัน ส่วนถั่วฝักสีเหลือง (aa) เป็นลักษณะพันธุ์ทาง ไม่แสดงเหตุผล	4	8.89	6	13.33
	สุนัขขนสีดำ(BB) มะม่วงมหาชนก (RW) และถั่วฝักสีเหลือง(aa) เป็นลักษณะพันธุ์แท้เพราะมีจีโนไทป์เหมือนกันเข้าคู่กัน ส่วนถั่วต้นสูง เป็นลักษณะพันธุ์ทาง เพราะมีอัตราส่วนเท่ากัน	8	17.78	3	6.67
	รวม	25	55.55	16	35.55
SM	-	-	-	-	-
NU	-	-	-	-	-
	รวมทั้งหมด	45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 24 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องพันธุ์แท้ พันทาง ก่อนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องร้อยละ 33.33 แนวคิดถูกต้องบางส่วนร้อยละ 11.11 และแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ 55.55 เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของจีโนไทป์แบบพันธุ์แท้และพันธุ์ทางได้ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“สุนัขขนสีดำ (BB) เป็นลักษณะพันธุ์แท้ ส่วน มะม่วงมหาชนก (RW) ถั่วต้นสูง และถั่วฝักสีเหลือง (aa) เป็นลักษณะพันธุ์ทาง”

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องพันธุ์แท้ พันทาง จัดเป็นแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 64.44 โดยนักเรียน

เข้าใจถูกต้องว่า “สุนัขขนสีดำ (BB) และถั่วฝักสีเหลือง (aa) เป็นลักษณะพันธุ์แท้ เพราะเป็นการผสมพันธุ์เดียวกัน ส่วนมะม่วงมหาชนก (RW) และถั่วต้นสูงเป็นลักษณะพันธุ์แท้เพราะเป็นการผสมต่างสายพันธุ์” และแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนลดลงเป็นร้อยละ 35.55 สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คำตอบจากใบงานเรื่องจีโนไทป์และฟีโนไทป์ (ตารางผนวกที่ 13) พบว่า นักเรียนร้อยละ 84.44 ระบุจีโนไทป์พันธุ์แท้และพันธุ์ทางได้ถูกต้องอยู่ในระดับดี ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “จีโนไทป์พันธุ์แท้ของถั่วฝักคือ HH และ hh จีโนไทป์พันธุ์ทางของถั่วฝักคือ Hh”

#### 4.4 แนวคิดย่อยเรื่องกฎเมนเดล

ผลการศึกษานำแนวคิดเรื่องกฎเมนเดลแบ่งออกเป็น 2 แนวคิดย่อยดังนี้

##### 4.4.1 แนวคิดย่อยเรื่องกฎการแยกตัว

ผลการศึกษานำแนวคิดย่อยเรื่องกฎการแยกตัว ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ผลการศึกษานำแนวคิดย่อยเรื่องกฎการแยกตัวของนักเรียนก่อนและหลังการเรียนรู้  
จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	เซลล์สืบพันธุ์ของพ่อและแม่ คือ R และ W เพราะ	3	6.67	21	46.67
	เซลล์สืบพันธุ์จำนวน โครโมโซมจะลดลงครึ่งหนึ่ง จากเซลล์ร่างกาย				
PU	เซลล์สืบพันธุ์ของพ่อและแม่ คือ R และ W	7	15.56	-	-
	เซลล์สืบพันธุ์ของพ่อและแม่ คือ R และ W เพราะ	-	-	23	51.11
	ต้นพ่อเป็นดอกสีแดงมีขน R ควบคุมและต้นแม่ เป็นดอกสีขาวมีขน W ควบคุม				
	เซลล์สืบพันธุ์ของพ่อและแม่ คือ W และ R เพราะ	4	8.89	-	-
	R แทนยีนดอกสีแดง ส่วน W แทนยีนดอกสีขาว				
	รวม	11	24.44	23	51.11

## ตารางที่ 25 (ต่อ)

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
PU/SM	-	-	-	-	-
SM	เซลล์สืบพันธุ์ของพ่อและแม่ คือ RR และ WW เพราะทั้งพ่อและแม่เป็นพันธุ์แท้	13	28.89	1	2.22
	เซลล์สืบพันธุ์ของพ่อและคือดอกสีขาวและ ดอกสีแดง	7	15.56	-	-
	รวม	20	44.44	1	2.22
NU	ไม่ตอบคำถาม	11	24.44	-	-
	รวมทั้งหมด	45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 25 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องกฎการแยกตัว ก่อนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนร้อยละ 6.67 แนวคิดถูกต้องบางส่วนร้อยละ 24.44 แนวคิดคลาดเคลื่อนร้อยละ 44.44 โดยนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเนื่องจากนักเรียนไม่สามารถแยกเซลล์สืบพันธุ์ของต้นพ่อแม่ได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “เซลล์สืบพันธุ์ของพ่อและแม่ คือ RR และ WW เพราะทั้งพ่อและแม่เป็นพันธุ์แท้” และนักเรียนร้อยละ 24.44 ไม่มีแนวคิด เนื่องจากนักเรียนไม่ตอบคำถามจากการสัมภาษณ์เพิ่มเติมพบว่า นักเรียนตอบว่า “ลืมเนื้อหาและไม่เข้าใจในเนื้อหาเรื่องกฎของเมนเดล”

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องกฎการแยกตัวจัดเป็นแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 46.67 โดยนักเรียนเข้าใจว่า “เซลล์สืบพันธุ์ของพ่อและแม่ คือ R และ W เพราะเซลล์สืบพันธุ์จำนวนโครโมโซมจะลดลงครึ่งหนึ่งจากเซลล์ร่างกาย” นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 51.11 และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนลดลงเป็นร้อยละ 2.22

#### 4.4.2 แนวคิดย่อยเรื่องกฎการรวมตัวอย่างอิสระ

ผลการศึกษานแนวคิดย่อยเรื่องกฎการรวมตัวอย่างอิสระ ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องกฎการรวมตัวอย่างอิสระก่อนและหลังการเรียน  
จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	ดอกลินมังกรสีชมพูรุ่นลูก $F_1$ มีจีโนไทป์เป็น RW ซึ่งเกิดจากการผสมของเซลล์สืบพันธุ์ของต้นพ่อ (R)และต้นแม่ (W) และรุ่นลูก $F_2$ มีจีโนไทป์เป็น RR RW WW และพีโนไทป์เป็นดอกสีแดง ดอกสี ชมพูและดอกสีขาว	17	37.78	37	82.22
	ดอกลินมังกรสีชมพูรุ่นลูก $F_1$ มีจีโนไทป์เป็น RW ซึ่งเกิดจากการผสมของเซลล์สืบพันธุ์ของต้นพ่อ และต้นแม่ และรุ่นลูก $F_2$ มีจีโนไทป์เป็น RR RW WW WW และพีโนไทป์เป็นดอกสีแดง ดอกสีชมพูและดอกสีขาว	-	-	8	17.78
	รวม	17	37.78	45	100
PU	ดอกลินมังกรสีชมพูรุ่นลูก $F_1$ มีจีโนไทป์เป็น RW และรุ่นลูก $F_2$ มีจีโนไทป์เป็น RW WW และพี โนไทป์เป็น ดอกสีชมพู	7	15.56	-	-
PU/SM	-	-	-	-	-
SM	ดอกลินมังกรสีชมพูรุ่นลูก $F_1$ และรุ่นลูก $F_2$ มีจีโนไทป์เป็นดอกสีชมพู	6	13.33	-	-
NU	ไม่ตอบคำถาม	15	33.33	-	-
	รวมทั้งหมด	45	100	45	100

หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง  
แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน,  
NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 26 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องกฎการรวมตัวอย่างอิสระ พบว่า ก่อนการเรียนนักเรียนมีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องร้อยละ 37.78 แนวคิดถูกต้องบางส่วนร้อยละ 15.56 แนวคิดคลาดเคลื่อนร้อยละ 13.33 เนื่องจากนักเรียนเข้าใจว่า “ดอกถั่วฝักยาวพันธุ์ลูก  $F_1$  และรุ่นลูก  $F_2$  มีจีโนไทป์เป็นดอกสีชมพู” และไม่มีแนวคิดร้อยละ 33.33

หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องกฎการรวมตัวอย่างอิสระจัดเป็นแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 100 จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจกฎการรวมตัวอย่างอิสระว่าเกิดจากการรวมตัวของ เซลล์สืบพันธุ์ของต้นพ่อและต้นแม่ ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ดอกถั่วฝักยาวพันธุ์ลูก  $F_1$  มีจีโนไทป์เป็น RW ซึ่งเกิดจากการผสมของเซลล์สืบพันธุ์ของต้นพ่อ (R) และต้นแม่ (W) และรุ่น ลูก  $F_2$  มีจีโนไทป์เป็น RR RW และ WW” ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ใบงานเรื่องกฎของ เมนเดล (ตารางผนวกที่ 14) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 77.78 สามารถสรุปเกี่ยวกับความหมาย ของกฎการแยกตัวและกฎการรวมตัวอย่างอิสระของเมนเดลได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “กฎการแยกตัวคือยีนที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตแต่ละคู่จะแยกจากกัน ในระหว่างการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ กฎการรวมตัวอย่างอิสระคือ ยีนของเซลล์สืบพันธุ์ที่ควบคุม ลักษณะมีความเป็นอิสระที่จะรวมตัวทำให้รุ่นลูกมีลักษณะแตกต่างกันหลายรูปแบบ” และ ผลการตรวจคำตอบจากใบงานเรื่องกฎของเมนเดล (ตารางผนวกที่ 15) พบว่า นักเรียนร้อยละ 73.33 ทำใบงานเรื่องกฎของเมนเดลได้ถูกต้องอยู่ในระดับดี

##### 5. แนวคิดย่อยเรื่องประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม

ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม ดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรมก่อนและ  
หลังการเรียน จำแนกตามประเภทแนวคิด

ประเภท แนวคิด	กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน			
		ก่อนเรียนรู้		หลังเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
SU	ด้านการเกษตร เช่น การปรับปรุงพันธุ์พืช เช่น พืช GMOs ด้านการแพทย์ เช่น พัฒนายีน รักษา โรคร	-	-	6	13.33
PU	ด้านการเกษตร เช่น การปรับปรุงพันธุ์พืช เพื่อเพิ่ม ผลผลิตหรือต้านทานโรคร	25	55.56	29	64.44
	ด้านการเกษตร เช่น การปรับปรุงพันธุ์พืชและด้าน การแพทย์ เช่น การรักษาโรคร	4	8.89	10	22.22
	ด้านการแพทย์ เช่น การตรวจสอบดีเอ็นเอ เพื่อพิสูจน์ความเป็น พ่อ ลูก	3	6.67	-	-
	รวม	32	71.11	39	86.67
PU/SM	-	-	-	-	-
SM	-	-	-	-	-
NU	ไม่ตอบคำถาม	13	28.89	-	-
	รวมทั้งหมด	45	100	45	100

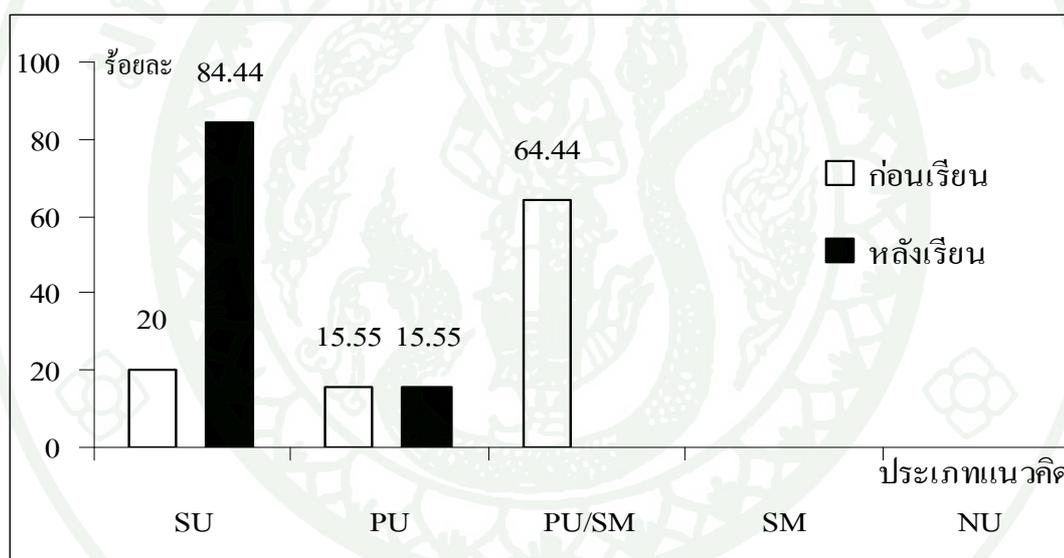
หมายเหตุ: SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง, PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน, NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 27 ผลการศึกษาแนวคิดย่อยเรื่องประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม ก่อนการเรียน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนร้อยละ 71.11 โดยนักเรียน เข้าใจว่า “ความรู้พันธุกรรมนำไปใช้ประโยชน์เฉพาะด้านการเกษตร และด้านการแพทย์เท่านั้น” และนักเรียนไม่มีแนวคิดร้อยละ 28.89

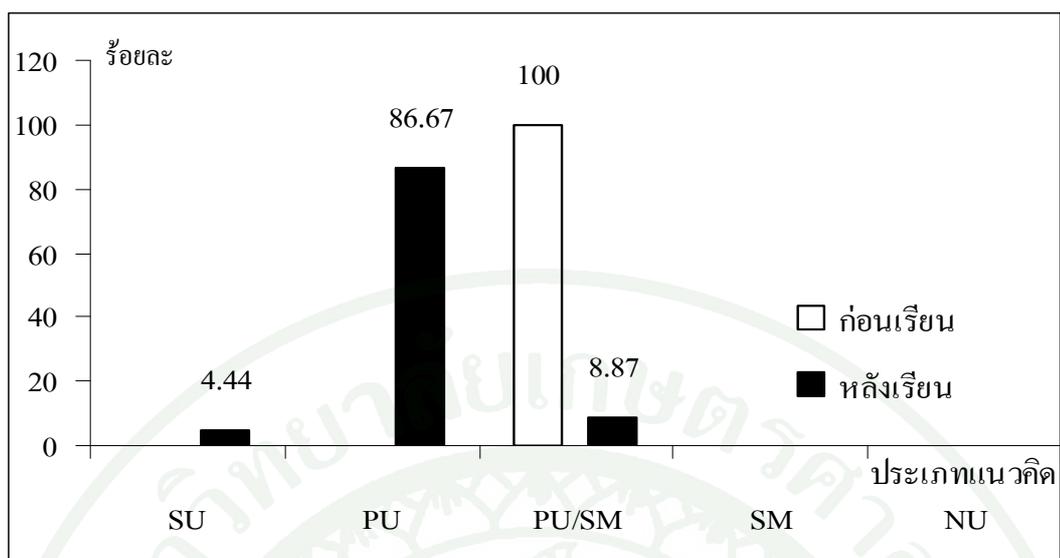
หลังจากนักเรียนผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิด เรื่อง ประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม จัดเป็นแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 13.33 แนวคิด ถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้นร้อยละ 86.67 นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจเกี่ยวกับการนำความรู้พันธุกรรมไป

ใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันใน ด้านการเกษตร ด้านการแพทย์ และด้านกฎหมาย สอดคล้องกับ ผลการวิเคราะห์คำตอบจากใบงานเรื่องประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ 16) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจเกี่ยวกับการนำความรู้พันธุกรรมไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ในด้านการเกษตร ด้านการแพทย์ และด้านกฎหมาย อยู่ในระดับดี ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “ความรู้เกี่ยวกับพันธุกรรมนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร คือ นำมาใช้ประโยชน์ในการขยายพันธุ์และการปรับปรุงพันธุ์ ด้านการแพทย์ นำมาใช้ในการรักษาโดยเฉพาะโรคที่เกิดจากความผิดปกติของยีน ด้านกฎหมาย สามารถใช้พิสูจน์หาหลักฐานเกี่ยวกับคดีอาชญากรรมที่ซับซ้อน”

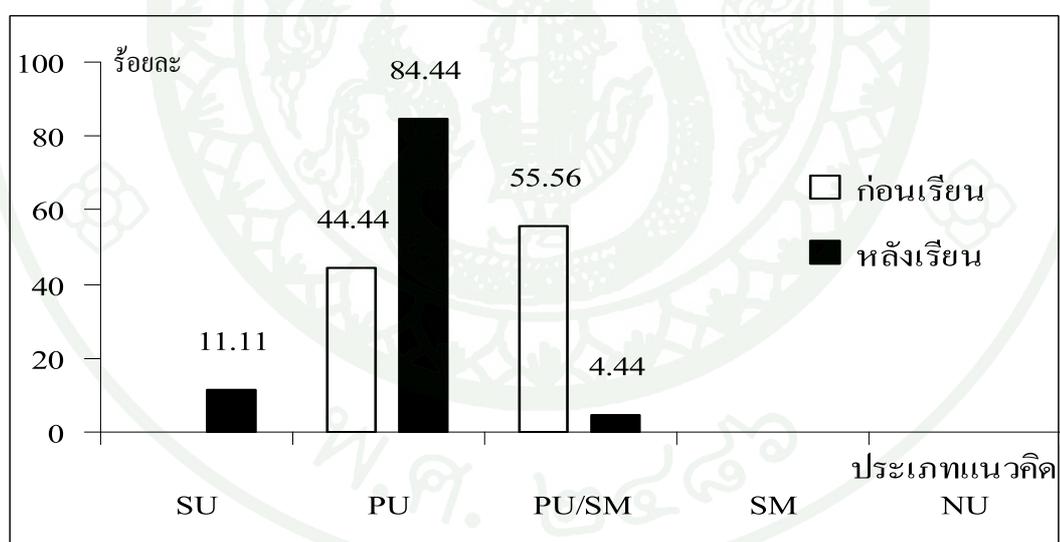
เมื่อพิจารณาในภาพรวมการพัฒนาแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 แยกตามแนวคิดหลัก 5 แนวคิด แสดงดังภาพต่อไปนี้



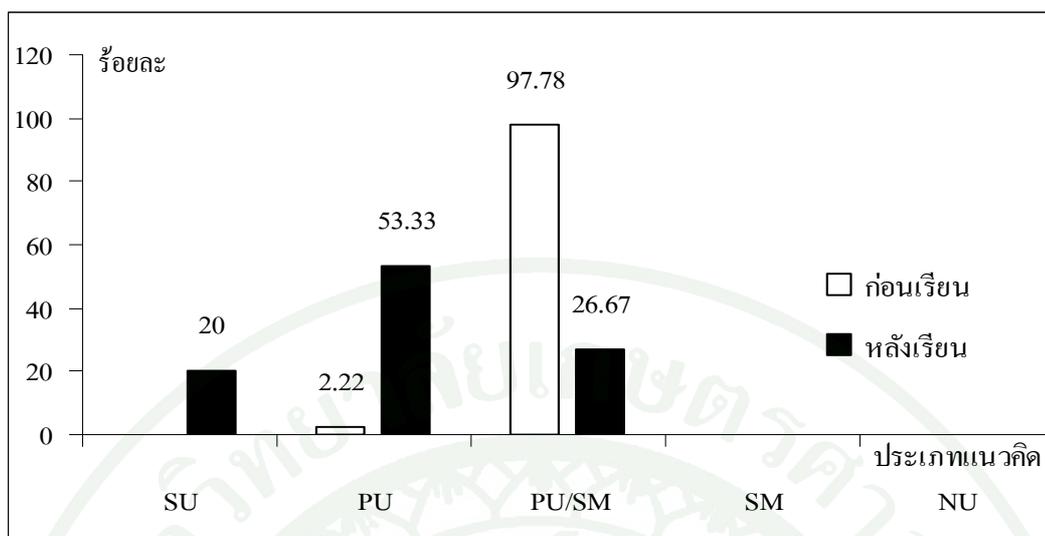
ภาพที่ 8 แผนภูมิแสดงร้อยละของแนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมก่อนและหลังการเรียนรู้ ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้



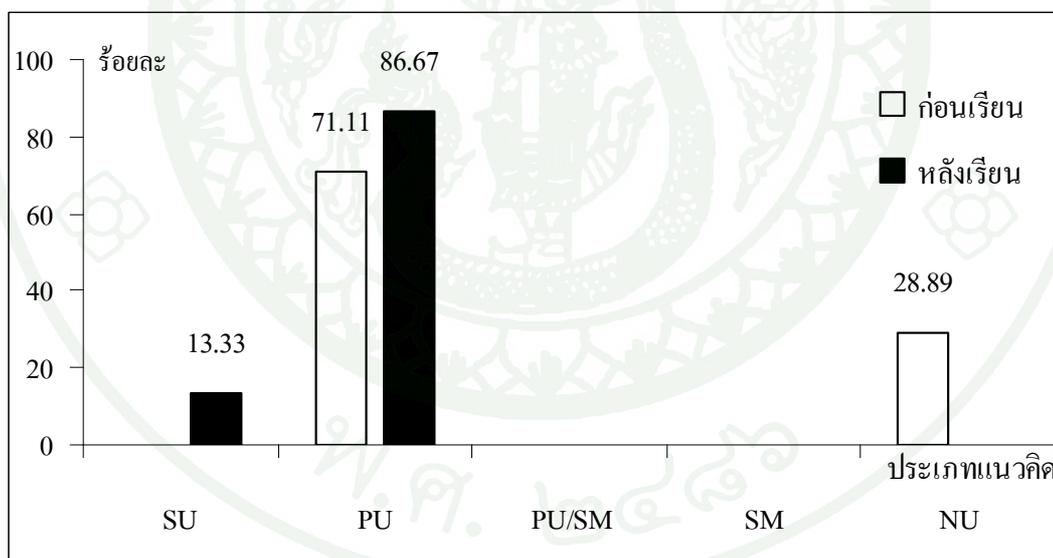
ภาพที่ 9 แผนภูมิแสดงร้อยละของแนวคิดเรื่องโครโมโซมก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้



ภาพที่ 10 แผนภูมิแสดงร้อยละของแนวคิดเรื่องความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรมก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้



ภาพที่ 11 แผนภูมิแสดงร้อยละของแนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้



ภาพที่ 12 แผนภูมิแสดงร้อยละของแนวคิดเรื่องประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรมก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้

จากภาพที่ 8 ถึง 12 แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดพันธุกรรม โดยนักเรียนมีแนวคิดในเรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม โครโมโซม ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และ ประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม หลังการเรียนเป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้นสอดคล้องกับแนวคิดถูกต้องและมีแนวคิดคลาดเคลื่อนลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Abraham and Renner (1986) พบว่า การเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริงด้วยลงมือปฏิบัติในการแสวงหาความรู้หรือคำตอบส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากกว่าการท่องจำ ซึ่งความรู้ ความเข้าใจ ความสามารถในการเรียนรู้จะเกิดขึ้นไม่ได้ หากนักเรียนไม่ได้ลงมือทำการเรียนที่จัดให้นักเรียนได้ปฏิบัติด้วยตนเองทำให้นักเรียนได้ใช้ความคิดในทุกขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้จึงส่งผลให้นักเรียนพัฒนาการทางความคิดของนักเรียนให้ดีขึ้น (Dewey, 1916 อ้างใน ลำลี รักสุทธิ, 2544) รวมถึงการรับคำชี้แจงหรือการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากเพื่อนและครูผู้สอนในชั้นอธิบายและลงข้อสรุปทำให้นักเรียนพัฒนาการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมช่วยพัฒนาความสามารถทางปัญญาโดยเปลี่ยนความเข้าใจเดิมให้ถูกต้องและซับซ้อนกว้างขวางมากขึ้น (สุมาลี กาญจนชาติ, 2543) สำหรับแนวคิดพันธุกรรมบางแนวคิดไม่สามารถลงมือปฏิบัติได้เนื่องจากแนวคิดดังกล่าวมีความเป็นนามธรรม เช่นแนวคิดเรื่อง โครโมโซม ดีเอ็นเอ ยีน และการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรม (Brown, 1990; Lewis, Leach, and Wood-Robinson, 2000a) นักเรียนไม่สามารถรับประสบการณ์ตรงในแนวคิดดังกล่าวได้แต่ต้องใช้จินตนาการในการทำความเข้าใจอาจทำให้นักเรียนเกิดจินตนาการที่ ผิดจากความเป็นจริง (Fisher, 1985) ในการจัดการเรียนการสอนในแนวคิดเรื่อง โครโมโซม ดีเอ็นเอ ยีน และการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรม ผู้วิจัยนำสื่อการสอนมาใช้เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดดังกล่าวได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้นและสามารถช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว (กิดานันท์ มลิทอง, 2540) สอดคล้องกับการศึกษาของ Rotbain, Marbach-Ad, and Stavy (2007) พบว่า การใช้สื่อการสอนช่วยเพิ่มความเข้าใจในแนวคิดนามธรรมที่เป็นแนวคิดพื้นฐานทางพันธุกรรมได้ เนื่องจากการเรียนรู้ด้วยสื่อการสอนนักเรียนสามารถสื่อสารและมีการตอบกลับได้ทันที

จากผลการศึกษาแนวคิดพันธุกรรมแสดงดังภาพที่ 9 ถึง 11 พบว่า หลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน ในเรื่อง โครโมโซม ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม และการถ่ายทอด

ลักษณะพันธุกรรมคิดเป็นร้อยละ 8.87 4.44 และ 26.67 ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้ไม่มีการปรับเปลี่ยนแนวคิดทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกันในการพยายามสร้างความคิดอย่างมีความหมาย โดยใช้ประสบการณ์ความรู้ที่ได้จากการสอนของครูผู้สอนขึ้นอยู่กับความสามารถในการพัฒนาความคิดของนักเรียนแต่ละบุคคล (Osborne and Freyberge, 1985) ความสามารถที่แตกต่างของแต่ละบุคคล เนื่องจากบุคคลมีพัฒนาการทางสติปัญญาช้าเร็วแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวุฒิภาวะ อวัยวะรับสัมผัส และความพร้อมในการพัฒนาทางสติปัญญาประสบการณ์ (McCown and Roop, 1992 อ้างใน สุมาลี กาญจนชาติ, 2543) ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนควรมีการปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียนซึ่งการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนไม่มีวิธีการสอนใดที่ดีที่สุด ควรปรับวิธีการจัดการเรียน การสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหาและความสามารถของนักเรียน (สสวท., 2546)

**ผลการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน  
ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้**

ผลการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวัฏจักร  
การสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม ดังตารางที่ 28

**ตารางที่ 28** ผลการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย  
วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย		ร้อยละของคะแนนเต็ม		คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	
1. การสังเกต	5	4.00	4.75	80.00	95.00	15.00
2. การวัด	5	2.91	3.78	58.20	75.60	17.40
3. การคำนวณ	5	4.07	4.67	81.40	93.40	12.00
4. การจัดจำแนกประเภท	5	2.38	3.20	47.60	64.00	16.40
5. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	5	2.51	4.00	50.20	80.00	29.80
6. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล	5	2.60	3.62	52.00	72.40	20.40
7. การพยากรณ์	5	3.56	3.95	71.20	78.00	6.80
รวม	35	23.15	26.87	66.14	76.77	10.63

จากตารางที่ 28 พบว่า ก่อนการเรียนด้วยวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 23.15 จากคะแนนเต็ม 35 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 66.14 หลังการเรียนด้วยวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นเป็น 26.87 คิดเป็นร้อยละ 76.77 โดยนักเรียนมีคะแนนทักษะหลังเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 10.63 และนักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือร้อยละ 50 ยกเว้นทักษะการจัดจำแนกประเภท พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์เท่ากับ 2.38 คิดเป็นร้อยละ 47.60 และเมื่อพิจารณาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบรายด้านทั้ง 7 ด้าน ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการจัดจำแนกประเภท ทักษะการวัด ทักษะการใช้เลขจำนวน ทักษะการจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความคิดเห็นและทักษะการพยากรณ์ พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 7 ด้าน หลังการเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน ผู้วิจัยขอแนะนำเสนอการวิเคราะห์และวิจารณ์ผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 7 ทักษะ ดังต่อไปนี้

### 1. ทักษะกระบวนการสังเกต

จากตารางที่ 28 พบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการการสังเกตเท่ากับ 4.00 คิดเป็นร้อยละ 80 และหลังการเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการสังเกตเพิ่มขึ้นเป็น 4.75 คิดเป็นร้อยละ 95 โดยนักเรียนมีคะแนนทักษะหลังการเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 15 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทักษะการสังเกตจากใบงาน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมมีการพัฒนาทักษะการสังเกตเพิ่มขึ้นซึ่งนักเรียนสามารถบันทึกข้อมูลจากการสังเกตได้ถูกต้องละเอียด และครอบคลุมมากยิ่งขึ้น โดยข้อมูลจากการบันทึกของนักเรียนประกอบด้วยข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยปราศจากข้อความที่แสดงความคิดเห็น ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากใบงานต่อไปนี้

#### ใบงานเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม

จากผลการวิเคราะห์ทักษะการสังเกตจากใบงานลักษณะทางพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ 17) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 71.11 อยู่ในระดับดี จากผลบันทึกผลการสังเกตโดยข้อมูลจากการบันทึกลักษณะทางพันธุกรรม ส่วนใหญ่ยังไม่ครอบคลุมและเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพเพียงอย่างเดียว ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “ตาสีดำ ผมตรง ผิวขาว ถนัดมือขวา ตาชั้นเดียว ผอม สูง

ไม่มีลักยิ้ม มีติ่งหู” และนักเรียนร้อยละ 22.22 อยู่ในระดับปรับปรุง จากผลการบันทึกการสังเกต เป็นข้อมูลที่นอกเหนือจากการรับรู้ของประสาทสัมผัส ดังตัวอย่างคำตอบ

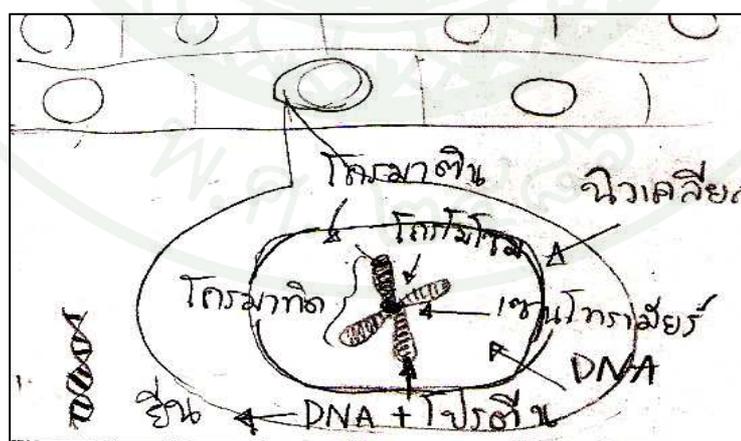
“ผมตรง มีลักยิ้ม ผิวขาว มีติ่งหู ผมสีดำ ห่อลิ้นได้ ตา 2 ชั้น มีขนที่นิ้วมือ หมู่เลือดA”

นักเรียนเพียงร้อยละ 6.67 อยู่ในระดับดีมาก เพราะนักเรียนสามารถบันทึกผลการสังเกต ประกอบด้วยข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพและไม่มีข้อความที่แสดงความคิดเห็น ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ตา 2 ชั้น ผมสีน้ำตาล ผิวขาว สูงประมาณ 165 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 55 กิโลกรัม ไม่มีลักยิ้ม มีติ่งหู ผมตรง ห่อลิ้นไม่ได้”

### ใบงานเรื่องโครโมโซม

จากผลการวิเคราะห์ทักษะการสังเกตจากใบงานเรื่องโครโมโซม (ตารางผนวกที่ 18) พบว่า นักเรียนมีทักษะการสังเกตอยู่ในระดับดีมากเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 20 โดยนักเรียนสามารถวาดภาพแสดงผลการสังเกตส่วนประกอบของ โครโมโซม และระบุตำแหน่งส่วนประกอบต่างๆ ของเซลล์ได้ถูกต้องและละเอียดยิ่งขึ้น ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ส่วนประกอบภายในเซลล์จากใบงานเรื่องโครงสร้างโครโมโซม

นักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะการสังเกตอยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 46.67 เนื่องจากนักเรียนวาดภาพแสดงส่วนประกอบของเซลล์ได้ถูกต้องแต่ระบุส่วนประกอบภายในเซลล์ไม่ครบถ้วน

### ใบงานเรื่องความผิดปกติทางพันธุกรรม

ผลการวิเคราะห์ทักษะการสังเกตจากใบงานเรื่องความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ 19) พบว่า นักเรียนมีทักษะการสังเกตอยู่ในระดับดีมากเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 42.22 โดยนักเรียนสามารถบันทึกผลการสังเกตเด็กกลุ่มอาการดาวน์ซินโดรมได้ถูกต้องครบถ้วนโดยปราศจากการลงความคิดเห็นและนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 57.78 มีทักษะการสังเกตอยู่ในระดับพอใช้ เนื่องจากนักเรียนบันทึกผลการสังเกตลักษณะทางพันธุกรรมของเด็กกลุ่มอาการดาวน์ซินโดรมว่ามีอาการ “ตาเฉียงขึ้น คิ้วงมูกแบน ลิ้นจุกปาก ศรีษะเล็ก ใบหูเล็ก ปัญญาอ่อน” ซึ่งอาการปัญญาอ่อนเป็นข้อความที่แสดงความคิดเห็นของนักเรียนไม่ใช่ผลจากการสังเกต

### ใบงานเรื่องสิ่งมีชีวิตตัดแปลงพันธุกรรม

ผลการวิเคราะห์ใบงานเรื่องสิ่งมีชีวิตตัดแปลงพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ 20) พบว่านักเรียนมีการพัฒนาทักษะการสังเกตอยู่ในระดับดีมากเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 62.22 จากการสังเกตลักษณะของสิ่งมีชีวิตปรับปรุงพันธุ์นักเรียนสามารถบันทึกผลการสังเกตประกอบด้วยข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยปราศจากการลงความคิดเห็น ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ฟักทองยักษ์ ขนาดใหญ่ สีเหลือง รูปร่างกลมรี ยาสูบเรืองแสง มีสีเหลืองและสีเขียว ข้าวสายพันธุ์ทอง เม็ดข้าวสีเหลือง รูปร่างกลมรี ดอกคาร์เนชั่นสีม่วง กลีบดอกสีม่วงมีทั้งหมด 18 ดอก”

ผลการบันทึกจากการสังเกตของนักเรียนมีข้อความที่แสดงความคิดเห็นลดลงอยู่ในระดับดีคิดเป็นร้อยละ 37.78 ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ฟักทองยักษ์ ขนาดใหญ่ รูปร่างกลม สีเหลือง ยาสูบเรืองแสง ประกอบด้วยสีเหลือง สีเขียว มีระบบรากแบบรากฝอย ข้าวสายพันธุ์ทอง เม็ดข้าวสีเหลือง รูปร่างกลมรี ดอกคาร์เนชั่นสีม่วง กลีบดอกสีม่วง”

## 2. ทักษะกระบวนการวัด

จากตารางที่ 28 พบว่า ก่อนการเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการวัดเท่ากับ 2.91 คิดเป็นร้อยละ 58.20 และคะแนนทักษะการวัดหลังการเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 3.78 คิดเป็นร้อยละ 75.60 โดยนักเรียนมีคะแนนทักษะหลังเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 17.40 สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทักษะการวัดจากใบงานเรื่องความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ 21) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 93.33 มีทักษะการวัดอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากสามารถอ่านค่าจากการวัดส่วนสูงของตนเองและเพื่อนด้วยเลขทศนิยม 2 ตำแหน่งและใช้หน่วยกำกับคือ เซนติเมตรและนักเรียนร้อยละ 100 (ตารางผนวกที่ 22) มีทักษะการวัดอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากสามารถอ่านค่าจากการวัดน้ำหนักของตนเองและเพื่อนด้วยเลขทศนิยม 2 ตำแหน่งและใช้หน่วยกำกับคือ กิโลกรัม

## 3. ทักษะกระบวนการคำนวณ

จากตารางที่ 28 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการคำนวณก่อนการเรียนเท่ากับ 4.07 คิดเป็นร้อยละ 81.40 และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการคำนวณหลังการเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 4.67 คิดเป็นร้อยละ 93.40 โดยนักเรียนมีคะแนนทักษะหลังเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 12 สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทักษะการคำนวณจากใบงานเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ 23) พบว่า นักเรียนร้อยละ 100 มีทักษะการคำนวณอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากสามารถบวกและหารเพื่อหาค่าเฉลี่ยของส่วนสูง น้ำหนัก และผลการวิเคราะห์ทักษะการคำนวณจากใบงานเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ 24) นักเรียนมีทักษะการคำนวณอยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 100 เนื่องจากนักเรียนสามารถหาอัตราส่วนจีโนไทป์และอัตราส่วนจีโนไทป์และฟีโนไทป์ได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“การผสมต้นถั่วเมล็ดสีเหลือง (Yy) ผสมกับต้นถั่วเมล็ดสีเหลือง (Yy) ได้อัตราส่วนจีโนไทป์ของลูกรุ่น F1 เท่ากับ 1:2 :1 คือ YY:Yy:yy และอัตราส่วนฟีโนไทป์ เมล็ดเหลือง : เมล็ดเขียวเท่ากับ 3:1”

#### 4. ทักษะกระบวนการจัดจำแนกประเภท

จากตารางที่ 28 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการจัดจำแนกประเภทก่อนการเรียนเท่ากับ 2.38 คิดเป็นร้อยละ 47.60 และมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการจัดจำแนกประเภทหลังการเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 3.20 คิดเป็นร้อยละ 64 โดยนักเรียนมีคะแนนทักษะหลังเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 16.40 สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดจำแนกประเภทจากใบงาน พบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมส่วนใหญ่สามารถจัดจำแนกประเภทของข้อมูลได้ถูกต้องตามเกณฑ์ ดังตัวอย่างคำตอบจากใบงานต่อไปนี้

##### ใบงานเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม

จากผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดจำแนกประเภทจากใบงานเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ 25) พบว่า นักเรียนร้อยละ 97.78 มีทักษะการจัดจำแนกประเภทอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากนักเรียนสามารถจัดจำแนกลักษณะความแปรผันทางพันธุกรรมได้ถูกต้องตามเกณฑ์ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ความสูงและน้ำหนักเป็นลักษณะพันธุกรรมที่แปรผันแบบต่อเนื่อง ส่วนการห่อลิ้นมีติ่งหู และหนังตาเป็นลักษณะพันธุกรรมที่แปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง”

##### ใบงานเรื่องจำนวนโครโมโซม

ผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดจำแนกประเภทจากใบงานเรื่องจำนวนโครโมโซม (ตารางผนวกที่ 26) พบว่า นักเรียนร้อยละ 100 มีทักษะการจัดจำแนกประเภทอยู่ในระดับดีมาก สามารถจัดจำแนกประเภทของเซลล์สัตว์และเซลล์พืชตามเกณฑ์ได้อย่างถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“เซลล์ผิวหนัง เซลล์เม็ดเลือดขาว เซลล์ลำต้น เซลล์กลีบดอก และเซลล์รังไข่เป็นเซลล์ร่างกาย ส่วนเซลล์อสุจิ เซลล์ไข่ และเซลล์ละอองเรณูเป็นเซลล์สืบพันธุ์”

## รายงานเรื่องความผิดปกติของของโรคทางพันธุกรรม

จากผลการทักษะการจัดจำแนกประเภทจากใบงานเรื่องความผิดปกติของของโรคทางพันธุกรรม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดทักษะเกี่ยวกับการสร้างหรือกำหนดเกณฑ์เพื่อใช้ในการจัดจำแนกประเภท ดังผลการวิเคราะห์คำตอบจากใบงานเรื่องความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ 27) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 60 มีทักษะการจัดจำแนกประเภทอยู่ในระดับปรับปรุง เนื่องจากผลจากการจัดจำแนกสาเหตุของการเกิดโรคทางพันธุกรรมตามชื่อโรคเป็นเกณฑ์ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรมได้ถูกตั้งโดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มอาการดาวน์ซินโดรม กลุ่มอาการเทอร์เนอร์ กลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์ และโรคธาลัสซีเมีย”

นักเรียนร้อยละ 35.56 มีทักษะการจัดจำแนกประเภทอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากนักเรียนสามารถสร้างเกณฑ์และจัดจำแนกประเภทสาเหตุของโรคทางพันธุกรรมได้อย่างถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรมแบ่งออกเป็น 4 ประเภทคือ (1) กลุ่มอาการดาวน์ซินโดรม อยู่ในกลุ่มความผิดปกติเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนอโครโซม (2) กลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์และเทอร์เนอร์ อยู่ในกลุ่มความผิดปกติเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมเพศ (3) กลุ่มอาการครีดูชาร์ อยู่ในกลุ่มความผิดปกติเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม (4) โรคธาลัสซีเมียอยู่ในกลุ่มความผิดปกติเกี่ยวกับความผิดปกติในระดับยีน”

### 5. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

จากตารางที่ 28 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลก่อนการเรียนเท่ากับ 2.51 คิดเป็นร้อยละ 50.20 และมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลหลังการเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 4.00 คิดเป็นร้อยละ 80 โดยนักเรียนมีคะแนนทักษะหลังเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 29.80 สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลจากใบงาน พบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมส่วนใหญ่สามารถจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลได้ถูกต้องตามเกณฑ์ ดังตัวอย่างคำตอบจากใบงานต่อไปนี้

### ใบงานเรื่องความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม

จากผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลจากใบงานเรื่อง ความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ 28) พบว่า นักเรียนร้อยละ 100 มีทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากการนำเสนอข้อมูล จากการสังเกตได้ถูกต้องและรูปแบบการนำเสนอเหมาะสมกับข้อมูล โดยนักเรียนนำเสนอผลการสำรวจความสูงและน้ำหนักด้วยกราฟเส้นซึ่งการนำเสนอด้วยกราฟเส้นเป็นการสื่อสารให้ผู้อื่น เข้าใจเกี่ยวกับลักษณะพันธุกรรมที่แปรผันแบบต่อเนื่อง และนำเสนอข้อมูลการสำรวจการมีลักษณะ การห่อลิ้นและลักษณะหนังตา ด้วยกราฟแท่ง ซึ่งการนำเสนอด้วยกราฟแท่งเป็นการสื่อสารให้ผู้อื่น เข้าใจเกี่ยวกับลักษณะพันธุกรรมที่แปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง โดยนักเรียนระบุส่วนประกอบของ กราฟทั้งแกน X และแกน Y อย่างชัดเจนและถูกต้องและการนำเสนองานของนักเรียนส่วนใหญ่ สามารถอธิบายได้ละเอียด ถูกต้อง และชัดเจน

### ใบงานเรื่องโครงสร้างโครโมโซม

จากผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลจากแบบจำลอง โครงสร้างโครโมโซมของนักเรียน (ตารางผนวกที่ 29) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 57.78 มีทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากนักเรียนสามารถจัดทำ แบบจำลองโครโมโซม โดยแสดงองค์ประกอบของโครโมโซมได้ครบถ้วน แบบจำลองโครโมโซม มีขนาดเหมาะสม มีการแสดงชื่อแบบจำลองและชื่อส่วนประกอบต่างๆ อย่างชัดเจนและนักเรียน นำเสนอผลงานได้ถูกต้องและชัดเจนและนักเรียนร้อยละ 20 มีทักษะการจัดกระทำและ สื่อความหมายข้อมูลอยู่ในระดับพอใช้เนื่องจากนักเรียนไม่ระบุชื่อแบบจำลองโครโมโซม และส่วนประกอบของโครโมโซมในแบบจำลอง

### ใบงานเรื่องความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม

จากการวิเคราะห์ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลจากแผนผังความคิดของ นักเรียนจากใบงานเรื่องความผิดปกติของ โรคทางพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ 30) พบว่านักเรียน ร้อยละ 100 มีทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากนักเรียน สามารถเขียนแผนผังความคิดเกี่ยวกับความผิดปกติของ โรคทางพันธุกรรมได้ถูกต้อง โดยนักเรียน ร้อยละ 24.44 จัดกระทำข้อมูลออกเป็น 4 ส่วนตามสาเหตุการเกิด โรคมีการแสดงชื่อแผนผังชัดเจน

ขนาดเหมาะสม สีเส้นสวยงาม มีภาพประกอบชัดเจน นำเสนอผลโดยเรียงจากสาเหตุของโรค ชื่อโรค และอาการของโรค การนำเสนอถูกต้องและชัดเจนและนักเรียนร้อยละ 75.56 จัดกระทำ ข้อมูลออกเป็น 4 ส่วนตามชื่อกลุ่มอาการเกิดของโรค แสดงชื่อแผนผังชัดเจน ขนาดเหมาะสม สีเส้นสวยงาม นำเสนอผลโดยเรียงจากชื่อโรค สาเหตุของโรค และอาการของโรค

### ใบงานเรื่องประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม

จากการวิเคราะห์แผนภาพการสร้างสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ใหม่ (ตารางผนวกที่ 31) พบว่า นักเรียนร้อยละ 64.44 มีทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจาก นักเรียนวาดแผนภาพแสดงขั้นตอนในการสร้างสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ใหม่ได้ถูกต้อง ขนาดของภาพ มีความเหมาะสม สีเส้นสวยงาม อ่านเข้าใจได้ง่าย มีภาพประกอบชัดเจน การนำเสนอถูกต้องและ ชัดเจน น่าสนใจและนักเรียนร้อยละ 35.56 มีทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลอยู่ใน ระดับดี โดยนักเรียนจัดกระทำข้อมูลโดยการวาดแผนภาพแสดงขั้นตอนในการสร้างสิ่งมีชีวิต สายพันธุ์ใหม่ได้ถูกต้อง ขนาดของภาพมีความเหมาะสม สีเส้นสวยงาม แต่ขนาดตัวหนังสือเล็ก และไม่มีภาพประกอบ

### 6. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

จากตารางที่ 28 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ก่อนการเรียนเท่ากับ 2.60 คิดเป็นร้อยละ 52.00 และมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการลงความคิดเห็นจาก ข้อมูลหลังการเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 3.62 คิดเป็นร้อยละ 72.40 โดยนักเรียนมีคะแนนทักษะหลังเรียน เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 20.40 สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ที่ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลจาก ใบงาน พบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมสามารถ พัฒนาทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลองได้ ดังตัวอย่าง คำตอบจากใบงานต่อไปนี้

### ใบงานเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม

จากผลการวิเคราะห์ใบงานเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ 32) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 64.44 มีทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากนักเรียนสามารถสรุปและลงความเห็นเกี่ยวกับความหมายของลักษณะทางพันธุกรรมจากข้อมูลการสังเกตได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบ

“ลักษณะต่างๆที่ปรากฏในตัวเราได้รับการถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษและสามารถถ่ายทอดต่อไปยังลูกหลานได้”

### ใบงานเรื่องจำนวนโครโมโซม

จากผลการวิเคราะห์ใบงานเรื่องจำนวนโครโมโซม (ตารางผนวกที่ 33) พบว่า มีทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลในระดับดีมากเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 100 โดยนักเรียนสามารถสรุปข้อมูลจากผลการสังเกตได้อย่างมีเหตุผลและนำความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาเชื่อมโยงในการลงความเห็นเกี่ยวกับความแตกต่างของเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ ดังตัวอย่างคำตอบ

“จำนวนโครโมโซมของเซลล์สืบพันธุ์จะมีจำนวนเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกายเสมอ ยกตัวอย่างเช่น มนุษย์มีจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายเท่ากับ 46 แท่ง จำนวนโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์มีเท่ากับ 23 แท่ง”

### ใบงานเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ผลการวิเคราะห์ใบงานเรื่องจีโนไทป์ ฟีนโนไทป์ (ตารางผนวกที่ 34) พบว่า นักเรียนร้อยละ 100 มีทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากนักเรียนสามารถสรุปความแตกต่างของจีโนไทป์ ฟีนโนไทป์ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“จีโนไทป์ คือ ยีนที่ควบคุมลักษณะต่างๆ ภายในเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์เช่น HH Hh hh ฟีนโนไทป์ คือ ลักษณะที่แสดงออกมา เช่น สีเหลือง และสีเขียว”

จากการวิเคราะห์ใบงานเรื่องกฎของเมนเดล (ตารางผนวกที่ 35) พบว่า นักเรียนมีทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลอยู่ในระดับดีมากคิดเป็นร้อยละ 100 เนื่องจากนักเรียนสามารถสรุปความสำคัญและความแตกต่างของกฎการแยกตัวและกฎการรวมตัวอย่างอิสระได้ถูกต้องดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“กฎการแยกตัว คือ แอลลีลของยีนจะมีการแยกตัวออกจากกันในช่วงที่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ กฎการรวมตัวอย่างอิสระคือ ยีนที่ควบคุมลักษณะมีความเป็นอิสระที่จะรวมตัวทำให้อุณหภูมิลักษณะแตกต่างกันหลายรูปแบบ”

## 7. ทักษะการพยากรณ์

จากตารางที่ 28 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการพยากรณ์ก่อนการเรียนเท่ากับ 3.56 คิดเป็นร้อยละ 71.20 และมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการพยากรณ์หลังการเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 3.95 คิดเป็นร้อยละ 78 โดยนักเรียนมีคะแนนทักษะหลังเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 6.80 สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ ทักษะการพยากรณ์จากใบงานเรื่องกฎเมนเดล (ตารางผนวกที่ 36 และ 37) พบว่า นักเรียนร้อยละ 100 มีทักษะการพยากรณ์อยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากนักเรียนสามารถทำนายหรือคาดคะเนเกี่ยวกับลักษณะจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของลูกรุ่นที่ 1 และลูกรุ่นที่ 2 ของการผสมพันธุ์วัวได้โดยอาศัยการสังเกตและหลักการจากกฎของเมนเดลมาช่วยในการทำนาย ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“รุ่นลูก F2 ลูกวัวที่เกิดจะมีลักษณะใด มีเขา ไม่มีเขา อัตราส่วนเท่ากับ 3:1 มีจีโนไทป์เป็น RR Rr rr อัตราส่วนเท่ากับ 1:2:1 เพราะเหตุใด ลูกรุ่น F2 เกิดจากการผสมระหว่างวัวตัวผู้มีเขาพันทาง (Rr) กับวัวตัวเมียมีเขาพันทาง (Rr) โดยพ่อและแม่มีเซลล์สืบพันธุ์เป็น R และ r ลูกรุ่น F2 จึงมีจีโนไทป์เป็น RR Rr และ rr ซึ่งแสดงลักษณะมีเขาและไม่มีเขา”

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการเรียนด้วยวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมเพิ่มขึ้นและผลจากการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายด้านทั้ง 7 ด้าน ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความคิดเห็น และทักษะการพยากรณ์ พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 7 ด้าน หลังการเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน ซึ่งผลวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับผลวิจัย

ของสัญญาธิกรักร์ ปรางทอง (2539); ณรงค์เดช พลกระจาย (2547); อาพีวี่ ภิญโญคม (2551) พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากก่อนการเรียนทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้มีการกำหนดประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จะพัฒนาให้เกิดขึ้นกับนักเรียนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างสม่ำเสมอส่งผลให้นักเรียนเกิดความชำนาญและเชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นไปตามกฎแห่งการฝึกหัดของธอร์นไคร์ (Law of Exercise) (Thronidike, 1955 : 77 อ้างใน รุ่งทิพย์ ร่วมจำปา, 2549 )

โดยกิจกรรมการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ในชั้นสร้างความสนใจและชั้นการสำรวจและค้นคว้า ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนมีบทบาทเต็มทีในการสำรวจ สืบค้นข้อมูล พร้อมทั้งลงมือปฏิบัติกิจกรรมการสำรวจและทดลองด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนได้รับการฝึกฝนทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการคำนวณและทักษะการพยากรณ์อย่างสม่ำเสมอทำให้เกิดความชำนาญ ยกตัวอย่าง กิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องความแปรผันทางพันธุกรรม กิจกรรมดังกล่าวให้นักเรียนได้ลงมือสำรวจลักษณะทางพันธุกรรมเกี่ยวกับ ความสูง น้ำหนัก การมีตี่งหู ลักขั้ม และลักษณะหนังตา ซึ่งนักเรียน ได้ฝึกทักษะการสังเกต ทักษะการวัด และทักษะการคำนวณ หลังจากนั้นนักเรียนนำผลจากการสำรวจมาจัดจำแนกประเภทเพื่อจัดข้อมูลออก 2 ประเภท คือ ลักษณะพันธุกรรมที่แปรผันแบบต่อเนื่องและลักษณะทางพันธุกรรมแบบไม่ต่อเนื่อง ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการจัดจำแนกประเภทข้อมูล สำหรับทักษะการจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูลและทักษะการลงความเห็นจากข้อมูลเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนเพิ่มขึ้นมากที่สุดทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นอธิบายและลงข้อสรุปและชั้นขยายความรู้นักเรียนต้องทำการรวบรวมและสรุปผลการสำรวจค้นคว้าพร้อมทั้งนำเสนอผลการศึกษาซึ่งนักเรียนได้พัฒนาทักษะในการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลและทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลอย่างต่อเนื่องและจากผลการวิเคราะห์ไบงาน พบว่า นักเรียนสามารถนำผลจากการสังเกต การวัดมาจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล ได้ถูกต้อง ชัดเจนและสมบูรณ์ดังตัวอย่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้อเรื่องความแปรผันทางพันธุกรรม กิจกรรมการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตัวเองทำให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยผ่านกระบวนการคิดและการวางแผนช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวได้

## ผลการศึกษาเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ตารางที่ 29 ผลการศึกษาเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ เรื่องพันธุกรรม

เจตคติต่อการเรียนการสอน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ความหมาย
ด้านการเรียนการสอน	3.60	0.74	มีเจตคติต่อการเรียนในระดับสูง
ด้านบทบาทครู	3.18	0.95	มีเจตคติต่อการเรียนในระดับปานกลาง
ด้านบทบาทนักเรียน	3.67	0.71	มีเจตคติต่อการเรียนในระดับสูง
ด้านบรรยากาศในการเรียน	3.97	0.36	มีเจตคติต่อการเรียนในระดับสูง
รวม	3.60	0.69	มีเจตคติต่อการเรียนในระดับสูง

จากตารางที่ 29 พบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมมีเจตคติต่อการเรียนการสอนในระดับสูงโดยมีคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.60 โดยนักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนการสอนระดับสูงในด้านการเรียนการสอน ด้านบทบาทนักเรียน และด้านบรรยากาศในการเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 3.67 และ 3.97 ตามลำดับ ส่วนเจตคติต่อการเรียนในด้านบทบาทครูอยู่ในระดับปานกลางมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.18 โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมในระดับสูง สอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุรจิตา เศรษฐภักดี (2547) พบว่านักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ทำกิจกรรมตามความสนใจของตนเองและนำสื่อการเรียนการสอนที่หลากหลายมาใช้ประกอบซึ่งสื่อจะช่วยกระตุ้นความสนใจและสร้างความเข้าใจให้กับนักเรียน สื่อการสอนดังกล่าวทำให้เกิดความสนุกสนานและไม่รู้สึกลบเบื่อหน่ายการเรียน (กิดานันท์ มลิทอง, 2540) ส่งผลให้นักเรียนรู้สึกพึงพอใจต่อการเรียนการสอน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กมลรัตน์ หล้าสุวรรณ (2528) กล่าวว่า การจัดสิ่งแวดล้อมหรือประสบการณ์ที่ทำให้นักเรียนเกิดความพึงพอใจและสนุกสนานเป็นการสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอน

ผลการวิจัยเกี่ยวกับเจตคติต่อการเรียนการสอนของนักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์และวิจารณ์ผล แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังต่อไปนี้

### 1. ด้านการเรียนการสอน

จากผลการวิเคราะห์แบบวัดเจตคติในด้านการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนการสอนในด้านการเรียนการสอนเท่ากับ 3.60 จัดอยู่ระดับสูงและในหัวข้อเรื่องการนำสื่อการเรียนการสอนมาใช้ประกอบในการเรียนการสอนและการถามปัญหาหรือคำถามที่ทำให้ทายความสามารถของนักเรียนเป็นหัวข้อที่นักเรียนพึงพอใจและมีคะแนนในระดับสูง ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการเรียนการสอนในชั้นสร้างความสนใจผู้วิจัยนำสื่อการสอน เช่น สื่อมัลติมีเดีย สื่อแอนิเมชัน และเกม เป็นเครื่องมือในการนำนักเรียนเข้าสู่บทเรียนซึ่งสื่อดังกล่าวช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ทำให้นักเรียนเกิดความสนุกสนานและไม่รู้สึกเบื่อหน่ายการเรียน จากผลการบันทึกอนุทินของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนชอบและสนุกในการเรียนการสอนที่นำสื่อการสอนมาประกอบในการเรียน ดังตัวอย่างการบันทึกอนุทินของนักเรียนต่อไปนี้

“สื่อการสอนที่ครูใช้สอนน่าสนใจทำให้การเรียนสนุกไม่น่าเบื่อ”

“อาจารย์สามารถใช้สื่อในการสอนดีมากทำให้นักเรียนเข้าใจและกิจกรรมการเรียนการสอนมีเนื้อหาแฝงทำให้ไม่เครียดในการเรียน”

“สื่อการสอนทันสมัยช่วยทำให้เห็นภาพมากยิ่งขึ้น”

จากผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับผลการวิจัยของ จินตนา แก้วคุณ (2550) พบว่าการนำเสนอบทเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ทั้งภาพเคลื่อนไหวที่มีรูปแบบที่หลากหลายและแปลกใหม่ทำให้นักเรียนรู้สึกชอบ เกิดความพอใจ สนุกสนาน และไม่รู้สึกเบื่อการเรียน วิธีการสอนที่มีสื่อการสอนประกอบทำให้นักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนสูงขึ้น (ละดา ดอนหงษา, 2531; วรเพ็ญ ปิ่นเกตุ, 2532; อุษณีย์ ธนารุณ, 2536)

การเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมเน้นให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง นำผลจากการศึกษามาอธิบายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน จากผลการวิเคราะห์แบบวัดเจตคติเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียน พบว่า นักเรียนชอบกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม เนื่องจากเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นคว้า ตรวจสอบความรู้อย่างอิสระและอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สสวท. (2548) เกี่ยวกับความคิดเห็นและความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อกระบวนการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ชอบกระบวนการเรียนการสอนรูปแบบนี้เพราะการจัดการเรียนการสอนส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ ได้แก้ปัญหา ได้ออกแบบการทดลอง นำเสนอผลงาน ได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น สามารถซักถาม ได้แย้งได้ มีอิสระในการคิด ได้ทำงานกลุ่ม และร่วมมือร่วมใจในการทำงาน ทำให้กล้าคิด กล้าแสดงออก ซึ่งทำให้เกิดเรียนรู้อย่างเข้าใจไม่ต้องท่องจำ

## 2. ด้านบทบาทของนักเรียน

จากผลการวิเคราะห์แบบวัดเจตคติในด้านบทบาทนักเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนการสอนในด้านบทบาทของนักเรียนเท่ากับ 3.67 จัดอยู่ระดับสูง กิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมเน้นให้นักเรียนค้นคว้าและสืบค้นข้อมูลด้วยตนเองแล้วนำผลจากการศึกษามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน จากผลการวิเคราะห์แบบวัดเจตคติ พบว่า นักเรียนชอบที่ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้คิดวางแผนการทดลองได้อย่างอิสระ และชอบทำงานเป็นกลุ่ม โดยนักเรียนคิดว่าการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับครูและเพื่อนทำให้ได้รับความรู้ที่หลากหลาย สอดคล้องกับผลการบันทึกอนุทินของนักเรียน พบว่า นักเรียนชอบที่จะเรียนรู้ด้วยตนเองและทำความเข้าใจสิ่งที่ได้เรียนรู้ ดังตัวอย่างการบันทึกอนุทินของนักเรียนต่อไปนี้

“ชอบที่อาจารย์ให้นักเรียนได้เรียนรู้เองทำให้คิดวิเคราะห์เองเป็น”

“ชอบที่ได้เรียนรู้ด้วยตนเองและทำความเข้าใจในสิ่งที่ได้เรียนรู้”

“ชอบที่อาจารย์ให้เรียนรู้ด้วยตนเองและสรุปความเข้าใจด้วยตนเอง”

### 3. ด้านบรรยากาศในการเรียน

จากผลการวิเคราะห์แบบวัดเจตคติด้านบรรยากาศในการเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนการสอนในด้านบรรยากาศในการเรียนเท่ากับ 3.97 จัดอยู่ระดับสูง ซึ่งนักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนการสอนระดับสูงในเรื่องความเป็นประชาธิปไตย ความอบอุ่นและความปลอดภัยในห้องเรียน เนื่องจากกิจกรรมการเรียนการสอนเปิดโอกาสในการแสดงความคิดเห็นประกอบกับกิจกรรมการเรียนการสอน น่าสนใจ สนุกสนานทำให้ไม่รู้สึกรู้สึกอัดหรือวิตกกังวล ดังคำกล่าวของอารี พันธุ์ณี (2540) ที่ว่า บรรยากาศการเรียนการสอนที่เป็นอิสระ ทำท่ายืดหยุ่น ปลอดภัย และเป็นประชาธิปไตย ผู้สอนให้ความอบอุ่น ทั้งทางกายและจิตใจ สร้างความรู้สึกรู้สึกไว้วางใจให้กับนักเรียน นักเรียนได้รับความเข้าใจเป็นมิตร เอื้ออาทร ห่วงใย ตลอดจนให้ความดูแล ช่วยเหลือจะทำให้นักเรียนมีความกล้าและอยากเรียนรู้มากยิ่งขึ้น จากผลการบันทึกอนุทินของนักเรียนสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเกี่ยวกับผลการวิเคราะห์จากแบบวัดเจตคติ พบว่า นักเรียนชอบกิจกรรมการเรียนการสอนที่ครูจัดขึ้นและชอบที่ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ดังตัวอย่างการบันทึกอนุทินของนักเรียนที่บันทึกว่า “อาจารย์สอนสนุก น่าสนใจอยากเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ทุกวัน” และ “กิจกรรมการเรียนการสอนสนุกมีเกมให้เล่นมีสื่อการสอนที่สนุกดี”

### 4. ด้านบทบาทครู

จากผลการวิเคราะห์แบบวัดเจตคติด้านบทบาทครู พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนการสอนในด้านบทบาทครูเท่ากับ 3.18 จัดอยู่ระดับปานกลาง นักเรียนส่วนใหญ่ยังต้องการให้ครูผู้สอนเป็นผู้ให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริง ให้คำปรึกษา โดยครูผู้สอนมีบทบาทสำคัญอย่างมากในการเป็นผู้นำในการทำกิจกรรมการเรียนการสอน การสรุปผลการศึกษา และนักเรียนรู้สึกมั่นใจเมื่อครูผู้สอนอธิบายคำตอบที่ถูกต้องหรือคอยให้ข้อมูลในการแก้ปัญหาในทางกลับกัน นักเรียนชอบที่ครูผู้สอนมีการประเมินที่หลากหลาย ยอมรับฟังความคิดเห็น และคอยอำนวยความสะดวกตลอดเวลาในการทำกิจกรรม สอดคล้องกับผลการบันทึกอนุทินของนักเรียน ดังตัวอย่างการบันทึกอนุทินของนักเรียนที่บันทึกว่า “อยากให้อาจารย์อธิบายเนื้อหาให้ละเอียดมากกว่านี้” และ “อยากให้อาจารย์สอนเรื่องทฤษฎีให้ละเอียดมากกว่านี้” จากการสัมภาษณ์นักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เคยชินกับการเรียนรู้โดยมีครูเป็นผู้ให้ความรู้และยังไม่เข้าใจกับการเรียนการสอนที่นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองทำให้คะแนนเจตคติต่อการเรียนการสอนในด้านบทบาทครูอยู่ในระดับปานกลาง

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### สรุป

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยศึกษา การพัฒนาแนวคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และ เจตคติต่อการเรียนการสอนพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยวัฏจักร การสืบเสาะหาความรู้ ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 2 ซึ่งมีขั้นตอนในการวิจัยดังนี้

#### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสำรวจแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อศึกษาการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3
3. เพื่อเปรียบเทียบแนวคิดพันธุกรรมก่อนและหลังเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้
4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยวัฏจักร การสืบเสาะหาความรู้
5. เพื่อศึกษาเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

#### กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 และครูวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 2 แบ่งออก 2 ระยะ ในระยะที่ 1 กลุ่มที่ ศึกษาเป็นนักเรียนจำนวน 84 คน และครูผู้สอนวิทยาศาสตร์จำนวน 2 ท่าน ระยะที่ 2 กลุ่มที่ศึกษา เป็นนักเรียนจำนวน 45 คน

## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการสอน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม 2) เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลการวิจัย ได้แก่ แบบวัดแนวคิดพันธุกรรม แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติต่อการเรียนการสอน และแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 ผู้วิจัยทำการสำรวจแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนและศึกษาการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม

ระยะที่ 2 ผู้วิจัยทำการศึกษาผลการพัฒนาแนวคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม

## การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลแนวคิดพันธุกรรมด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและจัดกลุ่มคำตอบออกเป็น 5 กลุ่ม (Abraham *et al.*, 1994) สำหรับผลการศึกษาการจัดการสอนผู้วิจัยวิเคราะห์แยกเป็น 5 ประเด็น คือ การนำเข้าสู่บทเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอน การนำเข้าสู่บทสรุป และการวัดประเมินผล ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ด้วยการหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

## สรุปผลการวิจัย

### ผลการสำรวจแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียน

จากผลการสำรวจแนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดพันธุกรรมจัดเป็นแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนในหลายแนวคิด ได้แก่ แนวคิดเรื่อง ความแปรผันทางพันธุกรรม จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ ลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม ความแตกต่างระหว่างโครโมโซม โครมาติน และโครมาติด และ ส่วนประกอบของโครโมโซม คิดเป็นร้อยละ 89.29, 82.14, 79.76, 76.19 และ 75 ตามลำดับ และแนวคิดที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ แนวคิดเรื่อง กฎการแยกตัว และ ดีเอ็นเอ ยีน คิดเป็นร้อยละ 54.76 และ 44.05 ตามลำดับ และนักเรียนมีแนวคิดถูกต้องในแนวคิดเรื่องโครโมโซมเพศ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อพันธุกรรม และลักษณะเด่น ลักษณะด้อย คิดเป็นร้อยละ 72.62, 64.28 และ 60.71 ตามลำดับ

### ผลการศึกษาการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม

ผลการศึกษาการจัดการเรียนการสอน พบว่า ครูผู้สอนใช้วิธีการบรรยายประกอบ การใช้สื่อการสอน เช่น ใบงาน ใบความรู้ รูปภาพ และแบบฝึกหัด การนำเข้าสู่บทเรียนครูด้วยการใช้คำถาม สื่อการ์ตูน กระตุ้นความสนใจเพื่อนำนักเรียนเข้าสู่เนื้อหา ระหว่างการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนครูผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ด้วยอธิบายเนื้อหาและใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ในขั้นสรุปครูผู้สอนใช้คำถามเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนเพื่อให้นักเรียนสรุปเนื้อหาที่เรียนโดยการสรุปแบบรายคนและรายกลุ่ม การวัดประเมินผลครูผู้สอนใช้แบบทดสอบ คะแนนสมุด และการถามคำถามระหว่างการเรียน

### แนวคิดพันธุกรรมของนักเรียนก่อนและหลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

จากผลการศึกษาการพัฒนาแนวคิดพันธุกรรมด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม มีแนวคิดพันธุกรรมเป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้นสอดคล้องกับแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นและมีแนวคิดคลาดเคลื่อนลดลง ผลการศึกษาแนวคิดก่อนเรียน พบว่า แนวคิดส่วนใหญ่ที่นักเรียนคลาดเคลื่อนคือแนวคิดที่มีความเป็นนามธรรม เช่น แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและโครโมโซม สำหรับแนวคิดย่อยที่นักเรียนคลาดเคลื่อนมาก คือ กฎการแยกตัว คิดเป็นร้อยละ 44.44 เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถ

แยกจโนไทป์ของเซลล์สืบพันธุ์พ่อและแม่ได้ เพราะนักเรียนขาดความรู้พื้นฐานในเรื่องการแบ่งเซลล์ เมื่อพิจารณาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ พบว่า เนื้อหาเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและการแบ่งเซลล์ ถูกแยกออกจากกันทำให้นักเรียนเกิดข้อจำกัดในการเรียน (Lewis *et al.*, 2000b) หลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาแนวคิดพันธุกรรมสอดคล้องกับแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นและมีแนวคิดคลาดเคลื่อนลดลง ทั้งนี้ เนื่องมาจากนักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริงจากการลงมือปฏิบัติ ทำให้เกิดความเข้าใจมากกว่าการท่องจำ การเรียนที่จัดให้นักเรียนได้ลงปฏิบัติด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนได้ใช้ความคิด ส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนาการทางความคิดเพิ่มขึ้น

### ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 7 ด้าน ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการจัดจำแนกประเภท ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความคิดเห็น และทักษะการพยากรณ์ โดยหลังการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม นักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนและมีคะแนนทักษะรายด้านทั้ง 7 ด้าน หลังเรียนเพิ่มขึ้น โดยทักษะการจัดกระทำข้อมูลและการสื่อความหมายข้อมูล เป็นทักษะที่นักเรียนมีการพัฒนามากที่สุด เนื่องจากนักเรียนมีคะแนนทักษะหลังเรียนเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 29.80 รองลงมาคือทักษะการลงความเห็นจากข้อมูลมีคะแนนทักษะหลังเรียนเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 20.40 ทั้งนี้เนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมในแต่ละขั้นตอนมีการกำหนดประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จะพัฒนาให้เกิดขึ้นกับนักเรียนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างสม่ำเสมอส่งผลให้นักเรียนเกิดความชำนาญและเชี่ยวชาญซึ่งเป็นไปตามกฎแห่งการฝึกหัดของธอร์นไคร์ (Law of Exercise) (Thondike, 1955 : 77 อ้างใน รุ่งทิพย์ ร่วมจำปา, 2549) ทำให้นักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

## เจตคติต่อการเรียนการสอนของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ในระดับสูง ทั้งในด้านการเรียนการสอน ด้านบทบาทนักเรียนและด้านบรรยากาศในการเรียน จากผลการศึกษา พบว่า นักเรียนชอบและสนุกสนานในการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม ชอบที่ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้คิดวางแผนทดลองได้อย่างอิสระ ชอบทำงานเป็นกลุ่มโดยนักเรียน คิดว่าการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับครูหรือเพื่อนทำให้ได้รับความรู้ที่หลากหลาย และนักเรียน รู้สึกอบอุ่น ปลอดภัย ไม่อึดอัดหรือวิตกกังวลในการเรียน ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมการเรียนการสอน ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นคว้าและตรวจสอบ ความรู้อย่างอิสระและการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน สื่อการสอนน่าสนใจและ สื่อความหมายให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี สำหรับด้านบทบาทครูพบว่า นักเรียนมีเจตคติอยู่ใน ระดับปานกลาง เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่เคยชินกับการเรียนรู้โดยมีครูเป็นผู้ให้ความรู้และยังไม่ เข้าใจกับการเรียนการสอนที่นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนยังคงต้องการให้ ครูผู้สอนเป็นผู้นำในการทำกิจกรรมการเรียนการสอน การสรุปผลการศึกษาและ คอยแก้ปัญหาหรือ ตอบคำถามในสิ่งที่นักเรียนสงสัย ในทางกลับกันนักเรียนชอบบทบาทของครูผู้สอนในเรื่อง การประเมินที่หลากหลายการยอมรับฟังความคิดเห็นของนักเรียนและคอยอำนวยความสะดวก ตลอดเวลาในการทำกิจกรรม

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัย

1.1 การสำรวจแนวคิดพื้นฐานของนักเรียนทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องใด เพื่อวางแผนการจัดการเรียนการสอนช่วยให้นักเรียนปรับเปลี่ยนแนวคิดคลาดเคลื่อนเป็นแนวคิดถูกต้อง หลังจากผ่านการเรียนไปแล้วมีการตรวจสอบแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์อีกครั้งทำให้แน่ใจว่านักเรียนได้ปรับเปลี่ยนแนวคิดเป็นแนวคิดถูกต้อง

1.2 การศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนและสภาพปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรวมถึงแนวคิดพื้นฐานของครูผู้สอนทำให้ทราบสาเหตุของการเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนและนำผลจากการศึกษาดังกล่าวเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนเพื่อแก้ปัญหาแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน

1.3 ครูผู้สอนควรวิเคราะห์แนวคิดที่จะสอนว่ามีความจำเป็นต้องใช้พื้นฐานเรื่องใดบ้าง ควรมีการทบทวนหรือเสริมแนวคิดพื้นฐานก่อนการเรียนแนวคิดนั้นๆ ยกตัวอย่าง การเรียนแนวคิดเรื่องกฎของเมนเดล จำเป็นอย่างยิ่งที่นักเรียนต้องมีแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตซึ่งเกี่ยวข้องกับการศึกษาการแยกตัวของเมนเดล และแนวคิดเรื่องการปฏิสนธิซึ่งแนวคิดดังกล่าวเกี่ยวข้องสัมพันธ์ในการเรียนในแนวคิดเรื่องกฎการรวมตัวอย่างอิสระของเมนเดล

1.4 ครูผู้สอนควรนำสื่อการสอนที่หลากหลายเช่น สื่อแอนิเมชันหรือจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติโดยเฉพาะในการเรียนแนวคิดที่มีความเป็นนามธรรมเช่นแนวคิดเรื่องโครโมโซม และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เนื่องจากผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีแนวคิดดังกล่าวคลาดเคลื่อนจากแนวคิดถูกต้องจำนวนมาก

1.5 ครูผู้สอนควรสอดแทรกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งแนวคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อมกันซึ่งในการจัดการเรียนการสอนควรเลือกเนื้อหาที่เหมาะสมต่อการส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

## 2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์หรือนักการศึกษาควรทำการวิจัยเกี่ยวกับวิธีการสอนแบบต่างๆ เพื่อพัฒนาแนวคิดที่ถูกต้องและลดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่องอื่นๆ

2.2 ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์หรือนักการศึกษาควรศึกษารูปแบบการจัดการเรียนการสอนรูปแบบอื่นที่เหมาะสมกับนักเรียนเพื่อพัฒนาแนวคิดพื้นฐาน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนการสอน

2.3 ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์หรือนักการศึกษาควรทำการศึกษาสาเหตุของการเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนในด้านอื่น เพิ่มเติม เช่น ด้านตำรา ด้านครูผู้สอน ด้านวิธีการสอนและตัวนักเรียน เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการหาแนวทางการแก้ไขแนวคิดของนักเรียนต่อไป

2.4 ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์หรือนักการศึกษาควรศึกษาการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องอื่นๆ และนักเรียนระดับต่างๆ โดยปรับกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหา ระดับชั้นเรียน และวัยของนักเรียน

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กิดานันท์ มลิทอง. 2540. เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่ง  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กมลรัตน์ หล้าสุวรรณ. 2528. จิตวิทยาการศึกษา (ฉบับปรับปรุง). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร:  
ห้างหุ้นส่วนจำกัด ศรีเดชา.

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. 2525. “หน่วยที่ 2  
การสร้างมโนคติทางวิทยาศาสตร์และหน่วยที่ 3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.”  
ชุดการเรียนรู้การสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์. เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร:  
ทพวงมหาวิทยาลัย.

จุฑามาศ พันธุ์ศรี. 2546. การสร้างชุดฝึกการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน.  
วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา,  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

จันทน์ พรายเข้มแข. 2516. เทคนิคและวิธีการสอนวิชาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร:  
โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

\_\_\_\_\_. 2529. เทคนิคการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตเพื่อให้เกิดทักษะ  
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

จินตนา แก้วคุณ. 2550. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียน  
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์  
ช่วยสอนกับการสอนตามคู่มือครู. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิจัยและ  
ประเมินผลการศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

จิตราวดี ศรีโยธา. 2551. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es). วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จันทร์จิรา ภมรศิลป์ธรรม. 2551. การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องปีโตรเลียมและพอลิเมอร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิตตินันท์ สาดะนิมิ. 2550. การสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาติรี เกิดธรรม. 2542. การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพมหานคร: เซนต์เตอร์ ดิสคัฟเวอรี จำกัด.

ณรงค์เดช พลกระจาย. 2547. การเปรียบเทียบการสอนตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้และรูปแบบสวท. ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ไทรรัตน์ รัตนเดช. 2551. การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทพวงมหาวิทยาลัย. 2525. ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตภัณฑ์วัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์.

ทัศนียา รัตนฤทัย. 2549. “การรับรู้ของครูและนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน  
พันธศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของ โรงเรียนสังกัดกองการศึกษาสงเคราะห์ใน  
ประเทศไทย.” วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์  
12 (3): 313-327.

นวลจิตต์ เขาวีรติพงษ์. 2537. “ความคิดรวบยอดกับการเรียนการสอน.” วารสารการพัฒนา  
หลักสูตร 14 (10): 55-60.

บุญชม ศรีสะอาด. 2535. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.

บุญเสริม ฤทธาภิรมย์. 2523. การเรียนรู้แบบสร้างความคิดรวบยอด. ประชาศึกษา 31 (2): 6-17.

ปฐมพงษ์ อัมระภา. 2546. การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิดที่ผิดพลาดเกี่ยวกับมโนคติ  
ชีววิทยา การหมุนเวียนของเลือดก๊าซ และการกำจัดของเสีย ของนักเรียน ม.2  
โดยใช้เทคนิคการสอนของ Hesse. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ประกาศิต จันทศ. 2537. ผลการสอนวิชาเคมี เรื่อง ตารางธาตุ ด้วยโมเดลวงจรการเรียนรู้  
ประยุกต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา  
ปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์,  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประภัสสร ผลสินธุ์. 2547. การเปรียบเทียบผลการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นและการสอน  
แบบสืบเสาะรูปแบบ สสวท. ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและ  
เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์การศึกษา  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ปราณี รามสูต. 2528. จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เจริญกิจ.

ผดุงยศ ดวงมาลา. 2523. การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. สงขลา:

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, พัฒนี จันทรโรทัย, และ วรทิพา รอดแรงคำ. 2546ข. “แนวคิดในเรื่อง  
 วัตนาการของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ถึงปีที่ 6.” วารสารวิทยาศาสตร์  
 เกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์ 24 (1): 1-14.

พรทิพย์ โรจนสุนันท์, คุณหญิง. 2546. แกะรอย DNA. กรุงเทพมหานคร: มติชน.

พรรณี กมฺุทชาติ. 2547. ผลการสอนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ที่มีต่อทักษะกระบวนการทาง  
 วิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์การศึกษา  
 มหบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พวงทอง มีมั่งคั่ง. 2537. การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพมหานคร:  
 พิมพ์พัฒนาศึกษา.

ภพ เลหาไพบูลย์. 2540. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร:  
 โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

มังกร ทองสุคดี. 2535. การสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา. กรุงเทพมหานคร:  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รจนา วิเศษวงษา. 2547. การพัฒนาการจัดกิจกรรมเรียนรู้โดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้  
 เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.  
 วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2536. พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร:  
 โรงพิมพ์สหธรรมิก จำกัด.

รัตนกรณ์ ผ่านพิเคราะห์. 2544. การพัฒนาทักษะการคิด ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดด้วยกระบวนการวิทยาศาสตร์.

วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการประถมศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

รัญจวน คำวชิรพิทักษ์. 2545. ความเชื่อและเจตคติกับพฤติกรรมมนุษย์. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2543. การวัดจิตพิสัย. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.

ลดดา ดอนหงษา. 2531. ผลของการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่สอนโดยเกมฝึกทักษะและแบบฝึกหัดทักษะ.

วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2532. “งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในช่วง 14 ปีที่ผ่านมา (2519-2532).” วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ฉบับพิเศษ 6 (12): 91-180.

วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540. **Constructivism**. กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (อัดสำเนา).

วรรณเพ็ญ ปิ่นเกตุ. 2532. ผลการสอนโดยใช้เทคนิคควีซีกับการสอนปกติที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิชาญ เลิศลพ. 2543. การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้โดยวิธีการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้รูปแบบ สสวท. และรูปแบบการผสมผสานระหว่างวัฏจักรการเรียนรู้กับ สสวท. วิทยานิพนธ์การศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ศักดิ์ สุนทรเสถียร. 2531. **เจตคติ**. กรุงเทพมหานคร: ดี.ดี.บุ๊คสโตร์.

คันสนีย์ ฉัตรคุปต์. 2544. “การเรียนรู้อย่างมีความสุข.” สารเคมีในสมองกับความสุขและการเรียนรู้. กรุงเทพมหานคร: สกายบุ๊คส์.

สุกัญญา ทองวัฒน์. 2545. การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้แนวคิดของรูปแบบการสอนเพื่อฝึกการสืบเสาะหาความรู้และรูปแบบการสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุกัญญา มาธานี. 2543. การพัฒนาทักษะการคิด ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดด้วยกระบวนการวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการประถมศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สัจญารัก ปรางทอง. 2539. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นผสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยจัดกิจกรรมแบบแนะแนวทางและไม่แนะแนวทาง. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2526. **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

\_\_\_\_\_. 2546. การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

\_\_\_\_\_. 2548. เอกสารประกอบการเผยแพร่ ขยายผล และอบรมรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้. สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2550. รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหา  
ความรู้ (5Es) (Online). [www.school.obec.go.th/nitade/data/Inquiry%20process.pdf](http://www.school.obec.go.th/nitade/data/Inquiry%20process.pdf),  
1 กุมภาพันธ์ 2552.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ กระทรวงศึกษาธิการ. 2539. แผนพัฒนาการศึกษา  
แห่งชาติ. ฉบับที่ 8. (อุดลำนเอน).

สันติสุข ไชยมงคล. 2542. เจตคติของผู้ใช้บริการสถานเอนามัยที่มีต่อการบริการด้าน  
การรักษาพยาบาลของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขประจำสถานเอนามัย ในเขตอำเภอเมือง  
จังหวัดสกลนคร. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาจิตวิทยาการศึกษา,  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

สุภาพ เวียงแก้ว. 2544. การพัฒนาทักษะการคิด ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์  
ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการสอนเพื่อ  
พัฒนาทักษะการคิดด้วยกระบวนการวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาการประถมศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุภาพ วงเวียง. 2549. การเปรียบเทียบผลการเรียนวิทยาศาสตร์แบบวัฏจักรเรียนรู้ 7 ขั้นที่  
กำหนดและหมุนเวียนหน้าที่ของสมาชิกกับการสอนสืบเสาะแบบ สสวท. ที่มีต่อทักษะ  
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา,  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย. 2546. หลักพันธุศาสตร์. กรุงเทพมหานคร:  
สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย.

สมบัติ การจนารักพงศ์. 2549. เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ SE ที่เน้นพัฒนา  
การคิดขั้นสูง. กรุงเทพมหานคร: ชารอักษร.

- สุมาลี กาญจนชาติ. 2543. การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่มุ่งส่งเสริมคุณลักษณะของนักเรียนระดับประถมศึกษาในการสร้างความรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุมาลี วงศ์หอม. 2548. การเปรียบเทียบผลการเรียนวิทยาศาสตร์แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น และการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนว สสวท. ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สรารุณี บุญยืน. 2542. การศึกษารูปแบบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยวงจรการเรียนรู้เรื่องเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุรจิตา เศรษฐภักดี. 2547. ผลการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุวิทย์ นิยมคำ. 2531. ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้. กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุ๊คส์ เซนเตอร์.
- อนันต์ จันทร์แก้ว. 2523. ผลการใช้คำถามของครูที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์และทัศนคติของนักเรียนชั้น มศ. 2 และ ม.2. วิทยานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- อบรม สันภิบาล. 2522. จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์.

อารี พันธุ์มี. 2540. **คิดอย่างสร้างสรรค์**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ต้นอ้อ แกรมมี.

อุษา นาคทอง, ชีราพร อนันตะเศรษฐกุล, และ นฤมล ยุตาคม. 2550. “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเรื่องเซลล์และกระบวนการของเซลล์.” **วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์** 13 (3): 383-394.

อุษณีย์ ธารุณ. 2536. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้และเจตคติต่อการสอนวิชาเคมีเรื่อง ตารางธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประจำปีการศึกษา 2535 ที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบสื่อประสม. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุสา รินลา. 2551. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนแบบสตอรีไลน์และแบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อาพีว ภิญญิตม. 2551. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธกรรม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างการจัดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อมรา คัมภีรานนท์. 2546. **พันธศาสตร์มนุษย์**. กรุงเทพมหานคร: เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัลพับลิเคชั่น.

Abraham, M. R. and J. W. Renner. 1986. “The Sequence of Learning Cycle Activities in High School Chemistry.” **Journal of Research in Science Teaching** 23 (2): 121-143.

- Abraham, M. R., V. A. Williamson, and S. L. Westbrook. 1994. "A Cross-Age Study of the Understanding of Five Chemistry Concepts." **Journal of Research in Science Teaching** 29 (2): 147-165.
- Bahar, M., A. H. Johnstone, and M. H. Hansell. 1999. "Revisiting Learning Difficultie in Biology." **Journal of Biological Education** 33: 84-86.
- Baker, W. P. and A. E. Lawson. 2001. "Complex instructional analogies and theoretical concept acquisitionin college genetics." **Science Education** 85: 665-683.
- Banker, M. A. 1991. "Misconceptions." **Science Education** 75 (6): 323-330.
- Barman, C.R. 1992. "An Evaluation of the use of a Technique Designed to Assist Prospective Elementary Teacher use the Learning Cycle Science Textbook." **School Science and Mathematics** 92 (2): 28-29.
- Beaumont-Walters, Y. and K. Soyibo. 2001. "Ananalysis of high school students' performance on five integrated science process skills." **Research in Science and Technological Education** 19:133-145.
- Brown, C. R. 1990. "Some Misconceptions in meiosis shown by Students responding to an Advanced Level Practical Examination Question in biology." **Journal of Biology Education** 24: 182-186.
- Bruning, R. H., G. J. Schraw, and R. R. Ronning. 1999. **Cognitive Psychology and Instruction**. 3rd ed. New York: Prentice-hall, Inc. อ้างใน วัชรพงษ์ อภิญญาบุรีรังสี. 2548. การสอนแนวคิดเรื่องวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีสอนอุปมาอุปไมยในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- Dewey, J. 1916. **Democracy and Education: an Introduction to the Philosophy of Education**. New York: MacMillan. อ้างใน สำลี รักสุทธี. 2544. **เทคนิควิธีการเขียนหลักสูตร**. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาศึกษา.
- Driver, R., E. Guesne, and A. Tiberghien. 1985. **Children' Ideas and the Learning of Science**. Milton Keynes, England: Open University Press.
- Fieldman, R. S. 1987. **Understanding Psychology**. New York: McGraw-Hill Inc.
- Fisher, K. M. 1985. "A Misconcept in Biology : Amino acid and translation." **Journal of Research in Science Teaching** 22 (1): 53-62.
- Finley, F. N. 1983. "Science Processes." **Journal of Research in Science Teaching** 20 (1): 47-54.
- Guzzetti, B., T. E. Taylor, G. V. Glass, and W. S. Gamas. 1993. "Promoting Conceptual change in Science: A Comparative meta analysis of Instructional Interventions from reading Education and Science Education." **Reading Research Quarterly** 28: 117-159. อ้างใน สุรจิตา เศรษฐภักดี. 2547. **ผลการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้**. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Hackling, M. W. and D. Treagust. 1984. "Research Data Necessary for Meaningful Review of Grade Ten High School Genetics Curricula." **Journal of Research in Science Teaching** 21 (2): 197-209.
- Knippels, M. C. P. J., A. S. Waarlo, and K. T. Boersma. 2005. "Design criteria For Learning and teaching genetics." **Journal of Biological Education** 39 (3): 108-112.

Karplus, R. 1977. "Science Teaching and the Development of Reasoning." **Journal of Researching Science Teaching** 199 (14): 169 – 175.

Lewis, J., J. Leach, and C. Wood Robinson. 2000a. "All in the genes?- Young people's understanding of the nature of genes." **Journal of Biological Education** 34: 74-79.

\_\_\_\_\_ and C. Wood Robinson. 2000b. "Genes, Chromosome, cell division, and inheritance do students see any relationship?." **International Journal of Science Education** 22: 177-195.

Longden, B. 1982. "Genetics - Are There inherent learning difficulties?." **Journal of Biological Education** 16: 135-140.

McCown, R. R. and P. Roop. 1992. **Education psychology and Classroom Practice: A Partnership**. Boston: Aiiln and Bacon. อ้างใน สุมาลี กาญจนชาติรี. 2543. การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่มุ่งส่งเสริมคุณลักษณะของนักเรียนระดับประถมศึกษาในการสร้างความรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซิม. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Mcdonald, F. J. 1959. **Educational Psychology**. San Francisco: Weasworth Publishing Co, Inc.

McMillan, J. H. and M. J. May. 1979. "A Study of Factors Influencing Attitudes toward Science of Junior High school Student." **Journal of Research in Science Teaching** 16 (3): 217-222.

- Osborne, R. and P. Freyberg. 1985. "Learning in Science." **The Implications of Children's Science**. Hong Kong: Heinemann. อ้างใน ทศนา จันทนาภิธาน. 2540. การศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ กลุ่มโรงเรียนมัธยมศึกษาส่วนกลาง กลุ่ม 7. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Padilla, M. J. , J. R. Okey, and F. G. Dillashaw. 1983. "The relationship between science process skills and formal thinking abilities." **Journal of Research in Science Teaching** 20: 150-165.
- Pinar, D. A. and C. Tekkya. 2008. "Promoting Students' Learning in Genetic with the learning cycle." **Journal of Experiment Education** 76 (3): 256-280.
- Rotbain, Y., G. Marbach-Ad, and R. Stavy. 2007. "Using a Computer Animation to Teach High School Molecular Biology." **Journal of Science Education and Technology** 17: 49-58.
- Saka, A., L. Cerrah, A. R. Aldeniz, and A. Ayas. 2006. "A Cross-Age Study of the Understanding of Three Genetic Concepts: How Do They Image the Gene, DNA and chromosome?." **Journal of Science Education and Technology** 15 (2):192-202.
- Thronrdike, R.I. 1955. **Measurement and Evaluation in Psychology and Education**. New York : John Willey and Sons. อ้างใน รุ่งทิพย์ ร่มจำปา. 2549. การเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้นและการเรียนสืบเสาะแบบ สสวท. ที่มีต่อแนวคิดเลือกเกี่ยวกับโมโนมิชีวีวิทยาการหมุนเวียนของเลือดและก๊าซและการกำจัดของเสียและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- Thomson, N. and J. Stewart. 1985. "Secondary school genetics instruction: making problem solving explicit and meaningful." **Journal of Biological Educaion** 19: 53-62.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

### รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ บุญเกื้อ วัชรเสถียร  
ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์ ดร. วสันต์ ทองไทย  
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. อาจารย์ ดร. ชาตรี ฝ่ายคำตา  
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. อาจารย์ ดร. เอกรัตน์ ศรีตัญญู  
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
5. อาจารย์อรพรรณ กุหเพ็ญแสง  
สาขาชีววิทยา โรงเรียนสาริตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา
6. อาจารย์ศรีเพ็ญ ศรีกุลชัยภัทร  
สาขาชีววิทยา โรงเรียนสารวิทยา กรุงเทพมหานคร
7. อาจารย์ถวิลวงษ์ นวลอินทร์  
สาขาชีววิทยา โรงเรียนสารวิทยา กรุงเทพมหานคร
8. อาจารย์ยีนดี ดวงยี่หว่า  
สาขาชีววิทยา โรงเรียนสารวิทยา กรุงเทพมหานคร



ภาคผนวก ข  
แบบวัดแนวคิดพันธกรรม

แบบวัดแนวคิด เรื่อง พันธุกรรม  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

**คำชี้แจง**

1. แบบวัดแนวคิดชุดนี้ เป็นแบบคำถามแบบเลือกตอบพร้อมแสดงเหตุผล จำนวน 17 ข้อ ประกอบด้วย แนวคิดหลัก 5 แนวคิด ดังนี้

- 1) ลักษณะทางพันธุกรรม
- 2) โครโมโซม
- 3) ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม
- 4) การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
- 5) ประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม

2. คำตอบของนักเรียนไม่มีผลต่อคะแนนในชั้นเรียน แต่จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุกรรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. แบบวัดแนวคิดนี้ใช้เวลาในการตอบ 2 ชั่วโมง

ชื่อ-นามสกุล..... ชั้น ม.3 /.....

แนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม

1. ลักษณะทางพันธุกรรมตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร

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

2. นาดาตี เป็นผู้หญิงผิวสีขาว มีลักขี้ม และบริเวณข้อม้อมีรอยแผลเป็น แต่งงานกับภราดร ซึ่งเป็นผู้ชาย ผสมตรง จมูกโด่ง และมีความสามารถในการเล่นกีฬาเทนนิสอย่างดีเยี่ยม

ให้นักเรียนตอบคำถามข้อ 2.1-2.2

2.1 จากลักษณะของนาดาตีและภราดร ท่านคิดว่าลักษณะใดบ้างที่เป็นลักษณะทางพันธุกรรม

.....  
เหตุผล เพราะ

2.2 จากลักษณะของนาดาตีและภราดร ท่านคิดว่าลักษณะใดบ้างไม่เป็นลักษณะทางพันธุกรรม

.....  
เหตุผล เพราะ

3. อารดาเป็นเด็กที่ช่างสังเกตวันหนึ่งอารดาได้สังเกตลักษณะทางพันธุกรรมของอรณาซึ่งเป็นน้องสาวแล้วทำการจดบันทึก จากบันทึกการสังเกตลักษณะทางพันธุกรรมได้ผลดังนี้ อรณา รูปร่างอ้วน มีติ่งหู, ห่อลิ้นได้ ตา 2 ชั้น และตัวสูง ท่านคิดว่าลักษณะทางพันธุกรรมใดบ้างที่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันแบบต่อเนื่องและลักษณะทางพันธุกรรมใดบ้างที่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง

3.1 ท่านคิดว่าลักษณะทางพันธุกรรมใดบ้างที่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันแบบต่อเนื่อง

.....

เหตุผล เพราะ

.....

3.2 ท่านคิดว่าลักษณะทางพันธุกรรมใดบ้างที่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง

.....

เหตุผล เพราะ

.....

4. นางสาวชอลดาเดิมสายตาสายตาสกปรก พ่อและแม่ของเธอก็มีสายตาสกปรก ชอลดาได้รับอุบัติเหตุเกี่ยวกับสายตาทำให้เธอไม่สามารถมองเห็นวัตถุที่มีสีแดงได้ นางสาวชอลดาแต่งงานกับนายกรวิกซึ่งมีสายตาสกปรกทั้งสองอยากมีลูกชาย ท่านคิดว่าลูกชายที่เกิดจากสามีภรรยาคู่นี้จะสามารถมองเห็นวัตถุที่มีสีแดงได้หรือไม่

ได้

ไม่ได้

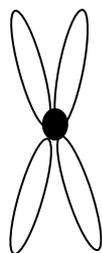
เหตุผล เพราะ

.....

.....

แนวคิดเรื่องโครโมโซม

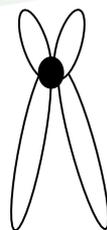
5. ภาพใดคือภาพที่แสดงรูปร่างของโครโมโซมตามความเข้าใจของท่านพร้อมทั้งบอกเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจ (เลือกได้มากกว่า 1 คำตอบ)



ภาพ A



ภาพ B



ภาพ C



ภาพ D

ภาพที่แสดงรูปร่างของโครโมโซมคือ.....

เหตุผล เพราะ.....

6. รูปร่างของโครโมโซมตามความเข้าใจของท่านเป็นอย่างไร ให้ท่านวาดภาพรูปร่างโครโมโซม และเขียนแสดงส่วนประกอบของโครโมโซมลงในช่องสี่เหลี่ยมด้านล่าง



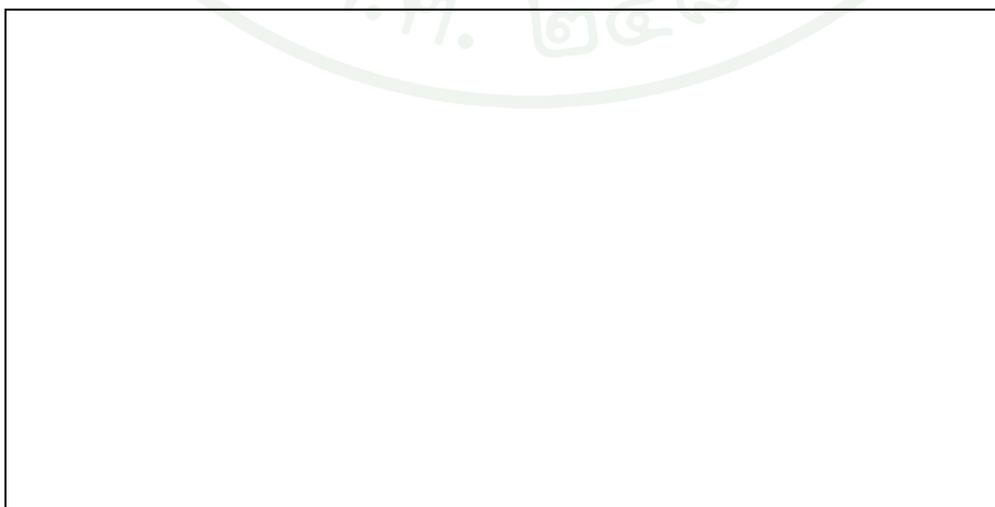
7. ตามความคิดของท่านคำว่า โครโมโซม โครมาติน และโครมาติด เหมือนหรือแตกต่างกัน พร้อมทั้งบอกเหตุผลประกอบ

( ) เหมือนกัน

( ) แตกต่างกัน

เหตุผล เพราะ.....

8. ถ้ากำหนดให้สี่เหลี่ยม แทนเซลล์, วงกลม แทนนิวเคลียส, ทรงกระบอกแทนโครโมโซมและ สามเหลี่ยม แทนยีน ให้ท่านวาดภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และ ยีน โดยใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดให้ลงในช่องว่างด้านล่างพร้อมอธิบายภาพ



ให้ท่านอธิบายภาพที่วาด ว่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และ ยีนอย่างไร

.....

.....

.....

9. ตามความคิดของท่านคำว่า ยีน และ ดีเอ็นเอ มีความหมายเหมือนหรือแตกต่างกันพร้อมทั้งบอกเหตุผลประกอบ

( ) เหมือนกัน ( ) ต่างกัน

เหตุผล เพราะ

.....

.....

10. จากการตรวจสอบจำนวนโครโมโซมของลำต้นมะเขือเทศพบว่า มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 24 แท่ง ให้นักเรียนตอบคำถามข้อ 10.1-10.2

10.1 จากข้อมูลดังกล่าว จากเซลล์ของต้นมะเขือเทศที่กำหนดให้ ท่านระบุจำนวนโครโมโซมและเลือกระบุชนิดของเซลล์ โดยทำเครื่องหมาย  $\checkmark$  ในช่องเพื่อแสดงความคิดเห็นว่าเป็น เซลล์ร่างกายหรือเซลล์สืบพันธุ์

ชนิดของเซลล์มะเขือเทศ	จำนวนโครโมโซม (แท่ง)	ความคิดเห็น	
		เซลล์ร่างกาย	เซลล์สืบพันธุ์
เซลล์ละอองเรณู			
เซลล์ราก			
เซลล์เมล็ด			
เซลล์ไข่			
เซลล์กลีบดอก			

10.2 ตามความเข้าใจของท่าน เซลล์สืบพันธุ์กับเซลล์ร่างกาย เหมือนหรือแตกต่างกัน พร้อมทั้งบอกเหตุผลประกอบ

เหมือนกัน

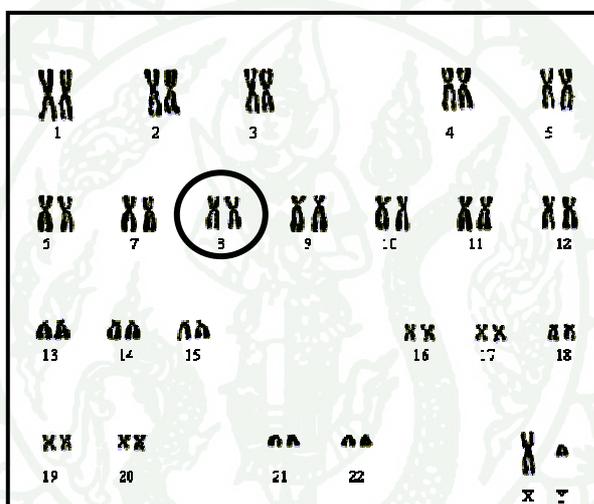
แตกต่างกัน

เหตุผล เพราะ

.....

.....

11 ให้ท่านศึกษาแผนภาพแสดงการจัดเรียงตัวของโครโมโซมในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งแล้วตอบคำถามข้อ 11.1-11.3



11.1 จากแผนภาพแสดงการจัดเรียงตัวของโครโมโซม ท่านคิดว่าเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดใด เหตุผลเพราะ

.....

.....

11.2 จากแผนภาพแสดงการจัดเรียงตัวของโครโมโซม ท่านคิดว่าสิ่งมีชีวิตดังกล่าวคือเพศใด

เพศหญิง

เพศชาย

เหตุผล เพราะ

.....

.....

11.3 ตำแหน่งโครโมโซมที่ทำเครื่องหมายวงกลม ท่านคิดว่าเป็นตำแหน่งของโครโมโซมชนิดใด

- ( ) ออโตโซม                      ( ) โครโมโซมเพศ

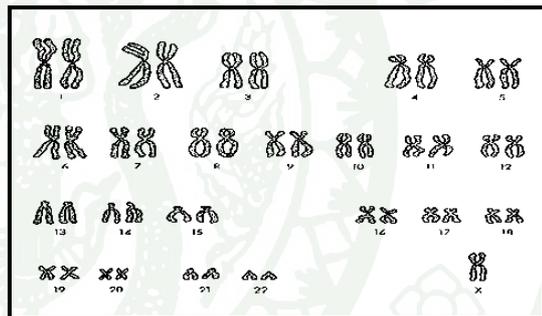
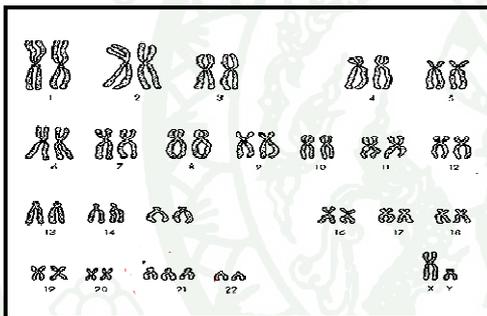
เหตุผล เพราะ.....  
 .....

**แนวคิดเรื่องความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม**

12. นางอารีสาแต่งงานกับนายภากินมานานจนนางอารีสาตั้งครรภ์ได้ 4 เดือน เมื่อเธออายุ 37 ปี ทั้งสองสามีภรรยา จึงปรึกษาคุณหมอเพื่อทำการตรวจน้ำคร่ำ ผลการตรวจปรากฏว่านางอารีสาและนายภากินได้ลูกฝาแฝดเพศหญิงแต่ลูกฝาแฝดมีความผิดปกติบางอย่างดังแสดงแผนภาพโครโมโซมให้นักเรียนตอบคำถามข้อ 12.1-12.2

ลูกคนที่ 1

ลูกคนที่ 2



12.1 ถ้าท่านเป็นคุณหมอ จากแผนภาพโครโมโซมดังกล่าว ท่านจะวินิจฉัยว่าลูกของนางอารีสาและ นายภากินมีความผิดปกติเกิดขึ้นที่โครโมโซมใด

- ลูกคนที่ 1                      ( ) โครโมโซมเพศ                      ( ) ออโตโซม

เหตุผล เพราะ.....  
 .....

- ลูกคนที่ 2                      ( ) โครโมโซมเพศ                      ( ) ออโตโซม

เหตุผล เพราะ.....  
 .....

12.2 ท่านจะอธิบายเกี่ยวกับลักษณะของโรคทางพันธุกรรมนี้ให้พ่อและแม่ของเด็กเข้าใจว่าอย่างไร

ลูกคนที่ 1.....

ลูกคนที่ 2.....

### แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

13. ให้ท่านระบุตัวอย่างที่กำหนดให้ว่าเป็นลักษณะเด่นหรือลักษณะด้อยโดยเขียนเครื่องหมาย  $\surd$  ลงใน ( ) ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านพร้อมทั้งแสดงเหตุผลประกอบการตัดสินใจให้นักเรียน  
ตอบคำถามข้อ 13.1-13.4

13.1 ทำการผสมดอกขบาสีแดงกับดอกขบาสีขาว พบว่ารุ่นลูก  $F_1$  เป็นดอกขบาสีแดงทั้งหมด  
อยากทราบว่าลักษณะสีแดงของดอกขบาสีแดงเป็นลักษณะใด

( ) ลักษณะเด่น

( ) ลักษณะด้อย

เหตุผล เพราะ

.....

.....

13.2 สามีภรรยาคนหนึ่งทั้งสองคนมีสีผิวปกติ โอกาสที่สามีภรรยาคนนี้จะได้ลูกผิวเผือกเท่ากับ 1 ใน 4  
อยากทราบว่าลักษณะผิวเผือกเป็นลักษณะใด

( ) ลักษณะเด่น

( ) ลักษณะด้อย

เหตุผล เพราะ

.....

.....

13.3 พ่อและแม่คนหนึ่งทั้งสองคนมีลักษณะห่อลิ้นได้ จากหลักความน่าจะเป็นลักษณะห่อลิ้นได้นี้  
สามารถถ่ายทอดไปยังลูกได้ร้อยละ 75  
อยากทราบว่าลักษณะห่อลิ้นได้เป็นลักษณะแบบใด

( ) ลักษณะเด่น

( ) ลักษณะด้อย

เหตุผล เพราะ

.....

.....

13.4 หนูตะเภาคู่หนึ่งให้กำเนิดลูก หลายครอกรวมลูกของหนูตะเภาทั้งสิ้นเท่ากับ 48 ตัวพบว่า มี หนูสีดำ 35 ตัว หนูสีขาว 13 ตัว ท่านคิดว่าลักษณะขนสีดำเป็นลักษณะแบบใด

- ( ) ลักษณะเด่น
- ( ) ลักษณะด้อย

เหตุผล เพราะ.....  
.....

14. ให้ท่านระบุตัวอย่างที่กำหนดให้ว่าเป็นจีโนไทป์ หรือ ฟีนไทป์ โดยเขียนเครื่องหมาย  $\surd$  ลงใน ( ) ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจให้นักเรียนตอบคำถามข้อ 14.1-14.2

14.1 สีของดอกถั่วมี 3 สี คือ สีแดง สีชมพู และสีขาว ลักษณะดังกล่าวถือว่าเป็นลักษณะ จีโนไทป์หรือฟีนไทป์

- ( ) จีโนไทป์
- ( ) ฟีนไทป์

เหตุผล เพราะ.....

14.2 รูปแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะต้นสูงมี 2 รูปแบบ คือ TT และ Tt ลักษณะดังกล่าวถือว่าเป็นลักษณะจีโนไทป์หรือฟีนไทป์

- ( ) จีโนไทป์
- ( ) ฟีนไทป์

เหตุผล เพราะ.....

15. ให้ท่านระบุตัวอย่างที่กำหนดให้ว่าเป็น พันธุ์แท้ หรือ พันธทาง โดยเขียนเครื่องหมาย  $\surd$  ลงใน ( ) ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจให้นักเรียนตอบคำถามข้อ 15.1-15.4

15.1 จากการผสมกันเองระหว่างสุนัขขนสีดำสายพันธุ์เดียวกัน พบว่าได้ลูกสุนัขที่มีลักษณะ ขนสีดำซึ่งมีจีโนไทป์เป็น BB ท่านคิดว่าลักษณะของลูกสุนัขตัวนี้เป็นพันธุ์แท้หรือพันธทาง

- ( ) พันธุ์แท้
- ( ) พันธทาง

เหตุผล เพราะ.....

15.2 มะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ได้จากการผสมระหว่างมะม่วงพันธุ์ซันเซต (RR) กับมะม่วงพันธุ์ หนังกกลางวัน (WW) ท่านคิดว่าลักษณะของมะม่วงพันธุ์มหาชนกเป็นพันธุ์แท้หรือพันธทาง

- ( ) พันธุ์แท้
- ( ) พันธทาง

เหตุผล เพราะ.....

15.3 การผสมกันเองของต้นถั่วฝักสีเหลืองที่มีจีโนไทป์เป็น aa ท่านคิดว่าลักษณะของต้นถั่วรุ่นลูกที่เกิดจากการผสมครั้งนี้ น่าจะเป็นพันธุ์แท้หรือพันทาง

( ) พันธุ์แท้

( ) พันทาง

เหตุผล เพราะ.....

15.4 นำต้นถั่วพันธุ์สูงต้นหนึ่งมาผสมพันธุ์กับต้นถั่วพันธุ์เตี้ยพบว่าได้ต้นถั่วรุ่นลูกมีลักษณะต้นสูงต่อลักษณะต้นเตี้ยในอัตราส่วน 1 : 1 อยากทราบว่าต้นถั่วต้นสูงดังกล่าวมีพันธุ์แท้หรือพันทาง

( ) พันธุ์แท้

( ) พันทาง

เหตุผล เพราะ.....

16. ให้ท่านพิจารณาการผสมพันธุ์ของดอกถั่วลิ้มมั่งกร เพื่อศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามกฎของเมนเดล ให้ท่านตอบคำถามให้ครบถ้วนพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบให้นักเรียนตอบคำถามข้อ 16.1-16.2

16.1 ผสมดอกถั่วลิ้มมั่งกรดอกสีแดง (RR) กับดอกถั่วลิ้มมั่งกรสีขาว (rr) ได้ดอกถั่วลิ้มมั่งกรสีชมพู แบบของยีนในเซลล์สืบพันธุ์ของต้นพ่อมีจีโนไทป์เป็นและต้นแม่มีจีโนไทป์เป็นเหตุผล เพราะเซลล์สืบพันธุ์ของต้นพ่อ คือ..... เซลล์สืบพันธุ์ของต้นแม่ คือ.....

16.2 ดอกถั่วลิ้มมั่งกรสีชมพู รุ่นลูก F<sub>1</sub> มีจีโนไทป์เป็น.....  
 เพราะเหตุใด.....

16.3 ดอกถั่วลิ้มมั่งกรรุ่นลูก F<sub>2</sub> ที่เกิดจากการผสมกันเองของรุ่นลูก F<sub>1</sub> มีจีโนไทป์และฟีโนไทป์เป็น.....

**แนวคิดเรื่องประโยชน์จากการความรู้ด้านพันธุกรรม**

17. ตามความคิดของท่าน ท่านคิดว่าความรู้พันธุกรรมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันในด้านใดได้บ้าง พร้อมยกตัวอย่างประกอบ

.....



ภาคผนวก ค  
แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

### แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

#### คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 35 ข้อ (ทักษะขั้นพื้นฐาน 7 ทักษะคือ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การคำนวณ การพยากรณ์ การจัดกระทำข้อมูลและตีความหมายข้อมูลและการลงความเห็นจากข้อมูล )
2. แบบทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบเลือกตอบ ในแต่ละข้อคำถามมีตัวเลือก 5 ตัว เลือกจำนวน 35 ข้อ ใช้เวลาทำ 40 นาที
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 คำตอบ แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ
4. ห้ามขีดฆ่า ทำเครื่องหมายหรืออักษรใด ๆ ลงในแบบทดสอบ
5. ถ้ามีข้อสงสัยใด ๆ ให้ถามกรรมการควบคุมสอบ

#### ตัวอย่าง

ข้อใดต่อไปนี้เป็นสัตว์

- ก. หางม้า
- ข. ฟองน้ำ
- ค. ดินตุ๊กแก
- ง. หางกระรอก

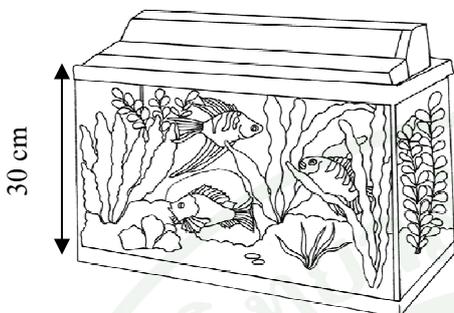
ถ้านักเรียนตอบข้อ ง. ให้ทำเครื่องหมาย  กรณีที่นักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ทำดังนี้ X ลงในกระดาษคำตอบ ดังนี้

ก	ข	ค	ง
			X

ก	ข	ค	ง
	X		X

### ทักษะการสังเกต

1. จากภาพตู้ปลาที่กำหนดให้ข้อใดคือผลที่ได้จากการสังเกต



- ก. วัดความกว้างของตู้ปลาได้ 30 เซนติเมตร  
 ข. ในตู้ปลามี ปลา สาหร่ายและก้อนหิน  
 ค. ปลากำลังตั้งท้องและใกล้จะออกลูก  
 ง. ปลาและสาหร่ายอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพากัน  
 จ. โบของสาหร่ายมีรอยแห้วเพราะถูกปลากัดกิน
2. ข้อใดไม่ใช่ผลการสังเกตתינית  
 ก. תיניתใจมีสีขาวนวล  
 ข. תיניתใจมีเชื้อกลีขาว  
 ค. תיניתใจมีรูปทรงกระบอก  
 ง. תיניתใจทำจากไขขาว  
 จ. תיניתใจมีเนื้อละเอียด และผิวเรียบ
3. ข้อใดเป็นผลจากการสังเกต  
 ก. อาหารจานนี้ราคา 20 บาท  
 ข. วันนี้อากาศเย็นวัดอุณหภูมิได้  $0^{\circ}\text{C}$   
 ค. กระดานดำมีความยาวประมาณ 3 เมตร  
 ง. หนังสือเล่มนี้พิมพ์ออกมาขาย 100 เล่ม  
 จ. ชั่งน้ำหนักส้มโอ 3 ใบ ได้ 5 กิโลกรัม

4. ผลจากการสังเกตในข้อใดใช้ประสาทสัมผัสมากที่สุด

- ก. แก้วตามีผมยขาว ผิวขาว และตัวเหม็น  
 ข. ปัทมามีรูปร่างอ้วน เตี้ยและตาสีน้ำตาล  
 ค. ธนากร ตาโต ผิวขาว และผมหยิก  
 ง. ยศพลรูปร่างอ้วนเสียงเล็กและมีกลิ่นตัว  
 จ. พรเพ็ญมีรูปร่างผอม สูง และ ผมหยิก

5. ถ้านักเรียนนำก้อนน้ำแข็งบรรจุลงในแก้วแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ข้อใดไม่ใช่การสังเกต

- ก. น้ำแข็งกลายเป็นน้ำ  
 ข. ขนาดของน้ำแข็งลดลง  
 ค. น้ำแข็งลอยอยู่ในน้ำ  
 ง. ความร้อนทำให้น้ำแข็งเปลี่ยนเป็นน้ำ  
 จ. น้ำแข็งมีสีขาวใส

### ทักษะการวัด

6. ถ้าต้องการวัดส่วนสูงของเพื่อนในห้องเรียนควรใช้อุปกรณ์ใดเหมาะสมที่สุด
- ก. ตาชั่ง  
 ข. เข็อก  
 ค. ตลับเมตร  
 ง. สายวัด  
 จ. ไม้บรรทัด

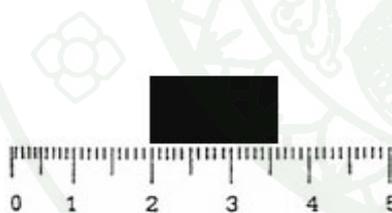
7. ข้อใดใช้หน่วยการวัดได้เหมาะสม

- ก. ต้นข้าวสูง 0.01 กรัม
- ข. ดินสอยาว 15 เซนติเมตร
- ค. หนังสือเล่มนี้หนา 2 มิลลิเมตร
- ง. กระดานดำกว้าง 5 ลูกบาศก์เมตร
- จ. ลูกบอลวัดเส้นรอบวงได้ 5 ตารางเมตร

8. ถ้าต้องการทราบว่าเส้นรอบวงของลูกบอลแต่ไม่มีสายวัด นักเรียนสามารถใช้อุปกรณ์ในข้อใดต่อไปนี้ทดแทนได้

- ก. ไม้บรรทัดกับไม้เมตร
- ข. เชือกกับไม้บรรทัด
- ค. วงเวียนกับไม้บรรทัด
- ง. ดินสอกับไม้เมตร
- จ. ดินสอกับตลับเมตร

9. จากรูป นักเรียนวัดขนาดของวัตถุได้เท่ากับข้อใด



- ก. 1.50 เซนติเมตร
- ข. 1.60 เซนติเมตร
- ค. 2.60 เซนติเมตร
- ง. 3.50 เซนติเมตร
- จ. 3.60 เซนติเมตร

10. ข้อมูลในข้อใดที่สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือชนิดเดียวกัน

- ก. น้ำหนักและปริมาตรของน้ำ
- ข. ความหนาแน่นและความจุของน้ำ
- ค. ความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น
- ง. ความเร็วและระยะทางในการวิ่งแข่ง
- จ. ความจุและความสูงของกระบอกตวง

ทักษะการจัดจำแนกประเภท

11. การจัดกลุ่มสิ่งของในข้อใดไม่เข้าพวก

- ก. ไม้เมตร ตลับเมตร สายวัด
- ข. ถ้วยกระเบื้อง แท่งแก้ว หลอดทดลอง
- ค. กล้องจุลทรรศน์ แวนชขาย เล่นสโนว์
- ง. บิกเกอร์ กระบอกตวง ถ้วยตวงสาร
- จ. คัตเตอร์ กรรไกร เครื่องตัดกระดาษ

12. ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1	งู เต่า ไก่ จิ้งจก ปลากัด
กลุ่มที่ 2	หนู แมว สุนัข กระรอก กระแต ช้าง

จากข้อมูลแสดงการแบ่งประเภทของสัตว์โดยใช้เกณฑ์ในข้อใด

- ก. สัตว์บกกับสัตว์น้ำ
- ข. สัตว์เลือดอุ่นกับสัตว์เลือดเย็น
- ค. สัตว์กินเนื้อกับสัตว์กินพืช
- ง. สัตว์สี่เท้ากับสัตว์สองเท้า
- จ. สัตว์ออกลูกเป็นตัวกับสัตว์ออกลูกเป็นไข่

13. เกณฑ์ในการจัดกลุ่มสิ่งของในข้อใดไม่ถูกต้อง

กลุ่มสิ่งของ	เกณฑ์
ก. วิทยุ มอเตอร์ โทรศัพท์	ให้เสียง
ข. เตารีด กาต้มน้ำไฟฟ้า	ให้ความร้อน
ค. ถ่านไฟฉาย ไดนาโม	ให้พลังงานเคมี
ง. หลอดนีออน เทียนไข ไฟฉาย	ให้แสงสว่าง
จ. พัดลม ตู้เย็น เครื่องดูดฝุ่น	ให้พลังงานกล

14. นักเรียนใช้เกณฑ์ใดต่อไปนี้ในการแบ่ง

แปรงสีฟัน ตะปู กระดาษ และหม้อ

ออกเป็น 4 กลุ่ม

ก. สถานะ

ข. การละลายน้ำ

ค. การทำปฏิกิริยา

ง. การทดสอบความเป็นกรด-เบส

จ. ชนิดของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบ

15. ถ้าแบ่งดอกไม้ออกเป็น 2 พวก ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1	จำปี	จำปา	มะลิ
กลุ่มที่ 2	ชบา	บานชื่น	ทานตะวัน

ข้อใดต่อไปนี้ เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มดอกไม้

ก. สีของดอกไม้

ข. ชนิดของดอกไม้

ค. ขนาดของดอกไม้

ง. รูปร่างของดอกไม้

จ. กลิ่นของดอกไม้

ทักษะการคำนวณ

16. ในการวัดส่วนสูงของนักเรียน 3 คน คือ 152, 157 และ 165 เซนติเมตร จงหาค่าเฉลี่ย

ในการวัดส่วนสูงครั้งนี้

ก. 153 เซนติเมตร

ข. 155 เซนติเมตร

ค. 158 เซนติเมตร

ง. 160 เซนติเมตร

จ. 164 เซนติเมตร

17. อุณหภูมิภายในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ วัดได้ดังนี้

เวลาบ่ายโมงวัดอุณหภูมิได้  $30.4^{\circ}\text{C}$

เวลาบ่ายสองโมงวัดอุณหภูมิได้  $34.7^{\circ}\text{C}$

เวลาบ่ายสามโมงวัดอุณหภูมิได้  $30.5^{\circ}\text{C}$

เวลาบ่ายสี่โมงวัดอุณหภูมิได้  $30.8^{\circ}\text{C}$

ดังนั้น อุณหภูมิของห้องปฏิบัติการในช่วงบ่าย

โดยเฉลี่ยควรเป็นเท่าใด

ก.  $30.6^{\circ}\text{C}$

ข.  $31.6^{\circ}\text{C}$

ค.  $32.6^{\circ}\text{C}$

ง.  $33.6^{\circ}\text{C}$

จ.  $34.6^{\circ}\text{C}$

จากตารางต่อไปนี้ จงตอบคำถามข้อ 18-19

ชนิดของลูกปัด	จำนวนเม็ด
สีแดง	50
สีเขียว	54
สีเหลือง	58
สีดำ	62

18. ถ้านำลูกปัดรวมกันทุกสีแล้วใส่ 4 ถุง จะได้ถุงละเท่าใด

- ก. 53 เม็ด
- ข. 54 เม็ด
- ค. 55 เม็ด
- ง. 60 เม็ด
- จ. 62 เม็ด

19. ถ้าใช้ลูกปัด สีเขียว สีเหลือง และสีดำ มารวมกันเพื่อทำกระเป๋าสไบจะต้องใช้ลูกปัดทำกระเป๋าสไบละกี่เม็ด

- ก. 56 เม็ด
- ข. 57 เม็ด
- ค. 58 เม็ด
- ง. 60 เม็ด
- จ. 62 เม็ด

จากตารางนักเรียนตอบคำถามข้อ 20

คนที่	1	2	3	เฉลี่ย
น้ำหนัก (ก.ก)	42	43	?	42

20. จากผลการบันทึกน้ำหนักของนักเรียน 3 คนพบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักได้เท่ากับ 42 กิโลกรัม อยากทราบว่านักเรียนคนที่ 3 มีน้ำหนักเท่าใด

- ก. 40 กิโลกรัม
- ข. 41 กิโลกรัม
- ค. 42 กิโลกรัม
- ง. 43 กิโลกรัม
- จ. 44 กิโลกรัม

**ทักษะการพยากรณ์**

จากข้อมูลที่กำหนดให้ ใช้ตอบคำถาม

ข้อ 21-22 ส่วนสูงของวีระเมื่ออายุต่างๆ ดังนี้

อายุ(ปี)	ส่วนสูง(cm.)
10	135
12	145
14	155

21. เมื่ออายุ 8 ปี วีระมีส่วนสูงเท่าใด

- ก. 105 เซนติเมตร
- ข. 115 เซนติเมตร
- ค. 125 เซนติเมตร
- ง. 135 เซนติเมตร
- จ. 145 เซนติเมตร

22. เมื่ออายุ 13 ปี วีระมีส่วนสูงเท่าใด

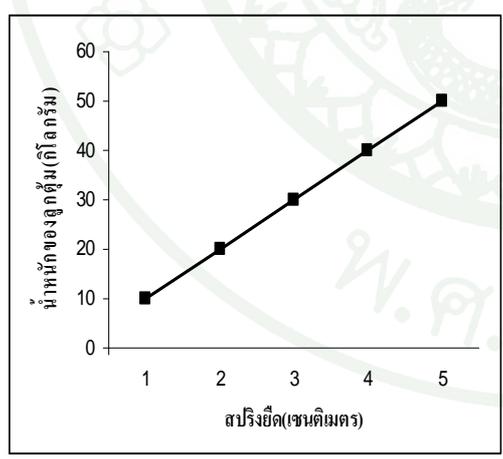
- ก. 145 เซนติเมตร
- ข. 150 เซนติเมตร
- ค. 152 เซนติเมตร
- ง. 153 เซนติเมตร
- จ. 155 เซนติเมตร

23. เมื่อวีระมีความสูง 175 เซนติเมตร

เขาจะมีอายุเท่าใด

- ก. 15 ปี
- ข. 16 ปี
- ค. 17 ปี
- ง. 18 ปี
- จ. 19 ปี

จากการแขวนลูกตุ้มน้ำหนักขนาดต่างๆทำให้สปริงยืดออกต่างกัน สามารถเขียนกราฟได้ดังนี้ให้นักเรียนตอบคำถามข้อ 24



ก.

24. ถ้าลูกตุ้มน้ำหนัก 35 กิโลกรัม

สปริงจะยืดออกเท่าใด

- ก. 1.5 เซนติเมตร
- ข. 2.0 เซนติเมตร
- ค. 2.5 เซนติเมตร
- ง. 3.0 เซนติเมตร
- จ. 3.5 เซนติเมตร

25. ถ้าต้องการให้สปริงยืด 8.5 เซนติเมตร

นักเรียนจะต้องแขวนลูกตุ้มที่มีน้ำหนักเท่าใด

- ก. 55 กิโลกรัม
- ข. 65 กิโลกรัม
- ค. 75 กิโลกรัม
- ง. 85 กิโลกรัม
- จ. 95 เซนติเมตร

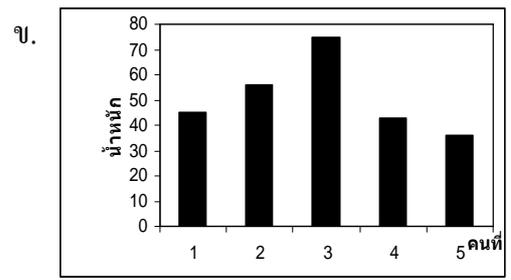
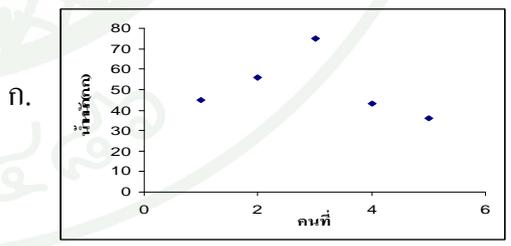
ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

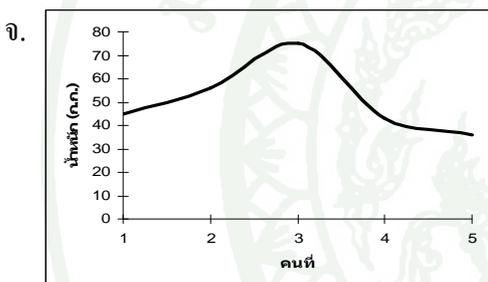
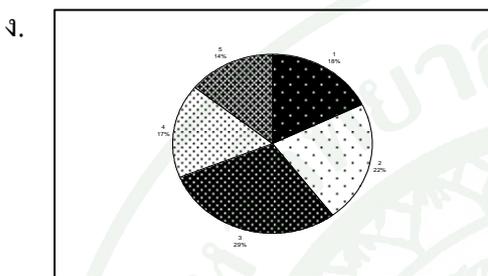
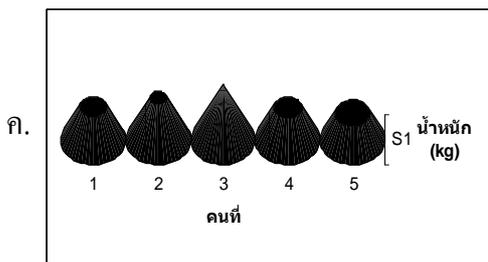
26. จากข้อมูลที่ได้จากสำรวจน้ำหนักของ

นักเรียนจำนวน 5 คน ได้ผลดังนี้

45, 56, 75, 43 และ 36 กิโลกรัมควรนำเสนอ

ข้อมูลตามข้อใด





27. ฝี่เส้นออกไป 4 วัน จะกลายเป็นตัวหนอนจากนั้น  
35-42 วัน จะกลายเป็นดักแด้ประมาณ 7-13 วัน  
จะกลายเป็นตัวเต็มวัน แล้วก็ออกไปอีกจากข้อมูล  
ข้างต้นควรมีการจัดกระทำข้อมูลอย่างไร

- ก. กราฟเส้น
- ข. แผนภูมิแท่ง
- ค. วงจรรูปภาพ
- ง. แผนภูมิวงกลม
- จ. แผนภูมิรูปภาพ

28. ร่างกายของคนเราสูญเสียน้ำ  
ทางเหงื่อ 600 ลูกบาศก์เซนติเมตร  
ปัสสาวะ 1,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร  
ทางอุจจาระ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร  
ทางลมหายใจ 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร  
จากข้อมูลข้างต้นควรมีการจัดกระทำข้อมูล  
อย่างไรจึงจำทำให้อ่านเข้าใจขึ้น

- ก. กราฟเส้น
- ข. ตารางข้อมูล
- ค. วงจรรูปภาพ
- ง. แผนภูมิวงกลม
- จ. แผนภูมิรูปภาพ

29. จากตารางแสดงปริมาณน้ำในอาหาร 100 กรัม

อาหาร	ปริมาณน้ำ(%)
ข้าวเหนียว	11.9
ข้าว	66.8
ก๋วยเตี๋ยว	76.0
มะละกอ	83.9
เนื้อหมู	50.0

จากข้อมูลในตารางอาหารชนิดใดที่มีปริมาณน้ำ  
เป็นส่วนประกอบน้อยที่สุด

- ก. ข้าว
- ข. เนื้อหมู
- ค. มะละกอ
- ง. ก๋วยเตี๋ยว
- จ. ข้าวเหนียว

30. แดงทดลองยิงลูกกลมโลหะ 4 ลูกซึ่งมีมวล 10 30 50 และ 70 กรัมที่ละลูกโดยยิงจากตำแหน่งเดียวกันแต่ทำมุมกับแนวระดับที่ 15 30 45 และ 60 องศา หนูแดงควรใช้ตารางในข้อใด ในการบันทึกผล

ก.

มวล (กรัม)	10	30	50	70
ระยะทาง (เมตร)				
มุมยิง (องศา)				

ข.

มวล (กรัม)	มุมยิง (องศา)			
	10	30	50	70
10				
30				
50				
70				

ค.

มวล (กรัม)	ระยะทาง (เมตร) เมื่อยิงด้วยมุม			
	10	30	50	70
10				
30				
50				
70				

ง.

มวล (กรัม)	ระยะทาง (เมตร)	มุมยิง (องศา)
10		
30		
50		
70		

จ.

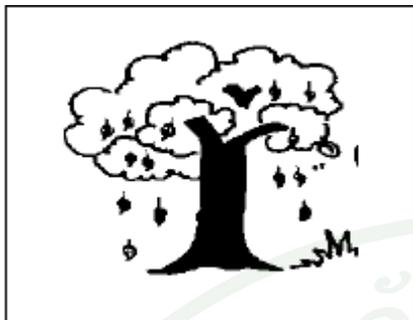
มวล (กรัม)	ระยะทาง (เมตร)			
10				
30				
50				
70				

**ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล**

31. หนึ่งฤทัยนำต้นไม้ไปไว้ในห้องปรากฏว่า ไม่นานต้นไม้ตายข้อใดเป็นการลงความเห็นจากข้อมูล

- ก. กิ่งของต้นไม้แห้งและเปราะ
- ข. ต้นไม้ไม่แตกกิ่งก้านและยอดอ่อน
- ค. ใบของต้นไม้เปลี่ยนเป็นสีเหลืองและร่วง
- ง. ต้นไม้ได้รับแสงแดดไม่เพียงพอทำให้สร้างอาหารไม่ได้
- จ. รากของต้นไม้มีสีดำและมีกลิ่นเหม็น

32. ข้อความในข้อใดเป็นการลงความเห็นจากภาพ



- ก. มีนกอยู่บนต้นมะม่วง
- ข. มะม่วงต้นนี้มีผลดกมาก
- ค. มะม่วงหล่นจากต้นเพราะนกจิก
- ง. ข้างต้นมะม่วงมีก้อหญ้า 1 ก้อ 12 ผล
- จ. ต้นมะม่วงมีมะม่วงทั้งหมดประมาณ

33. ข้อใดเป็นการลงความคิดเห็นจากข้อมูลในตาราง

สัปดาห์ที่	ความสูงของต้นถั่ว (cm)	
	ปุ๋ยหมัก	ปุ๋ยเคมี
1	10	10
2	15	12
3	20	17
4	25	20
5	30	25

- ก. ระยะเวลาในการศึกษาทั้งหมด 5 สัปดาห์
- ข. พืชที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือต้นถั่ว
- ค. ปุ๋ยที่ใช้ในการศึกษาคือ ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยเคมี
- ง. ปุ๋ยหมักมีธาตุอาหารที่เหมาะสมกับต้นถั่ว
- จ. สัปดาห์ที่ 3 ต้นถั่วที่ใช้ปุ๋ยหมักสูง 20 cm

34. จากกราฟแสดงปริมาณน้ำฝนข้อใดไม่ใช่การลงความคิดเห็น

- ก. เดือนที่ 6 เป็นเดือนที่มีฝนตกมากที่สุด
- ข. เดือนที่ 7 คาดว่าปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มขึ้น
- ค. เดือนที่ 1 และเดือนที่ 4 กราฟมีขนาดเท่ากัน
- ง. ปริมาณน้ำฝนมากที่สุดคือ 45 มิลลิเมตร
- จ. จำนวนเดือนในการเก็บข้อมูลทั้งหมด 6 เดือน

35. ข้อความใดเป็นการลงความเห็นจากภาพ



- ก. แมวกำลังวิ่ง
- ข. เด็กจะตีแมว
- ค. แมวทำขวดแตก
- ง. ขวดแตกอยู่บนโต๊ะ
- จ. เด็กผู้หญิงใส่กระโปรง



ภาคผนวก ง  
แบบวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนพันธูกรรมด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

**แบบวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนพันธกรรมด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้  
คำชี้แจง**

1. แบบวัดนี้เป็นการวัดเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการสอนพันธกรรม จำนวน 40 ข้อ
2. คำตอบของนักเรียนในแบบวัดนี้ ไม่มีถูก ไม่มีผิด เพราะแต่ละคนมีเจตคติต่างกัน  
สิ่งสำคัญที่สุดคือให้นักเรียนตอบตามความคิดเห็นที่เป็นจริงของนักเรียนมากที่สุด
3. แบบวัดนี้ไม่ต้องการทราบว่ามีใครเป็นผู้ตอบ คำตอบของนักเรียนจึงไม่มีผลกระทบต่อ  
ตัวนักเรียน ฉะนั้นให้นักเรียนตอบอย่างสบายใจ ผลจากการตอบแบบวัดครั้งนี้จะนำไปใช้  
ประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น
4. วิธีการตอบแบบวัดนี้ ทำได้โดยให้นักเรียนอ่านข้อความในช่องซ้ายมืออย่าง  
ละเอียด แล้วทำเครื่องหมาย (/) ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน ซึ่งมี 5 ระดับ  
คือ เห็นด้วยมากที่สุด เห็นด้วยมาก เห็นด้วยปานกลาง เห็นด้วยน้อย และเห็นด้วยน้อยที่สุด

**ตัวอย่าง การตอบแบบวัดเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการสอนพันธกรรม**

ที่	ข้อความ	ระดับเจตคติ				
		เห็นด้วย มากที่สุด	เห็นด้วย มาก	เห็นด้วย ปานกลาง	เห็นด้วย น้อย	เห็นด้วย น้อยที่สุด
1	เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ไม่ น่าสนใจ					/

ที่	ข้อความ	ระดับเจตคติ				
		เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
1	ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ข้าพเจ้าชอบวิธีการนำเข้าสู่บทเรียนด้วย สื่อการสอนที่หลากหลายในกิจกรรม การเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม					
2	คำถามหรือปัญหาในกิจกรรมการเรียน การสอนเรื่องพันธุกรรมไม่น่าสนใจและ ไม่ท้าทายความสามารถของข้าพเจ้า					
3	ข้าพเจ้าชอบกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องพันธุกรรมเพราะเปิดโอกาสให้ ข้าพเจ้าได้ค้นหาและตรวจสอบความรู้ ด้วยตนเองอย่างอิสระ					
4	ข้าพเจ้าชอบให้ครูเป็นผู้สรุปบทเรียน มากกว่าการสรุปด้วยตัวเอง					
5	ข้าพเจ้ามั่นใจว่าสามารถนำความรู้เรื่อง พันธุกรรมที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่อง อื่นๆหรือสถานการณ์อื่นได้					
6	ข้าพเจ้าชอบให้คนอื่นช่วยแก้ปัญหา มากกว่าที่จะแก้ปัญหาด้วยตนเอง					
7	ข้าพเจ้าไม่สามารถอภิปรายซักถาม แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกันจากสิ่งที่ ได้เรียนรู้หรือค้นพบได้					
8	กิจกรรมการเรียนการสอนเรื่อง พันธุกรรมใช้เวลานานในการทำกิจกรรม ทำให้ข้าพเจ้ารู้สึกเบื่อหน่าย					
9	การอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งกันและกันในกิจกรรมการเรียน การสอนเรื่องพันธุกรรมทำให้ข้าพเจ้าได้ ตรวจสอบความถูกต้องของความรู้					

ที่	ข้อความ	ระดับเจตคติ				
		เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
10	กิจกรรมการเรียนการสอนเรื่อง พันธุกรรมยุ่งยากซับซ้อนทำให้ข้าพเจ้าไม่อยากเรียน					
11	ด้านบทบาทของครูผู้สอน ข้าพเจ้ารู้สึกมั่นใจเมื่อมีครูผู้สอนคอยอธิบายคำตอบที่ถูกต้องระหว่างการทำกิจกรรม					
12	ข้าพเจ้าชอบที่ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้ข้าพเจ้าหาคำตอบมีสิ่ง que ข้าพเจ้าสงสัยด้วยตนเอง					
13	ครูผู้สอนยอมรับฟังความคิดเห็นของข้าพเจ้าจากการอธิบายที่มีเหตุผลและมีหลักฐานประกอบ					
14	ข้าพเจ้าคิดว่าครูผู้สอนเป็นบุคคลที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการสรุปเนื้อหาของบทเรียน					
15	ข้าพเจ้าชอบให้ครูเป็นผู้นำในการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาที่ละขั้นตอน					
16	ข้าพเจ้าชอบที่ครูผู้สอนบอกแนวคิดที่สำคัญเรื่องพันธุกรรม					
17	ข้าพเจ้าชอบการประเมินผลที่หลากหลายที่ครูใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม					
18	ข้าพเจ้าชอบที่ครูผู้สอนคอยให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกตลอดเวลาในการทำกิจกรรม					

ที่	ข้อความ	ระดับเจตคติ				
		เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
19	ข้าพเจ้ามั่นใจเมื่อครูผู้สอนคอยให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้แก้ปัญหา					
20	ข้าพเจ้าชอบที่ครูเปิดโอกาสให้ประเมินตนเองทั้งในด้านความรู้และทักษะกระบวนการ					
21	ด้านบทบาทของนักเรียน ข้าพเจ้าชอบการที่ครูเปิดโอกาสให้ถามหาคำตอบในสิ่งที่ข้าพเจ้าสงสัย					
22	ข้าพเจ้าชอบที่ครูเปิดโอกาสให้คิดวางแผนการทดลองได้อย่างอิสระในสิ่งที่ข้าพเจ้าสนใจ					
23	ข้าพเจ้าไม่ชอบวางแผนในการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนด้วยตนเอง					
24	ข้าพเจ้าชอบบันทึกผลและสรุปการสำรวจด้วยตนเองมากกว่าครูบอก					
25	ความรู้เรื่องพันธุกรรมของข้าพเจ้าได้มาจากการระดมความคิดเห็นจากเพื่อน					
26	การทำงานร่วมกับผู้อื่นเป็นสิ่งที่น่าเบื่อและทำให้การทำงานล่าช้า					
27	ข้าพเจ้าไม่สนใจคำอธิบายของคนอื่นทั้งที่มีเหตุผลพอที่จะน่าเชื่อถือได้					
28	ข้าพเจ้ารับฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์					
29	ข้าพเจ้าชอบทำงานเพียงลำพังโดยมีการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นน้อยมาก					
30	การอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนและครูผู้สอนทำให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้ที่หลากหลาย					

ที่	ข้อความ	ระดับเจตคติ				
		เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
31	ด้านบรรยากาศในการเรียน ฉันชอบบรรยากาศในห้องเรียนที่อบอุ่น ปลอดภัยเพราะครูไม่ตำหนิ วิชาภัย วิจารณ์ความคิด ไม่มีการตัดสินว่าถูก/ผิด					
32	บรรยากาศการเรียนการสอนทำให้ข้าพเจ้า รู้สึกว่าเป็นบุคคลสำคัญมีคุณค่าและ สามารถเรียนรู้ได้					
33	บรรยากาศในการเรียนด้วยกิจกรรม การเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม ตื่นเต้น น่าสนใจและสนุกสนาน					
34	ข้าพเจ้าชอบบรรยากาศการร่วมมือร่วมใจ กันของเพื่อนในกลุ่มในการทำกิจกรรม ช่วยกันคิด ช่วยกันทำงาน ถ้อยที่ถ้อยอาศัย					
35	ข้าพเจ้ารู้สึกดีอดและวิตกกังวลเมื่อเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนการสอน					
36	ข้าพเจ้าอยากให้มีเวลาเรียนเร็วๆ เมื่อ เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอน					
37	ข้าพเจ้าไม่ชอบบรรยากาศในห้องเรียนที่ มีการโต้แย้งกันระหว่างนักเรียนที่มีความ คิดเห็นไม่ตรงกัน					
38	บรรยากาศในห้องเรียนไม่มีความเป็น ประชาธิปไตยเพราะครูผู้สอนไม่เปิด โอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น					
39	บรรยากาศในการเรียนเรื่องพันธุกรรม ทำให้ข้าพเจ้าได้แสดงความสามารถของ ตนเองอย่างเต็มที่					
40	บรรยากาศการอภิปราย แลกเปลี่ยนความ คิดเห็นระหว่างครูกับนักเรียนและ นักเรียนกับนักเรียนเป็นไปอย่างไม่มี เหตุผล					



ภาคผนวก จ  
แบบสัมภาษณ์การจัดการเรียนการสอน เรื่อง พันธุกรรม

## แบบสัมภาษณ์การจัดการเรียนการสอน เรื่อง พันธุกรรม

### คำชี้แจง

1. แบบสัมภาษณ์ มีทั้งหมด 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

ตอนที่ 2 การจัดการเรียนการสอน เรื่อง พันธุกรรม

2. สิ่งที่คุณผู้สัมภาษณ์ต้องปฏิบัติก่อนถามคำถามคือ ผู้วิจัยแนะนำตัวเองต่อครูผู้สอน ขอความยินยอมจากครูผู้สอนก่อนการทำการสัมภาษณ์ โดยแจ้งจุดประสงค์ของการสัมภาษณ์ว่าในการวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรมในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่องพันธุกรรม จากนั้นผู้วิจัยขออนุญาตครูผู้สอนในการบันทึกเสียงเพื่อให้สามารถเก็บบันทึกข้อความได้ครบถ้วนถูกต้องและแจ้งให้ครูผู้สอนทราบว่า จะไม่เปิดเผยชื่อของครูในการนำเสนอผลงานวิจัย

\*\*\*\*\*

## ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

### ข้อมูลส่วนตัว

1. เพศ

- ชาย       หญิง

2. อายุ

- ต่ำกว่า 25 ปี       26 – 35 ปี       36 – 45 ปี       มากกว่า 46 ปี

3. วุฒิทางการศึกษา

- ต่ำกว่าปริญญาตรี       ปริญญาตรี       ปริญญาโท       อื่น.....

4. สาขาวิชาที่จบ

- วิทยาศาสตร์ทั่วไป       จีววิทยา       เคมี       ฟิสิกส์  
 สาขาอื่น.....

5. วิชาที่สอน

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

6. ประสบการณ์การสอน

- ไม่เกิน 5 ปี       6 – 10 ปี       11-15 ปี  
 16 – 20 ปี       21 ปีขึ้นไป

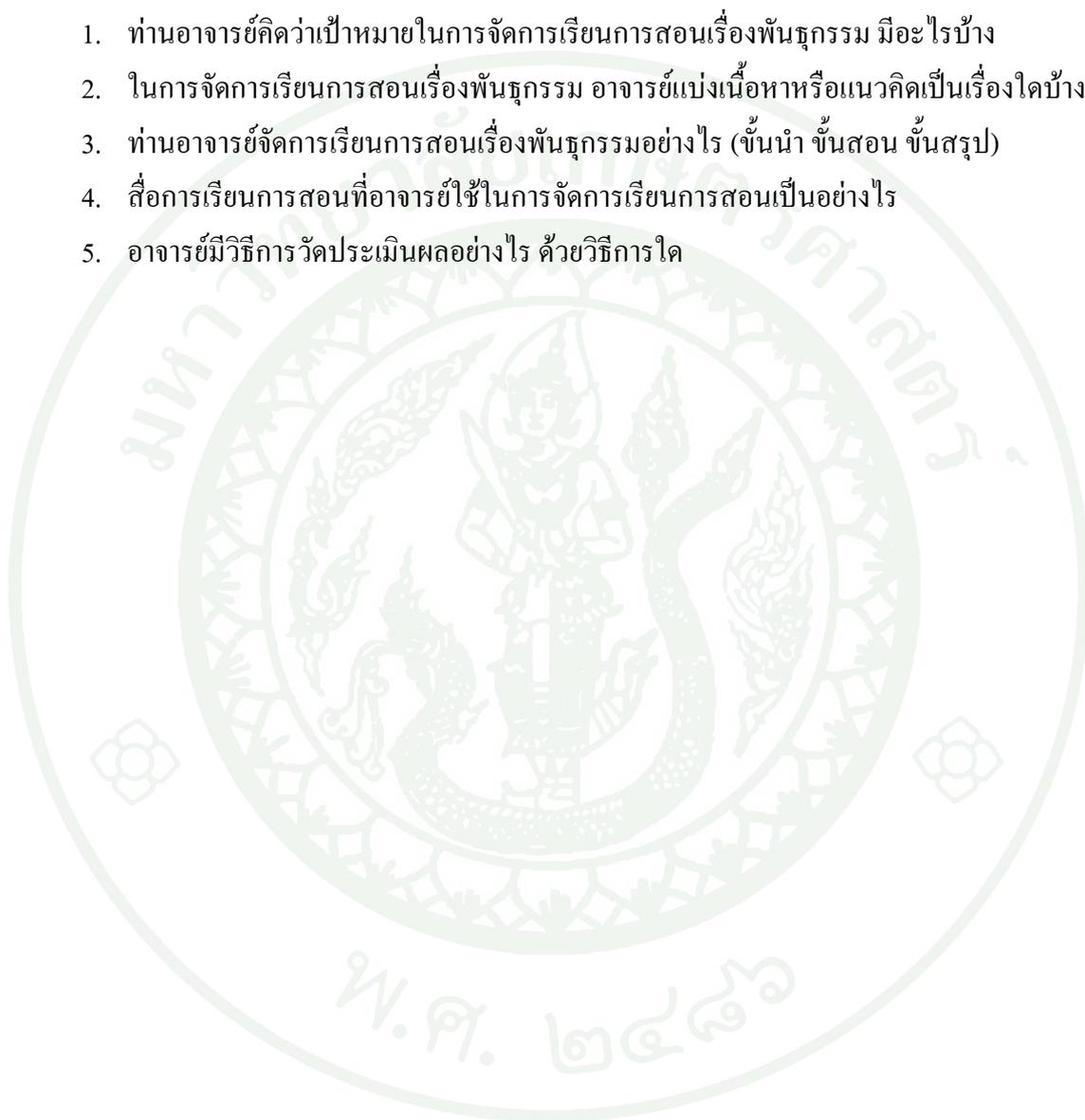
5. จำนวนนักเรียนแต่ละห้องที่สอน

- ไม่เกิน 25 คน       26-35 คน       36 – 45 คน  
 มากกว่า 45 คน

## ตอนที่ 2 การจัดการเรียนการสอน เรื่อง พันธุกรรม

คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

1. ท่านอาจารย์คิดว่าเป้าหมายในการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม มีอะไรบ้าง
2. ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรม อาจารย์แบ่งเนื้อหาหรือแนวคิดเป็นเรื่องใดบ้าง
3. ท่านอาจารย์จัดการเรียนการสอนเรื่องพันธุกรรมอย่างไร (ขั้นนำ ขั้นสอน ขั้นสรุป)
4. สื่อการเรียนการสอนที่อาจารย์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างไร
5. อาจารย์มีวิธีการวัดประเมินผลอย่างไร ด้วยวิธีการใด





ภาคผนวก จ

ตัวอย่าง แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรม

**แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้**  
**เรื่อง พันธุกรรม ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3**

แผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องพันธุกรรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ใช้เวลาในการเรียนรวม 25 คาบ ประกอบด้วยหน่วยย่อย 5 หน่วย ดังนี้

- |                                    |             |
|------------------------------------|-------------|
| 1. ลักษณะทางพันธุกรรม              | จำนวน 3 คาบ |
| 2. โครโมโซม                        | จำนวน 5 คาบ |
| 3. ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม   | จำนวน 3 คาบ |
| 4. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม    |             |
| - ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย            | จำนวน 3 คาบ |
| - จีโนไทป์ ฟีนไทป์                 | จำนวน 3 คาบ |
| - กฎของเมนเดล                      | จำนวน 5 คาบ |
| 5. ประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม | จำนวน 3 คาบ |

ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ใช้การเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้น ดังนี้

- ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)
- ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)
- ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)
- ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)
- ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation)

## แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

สาระที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต  
หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3  
เวลา 150 นาที (3 คาบ)

### ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. สามารถตรวจสอบและสังเกตเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม
2. อธิบายความหมายของลักษณะทางพันธุกรรม
3. อธิบายความหมายของความแปรผันทางพันธุกรรมแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง
4. สามารถวัด อ่านค่าและเขียนหน่วยกำกับเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมได้ถูกต้อง
5. จัดจำแนกประเภท ลงความเห็นจากข้อมูล จัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลถูกต้อง
6. สนใจ ใฝ่เรียน และกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมการเรียนรู้

### แนวคิดหลัก

สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะและแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตอื่น ซึ่งลักษณะที่แตกต่างกันเหล่านี้ได้รับการถ่ายทอดมาจากพ่อแม่และสามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปอีกรุ่นหนึ่งได้เช่น สีผม สีตา สีผิว ความสูง สติปัญญา ลักษณะเส้นผม ลักยิ้ม เป็นต้น เรียกลักษณะนี้ว่า ลักษณะทางพันธุกรรม

ลักษณะพันธุกรรมบางลักษณะเกิดการแปรผันได้จากสิ่งแวดล้อมเช่น สีผิว สีผม สติปัญญา ส่วนลักษณะที่ไม่แปรผันตามสิ่งแวดล้อมเช่น หมู่เลือด

ลักษณะทางพันธุกรรมแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันต่อเนื่อง (Continuous variation)

คือลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันต่อเนื่องเช่น สีผิว สีผม ความสูงและสีตาซึ่งลักษณะทางพันธุกรรมเหล่านี้เป็นลักษณะที่แยกจากกันได้ไม่ชัดเจนมีระดับความแตกต่างเล็กน้อยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและสามารถวัดค่าในเชิงปริมาณได้สาเหตุที่ทำให้เกิดการแปรผันทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตคือสภาพแวดล้อม

2. ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous variation) คือ ลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันไม่ต่อเนื่องเช่น ขวัญเวียนซ้าย ลักยิ้ม ดั้งหู และการห่อลิ้นได้ซึ่งลักษณะทางพันธุกรรมเหล่านี้เป็นลักษณะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน แยกออกจากกันได้เด็ดขาด และสามารถวัดได้ในเชิงคุณภาพ

### กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ครูให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมก่อนการเรียนการสอน

### ขั้นสร้างความสนใจ (ใช้เวลา 20 นาที)

1. ครูสร้างความสนใจด้วยการให้นักเรียนศึกษาคนชาติต่างๆ เช่น จีน ยุโรป แอฟริกัน และไทย

ครูใช้คำถามต่อไปนี้

- นักเรียนแบ่งบุคคลดังกล่าวได้กี่กลุ่ม (4 กลุ่ม)
- นักเรียนมีหลักเกณฑ์ใดในการแบ่งกลุ่ม (แบ่งตามลักษณะ สีผิว สีตา ลักษณะหน้าตา สีผม)
- นักเรียนคิดว่าคนชาติเดียวกันมีลักษณะเหล่านี้เหมือนหรือแตกต่างกัน (แตกต่างกัน)

2. ครูนำภาพคนชาติไทยในแต่ละภูมิภาคได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ ภาคอีสาน ให้นักเรียนสังเกตความแตกต่าง พร้อมถามคำถามต่อไปนี้

- บุคคลในภาพเป็นชนชาติใด (ชาติไทย)
- บุคคลดังกล่าวมีลักษณะเหมือนกันหรือแตกต่างกัน (แตกต่างกัน)
- บุคคลดังกล่าวมีชนชาติเดียวกันเหตุใดจึงมีความแตกต่างกัน (ลักษณะที่แสดงออกมาของแต่ละบุคคลเป็นลักษณะเฉพาะลักษณะดังกล่าวทำให้บุคคลมีความแตกต่างกัน)

3. ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรมของตนเอง

- นักเรียนและเพื่อนมีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกัน
- นักเรียนมีลักษณะเฉพาะอะไรบ้าง

### ขั้นสำรวจและค้นคว้า (ใช้เวลา 30 นาที)

4. ครูชี้แจงเกี่ยวกับกิจกรรมเรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม โดยให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนเพื่อทำการสังเกตลักษณะทางพันธุกรรมของตนเองและเพื่อน โดยบันทึกผลการสังเกตลงในใบงานที่ 1 เรื่องเธอกับฉัน

5. นักเรียนสำรวจตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรมของตนเองและเพื่อนโดยทำการบันทึกผลการสังเกตลงในใบงานที่ 1 เรื่องเธอกับฉัน โดยครูผู้สอนคอยให้คำปรึกษา

6. นักเรียนสรุปลักษณะทางพันธุกรรมของตนเองและเพื่อนลงในใบงานที่ 1 เรื่องเธอกับฉัน

7. ครูใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบต่อไปนี้

- จากผลการสังเกตลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนและเพื่อนเหมือนหรือแตกต่างกัน (แตกต่างกัน)
- เหตุใดนักเรียนและเพื่อนจึงมีลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกัน (เพราะมีพ่อแม่ที่แตกต่างกัน)
- พ่อแม่หรือบุคคลในครอบครัวของนักเรียนมีลักษณะทางพันธุกรรมใดที่เหมือนหรือแตกต่างกับนักเรียนบ้าง

8. นักเรียนร่วมกันเสนอลักษณะทางพันธุกรรม และลงข้อสรุปเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมที่ต้องการสำรวจตรวจสอบบุคคลในครอบครัวจำนวน 10 ลักษณะ

9. ครูมอบหมายงานทำการบ้าน

- ให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมของตัวเองกับบุคคลในครอบครัวของนักเรียน (พ่อ แม่ พี่น้อง ปู่ย่า ตายาย) พร้อมทั้งสรุปผลจากการสำรวจลงในใบงานที่ 2 เรื่องครอบครัวของฉัน

### ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (ใช้เวลา 30 นาที)

10. นักเรียนนำผลการสำรวจลักษณะทางพันธุกรรมของครอบครัวตนเองมาวิเคราะห์และลงข้อสรุป

11. นักเรียนนำผลการศึกษามาจัดกระทำข้อมูลเพื่อเตรียมการนำเสนอ

12. ตัวแทนนักเรียนจำนวน 5 คนนำเสนอผลจากการสำรวจลักษณะทางพันธุกรรมนักเรียนร่วมกันอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เกี่ยวกับผลการสำรวจ

13. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลจากการสำรวจ (ลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏในรุ่นลูกนั้น

เป็นลักษณะที่ได้รับการถ่ายทอดมาจากรุ่นพ่อแม่และบรรพบุรุษ ลักษณะเหล่านี้สามารถถ่ายทอดต่อไปในรุ่นหลานได้ซึ่งเรียกลักษณะที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งว่า ลักษณะทางพันธุกรรม)

### ขั้นขยายความรู้ (ใช้เวลา 50 นาที)

14. ครูมอบหมายงานให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของเพื่อนในห้องเรียน โดยแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่มให้นักเรียนสำรวจลักษณะทางพันธุกรรมต่อไปนี้

- สำรวจส่วนสูง โดยบันทึกผลจากส่วนสูงของนักเรียนในห้อง
- สำรวจความสามารถในการห่อลิ้น
- สำรวจน้ำหนัก โดยบันทึกผลจากน้ำหนักของนักเรียนในห้อง
- สำรวจลักษณะหนังตา (ตาชั้นเดียว/ตาสองชั้น)
- สำรวจการมีติ่งหูและไม่มีติ่งหู

15. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบตารางบันทึกผลเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมที่กลุ่มตนเองได้รับมอบหมายลงในใบงานที่ 3 เรื่อง ความแปรผันทางพันธุกรรม

16. นักเรียนนำผลจากการสำรวจมาวิเคราะห์ แปลผลจัดกระทำข้อมูลและสรุปผลลงในใบงานที่ 3 เรื่อง ความแปรผันทางพันธุกรรมเพื่อเตรียมการนำเสนอ

17. นักเรียนนำเสนอผลการศึกษาและร่วมกันอภิปรายผลการศึกษาโดยครูนำการอภิปรายด้วยคำถามต่อไปนี้

- จากกราฟแสดงผลการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรม นักเรียนคิดว่าทั้ง 5 กราฟมีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (แตกต่าง กราฟแสดงน้ำหนัก ความสูง เป็นลักษณะกราฟที่มีความต่อเนื่องกัน ส่วนกราฟแสดงการมีติ่งหู ลักษณะหนังตา และการห่อลิ้น เป็นลักษณะกราฟไม่ต่อเนื่องกัน)

- ความสูง น้ำหนัก ความสามารถห่อลิ้น การมีติ่งหู และลักษณะหนังตา ลักษณะใดที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (ความสูง น้ำหนัก )

- ปัจจัยใดที่มีผลทำให้ลักษณะทางพันธุกรรมดังกล่าวเปลี่ยนแปลง (สิ่งแวดล้อม เช่น อาหาร การออกกำลังกาย)

- ลักษณะทางพันธุกรรมที่เปลี่ยนแปลงจากผลของสิ่งแวดล้อมสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้หรือไม่ (ไม่ได้เพราะไม่ได้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับยีน)

- จากผลการสำรวจครั้งนี้ นักเรียนจัดลักษณะทางพันธุกรรมออกเป็นกี่กลุ่ม  
(2 กลุ่มคือ ลักษณะทางพันธุกรรมที่เปลี่ยนแปลงได้ และลักษณะทางพันธุกรรมที่ไม่เปลี่ยนแปลง)

18. นักเรียนและครูสรุปร่วมกันผลการศึกษาโดยครูให้ความหมายเกี่ยวกับความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรมแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง (ลักษณะทางพันธุกรรมที่ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน แยกจากกันได้ไม่ชัดเจนมีระดับความแตกต่างเล็กน้อยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง สาเหตุที่ทำให้เกิดการแปรผันทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต คือ สภาพแวดล้อม เรียกว่า ความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรมแบบต่อเนื่อง เช่น ความสูงและน้ำหนัก ส่วนลักษณะทางพันธุกรรมที่สามารถแยกความแตกต่างได้ชัดเจน แยกขาดออกจากกันได้เด็ดขาด เรียกว่า ความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรมแบบไม่ต่อเนื่อง เช่น ความสามารถในการห่อลิ้น การมีติ่งหู/ไม่มีติ่งหู และตา 2 ชั้น/ตาชั้นเดียว)

**ขั้นประเมินผล (ใช้เวลา 20 นาที)**

19. นักเรียนร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมและความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรมแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง

20. นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างระหว่างสิ่งที่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมและสิ่งที่ไม่เป็นลักษณะทางพันธุกรรม

21. นักเรียนยกตัวอย่างการนำความรู้เรื่องลักษณะทางพันธุกรรมไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น การบอกลักษณะทางพันธุกรรมของคนร้ายเพื่อประโยชน์ในการสเก็ทภาพของเจ้าหน้าที่ตำรวจ การตรวจสอบหาคนร้ายจากลายพิมพ์นิ้วมือ

22. ครูให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมหลังการเรียนการสอน

## การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้วัด	เกณฑ์การตัดสิน
1.นักเรียนอธิบายความหมายเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมและอธิบายความหมายของความแปรผันทางพันธุกรรม	ผลการตรวจใบงานนักเรียน	- ใบงานที่ 1 เรื่องเธอกับฉัน - ใบงานที่ 2 เรื่องครอบครัวของฉัน - ใบงานที่ 3 เรื่อง ความแปรผันทางพันธุกรรม	นักเรียนได้คะแนนจากการทำใบงานที่ 1 2 และ 3 ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75
2.นักเรียนมีทักษะการสังเกต การวัด การจัดจำแนกประเภท การลงความเห็นข้อมูล และการจัดกระทำและสื่อความหมายได้จากผลการตรวจใบงานนักเรียน	ผลการตรวจใบงานนักเรียน	- ใบงานที่ 1 เรื่องเธอกับฉัน - ใบงานที่ 2 เรื่องครอบครัวของฉัน - ใบงานที่ 3 เรื่อง ความแปรผันทางพันธุกรรม	นักเรียนได้คะแนนจากการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75
3.นักเรียนสนใจ ใฝ่เรียน และกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ การสอน จากผลการประเมินแบบบันทึกพฤติกรรมการเรียนรู้	ประเมินด้วยแบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้	แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้	นักเรียนได้คะแนนจากการตรวจแบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

## สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ว 33101
2. ใบงานที่ 1 เรื่องเธอกับฉัน
3. ใบงานที่ 2 เรื่องครอบครัวของฉัน
4. ใบงานที่ 3 เรื่องความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม
5. แบบวัดแนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม
6. ภาพคนชาติต่างๆ และภาพคนไทยในแต่ละภูมิภาค

## ใบงานที่ 1 เรื่องเธอกับฉัน

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนบันทึกลักษณะที่นักเรียนสังเกตตนเองและสังเกตเพื่อนลงในช่องว่างที่กำหนดให้

**จุดประสงค์การเรียนรู้** เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมของตนเองและเพื่อน

ลักษณะของนักเรียน	ลักษณะของเพื่อน

### คำถาม

1. จากผลการสังเกตลักษณะต่างๆที่พบในตัวนักเรียนและเพื่อนมีลักษณะใดบ้างที่เหมือนหรือแตกต่างกัน

- ลักษณะที่เหมือนกัน

.....

- ลักษณะที่ต่างกัน

.....

2. เหตุใดนักเรียนและเพื่อนจึงมีลักษณะทางพันธุกรรมที่ต่างกัน

.....

### สรุปผลการสำรวจ

.....

.....

.....

## ใบงานที่ 2 เรื่อง ครอบครัวของฉัน

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกผลการสังเกตโดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องว่าง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมของตนเองและบุคคลในครอบครัว

ลักษณะที่ สำรวจ	ตัว นักเรียน	พ่อ	แม่	พี่	น้อง	ปู่	ย่า	ตา	ยาย
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									
8.									
9.									
10.									
11.									
12.									
13.									
14.									
15.									

**คำถาม**

1. บุคคลในครอบครัวของนักเรียน บุคคลใดที่มีลักษณะเหมือนนักเรียนมากที่สุด

.....

.....

2. บุคคลดังกล่าวมีลักษณะใดบ้างที่เหมือนกับนักเรียน

.....

.....

.....

3. นักเรียนมีลักษณะใดที่เหมือนกับ ปู่ ย่า ตา หรือ ยาย

ลักษณะที่เหมือนปู่.....

ลักษณะที่เหมือนย่า.....

ลักษณะที่เหมือนตา.....

ลักษณะที่เหมือนยาย.....

4. จากข้อ 3 นักเรียนได้รับลักษณะเหล่านี้จาก ปู่ ย่า ตา ยาย ได้อย่างไร

.....

.....

.....

**สรุปผลการสำรวจ**

ให้นักเรียนสำรวจลักษณะทางพันธุกรรมของตนเองและบุคคลในครอบครัวและให้นักเรียน

ลงความเห็นจากผลการสำรวจเกี่ยวกับความหมายของลักษณะพันธุกรรม

.....

.....

.....

.....

### ใบงานที่ 3 เรื่อง ความแปรผันทางพันธุกรรม

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนออกแบบตารางบันทึกผลและบันทึกผลการสำรวจลักษณะทางพันธุกรรม พร้อมทั้งจัดกระทำข้อมูลเพื่อนำเสนอ  
**จุดประสงค์การเรียนรู้** เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความหมายของความแปรผันทางพันธุกรรมจากผลการสำรวจลักษณะทางพันธุกรรม

#### ผลการสำรวจ

ตารางแสดงผลการสำรวจลักษณะทางพันธุกรรมของเพื่อนในห้อง ม.3/7  
 เรื่อง.....

กราฟแสดงผลการสำรวจลักษณะทางพันธุกรรมของเพื่อนในห้อง ม.3/7  
 เรื่อง.....

#### สรุปผลการสำรวจ

.....  
 .....

**คำถาม**

1. อุปกรณ์ในการวัดส่วนสูงที่นักเรียนเลือกใช้พร้อมแสดงเหตุผลประกอบ

.....

.....

2. ค่าเฉลี่ยส่วนสูง/น้ำหนักของเพื่อนในห้องเท่ากับ.....

3. จากกราฟแสดงผลการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมทั้ง 5 ลักษณะ นักเรียนคิดลักษณะใดที่มีกราฟเหมือนกัน และมีลักษณะของกราฟเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

4. ลักษณะ ความสูง น้ำหนัก ความสามารถห่อลิ้น การมีติ่งหู และลักษณะหนังตา นักเรียนคิดว่าลักษณะใดที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

.....

.....

5. ปัจจัยใดที่มีผลทำให้ลักษณะทางพันธุกรรมในข้อ 3 เปลี่ยนแปลงได้

.....

.....

6. ลักษณะทางพันธุกรรมที่เปลี่ยนแปลงจากผลของสิ่งแวดล้อมสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้หรือไม่เพราะเหตุใด

.....

.....

7. จากกราฟลักษณะทางพันธุกรรมใดที่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันแบบต่อเนื่อง

เพราะเหตุใด.....

.....

.....

8. จากกราฟลักษณะทางพันธุกรรมใดที่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง

เพราะเหตุใด.....

.....

.....



ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์แนวคิดพันธูกรรมและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากใบงาน

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องความหมายของลักษณะทางพันธุกรรมจาก  
ใบงานเรื่องครอบครัวของนักเรียน

กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ	
ให้นักเรียนศึกษา และเปรียบเทียบ ลักษณะทาง พันธุกรรมของ ตนเองและบุคคล ในครอบครัว จากกิจกรรม ตั้งถ่านักเรียน สรุปผลดังนี้	ดี	ลักษณะต่างๆที่ปรากฏในตัวเราได้รับ ถ่ายทอดมาจากพ่อแม่ หรือบรรพบุรุษ ผ่านทางยีน	23	51.11	
		ลักษณะต่างๆที่ปรากฏในตัวเราได้รับ การถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษ โดยผ่าน ยีนและสามารถถ่ายทอดต่อไปยัง ลูกหลานได้	6	13.33	
			รวม	29	64.44
		ลักษณะทางพันธุกรรมที่เราได้มาไม่ใช่ ได้จากพ่อแม่อย่างเดียวแต่เราได้จากปู่ย่า ตายายลักษณะที่ปรากฏได้จากบรรพ บุรุษ	4	8.89	
		ลักษณะทางพันธุกรรมส่งผ่านรุ่นสู่รุ่น หรือข้ามรุ่น ได้ดังนั้นเราอาจจะเหมือน พ่อแม่หรืออาจจะมีส่วนอย่างเหมือนปู่ย่า ตายาย	12	26.67	
			รวม	16	35.56
ปรับปรุง		-	-	-	
			รวม	45	100

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องความแปรผันทางพันธุกรรมจากใบงานเรื่อง  
ความแปรผันทางพันธุกรรม

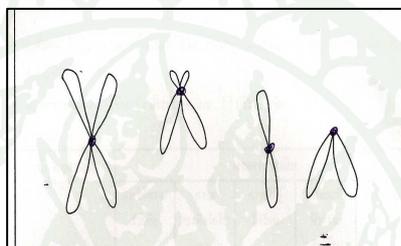
กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
จากกราฟแสดงผล การศึกษาลักษณะ ทางพันธุกรรมทั้ง 5 ลักษณะให้ นักเรียนสรุปผล การศึกษา	ดี	ลักษณะทางพันธุกรรมแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ลักษณะทางพันธุกรรม แปรผันแบบต่อเนื่อง (สามารถ เปลี่ยนแปลงได้เรื่อยๆ) เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง และลักษณะทางพันธุกรรม แปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง (ไม่สามารถ เปลี่ยนแปลงได้) เช่น ห่อถั้ว มีดิงหู	44	97.78
	พอใช้	ลักษณะทางพันธุกรรมมี 2 ประเภท คือ ลักษณะทางพันธุกรรมแปรผัน แบบต่อเนื่อง เช่น น้ำหนัก และลักษณะ ทางพันธุกรรมแปรผันไม่ต่อเนื่อง เช่น ถั้ว	1	2.22
	ปรับปรุง	-	-	-
		รวม	45	100

**ตารางผนวกที่ 3** ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะพันธุกรรม  
จากใบงานเรื่องความแปรผันทางพันธุกรรม

กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ปัจจัยใดที่มีผลทำให้ ความสูงและน้ำหนัก เปลี่ยนแปลง และลักษณะทาง พันธุกรรมที่ เปลี่ยนแปลง สามารถถ่ายทอดไป ยังรุ่นลูกได้หรือไม่ อย่างไร	ดี	สภาพแวดล้อม อาหาร ออกกำลังกาย ลักษณะทางพันธุกรรมที่เปลี่ยนแปลงไม่ สามารถถ่ายทอดได้เพราะเป็นลักษณะที่ เกิดขึ้นภายหลัง ไม่ได้เกิดจากพันธุกรรม จึงถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานไม่ได้	9	20
	พอใช้	สภาพแวดล้อมและอาหาร ลักษณะทางพันธุกรรมที่เปลี่ยนแปลงไม่ สามารถถ่ายทอดได้เพราะเป็นลักษณะที่ เกิดขึ้นภายหลัง	36	80
	ปรับปรุง	-	-	-
		รวม	45	100

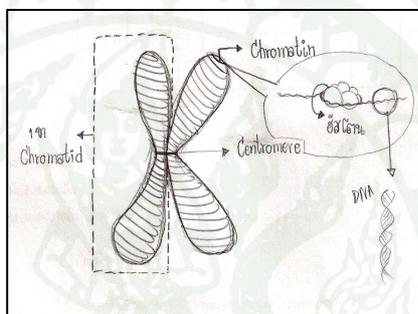
ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องรูปร่างโครโมโซมจากใบงานเรื่องรูปร่างและ  
โครงสร้างของโครโมโซม

กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
รูปร่างของ โครโมโซม	ดี	นักเรียนวาดภาพแสดงรูปร่าง โครโมโซมครบถ้วนทั้ง 4 รูปแบบซึ่ง โครโมโซม 1 แท่ง ประกอบด้วย โครมาทิด 1 หรือ 2 สาย	18	40.00
	พอใช้	นักเรียนวาดภาพแสดงรูปร่าง โครโมโซมไม่ครบ 4 รูปแบบแต่ไม่มี รูปร่างโครโมโซมใดที่คลาดเคลื่อน	27	60.00
	ปรับปรุง			
			รวม	100



ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซมจากใบงานเรื่อง  
รูปร่างและโครงสร้างของโครโมโซม

กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ส่วนประกอบของ โครโมโซม	ดี	นักเรียนวาดภาพแสดงส่วนประกอบ ของโครโมโซมครบถ้วนทั้ง 4 ส่วนประกอบคือ โครโมโซม โครมาติน โครมาติน และเซนโทรเมียร์	38	84.44
	พอใช้	นักเรียนวาดภาพแสดงส่วนประกอบ ของโครโมโซมไม่ครบ 4 ส่วนประกอบ	7	15.56
	ปรับปรุง	-	-	-
		รวม	45	100



ตารางผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องความแตกต่างระหว่างโครโมโซม โครโมติน  
และโครมาติดจากใบงาน เรื่องรูปร่างและโครงสร้างของโครโมโซม

กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ส่วนประกอบของ โครโมโซม	ดี	โครโมโซมอยู่ในนิวเคลียส โครโมโซม เกิดจากโครมาตินซึ่งโครมาตินคือ ดีเอ็นเอรวมกับโปรตีน โครมาติดคือ ขาข้างหนึ่งของโครโมโซม ขาข้างหนึ่งของโครโมโซมเรียกว่า โครมาติด เมื่อดึงออกคือ โครมาติน โครมาตินประกอบด้วย ดีเอ็นเอกับ โปรตีน โครโมโซมคล้ายตัวออกเรียกว่า โครมาตินขาแต่ละข้างของโครโมโซม เรียกว่าโครมาติด	41	91.11
	พอใช้	โครโมโซมประกอบด้วยโครมาติด 2 ชิ้นติดกันภายในโครโมโซมมีดีเอ็นเอ และยีนเป็นส่วนประกอบ ข้างในนิวเคลียสจะมีโครโมโซมซึ่ง ทั้งหมด 23 คู่ โครโมโซมครึ่งหนึ่งคือ โครมาติด	4	8.89
	ปรับปรุง	-	-	-
			รวม	100

ตารางผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม  
และยีนจากใบงานเรื่อง โครงสร้างของเซลล์

กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ให้นักเรียนศึกษา โครงสร้างของ เซลล์พร้อมทั้ง บันทึกผล การศึกษา	ดี	<p>ในเซลล์มีนิวเคลียส นิวเคลียสมี โครโมโซมยึดโครโมโซมออกได้ โครมาตินซึ่งประกอบด้วยดีเอ็นเอและ โปรตีน ยีนเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอ</p> <hr/> <p>ภายในเซลล์มีนิวเคลียส นิวเคลียสมี โครโมโซมโครโมโซมเกิดจาก โครมาตินขดตัวรวมกัน โครมาตินเกิด จากดีเอ็นเอที่พันรวมกับโปรตีนซึ่งภายใน ดีเอ็นเอมียีนอยู่</p> <hr/> <p>ในเซลล์มีนิวเคลียสในนิวเคลียสมี โครโมโซมข้างหนึ่งของโครโมโซม เรียกว่าโครมาติดเมื่อยึดโครโมโซมออก ได้โครมาตินในโครมาตินมีเส้น ดีเอ็นเอพันรวมกับโปรตีนและยีนเป็น ส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอ</p>	42	93.33
	พอใช้	<p>ในเซลล์ประกอบด้วยนิวเคลียสใน นิวเคลียสมีโครโมโซม</p> <hr/> <p>ในเซลล์ประกอบด้วยนิวเคลียสข้างใน นิวเคลียสมีโครโมโซมทั้งหมด 23 คู่</p>	3	6.67
ปรับปรุง				
			รวม	
			45	100

ตารางผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องดีเอ็นเอและยื่นจากใบงานเรื่อง โครงสร้างของเซลล์

กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ความแตกต่าง ระหว่างดีเอ็นเอและ ยีน	ดี	ยื่นเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอ	38	84.44
		ดีเอ็นเอมีลักษณะเป็นเกลียวมียื่นอยู่เป็น จุดๆ		
		ดีเอ็นเอมียื่นแฝงอยู่		
		พอใช้ ในโครโมโซมมีดีเอ็นเอและภายในดีเอ็นเอ เอมีโปรตีนพันอยู่ข้างใน	7	15.56
ปรับปรุง		-	-	-
		รวม	45	100

ตารางผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องสาเหตุของโรคความผิดปกติทางพันธุกรรมจาก  
ใบงานเรื่อง ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม

กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
นักเรียนแต่ละกลุ่ม สรุปสาเหตุของ การเกิดความ ผิดปกติทาง พันธุกรรมโดยการ เขียนแผนผัง ความคิดลงในใบ งาน	ดี	1. กลุ่มอาการดาวน์เกิดจากความผิดปกติ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงจำนวน อโตโซม 2. กลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์ และเทอร์เนอร์เกิดจากความผิดปกติ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงจำนวน โครโมโซมเพศ 3. กลุ่มอาการครีดูซาร์เกิดจากความ ผิดปกติเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง โครงสร้างของโครโมโซม 4. โรคธาลัสซีเมียเกิดจากความผิดปกติ เกี่ยวกับความผิดปกติในระดับคุณภาพ อื่น	40	88.89
	พอใช้	1. กลุ่มอาการดาวน์และกลุ่มอาการ ครีดูซาร์เกิดจากความผิดปกติเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงจำนวนอโตโซม 2. กลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์และ เทอร์เนอร์เกิดจากความผิดปกติเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมเพศ 3. โรคธาลัสซีเมียเกิดจากความผิดปกติ เกี่ยวกับความผิดปกติในระดับคุณภาพ อื่น	27	60.00
	ปรับปรุง			
			รวม	45
				100

ตารางผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องอาการของโรคความผิดปกติทางพันธุกรรมจาก  
ใบงานเรื่อง ความผิดปกติของโรคทางพันธุกรรม

กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปสาเหตุของการเกิดความผิดปกติทางพันธุกรรมโดยการเขียนแผนผังความคิดลงในใบงาน	ดี	1. กลุ่มอาการดาวน์มีอาการตาขี้ขี้ขึ้น ลิ้นจุกปาก ค้างมูกแบน นิ้วมือสั้น ป้อมปัญญาอ่อน 2. กลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์ อ้วนแอ่น มีเต้านม คล้ายผู้หญิง ปัญญาอ่อน เป็นหมัน 3. กลุ่มอาการ เทอร์เนอร์รูปร่างเตี้ย เป็นหมัน ต้นคอเป็นแผ่นปีก หน้าอกกว้าง เต้านมเล็ก 4. กลุ่มอาการครีดูซาร์ศีรษะเล็ก ใบหน้ากลม ตาเล็ก อยู่ห่างกันและเฉียง ค้างมูกแบน ใบหูอยู่ต่ำกว่าปกติ เส้นสายเสียงผิดปกติทำให้เสียงเล็กแหลมคล้ายเสียง ร้องของแมว โรคธาลัสซีเมียอาการซีด ตาเหลือง ผิวหนังดำคล้ำ ร่างกายเจริญเติบโตช้ากว่าปกติ	40	88.89
ความคิดลงในใบงาน	พอใช้	1. กลุ่มอาการดาวน์และกลุ่มอาการ ครีดูซาร์เกิดจากความผิดปกติเกี่ยวกับการ เปลี่ยนแปลงจำนวนออโตโซม 2. กลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์และเทอร์เนอร์เกิดจาก ความผิดปกติเกี่ยวกับการ เปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมเพศ 3. โรคธาลัสซีเมียเกิดจากความผิดปกติเกี่ยวกับความ ผิดปกติในระดับคุณภาพยีน	27	60.00
ปรับปรุง				
			รวม	100

ตารางผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องลักษณะเด่น ลักษณะด้อย จากใบงานเรื่อง  
ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย

กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
สรุปลความ แตกต่างของ ลักษณะเด่นและ ลักษณะด้อย	ดี	ลักษณะเด่นคือลักษณะที่ปรากฏในทุก รุ่น โอกาสในการแสดงลักษณะได้มาก ส่วนลักษณะด้อยมีโอกาสดแสดงลักษณะ น้อย	41	91.11
		ลักษณะเด่นจะปรากฏมากไม่ว่าจะอยู่ รุ่นไหน ลักษณะด้อยจะมองไม่เห็นจะ ปรากฏน้อย	4	8.89
	ปรับปรุง		รวม	45

ตารางผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องจีโนไทป์และฟีโนไทป์ จากใบงานเรื่อง  
จีโนไทป์และฟีโนไทป์

กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ	
นักเรียนสรุปผล การศึกษา เกี่ยวกับ ความหมายและ ความแตกต่าง ของจีโนไทป์ และฟีโนไทป์	ดี	จีโนไทป์คือยีนที่ควบคุมลักษณะต่าง ภายในเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ เช่น HH Hh hh	38	84.44	
		ฟีโนไทป์ คือ ลักษณะที่แสดงออกมา เช่น สีเหลือง และสีเขียว			
	พอใช้	จีโนไทป์คือยีนที่ควบคุมลักษณะไม่ สามารถมองเห็นได้แทนด้วยสัญลักษณ์ ฟีโนไทป์เป็นลักษณะที่แสดงออกมาได้ อย่างชัดเจนสามารถมองเห็นได้	7	15.56	
ปรับปรุง	จีโนไทป์คือยีนที่ควบคุมลักษณะไม่ สามารถมองเห็นได้ ฟีโนไทป์เป็น ลักษณะที่แสดงออกมาได้อย่างชัดเจน สามารถมองเห็นได้				
			รวม	45	100

ตารางผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องพันธุ์แท้และพันทาง จากใบงานเรื่อง  
จีโนไทป์และฟีโนไทป์

กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
จีโนไทป์พันธุ์แท้ ของสีฝักถั่วคือ	ดี	จีโนไทป์พันธุ์แท้ของสีฝักถั่วคือ HH และ hh	38	84.44
จีโนไทป์พันทาง ของสีฝักถั่วคือ	พอใช้	จีโนไทป์พันทางของสีฝักถั่วคือ Hh จีโนไทป์พันธุ์แท้ของสีฝักถั่วคือ HH จีโนไทป์พันทางของสีฝักถั่วคือ Hh	5	11.11
ปรับปรุง	-	-	-	-
		รวม	45	100

ตารางผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องกฎการแยกตัวและกฎการรวมตัวอย่างอิสระจาก  
ใบงานเรื่อง กฎของเมนเดล

กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ให้นักเรียนสรุป ความหมาย กฎของเมนเดล จากผลการทำ กิจกรรม	ดี	กฎการแยกตัวคือยีนที่ควบคุมลักษณะ ทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตแต่ละคู่จะ แยกจากกันในระหว่างการสร้างเซลล์ สืบพันธุ์ กฎการรวมตัวอย่างอิสระคือ ยีนของ เซลล์สืบพันธุ์ที่ควบคุมลักษณะมีความ เป็นอิสระที่จะรวมตัวทำให้รุ่นลูกมี ลักษณะแตกต่างกันหลายรูปแบบ	35	77.78
	พอใช้	กฎการแยกตัวคือการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ ของพ่อและแม่ให้เหลือครึ่งหนึ่ง กฎการรวมตัวอย่างอิสระคือการรวมตัว ของเซลล์ไข่กับสเปิร์ม	10	22.22
	ปรับปรุง	-	-	-
		รวม	45	100

ตารางผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องกฎของเมนเดลจากใบงานเรื่องกฎของเมนเดล

กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ให้นักเรียนทำ ใบงานเรื่อง กฎของเมนเดล	ดี	นักเรียนเขียนจีโนไทป์เซลล์สืบพันธุ์ ของพ่อแม่ จีโนไทป์และฟีโนไทป์ของ รุ่นลูกได้ถูกต้องทั้งหมดเป็นไปตาม กฎของเมนเดล	33	73.33
		นักเรียนเขียนจีโนไทป์เซลล์สืบพันธุ์ ของพ่อแม่ จีโนไทป์และฟีโนไทป์ของ รุ่นลูกได้ถูกต้องบางส่วน	12	26.67
	ปรับปรุง	-	-	-
รวม			45	100

ตารางผนวกที่ 16 ผลการวิเคราะห์แนวคิดเรื่อง ประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม  
จากการไปงานเรื่อง ประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม

กิจกรรม	ระดับ คุณภาพ	คำตอบของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ความรู้เรื่อง พันธุกรรม นำมาใช้ ประโยชน์ใน ด้านใดบ้างพร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ การอธิบาย	ดี	ทางการเกษตร นำมาใช้ประโยชน์ใน การขยายพันธุ์และการปรับปรุงพันธุ์ ทางการแพทย์ นำมาใช้ในการรักษา โดยเฉพาะโรคที่เกิดจากความผิดปกติ ของยีน ทางด้านกฎหมาย สามารถใช้ พิสูจน์หาหลักฐานเกี่ยวกับคดี อาชญากรรมที่ซับซ้อน	45	100
	พอใช้	ทางการเกษตร การปรับปรุงพันธุ์ เช่น พืชจีเอ็มโอ ทางการแพทย์ พัฒนาวัคซีน รักษาโรคระดับคุณภาพยีนทางด้าน กฎหมาย พิสูจน์ดีเอ็นเอ เพื่อตรวจหาตัว บุคคล ทางด้านสิ่งแวดล้อม ฝากถ่ายยีน เพื่อลดการใช้สารเคมี	-	-
	ปรับปรุง		-	-
		รวม	45	100

หมายเหตุ: ระดับคุณภาพดี หมายถึง คำตอบของนักเรียนคำตอบแสดงให้เห็นถึง ความเข้าใจ  
แนวคิดวิทยาศาสตร์โดยปราศจากแนวคิดที่คลาดเคลื่อน  
ระดับคุณภาพพอใช้ หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบที่เป็นไป  
ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบอื่นไม่กล่าวถึง  
ระดับคุณภาพปรับปรุง หมายถึง คำตอบบางองค์ประกอบมีแนวคิดถูกต้องตามแนวคิด  
วิทยาศาสตร์และบางองค์ประกอบมีแนวคิดไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

ตารางผนวกที่ 17 ผลการวิเคราะห์ทักษะการสังเกตของนักเรียนจากใบงานเรื่องลักษณะ  
ทางพันธุกรรม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนบันทึก การสังเกตลักษณะทาง พันธุกรรมของเพื่อนได้ ถูกต้องประกอบด้วย ข้อมูลเชิงปริมาณและ เชิงคุณภาพ โดย ปราศจาก การลงความเห็น	ตา 2 ชั้น ผมสีน้ำตาล ผิวขาว สูงประมาณ 165 เซนติเมตรน้ำหนักประมาณ 55 กิโลกรัม ไม่มีลักยิ้ม มีติ่งหู ผมตรง ห่อลิ้นไม่ได้	3 (6.67)
ดี	นักเรียนบันทึกลักษณะ ทางพันธุกรรมของ เพื่อนได้ถูกต้อง ประกอบด้วยข้อมูล เชิงคุณภาพ โดย ปราศจาก การลงความเห็น	ตาสีดำ ผมตรง ผิวขาว ถนัดมือขวา ตาชั้นเดียว ผมม สีดำ สูง ไม่มีลักยิ้ม มีติ่งหู	32 (71.11)
พอใช้	นักเรียนบันทึกลักษณะ ทางพันธุกรรมของ เพื่อนได้ถูกต้อง ประกอบด้วยข้อมูล เชิงคุณภาพ แต่มี คำตอบที่เป็น การลงความเห็น	-	-

## ตารางผนวกที่ 17 (ต่อ)

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ปรับปรุง	นักเรียนบันทึกลักษณะ ทางพันธุกรรมของ เพื่อน ได้ถูกต้องแต่ ประกอบด้วยข้อมูล เชิงคุณภาพ มีคำตอบ บางคำตอบเป็นสิ่งที่ นอกเหนือการใช้ ประสาทสัมผัส	ผมตรง มีลักยิ้ม ผิวขาว มีติ่งหู ผมสีดำ ห่อลิ้นได้ ตา 2 ชั้น มีขนที่นิ้วมือ หมู่เลือดเอ	10 (22.22)
			รวม 45(100)

ตารางผนวกที่ 18 ผลการวิเคราะห์ทักษะการสังเกตของนักเรียนจากใบงานเรื่องรูปร่างและ  
โครงสร้างของโครโมโซม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนวาดภาพ องค์ประกอบภายใน เซลล์แอปเปิ้ลได้ละเอียด และ ครบองค์ประกอบ คือ นิวเคลียส โครโมโซม และ ยีน พร้อมทั้งเขียนแสดง ส่วนประกอบต่างๆ ภายในเซลล์ ได้ถูกต้อง	วาดภาพองค์ประกอบภายในเซลล์แอปเปิ้ล ได้ละเอียดและ ครบองค์ประกอบคือ นิวเคลียสโครโมโซม และ ยีน พร้อมทั้ง เขียนแสดงส่วนประกอบต่างๆภายในเซลล์ ได้ถูกต้อง	9 (20.00)
ดี	นักเรียนวาดภาพ องค์ประกอบภายใน เซลล์แอปเปิ้ลได้ถูกต้อง และครบองค์ประกอบ แต่ไม่เขียนแสดง ส่วนประกอบต่างๆ ภายในเซลล์	วาดภาพองค์ประกอบภายในเซลล์แอปเปิ้ล ได้ถูกต้องและครบองค์ประกอบแต่ไม่เขียน แสดงส่วนประกอบต่างๆภายในเซลล์	21 (46.67)
พอใช้	นักเรียนวาดภาพ องค์ประกอบของเซลล์ แอปเปิ้ลได้ถูกต้องแต่ไม่ ครบองค์ประกอบแต่ เขียนแสดง ส่วนประกอบต่างๆ ภายในเซลล์	วาดภาพองค์ประกอบของเซลล์แอปเปิ้ลได้ ถูกต้องแต่ไม่ครบองค์ประกอบแต่เขียน แสดงส่วนประกอบต่างๆภายในเซลล์	10 (22.22)

ตารางผนวกที่ 18 (ต่อ)

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ปรับปรุง	นักเรียนวาดภาพ องค์ประกอบของเซลล์ แอปเปิ้ลถูกต้องแต่ไม่ ครบองค์ประกอบแต่ไม่ เขียนแสดง ส่วนประกอบต่างๆ ภายในเซลล์	วาดภาพองค์ประกอบของเซลล์แอปเปิ้ล ถูกต้องแต่ไม่ครบองค์ประกอบแต่ไม่เขียน แสดงส่วนประกอบต่างๆภายในเซลล์	5 (11.11)
รวม			45(100)

ตารางผนวกที่ 19 ผลการวิเคราะห์ทักษะการสังเกตของนักเรียนจากใบงานเรื่องความผิดปกติ  
ของโรคทางพันธุกรรม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนบันทึกผลการ สังเกตเด็กกลุ่มอาการ ดาวน์ได้ถูกต้องครบ ถ้วนทุกองค์ประกอบ โดยปราศจากการลง ความคิดเห็น	ตาเฉียงขึ้น คิ้วงมุกแบน ใบหน้ากลมแบน ลิ้นจุกปาก คอสั้น ศรีษะเล็ก ท้ายทอยแบน	19 (42.22)
ดี	นักเรียนบันทึกผลการ สังเกตเด็กกลุ่มอาการ ดาวน์ส่วนใหญ่ถูกต้อง บางส่วนโดยปราศจาก การลงความคิดเห็น	-	-
พอใช้	นักเรียนบันทึกผลการ สังเกตเด็กกลุ่มอาการ ดาวน์ส่วนใหญ่ถูกต้อง มี 1 ลักษณะที่เป็นการ ลงความคิดเห็น	ตาเฉียงขึ้น คิ้วงมุกแบน ลิ้นจุกปาก ศรีษะเล็ก ใบหูเล็ก ปัญญาอ่อน	26 (57.78)
ปรับปรุง	นักเรียนบันทึกผลการ สังเกตเด็กกลุ่มอาการ ดาวน์ส่วนใหญ่ถูกต้อง มีลักษณะที่เป็นการลง ความคิดเห็นมากกว่า 1 ลักษณะ	-	-
รวม			45(100)

ตารางผนวกที่ 20 ผลการวิเคราะห์ทักษะการสังเกตของนักเรียนจากใบงานเรื่องสิ่งมีชีวิต  
 คัดแปลงพันธุกรรม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนบันทึกผล	ฟักทองยักษ์ ขนาดใหญ่ สีเหลือง รูปร่างกลม	28
	สังเกตลักษณะ สิ่งมีชีวิตคัดแปลง พันธุกรรมได้ครบถ้วน ประกอบด้วยข้อมูล เชิงปริมาณและ เชิงคุณภาพ และ ถูกต้องโดยปราศจาก การลงความคิดเห็น	รียาสูบเรืองแสง มีสีเหลืองและสีเขียว ข้าว สายพันธุ์ทอง เม็ดข้าวสีเหลือง รูปร่างกลมรี ดอกคาร์เนชั่นสีม่วง กลีบดอกสีม่วง มี ทั้งหมด 18 ดอก	(62.22)
ดี	นักเรียนบันทึกผล	ฟักทองยักษ์ ขนาดใหญ่ รูปร่างกลม สีเหลือง	17
	สังเกตลักษณะ สิ่งมีชีวิตคัดแปลง พันธุกรรมได้ถูกต้อง ประกอบด้วยข้อมูลเชิง คุณภาพ และ มี 1 คำตอบเป็น การลงความคิดเห็น	ยาสูบเรืองแสง ประกอบด้วยสีเหลือง สีเขียว มีระบบรากแบบรากฝอย ข้าวสายพันธุ์ทอง เม็ดข้าวสีเหลือง รูปร่าง กลมรี ดอกคาร์เนชั่นสีม่วง กลีบดอกสีม่วง	(37.78)

## ตารางผนวกที่ 20 (ต่อ)

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
พอใช้	นักเรียนบันทึกผล สังเกตลักษณะ สิ่งมีชีวิตที่เปลี่ยนแปลง พันธุกรรมได้ถูกต้อง มี 2 คำตอบเป็น การลงความคิดเห็น	-	-
ปรับปรุง	นักเรียนบันทึกผล สังเกตลักษณะ สิ่งมีชีวิตที่เปลี่ยนแปลง พันธุกรรมได้ถูกต้อง มี 3 คำตอบเป็น การลงความคิดเห็น	-	-
			รวม 45(100)

ตารางผนวกที่ 21 ผลการวิเคราะห์ทักษะการวัดจากใบงานเรื่องความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม

ระดับคุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนอ่านค่าการวัดส่วนสูงได้ถูกต้องและเขียนหน่วยกำกับได้ถูกต้อง	นักเรียนบันทึกผลการวัดส่วนสูงของเพื่อนได้ถูกต้องโดยใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่งและใช้หน่วยเซนติเมตร	42 (93.33)
ดี	นักเรียนอ่านค่าการวัดส่วนสูงคลาดเคลื่อน $\pm 0.5$ หน่วย แต่เขียนหน่วยกำกับได้ถูกต้อง	นักเรียนบันทึกผลการวัดส่วนสูงของเพื่อนคลาดเคลื่อน โดยระบุทศนิยมตำแหน่งที่ 2 ผิดแต่เขียนหน่วยกำกับถูกต้อง	3 (6.67)
พอใช้	นักเรียนอ่านค่าการวัดส่วนสูงคลาดเคลื่อนมากกว่า $\pm 0.5$ หน่วย แต่เขียนหน่วยกำกับได้ถูกต้อง	-	-
ปรับปรุง	นักเรียนอ่านค่าการวัดส่วนสูงคลาดเคลื่อนมากกว่า $\pm 0.5$ หน่วย และเขียนหน่วยกำกับไม่ถูกต้อง	-	-
รวม			45(100)

ตารางผนวกที่ 22 ผลการวิเคราะห์ทักษะการวัดจากใบงานเรื่องความแปรผันของ  
ลักษณะทางพันธุกรรม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนอ่านค่าอ่าน ค่าที่ได้จากการวัด น้ำหนักได้ถูกต้องและ เขียนหน่วยกำกับได้ ถูกต้อง	นักเรียนบันทึกผลการวัดน้ำหนักได้ถูกต้อง โดยใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่งและใช้หน่วย กิโลกรัม	45(100)
ดี	นักเรียนอ่านค่าการวัด น้ำหนักคลาดเคลื่อน $\pm 0.5$ หน่วย แต่เขียน หน่วยกำกับได้ถูกต้อง	-	-
พอใช้	นักเรียนอ่านค่าการวัด น้ำหนักคลาดเคลื่อน มากกว่า $\pm 0.5$ หน่วย แต่เขียนหน่วยกำกับ ได้ถูกต้อง	-	-
ปรับปรุง	นักเรียนอ่านค่าการวัด น้ำหนักคลาดเคลื่อน มากกว่า $\pm 0.5$ หน่วย และเขียนหน่วยกำกับ ไม่ถูกต้อง	-	-
รวม			45(100)

ตารางผนวกที่ 23 ผลการวิเคราะห์ทักษะการคำนวณของนักเรียนจากใบงานเรื่อง  
ลักษณะทางพันธุกรรม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนใช้ทักษะการ ใช้ตัวเลขเกี่ยวกับ การบวก และการหาร หาค่าเฉลี่ยของ ส่วนสูงและน้ำหนัก ถูกต้อง	นักเรียนคำนวณหาค่าเฉลี่ยของส่วนสูง และน้ำหนักถูกต้อง	45(100)
ดี	นักเรียนใช้ทักษะการ ใช้ตัวเลขเกี่ยวกับ การบวก และการหาร ของส่วนสูงหรือ น้ำหนักถูกต้อง	-	-
พอใช้	นักเรียนใช้ทักษะการ ใช้ตัวเลขเกี่ยวกับ การบวก และการหาร ของส่วนสูงหรือ น้ำหนักผิด	-	-
ปรับปรุง	นักเรียนใช้ทักษะการ ใช้ตัวเลขเกี่ยวกับ การบวก และการหาร ของส่วนสูงและ น้ำหนักผิด	-	-
รวม			45(100)

ตารางผนวกที่ 24 ผลการวิเคราะห์ทักษะการคำนวณของนักเรียนจากใบงานเรื่องการถ่ายทอด  
ลักษณะทางพันธุกรรม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนคำนวณหา อัตราส่วน จีโนไทป์ และอัตราส่วน ฟีโนไทป์ได้ถูกต้อง ทั้งหมด	อัตราส่วนจีโนไทป์เท่ากับ 1:2 :1 คือ YY:Yy:yy อัตราส่วนฟีโนไทป์เท่ากับ 3:1 เมล็ดเหลือง:เมล็ดเขียว	45(100)
ดี	นักเรียนคำนวณหา อัตราส่วนจีโนไทป์ และอัตราส่วน ฟีโนไทป์ได้ถูกต้อง บางส่วน	-	-
พอใช้	นักเรียนคำนวณหา อัตราส่วนจีโนไทป์ และอัตราส่วน ฟีโนไทป์ได้ถูกต้อง บางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน	-	-
ปรับปรุง	นักเรียนคำนวณหา อัตราส่วนจีโนไทป์ และอัตราส่วน ฟีโนไทป์ได้ คลาดเคลื่อนทั้งหมด	-	-
รวม			45(100)

ตารางผนวกที่ 25 ผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดจำแนกประเภทจากใบงานเรื่องลักษณะ  
ทางพันธุกรรม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนจัดจำแนกตาม เกณฑ์ความแปรผันทาง พันธุกรรมแบบต่อเนื่อง และแบบไม่ต่อเนื่อง ได้ ถูกต้องทั้งหมด	ความสูงและน้ำหนักเป็นลักษณะ พันธุกรรมที่แปรผันแบบต่อเนื่อง ส่วน การห่อลิ้น มีติ่งหู และหนังตาเป็นลักษณะ พันธุกรรมที่แปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง	44 (97.78)
ดี	นักเรียนจัดจำแนกตาม เกณฑ์ความแปรผันทาง พันธุกรรมแบบต่อเนื่อง และแบบไม่ต่อเนื่อง ได้ ถูกต้องเพียง 4 ลักษณะ	ความสูงและน้ำหนักเป็นลักษณะ พันธุกรรมที่แปรผันแบบต่อเนื่อง ส่วน การห่อลิ้นและมีติ่งหู เป็นลักษณะ พันธุกรรมที่แปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง	1 (2.22)
พอใช้	นักเรียนจัดจำแนกตาม เกณฑ์ความแปรผันทาง พันธุกรรมแบบต่อเนื่อง และแบบไม่ต่อเนื่อง ได้ ถูกต้องเพียง 3 ลักษณะ	-	-
ปรับปรุง	นักเรียนจัดจำแนกตาม เกณฑ์ความแปรผันทาง พันธุกรรมแบบต่อเนื่อง และแบบไม่ต่อเนื่อง ได้ ถูกต้องน้อยกว่า 3 ลักษณะ	-	-
รวม			45(100)

ตารางผนวกที่ 26 ผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดจำแนกประเภทจากใบงานเรื่องจำนวนโครโมโซม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนจัดจำแนกเซลล์ ของสิ่งมีชีวิตว่าเป็น เซลล์สืบพันธุ์หรือเซลล์ ร่างกายได้ถูกต้องทั้ง 10 ชนิด	เซลล์ผิวหนัง เซลล์เม็ดเลือดขาว เซลล์ลำต้น เซลล์กลีบดอก และเซลล์รังไข่ เป็นเซลล์ร่างกาย ส่วนเซลล์อสุจิ เซลล์ไข่ และเซลล์ละอองเรณูเป็นเซลล์สืบพันธุ์	45 (100)
ดี	นักเรียนจัดจำแนกเซลล์ ของสิ่งมีชีวิตว่าเป็น เซลล์สืบพันธุ์หรือเซลล์ ร่างกายได้ถูกต้องเพียง 9 ชนิด	-	-
พอใช้	นักเรียนจัดจำแนกเซลล์ ของสิ่งมีชีวิตว่าเป็น เซลล์สืบพันธุ์หรือเซลล์ ร่างกายได้ถูกต้องทั้ง 8 ชนิด	-	-
ปรับปรุง	นักเรียนจัดจำแนกเซลล์ ของสิ่งมีชีวิตว่าเป็น เซลล์สืบพันธุ์หรือเซลล์ ร่างกายได้ ถูกต้อง น้อยกว่า 8 ชนิด	-	-
รวม			45(100)

ตารางผนวกที่ 27 ผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดจำแนกประเภทจากใบงานเรื่องความผิดปกติของ  
ของโรคทางพันธุกรรม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนจัดจำแนก ประเภทความผิดปกติ ของทางพันธุกรรมได้ ถูกต้องโดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท	-กลุ่มอาการดาว์นอยู่ในกลุ่มความผิดปกติ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนออโตโซม -กลุ่มอาการโคลน์เฟลเตอร์และเทอร์เนอร์ อยู่ในกลุ่มความผิดปกติเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมเพศ - กลุ่มอาการครีดูซาร์อยู่ในกลุ่มความ ผิดปกติเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ของโครโมโซม - โรคธาลัสซีเมียอยู่ในกลุ่มความผิดปกติ เกี่ยวกับความผิดปกติในระดับยีน	16 (35.56)
ดี	นักเรียนจัดจำแนก ประเภทความผิดปกติ ของทางพันธุกรรมได้ ถูกต้องได้เพียง 3 ประเภท	-กลุ่มอาการดาว์นและกลุ่มอาการครีดูซาร์ อยู่ในกลุ่มความผิดปกติเกี่ยวกับการ เปลี่ยนแปลงจำนวนออโตโซม -กลุ่มอาการโคลน์เฟลเตอร์และเทอร์เนอร์ อยู่ในกลุ่มความผิดปกติเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมเพศ - โรคธาลัสซีเมียอยู่ในกลุ่มความผิดปกติ เกี่ยวกับความผิดปกติในระดับยีน	2 (4.44)

## ตารางผนวกที่ 27 (ต่อ)

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
	นักเรียนจัดจำแนก ประเภทความผิดปกติ ของทางพันธุกรรมได้ ถูกต้องได้เพียง 2 ประเภท	-	-
ปรับปรุง	นักเรียนจัดจำแนก ประเภทความผิดปกติ ของทางพันธุกรรม นอกเหนือจากประเด็น	ความผิดปกติของทางพันธุกรรมได้ถูกต้อง โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มอาการดาวน์ กลุ่มอาการเทอร์เนอร์ กลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์และ โรคธาลัสซีเมีย	27 (60.00)
			รวม 45(100)

ตารางผนวกที่ 28 ผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลของนักเรียนจาก  
ใบงานเรื่องความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนนำเสนอผล เกี่ยวกับความแปรผัน ของลักษณะทาง พันธุกรรมโดยใช้ รูปแบบการนำเสนอที่ สื่อความหมายให้เกิด ความเข้าใจที่ถูกต้อง และเข้าใจความแตกต่าง ระหว่างความแปรผัน ทางพันธุกรรม แบบต่อเนื่องและไม่ ต่อเนื่องได้ชัดเจน	นักเรียนนำเสนอผลการศึกษาลักษณะทาง พันธุกรรมในเรื่องน้ำหนักด้วยกราฟเส้น รูปแบบของกราฟประกอบด้วย ชื่อกราฟ แกน X แสดงจำนวนคนแต่ละ ช่วงของน้ำหนัก ส่วนแกน Y แสดง น้ำหนักมีหน่วยเป็น กิโลกรัม โดยแบ่งออกเป็นช่วง คือ ต่ำกว่า 40, 40-49, 50-59, 60-69, 70-79, 80-89 และ มากกว่า 90 การนำเสนองานอธิบายได้ ละเอียด ถูกต้อง และชัดเจน <hr/> นักเรียนนำเสนอผลการศึกษาลักษณะทาง พันธุกรรมในเรื่องส่วนสูงด้วยกราฟเส้น รูปแบบของกราฟประกอบด้วย ชื่อกราฟ แกน X แสดงจำนวนคนแต่ละ ช่วงของส่วนสูง ส่วนแกน Y แสดง ส่วนสูงมีหน่วยเป็น เซนติเมตร โดยแบ่งออกเป็นช่วง คือ ต่ำ กว่า 150, 150-160, 161-170, 171-180 และ มากกว่า 180 เซนติเมตร การนำเสนองาน อธิบายได้ละเอียด ถูกต้อง และชัดเจน	45 (100)

## ตารางผนวกที่ 28 (ต่อ)

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดี	จัดทำนำเสนอผลเกี่ยวกับ ความแปรผันของลักษณะ ทางพันธุกรรมขาด หายไป 1 องค์ประกอบ	-	-
พอใช้	จัดทำนำเสนอผลเกี่ยวกับ ความแปรผันของลักษณะ ทางพันธุกรรมขาด หายไป 2 องค์ประกอบ	-	-
ปรับปรุง	จัดทำนำเสนอผลเกี่ยวกับ ความแปรผันของลักษณะ ทางพันธุกรรมขาด หายไปมากกว่า 2 องค์ประกอบ	-	-
รวม			45(100)

ตารางผนวกที่ 29 ผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลของนักเรียน  
จากการออกแบบ โครงสร้างโครโมโซม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	แสดงส่วนประกอบของโครโมโซมได้ครบถ้วนถูกต้อง	องค์ประกอบของโครโมโซมได้ครบถ้วน ขนาดเหมาะสม แสดงชื่อของแบบจำลอง และแสดงชื่อส่วนประกอบต่างๆ ชัดเจน การนำเสนอผลงานถูกต้องและชัดเจน	26 (57.78)
ดี	แสดงส่วนประกอบของโครโมโซมขาดหายไป 1 องค์ประกอบ	องค์ประกอบของโครโมโซมได้ครบถ้วน ขนาดเหมาะสม แสดงชื่อแสดงส่วนประกอบต่างๆ ชัดเจน ไม่ระบุชื่อแบบจำลอง การนำเสนอผลงานถูกต้องและชัดเจน	10(2.22)
พอใช้	แสดงส่วนประกอบของโครโมโซมขาดหายไป 2 องค์ประกอบ	องค์ประกอบของโครโมโซมได้ครบถ้วน ขนาดเหมาะสม ไม่ระบุชื่อแบบจำลอง และชื่อส่วนประกอบในแบบจำลอง การนำเสนอผลงานถูกต้องและชัดเจน	9(20.00)
ปรับปรุง	แสดงส่วนประกอบของโครโมโซมขาดหายไปมากกว่า 2 องค์ประกอบ	-	-
			รวม 45(100)

ตารางผนวกที่ 30 ผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล  
จากแผนผังความคิดเรื่องสาเหตุของโรคทางพันธุกรรม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	จัดทำแผนผังความคิด เกี่ยวกับความผิดปกติของ โครโมโซมได้ถูกต้องและ ชัดเจน	นักเรียนจัดกระทำข้อมูลออกเป็น 4 ส่วน ตามสาเหตุการเกิดโรคความผิดปกติแสดง ชื่อแผนผังชัดเจน ขนาดเหมาะสม สีเส้น สวยงาม มีภาพประกอบชัดเจน นำเสนอผล โดยเรียงจากสาเหตุของโรค ชื่อโรคและ อาการของโรคโดยนำเสนอถูกต้องและ ชัดเจน	11(24.44)
		นักเรียนจัดกระทำข้อมูลออกเป็น 4 ส่วน ตามชื่อกลุ่มอาการเกิดของโรค แสดงชื่อแผนผังชัดเจน ขนาดเหมาะสม สีเส้นสวยงาม นำเสนอผลโดยเรียงจากชื่อ โรค สาเหตุของโรค และอาการของโรค การนำเสนอถูกต้องและชัดเจน	34(75.56)

## ตารางผนวกที่ 30 (ต่อ)

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดี	จัดทำแผนผังความคิด เกี่ยวกับความผิดปกติของ โครโมโซมขาดหาย 1 องค์ประกอบ	-	-
พอใช้	จัดทำแผนผังความคิด เกี่ยวกับความผิดปกติของ โครโมโซมขาดหายไป 2 องค์ประกอบ	-	-
ปรับปรุง	จัดทำแผนผังความคิด เกี่ยวกับความผิดปกติของ โครโมโซมขาดหายไป มากกว่า 2 องค์ประกอบ	-	-
รวม			45(100)

ตารางผนวกที่ 31 ผลการวิเคราะห์ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลของนักเรียน  
จากใบงานเรื่องประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุกรรม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	จัดกระทำแผนภาพและ นำเสนอผลการศึกษาได้ ชัดเจนถูกต้อง	วาดแผนภาพแสดงขั้นตอนใน การสร้างสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ใหม่ได้ ถูกต้อง ขนาดของภาพมีความ เหมาะสม สีเส้นสวยงาม อ่านเข้าใจ ได้ง่าย มีภาพประกอบชัดเจน นำเสนอถูกต้องและชัดเจน	29 (64.44)
ดี	จัดกระทำแผนภาพและ นำเสนอผลการศึกษา ถูกต้องบางส่วน	การวาดแผนภาพแสดงขั้นตอนใน การสร้างสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ใหม่ได้ ถูกต้อง ขนาดของภาพมีความ เหมาะสม สีเส้นสวยงาม ตัวหนังสือ มีขนาดเล็ก ไม่มีภาพประกอบ การนำเสนอถูกต้อง	16 (35.56)
พอใช้	จัดกระทำแผนภาพและ นำเสนอผลการศึกษา คลาดเคลื่อนบางส่วน	-	-
ปรับปรุง	จัดกระทำแผนภาพและ นำเสนอผลการศึกษา คลาดเคลื่อนจาก หลักวิทยาศาสตร์	-	-
		รวม	45(100)

ตารางผนวกที่ 32 ผลการวิเคราะห์ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลของนักเรียนจากใบงานเรื่อง  
ลักษณะทางพันธุกรรม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนลงความเห็นเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมได้ถูกต้องครอบคลุมทุกประเด็น	ลักษณะต่างๆที่ปรากฏในตัวเราได้รับถ่ายทอดมาจากพ่อแม่ หรือบรรพบุรุษ	23 (51.11)
		ลักษณะต่างๆที่ปรากฏในตัวเราได้รับการถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษและสามารถถ่ายทอดต่อไปยังลูกหลานได้	6 (13.33)
		รวม	29 (64.44)
ดี	นักเรียนลงความเห็นเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมได้ค่อนข้างถูกต้องแต่ไม่ครอบคลุมประเด็น	ลักษณะทางพันธุกรรมที่เราได้มาไม่ใช่ได้จากพ่อแม่อย่างเดียวแต่เราได้จากปู่ย่าตายายลักษณะที่ปรากฏได้จากบรรพบุรุษ	4 (8.89)
		ลักษณะทางพันธุกรรมส่งผ่านรุ่นสู่รุ่นหรือข้ามรุ่นได้ดังนั้นเราอาจจะเหมือนพ่อแม่หรืออาจจะมีบางอย่างเหมือนปู่ย่าตายาย	12 (26.67)
		รวม	16 (35.56)
พอใช้	นักเรียนลงความเห็นเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมมีบางส่วนที่ผิดและไม่ตรงประเด็น(ส่วนที่ผิดน้อยกว่าร้อยละ 50)	-	-

## ตารางผนวกที่ 32 (ต่อ)

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ปรับปรุง	นักเรียนลงความเห็น เกี่ยวกับลักษณะทาง พันธุกรรมมีส่วนผิด มากกว่าร้อยละ 50	-	-
รวม			45(100)

ตารางผนวกที่ 33 ผลการวิเคราะห์ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลที่นักเรียนจากใบงานเรื่อง  
จำนวนโครโมโซม

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนลงความเห็นความแตกต่างของเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ถูกต้องตามประเด็น	จำนวนโครโมโซมของเซลล์สืบพันธุ์จะมีจำนวนเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกายเสมอ ยกตัวอย่างเช่น มนุษย์มีจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายเท่ากับ 46 แห่ง จำนวนโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์มีเท่ากับ 23 แห่ง	45 (100)
ดี	นักเรียนลงความเห็นความแตกต่างของเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ส่วนใหญ่ถูกต้อง	-	-
พอใช้	นักเรียนลงความเห็นความแตกต่างของเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ผิดไปบางส่วน	-	-
ปรับปรุง	นักเรียนลงความเห็นความแตกต่างของเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์มีส่วนผิดมากกว่าร้อยละ 50	-	-
รวม			45(100)

ตารางผนวกที่ 34 ผลการวิเคราะห์ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลของนักเรียนจากใบงาน  
เรื่อง จีโนไทป์ ฟีนไทป์

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนลงความคิดเห็นเกี่ยวกับของจีโนไทป์ ฟีนไทป์ พันธุ์แท้ พันทาง ได้ถูกต้องสมบูรณ์	-จีโนไทป์ คือ ยีนที่ควบคุมลักษณะต่างภายในเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ เช่น HH Hh hh -ฟีนไทป์ คือ ลักษณะที่แสดงออกมา เช่น สีเหลือง และสีเขียว	45 (100)
ดี	นักเรียนลงความคิดเห็นเกี่ยวกับของจีโนไทป์ ฟีนไทป์ พันธุ์แท้ พันทาง ถูกต้องบางส่วน	-	-
พอใช้	นักเรียนลงความคิดเห็นเกี่ยวกับของจีโนไทป์ ฟีนไทป์ พันธุ์แท้ พันทาง ได้ถูกต้องแต่มีคำตอบบางส่วนผิด (ส่วนผิดน้อยกว่าร้อยละ 50)	-	-
ปรับปรุง	นักเรียนลงความคิดเห็นเกี่ยวกับแตกต่างของจีโนไทป์ ฟีนไทป์ พันธุ์แท้ พันทาง มีส่วนผิดมากกว่าร้อยละ 50	-	-
		รวม	45(100)

ตารางผนวกที่ 35 ผลการวิเคราะห์ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลของนักเรียนจากใบงาน  
เรื่อง กฎของเมนเดล

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนลงความคิดเห็นเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามกฎของเมนเดลได้อย่างมีเหตุผลโดยอาศัยข้อมูลจากการสังเกตและมีการเชื่อมโยงความรู้เดิม	- กฎการแยกตัวคือแอลลีลของยีนจะมีการแยกตัวออกจากกันในช่วงที่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ - กฎการรวมตัวอย่างอิสระคือ ยีนที่ควบคุมลักษณะมีความเป็นอิสระที่จะรวมตัวทำให้รุ่นลูกมีลักษณะแตกต่างกัน	45(100)
ดี	นักเรียนลงความคิดเห็นเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามกฎของเมนเดลได้ค่อนข้างถูกต้องบางส่วน	-	-
พอใช้	นักเรียนลงความคิดเห็นเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามกฎของเมนเดลแต่มีส่วนที่ผิดน้อยกว่า 50 %	-	-
ปรับปรุง	นักเรียนลงความคิดเห็นเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามกฎของเมนเดลได้ถูกต้องน้อยกว่า 50 %	-	-
รวม			45(100)

ตารางผนวกที่ 36 ผลการวิเคราะห์ทักษะการพยากรณ์จากข้อมูลของนักเรียนจากใบงานเรื่อง  
กฎของเมนเดล

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	นักเรียนทำนายเกี่ยวกับลักษณะ จีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูก ที่ 1 และรุ่นลูกที่ 2 ได้ถูกต้อง ทั้งหมดและใช้เหตุผลถูกต้องตาม หลัก กฎ ทฤษฎี ทางวิทยาศาสตร์	ลูกวัวที่เกิดจะมีลักษณะมีเขา มีจีโน ไทป์เป็น Rr เพราะ ลูกรุ่น F1 เกิด จากการผสมระหว่างวัวตัวผู้มีเขา พันธุ์แท้ (RR) กับวัวตัวเมียไม่มีเขา พันธุ์แท้ (rr) โดยพ่อมีเซลล์ สืบพันธุ์เป็น R แม่มีเซลล์สืบพันธุ์ เป็น r ลูกรุ่น F1 จึงมีจีโนไทป์เป็น Rr ซึ่งแสดงลักษณะมีเขา	45(100)
ดี	นักเรียนทำนายเกี่ยวกับลักษณะ จีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูก ที่ 1 และรุ่นลูกที่ 2 ได้ถูกต้อง บางส่วน	-	-
พอใช้	นักเรียนทำนายเกี่ยวกับลักษณะ จีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูก ที่ 1 และรุ่นลูกที่ 2 ถูกต้อง บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน	-	-
ปรับปรุง	นักเรียนทำนายเกี่ยวกับลักษณะ จีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูก ที่ 1 และรุ่นลูกที่ 2 คลาดเคลื่อน	-	-
		รวม	45(100)

ตารางผนวกที่ 37 ผลการวิเคราะห์ทักษะการพยากรณ์จากข้อมูลของนักเรียนจากใบงานเรื่อง  
กฎของเมนเดล

ระดับ คุณภาพ	คำอธิบาย	คำตอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	ทำนายเกี่ยวกับลักษณะ จีโนไทป์และฟีโนไทป์ ของรุ่นลูกที่ 2 ได้ถูกต้อง ทั้งหมดและใช้เหตุผล ถูกต้องตามหลัก กฎ ทฤษฎี ทางวิทยาศาสตร์	รุ่นลูก F2 ลูกว้าว มีเขา ไม่มีเขา อัตราส่วนเท่ากับ 3:1 มีจีโนไทป์เป็น RR Rr rr อัตราส่วนเท่ากับ 1:2:1 เพราะเหตุใด ลูกรุ่น F2 เกิดจากการผสม ระหว่างตัวผู้ที่มีเขาพันทาง (Rr) กับตัว ตัวเมียไม่มีเขาพันทาง (Rr) โดยพ่อและแม่ มีเซลล์สืบพันธุ์เป็น R และ r ลูกรุ่น F2 จึงมีจีโนไทป์เป็น RR Rr และ rr ซึ่ง แสดงลักษณะมีเขาและไม่มีเขา	45(100)
ดี	ทำนายเกี่ยวกับลักษณะ จีโนไทป์และฟีโนไทป์ ของรุ่นลูกที่ 2 ได้ถูกต้อง บางส่วน	-	-
พอใช้	ทำนายเกี่ยวกับลักษณะ จีโนไทป์และฟีโนไทป์ของ รุ่นลูกที่ 2 ถูกต้องบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน	-	-
ปรับปรุง	ทำนายเกี่ยวกับลักษณะ จีโนไทป์และฟีโนไทป์ ของรุ่นลูกที่ 2 คลาดเคลื่อน	-	-
รวม			45(100)



ภาคผนวก ข  
คุณภาพของเครื่องมือ

ตารางผนวกที่ 38 ผลการหาความสอดคล้องความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดแนวคิด  
พันธกรรม (IOC)

แบบวัด แนวคิดพันธกรรม	ข้อ ที่	คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ					$\Sigma R$	IOC	สรุป
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. ลักษณะทาง พันธกรรม	1	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
	2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2. โครโมโซม	5	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
	6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	9	0	+1	+1	+1	0	3	0.60	ใช้ได้
	10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	11	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
3. ความผิดปกติของ โรคทางพันธุกรรม	12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4. การถ่ายทอดลักษณะ ทางพันธุกรรม	13	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
	14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	15	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
	16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5. ประโยชน์จาก ความรู้ด้านพันธุกรรม	17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตารางผนวกที่ 39 ผลการหาความสอดคล้องความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดทักษะกระบวนการ  
ทางวิทยาศาสตร์กับนิยามเชิงปฏิบัติการ (IOC)

ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์	ข้อ ที่	คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ			$\Sigma R$	IOC	สรุป
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. ทักษะการสังเกต	1	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
	2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	3	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	4	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	5	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2. ทักษะการวัด	6	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	7	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	8	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	9	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3. ทักษะการจำแนก	11	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	12	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	13	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	14	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	15	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4. ทักษะการคำนวณ	16	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	17	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	18	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	19	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	20	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

## ตารางผนวกที่ 39 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์	ข้อ ที่	คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ			$\Sigma R$	IOC	สรุป
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
5.ทักษะการพยากรณ์	21	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	23	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	24	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	25	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
6.ทักษะการจัดกระทำและ สื่อความหมายข้อมูล	26	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	27	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	28	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
	29	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
	30	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
7. ทักษะการลงความ คิดเห็นจากข้อมูล	31	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	32	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	33	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	34	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางฉันทิมา แสงสุคนธ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	25 มีนาคม 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดเชียงราย
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประกาศนียบัตรบัณฑิต วิชาชีวเคมี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนสารวิทยา จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนโครงการ สกว.

