

การพัฒนาบทปฏิบัติการโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง  
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา  
พฤษภาคม 2556

การพัฒนาบทปฏิบัติการโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง  
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

พฤษภาคม 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาบทปฏิบัติการโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง  
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



บทคัดย่อ  
ของ  
วิศิษฐ์ศรี โตศุกลวรรณ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา  
พฤษภาคม 2556

วิศิษฐ์ศรี โตศกุลวรรณ. (2556). การพัฒนาบทปฏิบัติการโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินญาณพนธ์ กศ.ม. (ชีววิทยา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปรินญาณพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, อาจารย์ ดร.อนิษฐาน ศรีนวล.

การจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยเชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีอยู่กับความรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์หรือการลงมือปฏิบัติจากการสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า กิจกรรมการทดลองส่วนใหญ่เป็นการทดลองเกี่ยวกับ “พืช” งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อดัดแปลงวิธีการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช โดยใช้สีย้อมผ้าแทนสีสังเคราะห์ สี safranin O และสี fast green FCF และหาภาวะที่เหมาะสมในการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการติดสีโครงสร้างภายในเซลล์พืช จากการศึกษาสีย้อมผ้า 3 สี ได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน พบว่า สีย้อมผ้าสีแดงและสีย้อมผ้าสีเขียวสามารถย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์พืชได้ดีใกล้เคียงกัน ( $p \geq 0.05$ ) และย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์พืชได้ดีกว่าสีย้อมผ้าสีน้ำเงิน ( $p < 0.05$ ) จากนั้นเปรียบเทียบตัวทำละลายสีย้อมผ้า 2 ชนิด ได้แก่ น้ำประปาและเอทานอลร้อยละ 70 (แอลกอฮอล์ล้างแผล) พบว่า สีย้อมผ้าที่ละลายในเอทานอลมีประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์พืชได้ดีกว่าสีย้อมผ้าที่ละลายในน้ำประปา และเมื่อแปรผันความเข้มข้นและระยะเวลาในการย้อมสี พบว่า ร้อยละความเข้มข้นของสีย้อมผ้าและระยะเวลาในการย้อมที่สามารถสังเกตโครงสร้างภายในเซลล์พืชได้ชัดเจนคือ สีย้อมผ้าความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ที่มีระยะเวลาในการย้อม 3 – 5 นาที นำผลการทดลองมาสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก และทดสอบกับกลุ่มผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดี และบทปฏิบัติการมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.89/82.67 ซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (80/80) เมื่อนำบทปฏิบัติการมาทดสอบสอนกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 2 กลุ่ม โดยเปรียบเทียบวิธีการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน พบว่า กลุ่มผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยายมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียน (23.20 และ 0.64 ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการ (18.60 และ 0.41 ตามลำดับ) ( $p < 0.05$ ) และจากการสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง พบว่า ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับดี

**คำสำคัญ:** สีย้อมผ้า บทปฏิบัติการ โครงสร้างและหน้าที่ของพืช การจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง

THE DEVELOPMENT OF PRACTICALS USING CONSTRUCTIVIST LEARNING APPROACH  
IN THE TOPIC OF STRUCTURES AND FUNCTIONS OF FLOWERING PLANTS  
FOR SENIOR SECONDARY STUDENTS



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

May 2013

Visitsri Tosukolvan. (2013). *The Development of Practicals using Constructivist Learning Approach in the Topic of Structures and Functions of Flowering Plants for Senior Secondary Students*. Master thesis, M.Ed. (Biology). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Asst. Prof. Dr.Somkiat Phomphisutthimas, Dr.Anitthan Srinual

Constructivist learning approach is a learning management process to assist students themselves to have the new knowledge by linking the prior knowledge and the knowledge from their experiences and hands-on. The surveys of senior secondary students showed that almost activities were about plants. This research aimed at modifying the method to stain plant cells and tissues by using fabric dyes instead of synthetic dyes, safranin O and a fast green FCF, and investigating the optimal staining condition. The stained plant cells and tissues were investigated by the staining efficiencies of cell structures. Comparing three fabric dyes, red, green and blue, there were high efficiencies with no differences between red and green dyes ( $p < 0.05$ ) Comparing between tap water and 70% ethanol (wound cleansing), dyes dissolving in ethanol had higher efficiencies than those in tap water ( $p < 0.05$ ). By the variation of dyes concentrations and staining time, the optimal condition gave clear staining results was at 1% dyes for 3 – 5 minutes. The findings were used to construct the practicals for senior secondary students, and tested with a group of Grade 12 students. The results indicated that the practicals constructed had a good efficiency as 81.89/82.67, and were higher than the criterion 80/80. The practicals were applied with Grade 11 students used two different learning managements. The findings showed that the student group learning with laboratory before lecture had higher posttest scores and learning progression (23.20 and 0.64) than the other group learning with the lecture before laboratory (18.60 and 0.41) ( $p < 0.05$ ). The satisfaction survey from both student groups about using the practicals and the learning management revealed that both student groups had the good satisfaction scores to learn using the prepared practicals with constructivist learning approach.

**Key word:** Fabric dyes, Practical, Plant structure and function, Constructivist learning approach

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาบทปฏิบัติการโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง  
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของ

วิศิษฐ์ศรี โตศกุลวรรณ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒน์กุล)

วันที่ ..... เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ที่ปรึกษาหลัก

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ) (รองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชัย วงศ์วัฒน์)

..... ที่ปรึกษาร่วม

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.อนิษฐาน ศรีนวล)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.อนิษฐาน ศรีนวล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณ ชาญชัยเชาว์วิวัฒน์)

## ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาและการให้คำปรึกษาและแนะแนวทางในการทำการวิจัยจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.อนิษฐาน ศรีนวล กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาในการศึกษาค้นคว้าตลอดจนให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดีเยี่ยม และขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ ที่ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านด้วยความเคารพอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์สายสุณีย์ ลี้มชวงค์ อาจารย์ ดร.อนิษฐาน ศรีนวล อาจารย์ ดร.อภิรดา สถาปัตยกรรมศาสตร์ อาจารย์ ดร.สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ นางสาวจันทร์ทิศา บุญแท่ง นางสาวดวงกมล เหมะรัต นางรำไพ พุ่งขจร และนางกัญญา โตแก้ว ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำและแก้ไขเครื่องมือในการวิจัยจนสามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ได้ และนายทีปทัศน์ ชินตาปัญญากุล ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ท่านผู้อำนวยการโรงเรียนวัดป่าประดู่ จังหวัดระยอง คุณครูทุกท่านในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และขอขอบคุณนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ท่านผู้อำนวยการโรงเรียนระยองวิทยาคม จังหวัดระยอง คุณครูทุกท่านในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และขอขอบคุณนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 และ 5/4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ใด จากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยอุทิศแด่พระคุณบิดา มารดา ครูบาอาจารย์ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

วิศิษฐ์ศรี โตศกุลวรรณ



## สารบัญ

บทที่	หน้า
<b>1 บทนำ</b> .....	1
ภูมิหลัง .....	1
ความสำคัญของการวิจัย .....	3
ขอบเขตของการวิจัย .....	3
สมมุติฐานในการวิจัย .....	4
<b>2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b> .....	5
การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยา.....	5
วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง.....	6
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	11
สีย้อมผ้า.....	15
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
<b>3 วิธีดำเนินการวิจัย</b> .....	21
การสำรวจปัญหาในการเรียนรายวิชาชีววิทยา.....	21
การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก.....	22
ศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีสังเคราะห์ และสีย้อมผ้า.....	22
การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก.....	25
การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้.....	26
การนำบทปฏิบัติการและเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับผู้เรียน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง.....	27
การนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบสอนจริงกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	28
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสอน.....	28
เนื้อหาที่ใช้ในการทดสอบสอน.....	28
ระยะเวลาที่ใช้ทดสอบสอน.....	29
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	29
การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้การวิจัย.....	31

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
<b>4 ผลการทดลอง.....</b>	<b>32</b>
การสำรวจปัญหาในการเรียนรายวิชาชีววิทยา.....	32
การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก.....	33
ศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีสังเคราะห์ และสีย้อมผ้า.....	33
การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก.....	42
การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้.....	42
การนำบทปฏิบัติการและเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่ ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง.....	42
การนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนจริงกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	42
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก.....	42
การสัมภาษณ์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก.....	44
การหาระดับความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีสร้างความรู้ด้วยตนเอง.....	46
<b>5 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง .....</b>	<b>49</b>
สรุปผลการทดลอง .....	49
อภิปรายผลการทดลอง .....	50
ข้อเสนอแนะ .....	54
<b>บรรณานุกรม .....</b>	<b>55</b>
<b>ภาคผนวก .....</b>	<b>67</b>
<b>ประวัติย่อผู้วิจัย .....</b>	<b>117</b>

## บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 พันธะที่ยึดเกาะระหว่างโมเลกุลของสีย้อมผ้ากับเนื้อเยื่อพืช.....	17
2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง ที่มีขั้นตอนการดำเนินการ แตกต่างกันและการประเมินการเรียนรู้ ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้.....	30
3 ผลการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยาของผู้เรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	32
4 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ค่าทางสถิติ $t$ -test for independent samples.....	43
5 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ค่าทางสถิติ $t$ -test for independent samples.....	43
6 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน (Normalized Gain) ที่มีรูปแบบการเรียนรู้แตกต่างกัน.....	44
7 เปรียบเทียบค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง ที่มีรูปแบบการเรียนรู้แตกต่างกัน.....	44
8 เปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบสร้างความรู้ที่มีรูปแบบการเรียนรู้แตกต่างกัน.....	47
9 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก-ง่าย ( $p$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ของ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก...	75
10 สรุปคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบปฏิบัติการระหว่างเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ ของพืชดอกสำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	76
11 สรุปคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกสำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	77
12 เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง (Rubric score).....	78

## บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 โครงสร้างโมเลกุลของสีย้อมผ้า (ก) สีย้อมผ้าสีแดง (ข) สีย้อมผ้าสีเขียว และ (ค) สีย้อมผ้าสีน้ำเงิน.....	16
2 โครงสร้างโมเลกุลของสีย้อมสังเคราะห์ (ก) สีย้อม safranin O และ (ข) สีย้อม fast green FCF.....	16
3 ประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่าง ของสาหร่ายประแบ่งที่ย้อมด้วยสีย้อม safranin O และสีย้อม fast green FCF ที่มีวิธีการย้อมแบบสีย้อมเดี่ยว.....	33
4 ประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่าง ของสาหร่ายประแบ่งที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้า.....	34
5 การติดสีของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสาหร่ายประแบ่งที่ย้อมด้วยสีย้อมสังเคราะห์ (ก) สีย้อม safranin O และ (ข) สีย้อม fast green FCF.....	35
6 การติดสีของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสาหร่ายประแบ่งที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้า (ก) สีย้อมผ้าสีแดง (ข) สีย้อมผ้าสีเขียว และ (ค) สีย้อมผ้าสีน้ำเงิน.....	35
7 ประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่าง ของสาหร่ายประแบ่งที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้าสีแดง ที่มีตัวทำละลายแตกต่างกัน.....	36
8 ประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่าง ของสาหร่ายประแบ่งที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้าสีเขียว ที่มีตัวทำละลายแตกต่างกัน.....	36
9 ประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่าง ของสาหร่ายประแบ่งที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้าสีแดง ที่มีร้อยละความเข้มข้นแตกต่างกัน....	37
10 ประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่าง ของสาหร่ายประแบ่งที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้าสีเขียว ที่มีร้อยละความเข้มข้นแตกต่างกัน...	37
11 การติดสีของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสาหร่ายประแบ่งที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้า (ก) สีย้อมผ้าสีเขียวที่ละลายในเอทานอล (ข) สีย้อมผ้าสีเขียวที่ละลายในน้ำประปา (ค) สีย้อมผ้าสีแดงที่ละลายในเอทานอล และ (ง) สีย้อมผ้าสีแดงที่ละลายในน้ำประปา.....	38
12 การติดสีของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสาหร่ายประแบ่งที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้า (ก) สีย้อมผ้าสีเขียว ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 (ข) สีย้อมผ้าสีเขียว ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (ค) สีย้อมผ้าสีแดง ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 และ (ง) สีย้อมผ้าสีแดง ความเข้มข้นร้อยละ 1.5.....	38
13 ประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์เนื้อเยื่อพืช ที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้าสีแดง ที่มีระยะเวลาในการย้อมสีแตกต่างกัน.....	39

## บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
14 ประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์เนื้อเยื่อพืช ที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้าสีเขียว ที่มีระยะเวลาในการย้อมสีแตกต่างกัน.....	39
15 การติดสีของโครงสร้างตัดตามขวางของรากและลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และพืชใบเลี้ยงคู่ที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้า.....	40
16 การติดสีของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบและโครงสร้างตัดตามขวางของเส้นกลางใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และพืชใบเลี้ยงคู่ที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้า.....	41



# บทที่ 1

## บทนำ

### ภูมิหลัง

ปัจจุบันการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งในด้านเนื้อหาสาระและกระบวนการ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2553) แต่จากการทดสอบการจัดการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) พบว่า ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าร้อยละ 50 และมีผลการเรียนรู้เฉลี่ยในรายวิชาวิทยาศาสตร์เท่ากับ 425 (อันดับที่ 49) ในการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2009 (โครงการ PISA ประเทศไทยและสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554) ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบรรยายเป็นหลัก (ร้อยละ 70) ทำให้ผู้เรียนขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียน ขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะอื่นๆ นอกจากนี้ยังอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนไม่ชอบเรียนวิทยาศาสตร์อีกด้วย (วิจิต สุรัตน์เรืองชัย; และคนอื่นๆ. 2548); (อารมณี เพชรชื่น. 2548) จึงมีการพัฒนาสื่อการเรียนรู้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เช่น กิจกรรมในหนังสือเรียน บทปฏิบัติการ แต่จากการศึกษาพบว่า ผู้สอนไม่ได้นำสื่อการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากผู้สอนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการสร้างและการใช้สื่อการเรียนรู้และการจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองน้อย ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสนำสื่อการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการเรียนรู้อย่างน้อยตามไปด้วย นอกจากนี้ยังพบอีกว่าสถานศึกษาบางแห่งขาดแคลนสื่อการเรียนรู้ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง (วนิดา ฉัตรวิราคม. 2556: ออนไลน์); (สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. 2556: ออนไลน์)

การจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองหรือสรุคนิยม (constructivism) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 ที่มุ่งส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนทั้งในด้านเนื้อหาสาระและกระบวนการ รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน เช่น กระบวนการคิด กระบวนการทางสังคม กระบวนการปฏิบัติ กระบวนการเรียนรู้จากประสบการณ์ ซึ่งผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้ด้วยการสาธิต การตั้งคำถาม การแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจ และการลงมือปฏิบัติ แต่จากการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ระหว่างการสอนด้วยการลงมือปฏิบัติกับการสอนแบบสาธิตของ Glasson (1989) พบว่า ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่มมีผลการเรียนรู้ใกล้เคียงกัน แต่ผู้เรียนที่เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจะสามารถแก้ปัญหาและให้เหตุผลได้ดีกว่าผู้เรียนที่เรียนรู้จากการสาธิต นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ความรู้เดิมหรือความรู้ก่อนเรียนและการให้เหตุผลมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนและจากการศึกษาผลการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาของผู้เรียนที่ได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง

พบว่า ผู้เรียนมีพัฒนาการการเรียนรู้ทั้งในด้านเนื้อหาสาระและกระบวนการเพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้เรียนเป็นผู้ค้นหาความรู้และสร้างความรู้ขึ้นด้วยตนเองจากการเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์กับความรู้เดิมที่มีอยู่ (Taraban; et al. 2007) ดังนั้นการออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองจึงมีความสำคัญต่อพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียน โดย Lawson (2002) รายงานว่า ผู้สอนสามารถนำผู้เรียนเข้าสู่เนื้อหาโดยการลงมือปฏิบัติหรือการบรรยายขึ้นอยู่กับหัวข้อที่เรียน แต่ผู้เรียนส่วนใหญ่จะเรียนรู้ได้ดีถ้าได้รับการกระตุ้นด้วยการลงมือปฏิบัติก่อนการบรรยาย นอกจากนี้ Cakir (2008) ยังรายงานว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติก่อนการบรรยายจะทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองก่อนที่จะเรียนรู้เนื้อหาจากการบรรยาย และการนำผู้เรียนเข้าสู่บทเรียนด้วยวิธีบรรยายทำให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งที่เรียนได้ยากลำบาก

รายวิชาชีววิทยาเป็นสาขาวิชาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ โดยผู้เรียนส่วนใหญ่ชอบเรียนในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ “สัตว์” มากกว่า “พืช” เนื่องจากสัตว์มีการเคลื่อนไหวและมีความใกล้ชิดกับมนุษย์ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าเพศมีความสำคัญต่อหัวข้อเรื่องที่เรียนโดยผู้เรียนเพศหญิงสนใจเรียนรายวิชาชีววิทยามากกว่าผู้เรียนเพศชาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนเกี่ยวกับ “พืช” (P. Prokop; M. Prokop; & Tunnicliffe. 2007); (Yorek; Sahin; & Aydin. 2009) การเรียนเกี่ยวกับ “พืช” ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายส่วนใหญ่เป็นการเรียนเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554) ที่มีการศึกษาโครงสร้างภายในของพืชตั้งแต่ระดับเซลล์จนถึงอวัยวะของพืช การศึกษาเซลล์และเนื้อเยื่อพืชในห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช เพื่อให้สามารถสังเกตเห็นโครงสร้างภายในเซลล์ได้ชัดเจน เช่น สี safranin O ย้อมสีติดสารประกอบพวกลิกนิน ซูเบอร์ริน และคิวทิน สี fast green FCF ย้อมสีติดสารพวกเซลลูโลส แต่สีย้อมส่วนใหญ่เป็นสีสังเคราะห์ซึ่งมีราคาแพงและต้องเก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสม (มานิต คิตอยู่. 2552) จึงมีการดัดแปลงวิธีการย้อมสีจากการย้อมสีด้วยสีสังเคราะห์มาเป็นการย้อมสีด้วยน้ำยาอูทัย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554) ที่มีสาร brazilin เป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะย้อมสีติดผนังเซลล์ที่มีลิกนินได้ดี แต่ย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์ได้ยากในภาวะที่เป็นกรด (สารสุขภาพแพทย์แผนไทย. 2552: ออนไลน์); (ประศาสตร์ เกื้อมณี. 2551); (สุดสนอง ผาตินาวัน. 2528)

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาบทปฏิบัติการเกี่ยวกับการศึกษาโครงสร้างภายในของพืชดอก โดยการย้อมสีด้วยสีย้อมผ้าซึ่งเป็นสีสังเคราะห์ที่มีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย และไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เพื่อทดแทนการใช้สีสังเคราะห์และน้ำยาอูทัยในการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช นอกจากนี้ผู้วิจัยยังเปรียบเทียบบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นสำหรับสอนด้วยวิธีสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยจัดรูปแบบการสอนเป็น 2 รูปแบบ คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยายและการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

## ความสำคัญของการวิจัย

1. เพื่อดัดแปลงวิธีการย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืชโดยใช้สีย้อมผ้าแทนสีสังเคราะห์
2. เพื่อพัฒนาทบทปฏิบัติการร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยวิธีจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองที่มีการจัดการเรียนรู้แตกต่างกัน 2 รูปแบบ คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยายและการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการ

## ขอบเขตของการวิจัย

### ตอนที่ 1 การสำรวจปัญหาในการเรียนรายวิชาชีววิทยา

1. ศึกษาหลักสูตร สารการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดรายวิชาวิทยาศาสตร์
2. ทำแบบสำรวจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ผลกระทบ และแนวทางการจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยา

### ตอนที่ 2 การสร้างและพัฒนาทบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

1. ศึกษาวิธีการและประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีสังเคราะห์
2. ตรวจสอบประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีสังเคราะห์และสีย้อมผ้าเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างต่างๆ ภายในเซลลูล์พืช เพื่อคัดเลือกสีย้อมผ้า ตัวทำละลาย ร้อยละความเข้มข้น และระยะเวลาในการย้อมที่เหมาะสมสำหรับย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืช
3. ออกแบบขั้นตอนและดำเนินการสร้างเครื่องมือในการทำการวิจัย ได้แก่ ทบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก แผนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
4. นำทบทปฏิบัติการ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสัมภาษณ์ และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ความสอดคล้อง (IOC) และคุณภาพของทบทปฏิบัติการ
5. นำทบทปฏิบัติการและแบบทดสอบที่แก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดป่าประดู่ จำนวน 30 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive random sampling) เพื่อวิเคราะห์หาค่าความยาก-ง่าย (p) ค่าอำนาจการจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบและประสิทธิภาพของทบทปฏิบัติการ



### ตอนที่ 3 การนำทบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบสอนจริงกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง

1. นำทบทปฏิบัติการและแบบทดสอบไปทดสอบสอนจริงกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนระยองวิทยาคม จำนวน 90 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (simple random sampling) โดยแบ่งผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยาย จำนวน 50 คน และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการ จำนวน 40 คน เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองที่มีการจัดการเรียนรู้แตกต่างกัน 2 รูปแบบ
2. นำแบบสัมภาษณ์ไปสัมภาษณ์ผู้เรียนที่ได้จากการคัดเลือกและการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย กลุ่มละ 6 คน (อย่างน้อยร้อยละ 10 ของผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม) เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
3. นำแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองไปให้ผู้เรียนประเมินความพึงพอใจทั้งในด้านการจัดการเรียนรู้และบทปฏิบัติการ

#### ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

- ตัวแปรอิสระ 1) วิธีการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช  
2) วิธีการจัดการเรียนรู้

- ตัวแปรตาม 1) ประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างต่าง ๆ ภายในเซลล์พืช  
2) ผลสัมฤทธิ์และความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

#### สมมุติฐานในการวิจัย

1. สีย้อมผ้าใช้ย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชแทนสีสังเคราะห์ที่มีราคาแพงได้สามารถใช้ทดแทนสีสังเคราะห์สำหรับย้อมเซลล์และเนื้อเยื่อพืชได้
2. ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยายมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการ ที่  $p = 0.05$

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยา
2. วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง
3. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
4. สีย้อมผ้า
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยา

การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ให้มีความหลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิด กระบวนการทางสังคม และได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการต่างๆ ผ่านกระบวนการปฏิบัติ กระบวนการเรียนรู้จากประสบการณ์ นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการต่างๆ ดังกล่าวยังเป็นการสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดีให้กับผู้เรียนอีกด้วย (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2553)

การจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาเป็นการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิด กระบวนการปฏิบัติ โดยผู้เรียนสามารถค้นหาความรู้และสร้างความรู้ความเข้าใจใหม่จากการเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์กับความรู้เดิมที่มีอยู่ ดังนั้นผู้สอนจึงควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้โดยใช้บริบทแวดล้อมให้เกิดความรู้ใหม่ เช่น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากการทำปฏิบัติการซึ่งผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้เดิมและทักษะพื้นฐานเพียงพอที่จะทำปฏิบัติการเพื่อค้นหาความรู้ซึ่งเป็นการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น อยากค้นหาคำตอบ โดยระหว่างทำปฏิบัติการผู้สอนอาจตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นความคิดของผู้เรียนหรือให้คำแนะนำกับผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาหรือทำปฏิบัติการได้อย่างถูกต้องซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถค้นหาคำตอบหรือสร้างความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องได้ด้วยตนเอง การจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาดังกล่าวจึงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้เดิมเข้าด้วยกันและทำให้ได้ความรู้ใหม่ที่เรียกว่า วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองหรือสรรรคนิยม (constructivism) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554); (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. 2551)

## 2. วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง

การเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองเกิดจากกระบวนการที่สำคัญ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการทางจิต (mental process) และกระบวนการทางสังคม (social process) โดยกระบวนการทางจิตมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนเนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีอิทธิพลต่อการแสดงออกทางความคิดและการกระทำของผู้เรียน (Hammond; et al. 2001) โดยกระบวนการทางจิตของมนุษย์ได้รับหล่อหลอมหรือสร้างขึ้นจากประสบการณ์ผ่านประสาทสัมผัสต่างๆ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้จึงควรจัดสถานการณ์หรือประสบการณ์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ (Hergenhahn. 1976); (Hilgard; & Bower. 1975) ซึ่งนำไปสู่การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งในด้านเนื้อหาสาระและกระบวนการ ดังนั้นจึงนิยมนำแนวทางการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองมาใช้ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีพื้นฐานมาจากแนวความคิดเกี่ยวกับการสร้างความรู้ด้วยตนเองของนักจิตวิทยา 2 ท่าน (Prawat; & Floden. 1994) ดังนี้

Jean Piaget นักจิตวิทยาชาวสวิสเซอร์แลนด์ ผู้สร้างทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (intellectual development theory) ซึ่งเป็นทฤษฎีการสร้างความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนด้วยกระบวนการที่สำคัญ 2 กระบวนการ ที่พัฒนามาจากแนวคิดเรื่อง การปรับตัว (Baker; McGaw; & Peterson. 2007) คือ (1) การซึมซับ (assimilation) เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้รับจากการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัส เช่น การมองเห็น การได้ยิน เข้าไปเก็บไว้ในความทรงจำของผู้เรียน เช่น การที่เห็นสุนัขตัวเล็ก ผู้สอนชี้ไปที่สุนัขและบอกว่านี่คือ สุนัข ทำให้ผู้เรียนซึมซับภาพและลักษณะของสุนัขตัวเล็กเข้าสู่ความทรงจำของผู้เรียนและ (2) การปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการปรับตัวเป็นส่วนที่เกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เป็นความรู้ความเข้าใจใหม่ ซึ่งความรู้ความเข้าใจใหม่อาจเกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม เช่น ระหว่างการทำกิจกรรมผู้เรียนอาจพบเห็นหรือรับรู้ถึงสิ่งต่างๆ รอบตัวและพยายามสร้างความสมดุล (equilibration) โดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีอยู่ และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่อสร้างหรืออธิบายสิ่งต่างๆ ที่ได้จากการรับรู้ เช่น ถ้าผู้เรียนเคยเห็นสุนัขตัวเล็กภายหลังเห็นสุนัขตัวใหญ่ระหว่างทางกลับบ้าน ผู้เรียนอาจเกิดความคิดว่าสิ่งมีชีวิตที่เห็นมีลักษณะเหมือนสุนัข แต่มีขนาดใหญ่ จากนั้นผู้เรียนจะปรับโครงสร้างทางปัญญา โดยคิดว่าสิ่งมีชีวิตที่เห็นคือสุนัขตัวใหญ่ แต่ถ้าผู้เรียนไม่สามารถสร้างสมดุลดังกล่าวได้จะทำให้ผู้เรียนเกิดความสับสนและไม่สามารถสร้างความรู้ความเข้าใจใหม่ได้ การสร้างความสมดุลดังกล่าวจึงเป็นการอธิบายการก้าวข้ามพัฒนาการของผู้เรียนไปยังขั้นตอนต่อไป (Kendra. 2013a: online)

นอกจากนี้ Piaget ยังเชื่อว่า ในแต่ละช่วงอายุของผู้เรียนมีพัฒนาการแตกต่างกัน โดยผู้เรียนที่มีอายุตั้งแต่ 11 ปีขึ้นไป (ระดับชั้นมัธยมศึกษา) อยู่ในขั้นปฏิบัติการคิดด้วยนามธรรม (formal operational stage) สามารถสร้างแนวความคิดจากนามธรรม และสามารถคำนวณหรือสรรสร้างความคิดด้วยการใช้เหตุผลและจินตนาการซึ่งเป็นผลมาจากการลงมือปฏิบัติ (ชนาธิปพรกุล. 2554); (ทิตนา แชมมณี. 2554)

Lev Semyonovich Vygotsky นักจิตวิทยาชาวรัสเซีย ผู้สร้างแนวคิดเกี่ยวกับ zone of proximal development (ZPD) ซึ่งเป็นบริเวณที่แสดงถึงระดับพัฒนาการของผู้เรียนที่เกิดขึ้นตามสถานการณ์หรือประสบการณ์ที่ผู้สอนกำหนด โดยผู้เรียนอาจแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้ด้วยตนเองอย่างอิสระหรืออาจแก้ไขปัญหาต่างๆ ภายใต้คำแนะนำหรือการช่วยเหลือจากผู้สอนหรือเพื่อนผู้เรียนที่สามารถแก้ปัญหานั้นได้ นอกจากนี้การมีปฏิสัมพันธ์ยังเป็นส่วนหนึ่งที่มีความจำเป็นต่อกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งในด้านเนื้อหาสาระและกระบวนการต่างๆ และ เมื่อจับคู่ผู้เรียนที่มีทักษะต่างกันเป็นผลดีทำให้ผู้เรียนที่เกิดทักษะจากการคิดก่อนสามารถช่วยเหลือผู้เรียนที่มีทักษะน้อยกว่าได้และหากผู้เรียนสามารถเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสมจะทำให้ประสบความสำเร็จในกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติได้ ดังนั้น zone of proximal development จึงเป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อระดับพัฒนาการของผู้เรียนที่ทำให้ผู้เรียนสามารถก้าวข้ามพัฒนาการของตนเองไปยังขั้นตอนต่อไปได้ (Kendra. 2013b: online) นอกจากนี้การมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีพัฒนาการมากขึ้น เช่น ภาษา วัฒนธรรม การเลียนแบบ (ทิตนา แชมมณี. 2554); (Cakir. 2008)

จากแนวความคิดเกี่ยวกับการสร้างความรู้ด้วยตนเองดังกล่าว Rousseau; Dewey; Hall; Gessell (Hergenhahn. 1976); (Hilgard; & Bower. 1975) ได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยผู้สอนเป็นผู้กำหนดเนื้อหาสาระและจุดประสงค์การเรียนรู้ทั้งในทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย โดยผู้สอนควรคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล เช่น ความสนใจ ความถนัด พัฒนาการทางการเรียนและความรู้เดิมของผู้เรียน โดย Bruer (1993) เน้นถึงความสำคัญของความรู้เดิมของผู้เรียนว่า ผู้เรียนจะเข้าใจหรือจดจำความรู้ใหม่ได้ดีเมื่อผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์กับความรู้เดิมที่มีอยู่ได้ ดังนั้นผู้สอนจึงควรตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน โดยผู้สอนควรอธิบายแนวทางการเรียนรู้โดยภาพรวมก่อนที่จะอธิบายแนวทางการเรียนรู้อย่อยๆ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้สอนควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น การลงมือปฏิบัติ การมีปฏิสัมพันธ์ และควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้หลากหลาย เช่น การบรรยาย การสืบค้น การทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ ผู้สอนอาจสร้างนวัตกรรมหรือสื่อการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถค้นหาความรู้ได้ด้วยตนเอง อาจระบุวิธีการหรือขั้นตอนต่างๆ ด้วยรูปภาพหรือภาษาที่เข้าใจง่ายและเหมาะสมกับผู้เรียน และผู้สอนควรทำหน้าที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือผู้เรียนในการทำกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีพัฒนาการทางการเรียนข้ามไปยังขั้นตอนถัดไปได้ ในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรม ผู้สอนควร

สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้และความก้าวหน้าของผู้เรียนหลังจากทำกิจกรรมเรียบร้อยแล้ว (กิงฟ้า สินธุวงษ์. 2550); (เจ็ดศักดิ์ ชุมชุม. 2541); (นันทิยา บุญเคลือบ; และคนอื่นๆ. 2540); (สุมาลี ชัยเจริญ. 2548); (Krogh.1994); (Selley. 1999); (Troutman; & Lichtenberg. 1987); (Zahoric. 1995) ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของ Driver; & Oldham (1986) ที่รายงานว่า ผู้เรียนควรเรียนรู้เนื้อหาสาระไปพร้อมๆ กับกระบวนการการเรียนรู้ โดยนำเสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำ (orientation) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนจะสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนผ่านการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ประสบการณ์หรือคำถามต่างๆ ที่ผู้สอนจัดเตรียมไว้

ขั้นที่ 2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม (elicitation) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแสดงความรู้ความเข้าใจเดิมเกี่ยวกับเรื่องที่กำลังเรียนอยู่ โดยการอภิปราย ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ผู้เรียนบางคนอาจเกิดความสงสัยหรือไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับกับความรู้เดิมที่มีอยู่ได้

ขั้นที่ 3 ขั้นปรับเปลี่ยนแนวความคิด (restructuring of ideas) แบ่งออกเป็น 3 ขั้นย่อย ดังนี้

3.1 ขั้นสร้างความกระจ่างและแลกเปลี่ยนความคิด (clarification and exchange of ideas) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้หรือการทดลองเพื่อค้นหาความรู้และนำความรู้ที่ได้รับมาบันทึกผลการทำกิจกรรมการเรียนรู้และอภิปรายผลการทำกิจกรรมกับเพื่อนผู้เรียนหรือผู้สอน

3.2 ขั้นสร้างความคิดใหม่ (construction of new ideas) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสิ่งที่ได้รับจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้หรือการทดลอง

3.3 ขั้นประเมินความคิดใหม่ (evaluation of the new ideas) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำสมมติฐานที่สอดคล้องกับประสบการณ์มากที่สุดมาเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่เพื่อสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 4 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (application of ideas) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำความรู้ใหม่ที่สร้างขึ้นไปใช้ในสถานการณ์อื่นหรือนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ขั้นที่ 5 ขั้นทบทวน (review) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนเปรียบเทียบความรู้ก่อนเรียนกับความรู้หลังเรียน เช่น ทำแบบทดสอบหลังเรียน สัมภาษณ์ เพื่อตรวจสอบความรู้และความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน

การจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ดังกล่าวสอดคล้องกับแนวความคิดของ Saunders (1992) ที่รายงานว่าการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองควรประกอบด้วย (1) การลงมือปฏิบัติ (hands-on) ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ (2) การมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ความเข้าใจ (active cognitive involvement) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด เช่น การจัดบรรยากาศในห้องเรียนให้เหมาะสมกับการค้นหาความรู้หรือจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ความเข้าใจ (3) การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม (group work) เป็นการกระตุ้นความคิดของผู้เรียนมากกว่าการฟังบรรยายเพียงอย่างเดียว และ (4) การประเมินระดับสูง (higher-level assessment) เป็นการประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริง (authentic assessment) โดยแบ่งออกเป็นประเมินก่อนเรียนเพื่อประเมินความรู้เดิมของผู้เรียนและการประเมินหลังเรียนเพื่อประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้และพัฒนาการของผู้เรียนว่ามีความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับใด โดยการประเมินตามสภาพจริงสามารถประเมินจากผู้สอน ผู้เรียน แบบฝึกทำยบทเรียน และผลงานต่างๆ ของผู้เรียน (Marsh; & Willis. 1995)

การจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองจึงเป็นการปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนรู้เพื่อกระตุ้นความสนใจหรือความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนมากกว่าการบรรยายเนื้อหาสาระเพียงอย่างเดียว จากการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้เรื่อง การแพร่และการออสโมซิส ของผู้เรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการและกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการบรรยาย พบว่า ผู้เรียนกลุ่มทดลองมีผลการเรียนรู้มากกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุม (Christianson; & Fisher. 2001) ซึ่งอาจเป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ โดยการปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนรู้จากการบรรยายมาเป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการทำให้บทบาทหน้าที่ของผู้สอนเปลี่ยนแปลงไปจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้อำนวยความสะดวกทางการเรียนรู้ ผู้ถ่ายทอดความรู้หรือผู้ให้คำแนะนำ (facilitator) โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัตินั้นเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิดและทักษะกระบวนการต่างๆ โดยผู้เรียนสามารถค้นหาความรู้ได้จากการลงมือปฏิบัติหรือจากประสบการณ์ ทั้งยังเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เข้ามามีส่วนร่วมในการเรียนรู้ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น จากการศึกษาของ Khalid; & Azeem (2012) โดยการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของผู้เรียน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้กับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่มมีความรู้พื้นฐานใกล้เคียงกัน และเมื่อผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบการที่แตกต่างกันตามที่กำหนด พบว่า ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีผลการเรียนรู้เพิ่มขึ้น โดยผู้เรียนกลุ่มทดลองมีผลการเรียนรู้มากกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้การเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแต่ละคนได้แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเองออกมาทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจระหว่างกันและสร้างแนวคิดหรือความรู้ใหม่ขึ้นก่อนที่ผู้สอนจะบรรยายเนื้อหาสาระนั้นซึ่งเป็นการจำกัดความคิดของผู้เรียน โดยระหว่างที่ผู้เรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้ผู้สอนควรใช้คำถามกระตุ้น

ความคิดของผู้เรียนเพื่อนำไปสู่การปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาโดยการเชื่อมโยงแนวความคิดต่าง ๆ เพื่อสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายกับผู้เรียน (Ausubel. 1963) แต่ถ้าผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ได้ ผู้สอนควรให้ระยะเวลากับผู้เรียนในการเชื่อมโยงความรู้หรือเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อภิปรายร่วมกันเพื่อพัฒนากระบวนการคิดของผู้เรียนและเมื่อผู้เรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้เรียบร้อยแล้วผู้สอนควรประเมินความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนเพื่อตรวจสอบการจัดการเรียนรู้ทั้งในด้านการสอนของผู้สอนและการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น การประเมินตามสภาพจริง การประเมินการปฏิบัติ การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2541); (สุมาลี ชัยเจริญ. 2548); (อรอุมา ละมุล. 2541); (Brook; & Brooks. 1993); (Ernest. 1996) โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับผลการเรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เช่น งานวิจัยของ Bay; Bagceci; & Cetin (2012) ที่ศึกษาผลการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบการดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาผู้เรียนทั้งในเนื้อหาสาระและทักษะกระบวนการต่างๆ ในเรื่องที่เรียน และงานวิจัยของ Chinre; & Chinyere (2010) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้เรื่อง ระบบนิเวศ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้เป็นวิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพทำให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการสร้างแนวความคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ โดยผู้เรียนเพศหญิงและผู้เรียนเพศชายเกิดการเรียนรู้ไม่แตกต่างกัน ( $p \geq 0.05$ )

การจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับความรู้เดิม กระบวนการเรียนรู้ และความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้น โดยความรู้เดิมและกระบวนการเรียนรู้ถือว่ามีความสำคัญต่อการเรียนรู้และการสร้างความรู้ใหม่ของผู้เรียน โดย Nzewi (2008) รายงานว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจะทำให้ผู้เรียนสามารถค้นพบข้อเท็จจริงและสร้างความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติควรประกอบด้วย การลงมือปฏิบัติและกระบวนการคิดของผู้เรียน โดยผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ให้มีความหลากหลายและเหมาะสมกับผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพและ Nwagbo (2008) รายงานว่า ในการเรียนรายวิชาชีววิทยาควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองเพื่อพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน จากการศึกษาของ Nwagbo; & Chukelu (2011) เกี่ยวกับผลการจัดกิจกรรมเชิงปฏิบัติการรายวิชาชีววิทยาต่อทักษะกระบวนการของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถพัฒนาผู้เรียนทั้งในด้านเนื้อหาสาระและทักษะกระบวนการต่างๆ มากกว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการบรรยายเพียงอย่างเดียว และ Stewart; & Stavrianeas (2008) ได้ทดลองปรับวัฏจักรการเรียนรู้ (learning-cycle framework) โดยเริ่มต้นการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยายเพื่อสำรวจและดึงดูความสนใจของผู้เรียน จากการศึกษาของ Phomphisutthimas (2007) ที่เปรียบเทียบผลการเรียนรู้จากวิธีการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ด้วยการบรรยายเพียงอย่างเดียว การจัดการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติตามบทปฏิบัติการก่อนการบรรยายและการจัดการเรียนรู้ด้วยการบรรยายก่อนการลงมือปฏิบัติตามบทปฏิบัติการ พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติตามบทปฏิบัติการก่อนการบรรยายสามารถพัฒนาผู้เรียนในด้านเนื้อหาสาระได้ดีที่สุด ( $p < 0.05$ ) จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับ

การจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองดังกล่าว พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองด้วยการลงมือปฏิบัติสามารถพัฒนาผู้เรียนทั้งในด้านเนื้อหาสาระและกระบวนการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก โดยจัดการเรียนรู้แตกต่างกัน 2 รูปแบบ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยายและการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก และทดสอบการสอนกับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

### 3. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองที่มีการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการ ผู้สอนอาจสร้างนวัตกรรมหรือบทปฏิบัติการมาใช้เป็นสื่อการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถค้นหาความรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติซึ่งเป็นการลงมือปฏิบัติด้านความแตกต่างระหว่างบุคคล (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2536) ดังนั้น “บทปฏิบัติการ” จึงเป็นเอกสารประกอบการทำกิจกรรมการทดลองซึ่งระบุขั้นตอนวิธีการทดลองและรายละเอียดต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติการทดลองได้อย่างถูกต้อง ทั้งยังเป็นการฝึกทักษะกระบวนการต่างๆ ของผู้เรียน เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการทดลอง ทักษะการปฏิบัติ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีการขั้นตอนในการสร้างบทปฏิบัติการ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2536); (ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2522); (บุญเกื้อ คอรรหาเวช. 2545) ดังนี้

1. กำหนดหน่วยการเรียนรู้
2. กำหนดหน่วยการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และระยะเวลาที่ใช้สอน
3. กำหนดหน่วยการเรียนรู้ย่อย เนื้อหาสาระ และจุดประสงค์การเรียนรู้
4. กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรม เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างบทปฏิบัติการประกอบการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง
5. กำหนดการประเมินผลการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เช่น แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน แบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสังเกตการทำกิจกรรม
6. สร้างบทปฏิบัติการและเตรียมวัสดุอุปกรณ์รวมถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้หรือวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยผู้สอนควรจัดเตรียมบทปฏิบัติการและวัสดุอุปกรณ์ออกเป็นหน่วยๆ ตามหน่วยการเรียนรู้ย่อย



7. หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการจาก (1) ผู้เชี่ยวชาญ โดยพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องของเนื้อหาสาระ ข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และคุณภาพของบทปฏิบัติการ (2) ผู้เรียน โดยพิจารณาจากผลการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งในด้านเนื้อหาสาระและกระบวนการซึ่งเป็นการตรวจสอบว่า บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้หรือไม่ โดยยึดหลักว่า การลงมือปฏิบัติตามบทปฏิบัติการจะช่วยให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการทำกิจกรรมการทดลองและทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งในด้านเนื้อหาสาระและกระบวนการได้ และผู้วิจัยหรือผู้สอนสามารถหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการได้จากการนำบทปฏิบัติการไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนที่มีผลการเรียนระดับ เก่ง ปานกลาง และอ่อนในสัดส่วนใกล้เคียงกัน โดยเริ่มนำบทปฏิบัติการไปทดลองผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง (1) แบบเดี่ยว ประมาณ 1 – 3 คน เพื่อปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปทดลองใช้กับผู้เรียน (2) แบบกลุ่มขนาดเล็ก ประมาณ 6 – 10 คน แล้วปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปทดลองใช้กับผู้เรียน (3) แบบกลุ่มขนาดใหญ่ ประมาณ 30 คน ขึ้นไป เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้กับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยสามารถกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ ( $E_1/E_2$ ) ดังนี้ 70/70 80/80 90/90 (มนตรี แยมกสิกร. 2551); (ชัยรงค์ พรหมวงศ์. 2520); (เป็รื่อง กุมุท. 2519) เช่น งานวิจัยของ อรุมา ละมุล (2541) สุรพล วิทไพบูลย์ (2543) และ พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544) ที่กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ เท่ากับ 80/80 แต่ถ้าบทปฏิบัติการมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ผู้สร้างบทปฏิบัติการต้องปรับปรุงแก้ไขบทปฏิบัติการให้มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ก่อนไปใช้กับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง

8. การใช้บทปฏิบัติการ เป็นขั้นตอนการนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปสอนซึ่งจำเป็นต้องมีการตรวจสอบและปรับปรุงบทปฏิบัติการอยู่ตลอดเวลา

บทปฏิบัติการควรประกอบด้วย (1) คำชี้แจงหรือคำอธิบายเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้เรียนต้องมีพื้นฐานหรือความรู้ก่อนเรียนและขอบเขตการศึกษาเพื่อให้ผู้เรียนทราบว่า ผู้เรียนกำลังศึกษาเกี่ยวกับสิ่งใด (2) จุดประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรมหลังจากที่ผู้เรียนทำปฏิบัติการเสร็จเรียบร้อยแล้วผู้เรียนควรมีความรู้หรือทักษะกระบวนการอะไรบ้าง (3) การประเมินก่อนเรียนเพื่อทดสอบความรู้เดิมของผู้เรียนก่อนทำปฏิบัติการ (4) การกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการกำหนดแนวทางหรือวิธีดำเนินการทดลอง เช่น สาระสำคัญ วัสดุอุปกรณ์ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองและผลการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนสามารถดำเนินการทดลองได้อย่างถูกต้องและสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง และ (5) การประเมินหลังเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้ (ฐาปนีย์ เมธีพลกุล. 2542); (ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ. 2535); (Houston; et al. 1972)

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการมีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนทั้งในด้านเนื้อหาสาระ กระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น อยากค้นหาคำตอบนั้นด้วยตนเอง (Anderson. 1976); (Hofstien; & Lunetta. 1982) การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการส่วนใหญ่เป็นการจัดกิจกรรมการทดลองซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การทดลองแบบกำหนดแนวทาง (structured laboratory) และการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (unstructured laboratory) (สุวัฒน์ นิยมคำ. 2531) การจัดกิจกรรมการทดลองควรเริ่มจากการทดลองแบบกำหนดแนวทาง โดยผู้สอนควรกำหนดปัญหาและแนวทางหรือวิธีดำเนินการทดลองและรายละเอียดต่างๆ ลงไปในบทปฏิบัติการเพื่อให้ผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ผู้สอนยังควรจัดสถานการณ์หรือเหตุการณ์ให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง ให้ความช่วยเหลือผู้เรียนอย่างใกล้ชิดและให้กำลังใจผู้เรียนในการทำกิจกรรมการทดลอง (Hoff. 1950) จากนั้นผู้สอนจะลดบทบาทของตนเองเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดแนวทางและวิธีการทดลองเพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเอง โดยระหว่างทำกิจกรรมการทดลองหรือหลังจากทำกิจกรรมการทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้เรียนต้องเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์กับความรู้เดิมที่มีอยู่แล้วสร้างแนวคิดหรือสมมติฐานก่อนที่จะมีการแลกเปลี่ยนแนวคิดหรือสมมติฐานที่สร้างขึ้นกับเพื่อนผู้เรียนหรือผู้สอนเพื่อตรวจสอบแนวคิดของตนเอง จากนั้นผู้เรียนจะสร้างความรู้ความเข้าใจขึ้นด้วยตนเอง การจัดการเรียนรู้นี้ดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เป็นการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองตามบทปฏิบัติการหรือกิจกรรมการทดลองตามหนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่กำหนดวัตถุประสงค์และวิธีการทดลองซึ่งเป็นการจัดกิจกรรมการทดลองแบบกำหนดแนวทาง โดยผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำบทปฏิบัติการตามขั้นตอนต่างๆ (ประวิตร ชูศิลป์. 2524); (Romey.1968) ดังนี้

1. ขั้นตอนอภิปรายก่อนการทดลอง (pre-laboratory discussion) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนอาจตั้งคำถามหรือให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนเพื่อกระตุ้นความคิดของผู้เรียนหรือทำให้ผู้เรียนอยากค้นหาความรู้ด้วยตนเอง โดยการทำกิจกรรมการเรียนรู้บางอย่างผู้สอนอาจให้ความรู้พื้นฐานบางอย่างกับผู้เรียนก่อน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงกับความรู้ที่อาจจะได้รับจากประสบการณ์

2. ขั้นตอนทำการทดลอง (experiment) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามวิธีการทดลองที่ระบุในบทปฏิบัติการหรือแนวทางการทำปฏิบัติการที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนอภิปรายก่อนการทดลอง โดยผู้สอนทำหน้าที่ให้คำแนะนำหรืออำนวยความสะดวกในการเรียนรู้กับผู้เรียนอย่างใกล้ชิด ดังนั้นในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจึงมีบทบาทสำคัญในการค้นหาความรู้ของผู้เรียนด้วยการลงมือปฏิบัติการทดลอง

3. ขั้นตอนอภิปรายผลการทดลอง (post-laboratory discussion) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำเสนอผลการทดลองซึ่งอาจจะอยู่ในคู่มือครูเพื่อให้ผู้สอนนำผลการทดลองที่ระบุไว้ในคู่มือครูมาเปรียบเทียบหรือเชื่อมโยงกับผลการทดลองของผู้เรียน จากนั้นผู้สอนอาจใช้คำถามหรือให้ความรู้เพิ่มเติมเพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์กับความรู้เดิมที่มีอยู่และสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการสรุปและอภิปรายผลการทดลองได้

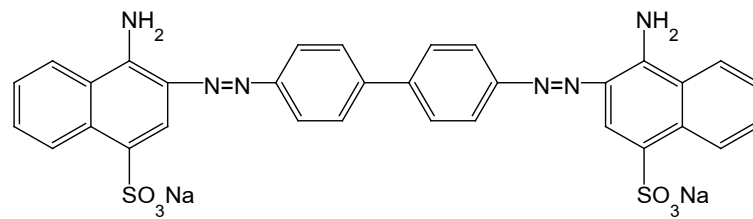
การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำบทปฏิบัติการจึงเป็นการจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้หรือกิจกรรมการทดลองซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นหาความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ซึ่งผู้สอนสามารถประเมินความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนตั้งแต่เริ่มต้นการเรียนรู้ เช่น การประเมินความรู้เดิม การประเมินการเรียนรู้ระหว่างการทำกิจกรรม และการประเมินการเรียนรู้หลังการทำกิจกรรมการทดลอง โดยการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติเป็นการเรียนรู้ที่พัฒนาศักยภาพของผู้เรียนทั้งในด้านเนื้อหาสาระ กระบวนการ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ผู้เรียนยังสามารถจดจำเนื้อหาสาระและกระบวนการต่างๆ ได้มากกว่าการฟังการบรรยายเพียงอย่างเดียวและสามารถนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อีกด้วย (ภพ เลหาไพบูลย์. 2542); (บุญชม ศรีสะอาด. 2541); (Laloknam; et al. 2010)

การทำกิจกรรมการทดลองผู้สอนควรคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆ เช่น อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทำการทดลอง โดยการเรียนเกี่ยวกับโครงสร้างภายในอวัยวะของพืชดอกจำเป็นต้องย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชเพื่อให้ผู้เรียนสามารถจำแนก อธิบายลักษณะของเซลล์และเนื้อเยื่อพืชภายในอวัยวะของพืชดอก และเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างภายในอวัยวะของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ได้ ดังนั้นการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชจึงมีความสำคัญ แต่สีย้อมที่นำมาใช้ในการเรียนเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ตามหนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาเป็นสี safranin O ซึ่งมีราคาแพง ต้องมีการสั่งซื้อในปริมาณมากและมีการเก็บรักษาที่ต้องควบคุมอุณหภูมิ (มานิต คิตอยู่. 2552) จึงมีการใช้น้ำยาอุทัยซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารสกัดจากฝาง ความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่หาซื้อได้ง่ายมาใช้ทดแทนการใช้สี safranin O จากการวิจัยของ สุดสนอง ผาตินาวิน (2528) และ มานิต คิตอยู่ (2552) ที่ศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีธรรมชาติจากฝาง พบว่าสีย้อมจากฝางสามารถย้อมสีติดผนังเซลล์ที่มีลิกนินเป็นส่วนประกอบได้ แต่ยังคงพบปัญหาเกี่ยวกับการย้อมสีติดโครงสร้างต่างๆ เช่น นิวเคลียส และย้อมสีติดเซลล์และเนื้อเยื่อของพืชบางชนิดได้ยาก เช่น พืชมียาง พืชมีเมือก เพราะฉะนั้นจึงต้องเพิ่มระยะเวลาในการย้อมหรือร้อยละความเข้มข้นหรือใส่สารช่วยติดสี (mordant) ลงไปเพื่อให้สีย้อมสามารถย้อมสีติดโครงสร้างต่างๆ ของพืชเพิ่มขึ้น (ประศาสตร์ เกื้อมณี. 2551); (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ; และคนอื่นๆ. 2545) จึงมีการดัดแปลงวิธีการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีย้อมต่างๆ ที่มีราคาถูก ไม่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมและสามารถย้อมสีติดเซลล์และเนื้อเยื่อพืชได้ดีในระยะเวลาสั้นๆ เช่น สีย้อมผ้า (วิศิษฐ์ศรี ไตศุกวรรณ์; อนิษฐาน ศรีนวล; และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. 2555)

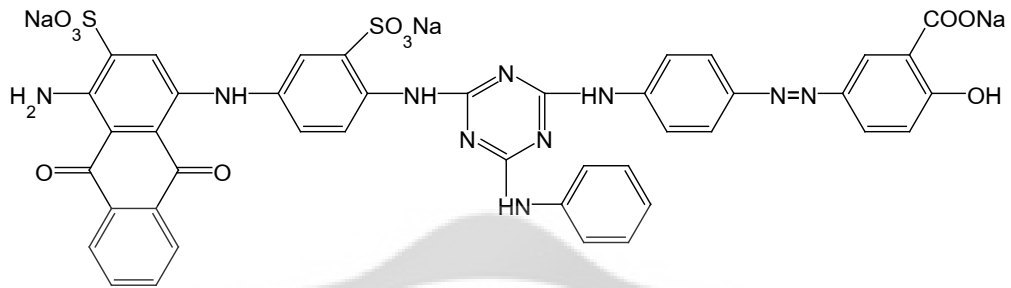
#### 4. สีย้อมผ้า

สีย้อมผ้าส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอะโซ (azo:  $R_1-N=N-R_2$ ) (ภาพประกอบ 1) ที่มีโครงสร้างคล้ายกับสี safranin O ซึ่งเป็นสารประกอบ azine dyes ( $-N=$ ) (ภาพประกอบ 2 ก) ทำให้สีย้อมผ้าและสี safranin O สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบไฮโดรเจนได้ และเมื่อสี safranin O ละลายในตัวทำละลายจะทำให้โมเลกุลของสี safranin O มีประจุเป็นบวก (cationic) ทำให้ย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์ที่มีประจุลบ เช่น นิวเคลียสและโครงสร้างทุติยภูมิได้ โดยสีย้อมผ้าสามารถละลายในน้ำหรือตัวทำละลายที่มีขั้วได้ (polar solvent) เช่น น้ำประปา แอลกอฮอล์ เนื่องจากมีหมู่ซัลโฟนิค ( $-SO_3^-$ ) เป็นส่วนประกอบ นอกจากนี้หมู่ซัลโฟนิคยังเป็นส่วนประกอบของสี fast green FCF (ภาพประกอบ 2 ข) และเมื่อนำสี fast green FCF และสีย้อมผ้ามาละลายในตัวทำละลาย โมเลกุลของสี fast green FCF และสีย้อมผ้าจะมีประจุลบ (anionic) หรือมีฤทธิ์เป็นกรด ทำให้ย้อมสีติดส่วนของไซโทพลาซึมและโครงสร้างปฐมภูมิ เช่น เซลลูโลสและเพคติน (Schore; Vollhardt; & Peter. 2007); (ประศาสตร์ เกี่ยมณี. 2551); (วิชช ดอนสกุล. 2534) จากการศึกษาของ Holde; & Isler (1958) เกี่ยวกับการย้อมสีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันด้วยสีย้อมที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน พบว่า (1) สีที่มีสภาวะเป็นเบส (basic dyes) ไม่สามารถย้อมสีติดไซโทพลาซึมและไฟเบอร์ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันได้ (2) สีที่มีสภาวะเป็นกรด (acid dyes) จะย้อมสีติดไซโทพลาซึมและไฟเบอร์ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันได้ (3) สีที่มีสภาวะเป็นกรดอ่อนที่ละลายในเบสแก่ สามารถย้อมสีติดไซโทพลาซึมและไฟเบอร์ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันได้ และ (4) สีที่มีสภาวะเป็นกรดอ่อนที่ละลายในเบสอ่อน ย้อมติดไซโทพลาซึมและไฟเบอร์ใกล้เคียงกับสีที่มีสภาวะเป็นกรดอ่อนที่ละลายในเบสแก่ และยังพบอีกว่า สีย้อมผ้าสามารถละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ เนื่องจากแอลกอฮอล์สามารถทำปฏิกิริยากับกรด เช่น กรดซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ ) และโซเดียมซัลโฟเนต ( $SO_3Na$ ) ได้ดี (บัญญัติ พูลโกคา. 2556) ดังสมการที่ 1 และ 2

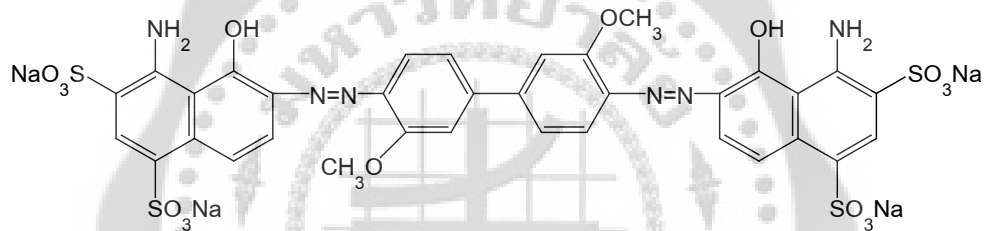




(ก)

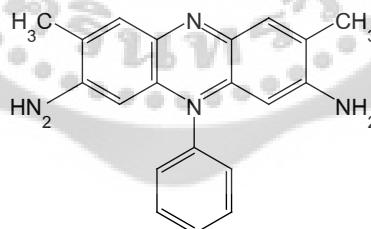


(ข)

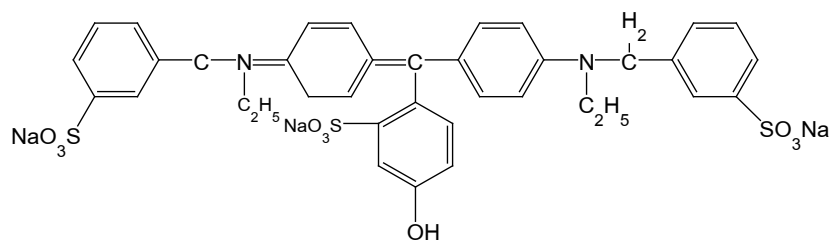


(ค)

ภาพประกอบ 1 โครงสร้างโมเลกุลของสีย้อมผ้า (ก) สีสแดง (ข) สีสเขียว และ (ค) สีสน้ำเงิน



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 2 โครงสร้างโมเลกุลของสียสังเคราะห์ (ก) สีส safranin O และ (ข) สีส fast green FCF

โดยปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวถูกละลายและตัวทำละลายส่วนใหญ่เป็นไปตามกฎ "like dissolves like" ที่กล่าวว่าสารใดก็ตามจะสามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันเท่านั้น (ศุภกัญญา ดันตระบัณฑิตย์; และ บิลันธนา เลิศสถิตธนกร. 2555) เช่น โมเลกุลของสีย้อมผ้าเป็นโมเลกุลที่มีขั้วทำให้ละลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว (เช่น น้ำประปา แอลกอฮอล์) ได้ดี โดยปกตินิยมนำสีย้อมผ้ามาละลายในน้ำ แต่ถ้านำสีย้อมผ้าละลายในเอทานอลร้อยละ 70 (แอลกอฮอล์ล้างแผล) พบว่า สีย้อมผ้าที่ละลายในเอทานอลร้อยละ 70 ย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์และเนื้อเยื่อได้ดีกว่าสีย้อมผ้าที่ละลายในน้ำประปา (วิศิษฐ์ศรี โตศุกวรรณ์; อนิษฐาน ศรีนวล; และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. 2555) เนื่องจากเมื่อสีย้อมละลายในเอทานอลร้อยละ 70 โมเลกุลของสีย้อมจะสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหมู่เมทิล ( $R-CH_3$ ) ของแอลกอฮอล์ ซึ่งโมเลกุลของสีย้อมและหมู่เมทิลของแอลกอฮอล์สามารถสร้างแรงดึงดูดกับเนื้อเยื่อพืชได้ (ตาราง 1) เช่น (1) พันธะไอออนิก โดยโมเลกุลของสีย้อมผ้าตรงตำแหน่งที่มีประจุลบจะสร้างพันธะไอออนิกกับเนื้อเยื่อพืชตรงตำแหน่งที่มีประจุบวก (2) พันธะไฮโดรเจน และ (3) แรงแวนเดอร์วาลส์ ทำให้สามารถย้อมสีติดเซลล์และเนื้อเยื่อพืชได้ (ลิลี โกศัยยานนท์. 2541); (อภิชาติ สนธิสมบัติ. 2545); (Prabhu; & Bhute. 2012) โดยการใช้สีย้อมผ้าสำหรับย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช ควรมีค่าไม่มากเกินไปมาตรฐานที่กำหนด คือ 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ppm) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2554, 21 มีนาคม) ดังนั้นจึงต้องมีการเจือจางเพื่อลดความเข้มข้นของสีย้อมผ้า โดยไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อ เนื่องจากหมู่เมทิล ( $R-CH_3$ ) ของแอลกอฮอล์จะไปยึดเกาะกับโมเลกุลของสีย้อมด้วยพันธะไฮโดรเจน จึงไม่ทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิล ( $-OH^-$ ) ของน้ำซึ่งยึดเกาะกับอะตอมไฮโดรเจนด้วยพันธะไอออนิก

ตาราง 1 พันธะที่ยึดเกาะระหว่างโมเลกุลของสีย้อมผ้ากับเนื้อเยื่อพืช

เนื้อเยื่อพืช	สีย้อมผ้า	พันธะ
tissue protein- $NH_3^+$	anionic dyes	พันธะไอออนิก
tissue proteoglycan- $OSO_3^-$	methyl – anionic dyes	พันธะไอออนิก
tissue- $COO^-$	methyl – anionic dyes	พันธะไฮโดรเจน

ที่มา: Cook. (2006). *Staining theory*. from <http://www.scionpublishing.com>

/shop/ProductImages/06-CellPath-ch06.pdf

จากการศึกษาของ Smith (2000) ที่ศึกษาโครงสร้างของ azine dyes พบว่า สีย้อมผ้าย้อมสีติดโครงสร้างต่าง ๆ ได้ดีและนานกว่าสี safranin O ดังนั้นในการสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเพื่อประกอบการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง จึงมีการดัดแปลงวิธีการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีย้อมผ้าเพื่อทดแทนการใช้สี safranin O และน้ำยาอุทัย โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสี safranin O สี fast green FCF กับสีย้อมผ้า และศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ ตัวทำละลาย ร้อยละความเข้มข้น และระยะเวลาในการย้อมสี ตามลำดับ

#### 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนวรรณ โสมน้อย (2548) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ( $p < 0.01$ ) โดยมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 80 และมีเจตคติต่อการทำบทปฏิบัติการอยู่ในระดับดี

พรทิพย์ วงษ์หน้าป่า (2548) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี ได้พัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการก่อนนำไปใช้สอนจริงกับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี จำนวน 60 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 30 คน พบว่า บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และผู้เรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านเนื้อหาสาระสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนแบบปกติ ( $p < 0.05$ )

อรอุมา ละมุล (2541) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการและคู่มือประกอบการสอน เรื่อง ความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนัก โดยนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและประเมินความสอดคล้องของบทปฏิบัติการก่อนนำไปทดสอบสอนจริงกับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 คน พบว่า ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและประเมินความสอดคล้องของปฏิบัติการ (IOC) อยู่ในระดับมาก และมีค่าประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ เท่ากับ 80.11/80.27

พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544) ได้สร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง เทคนิคการแยกสาร พบว่า บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการเรียนการสอน โดยมีค่าประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ เท่ากับ 81.19/80.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (80/80) และเมื่อนำบทปฏิบัติการไปใช้ในการเรียนการสอน พบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ( $p < 0.01$ ) ทั้งในด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ผู้เรียนยังมีความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการและการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการอยู่ในระดับมาก

ผ่องฤดี พวงประดิษฐ (2546) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การย้อมถ่ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ จากใบพืชตามความนิยมของท้องถิ่น พบว่า บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ระดับดี) และเมื่อนำบทปฏิบัติการไปทดสอบสอนจริงกับกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ( $p < 0.05$ ) ทั้งด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ และด้านการนำความรู้ และกระบวนการไปใช้ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ ผู้เรียนยังมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

ณัฐธินิชา โพธิ์งาม และ สุระ วุฒิพรหม (2553) ได้จัดการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติเรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ( $p < 0.01$ ) มีความก้าวหน้าทางการเรียน เท่ากับ 0.68 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง และมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (4.02)

อัฐวุฒิ คำแสน และ สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ (2554) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ใช้ชุดกิจกรรมปรับปรุงดินและการเปลี่ยนแปลงของดิน พบว่า ชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม เท่ากับ 80.2/81.3 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (80/80) และหลังจากที่ผู้เรียนเรียนด้วยชุดกิจกรรม ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ( $p < 0.05$ )

Khalid; & Azeem (2012) ได้เปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ( $n = 32$ ) พบว่า ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนใกล้เคียงกัน ( $p \geq 0.05$ ) แต่มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ )

Kanli; & Yagbasam (2007) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ผู้เรียนกลุ่มทดลอง (38 คน) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (31.47 และ 12.25) สูงกว่ากับผู้เรียนกลุ่มควบคุม (43 คน) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบความรู้ (27.26 และ 9.76) ( $p < 0.05$ ) ผู้เรียนกลุ่มทดลองมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนและด้านทักษะกระบวนการ (0.24 และ 0.68) สูงกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุม (0.03 และ 0.31) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และลดการเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเนื้อหาสาระนั้นๆ

Patrick (2010) ได้ศึกษาผลการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการในรายวิชาชีววิทยา พบว่า ผู้เรียนกลุ่มทดลองที่ได้ลงมือปฏิบัติการทดลองมีคะแนนปฏิบัติการและคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (53.50 และ 53.36) สูงกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุม (44.28 และ 50.08) ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้ลงมือปฏิบัติการทดลองยังกระตุ้นความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนชีววิทยาซึ่งมีอิทธิพลต่อการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยา



Peter; Abiodum; & Jonathan (2010) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยประเมินผลการจัดการเรียนรู้จากการทำงานร่วมกันและการทำแบบฝึกหัดของผู้เรียนซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการ (46 คน) และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยาย (60 คน) นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ใหม่ต่างๆ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 30 ข้อ สำหรับทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน จากการศึกษาพบว่า ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) แต่ผู้เรียนเพศหญิงและเพศชายที่ได้ลงมือปฏิบัติการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนไม่แตกต่างกัน ( $p \geq 0.05$ )

Udovic; & et al (2002) ได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับเพิ่มผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ไม่ได้เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบในแต่ ละหัวข้อ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองเป็นการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นความสนใจของผู้เรียนและสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรายวิชาชีววิทยาทั้งในด้านเนื้อหาสาระและกระบวนการ ทั้งยังเป็นการพัฒนาผู้เรียนในด้านทักษะกระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการคิด กระบวนการทางสังคม กระบวนการแก้ปัญหา มากกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติหรือการจัดการเรียนรู้ด้วยการบรรยาย

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งมีขั้นตอนในการทำวิจัยครั้งนี้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การสำรวจปัญหาในการเรียนรายวิชาชีววิทยา

ตอนที่ 2 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบสอนจริงกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง

#### ตอนที่ 1 การสำรวจปัญหาในการเรียนรายวิชาชีววิทยา

ในขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์หรือรายวิชาชีววิทยา เจตคติของผู้เรียนเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ กระบวนการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเพื่อศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์หรือรายวิชาชีววิทยา เพื่อนำมากำหนดจุดประสงค์การสำรวจ ก่อนสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งมีขั้นตอนในการออกแบบสอบถาม ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบสอบถาม แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้

2. ศึกษาเนื้อหาสาระ จุดประสงค์การเรียนรู้และระยะเวลาในการเรียนการสอนแต่ละหน่วยการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และขอบเขตของแบบสอบถาม จากนั้นสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กอนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (ภาคผนวก ข) ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยมีการกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง ดังนี้

+1 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญคิดว่าสอดคล้อง

0 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง

-1 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญคิดว่าไม่สอดคล้อง

4. นำแบบสอบถามไปสอบถามหรือเก็บข้อมูลกับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ลพบุรี ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย

5. ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ และสมรรถนะตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และบทปฏิบัติการหรือกิจกรรมการเรียนรู้ในหนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาและเอกสารประกอบการเรียน เรื่อง “พืช” เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขสำหรับสร้างและพัฒนามบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

## ตอนที่ 2 การสร้างและพัฒนามบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

การเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยาเรื่อง “พืช” ในประเทศไทย เริ่มจากการเรียนเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ซึ่งประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้ย่อย เรื่อง เนื้อเยื่อพืช อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะของพืช ซึ่งนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากทำให้ผู้เรียนสามารถอธิบายและจำแนกลักษณะของเนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดได้ โดยมีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและสรุปเกี่ยวกับเนื้อเยื่อพืชและอวัยวะของพืชได้

การเรียนเรื่อง อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะของพืช จำเป็นต้องมีการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชเพื่อให้ผู้เรียนสามารถสังเกตเห็นรูปร่างและลักษณะของเซลล์พืชได้ชัดเจนและทำให้ผู้เรียนสามารถอธิบายและจำแนกเนื้อเยื่อพืชภายในอวัยวะพืชได้อย่างถูกต้อง โดยสีย้อมที่นำมาใช้ในการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชภายในโรงเรียนหรือในหนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) คือ สี safranin O และน้ำยาอุทัยซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารสกัดที่มาจากฝาง แต่ยังคงพบปัญหาเกี่ยวกับการติดสีของสีย้อมภายในเนื้อเยื่อพืชของพืชบางชนิด เช่น พืชมียาง พืชมีเมือก จึงมีการศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีย้อมต่างๆ เช่น สีย้อมผ้า เพื่อนำมาใช้ทดแทนสี safranin O และน้ำยาอุทัยที่ใช้ในปัจจุบัน

### 2.1 ศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีสังเคราะห์และสีย้อมผ้า

เป็นขั้นตอนในการศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีสังเคราะห์ เพื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของสีย้อมผ้าที่มีปัจจัยในการย้อมสีแตกต่างกัน เช่น สีของสีย้อมผ้า ตัวทำละลาย ร้อยละความเข้มข้น และระยะเวลาในการย้อมสี โดยมีขั้นตอนในการทดลอง ดังนี้

2.1.1 เตรียมสีย้อมเซลล์และเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ สีย้อมผ้า สี safranin O และ สี fast green FCF ที่ละลายในเอทานอลร้อยละ 70 (แอลกอฮอล์ล้างแผล) แอลกอฮอล์ร้อยละ 70 และ แอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ตามลำดับ โดยมีความเข้มข้นร้อยละ 1.0 (w/v)

2.1.2 เตรียมชิ้นตัวอย่างจากเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสว่นย่อยประแบ่งด้วยวิธีการลอกผิวใบ (ประศาสตร์ เกื้อมณี. 2551) จากนั้นนำสี safranin O สี fast green FCF และสีย้อมผ้าที่มีสีแตกต่างกัน 3 สี มาย้อมสีเนื้อเยื่อชั้นตัวอย่างเป็นเวลา 3 นาที เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช

2.1.3 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช มาสร้างตารางตรวจสอบประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชและเกณฑ์การพิจารณา ประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (ภาคผนวก ข) พิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้อง (IOC) ของการตรวจสอบกับจุดประสงค์ การศึกษา

2.1.4 นำตารางตรวจสอบประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชที่ผ่านการ แก้ไขปรับปรุงแล้วทดสอบกับกลุ่มนิสิตระดับปริญญาตรีที่ผ่านการเรียนรายวิชากายวิภาคศาสตร์ ของพืช เพื่อหาความเที่ยงตรงของการประเมินก่อน จากนั้นคัดเลือกนิสิตที่มีระดับความเที่ยงตรง ใกล้เคียงกันมาตรวจสอบหาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช โดยเริ่มจากการตรวจสอบ ประสิทธิภาพการย้อมสีเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสวาน้อยประแบ่งที่ย้อมด้วยสี safranin O และ สี fast green FCF แบบสีเดี่ยว (simple staining) จากนั้นตรวจสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพ การย้อมสีด้วยสีย้อมผ้าที่มีสีแตกต่างกัน 3 สี ได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ก่อนที่จะ เปลี่ยนแปลงตัวทำละลาย ปรับร้อยละความเข้มข้น และระยะเวลาในการย้อม เพื่อคัดเลือกสีย้อมผ้า ที่มีประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชใกล้เคียงกับสี safranin O และสี fast green FCF โดยมีการวางแผนการทดลองแบบ factorial design in CRD โดยผู้ประเมิน 1 คน ตรวจสอบ ประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช 5 ตำแหน่ง ต่อ 1 ชั้นตัวอย่าง และวิเคราะห์หา ประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS of Windows รุ่น 21.0 (จัดซื้อโดยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ) ที่  $p = 0.05$  โดยมีเกณฑ์การประเมิน ประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชแบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ ดังนี้

#### ระดับประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช

ระดับ 1 หมายถึง ไม่มีการติดสีย้อมภายในโครงสร้างเซลล์

ระดับ 2 หมายถึง ย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์ แต่เห็นรายละเอียดไม่ชัดเจน

ระดับ 3 หมายถึง ย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์ และเห็นรายละเอียดค่อนข้างชัดเจน

ระดับ 4 หมายถึง ย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์ และเห็นรายละเอียดชัดเจน

เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชดังกล่าว ยังนำมาใช้ในการ ประเมินประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช เพื่อคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม สำหรับย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช

2.1.5 ตรวจสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช ด้วย สีย้อมผ้าที่มีตัวทำละลายแตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ น้ำประปาและเอทานอลร้อยละ 70 (แอลกอฮอล์ล้างแผล) โดยนำสีย้อมผ้าที่มีตัวทำละลายแตกต่างกันมาย้อมสีเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสวาน้อยประแบ่ง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย้อมสีและคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการย้อมสีเซลล์และ เนื้อเยื่อพืช

2.1.6 ตรวจสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืช ด้วยสีย้อมผ้าที่มีร้อยละความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5 ร้อยละ 1.0 ร้อยละ 1.5 ร้อยละ 2.0 และร้อยละ 2.5 จากนั้นนำสีย้อมผ้าที่มีร้อยละความเข้มข้นแตกต่างกันมาย้อมสีเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสาหร่ายประแบ้งเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย้อมสีและคัดเลือกร้อยละความเข้มข้นที่เหมาะสมในการย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืช โดยมีเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืช แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (ดัดแปลงมาจาก American Association of Textile Chemists and Colorists. 2011) ดังนี้

#### ระดับการติดสีของโครงสร้างและพื้นหลัง

- ระดับ 1 หมายถึง ไม่มีการติดสีของสีย้อม
- ระดับ 2 หมายถึง ย้อมติดสีเล็กน้อย
- ระดับ 3 หมายถึง ย้อมติดสีปานกลาง
- ระดับ 4 หมายถึง ย้อมติดสีเข้ม
- ระดับ 5 หมายถึง มีย้อมติดสีเข้มมาก

#### ระดับความชัดเจนของโครงสร้างภายในเซลลูล์

- ระดับ 1 หมายถึง ไม่เห็นรายละเอียดภายในเซลลูล์
- ระดับ 2 หมายถึง เห็นผนังเซลลูล์ และรายละเอียดภายในเซลลูล์เล็กน้อย แต่ไม่ชัดเจน
- ระดับ 3 หมายถึง เห็นผนังเซลลูล์ และรายละเอียดภายในเซลลูล์เพิ่มขึ้น และค่อนข้างชัดเจน
- ระดับ 4 หมายถึง เห็นผนังเซลลูล์ และรายละเอียดภายในเซลลูล์ชัดเจนเกือบทั้งหมด และชัดเจนค่อนข้างมาก
- ระดับ 5 หมายถึง เห็นผนังเซลลูล์ และรายละเอียดภายในเซลลูล์ชัดเจนทุกส่วน

เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืชดังกล่าว ยังนำมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืชเพื่อคัดเลือกร้อยละความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืช

2.1.7 ตรวจสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืชภายในราก ลำต้น และใบ ของพืชตัวอย่าง 6 ชนิด ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ พืชใบเลี้ยงเดี่ยว ได้แก่ ข้าวโพด (*Zea mays* L.) สาหร่ายประแบ้ง (*Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott var. *seguine*) ว่านกาบหอย (*Tradescantia spathacea* Stearn.) และพืชใบเลี้ยงคู่ ได้แก่ ถั่วเขียว (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) เฟื่องฟ้า (*Bougainvillea spectabilis* Willd) กุหลาบหนู (*Rosa chinensis* (Jacq.) var. *minima* Voss) โดยมีการเตรียมชิ้นตัวอย่างด้วยวิธีการตัดชิ้นตัวอย่างด้วยใบมีดโกน (freehand section) (Rock. n.d.); (Yeung. 1998) และวิธีการลอกผิวใบ (ประศาสตร์

เกือบถึง 2551) จากนั้นย้อมสีขึ้นตัวอย่างด้วยสีย้อมผ้าที่มีระยะเวลาในการย้อมแตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 1 นาที 2 นาที 3 นาที 4 นาที และ 5 นาที เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย้อมสีและคัดเลือกระยะเวลาในการย้อมสีที่เหมาะสมสำหรับย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืช

## 2.2 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

การสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ผู้วิจัยได้นำสีย้อมผ้าที่มีประสิทธิภาพในการย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืชมาทดแทนการใช้สี safranin O และน้ำยาอุทัยในกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก นอกจากนี้บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นยังเป็นบทปฏิบัติการโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนในการสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ ดังนี้

2.2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้และสมรรถนะตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ และหนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยา ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังขอคำแนะนำเกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการจากผู้สอนและผู้เชี่ยวชาญเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ

2.2.2 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และขอบเขตของบทปฏิบัติการเพื่อสร้างบทปฏิบัติการและแบบฝึกหัดทำยบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ซึ่งประกอบด้วยบทปฏิบัติการย่อยจำนวน 3 บทปฏิบัติการ ได้แก่

- บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของราก
- บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น
- บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของใบ

2.2.3 นำบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน (ภาคผนวก ข) ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้องระหว่างบทปฏิบัติการกับจุดประสงค์การเรียนรู้ นอกจากนี้ยังให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ดังนี้

- ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก
- ระดับ 4 หมายถึง ดี
- ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง
- ระดับ 2 หมายถึง พอใช้
- ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

2.2.4 นำบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทั้งในด้านการใช้ภาษา เนื้อหาสาระ กระบวนการ ไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 9 คน ซึ่งประกอบด้วย กลุ่มผู้เรียนที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับ ดี ปานกลาง และอ่อน กลุ่มละ 3 คน เพื่อปรับปรุงแก้ไขบทปฏิบัติการให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดยสังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ผลงาน และการสอบถาม

### 2.3 การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ต่างๆ ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง มีขั้นตอนในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ต่างๆ ดังนี้

2.3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้และสมรรถนะตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสร้างความรู้ การออกแบบการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (backward design) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การสร้างแบบสัมภาษณ์และการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังขอคำแนะนำจากผู้สอนและผู้เชี่ยวชาญเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้และการสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้

2.3.2 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2 รูปแบบ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยาย และการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการ โดยแต่ละรูปแบบประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของราก

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของใบ

2.3.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยนำผลการวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละบทปฏิบัติการมาสร้างแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้

2.3.4 สร้างแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยมีข้อคำถามปลายเปิดในการสัมภาษณ์ จำนวน 4 ข้อ ดังนี้

คำถามข้อที่ 1 ตอนที่เดินสำรวจป่า นักเรียนทราบได้อย่างไรว่า พืชที่พบเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือพืชใบเลี้ยงคู่ จากการสังเกตโครงสร้างภายนอกของพืช

คำถามข้อที่ 2 นักเรียนมีขั้นตอนในการตรวจสอบโครงสร้างภายในของรากและลำต้น อย่างไร

คำถามข้อที่ 3 ในการตรวจสอบโครงสร้างภายในของราก ลำต้น และใบของพืชชนิดนั้น จะทราบได้อย่างไรว่า พืชชนิดนั้นเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือพืชใบเลี้ยงคู่

คำถามข้อที่ 4 พืชมีการลำเลียงน้ำจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าไปยังไซเล็มของรากได้อย่างไร

2.3.5 สร้างแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง จำนวน 20 ข้อ โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) ดังนี้ 5 4 3 2 1 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด ตามลำดับ

2.3.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ (ภาคผนวก ข) ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะทั้งในด้านการใช้ภาษา เนื้อหาสาระ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสะท้อนความรู้ความคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ได้ดีที่สุด

## 2.4 การนำบทปฏิบัติการและเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่

### ไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง

นำบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกและเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนวัดป่าประดู่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 30 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เพื่อวิเคราะห์หา

1. ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ
2. คุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่

2.1 ค่าความยาก-ง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นรายข้อโดยใช้เทคนิค 27% ของจุง เตห์ ฟาน เพื่อคัดเลือกข้อคำถามจำนวน 30 ข้อ สำหรับนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้

2.2 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) โดยใช้สูตร KR-20



3. คุณภาพของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง ได้แก่

3.1 ค่าอำนาจจำแนก ( $r_{xy}$ ) โดยหาวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (simple correlation coefficient) ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม

3.2 ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง

4. คุณภาพของแบบสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง โดยตรวจสอบความชัดเจนของภาษา และความเป็นปรนัยของข้อคำถาม

### ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบสอนจริงกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง

นำบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก และเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ที่ผ่านการประเมินคุณภาพ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้อง (IOC) มาประกอบการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

#### 3.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสอน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสอนครั้งนี้เป็นผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนระยองวิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 90 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

กลุ่มทดลอง ได้แก่	ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อน บรรยาย จำนวน 50 คน
กลุ่มควบคุม ได้แก่	ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำ ปฏิบัติการ จำนวน 40 คน

#### 3.2 เนื้อหาที่ใช้ในการทดสอบสอน

เนื้อหาที่ใช้ในการทดสอบสอนครั้งนี้มีเนื้อหาเกี่ยวกับ “อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะพืช” ในหน่วยการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ซึ่งอยู่ในมาตรฐานการเรียนรู้ ว 1.1 ที่กำหนดให้ผู้เรียนเข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน โดยหลังจากที่ผู้เรียนเรียนรู้เกี่ยวกับ “อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะพืช” ทั้งในด้านเนื้อหาสาระและกระบวนการต่างๆ ผู้เรียนควรมีสมรรถนะตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังนี้ (1) ความสามารถในการสื่อสาร เช่น การแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจซึ่งกันและกัน (2) ความสามารถในการคิด เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีเหตุผล การคิด

แก้ปัญหา การคิดเชื่อมโยงเพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ด้วยตนเอง (3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิตซึ่งผู้เรียนสามารถนำกระบวนการต่าง ๆ ที่ได้จากการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ทั้งในด้านการเรียนและการทำงาน (5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีต่างๆ เช่น การเลือกใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ดังนั้นผู้สอนจึงควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติหรือทำการทดลองตามบทปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้องและในระหว่างทำการทดลองผู้เรียนอาจเจอกับปัญหาต่างๆ ทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดแก้ปัญหา เพื่อให้สามารถค้นหาคำตอบการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งอาจเกิดจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในกลุ่มหรือภายนอกกลุ่ม ดังนั้นผู้วิจัยจึงออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติตามบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

### 3.3 ระยะเวลาที่ใช้ทดสอบสอน

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสอนครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดสอบสอนกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 เป็นเวลา 3 สัปดาห์ๆ ละ 3 คาบๆ ละ 50 นาที ดังนี้

สัปดาห์ที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของราก

สัปดาห์ที่ 2 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น

สัปดาห์ที่ 3 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของใบ

### 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 ติดต่อผู้บริหารสถานศึกษา โรงเรียนระยองวิทยาคม เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลการทำวิจัย

3.4.2 ทดสอบสอนผู้เรียนกลุ่มควบคุม จำนวน 40 คน โดยชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ของการทำวิจัยให้ผู้เรียนทราบและอธิบายบทบาทหน้าที่ของผู้เรียนและผู้วิจัย โดยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้เริ่มต้นจากการสำรวจความรู้อเดิมของผู้เรียนเกี่ยวกับ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ด้วยการให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน (pretest) จากนั้นดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสร้างความรู้ด้วยตนเองตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เตรียมไว้ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการ เมื่อจัดการเรียนรู้เสร็จเรียบร้อยแล้วให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (posttest) ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนเรียน (retest) เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจด้านเนื้อหาสาระและกระบวนการต่างๆ จากนั้นผู้วิจัยสัมภาษณ์ผู้เรียน (อย่างน้อยร้อยละ 10 ของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม) เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนซึ่งเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ทั้งยังสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อประเมินการจัดการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมรู้ ดังตาราง 2

3.4.3 ทดสอบสอนผู้เรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 50 คน โดยดำเนินการเช่นเดียวกับกลุ่มควบคุม แต่มีการจัดการเรียนรู้แตกต่างกับกลุ่มควบคุม คือ มีการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยาย (ตาราง 2) และมีการประเมินการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกับแบบทดสอบที่ใช้กับกลุ่มควบคุม

ตาราง 2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง ที่มีขั้นตอนการดำเนินการแตกต่างกัน และการประเมินการเรียนรู้ ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

ขั้นตอนที่	การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการ	การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยาย
1	แนะนำหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก	แนะนำหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
2	ทดสอบก่อนเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก	ทดสอบก่อนเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
3	อธิบายความรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก	ทำปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
4	ทำปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ผ่านกระบวนการลงมือปฏิบัติการทดลอง	อธิบายความรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
5	ทดสอบหลังเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก	ทดสอบหลังเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
6	สัมภาษณ์เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก	สัมภาษณ์เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
7	สอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง	สอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ในการทดลองสอนครั้งนี้ผู้วิจัยได้ประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยผลการเรียนรู้เชิงปริมาณพิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและผลการเรียนรู้เชิงคุณภาพพิจารณาจากการสัมภาษณ์ นอกจากนี้ยังประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง

### การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้การวิจัย

1. วิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน ด้วยค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. วิเคราะห์ประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืช ด้วยค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (DMRT) ที่  $p = 0.05$

3. วิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง คุณภาพและประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ ด้วยค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ  $E_1/E_2 = 80/80$  โดยกำหนดให้  $E_1$  แทน ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ และ  $E_2$  แทน ค่าประสิทธิภาพของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. วิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือ ได้แก่ ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) ค่าความยาก-ง่าย ( $p$ ) ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ตามสูตร KR-20 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Stat04ItemAnalysis และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองตามสูตรค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ -coefficient) ของ Cronbach

5. วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติแบบ  $t$ -test โดยวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนระหว่างผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติแบบ  $t$ -test for independent samples นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน ด้วยวิธี average normalized gain (Hake, 1998) ซึ่งมีวิธีการหาค่าความก้าวหน้าทางการเรียนและแปลความหมายของข้อมูล ดังนี้

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

คะแนนเฉลี่ย 0.0 – 0.3 แปลว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ (low gain)

คะแนนเฉลี่ย 0.3 – 0.69 แปลว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain)

คะแนนเฉลี่ย 0.7 – 1.0 แปลว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง (high gain)

6. วิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง ด้วยค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS of Windows รุ่น 21.0 ที่  $p = 0.05$

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาทบทปฏิบัติการโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยผู้วิจัยขอเสนอผลการทดลอง ดังนี้

ตอนที่ 1 การสำรวจปัญหาในการเรียนรายวิชาชีววิทยา

ตอนที่ 2 การสร้างและพัฒนาทบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

ตอนที่ 3 การนำทบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบสอนจริงกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง

#### ตอนที่ 1 การสำรวจปัญหาในการเรียนรายวิชาชีววิทยา

จากการวิเคราะห์ความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยาของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 134 คน พบว่า เป็นผู้เรียนเพศหญิง 87 คน และผู้เรียนเพศชาย 47 คน โดยมีผลการสำรวจความคิดเห็น ดังตาราง 3

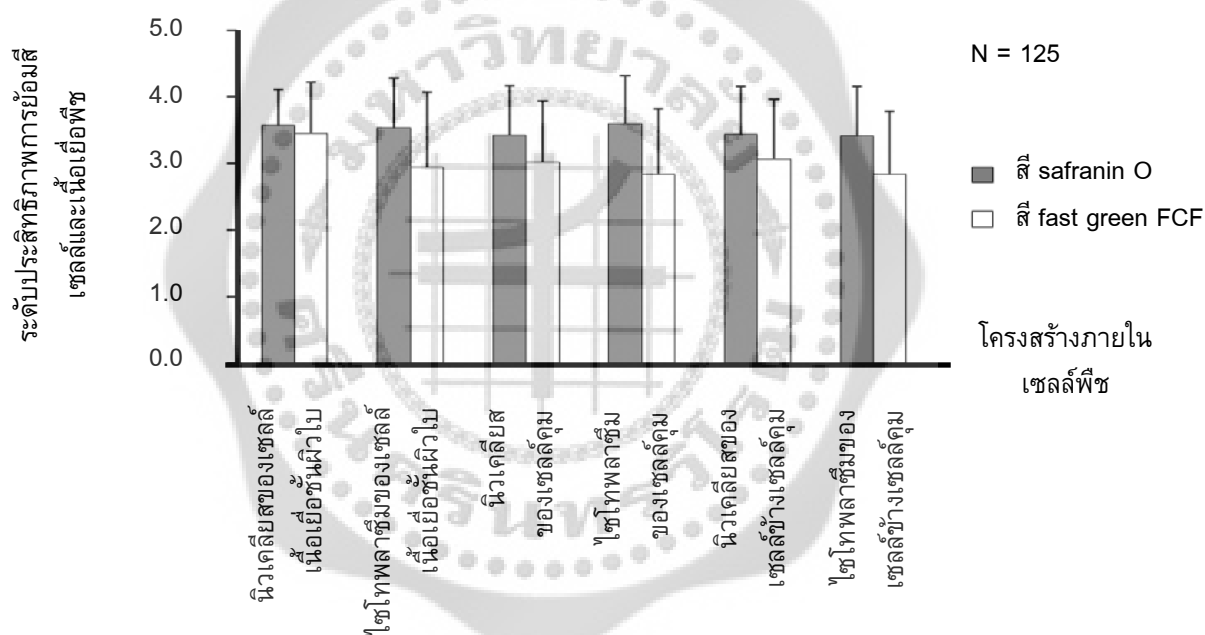
ตาราง 3 ผลการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยาของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

รายการประเมิน	ร้อยละ
1. ผู้เรียนชอบเรียนรายวิชาชีววิทยา	76.1
2. ผู้เรียนชอบเรียนเนื้อหาสาระเกี่ยวกับ “สัตว์” มากกว่า “พืช”	58.2
3. ผู้เรียนคิดว่า การทำกิจกรรมการทดลองส่วนใหญ่เป็นการทดลองเกี่ยวกับ “พืช”	56.7
4. ผู้เรียนคิดว่า สามารถทำการทดลองเกี่ยวกับ “พืช” ได้ดีกว่า “สัตว์”	53.0
5. ผู้เรียนคิดว่า การเรียนรายวิชาชีววิทยาส่วนใหญ่เป็นการเรียนการสอนด้วยวิธีบรรยาย	49.3
6. ผู้เรียนคิดว่า ทำการทดลองในรายวิชาชีววิทยาน้อยกว่า 2 ครั้ง ในแต่ละภาคเรียน	55.9
7. ผู้เรียนคิดว่า การทำกิจกรรมการทดลองจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ความเข้าใจได้มากกว่าการเรียนการสอนด้วยวิธีบรรยายเพียงอย่างเดียว	88.1

## ตอนที่ 2 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

### 2.1 ศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีสังเคราะห์และสีย้อมผ้า

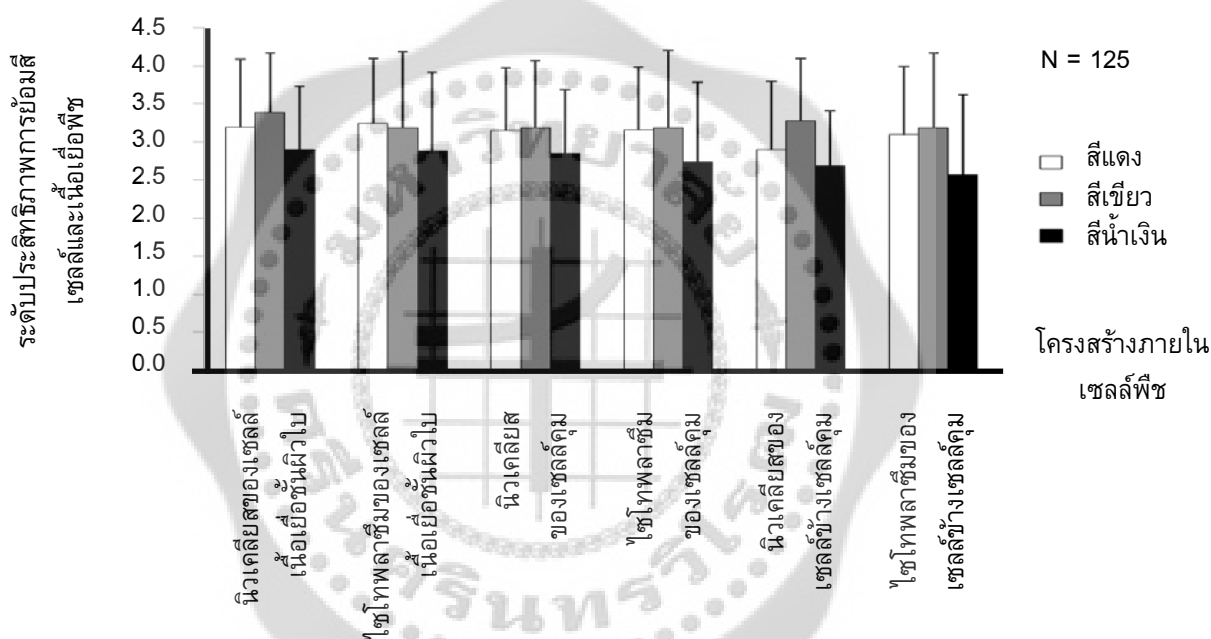
จากการศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีสังเคราะห์ (ภาพประกอบ 3 และ 5) พบว่า สี safranin O และสี fast green FCF มีประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์แตกต่างกัน โดยสี safranin O มีประสิทธิภาพการย้อมสีติดนิวเคลียสและผนังเซลล์ทุติยภูมิ เช่น ลิกนิน ได้ดี ส่วนสี fast green FCF มีประสิทธิภาพการย้อมสีติดไซโทพลาซึมและผนังเซลล์ปฐมภูมิ เช่น เซลลูโลส ได้ดี ทำให้สามารถสังเกตเห็นโครงสร้างภายในเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบ เซลล์คุม และเซลล์ข้างเซลล์คุมได้แตกต่างกัน และจากการศึกษาเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสวาน้อยประแบ้ง พบว่า เซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบส่วนใหญ่มีรูปร่างเป็นเหลี่ยม ปากใบมีลักษณะแบบพาราไซติก (paracytic stomata) กระจายอยู่ทั่วไป



ภาพประกอบ 3 ประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่าง

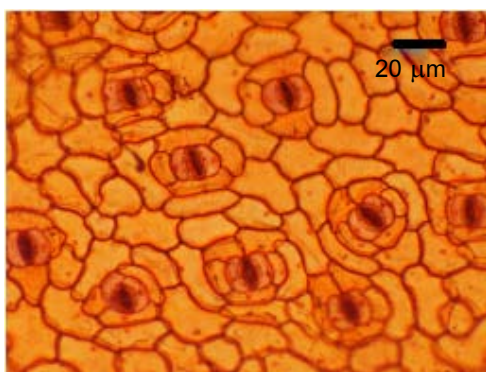
ของสวาน้อยประแบ้งที่ย้อมด้วยสี safranin O และสี fast green FCF ที่มีวิธีการย้อมแบบสีเดี่ยว

จากการศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีย้อมผ้าที่มีสีแตกต่างกัน 3 สี ได้แก่ สีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน (ภาพประกอบ 4 และ 6) พบว่า สีย้อมผ้าสีแดงและสีย้อมผ้าสีเขียวมีประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืชใกล้เคียงกัน ( $p \geq 0.05$ ) โดยสีย้อมผ้าสีแดงย้อมสีติดนิวเคลียสและไซโทพลาซึมใกล้เคียงกัน ทำให้สังเกตเห็นนิวเคลียสและโครงสร้างของเซลลูล์ไม่ค่อยชัดเจน แต่สีย้อมผ้าสีเขียวย้อมสีติดนิวเคลียสได้ดีกว่าไซโทพลาซึมทำให้สังเกตเห็นนิวเคลียสและโครงสร้างภายในเซลลูล์ชัดเจน แต่สีย้อมสีแดงและสีย้อมสีเขียวจะมีประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืชดีกว่าสีย้อมผ้าสีน้ำเงิน ( $p < 0.05$ ) ที่ย้อมสีไม่ค่อยติดนิวเคลียสและไซโทพลาซึมของเซลลูล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบ ดังนั้นจึงเลือกสีย้อมผ้าสีแดงและสีย้อมผ้าสีเขียวเป็นสีย้อมเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืชในขั้นตอนต่อไป

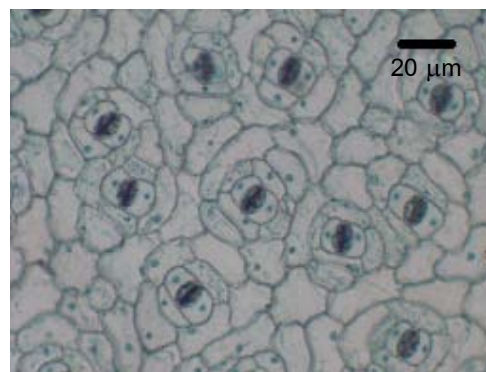


ภาพประกอบ 4 ประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลลูล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสวายน้อยประเภทที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้า

จากการศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีย้อมผ้าที่มีตัวทำละลายแตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ น้ำประปาและเอทานอลร้อยละ 70 (แอลกอฮอล์ล้างแผล) (ภาพประกอบ 7 8 และ 11) พบว่า สีย้อมผ้าที่ละลายในเอทานอลร้อยละ 70 มีประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลูล์และเนื้อเยื่อพืชดีกว่าสีย้อมผ้าที่ละลายในน้ำประปา ( $p < 0.05$ ) ดังนั้นจึงเลือกเอทานอลร้อยละ 70 (แอลกอฮอล์ล้างแผล) เป็นตัวทำละลายสีย้อมผ้าในขั้นตอนต่อไป

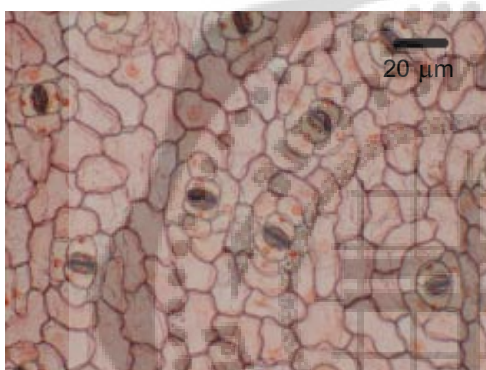


(ก)

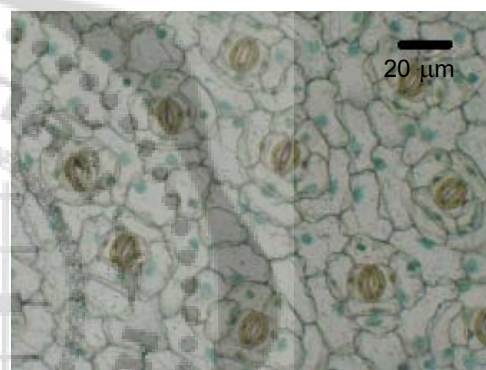


(ข)

ภาพประกอบ 5 การติดสีของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสวานน้อยประแป้งที่ย้อมด้วยสีสังเคราะห์  
(ก) สี safranin O และ (ข) สี fast green FCF



(ก)



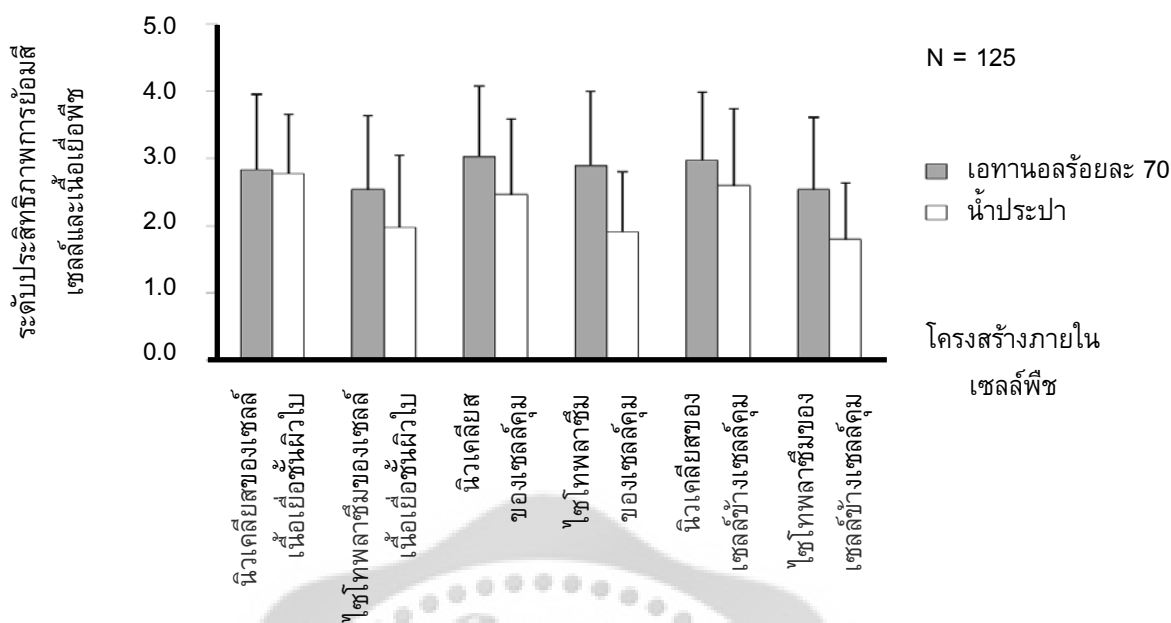
(ข)



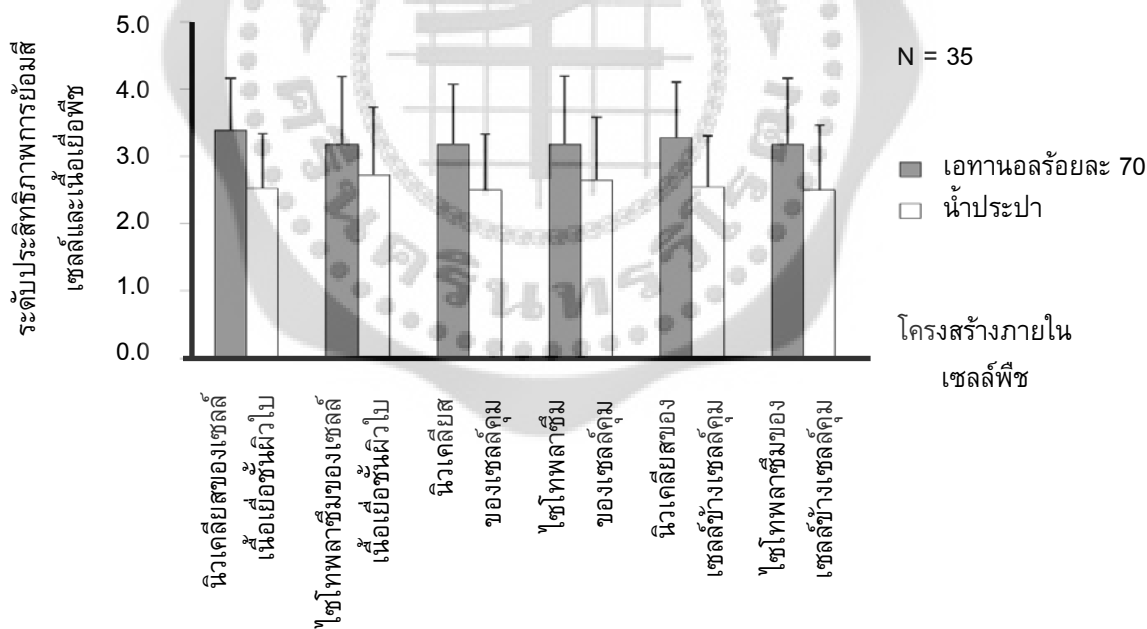
(ค)

ภาพประกอบ 6 การติดสีของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสวานน้อยประแป้งที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้า  
(ก) สีแดง (ข) สีเขียว และ (ค) สีน้ำเงิน



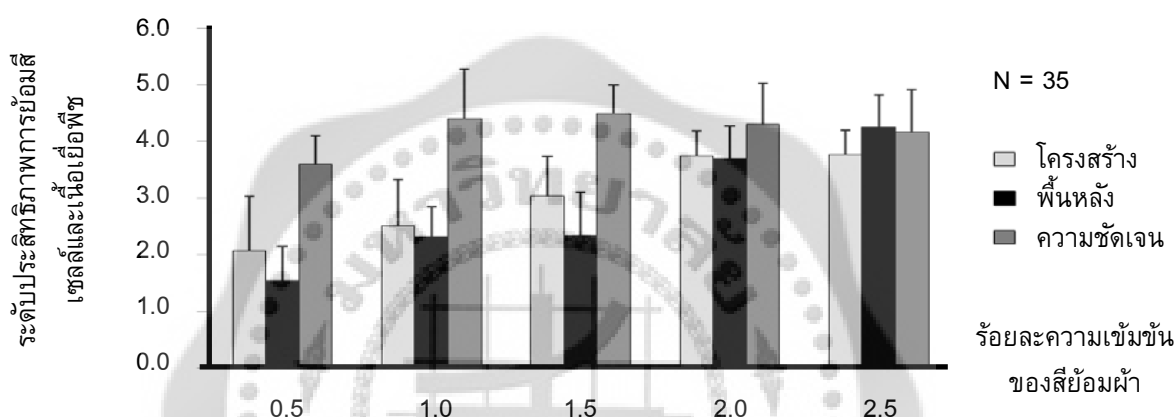


ภาพประกอบ 7 ประสิทธิภาพการยอมรับโครงสร้างภายในเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสาวน้อยประแป้งที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้าสีแดง ที่มีตัวทำละลายแตกต่างกัน

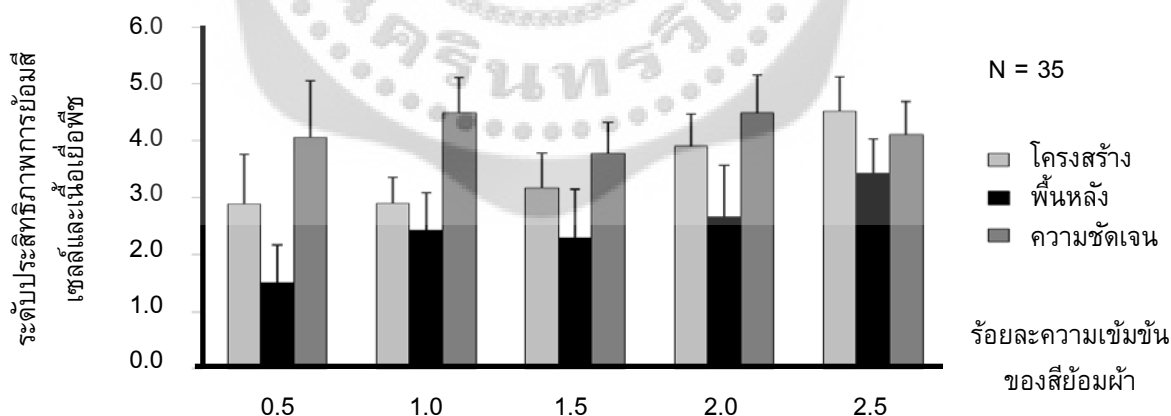


ภาพประกอบ 8 ประสิทธิภาพการยอมรับโครงสร้างภายในเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสาวน้อยประแป้งที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้าสีเขียว ที่มีตัวทำละลายแตกต่างกัน

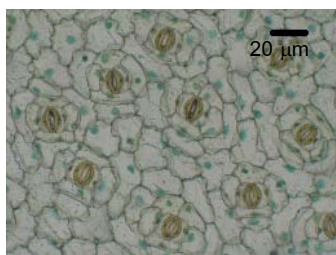
จากการศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีย้อมผ้าที่มีร้อยละ ความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5 ร้อยละ 1.0 ร้อยละ 1.5 ร้อยละ 2.0 และร้อยละ 2.5 (ภาพประกอบ 9 10 และ 12) พบว่า สีย้อมผ้าที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.0 และความเข้มข้นร้อยละ 1.5 มีประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลล์และเนื้อเยื่อพืชใกล้เคียงกัน ( $p \geq 0.05$ ) และมีประสิทธิภาพการย้อมสี ดีกว่าสีย้อมผ้าความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ร้อยละ 2.0 และร้อยละ 2.5 แต่การย้อมสีเซลลล์และเนื้อเยื่อพืช ด้วยสีย้อมผ้าสีแดงและสีย้อมผ้าสีเขียวที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีความชัดเจนของโครงสร้าง ภายในเซลลล์การย้อมด้วยความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ดังนั้นจึงเลือกความเข้มข้นร้อยละ 1.0 สำหรับ ย้อมสีเซลลล์และเนื้อเยื่อพืชในขั้นตอนต่อไป



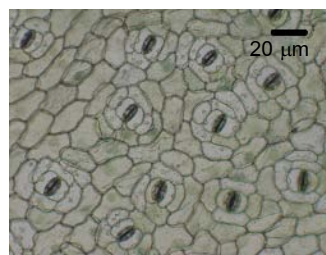
ภาพประกอบ 9 ประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสาหร่ายน้อยประเภทที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้าสีแดง ที่มีร้อยละความเข้มข้นแตกต่างกัน



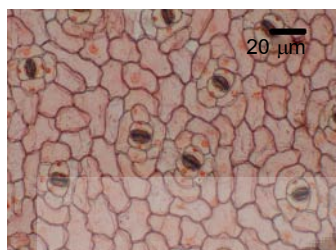
ภาพประกอบ 10 ประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสาหร่ายน้อยประเภทที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้าสีเขียว ที่มีร้อยละความเข้มข้นแตกต่างกัน



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

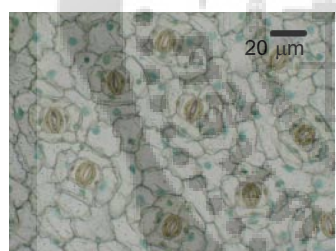
ภาพประกอบ 11 การติดสีของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสวายน้อยประเภทที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้า

(ก) สีย้อมที่ละลายในเอทานอล

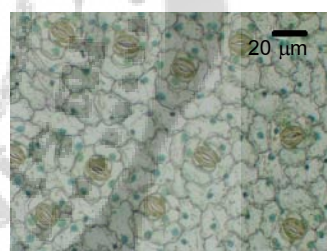
(ข) สีย้อมที่ละลายในน้ำประปา

(ค) สีแดงที่ละลายในเอทานอล

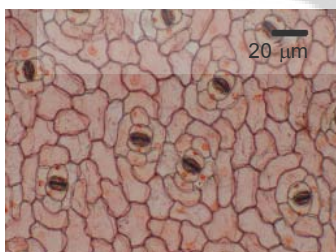
และ (ง) สีแดงที่ละลายในน้ำประปา



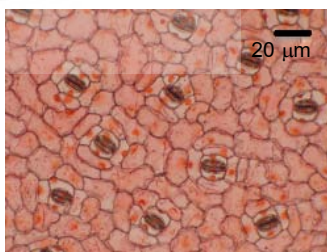
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพประกอบ 12 การติดสีของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างของสวายน้อยประเภทที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้า

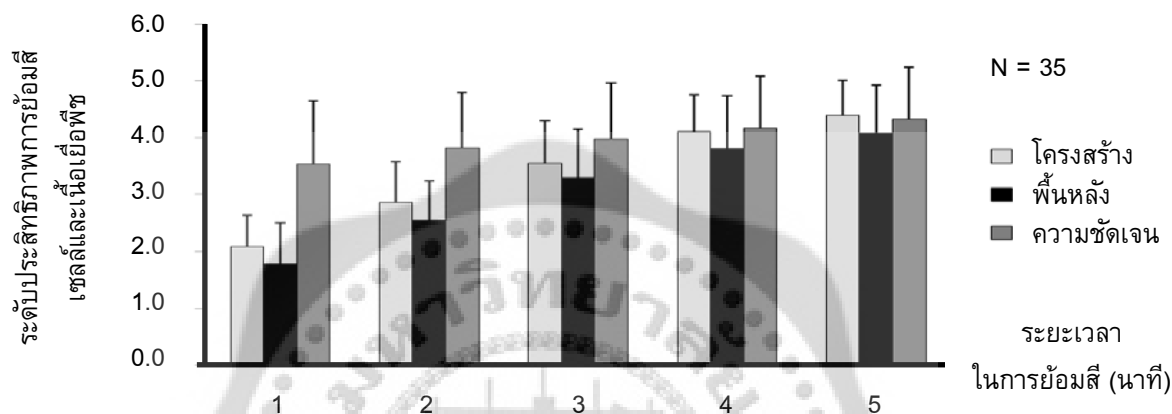
(ก) สีย้อม ความเข้มข้นร้อยละ 1.0

(ข) สีย้อม ความเข้มข้นร้อยละ 1.5

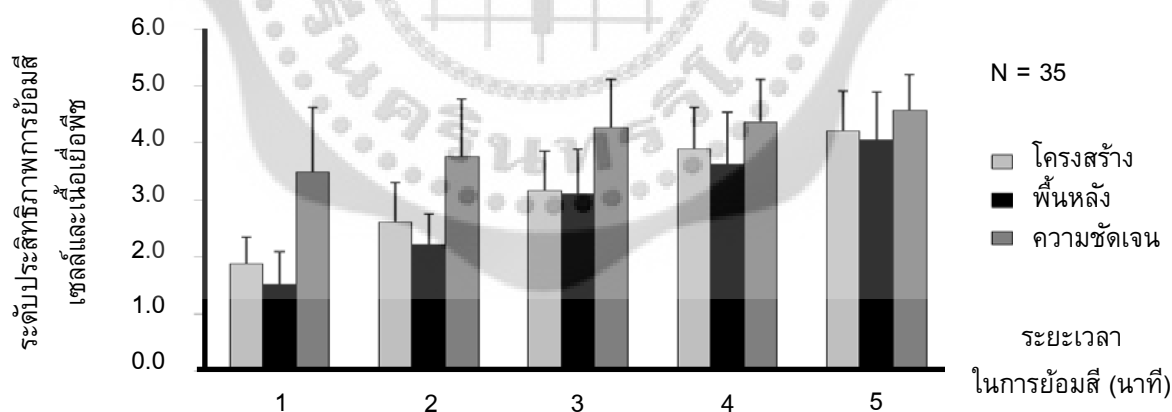
(ค) สีแดง ความเข้มข้นร้อยละ 1.0

และ (ง) สีแดง ความเข้มข้นร้อยละ 1.5

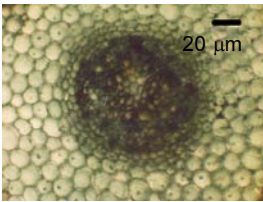
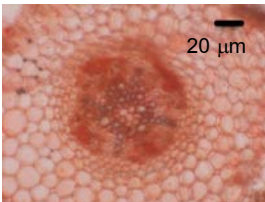
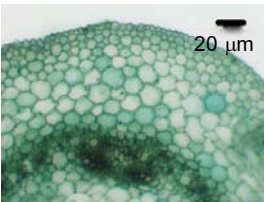
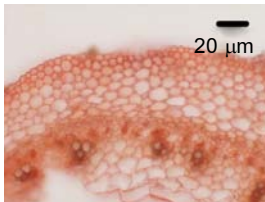
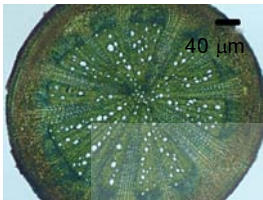
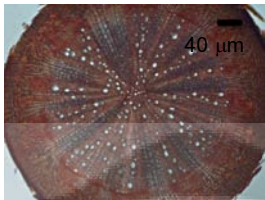
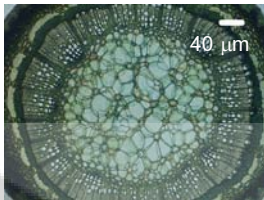

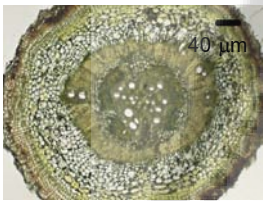
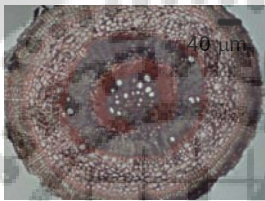
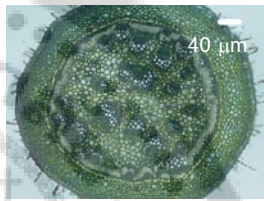
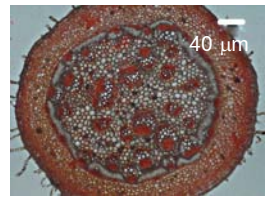
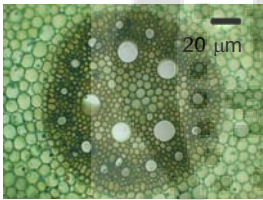
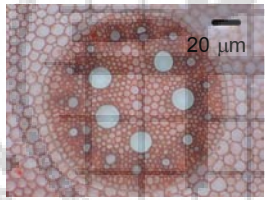
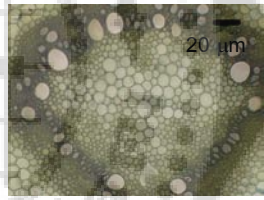
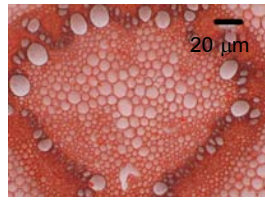
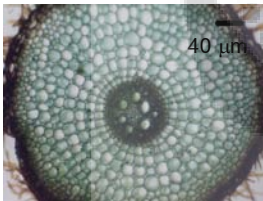
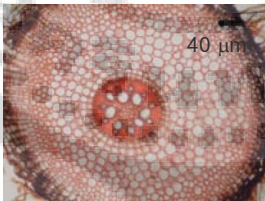
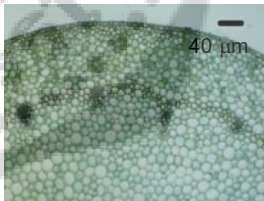
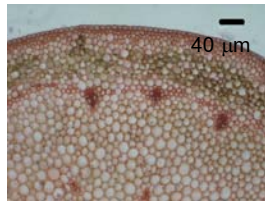
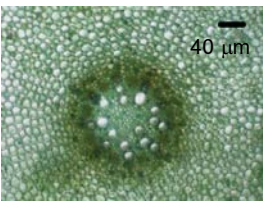
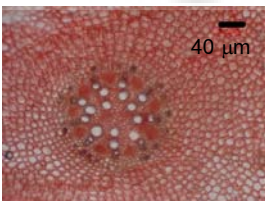
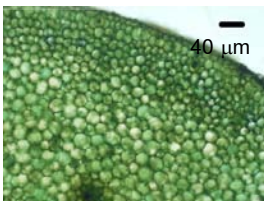
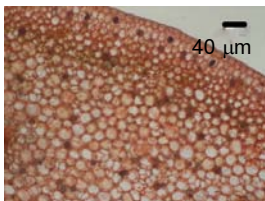
จากการศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีย้อมผ้าที่มีระยะเวลาในการย้อม แตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 1 นาที 2 นาที 3 นาที 4 นาที และ 5 นาที (ภาพประกอบ 13 14 15 และ 16) พบว่า ระยะเวลาในการย้อมสีเซลลล์และเนื้อเยื่อพืชสามารถย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลลล์และทำให้สามารถสังเกตเห็นโครงสร้างภายในเซลลล์ได้ชัดเจน เริ่มต้นตั้งแต่ 3 นาที จนถึง 5 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชชนิดตัวอย่างที่นำมาย้อมสี และจากการสังเกต พบว่า หากใช้ระยะเวลาในการย้อมสีมากขึ้น การติดสีโครงสร้างและพื้นหลังของเซลลล์ก็จะเพิ่มมากขึ้น



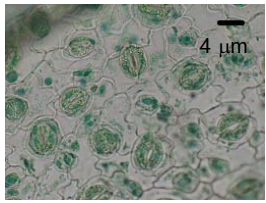
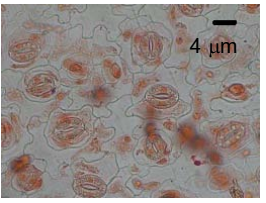
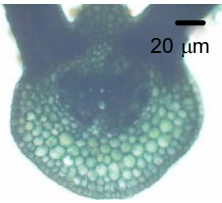
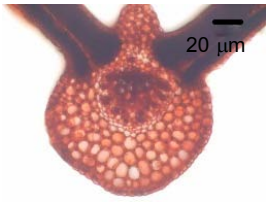
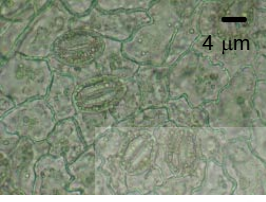
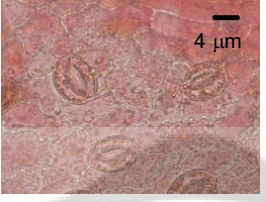

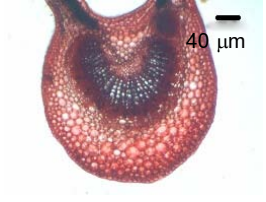
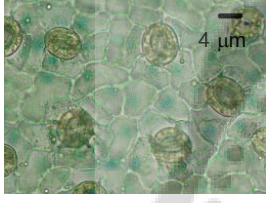
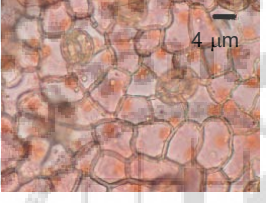

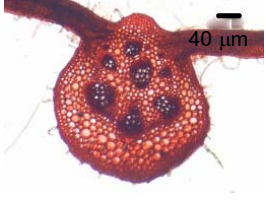
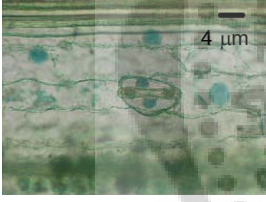
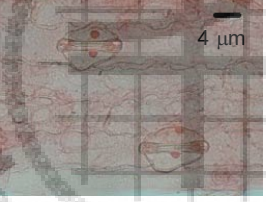
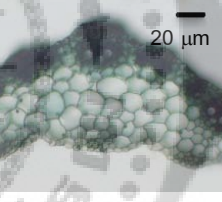

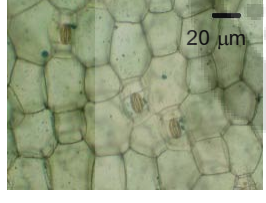
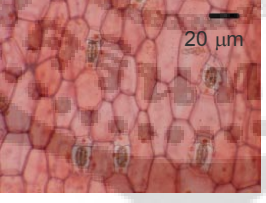
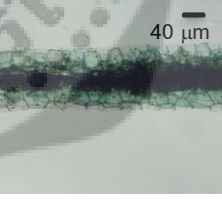
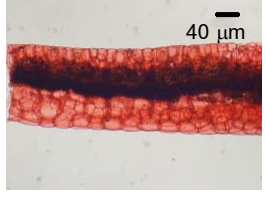
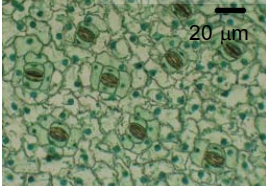
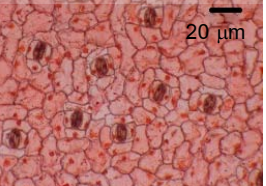
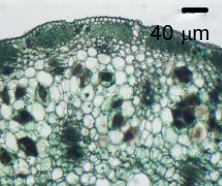
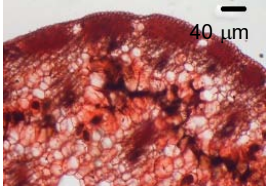
ภาพประกอบ 13 ประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลลล์เนื้อเยื่อพืชที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้าสีแดง ที่มีระยะเวลาในการย้อมสีแตกต่างกัน



ภาพประกอบ 14 ประสิทธิภาพการย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลลล์เนื้อเยื่อพืชที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้าสีเขียว ที่มีระยะเวลาในการย้อมสีแตกต่างกัน

ชนิดของ พืช	ราก		ลำต้น	
	สีเขียว	สีแดง	สีเขียว	สีแดง
ถั่วเขียว				
กุหลาบ หนู				
เฟื่องฟ้า				
ข้าวโพด				
ว่าน กาบหอย				
สวาน้อย ประแป้ง				

ภาพประกอบ 15 การติดสีของโครงสร้างตัดตามขวางของรากและลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้า

ชนิดของพืช	เนื้อเยื่อชั้นผิวใบ		เส้นกลางใบ	
	สีเขียว	สีแดง	สีเขียว	สีแดง
ถั่วเขียว				
กุหลาบหนู				
เฟื่องฟ้า				
ข้าวโพด				
ว่านกาบหอย				
สาวน้อยประแป้ง				

ภาพประกอบ 16 การติดสีของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบและโครงสร้างตัดตามขวางของเส้นกลางใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้า

## 2.2 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

จากการนำบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ ประเมินความสอดคล้องและคุณภาพของบทปฏิบัติการ พบว่า บทปฏิบัติการมีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 0.83 และมีคุณภาพอยู่ในระดับดี (4.29)

## 2.3 การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้

จากการนำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองและเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ต่างๆ ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง ไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้อง พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ทุกแผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 60 ข้อ แบบสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง จำนวน 4 ข้อ และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง จำนวน 20 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ขึ้นไป

## 2.4 การนำบทปฏิบัติการและเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

จากการนำบทปฏิบัติการและเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ผู้เรียนสามารถดำเนินการตามบทปฏิบัติการได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและเมื่อนำคะแนนระหว่างเรียนกับคะแนนหลังเรียนมาวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ พบว่า มีค่าเท่ากับ 81.89/82.67 ซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (80/80) และเมื่อนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาวิเคราะห์ค่าความยาก-ง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ พบว่า ข้อคำถามที่มีค่าความยาก-ง่าย อยู่ในช่วง 0.2 – 0.8 มีจำนวน 50 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก (r) มากกว่า 0.20 ขึ้นไป จำนวน 49 ข้อ จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามจำนวน 30 ข้อ สำหรับนำไปวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน โดยมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.89

## ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบสอนจริงกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง

### 3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

จากการนำบทปฏิบัติการและเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนรัฐวิทย์ศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนระยองวิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 90 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยายและกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจาก

ผู้เรียนทำแบบทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้วนำคะแนนก่อนเรียนมาวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ด้วยค่าทางสถิติ  $t$ -test for independent samples ที่  $p = 0.05$

จากการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนรวมของผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม (ตาราง 4) พบว่าผู้เรียนกลุ่มทดลองและผู้เรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน ( $p \geq 0.05$ ) โดยผู้เรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ( $11.12 \pm 2.80$ ) สูงกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุม ( $10.55 \pm 3.49$ )

ตาราง 4 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ค่าทางสถิติ  $t$ -test for independent samples

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนผู้เรียน (คน)	ก่อนเรียน ( $\bar{x} \pm SD$ )	$t$	$p$ -value
กลุ่มทดลอง	50	$11.12 \pm 2.80$	.860	.392
กลุ่มควบคุม	40	$10.55 \pm 3.49$		

จากนั้นวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนกลุ่มทดลองและผู้เรียนกลุ่มควบคุม จากคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน โดยนำคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของผู้เรียนกลุ่มทดลองและผู้เรียนกลุ่มควบคุมมาเปรียบเทียบกัน โดยใช้ค่าทางสถิติ  $t$ -test for independent samples (ตาราง 5) พบว่า ผู้เรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน เมื่อได้รับการเรียนรู้แตกต่างกัน ทำให้ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) โดยกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยายมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการ

ตาราง 5 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ค่าทางสถิติ  $t$ -test for independent samples

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนผู้เรียน (คน)	หลังเรียน ( $\bar{x} \pm SD$ )	$t$	$p$ -value
กลุ่มทดลอง	50	$23.20 \pm 3.10$	6.063	0.00*
กลุ่มควบคุม	40	$18.60 \pm 4.10$		$(1.23 \times 10^{-7})$

นอกจากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ว ยังประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองด้วยค่าความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain) (ตาราง 6) ด้วยวิธี average normalized gain ของ Hake (1998) พบว่า ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) และเมื่อเปรียบเทียบค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนทั้ง 2 โดยใช้ค่าทางสถิติ  $t$ -test for independent samples



(ตาราง 7) พบว่า ผู้เรียนมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) โดยกลุ่มทดลองมีความก้าวหน้าทางการเรียน (0.64) สูงกว่ากลุ่มควบคุม (0.41)

ตาราง 6 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน (Normalized gain) ที่มีรูปแบบการเรียนรู้แตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (%post-%pre)	ผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (100-%pre)	Normalized gain <g>
กลุ่มทดลอง	11.12	23.20	40.27	62.94	0.64
กลุ่มควบคุม	10.55	18.60	26.84	64.84	0.41

ตาราง 7 เปรียบเทียบค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง ที่มีรูปแบบการเรียนรู้แตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนผู้เรียน (คน)	Normalized gain	t	p-value
กลุ่มทดลอง	50	0.64	5.156	0.00*
กลุ่มควบคุม	40	0.41		( $1.27 \times 10^{-4}$ )

เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนตามหัวเรื่องของบทปฏิบัติการ พบว่า ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีความรู้ความเข้าใจในหัวเรื่องทั้ง 3 หัวเรื่อง อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนที่เพิ่มขึ้นรายบุคคล โดยใช้วิธี single student normalized gain พบว่า ในกลุ่มควบคุมมีผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น จำนวน 36 คน (ร้อยละ 90) มีคะแนนเท่าเดิม จำนวน 2 คน (ร้อยละ 5) เมื่อพิจารณาผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียน พบว่า ผู้เรียนมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ จำนวน 6 คน อยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 27 คน และอยู่ในระดับสูง จำนวน 3 คน ส่วนกลุ่มทดลองผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้นทุกคน (ร้อยละ 100) โดยมีผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ จำนวน 3 คน (ร้อยละ 6) อยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 30 คน (ร้อยละ 60) และอยู่ในระดับสูง จำนวน 17 คน (ร้อยละ 34)

### 3.2 การสัมภาษณ์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

นำบทสัมภาษณ์ที่โครงสร้างที่ผ่านการพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้อง จำนวน 4 ข้อ มาสัมภาษณ์ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก โดยคัดเลือกผู้ถูกสัมภาษณ์จากคะแนนหลังเรียน เรื่อง ราก ลำต้น และใบ ตามลำดับ จากนั้นสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายจากกลุ่มผู้เรียนที่ถูกคัดเลือกกลุ่มละ 6 คน จากการสัมภาษณ์ผู้เรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการ พบว่า ผู้เรียนยังสับสนและเข้าใจผิดเกี่ยวกับโครงสร้างของพืชดอกในบางประเด็น ดังนี้ (R หมายถึง ผู้สัมภาษณ์ และ S หมายถึง ผู้ถูกสัมภาษณ์)

- R : ตอนที่เดินสำรวจป่า นักเรียนทราบได้อย่างไรว่า พืชที่พบเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือ พืชใบเลี้ยงคู่ จากการสังเกตโครงสร้างภายนอกของพืช
- S<sub>1</sub> : “...สังเกตที่ใบและลำต้น ใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เส้นใบจะเรียงตัวแบบขนาน แต่ถ้าเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ เส้นใบมีเส้นกลางใบและมีเส้นใบแตกแขนง ในลำต้น ถ้าเป็น พืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะเห็นข้อปล้องชัดเจน แต่ถ้าเป็นพืชใบเลี้ยงคู่จะสังเกตเห็นไม่ชัดเจน...”
- S<sub>3</sub> : “...สังเกตได้จากโครงสร้างของใบ เส้นใบ...”
- S<sub>4</sub> : “...สังเกตได้จากลำต้นและใบ ในส่วนของลำต้น สังเกตได้จากขนาด ความสูงของลำต้น และการมีข้อปล้อง ในส่วนของใบดูที่เส้นใบ...”
- R : นักเรียนมีขั้นตอนในการตรวจสอบโครงสร้างภายในของราก และลำต้น อย่างไร
- S<sub>1</sub> : “...นำไปตัดตามขวาง บริเวณรากและลำต้น หยดสีและนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์...”
- S<sub>3</sub> : “...นำรากของพืชมาตัดให้ได้ชิ้นบางที่สุด แช่น้ำไว้เพื่อไม่ให้เซลล์เสีย แล้วก็มาส่องดู...”
- S<sub>4</sub> : “...ตัดโครงสร้างตามขวางใส่ในจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้ และเลือกชิ้นส่วนที่ดีๆ ใน จานเพาะเชื้อมาหยดน้ำสี ปิดกระจกปิดสไลด์ แล้วนำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์...”
- R : ในการตรวจสอบโครงสร้างภายในของราก ลำต้น และใบของพืชชนิดนั้น จะทราบได้ อย่างไรว่า พืชชนิดนั้นเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือพืชใบเลี้ยงคู่
- S<sub>1</sub> : “...ราก ตรงกลางจะเป็นแฉกๆ เป็นส่วนของไซเล็ม แต่ถ้าเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวตรงกลางไม่ เป็นแฉก แต่จะเป็นกลมๆ เป็นส่วนของไซเล็มและโฟลเอ็ม...”
- S<sub>3</sub> : “...ถ้าเป็นรากพืชใบเลี้ยงคู่จะเป็น 4 แฉก ถ้าเป็นรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะรวมตัวอยู่ ตรงกลางอย่างเป็นระเบียบ ถ้าเป็นลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่มีมัดท่อลำเลียงจะเรียงตัวเป็น ระเบียบอยู่รอบๆ ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะมีมัดท่อลำเลียงกระจายอยู่ทั่วลำต้น...”
- S<sub>4</sub> : “...ในส่วนของใบ พืชใบเลี้ยงคู่จะมีพาลิเซตเซลล์ มีเส้นกลางใบ ภายในเส้นกลางใบจะมี มัดท่อลำเลียงอยู่ ภายในพาลิเซตเซลล์ก็จะมีคลอโรพลาสต์อยู่ ข้างนอกเป็นชั้นเอพิเดอร์มิส...”
- R : พืชมีการลำเลียงน้ำจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าไปยังไซเล็มของรากได้อย่างไร
- S<sub>1</sub> : “...เริ่มจากเซลล์ขนรากของพืช เข้าไปภายในผ่านเนื้อเยื่อชั้นผิว คอร์เทกซ์เข้าไป ภายใน โดยมีเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำทำหน้าที่ลำเลียงน้ำอยู่ภายใน...”
- S<sub>3</sub> : “...รากจะดูดซึมเข้าไปทางขนราก คอร์เทกซ์ เพอริไซเคิลและสตีล ลำเลียงเข้าไปในไซเล็ม...”
- S<sub>4</sub> : “...น้ำผ่านเข้ามาทางขนราก ผ่านชั้นเอพิเดอร์มิส เข้ามาในชั้นคอร์เทกซ์ ผ่านเอนโดเดอร์มิส เข้ายังส่วนของไซเล็ม...”

ส่วนผู้เรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยาย สามารถอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของพืชดอกได้อย่างถูกต้อง ดังนี้ (R หมายถึง ผู้สัมภาษณ์ และ S หมายถึง ผู้ถูกสัมภาษณ์)

- R : ตอนที่เดินสำรวจป่า นักเรียนทราบได้อย่างไรว่า พืชที่พบเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือ พืชใบเลี้ยงคู่ จากการสังเกตโครงสร้างภายนอกของพืช
- S<sub>1</sub> : “...ลักษณะของเส้นใบ ถ้าเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะมีใบลักษณะเรียวยาว เส้นใบขนานกัน และมีก้านใบ ถ้าเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ แผ่นใบจะแผ่กว้าง เส้นใบจะแตกแขนง ลักษณะของลำต้น ถ้าเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ลำต้นจะยึดยาวออก แต่ถ้าเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ลำต้นจะมีขนาดใหญ่ รากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะเป็นระบบรากฝอย ส่วนพืชใบเลี้ยงคู่จะเป็นระบบรากแก้ว...”
- S<sub>3</sub> : “...สังเกตจากลักษณะ เช่น พืชใบเลี้ยงเดี่ยว ใบจะมีลักษณะเรียวยาวแล้วก็ยาว เส้นใบจะขนานกัน แต่ถ้าพืชใบเลี้ยงคู่ แผ่นใบมันจะมีลักษณะแผ่กว้าง เส้นใบแตกแขนง มีก้านใบ มีลำต้นขนาดใหญ่ มีระบบรากแก้ว...”
- R : นักเรียนมีขั้นตอนในการตรวจสอบโครงสร้างภายในของราก และลำต้น อย่างไร
- S<sub>1</sub> : “...ตัดส่วนที่ต้องการจะศึกษามาแช่ในน้ำ และนำมาตัดให้มีขนาดที่พอเหมาะ จับได้ถนัดมือ โดยสามารถใช้หัวไซเท้ามาประกบขึ้นตัวอย่างเพื่อให้สามารถจับได้ถนัดขึ้น นำใบมีดโกนไปจุ่มน้ำ แล้ววางให้ขนานกับชิ้นตัวอย่าง ค่อยๆ ตัดชิ้นตัวอย่างออก โดยให้ได้บางที่สุด...”
- S<sub>3</sub> : “...เลือกชิ้นตัวอย่างที่บางที่สุด แล้วเอาฟู่กันมานำชิ้นตัวอย่าง 1 – 2 ชิ้น ไปวางบนสไลด์ แล้วหยดสีย้อมทิ้งไว้ 3 – 5 นาที ใช้น้ำล้างออก แล้วหยดน้ำลงบนสไลด์แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ แล้วนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์...”
- R : ในการตรวจสอบโครงสร้างภายในของราก ลำต้น และใบของพืชชนิดนั้น จะทราบได้อย่างไรว่า พืชชนิดนั้นเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือพืชใบเลี้ยงคู่
- S<sub>1</sub> : “...รากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ใต้ม่าจะเป็นเชลล์พาเรงคิมา มีไซเล็มและโพลีเอมเรียงตัวตามแนวรัศมี มากกว่า 4 แฉก ส่วนพืชใบเลี้ยงคู่ ใต้ม่าจะเป็นไซเล็มเป็นแฉกประมาณ 4 แฉก ระหว่างแฉกจะมีโพลีเอมแทรกอยู่...”
- S<sub>3</sub> : “...พืชใบเลี้ยงเดี่ยว ลำต้นมีมัดท่อลำเลียงจะกระจัดกระจาย แต่ถ้าเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ลำต้นก็จะมีมัดท่อลำเลียงเรียงตัวแบบเป็นระเบียบ...”
- R : พืชมีการลำเลียงน้ำจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าไปยังไซเล็มของรากได้อย่างไร
- S<sub>1</sub> : “...ผ่านขนราก คอร์เทกซ์ เอนโดเดอริส และสตีล ผ่านเพอริไซเคลิ มัดท่อลำเลียงเข้าสู่ไซเล็มของราก...”
- S<sub>3</sub> : “...เนื้อเยื่อชั้นผิวบริเวณราก จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเพื่อดูดน้ำ ผ่านเข้าสู่ชั้นคอร์เทกซ์ เข้าไปสู่ชั้นของสตีล ผ่านเพอริไซเคลิ ผ่านมัดท่อลำเลียง แล้วเข้าสู่ไซเล็มของราก

### 3.3 การหาระดับความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง

จากการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า ผู้เรียนมีระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง ทั้งในด้านการจัดการเรียนรู้และด้านบทบาทปฏิบัติการอยู่ในระดับมาก ดั่งตาราง 8

ตาราง 8 เปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้  
ที่มีรูปแบบการเรียนรู้แตกต่างกัน

รายการประเมิน	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	ความพึงพอใจ	แปลผล	ความพึงพอใจ	แปลผล
ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้วยการสร้างความรู้ด้วยตนเอง	$(\bar{X} \pm SD)$		$(\bar{X} \pm SD)$	
1. นักเรียนได้ใช้ความรู้เรื่องเซลล์และเนื้อเยื่อพืช ในการเรียน	3.92 ± 0.75	มาก	3.98 ± 0.83	มาก
2. การเริ่มต้นของครูทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็นในเรื่องที่เรียน	4.12 ± 0.90	มาก	4.30 ± 0.76	มาก
3. นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง เช่น การตัดโครงสร้างตามขวาง การย้อมสีโครงสร้างภายในของพืช การใช้กล้องจุลทรรศน์	3.78 ± 0.76	มาก	3.93 ± 0.83	มาก
4. ครูให้คำปรึกษาและช่วยเหลือนักเรียนเพียงพอ สำหรับการทดลองให้ประสบความสำเร็จ	4.12 ± 0.90	มาก	4.30 ± 0.65	มาก
5. นักเรียนได้วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการ ทดลองกับเพื่อนนักเรียน	3.82 ± 0.77	มาก	3.78 ± 0.89	มาก
6. นักเรียนได้อภิปราย ชักถาม และแลกเปลี่ยน ความคิดเห็นและโต้แย้งอย่างมีเหตุผล	3.80 ± 0.76	มาก	3.60 ± 1.03	มาก
7. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น การลงมือปฏิบัติ การอภิปราย ฯลฯ	3.84 ± 0.96	มาก	3.96 ± 0.92	มาก
8. การจัดกิจกรรมโดยการลงมือปฏิบัติจริง ทำให้ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับความรู้หรือ ประสบการณ์เดิมของนักเรียนได้	3.94 ± 0.77	มาก	3.93 ± 0.86	มาก
9. นักเรียนสามารถสรุปความรู้ที่เรียนในแต่ละ หัวเรื่องได้ถูกต้อง	3.86 ± 0.78	มาก	3.80 ± 0.91	มาก
10. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ใน การเรียนวิชาชีววิทยาในหัวเรื่องอื่นๆ ได้	4.20 ± 0.88	มาก	4.18 ± 0.78	มาก
คะแนนเฉลี่ยโดยภาพรวม	3.94 ± 0.81	มาก	3.85 ± 0.80	มาก

ตาราง 8 (ต่อ)

รายการประเมิน	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	ความพึงพอใจ	แปลผล	ความพึงพอใจ	แปลผล
ด้านบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก	$(\bar{X} \pm SD)$		$(\bar{X} \pm SD)$	
1. บทปฏิบัติการมีรูปแบบน่าสนใจ	3.94 ± 0.79	มาก	4.15 ± 0.74	มาก
2. บทปฏิบัติการสอดคล้องกับเนื้อหาสาระ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก	4.12 ± 0.80	มาก	4.10 ± 0.74	มาก
3. บทปฏิบัติการระบุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และสาระสำคัญอย่างชัดเจน	3.76 ± 0.89	มาก	3.95 ± 0.75	มาก
4. บทปฏิบัติการระบุขั้นตอนการทำกิจกรรม อย่างชัดเจน	3.84 ± 0.79	มาก	4.05 ± 0.75	มาก
5. นักเรียนสามารถทำตามขั้นตอนการทำ กิจกรรมได้อย่างถูกต้อง	3.76 ± 0.72	มาก	4.03 ± 0.86	มาก
6. นักเรียนสามารถทำการทดลองตาม ระยะเวลาที่กำหนด	3.54 ± 0.81	มาก	3.73 ± 0.85	มาก
7. การปฏิบัติตามบทปฏิบัติการสามารถ พัฒนาทักษะกระบวนการคิดของนักเรียนได้	3.84 ± 0.77	มาก	3.98 ± 0.83	มาก
8. การปฏิบัติตามบทปฏิบัติการสามารถ พัฒนาทักษะกระบวนการทดลองของ นักเรียนได้	3.96 ± 0.83	มาก	4.00 ± 0.75	มาก
9. นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับ ผลการทดลองได้	3.82 ± 0.90	มาก	3.98 ± 0.83	มาก
10. บทปฏิบัติการสามารถนำไปใช้ในการจัด การเรียนรู้ได้	3.94 ± 0.77	มาก	4.03 ± 0.73	มาก
คะแนนเฉลี่ยโดยภาพรวม	3.97 ± 0.86	มาก	4.00 ± 0.78	มาก

## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

#### สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยสรุปผลการศึกษา ดังนี้

#### ตอนที่ 1 การสำรวจปัญหาในการเรียนรายวิชาชีววิทยา

จากการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยาของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า ผู้เรียนร้อยละ 76.1 ชอบเรียนรายวิชาชีววิทยา โดยผู้เรียนร้อยละ 58.2 ชอบเรียนเนื้อหาสาระเกี่ยวกับ “สัตว์” มากกว่า “พืช” แต่ผู้เรียนร้อยละ 56.7 คิดว่า การทำกิจกรรมการทดลองส่วนใหญ่เป็นการทดลองเกี่ยวกับ “พืช” และผู้เรียนร้อยละ 53.0 ยังคิดว่าตนเองสามารถทำการทดลองเกี่ยวกับ “พืช” ได้ดีกว่า “สัตว์” แต่ผู้เรียนร้อยละ 49.3 คิดว่า การเรียนรายวิชาชีววิทยาส่วนใหญ่เป็นการเรียนด้วยการบรรยายหรือมีการทำการทดลองในรายวิชาชีววิทยาน้อยกว่า 2 ครั้ง ในแต่ละภาคเรียน (ร้อยละ 55.9)

#### ตอนที่ 2 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

##### 2.1 ศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีสังเคราะห์และสีย้อมผ้า

จากการศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้าที่มีสีย้อมผ้าแตกต่างกัน 3 สี ได้แก่ สีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ น้ำประปาและเอทานอลร้อยละ 70 (แอลกอฮอล์ล้างแผล) ร้อยละความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5 ร้อยละ 1.0 ร้อยละ 1.5 ร้อยละ 2.0 และ ร้อยละ 2.5 และระยะเวลาในการย้อมสีที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 1 นาที 2 นาที 3 นาที 4 นาที และ 5 นาที ตามลำดับ พบว่า สีย้อมผ้าสีแดงและสีย้อมผ้าสีเขียวที่ละลายในเอทานอลร้อยละ 70 ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 เป็นเวลา 3 – 5 นาที สามารถสังเกตเห็นองค์ประกอบภายในเซลล์พืช เช่น ผนังเซลล์ ไซโทพลาซึม และนิวเคลียสได้ชัดเจน

##### 2.2 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

จากการนำบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพและความสอดคล้องของบทปฏิบัติการ พบว่า บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก มีความสอดคล้องและมีคุณภาพอยู่ในระดับดีและเมื่อนำไปทดลองใช้ผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พบว่า บทปฏิบัติการมีประสิทธิภาพประภาพ เท่ากับ 81.89/82.67

### ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนจริงกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง

จากการนำบทปฏิบัติการไปทดสอบสอนจริงกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 90 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่มีการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยายจำนวน 50 คน และกลุ่มควบคุมที่มีการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการ จำนวน 40 คน พบว่า กลุ่มผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียนแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียน (23.20 และ 0.64 ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มควบคุม (18.60 และ 0.41 ตามลำดับ) นอกจากนี้จากการสัมภาษณ์ยังพบอีกว่า ผู้เรียนกลุ่มทดลองสามารถอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของพืชดอกได้อย่างถูกต้อง ส่วนผู้เรียนกลุ่มควบคุมบางคนยังสับสนและเข้าใจผิดเกี่ยวกับโครงสร้างของพืชดอก และจากการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน พบว่า กลุ่มผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองด้านการจัดการเรียนรู้และด้านบทปฏิบัติการอยู่ในระดับมาก

### อภิปรายผลการวิจัย

#### ตอนที่ 1 การสำรวจปัญหาในการเรียนรายวิชาชีววิทยา

จากการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยาของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ชอบเรียนรายวิชาชีววิทยา โดยผู้เรียนส่วนใหญ่ชอบเรียนเนื้อหาสาระเกี่ยวกับ “สัตว์” มากกว่า “พืช” แต่ผู้เรียนส่วนใหญ่คิดว่า การทำกิจกรรมการทดลองส่วนใหญ่เป็นการทดลองเกี่ยวกับ “พืช” แต่ผู้เรียนคิดว่า การเรียนรายวิชาชีววิทยาส่งผลดี เป็นการเรียนแบบบรรยายมากกว่าการเรียนด้วยการทำปฏิบัติการ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ P. Prokop; M. Prokop; & Tunnicliffe (2007) ที่ทำการสำรวจความสนใจและเจตคติของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายต่อการเรียนรายวิชาชีววิทยา พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ชอบเรียนรู้เกี่ยวกับ “สัตว์” โดยเฉพาะผู้เรียนเพศหญิงที่สนใจการเรียนรายวิชาชีววิทยามากกว่าผู้เรียนเพศชาย และมีความคิดเห็นแตกต่างกับผู้เรียนเพศชายอย่างมากในการเรียน เรื่อง “พืช” โดยผู้เรียนเพศหญิงตระหนักถึงความสำคัญของการเรียน เรื่อง “พืช” และรู้สึกว่าการเรียน เรื่อง “พืช” ไม่ยากเหมือนกับผู้เรียนเพศชาย และสอดคล้องกับงานวิจัยของวนิดา ฉัตรวิราคม (2556) ที่รายงานว่าการจัดการเรียนรู้ส่วนใหญ่เป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายมากกว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ เนื่องจากการขาดสื่อการเรียนการสอน เช่น วัสดุอุปกรณ์การทดลอง ดังนั้นครูผู้สอนจึงควรพัฒนาบทปฏิบัติการที่เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์การทดลองที่ซื้อได้ง่ายและมีราคาถูกเพื่อนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติและสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง การเรียน เรื่อง “พืช” การศึกษาเนื้อเยื่อพืช อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะพืชดอก นับว่ามีความสำคัญเนื่องจากทำให้ผู้เรียนสามารถจำแนก อธิบายลักษณะของเซลล์และเนื้อเยื่อพืช ภายในอวัยวะของพืชดอกและเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างภายในอวัยวะของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ได้ โดยการย้อมสี

เซลล์และเนื้อเยื่อพืชทำให้ผู้เรียนสามารถสังเกตเห็นเซลล์และเนื้อเยื่อภายในอวัยวะพืชได้ชัดเจนจึงมีการดัดแปลงวิธีการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชด้วยสีย้อมผ้า

## ตอนที่ 2 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

จากการศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีโครงสร้างภายในเซลล์พืช พบว่า สีย้อมผ้าสามารถย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์พืชได้เนื่องจากสีย้อมผ้าตราเทพพนมที่นำมาศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีโครงสร้างภายในเซลล์พืชเป็นสีไดเร็กซ์ซึ่งเป็นสีย้อมที่มีฤทธิ์เป็นกรด เมื่อนำสีย้อมผ้ามาละลายในตัวทำละลายโมเลกุลของสีย้อมจะแสดงประจุทำให้สามารถย้อมสีติดโครงสร้างต่างๆภายในเซลล์พืชได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Holde; & Isler (1958) ที่ศึกษาผลการย้อมสีเนื้อเยื่อด้วยสีย้อมที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน พบว่า สีที่มีภาวะเป็นกรด หรือสีที่มีภาวะเป็นกรดที่ละลายในเบสสามารถย้อมสีติดไซโทพลาซึมและไฟเบอร์ของเนื้อเยื่อได้

จากการศึกษาประสิทธิภาพการย้อมสีโครงสร้างภายในเซลล์พืชด้วยสีย้อมผ้าที่มีตัวทำละลายแตกต่างกัน พบว่า สีย้อมผ้าละลายในเอทานอลร้อยละ 70 ได้ดีกว่าน้ำประปา เนื่องจากสีย้อมผ้าเป็นโมเลกุลที่มีขั้วจึงละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วเหมือนกัน ตามกฎ “like dissolves like” โดยโมเลกุลของสีย้อมจะยึดเกาะกับเนื้อเยื่อพืชด้วยแรงระหว่างโมเลกุล (Van der Waals interaction) และพันธะต่างๆ เช่น พันธะไอออนิกและพันธะไฮโดรเจน ทำให้สีย้อมย้อมสีติดโครงสร้างภายในเซลล์โดยไม่ต้องเติมสารช่วยติดสี (อภิชาติ สนธิสมบัติ, 2545) และสีย้อมผ้าที่ละลายในเอทานอลร้อยละ 70 ย้อมสีติดนิวเคลียสและไซโทพลาซึมเช่นเดียวกับสีสังเคราะห์ (ประศาสตร์ เกี่ยมณี, 2551) และมีร้อยละความเข้มข้นสอดคล้องกับสีสังเคราะห์ แต่มีระยะเวลาในการย้อมสีเพียง 3 – 5 นาที

จากการนำบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องและคุณภาพของบทปฏิบัติการ พบว่า บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ขึ้นไปและมีคุณภาพของบทปฏิบัติการอยู่ในระดับดี เนื่องจากบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมาจากการทดลองทางพฤกษศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของผู้เรียนทั้งในด้านเนื้อหาสาระ ทักษะกระบวนการและความเหมาะสมของการศึกษาทดลอง เช่น อุปกรณ์และสารเคมี วิธีการดำเนินการทดลอง ช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองและความปลอดภัยในการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรทิพย์ วงษ์นาป่า (2548) อรุมา ละมุล (2541) พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544) และผ่องฤดี พวงประดิษฐ์ (2546) ที่สร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการขึ้นจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่า บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องและมีคุณภาพอยู่ในระดับดี – ดีมาก และสามารถพัฒนาผู้เรียนด้านเนื้อหาสาระและทักษะกระบวนการสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วยการบรรยาย



จากการนำบทปฏิบัติการไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พบว่า บทปฏิบัติการมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพมาตรฐาน 80/80 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก เป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการควบคู่กับการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่ม (วรรณทิพา รอดแรงคำ; และ พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์. 2551) โดยผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการดำเนินการทดลองในบทปฏิบัติการซึ่งเป็นการพัฒนาผู้เรียนทั้งในด้านเนื้อหาสาระและทักษะกระบวนการต่างๆ เช่น ทักษะปฏิบัติการ ทักษะกระบวนการคิด ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการจึงเป็นการพัฒนาผู้เรียนทั้งในด้านเนื้อหาสาระและทักษะกระบวนการ ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของ Nzewi (2008) และ Nwagbo (2008) ที่รายงานว่า ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาอย่างเต็มศักยภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Patrick (2010) ที่ศึกษาผลการเรียนรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติในรายวิชาชีววิทยา โดยผู้เรียนกลุ่มทดลองที่ได้ลงมือปฏิบัติมีคะแนนปฏิบัติการและคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุม ( $p < 0.05$ ) และ Kanli; & Yagbasan (2007) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ผู้เรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากับผู้เรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบความรู้ ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้ยังกล่าวอีกว่าผู้เรียนกลุ่มทดลองมีความก้าวหน้าทางการเรียนและด้านทักษะกระบวนการสูงกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุม ทั้งยังลดการเข้าใจผิดเกี่ยวกับเนื้อหาสาระนั้นๆ อีกด้วย และ Schulz; & McRobbie (1994) ที่เปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายกับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการ สำหรับจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยวิเคราะห์ความรู้อื่นของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการมีผลการเรียนรู้เพิ่มขึ้น ( $p < 0.05$ ) และงานวิจัยของ Nwagbo; & Chukelu (2011) ที่ศึกษาผลการจัดกิจกรรมเชิงปฏิบัติการรายวิชาชีววิทยา พบว่า ผู้เรียนมีพัฒนาการทั้งในด้านเนื้อหาสาระและทักษะกระบวนการ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการจึงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนมากกว่าการสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว

### ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนจริงกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง

จากการนำบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกไปทดลองสอนกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 90 คน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยายและกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการ พบว่า ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน ( $p \geq 0.05$ ) แต่เมื่อผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แตกต่างกันตามแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียนแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) โดยกลุ่มทดลองมี

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยายเป็นการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นความสนใจของผู้เรียนซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Stewart; & Stavrianeas (2008) ที่เริ่มต้นการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและพยายามแสวงหาความรู้นั้นด้วยตนเองมากกว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการที่ผู้สอนได้อธิบายความรู้เหล่านั้นก่อนที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติและจากการสัมภาษณ์ผู้เรียน พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยายก่อนทำปฏิบัติการอาจทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและมีระยะเวลาในการจดจำสั้นกว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนบรรยายซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cannon (1999) ที่จัดการเรียนรู้ด้วยการทำบทปฏิบัติการก่อนการบรรยายซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้จากรูปธรรมไปยังนามธรรมทำให้ผู้เรียนที่ไม่ได้เรียนแผนการเรียนรัฐวิद्याศาสตร์-คณิตศาสตร์สามารถสร้างความรู้เข้าใจด้านเนื้อหาสาระในเรื่องที่เรียนได้ สอดคล้องกับกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีอายุประมาณ 10-15 ปี ซึ่งอยู่ในขั้นปฏิบัติการคิดด้วยนามธรรม (Formal Operational Stage) ตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (สุรางค์ ไคว์ตระกูล, 2541); (ทิตินา แชมมณี, 2554) และ Phomphisutthimas (2007) ได้เปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ 3 รูปแบบ ได้แก่ การบรรยายเพียงอย่างเดียว การบรรยายก่อนการทำบทปฏิบัติการและการทำบทปฏิบัติการก่อนการบรรยาย พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทำบทปฏิบัติการก่อนการบรรยายมีความรู้ความเข้าใจมากกว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการบรรยายก่อนการทำปฏิบัติการและการบรรยายเพียงอย่างเดียว ( $p < 0.05$ ) โดยผู้สอนสามารถประเมินความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนตั้งแต่เริ่มกระบวนการปฏิบัติ (รูปธรรม) จนถึงการบรรยาย (นามธรรม)

จากการสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง พบว่า ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับดีทั้งด้านการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองและด้านบทปฏิบัติการ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เข้าบทปฏิบัติการที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพทำให้ผู้เรียนสามารถทำการทดลองตามบทปฏิบัติการได้อย่างถูกต้องและสามารถสร้างความรู้ความเข้าใจจากลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ พิมพันธ์ เตชะคุปต์; และ พเยาว์ ยินดีสุข. (2551) ที่รายงานว่ เมื่อนำทฤษฎีการสร้างความรู้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งในด้านเนื้อหาสาระและทักษะกระบวนการและสามารถนำความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม และสอดคล้องกับการรายงานของ รุ่ง แก้วแดง (2543) ที่รายงานว่ การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองโดยผู้เรียนสามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและความรู้ที่ได้รับเป็นความรู้เชิงประจักษ์ที่ได้รับจากการใช้ประสาทสัมผัส จากนั้นผู้เรียนใช้

กระบวนการคิดเพื่อวิเคราะห์และสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองซึ่งเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้เรื่องราวต่างๆ ต่อไป (Hergenhahn; & Olson. 1993) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ กานต์รวี ใจงาม (2545) พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544) ทวิช แจ่มจำรัส (2545) อรทัย ศรีสมชัย (2547) และ ธนวรรณ โสมน้อย (2548) ที่พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับมาก

### ข้อเสนอแนะ

1. ในการย้อมสีเซลลล์และเนื้อเยื่อพืช อาจศึกษาปัจจัยในการเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสีเซลลล์และเนื้อเยื่อพืช โดยใช้สีย้อมผ้าเพิ่มเติม เช่น อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-เบส เพื่อให้สีย้อมผ้าย้อมติดสีโครงสร้างได้ดีขึ้น
2. ในการศึกษาเซลลล์และเนื้อเยื่อพืช และโครงสร้างภายในเซลลล์พืช การทำสไลด์ถาวรโดยใช้สีย้อมผ้า อาจเป็นนวัตกรรมหนึ่งในการเรียนการสอนภายในโรงเรียนได้
3. ในการศึกษาเซลลล์และเนื้อเยื่อพืช และโครงสร้างภายในเซลลล์พืช อาจมีพืชบางชนิดที่มียาง ดังนั้นผู้สอนอาจเพิ่มกิจกรรมอีกขั้นขั้นตอนสำหรับกำจัดยางออก เช่น การนำพืชชิ้นตัวอย่างไปแช่น้ำอุ่นก่อนนำมาย้อมสี



บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และการวิเคราะห์สาระสำคัญ. กรุงเทพฯ: ศูนย์สภาลาดพร้าว.
- กานต์วี ใจงาม. (2545). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การผลิตแก๊สโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น. ปริญญาโท กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- กิ่งฟ้า สินธุวงษ์. (2550). การสอนเพื่อพัฒนาการคิดและการเรียนรู้. ขอนแก่น: โรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ; และ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2542). สมุนไพรไม้พื้นบ้าน (3). กรุงเทพฯ: ประชาชน.
- โครงการ PISA ประเทศไทย และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). ปัจจัยที่ทำให้ระบบโรงเรียนประสบความสำเร็จ. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- เจดศักดิ์ ชุมนุม. (2541). “นิรมิตนิยม-ทฤษฎีการสร้างความรู้โดยผู้เรียน (Constructivism)”. รวมบทความบทเรียน: นวัตกรรมจากโครงการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์. กรุงเทพฯ: สำนักงานประสานงาน.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2536). เอกสารการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา. (สาขาวิชาศึกษาศาสตร์). (เอกสารประกอบคำสอน). กรุงเทพฯ: ฝ่ายการพิมพ์สำนักเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ชนาธิป พรกุล (2554). การสอนกระบวนการคิด: ทฤษฎีและการนำไปใช้. กรุงเทพฯ: วี พรีนซ์.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2522). หลักสูตรการทฤษฎีเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เรื่องแก้วการพิมพ์.
- ..... (2533). เทคโนโลยีทางการศึกษา ทฤษฎี และการวิจัย. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ฐาปนีย์ เมธิพลกุล. (2542). การสำรวจปลาทะเลที่หาเทียบเรือประมงชุมพร เพื่อพัฒนาทปฏิบัติการเสริมความรู้ชีวิตวิทยา เรื่อง การจำแนกอันดับปลาทะเล. ปริญญาโท กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- ณัฐธินิชา โพธิ์งาม; และ สุระ วุฒิพรหม. (2553, กรกฎาคม – ธันวาคม). การจัดการเรียนรู้จากปฏิบัติการเรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะทางวิทยาศาสตร์. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 1(2): 75-84.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542). ทางเลือกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: ดวงกมลการพิมพ์.

- ทวิช แจ่มจรัส. (2545). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ ในท้องถิ่น: กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี. ปรินูฎยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- ทศนา แชนมณี. (2554). ศาสตร์แห่งการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 14. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธวัช ดอนสกุล. (2534). *ชว 581 ไมโครเทคนิค. (เอกสารประกอบคำสอน)*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ธนวรรณ โสมน้อย. (2548). การพัฒนาทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา: การสอนสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- นันทิยา บุญเคลือบ; และคนอื่นๆ. (2540). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด Constructivism. *วารสาร สสวท.* 25(96): 11-15.
- บัญญัติ พูลโกคา. (2556). แอลกอฮอล์. (เอกสารประกอบคำสอน). สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2555, จาก [http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/course\\_info/2302265/Alcohol-I.pdf](http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/course_info/2302265/Alcohol-I.pdf)
- บุญเกื้อ ควรหาเวช. (2545). *คู่มือผลิตรายการวิทยุกระจายเสียง*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). *พัฒนาหลักสูตรและการสอน*. มหาสารคาม: ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ประเทืองทิพย์ สุกุมลจันทร์. (2545). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแปรรูปและทดสอบ เรื่องสารอาหารในพืชสมุนไพร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินูฎยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- ประวิตร ชูศิลป์. (2524). *หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่*. กรุงเทพฯ: ภาคพัฒนาตำรา และเอกสารหน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู. อัดสำเนา.
- ประศาสตร์ เกื้อมณี. (2551). *เทคนิคเนื้อเยื่อพืช*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เป็รื่อง กุ่มทุ. (2519). *เทคนิคการเขียนบทเรียนโปรแกรม*. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ผ่องฤดี พวงประดิษฐ. (2546). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การย้อมด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติจากใบพืชตามความนิยมของท้องถิ่น. ปรินูฎยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553. (2542, 14 สิงหาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 116 ตอนที่ 74. หน้า 1.

- พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. (2544). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์; และ พเยาว์ ยินดีสุข. (2551). *ทักษะ 5C เพื่อการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้และการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรทิพย์ วงษ์นาป่า. (2548). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- มานิต คัดอยู่. (2552). *สีย้อมธรรมชาติจากฝางสำหรับการศึกษาเซลล์และเนื้อเยื่อพืช*. *วารสารพฤกษศาสตร์ไทย*. 1(2): 61-69.
- มนตรี แย้มกสิกร. (2551, ตุลาคม-2550, มกราคม). *เกณฑ์ประสิทธิภาพในงานวิจัยและพัฒนาสื่อการสอน: ความแตกต่าง 90/90 Standard and E1/E2*. *วารสารศึกษาศาสตร์*. 19(1): 1-16.
- รุ่ง แก้วแดง. (2543). *ปฏิบัติการเรียนรู้ ผู้เรียนสำคัญที่สุด*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ. (2535). *การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมด้วยสิ่งแวดล้อมศึกษา*. กรุงเทพฯ: กรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ.
- ลิลี โกศัยยานนท์. (2541). *คู่มือวิชาการสิ่งทอ*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- วนิดา ฉัตรวิราคม. (2556). *การนิเทศและการแก้ปัญหาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ SE 743 (เอกสารประกอบคำสอน)*. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. สืบค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2556, จาก <http://e-book.ram.edu/e-book/inside/html/dlbook.asp?code=SE743>
- วิจิต สุรัตน์เรืองชัย; ฉลอง ทับศรี; ลัดดา สุขปรีดี; มนตรี แย้มกสิกร; อนงค์ วิเศษณ์สุวรรณ; สุจินดา ม่วงมี; ปรินญา ทองสอน; อาพันธ์ชนิต เจนจิต; และ ระพินทร์ ฉายวิมล. (2548, พฤศจิกายน - 2549, มีนาคม). *การศึกษาสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนของคณาจารย์มหาวิทยาลัยบูรพา*. *วารสารศึกษาศาสตร์*. 17(2): 105-116.
- วิศิษฐ์ศรี โตศุกวรรณ; อนิษฐาน ศรีนวล; และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2555). *การพัฒนาวิธีการย้อมสีเนื้อเยื่อพืชด้วยสีย้อมผ้า*. *ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์*. 12(2): 58-69.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2541). *ทฤษฎีการสร้างความรู้กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสาระการศึกษา ESSENCE OF EDUCATION “การเรียนการสอน”*. กรุงเทพฯ: กองทุนศาสตร์จารย์ ดร.อุบล เรียงสุวรรณ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ; และ พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์. (2551). *การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

- ศุภกัญญา ตันตระบัณฑิตย์; และ ปิลันธนา เลิศสถิตชนกร. (2555, พฤศจิกายน). *Solubility and Partition phenomena*. สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2555, จาก <http://www.slideshare.net/adriamycin/solu-partition2555>
- ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2553ก). *การทำ Sodium Hypochlorite 10% ให้เป็น 50-150 ppm. ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านเคมี*. สืบค้นเมื่อ 11 มีนาคม 2556, จาก <http://www.chemtrack.org/Board-Detail.asp?TID=0&ID=3103>
- ..... (2553ข). *การคำนวณสาร ( $c_1v_1=c_2v_2$ )*. ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านเคมี. สืบค้นเมื่อ 11 มีนาคม 2556, จาก <http://www.chemtrack.org/Board-Detail.asp?TID=0&ID=3103>
- สาระสุขภาพแพทย์แผนไทย. (2552, 5 กรกฎาคม). *เครื่องต้มฟางไคร้รู้จักบ้างยกมือขึ้น*. *ไทยโพสต์*. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2555, จาก <http://www.thaipost.net/node/7278>
- สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. ศูนย์พัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอ. (2555). *ความรู้เรื่องสีไดเร็กซ์เบื้องต้น*. สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2555, จาก [http://www.thaitextile.org/tdc/?page\\_id=1065](http://www.thaitextile.org/tdc/?page_id=1065)
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาระดับพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: CURS ภาพลาดพร้าว.
- สุมาลี ชัยเจริญ. (2548). *เทคโนโลยีการศึกษาและการพัฒนาระบบการสอน*. ขอนแก่น: ภาควิชา เทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุดสนอง ผาตินาวิน. (2528). *สีธรรมชาติเพื่อการย้อมทางชีววิทยา*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรพล วิหคไพบูลย์. (2543). *การพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่องการบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. อัดสำเนา.
- สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์. (2554). *ระเบียบวิธีวิจัย: หลักการและแนวปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- สุรางค์ โค้วตระกูล. (2541). *จิตวิทยาการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊กส์.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2553). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.



- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543). *ปฏิรูปการเรียนรู้ ผู้เรียนสำคัญที่สุด*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.
- สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. (2556, กุมภาพันธ์). *แผนพัฒนาการศึกษาของ กระทรวงศึกษาธิการ ฉบับที่สิบเอ็ด พ.ศ. 2555 – 2559*. สืบค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2556, จาก [http://www.plan.ru.ac.th/strategy/data/education\\_development\\_55-59.pdf](http://www.plan.ru.ac.th/strategy/data/education_development_55-59.pdf).
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2554, 21 มีนาคม). *มาตรฐานเลขที่ มอก. 739-2554 เรื่อง การกำหนดให้ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สีย้อมสังเคราะห์ : สีไดเร็กต์*.
- สำนักงานวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2551). *การสอนวิทยาศาสตร์ โดยเน้นทักษะกระบวนการ. ก้าวทันโลก วิทยาศาสตร์*. 8(2): 28-38.
- สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ; สถาพร วรรณชนวิจารย์; รังสรรค์ สุวรรณบุตร; และ วิราวรรณ บุคดา. (2545). *การดัดแปลงการย้อมสีปากใบพืช*. ราชภัฏวิจัยครั้งที่ 4. ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพฯ.
- อัญจวิ คำแสน; และ สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ. (2554, มกราคม-มิถุนายน). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยการใช้ชุดกิจกรรมปรับปรุงคุณภาพดินและการเปลี่ยนแปลงของดินสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*. 2(1): 11-21.
- อัญชลี ธรรมะวิชิกุล. (2552). *เทคนิคการนิเทศ: การสอนงาน (Coaching)*. สืบค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2556, จาก <http://panchalee.wordpress.com/2009/07/27/coaching/>
- อารมณ เพชรชื่น. (2548, มิถุนายน-ตุลาคม). *การสังเคราะห์งานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เกี่ยวกับการแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา*. *วารสารศึกษาศาสตร์*. 17(1): 77-95
- อภิชาติ สนธิสมบัติ. (2545). *กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- อรทัย ศรีสมชัย. (2547). *การพัฒนาบทปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมศึกษาในโรงเรียน*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- อรอุมา ละมุล. (2541). *การพัฒนาบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนักที่ใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.

- Anderson, O.R. (1976). *The Experience of Science: A New Perspective for Laboratory in Teaching*. New York: Teachers College Press, Columbia University.
- American Association of Textile Chemists and Colorists. (2011). Nomenclature for Subjective Rating Processes. *AATCC Technical Manual*. p. 406.
- Ausubel, D. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton.
- Ausubel, D.P.; Novak, J.D.; & Henesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Baker, E.; McGaw, B.; & Peterson, P. (2007). Constructivism and learning. *International Encyclopaedia of Education*. 3rd ed. Oxford: Elsevier.
- Bay, E.; Bagceci, B.; & Cetin, B. (2012). The Effects of Social Constructivist Approach on the Learners' Problem Solving and Metacognitive Levels. *Journal of Social Sciences*. 8(3): 343-349.
- Brook, J.G.; & Brooks, M.G. (1993). *The case for constructivist classroom*. New York: Associate for Supervision and Curriculum Development.
- Bruer, J. T. (1993). *Schools for thought: A science of learning in the classroom*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Cakir, M. (2008, October). Constructivist Approaches to Learning in Science and Their Implications for Science Pedagogy: A Literature Review. *International Journal of Environmental & Science Education*. 3(4): 193-206.
- Cannon, J. (1999). Cooperating with constructivism. *Journal of College Science Teaching*. 29(1): 17-23.
- Chinre, N.; & Chinyere, O. (2010). Effect of Constructivist Instructional Approach on Students' Achievement in Basic Ecological Concepts in Biology. *Journal of the Science Teachers Association of Nigeria*. 45(1-2): 26-35.
- Christianson, R.G.; & Fisher, K.M. (2001, september). Comparison of student learning about diffusion and osmosis in constructivist and traditional classrooms. *International Journal of Science Education*. 21(6): 687-698.
- Cobern, W.W. (1996a). Constructivism and Non-Western Science Education Research. *International Journal of Science Education*. 4(3): 287-302.
- ..... (1993b). Contextual constructivism: The impact of culture on the learning and teaching of science. In K. G. Tobin (editor), *The practice of constructivism in science education*, pp. 51-69. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

- Cook, D.J. (2006). *Staining theory*. Retrieved February 25, 2012, from <http://www.scionpublishing.com/shop/ProductImages/06-CellPath-ch06.pdf>
- Dogra, B. (2013). *Constructivist Classroom Activities for Biology Learning*. Retrieved March 4, 2013, from [http://wikieducator.org/images/9/9d/Constructivist\\_Classroom\\_Activities\\_for\\_Biology\\_Learning\\_-\\_Copy.pdf](http://wikieducator.org/images/9/9d/Constructivist_Classroom_Activities_for_Biology_Learning_-_Copy.pdf)
- Driver, R.; & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5: 61-84.
- Driver, R.; & Oldham, V. (1986). constructivist approach to curriculum development in science. *Science Education*. p. 105-122.
- Duit, R. (2006). Science Education Research Internationally: Conceptions, Research Methods, Domains of Research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*. 3(1): 3-15.
- Ernest, P.T. (1996). *Constructivism: Theory, perspective, and practice*. New York: Teacher College Press.
- Gandhi, B.; Gandhi, S.; & Gandhi, M. (2013). *Textile Direct Dyes*. Retrieved March 12, 2013, from <http://www.indiamart.com/macdyechemindustries/textile-direct-dyes.html>
- Glasson, G.E. (1989, February). The effects of hands-on and teacher demonstration laboratory methods on science achievement in relation to reasoning ability and prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*. 26(2): 121–131.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*. 61(1): 64-74.
- Hammond, L.D.; Austin, K.; Orcutt, S; & Rosso, J. (2001). How people learn: Introduction to learning theories. *The Learning Classroom: Theory into Practice A Telecourse for Teacher Education and Professional Development*. Stanford University. p. 1-22.
- Hergenhahn, B.R. (1976). *An Introduction to Theories of Learning*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hergenhahn, B.R.; & Olson, M.H. (1993). *An Introduction to Theorirs of Learning*. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Hilgard, E. R.; & Bower, G. H. (1975). *Theories of learning*. 4th ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Hoff, A.G. (1950). *Secondary-School Science Teaching*. p. 173–175.
- Hofstein, A.; & Lunetta, V.N. (1982). "The Roles of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research". *In Review of Education Research*. 52: 201-217.

- Hofstein, A; & Rachel, M.N. (2007). The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*. 8(2): 105-107.
- Holde, P.; & Isler, H. (1958, July). The Effect of Phosphomolybdic Acid on the stainability of connective tissues by various Dyes. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*. 6(4): 265-270.
- Horst, V.; Andrew, P.C.; Urs, W.; & Yves, P. (1998, December). Ink and Vinegar, a Simple Staining Technique for Arbuscular-Mycorrhizal Fungi. *Applied and Environmental Microbiology*. 64(12): 5004-5007.
- Houston, W.R.; & et al. (1972). Development Instructional Module: A Module System For Writing Modules. *College of Education*. University of Houston texas.
- Jonassen, D.H. (1992). Evaluating constructivist learning: Conversation. *Constructivism and the technology of instruction*. p. 137-147.
- Kanli, U.; & Yagbasan, R. (2007). The Effects of a Laboratory Approaches on the Development of University Students' Science Process Skills and Conceptual Achievement. *Essays in Education*. p.143-153.
- Kendra, C. (2013a) *Background and Key Concepts of Piaget's Theory*. Retrieved March 2, 2013, from <http://psychology.about.com/od/piagetstheory/a/keyconcepts.htm>
- ..... (2013b) *Background and Key Concepts of Piaget's Theory*. Retrieved March 2, 2013, from <http://psychology.about.com/od/zindex/g/zone-proximal.htm>
- Khalid, A.; & Azeem M. (2012, March). Constructivist Vs Traditional: Effective Instructional Approach in Teacher Education. *International Journal of Humanities and Social Science*. 2(5): 120-177.
- Krogh, S.L. (1994). *Educating Young Children Infancy to Grade Three*. New York: McGrawHill.
- Laloknam, S.; Sirisopana, S.; & Phornphisutthimas, S. (2010). Learning Retention in Undergraduate biology using Hands-on Practical "Enzyme Detection from vegetables and Fruits". *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. 4(5): 29-35.
- Lawson, A.E. (1992). The development of reasoning among college biology students: A review of research. *Journal of College Science Teaching*. 22: 338-344.
- Leonard, W.H. (2000). How do college students best learn science?. *Journal of College Science Teaching*. 29: 385-388.
- Load, T.; Travis, H.; Magill, B.; & King, L. (n.d.). *Comparing Student-Centered and Teacher-Centered Instruction in College Biology Labs*. Indiana: PA.
- Marsh, C. & Willis, G. (1995). *Curriculum. Alternative approaches, ongoing issues*. Englewood Cliffs, New Jersey: Merrill/Prentice Hall.

- Matthews, R.M. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- Maturana, H., & Varela, F. (1992). *The tree of knowledge: The biological roots of human understanding*. Boston: Shambhala.
- Novak, J.D. (1977). *A theory of education*. Ithaca, New York: Cornell University Press.
- Nwagbo, C.R. (2008). Practical approach to effective teaching of local and major biotic communities (Biomes) to secondary school students, for sustainable Development. *Science Teachers' Association of Nigeria (STAN) Biology Panel Series 2008*. p.41-55.
- Nwagbo, C.R.; & Chukelu, U. C. (2011). Effects of Biology Practical Activities on Students' Process Skill Acquisition. *Journal of the Science Teachers Association Nigeria*. 46(1).
- Nzewi, U.M. (2008). Practical Approach to the Effective Teaching of Ecological Concepts for Sustainable Development. *Science Teachers' Association of Nigeria (STAN) Biology Panel Series 2008*.
- Patrick, A.O. (2010). Effects of Field Studies on Learning Outcome in Biology. *Journal of Human Ecology*. 31(3): 171-177.
- Peter, O.I.; Abiodun, A.P.; & Jonathan, O.O. (2010, March). Effect of constructivism instructional approach on teaching practical skills to mechanical related trade students in western Nigeria technical colleges. *International NGO Journal*. 5(3): 59-64.
- Phornphisutthimas, S. (2007). *Developing and Evaluating Thai Students' understandings of Bacterial Conjugation and Protein Purification using Practical Works*. Dissertation, Ph.D. (Science and Technology Education). Thailand: Mahidol University. Photocopied.
- Prabhu, K.H.; & Bhute, A.S. (2012). Plant based natural dyes and mordants: A Review. *Journal of Natural Product and Plant Resources*. 2(6): 649-664.
- Prawat, R.S.; & Floden, R.E. (1994). Philosophical Perspective on Constructivist View of Learning. *Education Psychologist*. 29(1): 37-48.
- Prokop, P.; Prokop, M.; & Tunnicliffe, S.D. (2007). Is biology boring? Student attitudes toward biology. *Journal of Biological Education*. 42(1): 36-39.
- Reich, K. (2007). Interactive Constructivism in Education. *Education and Culture*. 23(1): 7-26.
- Rock, N. B. (n.d.). Three-Dimensional Plant Anatomy Via Hand Sectioning and Differential Staining. *Tested Studies for Laboratory Teaching Archive*. (2): 1-15.

- Romey, W.D. (1968). *Inquiry techniques for teaching science*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hill.
- Saunders, W. (1992). The constructivist perspective: Implications and teaching strategies for science. *School Science and Mathematics*. 92(3): 136-141.
- Schore, N.E.; Vollhardt, K.; & Peter. C. (2007). *Organic Chemistry: Structure and Function*. New York: Bleyer, Brennan.
- Schulz, W.; & McRobbie, C. (1994). A Constructivist approach to secondary school science experiments. *Research in Science Education*. 24(1): 295-303.
- Selley, N. (1999). *The art of Constructivist teaching in the primary school: A guide for student and teachers*. London: David Futton Publishers.
- Sigma-Aldrich. (2012). *Safranin O data: Safety & Documentation*. Retrieved March 8, 2013, from <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/s2255?lang=en&region=TH>
- Smith, R.E. (2000). *Azine Dyes*. Retrieved March 9, 2013, from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/0471238961.0126091419130920.a01.pub2/abstract>
- Stearn, A.E., & Stearn, E.W. (1929). The mechanism of staining explained on a chemical basis. I. The reaction between dyes, proteins, and nucleic acid. *Stain Technology*. 4: 111-119.
- Stewart, M.; & Stavrianeas, S. (2008, June). Adapting the Learning-Cycle to Enrich Undergraduate Neuroscience Education for All Students. *The Journal of Undergraduate Neuroscience Education*. 6(2): 74-77.
- Taraban, R.; et al. (2007, September). Effects of active-learning experiences on achievement, attitudes, and behaviors in high school biology. *Journal of Research in Science Teaching*. 44(7): 960-979.
- Troutman, A.P.; & Lichtenberg, B.K. (1987). *Mathematics a Good Beginning strategies for Teaching children*. University of South Florida: Cole.
- Udovic, D.; Morris, D.; Dickman, A.; Postlethwait, J.; & Wetherwax, P. (2002). Workshop Biology: Demonstrating the effectiveness of Active Learning in an Introductory Biology Course. *BioScience*. 52(3): 272-281.
- Yeung, C. E. (1998). A Beginner's Guide to the Study of Plant Structure. *Tested studies for laboratory teaching*. 19: 125-142.
- Yorek, N.; Sahin, M.; & Aydin, H. (2009). Are Animals 'More Alive' than Plants? Animistic-Anthropocentric Construction of Life Concept. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*. 5(4): 369-378.

Zahoric, J.A. (1995). *Constructivist teaching (Fastback 390)*. Bloomington, Indiana: Phi Delta Kappa Educational Foundation.


Ziona, M.; Shapira, D.; Slezaka, M.; Linka, E.; Bashana, N.; Brumera, M.; Orianb, T.; Nussinovitchb, R.; Agrestac, B.; & Mendelovicib, R. (2010). Biomind — A new biology curriculum that enables authentic inquiry learning. *Journal of Biological Education*. 38(2): 59-67.





ภาคผนวก





ภาคผนวก ก

- หนังสือขออนุญาตการใช้จริยธรรมใหม่มนุษย์
- หนังสือขออนุญาตทดลองการสอน



62 หมู่ 7 อำเภอองครักษ์  
จังหวัดนครนายก 26120  
โทร.0-3739-5085-6 ต่อ 60428

### เอกสารรับรองโครงการวิจัย

โดย

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับการพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์แบบเร่งพิเศษ

(Expedited Review)

SWUEC/EX เลขที่หนังสือรับรอง 38/2554

ชื่อโครงการ	โครงสร้างและหน้าที่ของพืชมีดอก โดยใช้สีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
ชื่อหัวหน้าโครงการ / หน่วยงานที่สังกัด	นางสาววิศิษฐ์ศรี ไตศุกุลวรรณ / นิติบัณฑิตศึกษา สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
SWUEC รหัสโครงการ	SWUEC/EX
เอกสารรับรอง	- ข้อเสนอโครงการวิจัยฉบับวันที่ 4 เมษายน 2554 - หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย ฉบับแก้ไข วันที่ 20 มิ.ย.54
รับรองโดย	คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับการพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ (Ex)
วันที่รับรอง	27 มิถุนายน 2554
วันหมดอายุ	26 มิถุนายน 2555

หนังสือรับรองฉบับนี้ออกโดยความเห็นชอบในการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับ  
พิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ตามประกาศเสลงซิงกิ

ลงนาม.....

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ชัยรัตน์ นิ่มนตรีรัตน์)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมฯ

ลงนาม.....

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์วุฒิชัย ธนาพงศธร)

คณบดีคณะแพทยศาสตร์



ที่ ศธ 0519.12/๒๕๕๘

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๔ พฤษภาคม 2553

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ลพบุรี

เนื่องด้วย นางสาววิศิษฐ์ศรี โตศุกลวรรณ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญาานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาและประเมินผลบทปฏิบัติการ โครงสร้างของพืช โดยใช้สีย้อมผ้า สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยมี อาจารย์สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ เป็นประธานควบคุมการทำปริญญาานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย โดยขอให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 (สายวิทย์) จำนวน 140 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในระหว่างเดือนพฤษภาคม 2553

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นางสาววิศิษฐ์ศรี โตศุกลวรรณ ได้เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2649-5067

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 084-024-2344



ที่ ศธ 0519.12/

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

กรกฎาคม 2554

เรื่อง ขออนุมัติโครงการเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดป่าประดู่

เนื่องด้วย นางสาววิศิษฐ์ศรี โตศุกลวรรณ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทปฏิบัติการ สำหรับจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ และ อาจารย์ ดร.อนิษฐาน ศรีนวล เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในกรณี นิสิตมีความจำเป็น ต้องเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย โดยขอใช้สถานที่ เพื่อใช้แบบทดสอบ แผนการสอน และบทปฏิบัติการเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย ปีที่ 6 จำนวน 30 คน ในระหว่างเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม 2554

จึงเรียนมาเพื่อขออนุมัติให้ นางสาววิศิษฐ์ศรี โตศุกลวรรณ ได้เก็บข้อมูลเพื่อ การวิจัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2649-5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 084-024-2344



ที่ ศธ 0519.12/

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

กรกฎาคม 2554

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนระยองวิทยาคม

เนื่องด้วย นางสาววิศิษฐ์ศรี โตศุกลวรรณ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทปฏิบัติการ สำหรับจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ และ อาจารย์ ดร.อนิษฐาน ศรีนวล เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในกรณีนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขอใช้สถานที่ เพื่อใช้แบบทดสอบ แผนการสอน และบทปฏิบัติการเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีที่ 5 จำนวน 90 คน ในระหว่างเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม 2554

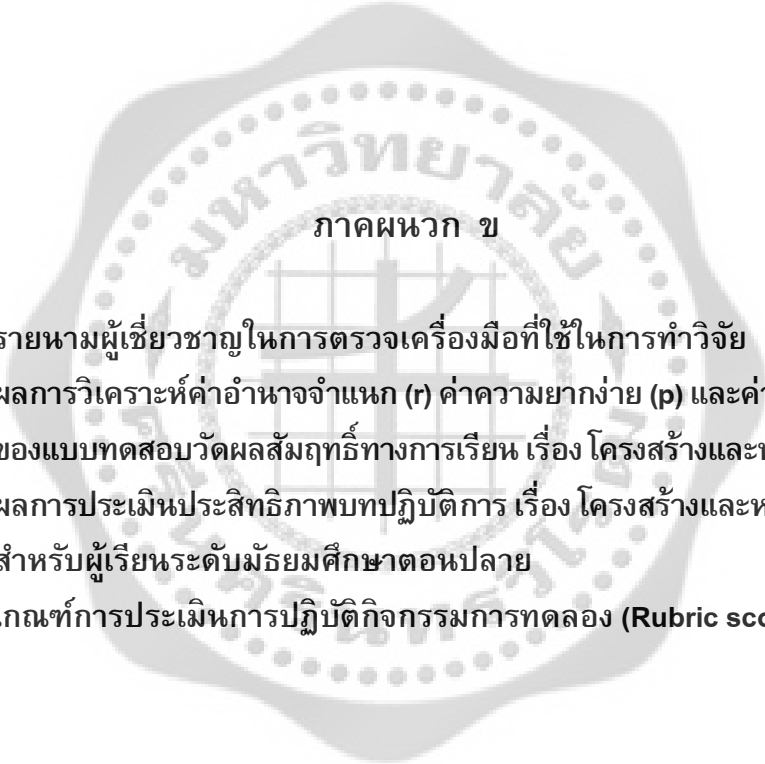
จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ให้ นางสาววิศิษฐ์ศรี โตศุกลวรรณ ได้เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย และขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ให้ นางสาวอัจฉราพร โชติพิฤกษ์ ได้เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย และขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ภาคผนวก ข

- รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย
- ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ค่าความยากง่าย ( $p$ ) และค่าความเชื่อมั่น ( $r_{tt}$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
- ผลการประเมินประสิทธิภาพบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
- เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง (Rubric score)

## รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหาและความสอดคล้องของตารางตรวจสอบประสิทธิภาพการย่อยสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืช บทปฏิบัติการ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และคุณภาพของบทปฏิบัติการ ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

- |                             |                                                                       |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 1. ผศ.สายสุณีย์ ลิ้มชูวงศ์  | ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ          |
| 2. ดร. อนิษฐาน ศรีนวล       | ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ          |
| 3. ดร. อภिरดา สถาปต์ยานนท์  | ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ          |
| 4. ดร.สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ    | ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 5. นางสาวจันทร์ชิตา บุญแท่ง | โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ลพบุรี                    |

นอกจากนี้ ผู้เชี่ยวชาญ ลำดับที่ 1 2 และ 3 ยังตรวจแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และลำดับที่ 2 3 และ 4 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหาและความสอดคล้องของแบบสัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

และรายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหาและความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

- |                         |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| 1. นางสาวดวงกมล เหมะรัต | โรงเรียนเทพศิรินทร์ กรุงเทพมหานคร |
| 2. นางรำไพ พึ่งขจร      | โรงเรียนเทพศิรินทร์ กรุงเทพมหานคร |
| 3. นางกัญญา โตแก้ว      | โรงเรียนเทพศิรินทร์ กรุงเทพมหานคร |

ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก – ง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ  
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	อำนาจจำแนก (r)	ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	อำนาจจำแนก (r)
1	0.57	0.50	16	0.70	0.62
2	0.73	0.52	17	0.60	0.40
3	0.60	0.49	18	0.77	0.43
4	0.37	0.53	19	0.67	0.53
5	0.60	0.39	20	0.50	0.52
6	0.80	0.30	21	0.67	0.29
7	0.50	0.59	22	0.77	0.41
8	0.80	0.47	23	0.73	0.29
9	0.53	0.30	24	0.63	0.39
10	0.67	0.30	25	0.77	0.38
11	0.77	0.46	26	0.67	0.26
12	0.73	0.33	27	0.53	0.31
13	0.73	0.36	28	0.80	0.33
14	0.77	0.47	29	0.73	0.37
15	0.77	0.49	30	0.67	0.31

หมายเหตุ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (reliability) เท่ากับ 0.89

การคัดเลือกแบบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรเลือกแบบทดสอบที่มีความ  
ยากง่าย (p) ระหว่าง 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยมีค่าความ  
เชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.89



ตาราง 10 สรุปคะแนนที่ได้จากการทำบทปฏิบัติการระหว่างเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของ  
พืชดอก สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)

คนที่	บทปฏิบัติการที่			คะแนนรวม (60 คะแนน)	คนที่	บทปฏิบัติการที่			คะแนนรวม (60 คะแนน)
	1 (20)	2 (20)	3 (20)			1 (20)	2 (20)	3 (20)	
1	17	15	17	49	16	16	16	17	49
2	15	17	17	49	17	17	16	17	50
3	17	16	16	49	18	18	15	16	49
4	17	16	16	49	19	16	16	17	49
5	17	16	17	50	20	15	16	17	48
6	16	16	16	48	21	15	15	16	46
7	15	17	16	48	22	17	17	17	51
8	17	16	16	49	23	17	17	17	51
9	17	16	17	50	24	17	17	17	51
10	17	15	15	47	25	17	17	17	51
11	16	16	15	47	26	18	16	17	51
12	16	18	16	50	27	16	15	16	47
13	16	15	16	47	28	17	17	17	51
14	17	15	16	48	29	17	17	17	51
15	16	16	16	48	30	17	17	17	51
คะแนนรวม						496	484	494	1,474
คะแนนเฉลี่ย						16.53	16.13	16.47	49.13
ร้อยละ						82.67	80.67	82.33	81.88

ตาราง 11 สรุปคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่  
ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (คะแนนเต็ม 45 คะแนน)

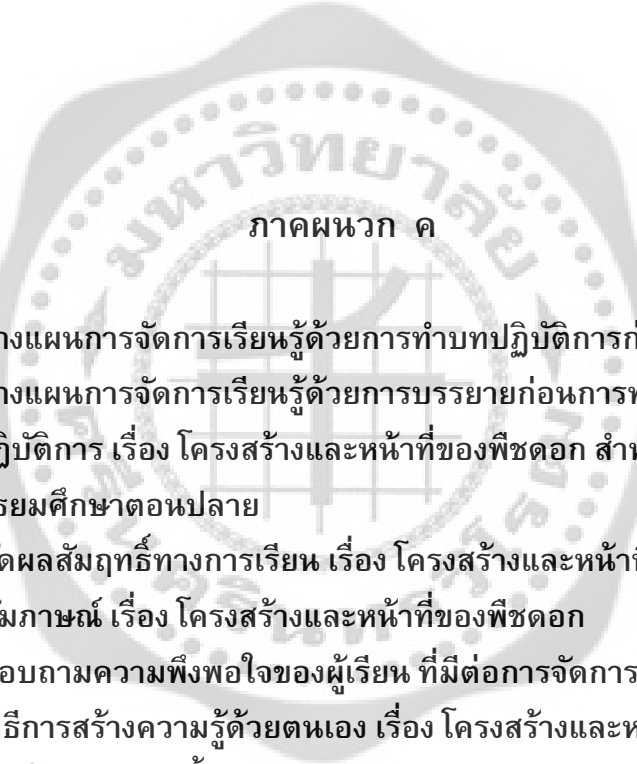
คนที่	บทปฏิบัติการที่			คะแนนรวม (45)	คนที่	บทปฏิบัติการที่			คะแนนรวม (45)
	1 (15)	2 (15)	3 (15)			1 (15)	2 (15)	3 (15)	
1	13	14	12	39	16	10	12	10	32
2	13	10	14	37	17	11	13	12	36
3	15	13	15	43	18	15	13	12	40
4	13	14	14	41	19	11	12	12	35
5	10	13	12	35	20	11	14	11	36
6	11	13	12	36	21	13	14	11	38
7	13	14	14	41	22	15	14	12	41
8	10	12	10	32	23	15	13	12	40
9	10	12	10	32	24	14	13	13	40
10	11	13	12	36	25	15	13	15	43
11	10	12	10	32	26	12	13	12	37
12	13	14	14	41	27	10	12	10	32
13	12	13	12	37	28	14	11	14	39
14	14	13	12	39	29	11	13	12	36
15	10	12	10	32	30	13	13	12	38
คะแนนรวม						368	385	363	1116
คะแนนเฉลี่ย						12.27	12.83	12.10	37.20
ร้อยละ						81.78	85.56	80.67	82.67

ตาราง 12 เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง (Rubric score) (ดัดแปลงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การประเมิน
<b>ด้านการปฏิบัติการทดลอง</b>	
5 คะแนน	ดำเนินการทดลองได้ถูกต้องตามขั้นตอนและเลือกใช้อุปกรณ์การทดลองได้ถูกต้อง โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
4 คะแนน	ดำเนินการทดลองได้ถูกต้องตามขั้นตอนและเลือกใช้อุปกรณ์การทดลองได้ถูกต้อง แต่ต้องให้คำแนะนำบางส่วน
3 คะแนน	ดำเนินการทดลองได้ถูกต้องตามขั้นตอนและเลือกใช้อุปกรณ์การทดลองได้ถูกต้อง แต่ต้องให้คำแนะนำค่อนข้างมาก
2 คะแนน	ดำเนินการทดลองได้ถูกต้องตามขั้นตอนและเลือกใช้อุปกรณ์การทดลองได้ถูกต้อง แต่ต้องให้คำแนะนำทั้งหมด
1 คะแนน	ไม่ดำเนินการทดลองได้ถูกต้องตามขั้นตอนและเลือกใช้อุปกรณ์การทดลองได้ถูกต้อง และต้องให้คำแนะนำทั้งหมด
<b>ด้านความคล่องแคล่วขณะทำการทดลอง</b>	
5 คะแนน	มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลอง และใช้อุปกรณ์ดำเนินการทดลองได้อย่างปลอดภัย และทดลองเสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด
4 คะแนน	มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลอง และใช้อุปกรณ์ดำเนินการทดลองได้ค่อนข้างปลอดภัย ทดลองเสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด
3 คะแนน	มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลอง และใช้อุปกรณ์ได้ค่อนข้างปลอดภัย แต่ทดลองไม่เสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด
2 คะแนน	มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลอง แต่ต้องชี้แนะเรื่องการใช้อุปกรณ์อย่างปลอดภัย และทดลองไม่เสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด
1 คะแนน	ไม่มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลอง และทดลองไม่เสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด

## ตาราง 12 (ต่อ)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การประเมิน
<b>ด้านการนำเสนอ</b>	
5 คะแนน	บันทึกและสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง และนำเสนอเป็นขั้นตอนชัดเจน
4 คะแนน	บันทึกและสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง แต่การนำเสนอไม่ค่อยชัดเจน
3 คะแนน	บันทึกและสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง แต่การนำเสนอยังไม่เป็นขั้นตอน
2 คะแนน	บันทึกและสรุปผลการทดลองไม่ค่อยถูกต้อง และการนำเสนอยังไม่เป็นขั้นตอน
1 คะแนน	ต้องให้คำชี้แนะในการบันทึกและสรุปผลการทดลองและการนำเสนอจึงจะปฏิบัติได้
<b>ด้านการเก็บรักษาอุปกรณ์</b>	
5 คะแนน	จัดวางอุปกรณ์อย่างเป็นระเบียบสะดวกต่อการเลือกใช้ขณะทดลอง และจัดเก็บอุปกรณ์ได้อย่างเป็นระเบียบ
4 คะแนน	จัดวางอุปกรณ์อย่างเป็นระเบียบ แต่ไม่สะดวกต่อการเลือกใช้ขณะทดลอง แต่จัดเก็บอุปกรณ์ได้อย่างเป็นระเบียบ
3 คะแนน	จัดวางอุปกรณ์ไม่ค่อยเป็นระเบียบ จึงไม่สะดวกต่อการเลือกใช้ขณะทดลอง แต่จัดเก็บอุปกรณ์ได้อย่างเป็นระเบียบ
2 คะแนน	จัดวางอุปกรณ์ไม่ค่อยเป็นระเบียบ จึงไม่สะดวกต่อการเลือกใช้ขณะทดลอง และจัดเก็บอุปกรณ์ไม่เป็นระเบียบ
1 คะแนน	จัดวางอุปกรณ์ไม่เป็นระเบียบ จึงไม่สะดวกต่อการเลือกใช้ขณะทดลอง และจัดเก็บอุปกรณ์ไม่เป็นระเบียบ



### ภาคผนวก ค

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการทำบทปฏิบัติการก่อนการบรรยาย
- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการบรรยายก่อนการทำปฏิบัติการ  
บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนระดับ  
ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
- แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
- แบบสัมภาษณ์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
- แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้  
ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่พืชดอก  
สำหรับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

## แผนการจัดการเรียนรู้

### การจัดการเรียนรู้แบบทำบทปฏิบัติการก่อนการบรรยาย

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก  
รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 4 รหัส ว 32244 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5  
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของราก เวลา 150 นาที (2 ชั่วโมง 30 นาที)

#### มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

##### ตัวชี้วัด

ว 1.1 ม.4-6/2 ทดลองและอธิบายกลไกการรักษาคุณภาพของน้ำในพืช

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

##### ตัวชี้วัด

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

ว 8.1 ม.4-6/9 นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง

ว 8.1 ม.4-6/11 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพื่อเติมเพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิมซึ่งทำทนายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

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

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

หลังจากเรียนบทเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

1. อธิบายโครงสร้างภายในของรากได้ เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ (K)
2. อธิบายลักษณะของเนื้อเยื่อภายในรากได้ (K)

3. จำแนกพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ตามลักษณะโครงสร้างตามขวางของรากได้ (K)
4. ใช้กล้องจุลทรรศน์ตรวจสอบโครงสร้างภายในของรากได้อย่างถูกต้อง (P)
5. แสดงความคิดเห็นหรือมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมได้ (A)

### สาระสำคัญ

ผู้เรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของราก การศึกษาโครงสร้างภายนอกและภายในของราก และการตรวจสอบโครงสร้างภายในของรากด้วยสีย้อมผ้า เพื่อให้สามารถนำเครื่องมือไปใช้ในการตรวจสอบโครงสร้างภายในของพืชได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยวิธีการเรียนรู้ด้วยวิธีสร้างความรู้ด้วยตนเอง ใช้วิธีการประเมินการเรียนรู้แบบการประเมินตามสภาพจริง ได้แก่ การปฏิบัติ และภาระงาน และการประเมินความรู้ ความเข้าใจ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของราก ด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### สาระการเรียนรู้

#### 1) ด้านความรู้

โครงสร้างของต้นพืช ประกอบด้วย ราก ลำต้น และใบ

ราก (root) คือ ส่วนของพืชที่เจริญหรืองอกลงสู่ใต้ดินตามแรงโน้มถ่วงของโลก บริเวณปลายรากของพืชสามารถแบ่งออกเป็น 4 บริเวณ ได้แก่ บริเวณหมวกราก บริเวณเซลล์กำลังแบ่งตัว หรือบริเวณเนื้อเยื่อเจริญ บริเวณเซลล์ที่มีการยึดตัวหรือขยายตัวตามยาว และบริเวณเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะ โดยแต่ละบริเวณมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืช

เมื่อนำรากที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ หรือบริเวณที่มีเซลล์เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะมาตัดตามขวางจะพบบริเวณต่างๆ และแบ่งออกเป็นชั้นๆ เรียงจากภายนอกเข้าไปภายในตามลำดับ ได้แก่ เนื้อเยื่อชั้นผิว คอร์เทกซ์ และสตีล ซึ่งประกอบด้วยเพอริไซเคิล มัดท่อลำเลียง และไส้ไม้ โดยมัดท่อลำเลียง ประกอบด้วยกลุ่มเนื้อเยื่อโฟลเอ็ม และกลุ่มเนื้อเยื่อไซเล็ม ซึ่งมีการเรียงตัวแตกต่างกันระหว่างรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่ เมื่อมีการเจริญเติบโตทุกติงภูมิ เซลล์พาเรnciaมาบริเวณคอร์เทกซ์ และบริเวณมัดท่อลำเลียงจะเปลี่ยนแปลงกลับไปเป็นเนื้อเยื่อเจริญซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นคอร์กแคมเบียมและแคมเบียมท่อลำเลียง

ประเภทของรากสามารถแบ่งได้ตามลักษณะการเกิด ได้แก่ รากปฐมภูมิ รากทุติยภูมิ และรากพิเศษ หรือสามารถแบ่งตามระบบราก ได้แก่ ระบบรากแก้ว ระบบรากฝอย และ ระบบรากพิเศษ เช่น รากอากาศ รากพอน รากค้ำจุน รากสะสมอาหาร รากเกาะ และรากกาฝาก ดังนั้นรากจึงมีหน้าที่ที่สำคัญ ได้แก่ การดูดซึบ การยึดเกาะ และทำหน้าที่พิเศษอื่นๆ เช่น สะสมอาหาร หายใจ และสังเคราะห์ด้วยแสง

#### 2) ด้านทักษะ/กระบวนการ/กระบวนการคิด

ทักษะการสังเกต ทักษะการเปรียบเทียบ ทักษะการจัดจำแนก และทักษะการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการสืบค้น

### 3) คุณลักษณะอันพึงประสงค์

ช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย และมีความกระตือรือร้นมีเหตุผล มีความอยากรู้อยากเห็น ใฝ่เรียนรู้ มีความมุ่งมั่น เพียรพยายาม และมีจิตสาธารณะ

#### คำถามสำคัญสำหรับการเรียนรู้

- 1) รากคือส่วนใดของพืช
- 2) พืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ มีโครงสร้างภายนอกของรากเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- 3) โครงสร้างภายในตามขวางของราก ประกอบด้วยบริเวณใดบ้าง
- 4) พืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ มีโครงสร้างภายในของรากเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- 5) พืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ มีการเจริญเติบโตเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

#### ชิ้นงานหรือภาระงาน

- 1) ชิ้นตัวอย่างโครงสร้างตัดตามขวางของรากพืช ที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้า
- 2) บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง โครงสร้างภายในของราก

#### การประเมินผล

- 1) ประเมินการเรียนรู้แบบการประเมินตามสภาพจริง ได้แก่ การประเมินจากการสังเกตขณะเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม จากการทำกิจกรรม โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบการประเมินตามสภาพจริง
- 2) ประเมินการเรียนรู้ ด้วยบทปฏิบัติการ
- 3) ประเมินความรู้ความเข้าใจ ด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

#### การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (แบบทำบทปฏิบัติการก่อนการบรรยาย)

##### ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1. ครูอธิบายวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก จากนั้นครูตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน เรื่อง เซลล์และเนื้อเยื่อพืช โดยครูใช้ตัวอย่างคำถาม ดังนี้
  - เซลล์พืชและเซลล์สัตว์แตกต่างกันอย่างไร
  - (แนวคำตอบ เซลล์พืชประกอบด้วย ผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ นิวเคลียส ไซโทพลาซึม และคลอโรพลาสต์ แต่ในเซลล์สัตว์จะไม่พบผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์)
2. ครูทบทวนเรื่อง เซลล์และเนื้อเยื่อพืช ว่า สิ่งมีชีวิตทุกชนิดประกอบด้วยหน่วยที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิตเรียกว่า เซลล์ โดยเซลล์พืชและเซลล์สัตว์มีองค์ประกอบแตกต่างกัน โดยพบผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์ในเซลล์พืช แต่ไม่พบในเซลล์สัตว์



3. ครูอธิบายการจัดการจัดระบบของสิ่งมีชีวิต ว่า เซลล์แต่ละเซลล์ที่มาทำหน้าที่ร่วมกัน กลายเป็นเนื้อเยื่อ เช่น เนื้อเยื่อไซเล็ม เนื้อเยื่อโฟลเอ็ม และเนื้อเยื่อแต่ละชนิดมาทำหน้าที่ร่วมกัน กลายเป็นอวัยวะ ระบบอวัยวะ และสิ่งมีชีวิตตามลำดับ โดยพืชมีโครงสร้างที่สำคัญ ได้แก่ ราก ลำต้นและใบ

### ขั้นที่ 2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม

1. ครูแจกแบบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของราก ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัยจำนวน 10 ข้อ โดยให้ระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

### ขั้นที่ 3 ขั้นปรับเปลี่ยนแนวความคิด

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับราก โดยครูใช้ตัวอย่างคำถาม ดังนี้
  - รากคือส่วนใดของพืช
  - (แนวคำตอบ ราก คือ ส่วนที่เจริญออกมาจากราดิเคิล)
  - พืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ มีโครงสร้างภายนอกเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
  - (แนวคำตอบ พืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่มีโครงสร้างภายนอกแตกต่างกัน โดย รากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะเป็นรากที่แตกออกมาจากบริเวณเดียวกัน มีขนาดใกล้เคียงกัน เรียกว่า รากฝอย ส่วนรากของพืชใบเลี้ยงคู่จะมีรากแก้วงอกออกมาจากราดิเคิลและมี รากแขนงแตกแขนงออกมาจากรากแก้ว)
2. ครูให้นักเรียนสังเกตภาพโครงสร้างปลายราก จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย โครงสร้างปลายราก โดยนักเรียนต้องสามารถจำแนกโครงสร้างปลายรากออกเป็นบริเวณต่างๆ พร้อมทั้งอธิบายความแตกต่างของบริเวณแต่ละบริเวณ
3. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับบริเวณต่างๆ ของโครงสร้างปลายราก โดยเชื่อมโยงกับ ความรู้เดิมของนักเรียน เรื่อง เซลล์และเนื้อเยื่อพืช
4. ครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับโครงสร้างของราก โดยครูอาจใช้ ตัวอย่างคำถาม ดังนี้
  - พืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ มีโครงสร้างภายในของรากเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
  - (แนวคำตอบของนักเรียน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิมของนักเรียน)
  - พืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ มีการเจริญเติบโตเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
  - (แนวคำตอบของนักเรียน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิมของนักเรียน)
5. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับเซลล์และเนื้อเยื่อพืช และโครงสร้างภายในของราก ภายในกลุ่ม แล้วบันทึกลงในสมุด
6. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ ละ 5-6 คน จากนั้นให้หัวหน้ากลุ่มออกมารับบทปฏิบัติภารกิจที่ 1 เรื่อง โครงสร้างภายในของราก

7. ครูอธิบายวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างภายในของราก จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาทบทวนปฏิบัติการที่ 1 ประมาณ 5 นาที

8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองและวิธีการทดลอง

9. ครูให้นักเรียนดำเนินการทดลอง โดยครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยให้เวลานักเรียนทำการทดลองประมาณ 30 นาที

10. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปรายเกี่ยวกับผลการทดลอง

11. ครูอธิบายโครงสร้างภายในของราก เมื่อนำมาตัดตามขวาง โดยสามารถแบ่งได้ 3 ส่วน ได้แก่ เนื้อเยื่อชั้นผิว คอร์เทกซ์ และสตีล จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาโครงสร้างภายในตามขวางของราก โดยศึกษาใบความรู้ที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของราก และนักเรียนอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม

12. ครูให้นักเรียนสังเกตภาพโครงสร้างภายในตามขวางของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่ จากนั้นครูให้นักเรียนเชื่อมโยงภาพโครงสร้างภายในตามขวางของรากพืชกับภาพโครงสร้างภายในตามขวางที่นักเรียนสังเกตได้จากการทดลอง โดยครูอาจใช้ตัวอย่างคำถาม ดังนี้

- จากการศึกษาโครงสร้างภายในของรากข้าวโพดและรากถั่วเขียว นักเรียนคิดว่า รากของพืชชนิดใดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ตามลำดับ เพราะเหตุใด
- (แนวคำตอบ รากข้าวโพดเป็นตัวแทนของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เนื่องจากบริเวณสตีล จะมีมัดท่อลำเลียงเรียงตัวเป็นแฉกตามแนวรัศมีหลายแฉก และรากถั่วเขียวเป็นตัวแทนของพืชใบเลี้ยงคู่ เนื่องจากบริเวณสตีลมีเนื้อเยื่อไซเล็มเรียงตัวเป็นแฉกตามแนวรัศมีประมาณ 4 แฉก และมีเนื้อเยื่อโฟลเอ็มแทรกอยู่ระหว่างแฉก)
- โครงสร้างภายในตามขวางของราก ประกอบด้วยบริเวณใดบ้าง
- (แนวคำตอบ โครงสร้างภายในตามขวางของราก ประกอบด้วย เนื้อเยื่อชั้นผิว คอร์เทกซ์ และสตีล)
- พืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ มีการเจริญเติบโตเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- (แนวคำตอบ รากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะมีการเจริญเติบโตเฉพาะการเจริญเติบโตปฐมภูมิ ส่วนรากของพืชใบเลี้ยงคู่จะมีการเจริญเติบโตทุติยภูมิ โดยเซลล์พาเรงคิมาที่แทรกอยู่ในมัดท่อลำเลียงอาจเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์เจริญหรือเนื้อเยื่อเจริญ และเจริญไปเป็นแคมเบียมท่อลำเลียง)

#### ขั้นที่ 4 ขั้นนำความรู้ไปใช้

1. ครูเชื่อมโยงภาพโครงสร้างภายในของรากกับเรื่องเซลล์และเนื้อเยื่อพืชที่นักเรียนเคยเรียนมาแล้วว่า โครงสร้างของรากที่นักเรียนศึกษาประกอบด้วย เนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ซึ่งเนื้อเยื่อแต่ละชนิดประกอบด้วยเซลล์เพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิดก็ได้ เช่น เนื้อเยื่อพาเรงคิมาประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาเพียงชนิดเดียว ส่วนเนื้อเยื่อไซเล็มและเนื้อเยื่อโฟลเอ็มประกอบด้วยเซลล์มากกว่า 1 ชนิด

2. ครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับโครงสร้างภายในของราก ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นบริเวณต่างๆ เรียงจากภายนอกเข้าไปภายในรากตามลำดับ

3. ครูให้นักเรียนเชื่อมโยงและอภิปรายความแตกต่างระหว่างรากของถั่วเขียวและรากของข้าวโพดที่นักเรียนเคยทำการศึกษามาแล้ว จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับหน้าที่และชนิดของรากพืช

4. ครูให้ตัวแทนกลุ่มมารับแบบฝึกหัดเรื่อง โครงสร้างภายในของราก และแจกให้กับสมาชิกภายในกลุ่ม จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างภายในของราก โดยการเติมคำศัพท์เกี่ยวกับโครงสร้างภายในของรากลงในข้อความให้ถูกต้องและวาดภาพเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงคู่และโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ซึ่งโครงสร้างภายในของรากแตกต่างกัน

#### ขั้นที่ 5 ขั้นทบทวน

1. ครูให้ตัวแทนกลุ่มมารับแบบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของราก ซึ่งเป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ชุดเดียวกับแบบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย จำนวน 10 ข้อ โดยให้เวลานักเรียนทำแบบทดสอบ 10 นาที

#### สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

##### สื่อ

1. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของราก
2. บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง โครงสร้างภายในของราก
3. แบบฝึกหัด/ใบงาน เรื่อง โครงสร้างภายในของราก
4. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของราก

#### ความรู้พื้นฐานที่ผู้เรียนควรมีก่อน

นักเรียนควรมีทักษะการสังเกต การใช้กล้องจุลทรรศน์ และมีความรู้พื้นฐานเรื่องเซลล์และเนื้อเยื่อพืช

## แผนการจัดการเรียนรู้

### การจัดการเรียนรู้แบบบรรยายก่อนทำบทปฏิบัติการ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก  
รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 4รหัส ว 32244 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5  
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น เวลา 150 นาที (2 ชั่วโมง 30 นาที)

---

#### มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

##### ตัวชี้วัด

ว 1.1 ม.4-6/2 ทดลองและอธิบายกลไกการรักษาคุณภาพของน้ำในพืช

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

##### ตัวชี้วัด

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

ว 8.1 ม.4-6/9 นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง

ว 8.1 ม.4-6/11 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพื่อเติมเพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิมซึ่งทำทนายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

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

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

หลังจากเรียนบทเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

1. อธิบายโครงสร้างภายในของลำต้นได้ เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ (K)
2. อธิบายลักษณะของเนื้อเยื่อภายในลำต้นได้ (K)

3. จำแนกพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ตามลักษณะโครงสร้างตามขวางของลำต้นได้ (K)
4. เปรียบเทียบลักษณะของเนื้อเยื่อภายในโครงสร้างของรากและลำต้นได้ (K)
5. ใช้กล้องจุลทรรศน์ตรวจสอบโครงสร้างภายในของรากได้อย่างถูกต้อง (P)
6. แสดงความคิดเห็นหรือมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมได้ (A)

### สาระสำคัญ

ผู้เรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น การศึกษาโครงสร้างภายนอกและภายในของลำต้น และการตรวจสอบโครงสร้างภายในของลำต้นด้วยสีย้อมผ้า เพื่อให้สามารถนำเครื่องมือไปใช้ในการตรวจสอบโครงสร้างภายในของพืชได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยวิธีการเรียนรู้ด้วยวิธีสร้างความรู้ด้วยตนเอง ใช้วิธีการประเมินการเรียนรู้แบบการประเมินตามสภาพจริง ได้แก่ การปฏิบัติ และการะงาน และการประเมินความรู้ ความเข้าใจ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น ด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### สาระการเรียนรู้

#### 1) ด้านความรู้

ลำต้น (stem) เป็นโครงสร้างที่เจริญมาจากต้นอ่อน (embryo) ประกอบด้วย ลำต้นเหนือใบเลี้ยง และลำต้นใต้ใบเลี้ยง โดยลักษณะของลำต้นที่มีความแตกต่างจากราก คือ ลำต้นมีข้อ (node) และปล้อง (internode) และมีทิศทางการเจริญเติบโตต้านแรงโน้มถ่วงโลก

โครงสร้างภายในของลำต้นที่มีการเจริญเติบโตปฐมภูมิ (primary growth) เมื่อนำมาตัดตามยาว แล้วนำไปศึกษาลักษณะของเนื้อเยื่อ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ จะสังเกตเห็นเซลล์ที่มีลักษณะและการจัดเรียงตัวเป็นบริเวณต่างๆ 4 บริเวณ ได้แก่ บริเวณเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด บริเวณใบเริ่มเกิด บริเวณใบอ่อน (young leaf) และบริเวณลำต้นอ่อน

เมื่อนำลำต้นที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ หรือการเจริญเติบโตขั้นปฐมภูมิมาตัดตามขวาง จะพบบริเวณต่างๆ และแบ่งออกเป็นชั้นๆ เรียงจากภายนอกเข้าไปภายในตามลำดับ ได้แก่ เนื้อเยื่อชั้นผิวนอก คอร์ก และสตีล ซึ่งประกอบด้วยมัดท่อลำเลียง วาสคิวลาร์เรย์ และไส้ไม้ โดยมัดท่อลำเลียงของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จะเรียงตัวแตกต่างกัน โดยมัดท่อลำเลียงของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะกระจายตัวรอบลำต้นและมีบันเดิลชีท (bundle sheath) มาห่อหุ้มมัดท่อลำเลียง ส่วนมัดท่อลำเลียงของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จะเรียงตัวกันเป็นระเบียบ ทำให้สามารถเกิดการเจริญเติบโตทุติยภูมิ โดยเซลล์พาเรงคิมาที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อเยื่อเจริญและกลายเป็นคอร์กแคมเบียม และแคมเบียมท่อลำเลียง

ลำต้นมีหน้าที่ที่สำคัญ คือ เป็นแกนช่วยพยุงลำต้นและส่วนต่างๆ ให้ตั้งตรง เพื่อสร้างอาหารและแพร่กระจายพันธุ์ เป็นทางผ่านในการลำเลียงน้ำ แร่ธาตุและสารอาหารต่างๆ และเป็นแหล่งกำเนิดเนื้อเยื่อและส่วนประกอบต่างๆ ของต้นพืช ได้แก่ ใบ ดอก และผล และสามารถแบ่งประเภทของลำต้นออกเป็น 2 ชนิด คือ ลำต้นเหนือดิน และลำต้นใต้ดิน

## 2) ด้านทักษะ/กระบวนการ/กระบวนการคิด

ทักษะการสังเกต ทักษะการเปรียบเทียบ ทักษะการจัดจำแนก และทักษะการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการสืบค้น

## 3) คุณลักษณะอันพึงประสงค์

ช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย และมีความกระตือรือร้นมีเหตุผล มีความอยากรู้อยากเห็น ใฝ่เรียนรู้ มีความมุ่งมั่น เพียรพยายาม และมีจิตสาธารณะ

### คำถามสำคัญสำหรับการเรียนรู้

- 1) ลำต้นคือส่วนใดของพืช สามารถแบ่งออกได้กี่ประเภท อะไรบ้าง
- 2) พืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ มีโครงสร้างภายนอกของลำต้นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- 3) พืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ มีโครงสร้างภายในของลำต้นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

### ชิ้นงานหรือภาระงาน

- 1) ชิ้นตัวอย่างโครงสร้างตัดตามขวางของลำต้นพืช ที่ย้อมด้วยสีย้อมผ้า
- 2) บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง โครงสร้างภายในของลำต้น

### การประเมินผล

- 1) ประเมินการเรียนรู้แบบการประเมินตามสภาพจริง ได้แก่ การประเมินจากการสังเกตขณะเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม จากการทำกิจกรรม โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบการประเมินตามสภาพจริง
- 2) ประเมินการเรียนรู้ ด้วยบทปฏิบัติการ
- 3) ประเมินความรู้ความเข้าใจ ด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (แบบบรรยายก่อนทำบทปฏิบัติการ)

#### ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1. ครูอธิบายวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น จากนั้นครูตรวจสอบความรู้อื่นๆของนักเรียน เรื่อง โครงสร้างภายในของราก โดยครูใช้ตัวอย่างคำถาม ดังนี้
  - โครงสร้างภายในของราก ประกอบด้วยบริเวณใดบ้าง
  - (แนวคำตอบ โครงสร้างภายในของราก สามารถแบ่งออกได้ 3 ส่วน ได้แก่ เนื้อเยื่อชั้นผิว คอร์เทกซ์ และสตีล)
  - ผู้เรียนคิดว่า โครงสร้างภายในของรากและลำต้นเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
  - (แนวคำตอบขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิมของนักเรียนแต่ละคน)

2. ครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม เกี่ยวกับโครงสร้างภายในของลำต้น โดยเปรียบเทียบกับโครงสร้างภายในของรากพืช ทั้งพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ โดยครูอาจจะทบทวนเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของราก

### ขั้นที่ 2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม

1. ครูแจกแบบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัยจำนวน 10 ข้อ โดยให้ระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

### ขั้นที่ 3 ขั้นปรับเปลี่ยนแนวความคิด

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับลำต้น โดยครูใช้ตัวอย่างคำถาม ดังนี้
  - ลำต้นคือส่วนใดของพืช สามารถแบ่งออกได้กี่ประเภท ตามลักษณะแหล่งที่พบ
  - (แนวคำตอบ ลำต้น เป็นส่วนที่เจริญมาจากต้นอ่อน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ลำต้นใต้ดิน กับลำต้นบนดิน)
  - พืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ มีโครงสร้างภายนอกของลำต้นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
  - (แนวคำตอบขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิมของนักเรียนแต่ละคน)
  - โครงสร้างภายในตามขวางของลำต้น เหมือนหรือแตกต่างกับราก อย่างไร
  - (แนวคำตอบขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิมของนักเรียนแต่ละคน)
2. ครูให้นักเรียนสังเกตภาพโครงสร้างปลายยอด จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายโครงสร้างปลายยอด โดยนักเรียนต้องสามารถจำแนกโครงสร้างปลายยอดออกเป็นบริเวณต่างๆ พร้อมทั้งอธิบายความแตกต่างของบริเวณแต่ละบริเวณ
3. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับบริเวณต่างๆ ของโครงสร้างปลายยอด โดยเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียน เรื่อง เซลล์และเนื้อเยื่อพืช และโครงสร้างปลายราก
4. ครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับโครงสร้างของลำต้น โดยครูอาจใช้ตัวอย่างคำถาม ดังนี้
  - จากการศึกษาเรื่อง โครงสร้างภายในตามขวางของราก นักเรียนคิดว่า โครงสร้างภายในตามขวางของลำต้นเหมือนหรือแตกต่างกับรากหรือไม่ อย่างไร
  - (แนวคำตอบของนักเรียน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิมของนักเรียน)
5. ครูอธิบายโครงสร้างภายในของลำต้น เมื่อนำมาตัดตามขวาง โดยสามารถแบ่งได้ 3 ส่วน ได้แก่ เนื้อเยื่อชั้นผิว คอรัทเทจ และสตีล เช่นเดียวกับในรากพืช จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาโครงสร้างภายในตามขวางของลำต้น โดยศึกษาใบความรู้ที่ 2 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น และนักเรียนอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม จากนั้นครูใช้ตัวอย่างคำถาม ดังนี้

#### ขั้นที่ 4 ขั้นนำความรู้ไปใช้

1. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ ละ 5-6 คน จากนั้นให้หัวหน้ากลุ่มออกมาจับบทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง โครงสร้างภายในของลำต้น
2. ครูอธิบายวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างภายในของลำต้น จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาบทปฏิบัติการที่ 2 ประมาณ 5 นาที
3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองและวิธีการทดลอง
4. ครูให้นักเรียนดำเนินการทดลอง โดยครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยให้เวลานักเรียนทำการทดลองประมาณ 30 นาที
5. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปรายเกี่ยวกับผลการทดลอง ว่า “โครงสร้างภายในตามขวางของลำต้น ประกอบด้วย เนื้อเยื่อชั้นผิว คอร์เทกซ์ ซึ่งมีความกว้างน้อยกว่าคอร์เทกซ์ของราก โดยสตีลของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ จะแตกต่างกัน เนื่องจากมัดท่อลำเลียงของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะกระจุกกระจาย ส่วนมัดท่อลำเลียงของพืชใบเลี้ยงคู่จะเรียงตัวเป็นระเบียบรอบลำต้น”

#### ขั้นที่ 5 ขั้นทบทวน

1. ครูให้นักเรียนสังเกตภาพโครงสร้างภายในตามขวางของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ จากนั้นครูให้นักเรียนเชื่อมโยงภาพโครงสร้างภายในตามขวางของลำต้นพืชกับภาพโครงสร้างภายในตามขวางที่นักเรียนสังเกตได้จากการทดลอง โดยครูอาจใช้ตัวอย่างคำถาม ดังนี้
  - ลำต้นของข้าวโพดซึ่งเป็นลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีลักษณะอย่างไร
  - (แนวคำตอบ ลำต้นของข้าวโพด มีเนื้อเยื่อชั้นผิวเพียงชั้นเดียว ชั้นคอร์เทกซ์มีความกว้างน้อยกว่าในราก ส่วนของสตีลมีมัดท่อลำเลียงเรียงตัวกันกระจุกกระจาย ทำให้ไม่สามารถเกิดการเจริญเติบโตทุติยภูมิได้ ยกเว้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิด เช่น จันทน์ผา)
  - ลำต้นของถั่วเขียวซึ่งเป็นลำต้นของพืชใบเลี้ยงคู่มีลักษณะอย่างไร
  - (แนวคำตอบ โครงสร้างพื้นฐานคล้ายกับพืชใบเลี้ยงเดี่ยว แต่บริเวณสตีล จะมีมัดท่อลำเลียงเรียงตัวกันเป็นระเบียบรอบลำต้น โดยเนื้อเยื่อไซเล็มจะอยู่ด้านใน และเนื้อเยื่อโฟลเอ็มจะเรียงตัวอยู่ด้านนอก โดยมีแคมเบียมคั่นกลางระหว่างเนื้อเยื่อไซเล็มและเนื้อเยื่อโฟลเอ็ม ทำให้พืชใบเลี้ยงคู่เกิดการเจริญเติบโตทุติยภูมิได้ นอกจากนี้เนื้อเยื่อพาเรงคิมาในคอร์เทกซ์ยังสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นเนื้อเยื่อเจริญซึ่งจะพัฒนาเปลี่ยนแปลงมาเป็นคอร์กแคมเบียมได้)
2. ครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับโครงสร้างภายในของลำต้น ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นบริเวณต่างๆ เรียงจากภายนอกเข้าไปภายในลำต้นตามลำดับ
3. ครูให้นักเรียนเชื่อมโยงและอภิปรายความแตกต่างระหว่างลำต้นถั่วเขียวและลำต้นข้าวโพดที่นักเรียนเคยทำการศึกษามาแล้ว จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับหน้าที่และประเภทของลำต้นพืช



4. ครูให้ตัวแทนกลุ่มมารับแบบฝึกหัดเรื่อง โครงสร้างภายในของลำต้น และแจกให้กับสมาชิกภายในกลุ่ม จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างภายในของลำต้น โดยการเติมคำศัพท์เกี่ยวกับโครงสร้างภายในของลำต้นลงในข้อความให้ถูกต้องและวาดภาพเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่และโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

5. ครูให้ตัวแทนกลุ่มมารับแบบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น ซึ่งเป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ชุดเดียวกับแบบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย จำนวน 10 ข้อ โดยให้เวลานักเรียนทำแบบทดสอบ 10 นาที

### สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

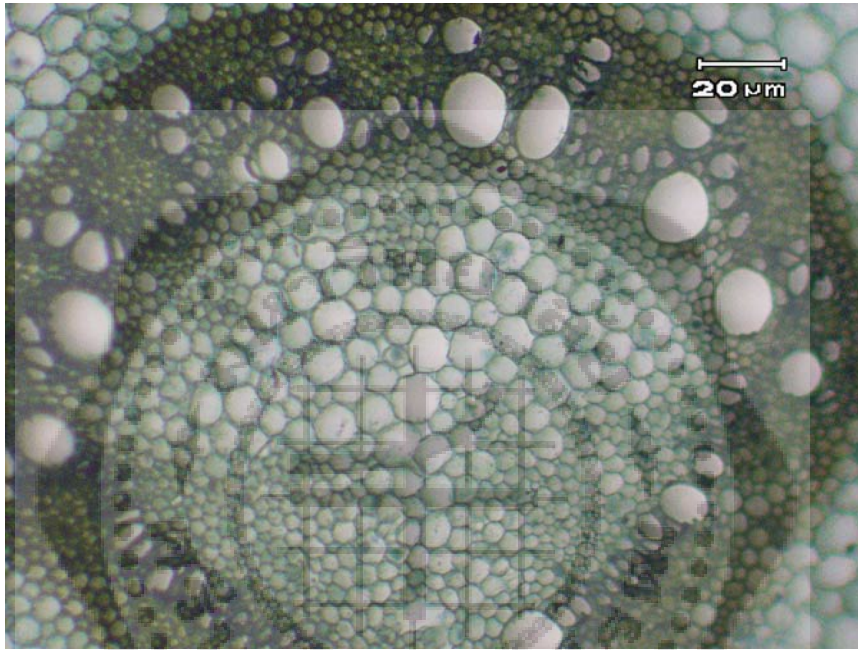
#### สื่อ

1. ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น
2. บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง โครงสร้างภายในของลำต้น
3. แบบฝึกหัด/ใบงาน เรื่อง โครงสร้างภายในของลำต้น
4. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น

### ความรู้พื้นฐานที่ผู้เรียนควรมีมาก่อน

นักเรียนควรมีทักษะการใช้กล้องจุลทรรศน์ และมีความรู้พื้นฐานเรื่องเซลล์และเนื้อเยื่อพืช

บทปฏิบัติการ  
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก  
สำหรับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



นางสาววิษณุศรี โตศกุลวรรณ  
นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาชีววิทยา  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

## คำนำ

บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นบทปฏิบัติการจัดทำขึ้นเพื่อให้ครูผู้สอนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และผู้ที่เกี่ยวข้องได้นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หรือรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก โดยผู้เรียนจะศึกษาและทำปฏิบัติการตามคำแนะนำของบทปฏิบัติการ โดยมีผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการทำบทปฏิบัติการ ซึ่งประกอบด้วยบทปฏิบัติการจำนวน 3 บท ได้แก่

- บทปฏิบัติการที่ 1 โครงสร้างภายในของราก
- บทปฏิบัติการที่ 2 โครงสร้างภายในของลำต้น
- บทปฏิบัติการที่ 3 โครงสร้างภายนอกและภายในของใบ

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า บทปฏิบัติการที่ได้เรียบเรียงขึ้นจากการศึกษาค้นคว้า และประสบการณ์สอนจะเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอน และผู้ที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในที่สุด

นางสาววิศิษฐ์ศรี โตศุกลวรรณ  
นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาชีววิทยา  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

## บทปฏิบัติการที่ 1 โครงสร้างภายในของราก

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายลักษณะโครงสร้างภายในของรากในแนวตัดขวางจากด้านนอกเข้าสู่ด้านในได้
2. เปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่

### สาระสำคัญ

โครงสร้างภายในของราก ประกอบด้วย เนื้อเยื่อชั้นผิว คอร์เทกซ์ และสตีล ซึ่งประกอบด้วย เพอริไซเคิล มดทอลำเลียง และไส้ไม้ โดยมีมดทอลำเลียง ประกอบด้วยกลุ่มเนื้อเยื่อโพลีเอม และกลุ่มเนื้อเยื่อไซเลม ซึ่งมีการเรียงตัวแตกต่างกันระหว่างรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่

### วัสดุอุปกรณ์

1. เมล็ดถั่วเขียว และเมล็ดข้าวโพด
2. สารละลายสีย้อมผ้าสีเขียวที่ละลายในแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 (แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อ) โดยมี ความเข้มข้นของสีย้อมผ้าร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
3. หัวไชเท้า
4. กระดาษทิชชู
5. จานเพาะเชื้อ/จานแบนสำหรับใส่น้ำ
6. ใบมีดโกน
7. ฟู่กัน
8. หลอดหยด
9. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
10. กระจกเพาะและดิน
11. กล้องจุลทรรศน์

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

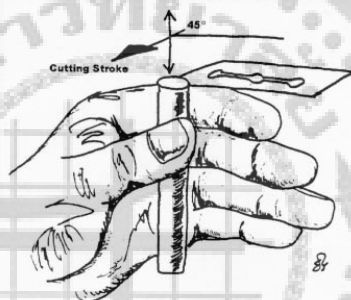
1 คาบ (50 นาที)

### วิธีดำเนินการทดลอง

1. เพาะเมล็ดถั่วเขียวและเมล็ดข้าวโพด โดยนำเมล็ดพืชดังกล่าวแช่น้ำประมาณ 6 – 12 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดพืชแต่ละชนิดโรยลงในร่องกระบะเพาะที่มีดินบรรจุ กลบดินบางๆ แล้วพรมน้ำ ใช้ระยะเวลาเพาะประมาณ 1 – 2 สัปดาห์

2. คัดเลือกต้นถั่วเขียวและต้นข้าวโพดที่สมบูรณ์ แล้วใช้ใบมีดโกนตัดเฉพาะส่วนรากมาแช่น้ำในจานเพาะเชื้อ จากนั้นนำหัวไชเท้ามาตัดเป็นท่อนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความยาวใกล้เคียงกับความยาวของราก

3. นำชิ้นหัวไชเท้าที่ตัดเตรียมไว้มาประกบรากของพืชให้หน้าตัดอยู่ในแนวระนาบเดียวกัน จากนั้นจับใบมีดโกนจุ่มน้ำให้เปียก วางใบมีดโกนให้อยู่ในระนาบเดียวกับหน้าตัดของราก จากนั้นดึงใบมีดโกนเข้าหารากที่ต้องการตัด โดยตัดชิ้นตัวอย่างรากให้บางที่สุด ระวังห้ามเลื่อยรากพืชตัวอย่าง เพราะจะทำให้เนื้อเยื่อพืชเกิดความเสียหาย แล้วนำชิ้นตัวอย่างรากที่ได้ไปแช่น้ำในจานเพาะเชื้อ



4. เลือกชิ้นตัวอย่างรากที่ตัดได้บางและสมบูรณ์ที่สุดประมาณ 1 – 2 ชิ้น แล้วใช้ฟู่กันแตะมาวางลงบนสไลด์ ย้อมชิ้นตัวอย่างราก โดยการหยดสารละลายสีย้อมผ้าสีเขียวความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่เตรียมไว้แล้ว ลงบนชิ้นตัวอย่างราก ประมาณ 3 – 5 นาที

5. เมื่อครบระยะเวลาการย้อมสีที่กำหนด นำกระดาษทิชชู 1 แผ่น พับเป็นรูปสามเหลี่ยม แล้วใช้มุมกระดาษซับสารละลายสีย้อมผ้าสีเขียวรอบชิ้นตัวอย่าง ล้างสีย้อมออกด้วยน้ำ 1 – 2 ครั้ง โดยหยดน้ำลงบนชิ้นตัวอย่าง แล้วใช้กระดาษทิชชูซับน้ำออก

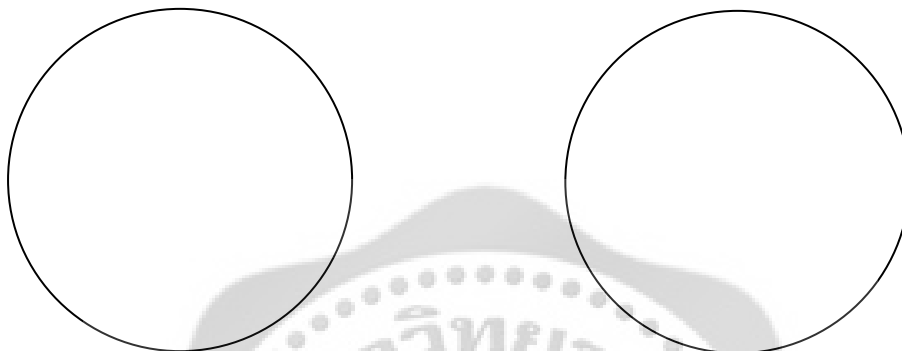
6. หยดน้ำลงบนสไลด์ใกล้กับชิ้นตัวอย่างแล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ

7. ใช้มุมของกระดาษทิชชูที่พับเป็นรูปสามเหลี่ยมซับน้ำที่ซึมออกมาบริเวณขอบกระจกปิดสไลด์ และระวังอย่าให้กระจกปิดสไลด์ด้านบนเปียกน้ำ

8. นำสไลด์ไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยเริ่มต้นจากเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 4 X แล้วเปลี่ยนเป็นกำลังขยายสูงขึ้นเพื่อศึกษารายละเอียดโครงสร้างภายในของรากพืชตัวอย่างได้ละเอียดและชัดเจนมากขึ้น

### ผลการทดลอง

1. ให้นักเรียนวาดภาพโครงสร้างภายในตามแนวตัดขวางจากด้านนอกเข้าสู่ด้านในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ข้าวโพด) และรากพืชใบเลี้ยงคู่ (ถั่วเขียว) ที่ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ลงในวงกลมที่กำหนดให้ ระบุส่วนประกอบต่างๆ ที่เห็น แล้วเปรียบเทียบโครงสร้างภายในระหว่างรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่



### ตารางเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่

โครงสร้างภายใน	รากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว	รากพืชใบเลี้ยงคู่
1. เนื้อเยื่อชั้นผิว	มีเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวเรียงตัวเพียงชั้นเดียว เซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวอาจเปลี่ยนแปลงไปเป็นขนราก	มีเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวเรียงตัวเพียงชั้นเดียว เซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวอาจเปลี่ยนแปลงไปเป็นขนราก
2. คอร์เทกซ์	ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาเป็นหลัก เซลล์มีการเรียงตัวหลายชั้น ชั้นในสุดมีเซลล์เรียงตัวเป็นชั้นเดียว สังเกตได้ชัดเจน	ชั้นคอร์เทกซ์ของรากพืชใบเลี้ยงคู่มีความกว้างมากกว่าชั้นคอร์เทกซ์ของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว แต่สังเกตเห็นชั้นเอนโดเดอร์มิสไม่ชัดเจนเท่าใบเลี้ยงเดี่ยว
3. สตีล	มีมัดท่อลำเลียงเรียงตัวกันเป็นแฉกมากกว่า 4 แฉก โดยเนื้อเยื่อไซเล็มจะเรียงตัวอยู่ด้านใน ส่วนเนื้อเยื่อโฟลเอ็มจะเรียงตัวทางด้านนอกของมัดท่อลำเลียง	มีมัดท่อลำเลียงเรียงตัวกันเป็นแฉกประมาณ 4 แฉก โดยมัดท่อลำเลียงของรากพืชใบเลี้ยงคู่จะมีขนาดเล็กกว่ารากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

## แบบฝึกหัด เรื่อง โครงสร้างภายในของราก

1. ให้นักเรียนเลือกคำศัพท์โครงสร้างภายในของรากที่สอดคล้องกับข้อความด้านล่างและเติมคำศัพท์ลงในช่องว่างหน้าข้อความนั้น

เนื้อเยื่อไซเล็ม	เนื้อเยื่อโฟลเอ็ม	เนื้อเยื่อชั้นผิว	เซลล์ขนราก	สตีล
คอร์เทกซ์	เอนโดเดอร์มิส	เพอริไซเคิล	มัดท่อลำเลียง	ไส้ไม้

เนื้อเยื่อไซเล็ม โครงสร้างที่ประกอบด้วย เวสเซล (vessel) เทรคีด (tracheid) พาเรงคิมา

(parenchyma) และเซลล์เส้นใย (fibre cell) ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร

เนื้อเยื่อชั้นผิว โครงสร้างที่ประกอบด้วย เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermal cell) ที่เรียงเป็นแถว

ทำหน้าที่ป้องกันเนื้อเยื่อที่อยู่ด้านใน

เนื้อเยื่อโฟลเอ็ม โครงสร้างที่ประกอบด้วย ท่อลำเลียงอาหาร (sieve tube) เซลล์ประกบ

(companion cell) พาเรงคิมา (parenchyma) และอาจมีเซลล์เส้นใย (fibre cell)

ทำหน้าที่ในการลำเลียงอาหาร

เพอริไซเคิล ชั้นของเซลล์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue)

เป็นจุดกำเนิดของรากแขนง (lateral root)

คอร์เทกซ์ ชั้นของเซลล์ที่อยู่ระหว่างเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) และเนื้อเยื่อลำเลียง (vascular

tissue) ส่วนใหญ่เป็นเซลล์พาเรงคิมา (parenchyma cell)

เอนโดเดอร์มิส แถวที่อยู่ด้านในสุดของเนื้อเยื่อพื้น (ground tissue) มักเห็นเซลล์เรียงกันเป็นแถว

เซลล์ขนราก เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermal cell) บางเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อเพิ่มพื้นที่ใน

การดูดซึมน้ำและธาตุอาหาร

พยายามทำแบบฝึกหัดนะครับ



## บทปฏิบัติการที่ 2 โครงสร้างภายในของลำต้น

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายลักษณะโครงสร้างภายในของลำต้นในแนวตัดขวางจากด้านนอกเข้าสู่ด้านในได้
2. เปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่

### สาระสำคัญ

เมื่อนำลำต้นที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ หรือการเจริญเติบโตขั้นปฐมภูมิมาตัดตามขวางจะพบบริเวณต่างๆ และแบ่งออกเป็นชั้นๆ เรียงจากภายนอกเข้าไปภายในตามลำดับ ได้แก่ เนื้อเยื่อชั้นผิว คอร์กเทกซ์ และสตีล ซึ่งประกอบด้วยมัดท่อลำเลียง วาสคิวลาร์เรย์ และไส้ไม้ โดยมีมัดท่อลำเลียงของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จะเรียงตัวแตกต่างกัน

### วัสดุอุปกรณ์

1. ลำต้นถั่วเขียว และลำต้นข้าวโพด
2. สารละลายสีย้อมผ้าสีเขียวที่ละลายในแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 (แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อ) โดยมี ความเข้มข้นของสีย้อมผ้าร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
3. หัวไชเท้า
4. กระดาษทิชชู
5. จานเพาะเชื้อ/จานแบนสำหรับใส่ผ้า
6. ใบมีดโกน
7. พู่กัน
8. หลอดหยด
9. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
10. กล้องจุลทรรศน์

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

1 คาบ (50 นาที)



### วิธีดำเนินการทดลอง

1. คัดเลือกต้นถั่วเขียวและต้นข้าวโพดที่สมบูรณ์จากที่เพาะไว้ล่วงหน้า โดยมีอายุประมาณ 1 – 2 สัปดาห์ จากนั้นใช้ใบมีดโกนตัดเฉพาะส่วนลำต้นมาแช่น้ำในจานเพาะเชื้อ โดยตัดลำต้นของพืชแต่ละชนิด ให้มีความยาวเพียงพอที่ผู้เรียนสามารถจับได้ถนัดมือ จากนั้นนำหัวไชเท้ามาตัดเป็นท่อนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความยาวใกล้เคียงกับความยาวของลำต้น

2. นำชิ้นหัวไชเท้าที่ตัดเตรียมไว้มาประกบลำต้นของพืชให้หน้าตัดอยู่ในแนวระนาบเดียวกัน จากนั้นจับใบมีดโกนจุ่มน้ำให้เปียก วางใบมีดโกนให้อยู่ในระนาบเดียวกับหน้าตัดของลำต้น จากนั้นดึงใบมีดโกนเข้าหาลำต้นที่ต้องการตัด โดยตัดชิ้นตัวอย่างลำต้นให้บางที่สุด ระวังห้ามเลี้ยวลำต้นพืชตัวอย่าง เพราะจะทำให้เนื้อเยื่อพืชเกิดความเสียหาย แล้วนำชิ้นตัวอย่างลำต้นที่ได้ไปแช่น้ำในจานเพาะเชื้อ

3. เลือกชิ้นตัวอย่างลำต้นที่ตัดได้บางและสมบูรณ์ที่สุดประมาณ 1 – 2 ชิ้น แล้วใช้ฟูกันแตะมาวางลงบนสไลด์ ย้อมชิ้นตัวอย่างลำต้น โดยการหยดสารละลายสีย้อมผ้าสีเขียวความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่เตรียมไว้แล้ว ลงบนชิ้นตัวอย่างลำต้น ประมาณ 3-5 นาที

4. เมื่อครบระยะเวลาการย้อมสีที่กำหนด นำกระดาษทิชชู 1 แผ่น พับเป็นรูปสามเหลี่ยมแล้วใช้มุมกระดาษซับสารละลายสีย้อมผ้าสีเขียวรอบชิ้นตัวอย่าง ล้างสีย้อมออกด้วยน้ำ 1 – 2 ครั้ง โดยหยดน้ำลงบนชิ้นตัวอย่าง แล้วใช้กระดาษทิชชูซับน้ำออก

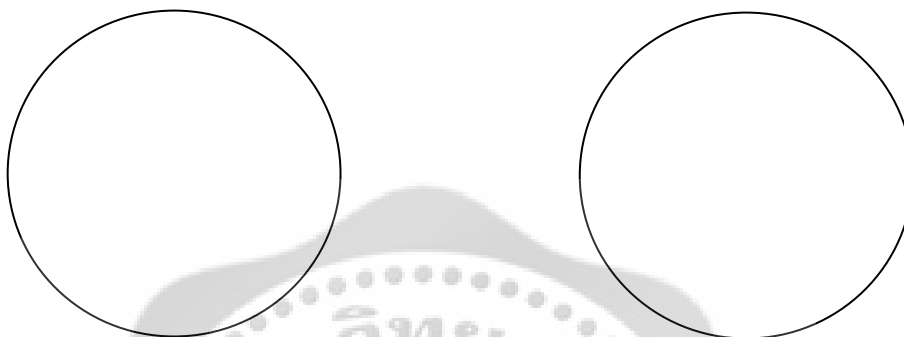
5. หยดน้ำลงบนสไลด์ใกล้กับชิ้นตัวอย่างแล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ

6. ใช้มุมของกระดาษทิชชูที่พับเป็นรูปสามเหลี่ยมซับน้ำที่ซึมออกมาบริเวณขอบกระจกปิดสไลด์ และระวังอย่าให้กระจกปิดสไลด์ด้านบนเปียกน้ำ

7. นำสไลด์ไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยเริ่มต้นจากเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 4 X แล้วเปลี่ยนเป็นกำลังขยายสูงขึ้นเพื่อศึกษารายละเอียดโครงสร้างภายในของลำต้นพืชตัวอย่างได้ละเอียดและชัดเจนมากขึ้น

### ผลการทดลอง

1. ให้นักเรียนวาดภาพโครงสร้างภายในตามแนวตัดขวางจากด้านนอกเข้าสู่ด้านในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ข้าวโพด) และลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ (ถั่วเขียว) ที่ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ลงในวงกลมที่กำหนดให้ ระบุส่วนประกอบต่างๆ ที่สังเกตเห็น เปรียบเทียบโครงสร้างภายในระหว่างลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่



ตารางเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่

ส่วนประกอบต่างๆ	ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว	ลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่
1. เนื้อเยื่อชั้นผิว	<u>ประกอบด้วยเนื้อเยื่อชั้นผิว อาจพบสารคิวทินมาเคลือบเนื้อเยื่อชั้นผิวบริเวณด้านนอก</u>	<u>มีลักษณะคล้ายกับลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และพบเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวที่เปลี่ยนแปลงไป</u>
2. คอร์เทกซ์	<u>สังเกตเห็นชั้นคอร์เทกซ์ไม่ชัดเจนเหมือนในรากพืช</u>	<u>สังเกตเห็นชั้นคอร์เทกซ์ไม่ชัดเจนและมีขนาดแคบกว่ารากพืชใบเลี้ยงคู่</u>
3. สตีล	<u>มีขนาดกว้างกว่าสตีลของรากพืช และมีการเรียงตัวของมัดท่อลำเลียงแบบกระจัดกระจาย โดยมัดท่อลำเลียงจะมีการเรียงตัวหนาแน่นบริเวณรอบนอก</u>	<u>มีมัดท่อลำเลียงเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบรอบลำต้น ในพืชใบเลี้ยงจะพบการเจริญเติบโตทุติยภูมิ</u>

## แบบฝึกหัด เรื่อง โครงสร้างภายในของลำต้น

1. ให้นักเรียนเลือกคำศัพท์โครงสร้างภายในของลำต้นที่สอดคล้องกับข้อความด้านล่างและเติมคำศัพท์ลงในช่องว่างหน้าข้อความนั้น

เนื้อเยื่อไซเล็ม	เนื้อเยื่อโฟลเอ็ม	เนื้อเยื่อชั้นผิว	คอร์เทกซ์
มดท่อลำเลียง	แคมเบียมท่อลำเลียง	ไส้ไม้	สตีล

เนื้อเยื่อไซเล็ม เนื้อเยื่อที่อยู่ถัดเข้ามาด้านในของแคมเบียมท่อลำเลียง (vascular cambium)

เนื้อเยื่อชั้นผิว เนื้อเยื่อที่อยู่ชั้นนอกสุด ผิวด้านนอกของเซลล์ในชั้นนี้มีสารคิวทิน (cutin) เคลือบอยู่

ไส้ไม้ บริเวณที่อยู่ชั้นในสุดของลำต้น ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา

เนื้อเยื่อโฟลเอ็ม เนื้อเยื่อที่อยู่ถัดออกไปด้านนอกของแคมเบียมท่อลำเลียง

คอร์เทกซ์ บริเวณที่มีเซลล์พาเรงคิมาเป็นส่วนใหญ่ อยู่ระหว่างเนื้อเยื่อชั้นผิวและสตีล

แคมเบียมท่อลำเลียง เนื้อเยื่อพาเรงคิมาที่อยู่ระหว่างเนื้อเยื่อไซเล็มกับเนื้อเยื่อโฟลเอ็มในมดท่อลำเลียง

ตั้งใจทำแบบฝึกหัดนะ ...



## บทปฏิบัติการที่ 3 โครงสร้างภายนอกและภายในใบ

### วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายโครงสร้างภายนอกและภายในของใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบพืชใบเลี้ยงคู่

### สาระสำคัญ

ใบพืช (leaf) ประกอบด้วย แผ่นใบ (blade หรือ lamina) ก้านใบ (petiole) และหูใบ (stipule) เมื่อนำใบมาตัดตามขวางจะพบบริเวณต่างๆ และแบ่งออกเป็นชั้นๆ เรียงจากด้านหลังใบลงด้านท้องใบตามลำดับ ดังนี้ เนื้อเยื่อชั้นผิว ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 บริเวณ คือ เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านบน และ เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่าง โดยเนื้อเยื่อชั้นผิวใบอาจเปลี่ยนแปลงไปเป็น เซลล์คุม (guard cells) และมีไซฟิลล์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชั้น ตามลักษณะของเซลล์ คือ แพลลิมเซดมีไซฟิลล์ (palisade mesophyll) และสปองจีมีไซฟิลล์ (spongy mesophyll) ซึ่งมีมัดท่อลำเลียง แทรกอยู่ภายใน

### วัสดุอุปกรณ์

1. ใบถั่วเขียว และใบข้าวโพด
2. สารละลายสีย้อมผ้าสีเขียวที่ละลายในแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 (แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อ) โดยมี ความเข้มข้นของสีย้อมผ้าร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
3. หัวไชเท้า
4. กระจกทึบ
5. จานเพาะเชื้อ/จานแบนสำหรับใส่น้ำ
6. ใบมีดโกน
7. พู่กัน
8. หลอดหยด
9. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
10. กล้องจุลทรรศน์

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

1 คาบ (50 นาที)

## วิธีดำเนินการทดลอง

### ตอนที่ 1 การศึกษาโครงสร้างภายนอกของใบ

สังเกตรูปร่างใบ และการจัดเรียงตัวของเส้นใบเข้าโพดและใบถั่วเขียวที่เพาะไว้ล่วงหน้า 2 – 3 สัปดาห์ จากนั้นวาดรูปที่ได้จากการสังเกตลงใน ผลการทดลองตอนที่ 1 การศึกษาโครงสร้างภายนอกของใบ

### ตอนที่ 2 การศึกษาโครงสร้างภายในของใบ

1. นำใบเข้าโพดและใบถั่วเขียวมาล้างน้ำให้สะอาด เพื่อจะนำมาตัดตามแนวทงขวาง โดยใช้ใบมีดโกนตัดบริเวณกึ่งกลางแผ่นใบเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมนำไปแช่น้ำในจานเพาะเชื้อ จากนั้นนำหัวไชเท้ามาตัดเป็นท่อนสี่เหลี่ยมผืนผ้า แล้วผ่ากึ่งกลางปลายด้านหนึ่งเป็นร่องลึก

2. สอดชิ้นตัวอย่างแผ่นใบลงในรอยผ่า ให้หน้าตัดอยู่ในแนวระนาบเดียวกัน จากนั้นจับใบมีดโกนจุ่มน้ำให้เปียก วางใบมีดโกนให้อยู่ในระนาบเดียวกับหน้าตัดของใบ จากนั้นดึงใบมีดโกนเข้าหาใบที่ต้องการตัด โคนตัดชิ้นตัวอย่างใบให้บางที่สุด ระวังห้ามเลื่อยใบพืชตัวอย่าง เพราะจะทำให้เนื้อเยื่อพืชเกิดความเสียหาย แล้วนำชิ้นตัวอย่างใบที่ได้ไปแช่น้ำในจานเพาะเชื้อ

3. เลือกชิ้นตัวอย่างแผ่นใบที่ตัดได้บางและสมบูรณ์ที่สุดประมาณ 1 – 2 ชิ้น แล้วใช้ฟูกันตะมาวางลงบนสไลด์ ย้อมชิ้นตัวอย่างแผ่นใบ โดยการหยดสารละลายสีย้อมผ้าสีเขียวความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่เตรียมไว้แล้ว ลงบนชิ้นตัวอย่างใบ ประมาณ 3 นาที

4. เมื่อครบระยะเวลาการย้อมสีที่กำหนด นำกระดาษทิชชู 1 แผ่น พับเป็นรูปสามเหลี่ยม แล้วใช้มุมกระดาษซับสารละลายสีย้อมผ้าสีเขียวรอบชิ้นตัวอย่าง ล้างสีย้อมออกด้วยน้ำ 1 – 2 ครั้ง โดยหยดน้ำลงบนชิ้นตัวอย่าง แล้วใช้กระดาษทิชชูซับน้ำออก

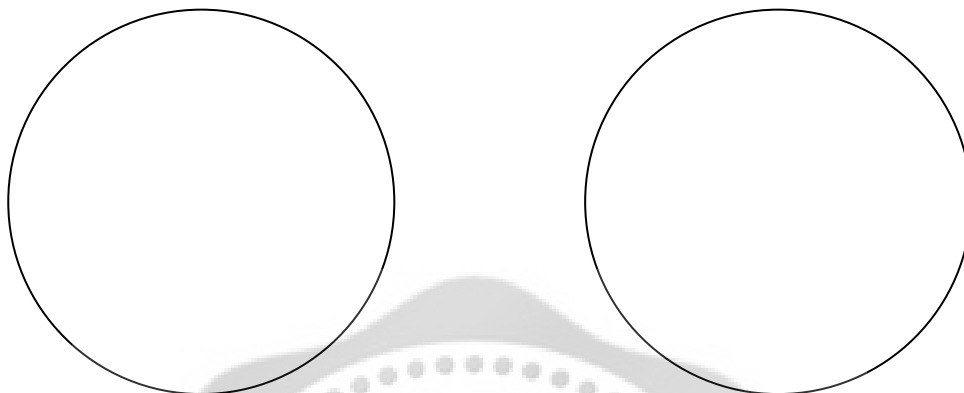
5. หยดน้ำลงบนสไลด์ที่ใกล้กับชิ้นตัวอย่างแล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ

6. ใช้มุมของกระดาษทิชชูที่พับเป็นรูปสามเหลี่ยมซับน้ำที่ซึมออกมาบริเวณขอบกระจกปิดสไลด์ และระวังอย่าให้กระจกปิดสไลด์ด้านบนเปียกน้ำ

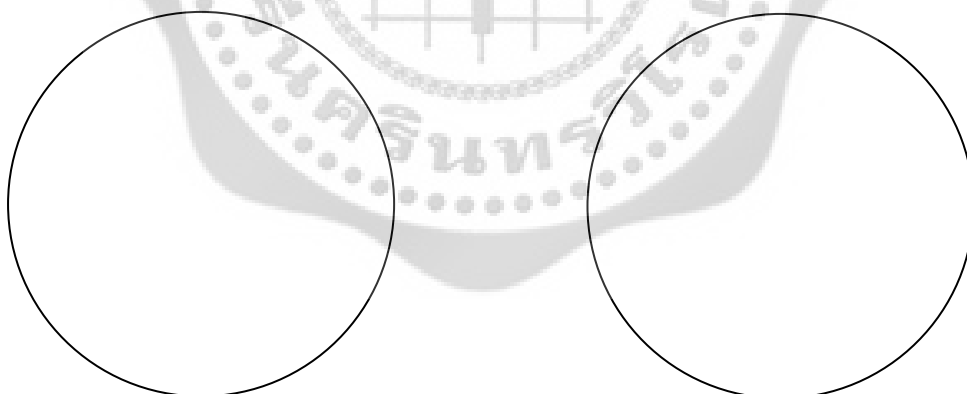
7. นำสไลด์ไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยเริ่มต้นจากเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 4 X แล้วเปลี่ยนเป็นกำลังขยายสูงขึ้นเพื่อศึกษารายละเอียดโครงสร้างภายในของใบตัวอย่างได้ละเอียดและชัดเจนมากขึ้น

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาโครงสร้างภายนอกของใบ



ตอนที่ 2 การศึกษาโครงสร้างภายในของใบ



### ตารางเปรียบเทียบโครงสร้างภายนอกของใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่

โครงสร้างภายนอก	ใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยว	ใบพืชใบเลี้ยงคู่
รูปร่างใบ	แผ่นใบเรียวยาว แบนและบาง และมีลักษณะแผ่ออกเป็นกาบใบปกคลุมลำต้น เวลาศึกษาโครงสร้างภายในของลำต้นต้องลอกกาบใบออกให้หมดก่อน	แผ่นใบแผ่กว้าง หนาและมีสารคิวทินมาเคลือบบริเวณผิวใบด้านบน ทำให้ผิวใบด้านบนมีลักษณะมัน วาว
การเรียงตัวของเส้นใบ	มีเส้นใบเรียงตัวขนานกัน	มีเส้นใบเรียงตัวแตกแขนงทั่วแผ่นใบ มีเส้นกลางใบขนาดใหญ่อยู่ตรงกลาง

### ตารางเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่

โครงสร้างภายใน	ใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยว	ใบพืชใบเลี้ยงคู่
1. เนื้อเยื่อชั้นผิว	เนื้อเยื่อชั้นผิว แบ่งออกเป็น 2 บริเวณ คือ เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านบน และเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่าง โดยเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบบางเซลล์จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์คุมเพื่อควบคุมการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช	เนื้อเยื่อชั้นผิวใบมีลักษณะคล้ายกับเนื้อเยื่อชั้นผิวใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว โดยเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านบนจะมีสารคิวทินมาเคลือบ เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำบริเวณปากใบ
2. มีไซฟิลล์	เนื้อเยื่อชั้นมีไซฟิลล์ แบ่งได้ 2 ชั้น ตามรูปร่างลักษณะและการเรียงตัวของเซลล์ คือ เซลล์ที่มีการเรียงตัวชิดติดกันหนาแน่นบริเวณด้านบน เรียกว่า แพลลิสเซดมีไซฟิลล์ ส่วนเซลล์ที่มีการเรียงตัวกันอย่างหลวมๆ ด้านล่าง เรียกว่า สpongji มีไซฟิลล์	เนื้อเยื่อชั้นมีไซฟิลล์มีลักษณะคล้ายกับพืชใบเลี้ยงเดี่ยว โดยมีมัดท่อลำเลียงแทรกตัวบริเวณสpongji มีไซฟิลล์ ซึ่งจะกระจายกระจายตามการเรียงตัวของเส้นใบ ไม่เหมือนมัดท่อลำเลียงของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างมัดท่อลำเลียงใกล้เคียงกัน

## แบบฝึกหัด เรื่อง โครงสร้างภายนอกและภายในใบ

1. ให้นักเรียนเลือกคำศัพท์โครงสร้างภายนอกและภายในของใบที่สอดคล้องกับข้อความด้านล่างและเติมคำศัพท์ลงในช่องว่างหน้าข้อความนั้น

ชั้นคิวติเคิล      สpongจี มีโซฟิลล์      ปากใบ      เส้นแขนงใบ      เส้นกลางใบ  
 ก้านใบ      แพลลิเซด มีโซฟิลล์      แผ่นใบ      หูใบ

- ชั้นคิวติเคิล เป็นชั้นที่มีสารคิวทิน (cutin) มาเคลือบ
- เส้นแขนงใบ เป็นส่วนที่แตกแขนงออกมาจากเส้นกลางใบ มีลักษณะเป็นเส้นๆ
- เส้นกลางใบ เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางแผ่นใบ และเชื่อมต่อกับปลายของก้านใบ
- แผ่นใบ เป็นส่วนประกอบของใบพืช มีลักษณะแผ่ออกเป็นแผ่นแบน
- ปากใบ เป็นเนื้อเยื่อชั้นผิวที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเพื่อทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส และการคายน้ำของพืช
- ก้านใบ เป็นส่วนที่เชื่อมติดกับลำต้นหรือกิ่งทางด้านข้าง
- แพลลิเซด มีโซฟิลล์ เซลล์ที่มีรูปร่างยาว มีคลอโรพลาสต์ (chloroplast) หนาแน่น
- สpongจี มีโซฟิลล์ เซลล์ที่มีรูปร่างไม่แน่นอน มีช่องว่างระหว่างเซลล์มาก
- หูใบ รยางค์ที่ยื่นออกมาตรงโคนก้านใบ ทำหน้าที่ป้องกันตาอ่อน



## แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

1. ส่วนใดของพืชที่ลำเลียงน้ำจากรากไปยังปลายยอดเป็นอันดับแรก
  - ก. ขนราก
  - ข. รากแก้ว
  - ค. รากแขนง
  - ง. รากพิเศษ
2. เซลล์ขนราก (root hair cell) เจริญเปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อชนิดใด
  - ก. คอร์เทกซ์
  - ข. เพอริไซเคิล
  - ค. มัดท่อลำเลียง
  - ง. เนื้อเยื่อชั้นผิว
3. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับแคสพาเรียนสตริป (casparian strip)
  - ก. บริเวณชั้นในสุดของคอร์เทกซ์
  - ข. เซลล์พาเรงคิมาที่สามารถลำเลียงน้ำและธาตุอาหารได้
  - ค. เซลล์พาเรงคิมาของชั้นเอนโดเดอร์มิสที่มีสารซูเบอรินสะสมที่ผนังเซลล์
  - ง. แถบในผนังเซลล์ที่มีสารซูเบอรินมาสะสมสามารถกั้นน้ำได้พบในชั้นเอนโดเดอร์มิส
4. สตีล (stele) คือ ส่วนใดของราก
  - ก. ส่วนที่อยู่ถัดจากชั้นคอร์เทกซ์เข้ามาด้านในของราก
  - ข. ส่วนที่อยู่ถัดจากเนื้อเยื่อชั้นผิวเข้ามาด้านในของราก
  - ค. ส่วนที่อยู่ถัดจากมัดท่อลำเลียงเข้ามาด้านในของราก
  - ง. ส่วนที่อยู่ถัดจากชั้นเอนโดเดอร์มิสเข้ามาด้านในของราก
5. เพอริไซเคิล (pericycle) คือบริเวณใดของราก
  - ก. บริเวณชั้นในสุดของชั้นคอร์เทกซ์
  - ข. บริเวณที่เป็นจุดกำเนิดรากแขนง
  - ค. บริเวณที่อยู่ระหว่างเนื้อเยื่อชั้นผิวกับเอนโดเดอร์มิส
  - ง. บริเวณที่ประกอบด้วยเซลล์คอลเลงคิมาเป็นส่วนใหญ่
6. ข้อใดคือลักษณะของมัดท่อลำเลียงของรากพืชใบเลี้ยงคู่
  - ก. เนื้อเยื่อไซเล็มมีลักษณะเป็นแฉก
  - ข. เนื้อเยื่อโฟลเอ็มอยู่ตรงกลางของราก
  - ค. เนื้อเยื่อไซเล็มมีแฉกมากกว่า 5 แฉก
  - ง. มีเอนโดเดอร์มิสอยู่ชิดติดกับมัดท่อลำเลียง
7. บริเวณใดของรากที่เป็นอุปสรรคต่อการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารมากที่สุด
  - ก. เนื้อเยื่อชั้นผิว
  - ข. คอร์เทกซ์
  - ค. เอนโดเดอร์มิส
  - ง. เพอริไซเคิล

8. รากของพืชที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว พบว่า มีขนรากเป็นจำนวนมากทำหน้าที่ดูดซึมน้ำและธาตุอาหาร เมื่อปลูกพืชไปแล้ว 3 เดือน โครงสร้างของขนรากที่กล่าวถึงจะเป็นอย่างไร
- ขนรากยืดยาวมากขึ้น
  - ขนรากไม่ทำงานและหลุดไป
  - พบขนรากเหมือนเดิมแต่ไม่ทำงาน
  - ขนรากมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตามอายุของพืช
9. เมื่อนำชิ้นส่วนที่ตัดตามขวางของพืชมาตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่า ตรงกลางของชิ้นส่วนนั้น เป็นกลุ่มเนื้อเยื่อไซเล็ม นักเรียนคิดว่าชิ้นส่วนของพืชที่นำมาส่องดูเป็นโครงสร้างส่วนใดของพืช
- รากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
  - รากของพืชใบเลี้ยงคู่
  - รากแขนงของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
  - รากพิเศษของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
10. เนื้อเยื่อไซเล็มประกอบด้วยเซลล์ชนิดใดบ้าง
- เซลล์ประกอบและเทรคีด
  - เทรคีดและเวสเซลเมมเบอร์
  - เวสเซลเมมเบอร์และซีฟทิวบ์เมมเบอร์
  - ซีฟทิวบ์เมมเบอร์และเซลล์ประกอบ
11. ถ้าพบว่าวงปีของลำต้นพืชประกอบด้วย ไซเล็มที่มีลักษณะกว้างและมีสีจาง นักเรียนคิดว่า แคมเบียมท่อลำเลียง (vascular cambium) ของพืชชนิดนี้จะมีลักษณะอย่างไร
- มีแคมเบียมท่อลำเลียงขนาดเล็ก
  - แคมเบียมท่อลำเลียงมีผนังเซลล์หนา
  - แคมเบียมท่อลำเลียงเจริญในฤดูน้ำมาก
  - แคมเบียมท่อลำเลียงเจริญในฤดูน้ำน้อย
12. เนื้อเยื่อชนิดใด ไม่พบ ในโครงสร้างของลำต้นพืช
- ไส้ไม้
  - เนื้อเยื่อชั้นผิวและคอร์เทกซ์
  - เพอริไซเคิล
  - เนื้อเยื่อไซเล็มและเนื้อเยื่อโพลีเอ็ม
13. เมื่อตรวจดูภาพเนื้อเยื่อพืชในกล้องจุลทรรศน์ พบว่า มีกลุ่มมัดท่อลำเลียงเรียงตัวแบบกระจัดกระจาย แสดงว่าเนื้อเยื่อชิ้นนั้นเป็นโครงสร้างใดของพืช และเป็นพืชชนิดใด
- ราก, พืชใบเลี้ยงคู่
  - ลำต้น, พืชใบเลี้ยงคู่
  - ราก, พืชใบเลี้ยงเดี่ยว
  - ลำต้น, พืชใบเลี้ยงเดี่ยว
14. เมื่อปลูกต้นมะม่วงและต้นหญ้าในบริเวณเดียวกัน เป็นเวลา 1 ปี พบว่า ต้นมะม่วงมีลำต้นใหญ่กว่า ต้นหญ้า เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
- ต้นมะม่วงมีจำนวนมัดท่อลำเลียงมากกว่าต้นหญ้า
  - ต้นมะม่วงมีการเติบโตทุกฤดูกาล แต่ต้นหญ้าไม่มีการเติบโตทุกฤดูกาล
  - ต้นมะม่วงมีการเรียงตัวของมัดท่อลำเลียงเป็นระเบียบมากกว่าต้นหญ้า
  - เนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของต้นมะม่วงแบ่งตัวได้รวดเร็วกว่าเซลล์ของต้นหญ้า

15. เนื้อเยื่อในข้อใด ทำให้ลำต้นมะขามมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี
- คอร์กแคมเบียมและแคมเบียมทอลำเลียง
  - แคมเบียมทอลำเลียงและเนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อ
  - เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายและเนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อ
  - แคมเบียมทอลำเลียงและเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย
16. โครงสร้างใดของพืชที่กลุ่มเนื้อเยื่อไซเล็มไม่สามารถลำเลียงน้ำผ่านได้ เนื่องจากมีการสะสมสารอินทรีย์ต่าง ๆ
- กระพี้ไม้ (sap wood)
  - แก่นไม้ (heart wood)
  - เปลือกไม้ด้านนอก (outer bark)
  - เปลือกไม้ด้านใน (inner bark)
17. เพราะเหตุใดต้นมะพร้าวที่มีอายุมากกว่า 1 ปี จึงไม่มีวงปีเกิดขึ้น
- มัดทอลำเลียงเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ
  - เนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ มีจำนวนน้อยเกินไป
  - เนื้อเยื่อพาเรงคิมามีจำนวนมากเกินไป
  - ไม่มีคอร์กแคมเบียมและแคมเบียมทอลำเลียง
18. หากนักเรียนทดลองควั่นลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวให้ลึกเข้าไปในเนื้อเยื่อพิน และวางทิ้งไว้ นักเรียนคิดว่าต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวนั้นจะเป็นอย่างไร
- พืชตาย เพราะรากขาดอาหาร
  - พืชยังคงมีชีวิตอยู่ เพราะมีมัดทอลำเลียงแบบกระจายอยู่ทั่วไป
  - พืชมีโอกาสรอดและตายเท่ากัน เพราะมัดทอลำเลียงบางส่วนถูกทำลาย
  - พืชตาย เพราะไม่สามารถลำเลียงน้ำและธาตุอาหารไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้
19. พืชชนิดใดที่มีการเจริญเติบโตทุติยภูมิ (secondary growth)
- ข้าว
  - อ้อย
  - ทานตะวัน
  - ข้าวโพด

จากภาพแสดงโครงสร้างมัดทอลำเลียงของลำต้น ให้นักเรียนตอบคำถามข้อ 20

**ด้านนอกลำต้น**

A
B
Vascular cambium
C
D

20. บริเวณใดเป็นเนื้อเยื่อโฟลเอ็มทุติยภูมิ
- A
  - B
  - C
  - D

21. เซลล์ใดเป็นองค์ประกอบของมีโซฟิลล์ (mesophyll)
- ก. เซลล์แพลลิดและเซลล์สปองจี  
ข. เซลล์พาเรงคิมาและเซลล์แพลลิด
- ค. เซลล์พาเรงคิมาและเซลล์คอลเลงคิมา  
ง. เซลล์พาเรงคิมาและเซลล์สเกลอเรนคิมา
22. ส่วนใดของใบที่มีคลอโรพลาสต์หนาแน่นมากที่สุด
- ก. เซลล์สปองจี  
ข. เซลล์แพลลิด
- ค. เซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิว  
ง. มัดท่อลำเลียง
23. เซลล์ในข้อใดทำหน้าที่ควบคุมการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของใบ
- ก. เซลล์เส้นใย  
ข. เซลล์คุม
- ค. เซลล์ข้างเซลล์คุม  
ง. เซลล์สปองจี
24. มัดท่อลำเลียงที่พบในใบพืชอยู่ในเนื้อเยื่อชั้นใด
- ก. เนื้อเยื่อชั้นผิว  
ข. เนื้อเยื่อชั้นแพลลิดมีโซฟิลล์
- ค. เนื้อเยื่อชั้นผิวเคลือบคิวทิน  
ง. เนื้อเยื่อชั้นสปองจีมีโซฟิลล์
25. โครงสร้างภายในของใบ เมื่อตัดตามขวางแล้วนำมาศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ ข้อใดเป็นการเรียงตัวของเนื้อเยื่อจากชั้นบนสุดลงมรด้านล่าง
- ก. เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านบนและสปองจีมีโซฟิลล์  
ข. เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านบน สปองจีมีโซฟิลล์และเนื้อเยื่อชั้นผิวด้านล่าง
- ค. เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านบน แพลลิดมีโซฟิลล์และเนื้อเยื่อชั้นผิวด้านล่าง  
ง. เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านบน แพลลิดมีโซฟิลล์ สปองจีมีโซฟิลล์และเนื้อเยื่อชั้นผิวด้านล่าง
26. เนื้อเยื่อชั้นใดของใบแพงพวยน้ำที่พบเซลล์คุมเป็นจำนวนมาก
- ก. แพลลิดมีโซฟิลล์  
ข. สปองจีมีโซฟิลล์
- ค. เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านบน  
ง. เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านล่าง
27. เซลล์ของพืชในบริเวณใดที่เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงมากที่สุด
- ก. แพลลิดมีโซฟิลล์และมัดท่อลำเลียง  
ข. มัดท่อลำเลียงและเซลล์คุม
- ค. มัดท่อลำเลียงและสปองจีมีโซฟิลล์  
ง. แพลลิดมีโซฟิลล์และเซลล์คุม
28. ใบลักษณะใดที่เหมาะสมสำหรับการทำหน้าที่สร้างอาหารมากที่สุด
- ก. ใบหนา มีขนาดเล็ก แต่ละใบเรียงซ้อนกันหลายชั้น  
ข. ใบหนา มีขนาดใหญ่ แต่ละใบเรียงซ้อนกันหลายชั้น
- ค. ใบแบนบาง พื้นที่ผิวน้อย ใบแผ่อกแต่ละใบไม่ซ้อนกัน  
ง. ใบแบนบาง พื้นที่ผิวมาก ใบแผ่อกแต่ละใบไม่ซ้อนกัน
29. เหตุใดผิวใบด้านบนของใบไม้โดยทั่วไปจึงมีสีเขียวเข้มกว่าผิวใบด้านล่าง
- ก. ผิวใบด้านล่างมีชั้นคิวทิเคลิเคลือบมากกว่าผิวใบด้านบน  
ข. ผิวใบด้านบนมีชั้นคิวทิเคลิเคลือบมากกว่าผิวใบด้านล่าง
- ค. บริเวณผิวใบด้านบนมีคลอโรพลาสต์หนาแน่นกว่าบริเวณผิวใบด้านล่าง  
ง. บริเวณผิวใบด้านล่างมีคลอโรพลาสต์หนาแน่นกว่าบริเวณผิวใบด้านบน

30. ใบไม้โดยทั่วไป บริเวณผิวใบด้านล่างจึงมีปากใบมากกว่าผิวใบด้านบน เพราะเหตุใด
- เพราะบริเวณผิวใบด้านบนมีชั้นคิวทิเคิลเคลือบอยู่จึงไม่มีปากใบ
  - เพราะต้องการลดอัตราการคายน้ำให้น้อยลง ปากใบจึงมาอยู่บริเวณผิวใบด้านล่าง
  - เพราะต้องการลดการแลกเปลี่ยนแก๊สกับสิ่งแวดล้อมภายนอกจึงมาอยู่บริเวณผิวใบด้านล่าง
  - เพราะบริเวณผิวใบด้านบนต้องการพื้นที่ในการรับแสงมากกว่าผิวใบด้านล่างจึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเนื้อเยื่อชั้นผิว

### เฉลยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

ข้อ	คำเฉลย	ข้อ	คำเฉลย
1	ก. ขนราก	16	ข. แก่นไม้ (heart wood)
2	ง. เนื้อเยื่อชั้นผิว	17	ง. ไม่มีคอร์กแคมเบียมและแคมเบียมทอลำเลียง
3	ง. แอปในผนังเซลล์ที่มีสารซูเปอร์อินมาสะสม สามารถกั้นน้ำได้พบในชั้นเอนโดเดอริส	18	ข. พืชยังคงมีชีวิตอยู่ เพราะมีมัดทอลำเลียงแบบกระจายอยู่ทั่วไป
4	ง. ส่วนที่อยู่ถัดจากชั้นเอนโดเดอริสเข้ามาด้านในของราก	19	ค. ทานตะวัน
5	ข. บริเวณที่เป็นจุดกำเนิดรากแขนง	20	ข. B
6	ก. เนื้อเยื่อไซเล็มมีลักษณะเป็นแหก	21	ก. เซลล์เพลิวเซียและเซลล์สปองจี
7	ค. เอนโดเดอริส	22	ข. เซลล์เพลิวเซีย
8	ข. ขนรากไม่ทำงานและหลุดไป	23	ข. เซลล์คุม
9	ข. รากของพืชใบเลี้ยงคู่	24	ง. เนื้อเยื่อชั้นสปองจีมีไซฟิลล์
10	ข. เทอคีดและเวสเซลเมมเบอร์	25	ง. เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านบน แพลิวเซียมีไซฟิลล์ สปองจีมีไซฟิลล์และเนื้อเยื่อชั้นผิวด้านล่าง
11	ค. แคมเบียมทอลำเลียงเจริญในฤดูน้ำมาก	26	ค. เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านบน
12	ค. เพอริไซเคิล	27	ง. แพลิวเซียมีไซฟิลล์และเซลล์คุม
13	ง. ลำต้น, พืชใบเลี้ยงเดี่ยว	28	ง. ใบแบนบาง พื้นที่ผิวมาก ใบแผ่ออกแต่ละใบไม่ซ้อนกัน
14	ข. ต้นมะม่วงมีการเติบโตทุติยภูมิ แต่ต้นหญ้าไม่มีการเติบโตทุติยภูมิ	29	ค. บริเวณผิวใบด้านบนมีคลอโรพลาสต์หนาแน่นกว่าบริเวณผิวใบด้านล่าง
15	ก. คอร์กแคมเบียมและแคมเบียมทอลำเลียง	30	ข. เพราะต้องการลดอัตราการคายน้ำให้น้อยลง ปากใบจึงมาอยู่บริเวณผิวใบด้านล่าง

## แบบสัมภาษณ์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

### คำชี้แจง

แบบสัมภาษณ์ฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการสัมภาษณ์ผู้เรียนเชิงความรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับตรวจสอบความรู้ความเข้าใจหลังเรียน ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

### จุดประสงค์ของการสัมภาษณ์

เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ

แบบสัมภาษณ์ฉบับนี้ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ถูกสัมภาษณ์ (ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง  ให้ถูกต้อง)

- เพศ  ชาย  หญิง
- การจัดการเรียนการสอน  การสอนด้วยบทปฏิบัติการก่อนการบรรยาย  
 การสอนด้วยการบรรยายก่อนทำบทปฏิบัติการ

ตอนที่ 2 แบบสัมภาษณ์ ที่มีแนวคำถาม ดังนี้

คำถามข้อที่ 1 ตอนที่เดินสำรวจป่า นักเรียนทราบได้อย่างไรว่า พืชที่พบเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว หรือพืชใบเลี้ยงคู่ จากการสังเกตโครงสร้างภายนอกของพืช

คำถามข้อที่ 2 นักเรียนมีขั้นตอนในการตรวจสอบโครงสร้างภายในของราก และลำต้น อย่างไร

คำถามข้อที่ 3 ในการตรวจสอบโครงสร้างภายในของราก ลำต้น และใบของพืชชนิดนั้น จะทราบได้อย่างไรว่า พืชชนิดนั้นเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือพืชใบเลี้ยงคู่

คำถามข้อที่ 4 พืชมีการลำเลียงน้ำจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าไปยังไซเล็มของรากได้ อย่างไร

## แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่พืชดอก สำหรับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

### คำชี้แจง

แบบประเมินความพึงพอใจฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ข้อมูลและข้อเสนอแนะที่ได้รับจากผู้เรียนจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่พืชดอก สำหรับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

### จุดประสงค์ของการประเมิน

1. เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
3. เพื่อพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

แบบประเมินความพึงพอใจฉบับนี้ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตอนที่ 3 ข้อคิดเห็น / เสนอแนะเพิ่มเติมอื่น ๆ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน (กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง  ที่ท่านต้องการเลือก)

1. เพศ  ชาย  หญิง
2. การจัดการเรียนการสอน  การสอนด้วยบทปฏิบัติการก่อนการบรรยาย  
 การสอนด้วยการบรรยายก่อนทำบทปฏิบัติการ

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

รายการประเมิน	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
<b>ด้านการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง</b>					
1. นักเรียนได้ใช้ความรู้เรื่องเซลล์และเนื้อเยื่อพืชในการเรียน					
2. การเริ่มต้นของครูทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็นในเรื่องที่เรียน					
3. นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง เช่น การตัดโครงสร้างตามขวาง การย้อมสีโครงสร้างภายในของพืช การใช้กล้องจุลทรรศน์					
4. ครูให้คำปรึกษาและช่วยเหลือนักเรียนเพียงพอ สำหรับการทดลองให้ประสบความสำเร็จ					
5. นักเรียนได้วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลองกับเพื่อนนักเรียน					
6. นักเรียนได้อภิปราย ชักถาม และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและโต้แย้งอย่างมีเหตุผล					
7. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น การลงมือปฏิบัติ การอภิปราย ฯลฯ					
8. การจัดกิจกรรมโดยการลงมือปฏิบัติจริง ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับความรู้หรือ ประสบการณ์เดิมของนักเรียนได้					
9. นักเรียนสามารถสรุปความรู้ที่เรียนในแต่ละหัวเรื่องได้ถูกต้อง					
10. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการเรียนวิชาชีววิทยาในหัวเรื่องอื่นๆ ได้					

ตอนที่ 2 (ต่อ)



รายการประเมิน	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
<b>ด้านบทปฏิบัติการ</b> <b>เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก</b>					
1. บทปฏิบัติการมีรูปแบบน่าสนใจ					
2. บทปฏิบัติการสอดคล้องกับเนื้อหาสาระ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก					
3. บทปฏิบัติการระบุวัตถุประสงค์การเรียนรู้และ สาระสำคัญอย่างชัดเจน					
4. บทปฏิบัติการระบุขั้นตอนการทำกิจกรรมอย่างชัดเจน					
5. นักเรียนสามารถทำตามขั้นตอนการทำกิจกรรมได้ อย่างถูกต้อง					
6. นักเรียนสามารถทำการทดลองตามระยะเวลาที่กำหนด					
7. การปฏิบัติตามบทปฏิบัติการสามารถพัฒนาทักษะ กระบวนการคิดของนักเรียนได้					
8. การปฏิบัติตามบทปฏิบัติการสามารถพัฒนาทักษะ กระบวนการทดลองของนักเรียนได้					
9. นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับผลการ ทดลองได้					
10. บทปฏิบัติการสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้					

ตอนที่ 3 ข้อคิดเห็น / เสนอแนะเพิ่มเติมอื่น ๆ

.....  
 .....

ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง  
 นางสาววิศิษฐ์ศรี โตสกุลวรรณ



ประวัติย่อผู้วิจัย

## ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาววิศิษฐ์ศรี โตศกุลวรรณ
วัน เดือน ปีเกิด	วันพุธที่ 8 พฤษภาคม พ.ศ. 2528
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 1 ศูนย์การค้าระยอง ซอย 2 ตำบลท่าประดู่ อำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยอง
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	ครู ค.ศ.1
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2546	มัธยมศึกษาตอนปลายปีที่ 6 จากโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน เขตปทุมวัน จังหวัดกรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2551	ปริญญาตรี การศึกษามัธยมศึกษา (กศ.บ.) (วิทยาศาสตร์-ชีววิทยา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2556	ปริญญาโท การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) (ชีววิทยา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ