การสกัดสีจากผลมัลเบอร์รี่ (*Morus alba* L.) เพื่อนำไปใช้ในการย้อมสีเนื้อเยื่อพืช

เสฏฐวุฒิ สิงห์โสม และ ธีรารัตน์ แช่มชัยพร*

สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
*teerarat@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดสีจากผลมัลเบอร์รี่ เพื่อนำมาใช้ย้อมสีเนื้อเยื่อพืช ทดแทนการใช้สีสังเคราะห์ โดยการทดสอบหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารสีจากผลมัลเบอร์รี่แช่แข็งโดยใช้ตัวทำละลาย 8 ชนิด คือ น้ำกลั่น กรดอะซิติก (1% 5% 10% และ 20%) เมทานอลความเข้มข้น 70% แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% และกรดไฮโดรคลอริก 37% ในอัตราส่วน 1:1 (กรัม/มิลลิลิตร) จากการทดสอบพบว่าสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่แช่แข็งที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก 37% สามารถย้อมติดสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนได้อย่างชัดเจน โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.85 และมีปริมาณแอนโทไซยานินรวมมากที่สุดเท่ากับ 441.31 mg 100 g^{-1} หลังจากนั้นนำสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่ที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก 37% มาทดสอบประสิทธิภาพของสารสีที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 1 3 6 9 12 15 18 21 24 27 30 และ 60 วัน พบว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไป 60 วัน สีของสารสกัดยังคงเป็นสีแดง ไม่เกิดการตกตะกอน และสามารถย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนได้ชัดเจนเหมือนเดิม

คำสำคัญ: สีย้อมธรรมชาติ เนื้อเยื่อพืช มัลเบอร์รี่

Extraction of Dye from Mulberry Fruits (*Morus alba* L.) for Staining Plant Tissue

Setthawut Singsom and Teerarat Chaemchaiyaporn*

Program Study of Biology, Faculty of Science and Technology,
Nakhon Pathom Rajabhat University
*teerarat@webmail.npru.ac.th

ABSTRACT

The objective of this research was to extract dye from mulberry fruits (*Morus alba* L.) for use in plant tissue staining to replace the chemical dyes. Eight solvent types were used, namely distilled water, acetic acid (1%, 5%, 10%, and 20%), 70 methanol, 95% alcohol, and 37% hydrochloric acid with the ratio of 1:1 (plant weight (gram): quantity of solvent (milliliter)). The results showed that frozen mulberry fruits extracted with 37% hydrochloric acid can clearly stain plant tissue. The average satisfaction value was 4.85 and showed the highest amount of total anthocyanin (441.31 mg 100 g^{-1}). Subsequently, 37% hydrochloric acid extract of mulberry fruit was tested for the efficacy of staining at room temperature for 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, and 60 days. After 60 days, the extracted color remained red without precipitation and the plant tissues were stained as before.

Keywords: Natural Dye, Plant tissue, Mulberry

1. บทนำ

ในการศึกษาวิชาชีววิทยานั้นจำเป็นต้องศึกษาโครงสร้างของเนื้อเยื่อพืช โดยทั่วไปจะนิยมใช้สีย้อมจากสารสังเคราะห์ เช่น สีซาฟานิน (safranin o) ฟาตส์กรีน (fast green) อะซิโตคาร์มีน (acetocarmine) และอะซิโตออร์ซีน (acetoorcein) เป็นต้น สีเหล่านี้มีคุณสมบัติในการย้อมโครงสร้างของเนื้อเยื่อพืชได้ ทำให้เห็นโครงสร้างของเนื้อเยื่อพืชได้ชัดเจน แต่สีเหล่านี้จะมีราคาแพง เมื่อละลายแล้วบางชนิดเก็บรักษายาก ต้องใช้ให้หมด ไม่อย่างนั้นจะเกิดการตกตะกอน และหากร่างกายสัมผัสกับสารเคมีเหล่านี้เป็นประจำ อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ ในปัจจุบันได้มีรายงานการงานวิจัยที่นำเอาสารสกัดจากพืชหลาย ๆ ชนิดมาใช้ทดแทนการใช้สีสังเคราะห์โดยเฉพาะพืชกลุ่มแอนโทไซยานิน เช่น ข้าวเหนียวดำ [1] ข้าวโพดหวานสีม่วง [2] แก่นฝาง เปลือกมังคุด และใบประดับเฟื่องฟ้า [3] เป็นต้น

แอนโทไซยานิน เป็นรงควัตถุสีม่วงแดงจนถึงน้ำเงิน เป็นสารประกอบพวกฟลาโวนอยด์ละลายในน้ำแต่ไม่ละลายในตัวทำละลายชนิดที่ไม่มีขั้ว ไม่มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) เช่น อีเทอร์ คลอโรฟอร์มและเบนซีน เป็นต้น เป็นรงควัตถุที่พบมากในผัก ผลไม้ และดอกไม้บางชนิด เช่น กระเพรา โหระพา ใบแมงลัก แครนเบอร์รี่ องุ่น พลัม บลูเบอร์รี่ หว้า ดอกกระเจี๊ยบแดง และดอกอัญชัญ โดยสารนี้จะละลายในเซลล์แซป (cell sap) ของพืช [4] การสกัดแอนโธไซยานินมีหลายวิธี เช่น การใช้ไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1–1.0% ในเมทานอลหรือเอทานอลเป็นตัวทำละลาย และจะสกัดที่อุณหภูมิห้องหรือในกรณีที่สกัดที่อุณหภูมิต่ำจะใช้สารประกอบของกรดอ่อน ๆ การเติมน้ำ (10 – 15%) ลงไปในสารละลายจะทำให้การสกัดสมบูรณ์ยิ่งขึ้น [5]

ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงสนใจจะใช้ประโยชน์จากสีของผลมัลเบอร์รี่ (*Morus alba* L.) แช่แข็ง มาสกัดสีเนื่องจากหาซื้อได้ง่าย และเป็นผลไม้ที่มีสีเข้มจัดอยู่ในกลุ่มแอนโทไซยานิน มาพัฒนาเป็นสีย้อมเนื้อเยื่อพืช เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อสารเคมี

สร้างความปลอดภัยให้กับผู้ที่ใช้สี และเป็นการใช้ประโยชน์จากผลไม้ในธรรมชาติมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนในรายวิชาชีววิทยาอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากผลมัลเบอร์รี่ สำหรับย้อมสีเนื้อเยื่อพืช
2. เพื่อเปรียบเทียบสีของสารสกัดและปริมาณแอนโทไซยานิน ของสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่แช่แข็ง ต่อการย้อมสีเนื้อเยื่อพืช
3. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารสีจากผลมัลเบอร์รี่ต่อการย้อมสีเนื้อเยื่อพืชที่มีอายุการเก็บรักษาต่างกัน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาการสกัดสีย้อมจากพืช 1 ชนิด ได้แก่ ผลมัลเบอร์รี่แช่แข็งด้วยตัวทำละลาย 8 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น กรดอะซิติก (1% 5% 10% และ 20%) เมทานอลความเข้มข้น 70% แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% และกรดไฮโดรคลอริก 37% นำมาย้อมสีเนื้อเยื่อพืช โดยวิธีการดำเนินวิจัยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ

3.1 การทดลองที่ 1 การเปรียบเทียบสีของสารสกัดและปริมาณแอนโทไซยานินของสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่แช่แข็งต่อการย้อมสีเนื้อเยื่อพืช

1.วิธีการสกัดสีจากพืช

นำผลมัลเบอร์รี่แช่แข็งมาปั่นให้ละเอียด จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก และบรรจุลงบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร และนำตัวทำละลายแต่ละชนิดใส่ลงไปในบีกเกอร์ โดยใช้อัตราส่วน 1:1 [น้ำหนักพืช (กรัม): ตัวทำละลาย (มิลลิลิตร)] นำไปเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ยกเว้นสารสกัดที่ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายให้นำไปแช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง และกรองอีกครั้งด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 เก็บใส่ขวดสีชา ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ยกเว้นสารสกัดจากน้ำกลั่นให้นำไปแช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนที่นำไปย้อมเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขน

2. การเตรียมสไลด์ของเนื้อเยื่อพืช

1) เตรียมตัวอย่างเนื้อเยื่อพืชหญ้าขน โดยการเตรียมสไลด์ด้วยวิธี wet mount

2) การย้อมเนื้อเยื่อพืช นำสารสกัดสีจากผลมัลเบอร์รี่ที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิดมาหยดลงบนเนื้อเยื่อพืชประมาณ 2-3 หยด ทิ้งไว้ 5 นาที หลังจากนั้นปิดด้วยกระจกปิดสไลด์แล้วทำการบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์พร้อมถ่ายภาพ

3. การหาปริมาณสารแอนโทไซยานินในสารสกัดมัลเบอร์รี่

นำสารสกัดที่ได้ในตัวทำลำลายที่แตกต่างกัน ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นแสง 535 nm จากนั้นนำไปหาปริมาณสารแอนโทไซยานินจากสมการตามวิธี Estimation of Total Anthocyanin Method [4] ดังนี้

การหาผลรวมของค่าการดูดกลืนแสง (Total Absorbance)

$$= \text{Abs at 535 nm} \times \frac{\text{FinalVolume}}{\text{Weight(g)}} \times 100 \quad (1)$$

การหาผลรวมของปริมาณสารแอนโทไซยานินในสารสกัดมัลเบอร์รี่ (Total Anthocyanin Content)

$$= \frac{\text{TotalAbsorbance}}{98.2} \quad (2)$$

3.2 การทดลองที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสีจากผลมัลเบอร์รี่ต่อการย้อมสีเนื้อเยื่อพืชที่มีอายุการเก็บรักษาต่างกัน

จากการทดลองที่ 1 ทำการคัดเลือกตัวทำละลายที่ดีที่สุดสำหรับการย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขน โดยคัดเลือกจากการทำแบบประเมินจำนวน 60 ชุด โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้ตอบแบบสอบถามแบบเจาะจง (Purposive sampling) คือ นักศึกษา

สาขาชีววิทยา ชั้นปีที่ 1-4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม โดยแบ่งระดับความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับคือ 5 หมายถึง สีที่สกัดสามารถย้อมติดสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนได้ดีมาก 4 หมายถึง สีที่สกัดสามารถย้อมติดสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนได้ดี 3 หมายถึง สีที่สกัดสามารถย้อมติดสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนได้ปานกลาง 2 หมายถึง สีที่สกัดสามารถย้อมติดสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนได้น้อย 1 หมายถึง สีที่สกัดไม่สามารถย้อมติดสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนได้ ซึ่งจากการประเมินพบว่า สารละลายที่นำมาสกัดสีจากผลมัลเบอร์รี่ได้ดีที่สุด คือ กรดไฮโดรคลอริก 37% ที่สกัดด้วยผลมัลเบอร์รี่แช่แข็ง หลังจากนั้นนำสารสกัดที่คัดเลือกได้แล้วมาย้อมเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) นำผลมัลเบอร์รี่แช่แข็งมาปั่นให้ละเอียด จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก และบรรจุลงบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร และนำตัวทำละลายจากการทดลองที่ 1 ใส่ลงไปในบีกเกอร์ โดยใช้อัตราส่วน 1:1 [น้ำหนักพืช (กรัม) : ตัวทำละลาย (มิลลิลิตร)] นำไปเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมงเมื่อครบเวลาที่กำหนดนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง และกรองอีกครั้งด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 เก็บใส่ขวดสีชาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

2) นำสารสกัดสีจากผลมัลเบอร์รี่ที่สกัดด้วยตัวทำละลายจากการทดลองที่ 1 มาหยดลงบนเนื้อเยื่อพืชประมาณ 2-3 หยด ทิ้งไว้ 5 นาที หลังจากนั้นปิดด้วยกระจกปิดสไลด์แล้วทำการบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ พร้อมถ่ายภาพโดยจะทำการทดลองในวันที่ 1 3 6 9 12 15 18 21 24 27 30 และ 60 วัน

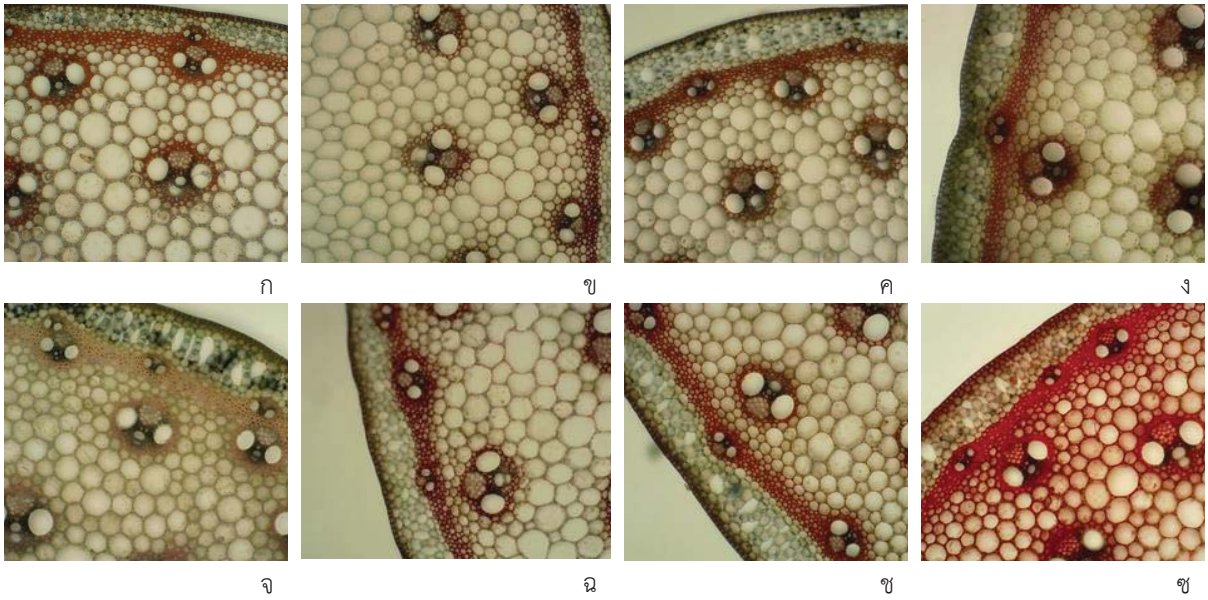
4. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

4.1 ผลของการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบสีของสารสกัดและปริมาณแอนโทไซยานินของสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่แช่แข็งต่อการย้อมสีเนื้อเยื่อพืช

จากการเปรียบเทียบสีของสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่แช่แข็งต่อการย้อมสีเนื้อเยื่อพืช พบว่าตัวทำละลายที่สกัดสารสีได้ดีที่สุดในการย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขน คือ กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 37% โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจมากที่สุดเท่ากับ 4.85 (ภาพที่ 1 และตารางที่ 1) และจากการหาปริมาณแอนโทไซยานินพบว่า สารสกัดที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก 37% จะมีปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุดเช่นกัน โดยมีค่าเท่ากับ 441.31 mg 100 g^{-1} (ตารางที่ 2) เนื่องจากความเข้มข้นของกรดแก่จะมีความสามารถในการย่อยผนังเซลล์สูง ทำให้ pH ของตัวทำละลายต่ำ ประสิทธิภาพการสกัดสารจึงสูง สอดคล้องกับการศึกษาการสกัดแอนโทไซยานินจากผล elderberry โดยใช้กรดซิตริกและกรดไฮโดรคลอริก พบว่า กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 M จะมีประสิทธิภาพการสกัดสูงกว่ากรดซิตริกที่ความเข้มข้น 0.01-10% และการใช้กรดไฮโดรคลอริกจะช่วยให้แอนโทไซยานินที่สกัดได้มีเสถียรภาพที่ดีขึ้น เนื่องจากแอนโทไซยานินมีความคงตัวที่ดีในสารละลายที่เป็นกรด [6] อย่างไรก็ตามปริมาณแอนโทไซยานินที่สกัดได้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ชนิดของตัวทำละลาย อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลายที่ใช้สกัด ปริมาณของกรดที่ใช้และเวลาในการสกัด ส่วนความคงตัวของของสีแอนโทไซยานินขึ้นกับโครงสร้างของแอนโทไซยานิน ความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ ออกซิเจน แสง กรดแอสคอร์บิค เป็นต้น [7]

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสีจากผลมัลเบอร์รี่ ต่อการย้อมสีเนื้อเยื่อพืชที่มีอายุการเก็บรักษาต่างกัน

ผลของการย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนด้วยสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่แช่แข็งด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 37% ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 1 3 6 9 12 15 18 21 24 27 30 และ 60 วัน (ภาพที่ 2) พบว่าสีของสารสกัดที่เก็บไว้ตามระยะเวลาต่าง ๆ ยังคงมีสีแดงเข้มเหมือนเดิม และไม่เกิดการตกตะกอน และเมื่อนำสีของสารสกัดไปย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนแล้วพบว่า สียังคงสามารถย้อมติดสีโครงสร้างของเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนได้ชัดเจนเหมือนเดิม (ภาพที่ 2) ซึ่งตามรายงานการวิจัยของจินตหรา เล็กประยูร และคณะ [8] พบว่าหากเก็บสีของสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่ไว้ที่อุณหภูมิต่ำจะมีอายุการใช้งานได้นานถึง 9 เดือน โดยอุณหภูมิที่จะชะลอการลดลงของปริมาณแอนโทไซยานินจะอยู่ระหว่าง 4 ± 1 องศาเซลเซียส [9]



ภาพที่ 1 สีจากสารสกัดผลมัลเบอร์รี่แช่แข็งในการย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนด้วย กรดอะซิติก ความเข้มข้น 1% (ก), กรดอะซิติก ความเข้มข้น 5% (ข), กรดอะซิติก ความเข้มข้น 10% (ค), กรดอะซิติกความเข้มข้น 20% (ง), น้ำกลั่น (จ), เมทานอล (ฉ), แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% (ช) และกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 37% (ซ) เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 100 เท่า

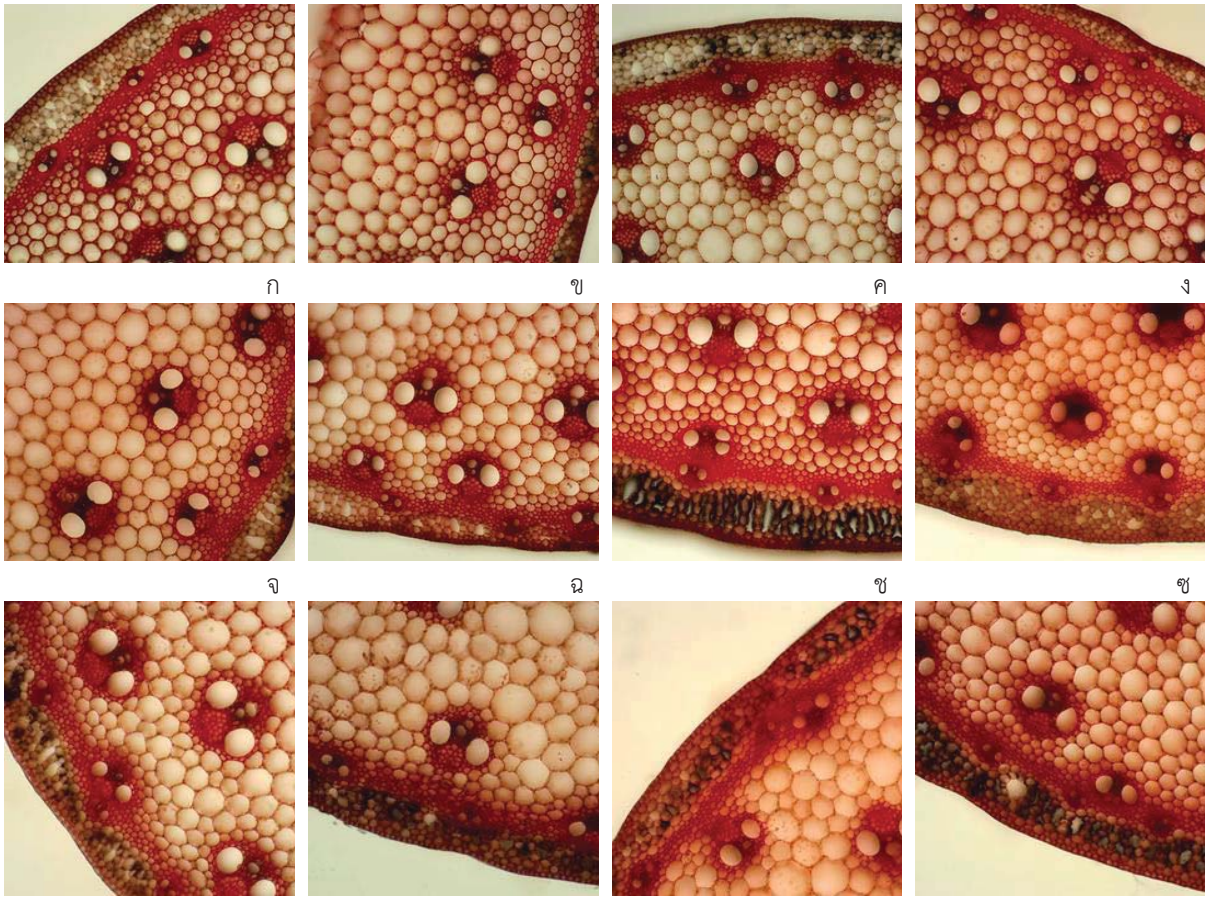
ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าความพึงพอใจในการติดสีย้อมของเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนด้วยสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่แช่แข็งโดยใช้ตัวทำละลายทั้งหมด 8 ชนิด

ตัวอย่าง ชนิดของสารละลาย	ระดับความพึงพอใจในการติดสี										ค่าเฉลี่ย
	5		4		3		2		1		
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
กรดอะซิติก ความเข้มข้น 1%	2	3.33	9	15.00	15	25.00	29	48.33	5	8.333	2.56
กรดอะซิติก ความเข้มข้น 5%	1	1.66	8	13.33	15	25.00	31	51.67	5	8.333	2.48
กรดอะซิติก ความเข้มข้น 10%	2	3.33	10	16.66	21	35.00	25	41.67	2	3.333	2.75
กรดอะซิติก ความเข้มข้น 20%	4	6.66	14	23.33	30	50.00	12	20.00	0	0.000	3.16
น้ำกลั่น	1	1.66	6	10.00	8	13.33	24	40.00	21	35.000	2.03
เมทานอล	2	3.33	9	15.00	21	35.00	24	40.00	4	6.667	2.68
แอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 95%	4	6.66	14	23.33	26	43.33	16	26.67	0	0.000	3.10
กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 37%	53	88.33	5	8.33	2	3.33	0	0.00	0	0.000	4.85

ตารางที่ 2 การหาปริมาณสารแอนโทไซยานินในสารสกัดมัลเบอร์รี่ด้วยสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่แช่แข็งโดยใช้ตัวทำละลายทั้งหมด 8 ชนิด

ชนิดตัวทำละลาย	ค่าการดูดกลืนแสง ที่มีความยาวคลื่น 535 nm	ปริมาณสารแอนโทไซยานิน (mg 100 g^{-1})
กรดอะซิติก ความเข้มข้น 1%	2.87 ± 0.01 [b]	289.97 ± 0.58[b]
กรดอะซิติก ความเข้มข้น 5%	2.81 ± 0.00 [b]	283.59± 0.05[b]
กรดอะซิติก ความเข้มข้น 10%	2.85 ± 0.00 [b]	288.19 ± 0.43[b]
กรดอะซิติก ความเข้มข้น 20%	2.80 ± 0.00 [b]	282.71 ± 0.26[b]
น้ำกลั่น	3.99 ± 0.04 [a]	400.78 ± 0.45[a]
เมทานอล	2.51 ± 0.00 [b]	253.88 ± 0.39[b]
แอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 95%	2.93 ± 0.00 [b]	295.55 ± 0.33[b]
กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 37%	4.39 ± 0.02 [a]	441.31 ± 2.08[a]

หมายเหตุ a, b หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติโดย DMRT ($p \geq 0.05$)



ภาพที่ 2 การย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขน ที่ย้อมด้วยสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่แช่แข็งด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 37% ในระยะเวลา 1 วัน (ก), 3 วัน (ข), 6 วัน (ค), 9 วัน (ง), 12 วัน (จ), 15 วัน (ฉ), 18 วัน (ช), 21 วัน (ซ), 24 วัน (ฌ), 27 วัน (ญ), 30 วัน (ฎ) และ 60 วัน (ฏ) เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 100 เท่า

5. สรุปผลการวิจัย

สารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่แช่แข็งที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 37% สามารถย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนได้ดีที่สุด และมีปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุด เมื่อนำไปเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้องนาน 60 วัน สีของสารสกัดยังคงเป็นสีแดง และไม่เกิดการตกตะกอน เมื่อนำไปย้อมเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขน พบว่ายังสามารถย้อมติดสีโครงสร้างของเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนได้ชัดเจนเหมือนเดิม

6. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ใช้การตัดโครงสร้างพืชด้วยใบมีดโกน โดยใช้เทคนิคการตัดด้วยมือเปล่า (Free-hand cross section) จึงอาจทำให้ความหนาบางของเนื้อเยื่อไม่เท่ากัน จึงควรใช้เครื่องโรตารี่ไมโครโทม (Rotary Microtome) ในการตัดเนื้อเยื่อเพื่อศึกษาโครงสร้างของเนื้อเยื่อพืชในการศึกษาต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ศิริรัตน์ พักปากน้ำ, น้ำฝน วรรณศิริ และมนัสวี เดชกล้า. (2564). การพัฒนาสีย้อมโครโมโซมจากสารสกัดข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* var. *indica*). **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**, 26(2), 1096-1108.

[2] รุจิรา ทองศรีสุข, ยอดชาย ช่วยเงิน, อลงกลด แทนออมทอง, และสายัญ พันธ์สมบูรณ์. (2560). การประยุกต์ใช้สีธรรมชาติจากข้าวโพดหวานสีม่วง(*Zea mays saccharata*) ในการศึกษาการแบ่งเซลล์ไมโทซิสของพืช. **วารสารวิทยาศาสตร์ คช สาส์น,** 39(2), 34-44.

[3] พรรณวิภา แพงศรี และลัดดาวัลย์ กงพลี. (2564). การพัฒนาสีย้อมธรรมชาติจากพืชในกลุ่มแอนโทไซยานินเพื่อใช้สำหรับย้อมเนื้อเยื่อพืช. **วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา**, 5(1), 1-11.

[4] ธิติยาภรณ์ ประยูรมหิศร. (2545). **การสกัดแอนโทไซยานินในลูกหว้า**. วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป). นครปฐม: คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[5] ศรัญญา ยับ. (2551). **การสกัดแอนโทไซยานินจากผลหนามแดงเพื่อย้อมสีโครโมโซม.** วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป). นครปฐม: คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[6] Bronnum-Hansen, K., Jacobsen, F. & Flink, J.M. (1985). Anthocyanin colourants from elderberry (*Sambucus nigra* L.). I.Process considerations for production of the liquid extract. **J. Food Technol**., (20), 703-711.

[7] ยุพาพร ผลาขจรศักดิ์. (2547). **การสกัดและความคงตัวของแอนโทไซยานินที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[8] จินตหรา เล็กประยูร, นวลจันทร์ มัจฉริยกุล และศิริลักษณ์ เอี่ยมธรรม. (2553). **สารสกัดแอนโทไซยานินจากพืชเพื่อใช้เป็นสีย้อมโครโมโซม: แหล่งที่มา ความเข้มข้น และโครงสร้างทางเคมี.** การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตรวิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

[9] เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์. (2535). **การสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea* L.)**. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.