การประยุกต์ใช้สีจากกะหล่ำปลีม่วง (*Brassica oleracea* var. *rubra*) เพื่อใช้ในการย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อยและโครโมโซมจากปลายรากหอม

ธวัชชัย วัดนครใหญ่, ธันย์ชนก เจตนเสน และธีรารัตน์ แช่มชัยพร*

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากกะหล่ำปลีม่วงและศึกษาประสิทธิภาพของสีย้อมจากกะหล่ำปลีม่วงที่ใช้ในการย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อยและโครโมโซมจากปลายรากหอม โดยใช้ตัวทำละลาย 5 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น เมทานอล 95% เอทานอล 95% กรดอะซิติก 20% และกรดไฮโดรคลอริก 20% ในอัตราส่วน 3:1 (น้ำหนักพืช (กรัม) : ปริมาตรตัวทำละลาย (มิลลิลิตร)) โดยผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากกะหล่ำปลีม่วงที่ใช้ตัวทำละลายเป็นกรดอะซิติกความเข้มข้น 20% สามารถย้อมติดสีเนื้อเยื่อต้นหมอน้อยได้ดีที่สุด โดยสามารถมองเห็นท่อลำเลียง (vascular bundle) เป็นสีแดงได้อย่างชัดเจน และมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 ส่วนประสิทธิภาพในการย้อมติดโครโมโซมจากปลายรากหอมนั้น สารสกัดสีที่ใช้ตัวทำละลายเป็นกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 20% สามารถให้ผลการย้อมติดสีของโครโมโซมได้ดีที่สุดโดยมีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 3.82

คำสำคัญ: สีย้อมธรรมชาติ เนื้อเยื่อพืช โครโมโซม กะหล่ำปลีม่วง

Utilization of Color from Purple Cabbage (*Brassica oleracea* var. *rubra*) for Staining Plant Tissue and Staining Chromosome.

Thawatchai Watnakhonyai, Thanchanok Jettanasen and Teerarat Chaemchaiyaporn*

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

ABSTRACT

The objectives of this research were to select suitable solvents for dye extraction from purple cabbage and to study the efficacy of dye from purple cabbage for staining plant tissue and staining chromosome from onion root tips. Five types of solvents were used: distilled water, 95% methanol, 95% ethanol, 20% acetic acid and 20% hydrochloric acid at a 3:1 ratio (plant weight (g): solvent volume(ml)). The results showed that Extracts from purple cabbage that use a solvent as 20% acetic acid able to staining plant tissue the best, vascular bundle is clearly visible in red and the average satisfaction was equal to 4.32. As for the efficiency of chromosome staining from the tip of the onion root solvent-based paint extracts are 20% hydrochloric acid can give the best chromosome staining effect and the average satisfaction was equal to 3.82.

Keywords: natural dyes, plant tissue, chromosome, purple cabbage

1. บทนำ

การศึกษาเกี่ยวกับชีววิทยาในภาคปฏิบัติการนั้น มีความสำคัญต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก บทปฏิบัติการที่สำคัญต้องอาศัยเทคนิคและความชำนาญในการทำปฏิบัติการ สีย้อมจัดเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างมากในขั้นตอนกระบวนการศึกษา การย้อมสีเซลล์ก่อนทำการตรวจสอบเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (light microscope) จะทำให้เห็นโครงสร้างต่าง ๆ ของเซลล์ชัดขึ้น ซึ่งสีส่วนใหญ่ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมักเป็นสีสังเคราะห์ เช่น ออร์ซีน (orcein) หรือคาร์มีน (carmine) ซึ่งมีราคาแพง และเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม [1] หากสามารถหลีกเลี่ยงการใช้สีสังเคราะห์และเลือกใช้สีที่สกัดจากธรรมชาติมาทดแทนได้ก็จะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม [2]

สารสีกลุ่มแอนโทไซยานินเป็นกลุ่มสีกลุ่มหนึ่งที่น่าสนใจและมีรายงานว่าสามารถนำมาย้อมสีเนื้อเยื่อพืชและย้อมสีโครโมโซมของปลายรากหอมได้ เช่น มะขามแดง [3] ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ สีคาร์มีน พบได้ในพืช ผัก ผลไม้ และดอกไม้หลายชนิด [4] แอนโทไซยานิน เป็นสารประเภท flavonoid phenolic compounds จะกระจายอยู่ทั่วในผลไม้เบอร์รี่และดอกไม้ สารแอนโทไซยานินมักนำมาย้อมสีเนื้อเยื่อพืชและย้อมสีโครโมโซมของปลายรากหอมได้เป็นอย่างดีจึงเป็นที่นิยมนำมาสกัดสี ซึ่งการสกัดสีแอนโทไซยานินขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้และชนิดของตัวทำละลาย เช่น การสกัดสีจากผล elderberry พบว่าการสกัดสีด้วยแอลกอฮอล์ จะสามารถสกัดสีได้ดีกว่าการใช้กรด [5] การสกัดแอนโธไซยานินจากผลหนามแดงโดยใช้ตัวทำละลายต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.01 และ 0.1% โดยปริมาตรในเมทานอล กรดแอซีติกความเข้มข้น 0.01 และ 0.1% โดยปริมาตรในเมทานอล พบว่า สารสกัดที่ใช้กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดแอซิติกความเข้มข้น 0.10% โดยปริมาตรในเมทานอล จะย้อมติดสีโครโมโซมจากรากหอมชัดเจนเทียบเท่าสีคาร์มีน และออร์ซีนที่เป็นสารสังเคราะห์ [6] เป็นต้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาสีย้อมจากกะหล่ำปลีม่วง (*Brassica oleracea* var. *rubra*) เพื่อนำไปใช้ในย้อมสีเนื้อเยื่อพืชและย้อมสีโครโมโซมของปลายรากหอม เนื่องจากกะหล่ำปลีม่วงเป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่มีสารแอนโทไซยานินอยู่สูงโดยเฉพาะที่ใบ อีกทั้งยังหาซื้อได้ง่าย และราคาไม่แพงอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ในการวิจัย

เพื่อคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมและศึกษาประสิทธิภาพของสีย้อมจากกะหล่ำปลีม่วงเพื่อใช้ในการย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อยและโครโมโซมจากปลายรากหอม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

สกัดสีย้อมจากกะหล่ำปลีม่วงด้วยตัวทำละลาย 5 ชนิดได้แก่ น้ำกลั่น กรดอะซิติก 20% เมทานอล 95% เอทานอล 95% และกรดไฮโดรคลอริก 20% โดยนำสารสกัดที่ได้มาทดสอบการย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อยและโครโมโซมจากปลายรากหอม โดยวิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

3.1 การทดลองที่ 1 การคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากกะหล่ำปลีม่วงต่อการติดสีของเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อย

3.1.1 การเตรียมตัวอย่างที่พืชที่นำมาสกัดสารสี

ทำโดยนำกะหล่ำปลีม่วงมาหั่นฝอย จากนั้นนำไปปั่นจนละเอียดแล้วนำมาชั่งน้ำหนักให้ได้น้ำหนัก 30 กรัม แบ่งใส่บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวทำละลายแต่ละชนิดใส่ลงไปในบีกเกอร์ โดยใช้อัตราส่วน 3:1 [น้ำหนักพืช (กรัม) : ตัวทำละลาย (มิลลิลิตร)] แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณภูมิห้องทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง และกระดาษกรอง whatman เบอร์ 93 ก่อนที่จะนำไปย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อย

3.1.2 การเตรียมสไลด์เนื้อเยื่อพืชที่นำมาย้อมสี

เตรียมตัวอย่างเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อย โดยใช้วิธีการ wet mount

3.1.3 ขั้นตอนการย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อยด้วยสารสกัดจากกะหล่ำปลีม่วง

นำสารสกัดจากกะหล่ำปลีม่วงที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิดมาหยดลงบนเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อยที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยวิธีการ wet mount ประมาณ 2-3 หยด ทิ้งไว้ 7 นาที หลังจากนั้นปิดด้วยกระจกปิดสไลด์แล้วทำการศึกษาการย้อมติดสีเนื้อเยื่อของลำต้นหมอน้อยด้วยกล้องจุลทรรศน์ พร้อมถ่ายภาพ

3.2 การทดลองที่ 2 การคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากกะหล่ำปลีม่วงต่อการติดสีของโครโมโซมจากปลายรากหอม

3.2.1 การเตรียมตัวอย่างที่พืชที่นำมาสกัดสารสี

ทำการสกัดสีจากกะหล่ำปลีม่วงด้วยวิธีการเดียวกับการทดลองที่ 1

3.2.2 การเตรียมตัวอย่างโครโมโซมจากปลายรากหอม

เพาะหอมแดงโดยการนำส่วนโคนของหอมแดงวางบนกระดาษทิชชูที่ชุ่มน้ำทิ้งไว้ประมาณ 2-3 วัน เพื่อให้หอมแดงนั้นงอกราก เมื่อหอมแดงงอกรากพอสมควรตามที่ต้องการแล้ว ให้ตัดปลายรากหอมที่เพาะไว้ตรงตำแหน่งที่ห่างจากปลายรากขึ้นมาประมาณ 2 มิลลิเมตร ใช้ปากคีบคีบปลายรากหอมใส่ลงในหลอด eppendorf ที่บรรจุ 1 N HCl วางหลอด eppendorf ลงใน water bath ที่ตั้งอุณภูมิไว้ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที เมื่อครบเวลาย้ายปลายรากหอมออกจาก 1 N HCl แล้วใส่ในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่นแล้วเขย่าเบา ๆ เป็นเวลา 1 นาที ย้ายปลายรากหอมด้วยปากคีบออกจากน้ำกลั่นอย่างระมัดระวัง จากนั้นวางปลายรากหอมลงบนสไลด์ แล้วจึงทำการย้อมสี

3.3.3 การย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอม

นำปลายรากหอมที่เตรียมไว้วางลงบนสไลด์ แล้วนำสารสกัดจากกะหล่ำปลีม่วงที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิดมาหยดลงบนปลายรากหอม ประมาณ 2-3 หยด ทิ้งไว้ 15 นาที ปิดเนื้อเยื่อด้วยกระจกปิดสไลด์ เคาะกระจกปิดสไลด์เบา ๆ เพื่อให้เซลล์กระจายออกเรียงตัวเป็นชั้นเดียวให้มากที่สุด แล้วทำการศึกษาการย้อมติดสีโครโมโซมจากปลายรากหอมด้วยกล้องจุลทรรศน์ พร้อมถ่ายภาพ นำภาพที่ได้มาจัดทำแบบสอบถามเกี่ยวความพึงใจต่อการย้อมติดสีเนื้อเยื่อท่อลำเลียงของต้นหมอน้อยและโครโมโซมจากปลายรากหอม โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้ตอบแบบสอบถามแบบเจาะจง (Purposive sampling) คือ นักศึกษาสาขาชีววิทยา ชั้นปีที่ 1-4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จำนวน 50 คน และแบ่งระดับความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ คือ 5 หมายถึง สีที่สกัดได้สามารถย้อมติดเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อยหรือปลายรากหอมได้ดีมาก 4 หมายถึง สีที่สกัดได้สามารถย้อมติดเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อยหรือปลายรากหอมได้ดี 3 หมายถึง สีที่

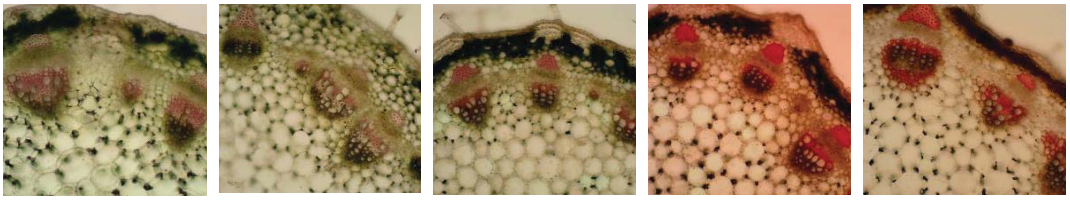
สกัดได้สามารถย้อมติดเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อยหรือปลายรากหอมได้ปานกลาง 2 หมายถึง สีที่สกัดได้สามารถย้อมติดเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อยหรือปลายรากหอมได้น้อย และ 1 หมายถึง สีที่สกัดได้ไม่สามารถย้อมติดเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อยหรือปลายรากหอมได้ แล้วนำค่าความพึงพอใจที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ และแปลผลข้อมูล ตามลำดับ

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยสามารถสรุปผลการทดลองทั้ง 2 การทดลองและอภิปรายผลการศึกษาได้ ดังนี้

4.1 ผลของการคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากกะหล่ำปลีม่วงต่อการติดสีของเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อยและการติดสีของโครโมโซมจากปลายรากหอม

ผลของการคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีจากกะหล่ำปลีม่วงเพื่อใช้ย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อย โดยใช้ตัวทำละลาย 5 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น เมทานอล 95% เอทานอล 95% กรดอะซิติก 20% และกรดไฮโดรคลอริก 20% ในอัตราส่วน 3:1 (กรัม/มิลลิลิตร) พบว่า สารสีที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายเป็นกรดอะซิติก 20% จะให้สีของสารสกัดเข้มที่สุด และสามารถย้อมติดเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อยได้ดีที่สุด โดยมีค่าความพึงพอใจสูงที่สุด เท่ากับ 4.32 (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1) รองลงมา คือ สารสีที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายเป็นกรดไฮโดรคลอริก 20% (4.11) เมทานอล (3.46) น้ำกลั่น (3.18) และเอทานอล 95% (2.18) ตามลำดับ จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า กะหล่ำปลีม่วงเมื่อนำมาสกัดสีสามารถให้สารสกัดที่สามารถย้อมติดท่อลำเลียงของเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อยได้ โดยตัวทำละลายที่ดีที่สุดในการสกัดสีเพื่อย้อมเนื้อเยื่อต้นหมอน้อยคือ กรดอะซิติก 20% ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับพืชที่สามารถให้สารแอนโทไซยานินหลาย ๆ ชนิด เช่น มะขามแดง [3] มะม่วงหาวมะนาวโห่ [7] ราสเบอร์รี [8] และแก้วมังกร [9]



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ)

ภาพที่ 1 สีเนื้อเยื่อท่อลำเลียงของต้นหมอน้อยที่ย้อมด้วยสีที่สกัดจากกะหล่ำปลีม่วงโดยใช้ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ได้แก่ (ก) น้ำกลั่น (ข) เอทานอล 95% (ค) เมทานอล 95% (ง) กรดอะซิติก 20% และ (จ) กรดไฮโดรคลอริก 20% เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100 เท่า

ตารางที่ 1 ค่าความพึงพอใจเฉลี่ยของการย้อมติดสีเนื้อเยื่อต้นหมอน้อยโดยใช้สีที่สกัดจากกะหล่ำปลีม่วง

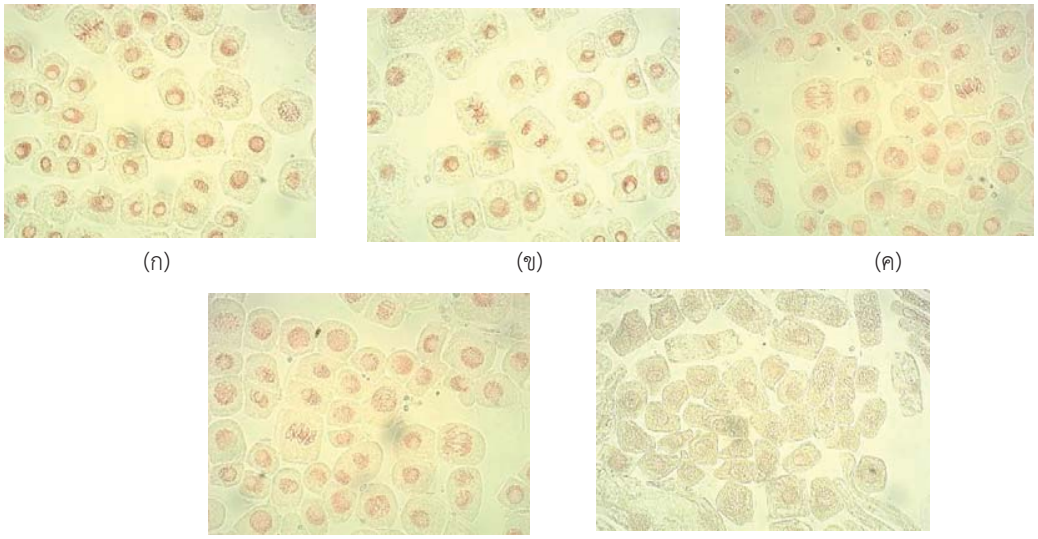
ตัวทำละลาย	ระดับความพึงพอใจในการติดสี					รวม จำนวน (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย ความพึงพอใจ	แปลผล
	มากที่สุด (ร้อยละ)[1/]	มาก (ร้อยละ)	ปานกลาง (ร้อยละ)	น้อย (ร้อยละ)	น้อยที่สุด (ร้อยละ)			
น้ำกลั่น	2 (4)	19 (37.2)	19 (37.2)	9 (17.6)	2 (4)	51 (100)	3.18	ปานกลาง
เอทานอล 95%	0 (0)	7 (13.7)	10 (19.6)	19 (37.2)	15 (29.4)	51 (100)	2.18	น้อย
เมทานอล	11 (21.5)	16 (31.3)	12 (23.5)	10 (20)	2 (4)	51 (100)	3.46	มาก
กรดอะซิติก 20%	24 (47)	21 (41.1)	4 (8)	2 (4)	0 (0)	51 (100)	4.32	มากที่สุด
กรดไฮโดรคลอริก 20 %	19 (37.2)	23 (45)	5 (9.8)	4 (7.8)	0 (0)	51 (100)	4.11	มาก

[1/]ร้อยละของจำนวนผู้แสดงความพึงพอใจต่อการย้อมติดสีในระดับต่าง ๆ

4.2 ผลของการคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากกะหล่ำปลีม่วงต่อการติดสีของโครโมโซมจากปลายรากหอม

ผลของการคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีจากกะหล่ำปลีม่วงเพื่อใช้ย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอมโดยใช้ตัวทำละลาย 5 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น เมทานอล 95% เอทานอล 95% กรดอะซิติก 20 % และกรดไฮโดรคลอริก 20% ในอัตราส่วน 3:1 (กรัม/มิลลิลิตร) พบว่า สารสีที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายเป็นกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 20% ให้สีของสารสกัดเข้มที่สุด มีค่าความพึงพอใจสูงที่สุด เท่ากับ 3.82 (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2) รองลงมา คือ สารสีที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายเป็นกรดอะซิติก 20% (3.00) เมทานอล 95% (2.57) เอทานอล 95% (2.12) และน้ำกลั่น (1.86) ตามลำดับ จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า สารสีที่สกัดจากกะหล่ำปลีม่วงสามารถย้อมติดโครโมโซมจากปลายรากหอมได้ โดยตัวทำละลายที่ดีที่สุดในการสกัดสีเพื่อย้อมโครโมโซมจากปลายรากหอม คือ กรดไฮโดรคลอริก 20% โดยให้ผลเช่นเดียวกับพืชที่สามารถให้สารแอนโทไซยานินหลาย ๆ ชนิด เช่น เปลือกมังคุด อัญชัน และมะม่วงหาวมะนาวโห่ [10] มะขามแดง [3] และข้าวเหนียวดำ [4]

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า กะหล่ำปลีม่วงสามารถนำมาใช้ในการย้อมสีทั้งเนื้อเยื่อพืชและโครโมโซมจากปลายรากหอมได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจิดาภา บุญพันธ์ และคณะ [10] พบว่ากะหล่ำปลีม่วงที่สกัดด้วยตัวทำละลายหลายชนิด ได้แก่น้ำกลั่น กรดอะซิติก 20% กรดไฮโดรคลอริก 20% แอลกอฮอล์ 70% และแอลกอฮอล์ 95% จะให้คุณภาพสีย้อมที่แตกต่างกันในการย้อมสีโครโมโซม และตัวทำละลายที่ดีที่สุดในการสกัดสารสีจากกะหล่ำปลีม่วงคือ กรดไฮโดรคลอริก 20% สามารถย้อมติดสีของโครโมโซมได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการนำสารสกัดสีจากกะหล่ำปลีม่วงมาใช้ในการย้อมเนื้อเยื่อพืช แต่มีรายงานที่ใกล้เคียงที่มีการนำสารสกัดจากพืชชนิดเดียวกันมาใช้ย้อมทั้งเนื้อเยื่อพืชและโครโมโซม เช่น มะขามแดง โดยพบว่าสีจากสารสกัดมะขามแดงด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.1 % ในเมทานอล สามารถย้อมติดสีเนื้อเยื่อลำต้นหมอน้อยได้อย่างชัดเจน และสีจากสารสกัดมะขามแดงด้วยเมทานอลสามารถย้อมติดโครโมโซมจากปลายรากหอมได้ชัดเจนที่สุด [3]



ภาพที่ 2 สีโครโมโซมจากปลายรากหอมที่ย้อมด้วยสีที่สกัดจากกะหล่ำปลีม่วงโดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ได้แก่ (ก) กรดไฮโดรคลอริก 20 % (ข) กรดอะซิติก 20% (ค) เมทานอล 95% (ง) เอทานอล 95% และ (จ) น้ำกลั่น เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า

ตารางที่ 2 ค่าความพึงพอใจเฉลี่ยของการย้อมติดสีของโครโมโซมจากปลายรากหอมโดยใช้สีที่สกัดจากกะหล่ำปลีม่วง

ตัวทำละลาย	ระดับความพึงพอใจในการติดสี					รวมจำนวน (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ	แปลผล
	มากที่สุด (ร้อยละ)[1/]	มาก (ร้อยละ)	ปานกลาง (ร้อยละ)	น้อย (ร้อยละ)	น้อยที่สุด (ร้อยละ)			
น้ำกลั่น	0 (0)	3 (6)	6 (12)	21 (42)	20 (40)	50 (100)	1.86	น้อย
เอทานอล 95%	1 (2)	5 (10)	7 (14)	22 (44)	15 (30)	50 (100)	2.12	น้อย
เมทานอล	4 (8)	8 (16)	15 (30)	19 (38)	4 (8)	50 (100)	2.57	น้อย
กรดอะซิติก 20%	3 (6)	11 (22)	21 (42)	15 (30)	0 (0)	50 (100)	3.00	ปานกลาง
กรดไฮโดรคลอริก 20 %	16 (32)	13 (26)	18 (36)	3 (6)	0 (0)	50 (100)	3.82	มาก

[1/]ร้อยละของจำนวนผู้แสดงความพึงพอใจต่อการย้อมติดสีในระดับต่าง ๆ

นอกจากนี้ยังพบอีกว่าเมื่อสกัดแอนโทไซยานินจากกะหล่ำปลีม่วงด้วยตัวทำละลายที่เป็นกรด (กรดอะซิติก 20% และกรดไฮโดรคลอริก 20%) จะทำให้สีที่สกัดได้เปลี่ยนจากสีน้ำเงินอมม่วงเป็นสีแดง เนื่องจากกรดจะส่งผลต่อ pH ของตัวทำละลายในการสกัด โดยสารแอนโทไซยานินที่อยู่ในสารละลายที่เป็นกรดจะอยู่ในรูปของ flavylium cation ซึ่งจะทำให้สารละลายมีสีแดง การใช้ตัวทำละลายที่เป็นกรดหรือการสกัดแอนโทไซยานินในสภาวะที่เป็นกรดจะช่วยให้แอนโทไซยานินที่สกัดได้มีเสถียรภาพที่ดีขึ้น เนื่องจากแอนโทไซยานินมีความคงตัวที่ดีในสภาวะที่เป็นกรด [12] ดังนั้นเมื่อใช้ตัวทำละลายที่เป็นกรดในการสกัดสีจากกะหล่ำปลีม่วง จึงสามารถย้อมติดสีได้ดีทั้งเนื้อเยื่อพืชและโครโมโซมจากปลายรากหอม อย่างไรก็ตามการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการคงตัวของปริมาณสารแอนโทไซยานินในสารสกัดเมื่อใช้เวลาจัดเก็บที่นานขึ้น รวมถึงการสกัดสีจากกระหล่ำปลีม่วงในแต่ละครั้งมีระยะเวลาในการจัดเก็บได้ไม่นานเพราะเมื่อเวลาผ่านไปสารสกัดที่ได้จะมีที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งการศึกษาขั้นต่อไปนั้นควรพัฒนาสีย้อมจากกระหล่ำปลีม่วงให้สามารถจัดเก็บได้นานขึ้น เช่น การทำให้เป็นผงด้วยการอบ หรือใช้วิธีการทำให้แห้งแบบเยือกแข็ง (freeze dry) เป็นต้น

5. สรุปผลการวิจัย

สารสีที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายเป็นกรดอะซิติกความเข้มข้น 20% สามารถให้ผลการย้อมติดเนื้อเยื่อต้นหมอน้อยได้ดีที่สุด และสารสีที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายเป็นกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 20% สามารถย้อมติดโครโมโซมจากปลายรากหอมได้ดีที่สุด

6. เอกสารอ้างอิง

[1] หัทยา กาวีวงศ์ และ วิไล ชัยสมภาร. (2546). การเตรียมสีย้อมโครโมโซมสำหรับการเรียนการสอนจากพืชท้องถิ่นไทย **วารสารวิทยาศาสตร์**, 50(1), 35-39.

[2] รุจิรา ทองศีสุข, ยอดชาย ช่วยเงิน, อลงกรด แทนออมทอง และสายัญ พันธ์สมบูรณ์. (2560). การประยุกต์ใช้สีธรรมชาติจากข้าวโพดหวานสีม่วง (*Zea mays saccharata*) ในการศึกษาการแบ่งเซลล์ไมโทซิสของพืช. **วารสารวิทยาศาตร์คชสาส์น**, 39(2), 34-44.

[3] ธีรารัตน์ แซ่มซัยพร, อมรรัตน์ บุญนา, จุฑารัตน์ อ่อนน่วม และอนัญญา ทองสิมา. (2563). การสกัดสีจากมะขามแดง (*Tamarindus indica* L.) เพื่อนำไปใช้ในการย้อมสีเนื้อเยื่อพืชและโครโมโซมจากปลายรากหอม. **การประชุมวิชาการระดับชาติ ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน** ครั้งที่ 17.นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

[4] ศิริรัตน์ พักปากน้ำ, น้ำฝน วรรณศรี และมนัสวี เดชกล้า. (2564). การพัฒนาสีย้อมจากโครโมโซมจากข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* var. *indica*). **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**, 50(2).

[5] 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.

[6] ศรัญญา ยับ. (2550). **การสกัดแอนโธไซยานินส์จากผลหนามแดงเพื่อย้อมสีโครโมโซม.** ปัญหาพิเศษ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) สายวิชาวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[7] ธีรารัตน์ แช่มชัยพร และณัฐวัฒน์ สุกแดง. (2563). ระยะการสุกแก่ของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อปริมาณสีแอนโทไซยานินเพื่อพัฒนาเป็นสีย้อมโครโมโซม. **การประชุมวิชาการระดับชาติ ม. เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 17**. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

[8] ณัฐกาญจน์ เอี่ยมสะอาด, บุษบา รักซ้อน และธีรารัตน์ แช่มชัยพร. (2562). การประยุกต์ใช้สีจากราสเบอร์รี่ (*Rubus idaeus* L) สำหรับการย้อมสีเนื้อเยื่อพืชและโครโมโซมจากปลายรากหอม. **งานประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 13 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม**. นครปฐม: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

[9] Heni Wagiyanti & Rasuane Noor. (2017) Red dragon fruit (*Hylocereus costaricensis* Britt.Et R.) peel extract as a natural dye alternative in microscopic observation of plant tissues: the practical guide in senior high school. **Indonesian Journal of Biology Education**, 3(3), 232-237.

[10] จิดาภา บุญพันธ์, อิสรีย์ ปั้นก้อง และธีรารัตน์ แช่มชัยพร. (2562). การสกัดสารสีจากพืชกลุ่มแอนโทไซยานิน เพื่อใช้ในการย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอม. **งานประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 11 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม**. นครปฐม: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

[11] Suppadit, T., Sunthorn, N. & Poungsuk., P. (2011). Use of anthocyanin extracted from natural plant materials to develop a pH test kit for measuring effluent from animal farms. **African Journal of Biotechnology**, 10(82), 19109-19118.

[12] ยุภาพร ผลาขจรศักดิ์. (2547). **การสกัดและความคงตัวของแอนโทไซยานินที่สกัดจากเปลือกมังคุด**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.