การพัฒนาสีย้อมจากผลมัลเบอร์รี่ (*Morus alba* L.) สำหรับย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอม

ณัฐพงศ์ คุ้นเคย ศรีจันทรา ไทยอุดม และ ธีรารัตน์ แช่มชัยพร*

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการนำมาสกัดสารสีจากผลมัลเบอร์รี่แช่แข็ง โดยใช้ตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น เมทานอล 100% เอทานอล 95% และกรดอะซิติก 20% ในอัตราส่วน 1:1 (น้ำหนัก(กรัม) : ปริมาตรสารละลาย (มิลลิลิตร)) เมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพของการย้อมสีโครโมโซมปลายรากหอม พบว่าสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่แบบแช่แข็งที่สกัดด้วยเมทานอล มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสูงที่สุดโดยมีระดับค่าความพึงพอใจเท่ากับ 4.51 และนำผลมัลเบอร์รี่ที่ได้ไปอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน และบดให้เป็นผง หลังจากนั้นนำผงมัลเบอร์รี่ละลายด้วยเมทานอลที่อัตราส่วน 1:2 แล้วนำไปทดสอบการย้อมสีโครโมโซมที่ปลายรากหอม พบว่าสารสกัดยังคงสามารถย้อมติดสีโครโมโซมปลายรากหอมได้ชัดเจน และสามารถเก็บสีผงไว้ได้นานประมาณ 1 เดือน

คำสำคัญ: ผลมัลเบอร์รี่ แอนโทไซยานิน โครโมโซม

The Dye Development from Mulberry Fruits (*Morus alba* L.) for Staining Chromosome

Nattapong Kunkoei Srichantra Thaiudom 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 select suitable solvents for extracting pigments from frozen mulberries (*Morus alba* L.). Four types of solvents were used, namely distilled water, 100% methanol, 95% ethanol, and 20% acetic acid at a ratio of 1:1 (weight g)/ solution volume (ml)). Those solvents were tested for chromosomal staining efficiency of onion root tips, it was found that methanol frozen mulberry extract had the highest mean of satisfaction with a satisfaction level of 4.51. The extract was then treated with a hot air oven drying process and ground to powder. After that, the mulberry powder was dissolved with methanol at the ratio of 1:2 and tested for chromosome staining at the tip of the onion root. The extract can still stain the chromosomes clearly and can keep the powder color for about 1 month.

Keywords: mulberry, anthocyanin, chromosome

1. บทนำ

ในประเทศไทยมีพืช ผัก ผลไม้ที่มีสารแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบหลายชนิด เช่น กะหล่ำปลีสีม่วง หว้า และแก้วมังกร เป็นต้น [1] ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนทางชีววิทยาได้มีรายงานการนำสีกลุ่มแอนโทไซยานินจากพืชบางชนิดมาใช้ประโยชน์ในการย้อมสีโครโมโซม ตัวอย่างเช่น การสกัดสีย้อมจากแบล็คเบอร์รี่ [2] การสกัดสีย้อมจากเมล็ดข้าวโพดหวานสีม่วง [3] และการสกัดสีย้อมจากผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ [4] เป็นต้น ซึ่งสีย้อมจากพืชทั้งสามชนิดนี้เมื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพในการย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอมพบว่ามีคุณภาพสีใกล้เคียงกับสารเคมีที่สังเคราะห์ เช่น สีอะซิโตคาร์มีน (acetocarmine) และสีอะซิโตออร์ซีน (acetoorcein) เป็นต้น ซึ่งสีย้อมที่สังเคราะห์เหล่านี้จะมีราคาค่อนข้างสูง และต้องสั่งซื้อมาจากต่างประเทศ อีกทั้งอาจส่งผลต่อกระทบต่อร่างกายของมนุษย์ในระยะยาว [5] อีกด้วย

ผลมัลเบอร์รี่หรือผลหม่อน จัดเป็นผลรวม เมื่อสุกผลจะมีสีแดงเข้มไปจนเกือบดำ ซึ่งสีของผลมัลเบอร์รี่จัดอยู่ในกลุ่มแอนโทไซยานิน โดยสารกลุ่มแอนโทไซยานินเป็นสารประเภท flavonoid phenolic compounds จะให้สีแดง พบมากในเฉพาะพืช ผัก ผลไม้ ที่มีสีแดงเข้ม [6] สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้มีแนวคิดที่จะนำสีที่ได้จากการสกัดสีจากผลมัลเบอร์รี่มาใช้ประโยชน์ในการย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอมเพื่อทดแทนการใช้สีสังเคราะห์ที่มีราคาค่อนข้างสูง โดยทำการคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการนำมาสกัดสารสีจากผลมัลเบอร์รี่ และนำสารสกัดที่ได้ไปพัฒนาสีย้อมโครโมโซมให้อยู่ในรูปแบบของผงเพื่อสะดวกต่อการใช้งานและการเก็บรักษาต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการนำมาสกัดสารสีจากมัลเบอร์รี่
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสีที่สกัดจากผลมัลเบอร์รี่ต่อการย้อมติดสีโครโมโซมปลายรากหอม
3. เพื่อพัฒนาสีจากผลมัลเบอร์รี่ในรูปแบบผงและศึกษาระยะเวลาการคงสภาพของสีผง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองดังนี้

3.1 การทดลองที่ 1 คัดเลือกตัวทำละลายที่ดีที่สุดในการสกัดสารสีจากผลมัลเบอร์รี่ที่มีผลต่อการติดสีโครโมโซมจากปลายรากหอม

1) วิธีการสกัดสีจากผลมัลเบอร์รี่

นำผลมัลเบอร์รี่แบบแช่แข็งมาชั่งน้ำหนัก และปั่นให้ละเอียด จากนั้นนำไปบรรจุลงบีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร นำตัวทำละลายทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น เมทานอล 100% เอทานอล 95% และกรดอะซิติก 20 % ใส่ลงในแต่ละบีกเกอร์ โดยใช้อัตราส่วน 1:1 [น้ำหนักผลมัลเบอร์รี่ (กรัม): ตัวทำละลาย (มิลลิลิตร)] นำไปเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง และกระดาษกรอง whatman เบอร์ 93 อีกครั้ง เก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสก่อนที่จะนำไปย้อมสีโครโมโซมปลายรากหอม

2) การเตรียมสไลด์ตัวอย่างของโครโมโซมปลายรากหอม

นำหัวหอมแดงที่เพาะในน้ำกลั่น 3 วันมาตัดปลายรากให้ได้ความยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ใช้ปากคีบคีบปลายรากหอม 1-2 ชิ้น ใส่ลงในหลอด eppendrof ที่บรรจุกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 N แล้วแช่หลอด eppendrof ใน water bath ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที หลังจากนั้นล้างปลายรากหอมด้วยน้ำกลั่น

3) การย้อมสีโครโมโซมด้วยสารสกัด

นำสารที่สกัดได้จากผลมัลเบอรี่มาย้อมสีโครโมโซมปลายรากหอม โดยนำปลายรากหอมวางบนแผ่นสไลด์ หยดสี 1-2 หยด แช่ทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที ปิดเนื้อเยื่อด้วยกระจกปิดสไลด์ เคาะกระจกปิดสไลด์เบา ๆ เพื่อให้เซลล์กระจายเรียงตัวเป็นชั้นเดียวให้มากที่สุด แล้วทำการบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ พร้อมถ่ายภาพ

3.2 การทดลองที่ 2 การพัฒนาสีในรูปแบบผงและระยะเวลาการคงสภาพของสีผง

จากการทดลองที่ 1 ทำการคัดเลือกตัวทำละลายที่ดีที่สุดสำหรับการย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอม โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้ตอบแบบสอบถามแบบเจาะจง (Purposive sampling) คือ นักศึกษาสาขาชีววิทยา ชั้นปีที่ 1-4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จำนวน 60 คน และแบ่งระดับความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ คือ 5 หมายถึง สีที่สกัดได้สามารถย้อมติดสีปลายรากหอมได้ดีมาก 4 หมายถึง สีที่สกัดได้สามารถย้อมติดสีปลายรากหอมได้ดี 3 หมายถึง สีที่สกัดได้สามารถย้อมติดสีปลายรากหอมได้ปานกลาง 2 หมายถึง สีที่สกัดได้สามารถย้อมติดสีปลายรากหอมได้น้อย และ 1 หมายถึง สีที่สกัดได้ไม่สามารถย้อมติดสีปลายรากหอมได้ หลังจากนั้นนำสารสกัดจากตัวทำละลายจากการทดลองที่ 1 มาพัฒนาสีย้อมให้อยู่ในรูปของสีผง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ล้างทำความสะอาดผลมัลเบอร์รี่แบบแช่แข็งให้สะอาด นำไปปั่นให้ละเอียด จากนั้นนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบรมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาปั่นให้ละเอียดอีกครั้ง และนำไปอบด้วยเครื่องอบรมร้อน เป็นเวลาอีก 1 ชั่วโมง นำผงมัลเบอร์รี่ที่แห้งแล้วใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตรเก็บไว้ในโถดูดความชื้นจนกว่าจะนำมาทดสอบประสิทธิภาพการย้อมสีโครโมโซม

2) การทดสอบประสิทธิภาพการย้อมติดสีโครโมโซมปลายรากหอม โดยการนำผงมัลเบอร์รี่มาละลายกับเมทานอลในอัตราส่วน 1:2 แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 93 หยดสี 1-2 หยด ลงบนเนื้อเยื่อปลายรากหอมแช่ทิ้งไว้ประมาณ 10 และ 15 นาที ปิดเนื้อเยื่อด้วยกระจกปิดสไลด์ เคาะกระจกปิดสไลด์เบา ๆ เพื่อให้

เซลล์กระจาย แล้วทำการบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ พร้อมถ่ายภาพ ทำการสุ่มทดสอบประสิทธิภาพของสีย้อมทุกสัปดาห์ นาน 1 เดือน

4. ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา

4.1 ผลของการย้อมติดสีโครโมโซมปลายรากหอมด้วยสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่โดยใช้ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

การสกัดสารสีจากผลมัลเบอร์รี่โดยใช้ตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น กรดอะซิติกความเข้มข้น 20% เมทานอล 100% และเอทานอลความเข้มข้น 95% ในอัตราส่วน 1:1 ภายหลังการนำมาย้อมสีโครโมซมปลายรากหอม พบว่าสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่ด้วยตัวทำละลายเมทานอลจะทำให้เห็นรายละเอียดโครงสร้างของโครโมโซมได้ชัดเจนมากที่สุดและมีค่าความพึงพอใจของการติดสีย้อมโครโมโซม เท่ากับ 4.51 รองลงมาคือ กรดอะซิติก 20% (3.81) น้ำกลั่น (2.86) และเอทานอลความเข้มข้น 95% (1.55) ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1) จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของสีจากสารสกัดของผลมัลเบอร์รี่ด้วยตัวทำละลายเมทานอล 100% สอดคล้องกับรายงานของจินตหรา เล็กประยูร และคณะ [1] ที่พบว่าการสกัดสีจากผลมัลเบอร์รี่ด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.1% ในเมทานอลอัตราส่วน 1:1 สามารถย้อมติดสีโครโมโซมปลายรากหอมได้ดีที่สุด ซึ่งจากผลการทดลองเป็นไปได้ว่าตัวทำละลายที่เป็นกลุ่มแอลกอฮอล์คือเมทานอล 100% และตัวทำละลายที่เป็นกรดคือกรดอะซิติก 20% จะช่วยสกัดสารสีจากผลมัลเบอร์รี่ได้ดีกว่าตัวทำละลายที่เป็นน้ำและตัวทำละลายที่เป็นกลุ่มแอลกอฮอล์ชนิดเอทานอล 95% ซึ่งการใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันในการสกัดสาร จะทำให้ได้สารสีและสารสำคัญที่มีความแตกต่างกันด้วยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการนำสารมาใช้งาน [7] ตัวอย่างเช่น การเตรียมผงสีจากเปลือกมังคุดด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำ เมทานอล กรดอะซิติก 3% และโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร พบว่าสีของสารสกัดที่ได้จะมีความแตกต่างกัน โดยสารสกัดจากน้ำได้สีแดงอมชมพูถึงสีแดงเข้ม สารสกัดจากเมทานอลได้สีชมพูอ่อน ขณะที่การใช้กรดอะซิติกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้สีน้ำตาลถึงสีเทา [8]

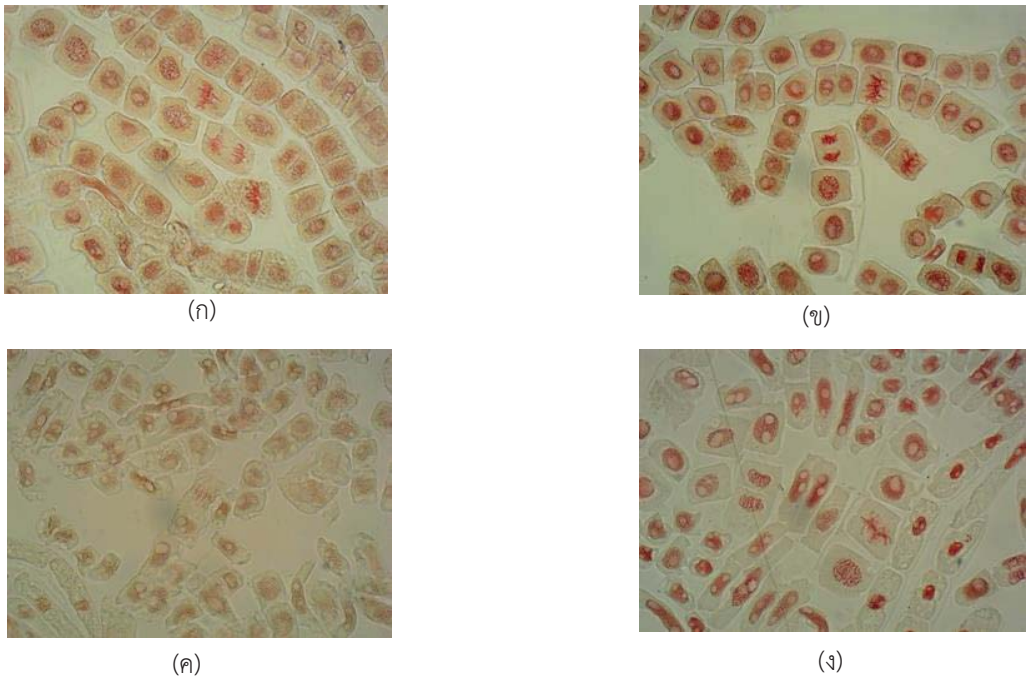
4.2 การพัฒนาสีในรูปแบบผงและระยะเวลาการคงสภาพของสีผง

สารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่ด้วยเมทานอลที่อัตราส่วน 1:2 เมื่อผ่านกระบวนการทำให้แห้งแบบใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้เป็นผง พบว่า ผงสีจากผลมัลเบอร์รี่มีสีม่วงเข้มจนดำ เนื้อผงมีความละเอียด เมื่อนำสีผงไปละลายกับเมทานอลในอัตราส่วน 1:2 (กรัม: ปริมาตร) จะให้สีของสารละลายเป็นสีแดงเลือดหมู และเมื่อนำไปย้อมสีโครโมโซมปลายรากหอม พบว่า สามารถนำมาใช้ในการย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอมได้ทำให้เห็นโครงสร้างของโครโมโซมได้ชัดเจน แต่ต้องใช้ระยะเวลาในการแช่เนื้อเยื่อประมาณ 10 ถึง 15 นาทีก่อนนำไปเคาะกระจกปิดสไลด์ และถ้าหากทิ้งสีผงไว้นานเกิน 1 เดือนในโถดูดความชื้น คุณภาพของสีย้อมภายหลังการทดสอบการติดสีของโครโมโซมกลับพบว่า การติดสีของโครโมโซมจะลดลง (ภาพที่ 2) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการย้อมติดสีโครโมโซมปลายรากหอมระหว่างสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่แบบแช่แข็งด้วยเมทานอล 100% และการละลายสารจากผลมัลเบอร์รี่ในรูปแบบผงด้วยเมทานอล 100% จะพบว่า สีของสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่แบบแช่แข็งด้วยตัวทำละลายเมทานอล 100% จะย้อมติดสีโครโมโซมปลายรากหอมได้ชัดเจนกว่าสีที่ได้จากการละลายสีผง ดังนั้นหากจะนำสีผงจากมัลเบอร์รี่ที่ได้ไปพัฒนาต่อ ควรจะพิจารณาเรื่องของการหาวิธีการเก็บสีผงให้นานขึ้นและการรักษาคุณภาพของสีย้อมด้วย

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจของการติดสีย้อมโครโมโซมปลายรากหอมแบบสไลด์สดด้วยสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่ โดยใช้ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

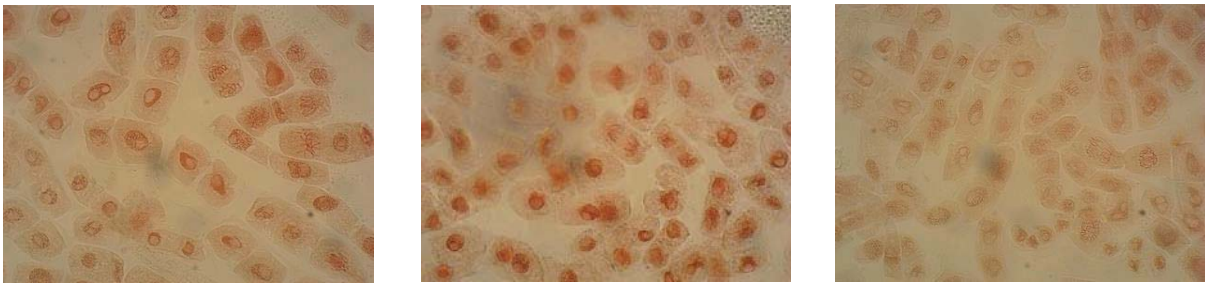
ตัวทำละลาย	ระดับความพึงพอใจในการติดสี					รวม จำนวน (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	ติดสีดีมาก (ร้อยละ)[1/]	ติดสีดี (ร้อยละ)	ติดสีปานกลาง (ร้อยละ)	ติดสีน้อย (ร้อยละ)	ไม่ติดสี (ร้อยละ)			
น้ำกลั่น	1 (1.66)	11 (18.3)	28 (46.6)	19 (31.6)	1 (1.66)	60 (100.0)	2.86	ปานกลาง
เมทานอล	33 (55.0)	25 (41.6)	2 (3.33)	0 (0.0)	0 (0.0)	60 (100.0)	4.51	มาก
เอทานอล 95%	0 (0.0)	2 (3.33)	7 (11.6)	32 (53.3)	19 (31.6)	60 (100.0)	1.55	น้อย
กรดอะซิติก 20%	10 (16.6)	30 (50.0)	19 (31.6)	1 (1.66)	0 (0.0)	60 (100.0)	3.81	ดี
รวม = 60								

[1/]ร้อยละของจำนวนผู้แสดงความพึงพอใจต่อการย้อมติดสีในระดับต่าง ๆ



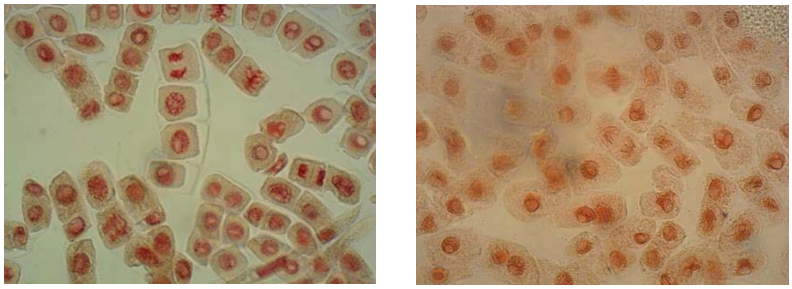
(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 1 การติดสีของโครโมโซมปลายรากหอมที่ย้อมด้วยสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่โดยใช้ตัวทำละลายทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น (ก), เมทานอล 100% (ข), เอทานอล 95% (ค) และกรดอะซิติก 20% (ง) เมื่อส่องกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2 เปรียบเทียบความสามารถในการย้อมติดสีโครโมโซมปลายรากหอมจากการใช้ผงสีของผลมัลเบอร์รี่ที่ใช้ระยะเวลาแช่เนื้อเยื่อปลายรากเป็นเวลา 10 นาที (ก), และ 15 นาที (ข) และโครโมโซมปลายรากหอมที่ย้อมด้วยสีผงที่ทิ้งไว้นานเกิน 1 เดือนในโถดูดความชื้น (ค) เมื่อส่องกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า



(ก) (ข)

ภาพที่ 3 เปรียบเทียบความสามารถในการย้อมติดสีโครโมโซมปลายรากหอมจากสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี่แบบแช่แข็งด้วยเมทานอล 100% (ก) และการละลายสารจากผลมัลเบอร์รี่ในรูปแบบผงด้วยเมทานอล 100% (ข) เมื่อส่องกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสีที่สกัดจากผลมัลเบอรี่ พบว่าตัวทำละลายที่สามารถสกัดสารสีและย้อมสีติดโครโมโซมได้ดีที่สุดคือ เมทานอล 100% โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสูงที่สุดและเมื่อคงสภาพสีจากผลมัลเบอร์รี่ให้อยู่ในรูปแบบผงโดยผ่านกระบวนการทำให้แห้งแบบใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่าผงสีที่ได้มีอายุเก็บได้นานประมาณ 1 เดือน เมื่อนำผงสีมาผสมกับเมทานอล แล้วนำมาย้อมสีโครโมโซมปลายรากหอม พบว่าสีที่ย้อมได้มีการติดสีที่ใกล้เคียงกับสีที่ใช้เมทานอล 100% ในการสกัด แต่ต้องใช้ระยะเวลาในการแช่เนื้อเยื่อประมาณ 10 ถึง 15 นาทีขึ้นไป ดังนั้นจึงสามารถนำสีผงจากผลมัลเบอร์รี่ที่ได้มาใช้ทดแทนสีสังเคราะห์ได้ และควรหาวิธีการพัฒนาการเก็บและคงสภาพสีให้ได้ระยะเวลานานกว่านี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] จินตหรา เล็กประยูร, นวลจันทร์ มัจฉริยกุล และศิริลักษณ์ เอี่ยมธรรม. (2553) **สารสกัดแอนโทไซยานินจากพืชเพื่อใช้เป็นสีย้อมโครโมโซม: แหล่งที่มา ความเข้มข้น และโครงสร้างทางเคมี.** การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7. 7-8 ธันวาคม 2553. 1615-1623.

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

[3] รุจิรา ทองศรีสุข, ยอดชาย ช่วยเงิน, อลงกลด แทนอมทอง และสายัญ พันธ์สมบูรณ์. (2560). การประยุกต์ใช้สีธรรมชาติจากข้าวโพดหวานสีม่วง (*Zea mays saccharate*) ในการศึกษาการแบ่งเซลล์ไมโทซิสของพืช. **วารสารวิทยาศาสตร์คชสาส์น**, 39(2), 34-44.

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

[5] Gray, J. (2004). **The World of Hair Colour**. Cengage Learning. London. 121p.

[6] Cooper-Driver, G. A. (2001). Contributions of Jeffrey Harborne and co-workers to the study of anthocyanins. **Journal of Phytochemistry**, 56(3), 229-236.

[7] วรอัญญู ณรงค์เดชา. (2562). **การสกัดสีจากธรรมชาติ.** สาขาศิลปะและการออกแบบ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[8] พรพิมล ม่วงไทย, สุจิตรา ศรีสังข์, นงนุช พรมรงศ์ และชุติมาพร วรรณวงษ์. (2553). การเตรียมผงสีย้อมจากเปลือกมังคุดบนสารดูดซับ. **การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7**. นครปฐม: มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.