การประยุกต์ใช้สีจากราสเบอร์รี่ (*Rubus idaeus* L.) สำหรับการย้อมสีเนื้อเยื่อพืชและโครโมโซมจากปลายรากหอม

ณัฐกาญจน์ เอี่ยมสอาด บุษบา รักซ้อน และ ธีรารัตน์ แช่มชัยพร*

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดสีจากราสเบอร์รี่ เพื่อนำมาใช้ในการย้อมสีเนื้อเยื่อพืชและโครโมโซมจากปลายรากหอม ทดแทนการใช้สีสังเคราะห์ที่มีราคาแพงและเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้เพื่อทดสอบหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารสีจากผลราสเบอร์รี่แช่แข็งโดยใช้ตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น เมทานอล เอทานอล 95% และกรดอะซิติก ในอัตราส่วน 1:1 และ1:3 (น้ำหนัก(กรัม) : ปริมาตรสารละลาย(มิลลิลิตร)) จากการทดสอบพบว่าสารสกัดจากราสเบอร์รี่ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่อัตราส่วน 1:1 สามารถย้อมติดสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนและย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอมได้อย่างชัดเจน โดยมีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 และ 4.06 ตามลำดับ เมื่อนำสารสกัดจากผลราสเบอร์รี่ที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่นที่อัตราส่วน 1:1 ผสมกับสารมอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) ในอัตราส่วน 100:30, 100:35 และ 100:40 [ปริมาตร (มิลลิลิตร) : น้ำหนัก (กรัม)] ตามลำดับ เพื่อนำไปคงสภาพสีด้วยเทคนิคการทำให้แห้งแบบเยือกแข็ง (freeze dryer) พบว่าจะได้สีราสเบอร์รี่ที่เป็นผงและละลายน้ำได้ และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสีย้อมในการย้อมเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนและโครโมโซมปลายรากหอมพบว่ายังคงสามารถย้อมติดสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนและโครโมโซมปลายรากหอมได้แต่สีย้อมมีความเข้มลดลง

คำสำคัญ : สีย้อมธรรมชาติ เนื้อเยื่อพืช โครโมโซม ราสเบอร์รี่

Utilization of Color from Raspberry (*Rubus idaeus* L.) for Staining Plant Tissue and Staining Chromosomes

Nutthakarn Aiemsaard, Busada Rakson and Teerarat Chaemchaiyaporn*

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

ABSTRACT

The objective of this research was to extract dye from the raspberry (*Rubus idaeus* L.) for use in plant tissue staining and chromosomes to replace the chemical dyes which are expensive and can be environmental pollution. The purpose of these experiments explored the appropriate solvent to extract the frozen raspberry with 4 solvent types including, distilled water, ethanol, methanol and acetic acid with the ratio of 1:1 and 1:3 (plant weight (gram) : quantity of solvent (milliliter)). The results showed that raspberries was extracted with distilled water at 1:1 ratio can clearly stain plant tissue and chromosome staining of mitotic cell division. The average satisfaction values were 4.12 and 4.06, respectively. The raspberries extract were extracted with a 1: 1 ratio distilled water mixed with maltodextrin at the ratio of 100: 30, 100: 35 and 100: 40 (volume (ml): weight (g)), respectively, to maintain the color by freeze drying technique. The extract will be powdered and water soluble. The efficiency of dyes in staining plant tissue and chromosome staining of mitotic cell division were compared. The research result showed that the staining dye obtained from raspberries can stained plant tissue and mitotic cell division, but the color intensity decreased.

Keywords: natural dyes, plant tissue, chromosome, raspberry

1. บทนำ

ราสเบอร์รี่ (raspberry) เป็นผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ จัดอยู่ในวงศ์ Rosaceae มีหลายสายพันธุ์ย่อย ซึ่งมีทั้งสีแดง ม่วง และม่วงเข้ม สายพันธุ์ที่นิยมมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Rubus idaeus* L. มีสีแดงอมชมพูเข้ม สีของราสเบอร์รี่จัดเป็นสีในกลุ่มแอนโทไซยานิน (Sariburun et.al., 2010) สารสีกลุ่มแอนโทไซยานินเป็นกลุ่มสีกลุ่มหนึ่งที่น่าสนใจและมีรายงานว่าสามารถนำมาย้อมสีเนื้อเยื่อพืชและย้อมสีโครโมโซมของปลายรากหอมได้ เช่น มะขามแดง (ธีรารัตน์ แช่มชัยพร และคณะ, 2563) มะม่วงหาวมะนาวโห่ (จิดาภา บุญพันธ์ และคณะ, 2562) ข้าวเหนียวดำ และผลหม่อน (วีรนุช วอนเก่าน้อย และคณะ, 2557) เป็นต้น โดยสารกลุ่มแอนโทไซยานินเป็นสารประเภท flavonoid phenolic compounds จะให้สีแดง พบมากในเฉพาะพืชผัก ผลไม้ ที่มีสีแดงเข้ม (Cooper Driver, 2001)

สำหรับการศึกษาในรายวิชาชีววิทยานั้นจำเป็นต้องใช้สีย้อม เพื่อใช้ในการย้อมสีโครงสร้างของเนื้อเยื่อพืชและย้อมสีของโครโมโซมจากปลายรากหอมเพื่อให้เห็นระยะการแบ่งเซลล์ได้ชัดเจนขึ้น โดยสีย้อมที่นิยมนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการทางชีววิทยา มักเป็นสีสังเคราะห์ซึ่งมีราคาแพง เช่น สีซาฟานิน (safranin o) สีฟาสต์กรีน (fast green) สีอะซิโตคาร์มีน (acetocarmine) และสีอะซิโตออร์ซีน (acetoorcein) สีสังเคราะห์ดังกล่าวเป็นสารเคมีและยังต้องสั่งซื้อมาจากต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นสารเคมีที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายของผู้ใช้ได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจจะใช้ประโยชน์จากสีของผลราสเบอร์รี่แช่แข็งเนื่องจากเป็นผลไม้แช่แข็งที่หาซื้อได้ง่ายและเป็นผลไม้ที่มีสีจัดอยู่ในกลุ่มแอนโทไซยานิน มาพัฒนาเป็นสีย้อมเนื้อเยื่อพืชและโครโมโซมจากปลายรากหอม พร้อมทั้งพัฒนาเป็นสีให้อยู่ในรูปของสีผงเพื่อสะดวกในการใช้งานและเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อสารเคมี และสร้างความปลอดภัยให้กับผู้ที่ใช้สีอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากผลราสเบอร์รี่
2. เพื่อพัฒนาสีย้อมจากผลราสเบอร์รี่แช่แข็งให้อยู่ในรูปของสีผง

3. วิธีดำเนินการศึกษา

ศึกษาการสกัดสีย้อมจากราสเบอร์รี่ด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น กรดอะซิติก เมทานอล และเอทานอล 95% โดยนำมาทดสอบการย้อมสีกับเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนและโครโมโซมจากปลายรากหอมแดง โดยวิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ

3.1 การทดลองที่ 1 คัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากผลราสเบอร์รี่ต่อการติดสีของเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนและโครโมโซมปลายรากหอม

1. การเตรียมตัวอย่างพืชที่นำมาสกัดสารสี

วิธีการสกัดสีนำราสเบอร์รี่ที่แช่แข็งมาละลายน้ำแข็งออก แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและบรรจุลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวทำละลายแต่ละชนิดใส่ลงไปในบีกเกอร์ โดยใช้อัตราส่วน 1:1 และ 1:3 [น้ำหนักพืช (กรัม) : ตัวทำละลาย (มิลลิลิตร)] ปั่นให้ละเอียด และนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้องทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมากรองด้วยผ้าขาวบางและกระดาษกรอง whatman เบอร์ 93 ก่อนที่นำไปย้อมเนื้อเยื่อพืชและโครโมโซมจากปลายรากหอม

2. การเตรียมสไลด์ของเนื้อเยื่อพืชและโครโมโซม

1) เตรียมตัวอย่างเนื้อเยื่อพืชใบเลี้ยงเดี่ยว โดยใช้ลำต้นหญ้าขนมาเตรียมทำสไลด์โดยใช้วิธี wet mount

2) เตรียมตัวอย่างโครโมโซม โดยใช้ปลายรากหอม ตัดปลายรากหอมที่เพาะไว้ตรงตำแหน่งที่ห่างจากปลายรากขึ้นมาให้ยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ใช้ปากคีบ คีบปลายราก 1-2 ชิ้นใส่ลงในหลอด eppendrof ที่บรรจุ 1 N HCl วางหลอด eppendrof ลงใน water bath ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 นาที ย้ายปลายรากออกจาก 1 N HCl อย่างระมัดระวัง แล้วใส่ลงในบีกเกอร์บรรจุน้ำกลั่นแล้วเขย่าเบา ๆ เป็นเวลา 1 นาที ย้ายปลายรากด้วยปากคีบออกจากน้ำกลั่น ต้องระมัดระวังอย่างมากอย่าให้ถูกบริเวณปลายรากเพราะรากบอบบางมาก แล้ววางปลายรากลงบนสไลด์ แล้วจึงทำการย้อมสี

3. ขั้นตอนการย้อมสีเนื้อเยื่อพืชและโครโมโซมจากปลายรากหอมด้วยสารสกัด

1) การย้อมเนื้อเยื่อพืช นำสารสกัดจากผลราสเบอร์รี่ ที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด มาหยดลงบนเนื้อเยื่อพืชประมาณ 2-3 หยด ทิ้งไว้ 5 นาที หลังจากนั้นปิดด้วยกระจกปิดสไลด์แล้วทำการบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ พร้อมถ่ายภาพ

2) การย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอม นำปลายรากที่เตรียมไว้วางลงบนสไลด์ แล้วนำสารสกัดจากผลราสเบอร์รี่ ที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิดมาหยดลงบนโครโมโซม ประมาณ 2-3 หยด ทิ้งไว้ 5 นาที ปิดเนื้อเยื่อด้วยกระจกปิดสไลด์ เคาะกระจกปิดสไลด์เบา ๆ เพื่อให้เซลล์กระจายออกเรียงตัวเป็นชั้นเดียวให้มากที่สุด แล้วทำการบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ พร้อมถ่ายภาพ

3.2 การทดลองที่ 2 การพัฒนาสีย้อมจากผลราสเบอร์รี่แช่แข็งให้อยู่ในรูปของสีผงและทดสอบประสิทธิภาพของสีย้อม

จากการทดลองที่ 1 ทำการคัดเลือกตัวทำละลายที่ดีที่สุดสำหรับการย้อมเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนและย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอม โดยคัดเลือกจากแบบประเมินจำนวน 80 ชุด ซึ่งจากแบบประเมิน พบว่าตัวทำละลายที่นำมาสกัดสารสีจากราสเบอร์รี่ได้ดีที่สุด คือ น้ำกลั่น หลังจากนั้นนำสารสกัดที่คัดเลือกมาพัฒนาสีย้อมให้อยู่ในรูปของสีผงโดยใช้กระบวนการทำให้แห้งแบบเยือกแข็ง ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1) นำผลราสเบอร์รี่มาละลายน้ำแข็ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก และเติมน้ำกลั่นลงไปในอัตราส่วน 1:1 นำไปปั่นให้ละเอียด และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง และกรองด้วยเครื่องปั๊มสูญญากาศใช้ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

2) เติมสารมอลโทเดกซ์ทรินในอัตราส่วน 100:30, 100:35 และ 100:40 [ปริมาตร (มิลลิลิตร) : น้ำหนัก (กรัม)] ตามลำดับ (วันเพ็ญ สีหวงษ์, 2546) คนสารให้ละลาย และนำไปแช่แข็งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารสกัดที่ได้ผ่าน

กระบวนการทำให้แห้งแบบเยือกแข็ง โดยใช้ระยะเวลา 5 วัน และเข้าตู้ควบคุมความชื้น เป็นเวลา 1 วัน หลังจากนั้นนำมาบดเป็นผงด้วยโกร่ง และนำสีผงที่ได้ไปทดสอบการย้อมสีเนื้อเยื่อพืชและย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอม พร้อมบันทึกภาพถ่าย

4. ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา

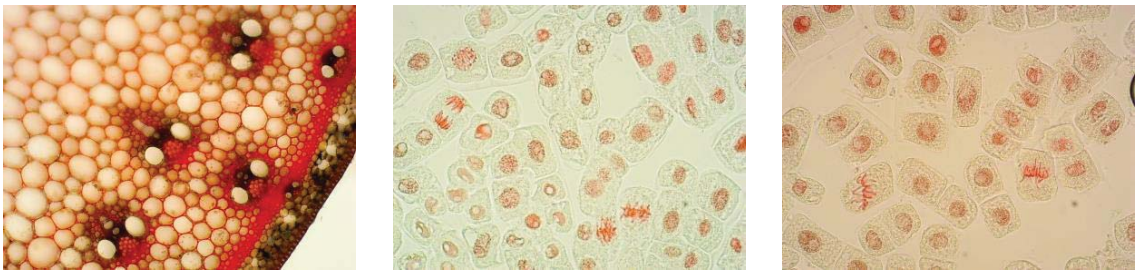
4.1 ผลของการคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากผลราสเบอร์รี่ ต่อการติดสีของเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนและโครโมโซมปลายรากหอม

ผลของการสกัดสีจากราสเบอร์รี่ในการย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขน โดยสกัดด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น เมทานอล เอทานอล 95% และกรดอะซิติกทั้งอัตราส่วน 1:1 และ 1:3 พบว่าสารสกัดจากราสเบอร์รี่ในน้ำกลั่นที่อัตราส่วน 1:1 มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรวมของการย้อมสีติดเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนสูงที่สุด โดยมีระดับความพึงพอใจเท่ากับ 4.12 (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1) เช่นเดียวกับสีจากสารสกัดราสเบอร์รี่ในการย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอม พบว่าสีของสารสกัดจากราสเบอร์รี่ที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่น และเมทานอล ที่อัตราส่วน 1:1 จะสามารถย้อมติดสีโครโมโซมปลายรากหอมได้ชัดเจน และมีค่าความพึงพอใจสูงกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น ๆ โดยมีค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ เท่ากับ 4.06 และ 4.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ผลราสเบอร์รี่สามารถนำมาใช้ในการย้อมสีทั้งเนื้อเยื่อพืชและโครโมโซมจากปลายรากหอมได้ โดยให้ผลเช่นเดียวกับพืชในกลุ่มแอนโทไซยานินหลายๆ ชนิด เช่น มะขามแดง (ธีรารัตน์ แช่มชัยพร และคณะ, 2563) มะม่วงหาวมะนาวโห่ (ธีรารัตน์ แช่มชัยพร และณัฐวัฒน์ สุกแดง, 2563) แบล็คเบอร์รี่ (หัทยา การิวงศ์ และวิไล ชัยสมภาร, 2546) และข้าวโพดหวานสีม่วง (รุจิรา ทองศรีสุข และคณะ, 2560) เป็นต้น และยังพบว่าตัวทำละลายที่ดีที่สุดในการสกัดสีของราสเบอร์รี่ ได้แก่ น้ำกลั่น แสดงให้เห็นว่าสารสีจากราสเบอร์รี่มีองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็นสารที่มีขั้ว จึงสามารถสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วแบบน้ำกลั่นได้ดีกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น เช่นเดียวกับการสกัดสารสีจากใบสาบเสือ (ประกิต ไชยธาดา, 2562) อย่างไรก็ตามการใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันจะมีความสามารถในการสกัดสารสีจากพืชที่แตกต่างกันด้วย เช่น การเตรียมผงสีจากเปลือกมังคุดด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ น้ำ เมทานอล กรดอะซิติก 3% และโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร ได้สารละลายที่มีความแตกต่างกัน สารสกัดจากน้ำได้สีแดงอมชมพูถึงสีแดงเข้ม สารสกัดจากเมทานอลได้สีชมพูอ่อน ขณะที่การใช้กรดอะซิติกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้สีน้ำตาลถึงสีเทา (พรพิมล ม่วงไทย และคณะ, 2553)

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าความพึงพอใจในการติดสีย้อมของเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนและโครโมโซมจากปลายรากหอม ด้วยสารสกัดจากราสเบอร์รี่โดยใช้ตัวทำละลาย 4 ชนิด ทั้งอัตราส่วน 1:1 และ 1:3 (กรัม/มิลลิลิตร)

ชนิดตัวทำละลาย/อัตราส่วน	ค่าระดับความพึงพอใจ	
	เนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขน	โครโมโซมของปลายรากหอม
น้ำกลั่น 1:1	$4.12^{a}\pm0.32$	$4.06^{a}\pm0.20$
น้ำกลั่น 1:3	$3.68^{ab}\pm0.38$	$3.72^{a}\pm0.22$
เมทานอล 1:1	$3.61^{ab}\pm0.13$	$4.00^{a}\pm0.29$
เมทานอล 1:3	$2.76^{cd}\pm0.09$	$3.42^{a}\pm0.23$
เอทานอล95% 1:1	$2.60^{cd}\pm0.26$	$3.51^{a}\pm0.46$
เอทานอล95% 1:3	$2.07^{d}\pm0.09$	$2.29^{b}\pm0.18$
กรดอะซิติก 1:1	$3.09^{bc}\pm0.12$	$1.64^{bc}\pm0.14$
กรดอะซิติก 1:3	$2.35^{d}\pm0.19$	$2.35^{d}\pm0.02$

หมายเหตุ a, b, c และ d หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

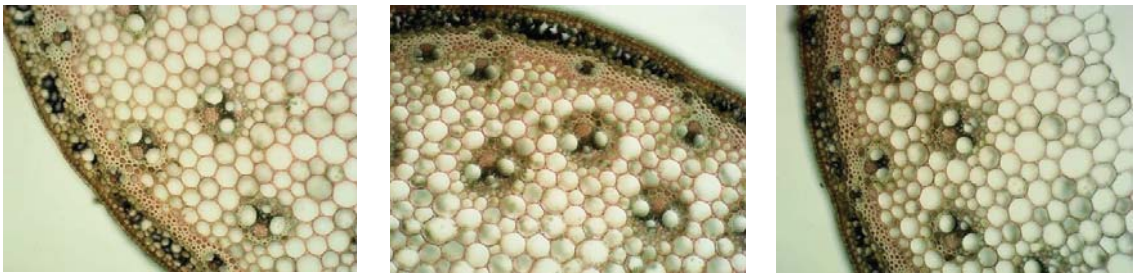


ก ข ค

ภาพที่ 1 สีจากสารสกัดราสเบอร์รี่ในการย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนด้วยน้ำกลั่นที่อัตราส่วน 1:1 (ก) และสีของสารสกัดจากราสเบอร์รี่ที่ย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอมที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่น (ข) และเมทานอล (ค) ที่อัตราส่วน 1:1

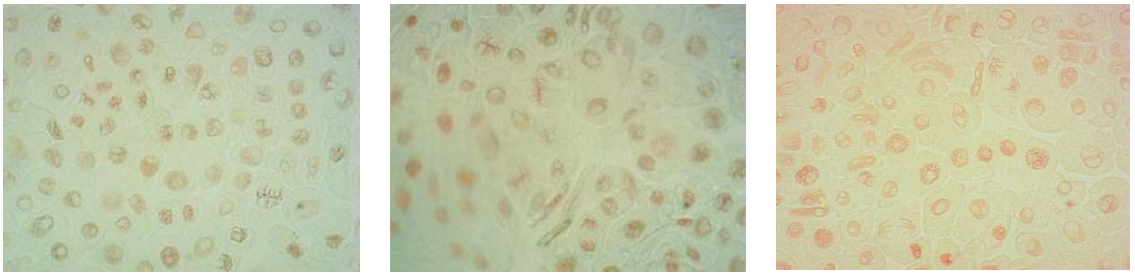
4.2 การพัฒนาสีย้อมจากผลราสเบอร์รี่แช่แข็งให้อยู่ในรูปของสีผงและทดสอบประสิทธิภาพของสีย้อม

สารสกัดจากผลราสเบอร์รี่ด้วยน้ำกลั่นที่อัตราส่วน 1:1 เมื่อผ่านกระบวนการทำให้แห้งแบบเยือกแข็ง เพื่อคงสภาพสีนั้น พบว่าสารสกัดจะมีลักษณะแห้งเป็นแผ่นกรอบ มีสีชมพูแดง สามารถนำมาบดด้วยโกร่งแล้วทำให้เป็นผงได้ง่าย และเมื่อนำผงของสารสกัดมาผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:2 แล้วนำไปย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนและโครโมโซมจากปลายรากหอม พบว่าสารสกัดจากราสเบอร์รี่ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นผสมกับมอลโทเดกซ์ทรินในทุกอัตราส่วนสามารถนำมาใช้ในการย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนและโครโมโซมจากปลายรากหอมได้ สามารถเห็นรายละเอียดของโครงสร้างของเนื้อเยื่อและระยะการแบ่งเซลล์ได้ แต่คุณภาพของสีย้อมจะมีสีที่อ่อนกว่า ก่อนจะนำไปผสมกับมอลโทเดกซ์ทรินเพื่อทำให้สารสกัดเป็นผง (ภาพที่ 2 และ 3) ดังนั้นหากจะนำสีผงจากราสเบอร์รี่ที่ได้ไปพัฒนาต่อ ควรจะพิจารณาเรื่องคุณภาพของสีเพิ่มขึ้น



ก ข ค

ภาพที่ 2 การย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขน ที่ย้อมด้วยสารสกัดจากผลราสเบอร์รี่ที่เก็บรักษาให้อยู่ในรูปของผงที่ความเข้มข้นของสารมอลโทเดกซ์ทรินในอัตราส่วน 100:30 (ก), 100:35 (ข) และ 100:40 (ค)



ก ข ค

ภาพที่ 3 การย้อมสีโครโมโซมปลายรากหอม ที่ย้อมด้วยสารสกัดจากผลราสเบอร์รี่ที่เก็บรักษาให้อยู่ในรูปของผงที่ความเข้มข้นของสารมอลโทเดกซ์ทรินในอัตราส่วน 100:30 (ก), 100:35 (ข) และ 100:40 (ค)

5. สรุปผลการศึกษา

สารสกัดจากราสเบอร์รี่ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นสามารถย้อมติดสีเนื้อเยื่อลำต้นหญ้าขนและย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอมได้ชัดเจนที่สุด และเมื่อนำสารสกัดจากราสเบอร์รี่ผสมกับมอลโทเดกซ์ทรินผ่านกระบวนการทำให้แห้งแบบเยือกแข็งจะได้สารสกัดที่แห้ง มีสีชมพูแดงและนำมาทำเป็นผงได้ แต่คุณภาพของสีย้อมจะลดลง

6. เอกสารอ้างอิง

จิดาภา บุญพันธ์, อิสรีย์ ปั้นก้อง และธีรารัตน์ แช่มชัยพร. (2562). การสกัดสีธรรมชาติจากพืชกลุ่มแอนโทไซยานิน เพื่อใช้ในการย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอม. **งานประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 11 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.** นครปฐม: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

ธีรารัตน์ แช่มชัยพร และณัฐวัฒน์ สุกแดง. (2563). ระยะการสุกแก่ของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อปริมาณสีแอนโทไซยานินเพื่อพัฒนาเป็นสีย้อมโครโมโซม. **การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 17.** นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ธีรารัตน์ แช่มชัยพร, อมรรัตน์ บุญนา, จุฑารัตน์ อ่อนน่วม และอนัญญา ทองสิมา. (2563). การสกัดสีจากมะขามแดง (*Tamarindus indica* L.) เพื่อนำไปใช้ในการย้อมสีเนื้อเยื่อพืชและโครโมโซมจากปลายรากหอม. **การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 17.** นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ประกิต ไชยธาดา. (2562). ผลของตัวทำละลายและความเป็นกรด-ด่าง ต่อปริมาณและความคงตัวของสารสีที่สกัดได้จากพืช. **วารสารวิชชา**, 38 (1), 65-78.

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

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

วันเพ็ญ สีหวงษ์. (2546). ผลของมอลโตเดรกซ์ทรินต่อคุณภาพมะนาวผงผลิตโดยกระบวนการทำแห้งแบบระเหิด. **การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีรนุช วอนเก่าน้อย, พันธิวา แก้วมาตย์, อลงกลด แทนออมทอง และพรณรงค์ สิริปิยะสิงห์. (2557). การคัดเลือกสารสีสกัดจากธรรมชาติในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเพื่อใช้เป็นสีย้อมโครโมโซม. **วารสารวิจัยเพื่อพัฒนาสังคมและชุมชน มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม**, 2 (1), 42-52.

หัทยา กาวีวงศ์ และวิไล ชัยสมภาร. (2546). การเตรียมสีย้อมโครโมโซมสำหรับการเรียนการสอนจากพืชท้องถิ่นไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์**, 50 (1), 35-39.

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

Sariburun, E., ¸Sahin, S., Demir, C., Türkben, C. and Uylaser, V. (2010). Phenolic Content and Antioxidant Activity of Raspberry and Blackberry Cultivars. **J. Food Sci.,** 75, C328–C335**.**