

การติดสีย้อมโครโมโซมสำหรับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสภายในอับเรณูของดอกกุยช่ายด้วยสีที่สกัดจากธรรมชาติ

Chromosome staining of meiosis cell division in the anther of *Allium tuberosum* used natural dyes extraction.

ผศ.วัฒนา แซ่ไหล* และ ปิยะฉัตร บรรณสิทธิ์

Asst.Prof. Watana Sae-low* and Piyachat Bannasit

ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรังสิต

*ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: watana@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะสกัดสีย้อมโครโมโซมจากพืช และคัดเลือกสารสกัดสีที่เหมาะสมในการนำมาศึกษากระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสได้ดีที่สุด เพื่อเป็นการใช้สีธรรมชาติทดแทนการใช้สีในห้องปฏิบัติการที่มีราคาแพงและมีขั้นตอนการเตรียมสีที่ยุ่งยาก โดยทำการสกัดสีจากพืช จำนวน 6 ชนิดได้แก่ เมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่ กลีบดอกพุทธรักษาสีชมพูเข้ม กลีบดอกแคแดง กลีบดอกหางนกยูงฝรั่ง ใบประดับดอกเฟื่องฟ้าสีชมพูเข้ม และรากสะสมอาหารของมันม่วง นำมาสกัดด้วยตัวทำละลายคือกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มอล กรดอะซิติกเข้มข้น 45% และแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% พบว่ามีสารสกัดจากพืชที่ย้อมติดสีโครโมโซมและเห็นการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสในดอกกุยช่ายได้ดีที่สุด 3 ชนิดคือ เมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่สกัดด้วยกรดอะซิติกเข้มข้น 45% กลีบดอกพุทธรักษาและกลีบดอกแคแดงที่ใช้กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มอลเป็นตัวสกัดสารสี

คำสำคัญ: สีย้อมโครโมโซม สีสกัดจากธรรมชาติ แบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

Abstract

The aim of this study to extract the chromosome staining dyes from plant and selected optimal extracted dyes for the most effective observation in meiosis cell division process. The natural plant extracts can be used instead of the expensive chemical dyes and there have complicated preparation steps too. Six dyes extracted from natural plant including *Oryza sativa* (Riceberry), *Canna indica* L. petals, *Sesbania grandiflora* (L.) Desv. Petals, *Delonix regia* (Boj. Ex Hook) petals, *Bougainvillea* spp. bracts and *Ipomoea batatas* storage root were extracted with 3 solvents (1 N HCl, 45% acetic acid and 95% alcohol). The results showed that 3 dyes extracted obtained from *Oryza sativa* of 45% acetic acid, *Canna indica* L. and *Sesbania grandiflora* (L.) Desv. of 1 N HCl extractions produced the most effective in chromosome staining of meiosis cell division in flower bud of *Allium tuberosum*.

Keywords: chromosome staining, natural dyes extraction, meiosis cell division.

บทนำ

การศึกษาชีววิทยาทั้งในระดับพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิต หรืองานวิจัยเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของพืชนั้น การย้อมสีโครโมโซมมีความสำคัญ เพราะทำให้สามารถศึกษาลักษณะการจัดเรียงตัวของโครโมโซมในการแบ่งเซลล์แต่ละระยะ รวมทั้งนับจำนวนโครโมโซมในเซลล์ที่ต้องการได้ ในปัจจุบันห้องปฏิบัติการทั่วไปนิยมใช้สีย้อมโครโมโซม 2 ชนิดคือ อะซีโตอร์ซิน (aceto-orcein) ประกอบด้วยสีออร์ซิน 2 กรัมละลายในกรดอะซิติกเข้มข้น 60% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และอะซีโตคาร์มิน (aceto-carmine) ซึ่งประกอบด้วยสีคาร์มิน 0.5 กรัมละลายในกรดอะซิติกเข้มข้น 60% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร สีเหล่านี้ถึงแม้จะมีประสิทธิภาพในการย้อมติดโครโมโซมได้ดี แต่ก็มีราคาแพง ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ และมีขั้นตอนการเตรียมสีที่ค่อนข้างยุ่งยาก ทำให้อาจจะมีปัญหาสำหรับหน่วยงานที่มีงบประมาณไม่เพียงพอ เช่น โรงเรียนบางแห่งที่ไม่สามารถซื้อย้อมเหล่านี้ได้ นักเรียนต้องศึกษาจากรูปภาพหรือวีดิทัศน์ ทำให้ขาดโอกาสที่จะได้ลงมือปฏิบัติจริง ดังนั้นถ้าสามารถนำพืชที่ทำได้ทั่วไปซึ่งมีสีสันใกล้เคียงกับสีย้อมโครโมโซมคือสีชมพูเข้ม มาสกัดเพื่อใช้ทดแทนการใช้สีย้อมโครโมโซมหรืออะซีโตคาร์มิน ก็จะช่วยลดปัญหาดังกล่าว ทำให้ครูและนักเรียนศึกษาเรื่องการแบ่งเซลล์ได้ด้วยตนเองในห้องปฏิบัติการ

สีชมพู ชมพูเข้ม แดงเข้ม หรือม่วง ที่พบในส่วนต่างๆของพืช ไม่ว่าจะเป็นกลีบดอก เปลือก เนื้อของผล หรือรากสะสมอาหาร เป็นสารสำคัญที่ชื่อว่า แอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นเม็ดสีที่ละลายน้ำได้ เป็นสารให้สีตามธรรมชาติที่จัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ สีของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนไปตามสภาวะความเป็นกรด-ด่าง เป็นสารที่ให้สีน้ำเงินเข้ม ม่วง แดงหรือชมพู ซึ่งมีรายงานว่าเมื่อนำ ผลของหม่อน ใบกะหล่ำปลีสีม่วง หัว และแก้วมังกรแดงมาสกัดสี สามารถนำไปใช้ย้อมสีโครโมโซมปลายรากหอมได้ (จินตหรา และคณะ 2553) และมีการศึกษาในพืชที่มีสีของแอนโทไซยานินอีกหลายชนิด ซึ่งก็ให้ผลไปในแนวทางเดียวกัน แต่ผลการศึกษาที่กล่าวมาเป็นการศึกษาในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจากปลายราก จึงได้ทำการศึกษาการติดสีย้อมโครโมโซมในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจากอับเรณูดอกกุยช่ายด้วยสีที่สกัดจากพืชซึ่งแตกต่างไปจากการศึกษาที่ผ่านมา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสกัดสีย้อมโครโมโซมจากพืช

- 1.1 นำส่วนที่มีสีของพืช 6 ชนิด ได้แก่ เมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่ กลีบดอกพุทธรักษาสีชมพูเข้ม กลีบดอกแคแดง กลีบดอกหางนกยูงฝรั่ง ใบประดับของดอกเฟื่องฟ้า และรากสะสมอาหารของมันม่วง มาทำการสกัดสี โดยแช่ในตัวทำละลาย 3 ชนิดคือ กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มอล กรดอะซิติกเข้มข้น 45% และแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95%
- 1.2 แช่ตัวอย่างพืชในตัวทำละลายแต่ละชนิดในอัตราส่วน 1:1 (W/V) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 เก็บสารสกัดสีใส่ขวดที่ปิดสนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
- 1.3 บันทึกผลการสกัดสี และถ่ายภาพ

2. การย้อมสีโครโมโซมจากอับเรณูดอกกุยช่าย

- 2.1 เลือกช่อดอกกุยช่ายที่ยังตูมอยู่ ใช้ปลายเข็มเขี่ยเปิดเยื่อหุ้มช่อดอกออก จากนั้นเลือกดอกที่มีขนาดพอดี ไม่แก่หรืออ่อนจนเกินไป ใช้ปลายเข็มเขี่ยเปิดกลีบดอกออกและเขี่ยอับเรณูวางลงบนแผ่นสไลด์
- 2.2 ใช้หลอดหยดดูดสารสีที่สกัดได้จากตัวทำละลาย (ข้อ 1.2) หยดลงบนกลุ่มของอับเรณู ใช้ปลายด้ามเข็มเขี่ยบดขยี้บเรณูให้แตกเพื่อให้กลุ่มเซลล์ที่อยู่ภายในอับเรณูติดสีย้อม ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นำไปลงผ่านเปลวไฟ และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที หลังจากนั้นใช้เทคนิค squash แล้วนำไปส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์
- 2.3 สังเกตการติดสีย้อมของโครโมโซม บันทึกข้อมูลและถ่ายภาพ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาการสกัดสีของโครโมโซมจากพืช

เมื่อใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิดคือ กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มอล กรดอะซิติกเข้มข้น 45% และแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% สามารถสกัดสารสีจากพืชทั้ง 6 ชนิดได้ ดังแสดงในภาพที่ 1.1-1.6



ภาพที่ 1.1 สารสกัดสีจากเมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด

① 1 N HCl ② 45% acetic acid ③ 95% alcohol



ภาพที่ 1.2 สารสกัดสีจากกลีบดอกพุทธรักษาเข้มข้น ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด

① 1 N HCl ② 45% acetic acid ③ 95% alcohol



ภาพที่ 1.3 สารสกัดสีจากกลีบดอกแคแดง ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด

- ① 1 N HCl ② 45% acetic acid ③ 95% alcohol



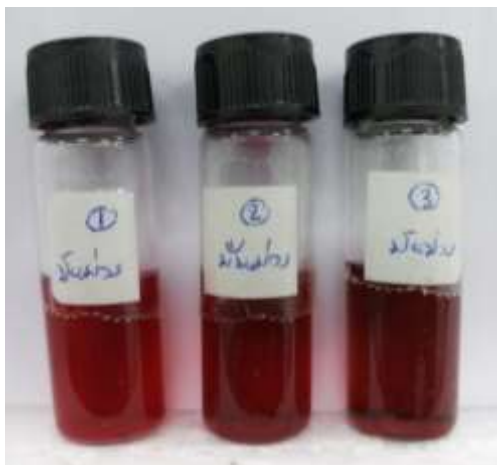
ภาพที่ 1.4 สารสกัดสีจากกลีบดอกหางนกยูงฝรั่ง ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด

- ① 1 N HCl ② 45% acetic acid ③ 95% alcohol



ภาพที่ 1.5 สารสกัดสีจากใบประดับของดอกเฟื่องฟ้าสีชมพูเข้ม ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด

- ① 1 N HCl ② 45% acetic acid ③ 95% alcohol



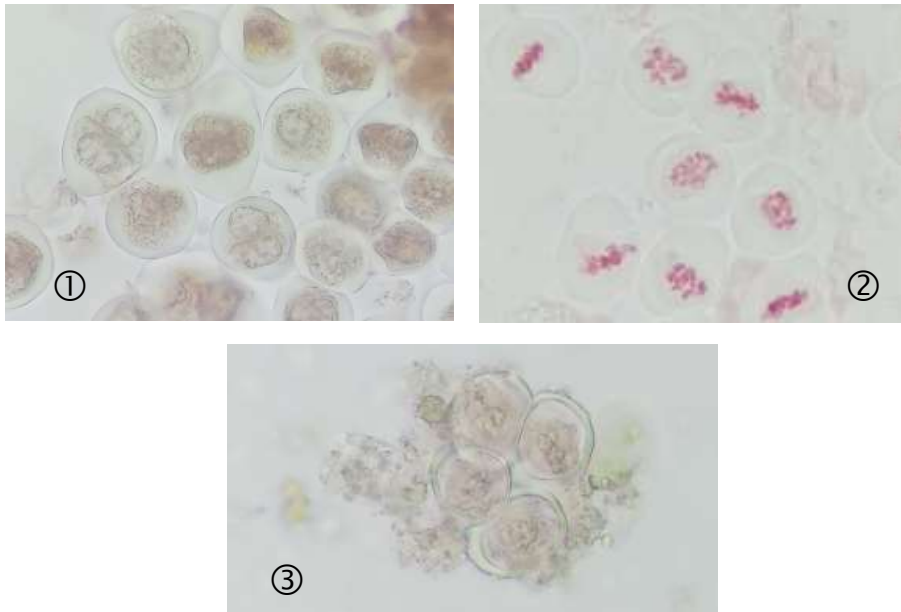
ภาพที่ 1.6 สารสกัดสีจากรากสะสมอาหารของมันม่วง ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด

① 1 N HCl ② 45% acetic acid ③ 95% alcohol

จากผลของการสกัดสีจากพืชด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด พบว่า กรดอะซิติกเข้มข้น 45% และกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มอล สามารถสกัดสีจากพืชตัวอย่างทุกชนิดได้ ซึ่งให้สีของสารสกัดที่มีสีแดงเข้มและมีความเข้มข้นมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของสุภาพรณ (2529) ที่ใช้ดอกอัญชันสกัดด้วย 1 N HCl, 1N H₂SO₄, 1N H₃PO₄, 1% HCl ในเมทานอล และ 1% HCl ในบิวทานอล แล้วพบว่า 1N HCl สามารถสกัดแอนโทไซยานินได้ดีและมีประสิทธิภาพในการสกัดสูงสุด และในตัวทำละลายที่มีความเข้มข้นมากก็สามารถสกัดแอนโทไซยานินออกมาได้มากด้วย และกรดอะซิติกก็เป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิไล ชัยสมภาร (2545) ที่ใช้กรดอะซิติกในการสกัดสีจากข้าวเหนียวดำ อัญชัน และผลผักปลังสุกเพื่อการย้อมโครโมโซมปลายรากหอม ดังนั้นสีที่สกัดได้จากกรดเหล่านี้จะเหมาะต่อการนำมาใช้ย้อมสีโครโมโซมต่อไป สำหรับการใช้แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% เป็นตัวทำละลายพบว่า สกัดสีของแอนโทไซยานินจากพืชได้เจือจางกว่าสีที่ได้จากการสกัดด้วยกรดอะซิติกเข้มข้น 45% และกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มอล และพบว่าสีที่สกัดได้จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% มีสีจางกว่าจากพืชชนิดอื่นในการทดลอง แสดงว่าตัวทำละลายชนิดนี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้สกัดสีย้อมโครโมโซม

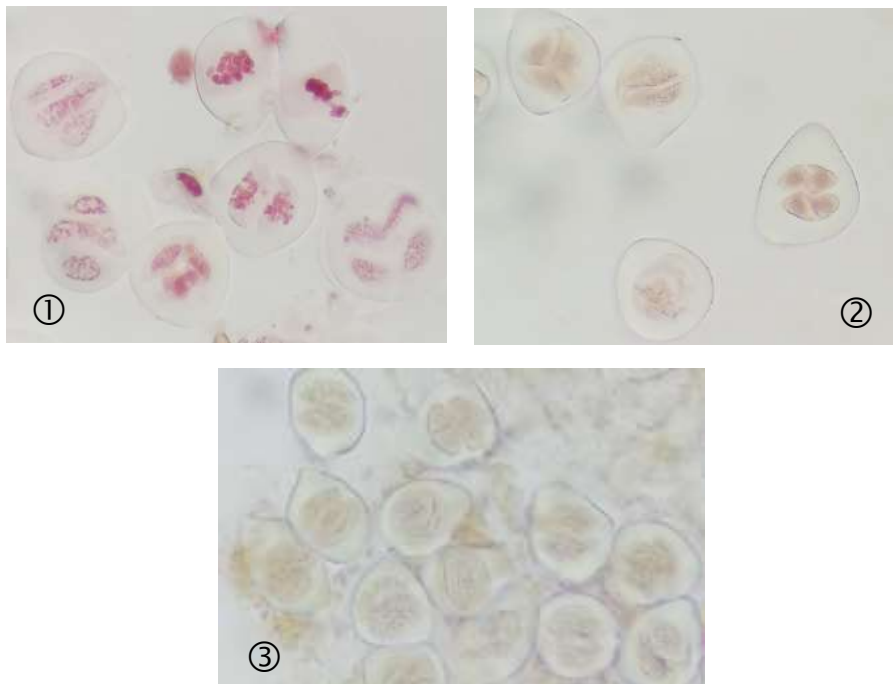
2. ผลการทดลองย้อมสีโครโมโซมจากอับเรณูดอกกุยช่าย

การย้อมติดสีโครโมโซมในเซลล์อับเรณูดอกกุยช่ายจากสีของพืชทั้ง 6 ชนิด แสดงในภาพที่ 2.1-2.6



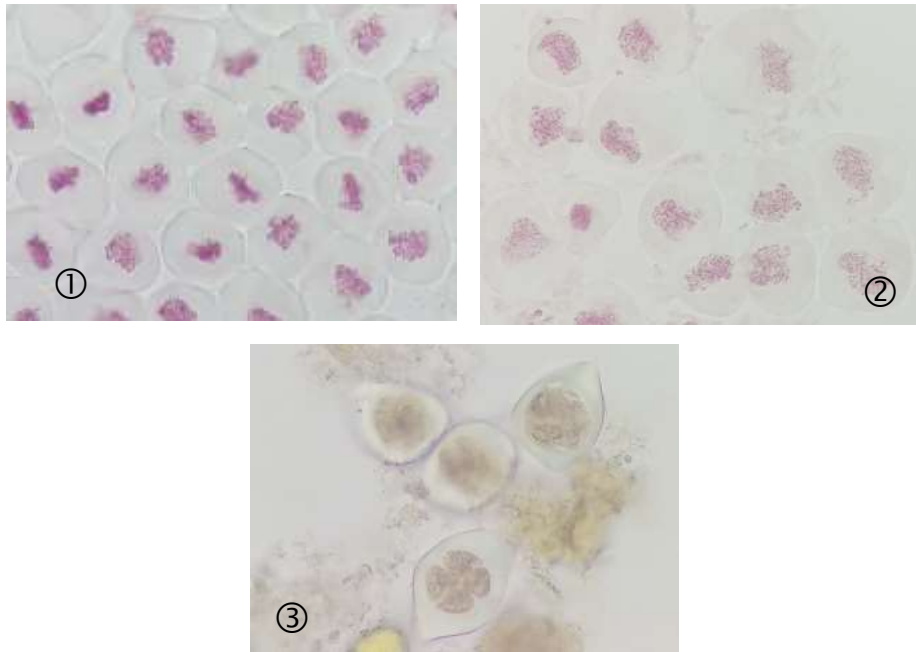
ภาพที่ 2.1 การย้อมสีโครโมโซมของเซลล์จากอับเรณูดอกกุยช่าย ด้วยสีจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด

① 1 N HCl ② 45% acetic acid ③ 95% alcohol



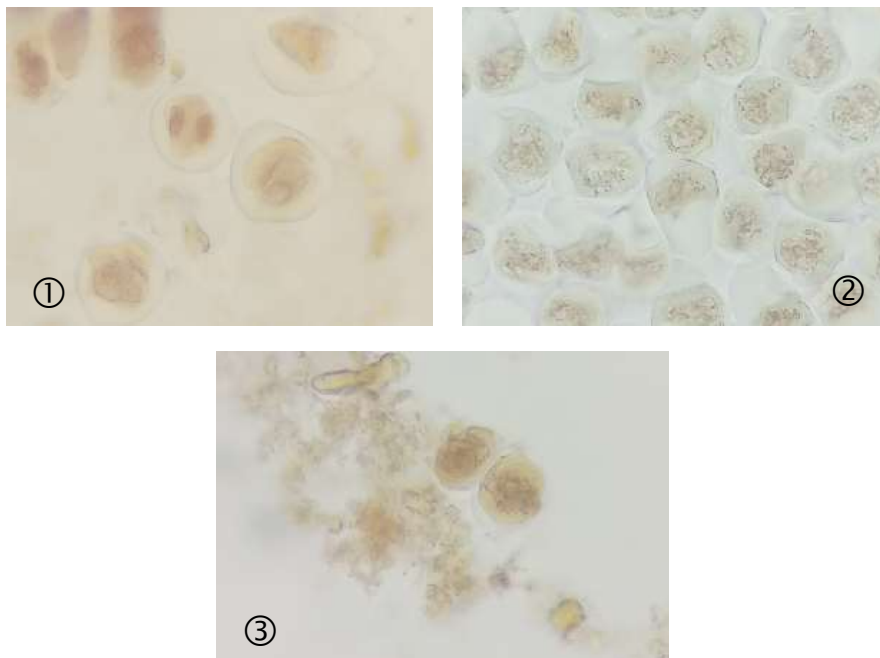
ภาพที่ 2.2 การย้อมสีโครโมโซมของเซลล์จากอับเรณูดอกกุยช่าย ด้วยสีจากกลีบดอกพุทธรักษาสีชมพูเข้ม ที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด

① 1 N HCl ② 45% acetic acid ③ 95% alcohol



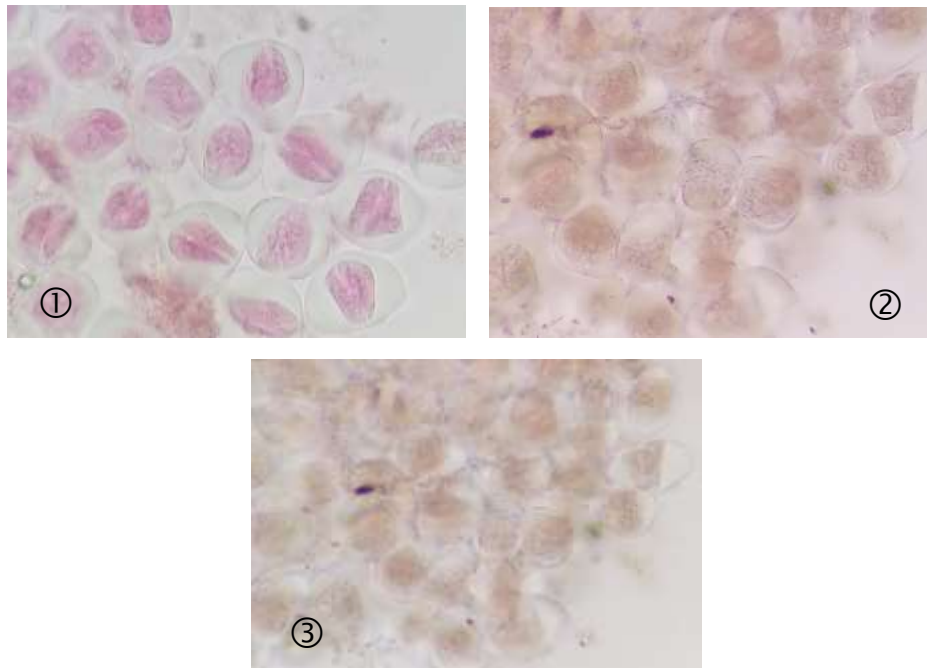
ภาพที่ 2.3 การย้อมสีโครโมโซมของเซลล์จากอับเรณูดอกกุยช่าย ด้วยสีจากกลีบดอกแคแดง
ที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด

① 1 N HCl ② 45% acetic acid ③ 95% alcohol



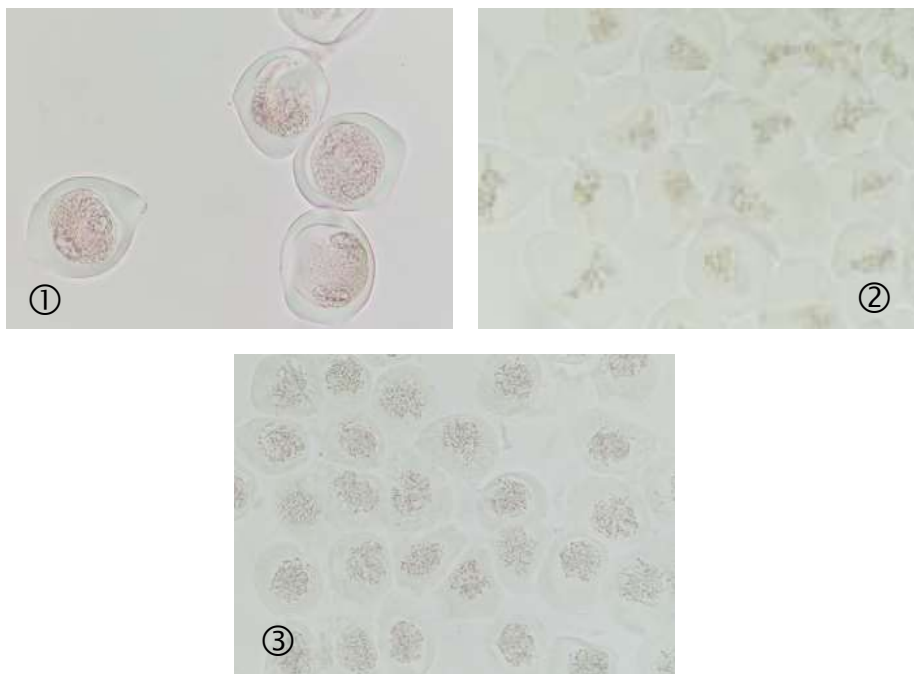
ภาพที่ 2.4 การย้อมสีโครโมโซมของเซลล์จากอับเรณูดอกกุยช่าย ด้วยสีจากกลีบดอกหางนกยูงฝรั่ง
ที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด

① 1 N HCl ② 45% acetic acid ③ 95% alcohol



ภาพที่ 2.5 การย้อมสีโครโมโซมของเซลล์จากอับเรณูดอกกุยช่าย ด้วยสีจากใบประดับของดอกเฟื่องฟ้าสีชมพูเข้ม ที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด

- ① 1 N HCl ② 45% acetic acid ③ 95% alcohol



ภาพที่ 2.6 การย้อมสีโครโมโซมของเซลล์จากอับเรณูดอกกุยช่าย ด้วยสีจากรากสะสมอาหารของมันม่วง ที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด

- ① 1 N HCl ② 45% acetic acid ③ 95% alcohol

ตาราง เปรียบเทียบผลของการย้อมสีโครโมโซมที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน

| ชนิดของพืช | ชนิดของตัวทำละลาย | | |
|----------------------------|-------------------|-----------------|-------------|
| | 1 N HCl | 45% acetic acid | 95% alcohol |
| เมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่ | + | ++++ | - |
| กลีบดอกพุทธรักษาสีชมพูเข้ม | ++++ | ++ | - |
| กลีบดอกแคแดง | ++++ | ++ | - |
| กลีบดอกดอกหางนกยูงฝรั่ง | + | + | + |
| ใบประดับดอกเฟื่องฟ้า | - | - | - |
| รากสะสมอาหารของมันม่วง | - | - | - |

กำหนดให้ผลการติดสี ดังนี้

++++ คือติดสีดีที่สุด +++ คือติดสีดี ++ คือติดสีปานกลาง + คือติดสีเล็กน้อย - คือโครโมโซมไม่ติดสี

ผลของการย้อมสีโครโมโซมจากเซลล์ในอับเรณูดอกกุยช่าย จากภาพที่ 2.1-2.16 และตารางเปรียบเทียบผลของการย้อมสีโครโมโซมที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน สามารถแบ่งประสิทธิภาพในการย้อมสีโครโมโซมของพืชในตัวทำละลายต่างๆได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

- 1) กลุ่มที่สามารถย้อมติดโครโมโซม และสังเกตเห็นระยะของการแบ่งเซลล์ได้ชัดเจน มี 3 ชนิดคือ เมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่สกัดด้วย 45% acetic acid กลีบดอกพุทธรักษาสีชมพูเข้ม และ กลีบดอกแคแดงที่สกัดด้วย 1 N HCl มีความเหมาะสมที่จะนำมาย้อมสีโครโมโซมได้ดีที่สุด เนื่องจากสีมีความเข้มข้นมากและให้สีที่ใกล้เคียงกับสี aceto-orcein ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทางชีววิทยา
- 2) กลุ่มที่สามารถย้อมติดเซลล์ สังเกตเห็นนิวเคลียสติดสีชัดเจน และสามารถแยกลักษณะของโครโมโซมได้ แต่ติดสีย้อมได้เพียงเล็กน้อย พืชในกลุ่มนี้ได้แก่ เมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่สกัดด้วย 1 N HCl และ กลีบดอกหางนกยูงฝรั่งที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดคือ 1 N HCl 45% acetic acid และ 95% alcohol ซึ่งกลุ่มนี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ย้อมสีโครโมโซม
- 3) กลุ่มที่ไม่สามารถย้อมสีโครโมโซมได้ ได้แก่ เมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่สกัดด้วย 95% alcohol กลีบดอกพุทธรักษาสีชมพูเข้มและกลีบดอกแคแดงที่สกัดด้วย 95% alcohol ใบประดับจากดอกเฟื่องฟ้าสีชมพูเข้ม และรากสะสมอาหารของมันม่วงที่สกัดด้วย 1 N HCl 45% acetic acid และ 95% alcohol ดังนั้นสารสกัดสีในกลุ่มนี้จึงไม่เหมาะที่จะเป็นสีย้อมโครโมโซมได้เลย

จากผลการทดลองที่พบว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่สกัดด้วย 45% acetic acid สามารถย้อมสีโครโมโซมได้ดี ติดสีม่วงแดงเข้มนั้นเนื่องจากในข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสารแอนโทไซยานินชนิด cyaniding-3-glucoside (มะลิ และคณะ, 2559) ซึ่งอยู่ในกลุ่มของไซยานินดินเช่นเดียวกับงานวิจัยของ จินตรา และคณะ (2553) ที่ได้ศึกษาโครงสร้างทางเคมีของสารสกัดจากพืชได้แก่ หม่อน แก้วมังกร และกะหล่ำปลีสีม่วงที่นำมาสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.1% ในเมทานอล และกรดซิตริก 0.1% ในเมทานอล พบว่าหม่อนสามารถย้อมติดโครโมโซมได้ดีที่สุด และนำหม่อนนั้นมาศึกษาโครงสร้างทางเคมีด้วย NMR spectrometer ก็สรุปได้ว่าเป็นแอนโทไซยานินในกลุ่มไซยานินดิน และยังสอดคล้องกับวิจัยของ วีรณูช และคณะ (2558) ในการสกัดสีจากธรรมชาติ 10 ชนิดคือ ข้าวเหนียวดำ ครั้งกระเจียวแดง จันทน์แดง ผลผักปลัง ขมิ้น ลูกหม่อน อัญชัน แก่นขนุน และคำแสด โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิดคือ น้ำ แอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 95% และ กรดซิตริกเข้มข้น 45% นำมาย้อมเซลล์รากพลับพลึง สามารถย้อมติดเซลล์และเห็นกระบวนการแบ่งเซลล์ของรากพลับพลึงได้ดีเช่นเดียวกับสีสังเคราะห์ Aceto-orcein และ Giemsa ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (วีรณูช, 2547) ในขณะที่สาร

สกัดจากดอกพุทธรักษาและดอกแคแดงที่สกัดด้วย 1 N HCl ก็มีประสิทธิภาพในการย้อมสีโครโมโซมได้ดีเช่นเดียวกับข้าวไรซ์เบอร์รี่สกัดด้วย 45% acetic acid แต่การติดสีจะลดลงเมื่อใช้ตัวทำละลายเป็น 45% acetic acid เป็นไปได้ว่าชนิดของตัวทำละลายมีผลต่อความสามารถในการย้อมติดสีโครโมโซมได้ในระดับที่แตกต่างกัน

สำหรับการใช้แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% เป็นตัวทำละลายพบว่าสีที่สกัดได้จากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสีจางกว่าพืชชนิดอื่น เมื่อนำไปย้อมสีโครโมโซม พบว่าแอลกอฮอล์มีการระเหยค่อนข้างเร็ว และโครโมโซมไม่ติดสีย้อม แสดงว่าตัวทำละลายชนิดนี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้สกัดสีย้อม

สรุป

จากการสกัดสีย้อมโครโมโซมจากพืช 6 ชนิดได้แก่ เมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่ กลีบดอกพุทธรักษาสีชมพูเข้ม กลีบดอกแคแดง กลีบดอกหางนกยูงฝรั่ง ใบประดับดอกเฟื่องฟ้าสีชมพูเข้ม และรากสะสมอาหารของมันม่วง สกัดด้วยตัวทำละลายคือ กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มอล กรดอะซิติกเข้มข้น 45% และแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% แล้วนำมาย้อมสีโครโมโซมจากอับเรณูดอกกุยช่าย พบว่ามีสารสกัดจากพืชธรรมชาติที่สามารถย้อมติดสีโครโมโซมและเห็นการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสในดอกกุยช่ายได้ดีที่สุด 3 ชนิดคือ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่สกัดด้วยกรดอะซิติกเข้มข้น 45% ดอกพุทธรักษาและดอกแคแดงที่ใช้กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มอลเป็นตัวสกัดสารสี ซึ่งสารสกัดสีจากพืชธรรมชาติเหล่านี้สามารถนำมาใช้ทดแทนการใช้สีในห้องปฏิบัติการที่มีราคาแพงและมีขั้นตอนการเตรียมสีที่ยุ่งยากได้ เนื่องจากเป็นพืชที่มีราคาถูก หาได้ง่าย พบเห็นอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ ขั้นตอนการสกัดสีทำได้ง่ายด้วยตัวทำละลายเพียงชนิดเดียว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการชีววิทยาได้จริง

เอกสารอ้างอิง

- จินตรา เล็กประยูร นวลจันทร์ มัจฉริยกุล และ ศิริลักษณ์ เอี่ยมธรรม. 2553. สารสกัดแอนโทไซยานินจากพืชเพื่อใช้เป็นสีย้อมโครโมโซม: แหล่งที่มา ความเข้มข้นและโครงสร้างทางเคมี. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. ครั้งที่ 7.
- มะลิ นาชัยสินธุ์ สุมินทร์ญา ทิทา กลยุทธ ดิจริง ธนชัย พลเคน และ วนิดา ฝาระนันต์. 2559. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่เสริมโภชนาการกึ่งสำเร็จรูปที่มีสารแอนโทไซยานินสูงเพื่อสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุ. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- วีไล ชัยสมภาร. 2545. สีย้อมธรรมชาติเพื่อการย้อมโครโมโซมปลายรากหอม (*Allium ascalonicum*). ปัญหาพิเศษ. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วีรนุช ชัยสมภาร. 2547. การติดสีของพลับพลึงดอกขาว (*Crinum asiaticum* L.) ด้วยการย้อมสีธรรมชาติ. โครงการวิจัย. ภาควิชาชีววิทยา. คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วีรนุช วอนแก่นน้อย พันธวิภา แก้วมาตย์ รศ.ดร.อลงกลด แทนอมทอง และ ผศ.ดร.พรณรงค์ศิริปิยะสิงห์. 2558. การคัดเลือกสารสกัดจากธรรมชาติในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเพื่อใช้เป็นสีย้อมโครโมโซม. วารสารวิจัยเพื่อพัฒนาสังคมและชุมชน มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามปีที่ 2 ฉบับที่ 1(3) เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2557-มกราคม พ.ศ. 2558.
- สุภาพรณ ดุลยพิรุฬหศิลป์. 2529. การสกัดแอนโทไซยานินจากเปลือกมังคุด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.