



โครงการวิทยาศาสตร์ สาขากายภาพ

เรื่อง
สีย้อมแอนทราควิโนนจากว่านหางจระเข้
(anthraquinone dye from aloevera)

โดย
ด.ญ.จิตาภา พันเต็ม
ด.ญ.ชญญรัตน์ ภูทอง
ด.ญ.นภัส เลิศทวีโพธิกุล

โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

รายงานฉบับนี้ฉบับนี้เป็นส่วนประกอบของโครงการวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
ในการประกวดโครงการวิทยาศาสตร์ จัดโดย สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย
ในพระราชูปถัมภ์-องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ
เนื่องในวันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ วันที่ 18 - 20 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2565



โครงการวิทยาศาสตร์ สาขาภาพถ่าย

เรื่อง
สีย้อมแอนทราควิโนนจากว่านหางจระเข้
(anthraquinone dye from aloevera)

โดย
ด.ญ.จิตาภา พันเต็ม
ด.ญ.รัชฎญรัตน์ ภูทอง
ด.ญ.นภัส เลิศทวีโพชกุล

คุณครูที่ปรึกษาโครงการ
คุณครูสุชาลิณี ตั้งตัว
คุณครูแหวดาว ฐ์เพียร

ชื่อโครงการ	สีย้อมแอนทราควิโนนจากว่านหางจระเข้
ชื่อผู้เขียน	เด็กหญิงจิตาภา ฝั้นเต็ม เด็กหญิงธัญญรัตน์ ภู่ทอง เด็กหญิงนภัส เลิศทวีโพธิกุล
คุณครูที่ปรึกษาโครงการ	คุณครูสุธาธิณี ตั้งตัว คุณครูเววดาว ฐู่เพียร

บทคัดย่อ

โครงการเรื่อง สีย้อมแอนทราควิโนนจากว่านหางจระเข้ เป็นการนำเปลือกว่านหางจระเข้ที่ไม่นิยมใช้ มาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการนำไปทำสีย้อม และสีที่ได้ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย

วัตถุประสงค์ที่จัดทำขึ้นเพื่อ เพื่อศึกษาสีผ้าที่ได้จากธรรมชาติจากเปลือกว่านหางจระเข้ ที่ปราศจากสารเคมีอันตราย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากคุณครูสุธาธิณี ตั้งตัว และคุณครูเววดาวรู้เพียร คุณครูที่
ปรึกษาโครงการที่ได้ให้คำแนะนำ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด จนโครงการเล่มนี้
เสร็จสมบูรณ์ ผู้ศึกษาจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณพ่อ คุณแม่ และผู้ปกครอง ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีเสมอ

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	1
สมมติฐานของการศึกษา	1
ตัวแปรในการทดลอง	1
นิยามเชิงปฏิบัติการ	1
ขอบเขตการศึกษา	1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	4
อุปกรณ์และสารเคมีในการทดลอง	4
การดำเนินการทดลอง	5
บทที่ 4 ผลการศึกษา	6
ผลการทดลอง ตอนที่ 1	6
ผลการทดลอง ตอนที่ 2	7
ผลการทดลอง ตอนที่ 3	8
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	9
สรุปผลการทดลอง	9
ข้อเสนอแนะ	9
บรรณานุกรม	10
ภาคผนวก	11

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

ว่านหางจระเข้ เป็นสมุนไพรที่มีทั้งประโยชน์และโทษ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้แค่เนื้อเจลจึงทำให้เหลือเปลือกไว้สาเหตุที่ไม่ใช้เปลือกเพราะมีสารแอนทราควิโนนที่เป็นพิษ ทางผู้จัดทำจึงได้ไปหาข้อมูลว่าแอนทราควิโนนสามารถทำอะไรได้บ้าง ปรากฏว่า แอนทราควิโนนจะให้สีม่วงแดงเมื่อทำปฏิกิริยากับสารที่เป็นด่าง ทางผู้จัดทำจึงได้นำแอนทราควิโนนมาทำสีย้อมกับสารละลายที่เป็นด่าง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาแอนทราควิโนนในว่านหางจระเข้
2. เพื่อศึกษากระบวนการทำสีย้อม

สมมติฐานของการศึกษา

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยแอนทราควิโนนกับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 20% จะให้สีที่ดีที่สุด

ตัวแปรในการทดลอง

- | | |
|--------------|--|
| ตัวแปรต้น | ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ |
| ตัวแปรตาม | ความเข้มของสีผ้าฝ้ายที่ได้ |
| ตัวแปรควบคุม | ปริมาณเปลือกว่านหางจระเข้ ระยะเวลาที่ใช้ต้ม จำนวนผ้าฝ้าย |

นิยามเชิงปฏิบัติการ

แอนทราควิโนน หรือ แอนทราควิโนน กลัยโคไซด์ (Antraquinone Glycosides) เป็นสารเคมีที่มีฤทธิ์ทางยา พบได้ในพืชสมุนไพร หลายชนิด ไม่ใช่แค่หางจระเข้พบสารนี้ได้ ใน ใบมะขามแขก ใบจี่เหล็ก ใบชุมเห็ดเทศ หมากลำโพง ชิงโคนา ดอกคิง ระย่อม ยาสูบ กลอย ผื่น แผลงใจ

โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นด่างที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและดูดความชื้นสูงในรูปของผลึกสีขาวหรือเกล็ด KOH ละลายในน้ำ ละลายที่ 360°C และเดือดที่ 1320°C เป็นไปได้ที่จะได้รับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ผ่านอิเล็กโทรไลซิสของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ โปรดทราบว่าสารนี้มีความเป็นพิษสูงและทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและเยื่อเมือกของตาและจมูก

ขอบเขตการศึกษา

1. พืชที่ใช้ทดลองคือ ว่านหางจระเข้เท่านั้น
2. สีที่ดีที่สุด หมายถึง สีที่เข้มที่สุด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ใช้เปลือกว่านหางจระเข้ให้เกิดประโยชน์
2. ได้ศึกษาส่วนประกอบของว่านหางจระเข้

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ว่านหางจระเข้ (aloevera)

เป็นพืชที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากชนิดหนึ่ง ทั้งในด้านการรักษาโรค ผลิตภัณฑ์อาหาร เครื่องดื่ม รวมถึงเครื่องสำอาง ที่จำหน่ายทั้งในประเทศ และส่งออกต่างประเทศ

ว่านหางจระเข้ (aloe) แผลงมาจากภาษาฮิบรู Allal แปลว่า ฝ่ามือหรือขม เป็นพืชล้มลุกที่มีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศแอฟริกา อยู่ในตระกูลเดียวกับกล้วยพลับพลึง หัวหอม และไม้ประดับหลายชนิด เป็นพืชอายุหลายปี

โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide)

โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า “ด่างคลี” เป็นสารประกอบค่าด่างสูงสำหรับทำผลิตภัณฑ์ชำระล้างเช่น สบู่เหลว เป็นต้น มีลักษณะเป็น สีขาว ดูดความชื้น ละลายน้ำได้ดี โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เป็นของแข็ง ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ระเหย ไม่ติดไฟ

โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride)

โซเดียมคลอไรด์ หรือ เกลือแกง เป็นสารประกอบเคมี โซเดียมคลอไรด์เป็นเกลือที่มีบทบาทต่อความเค็มของมหาสมุทร และของเหลวภายนอกเซลล์ของสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ เป็นส่วนประกอบหลักในเกลือที่กินได้ มันถูกใช้อย่างกว้างขวางในการเป็นเครื่องปรุงรส และใช้ในการถนอมอาหาร

แอนทราควิโนน (Antraquinone Glycosides)

แอนทราควิโนน หรือ เรียกให้เต็มๆถูกต้อง นั่นคือ แอนทราควิโนน กลัยโคไซด์ (Antraquinone Glycosides) เป็นสารเคมีที่มีฤทธิ์ทางยา พบได้ในพืชสมุนไพร หลายชนิด ไม่ใช่แค่หางจระเข้ พบสารนี้ได้ ใน ใบมะขามแขก ใบขี้เหล็ก ใบชุมเห็ดเทศ หมากคำโพง ชิงโคนา ดอกคิง ระย่อม ยาสูบ กลอย ผืน แสงใจ

กาญจนา วงศ์กระจ่าง และปณิธาน สุระยศ ได้ทำการศึกษา เรื่อง สารสกัดและชนิดมอร์แดนที่ต่อคุณภาพของสีย้อมและการศึกษาสารในการย้อมดอกดาวเรือง ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาแม่สีจากธรรมชาติ(สีเหลือง) จากดอกดาวเรืองในการย้อมบนผ้าฝ้าย จากการศึกษาพบว่าน้ำย้อมดอกดาวเรืองที่ดีได้จากการเตรียมจากเทคนิคให้ความร้อน 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 60 นาที และเทคนิคไมโครเวฟ 800 วัตต์ใช้เวลา 7 นาที ซึ่งเทคนิคไมโครเวฟใช้น้ำน้อยกว่า 8.57 เท่า การใส่มอร์แดนที่เป็นตัวช่วยในการย้อมได้เพิ่มค่าการดูดซับสีเพิ่มขึ้นสูงสุด 29 เปอร์เซ็นต์และย้อมมอร์แดนที่ก่อนย้อมสีของสารส้อมดีกว่าเกลือแกง แสดงค่าการดูดซับสีที่ดีกว่า จากการศึกษาสารจากน้ำย้อมดอกดาวเรืองพบเคอราจินซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ มี หมู่คีโตน (C=O) ตาแหน่งที่ 4 และมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จำนวน 6 หมู่ ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนได้ดีและสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ Al^{3+} ของสารส้อม ดังนั้นทำให้การย้อมเส้นด้ายด้วยน้ำย้อมดอกดาวเรืองที่มีมอร์แดนที่ใส่สีเหลืองเข้มข้นเมื่อเทียบกับไม่มี

สีข้อมผ้าจากต้นครามโครงการ เรื่อง สีข้อมผ้าจากต้นคราม เป็นการนำต้นครามที่มีอยู่แล้วในท้องถิ่น มาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งสามารถนำมาข้อมผ้าได้ และผ้าที่ได้ก็ไม่ใช่เป็นอันตรายต่อร่างกายวัตถุประสงค์ที่จัดทำโครงการนี้ขึ้นเพื่อ เพื่อศึกษาสีข้อมผ้าจากธรรมชาติจากต้นคราม ที่ปราศจากสารเคมีที่เป็นอันตราย (นางสาวณัฐริดา มีกล้า และคณะ ,2562)

การข้อมผ้าจากเปลือกมังคุด โครงการเรื่อง การข้อมผ้าจากเปลือกมังคุด เป็นการนำเปลือกมังคุดที่มีอยู่ในท้องถิ่นซึ่งทิ้งแล้วสามารถนำเปลือกมังคุดที่จะทิ้งมาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในเปลือกมังคุดยังมีสารยังมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระ และสารแทนนิน ซึ่งสารแทนนิน ที่อยู่เปลือกมังคุดสามารถนำมาทำเป็นสีข้อมผ้าได้ และผ้าที่ได้ก็ไม่ใช่เป็นอันตรายต่อร่างกายเวลาสวมใส่วัตถุประสงค์ที่จัดทำโครงการนี้ขึ้นเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย ให้รู้จักการใช้เวลาว่างให้เป็น ประโยชน์ โดยการข้อมผ้าจากเปลือกมังคุด ที่ปราศจากสารเคมีที่เป็นอันตราย(นายเพชร พรหมสีทอง และคณะ ,2556)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์และสารเคมีในการทดลอง

ตอนที่ 1

- 1.ผ้าฝ้าย 9 อัน
- 2.น้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร
- 3.โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม
- 4.โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม
- 5.แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม
- 6.เปลือกกว่านหางจระเข้ 90 กรัม
- 7.บีกเกอร์ ขนาด 600 มิลลิลิตร จำนวน 3 ใบ
- 8.บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 3 ใบ
- 9.ตะเกียงแอลกอฮอล์ 3 อัน
- 10.เขียง 1 อัน
- 11.มีด 1 อัน
- 12.ฟิวเจอร์บอร์ด 1 แผ่น
- 13.เทปขาว 1 ม้วน
- 14.แท่งแก้วคนสาร 3 แท่ง

ตอนที่ 2

- 1.เปลือกกว่านหางจระเข้ 90 กรัม
- 2.โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 12.5 25 37.5 50 กรัม
- 3.น้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร
- 4.ผ้าฝ้าย 12 อัน
- 5.บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร จำนวน 4 ใบ
- 6.บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 4 ใบ
- 7.ตะเกียงแอลกอฮอล์ 2 อัน
- 8.แท่งแก้วคนสาร 4 แท่ง

ตอนที่ 3

- 1.โซเดียมคลอไรด์
- 2.น้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร
- 3.ฟิวเจอร์บอร์ด 1 แผ่น
- 4.เทปขาว 1 ม้วน

การดำเนินการทดลอง

ตอนที่ 1 หาด่างที่เหมาะสม

1.1 หั่นเปลือกวุ้นหางจระเข้ให้เป็นชิ้นเล็กๆ 90 กรัม

1.2 เตรียมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ โดยความเข้มข้นของสารละลาย 4 เปอร์เซ็นต์

1.3 ชั่งเปลือกวุ้นหางจระเข้ 30 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์อย่างละ 1 ใบ

1.4 นำเปลือกวุ้นหางจระเข้ไปต้มกับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์

1.5 นำผ้าฝ้ายมาใส่ลงในบีกเกอร์ที่ต้มไว้อย่างละสามอัน

1.6 ต้มวุ้นหางเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

1.7 นำผ้าฝ้ายที่ต้มแล้วมาล้างน้ำ และติดผ้าฝ้ายลงบนฟิวเจอร์บอร์ด

1.8 รอให้ผ้าฝ้ายแห้ง และตรวจวัดค่าสีของผ้าฝ้าย

1.9 บันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 2 หาความเข้มข้นของสี จากต่างหลายความเข้มข้น

2.1 หั่นเปลือกวุ้นหางจระเข้ให้เป็นชิ้นเล็ก

2.2 ชั่งเปลือกวุ้นหางจระเข้ 30 กรัม ลงในบีกเกอร์อย่างละ 1 ใบ

2.3 เตรียมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 5% 10% 15% 20%

2.4 ต้มวุ้นหางจระเข้กับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ทั้งสี่ความเข้มข้น

2.5 นำผ้าฝ้ายมาใส่ลงในบีกเกอร์ที่ต้มไว้อย่างละสามอัน

2.6 ต้มวุ้นหางจระเข้เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

2.7 นำผ้าฝ้ายที่ต้มแล้วมาล้างน้ำ

ตอนที่ 3 วัดค่ามอร์แดนต์

3.1 เตรียมสารละลาย โซเดียมคลอไรด์ ที่มีความเข้มข้น 0.5% และ 1%

3.2 นำผ้าฝ้ายที่ต้มด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์หลายความเข้มข้น มาแช่ด้วยโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5% และ 1% เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

3.3 นำผ้าฝ้ายมาติดลงบนฟิวเจอร์บอร์ด และรอให้แห้ง

3.4 วัดค่าสีของผ้าฝ้าย และ บันทึกผลการทดลอง

บทที่ 4
ผลการศึกษา

ผลการทดลอง ตอนที่ 1 หาสารละลายเบสที่ดีที่สุด

ค่าที่ได้จากผ้าฝ้าย (Lab)

ค่าสีผ้าฝ้าย	ผ้าฝ้ายก่อนย้อม	โซเดียมไฮดรอกไซด์	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์
L	75.80	51.37	44.53	46.63
a	2.93	15.73	18.67	10.80
b	16.13	11.13	11.23	8.1
ค่า ΔE	-	28.03	35.35	31.26

พบว่า สารละลายต่างที่ให้ผลดีที่สุดคือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เพราะมีค่า LAb และค่า ΔE มากที่สุด

ผลการทดลอง ตอนที่ 2 หาความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

	ค่า L	ค่า A	ค่า B	ค่า ΔE
สารละลาย KOH 5%	45.7	8.3	6.3	32.10
สารละลาย KOH 10%	45.3	8.1	8.7	31.80
สารละลาย KOH 15%	43.9	7.5	7.9	31.25
สารละลาย KOH 20%	45.9	4.2	7.8	31.06

หมายเหตุ ค่า ΔE เทียบกับสีฟ้าฝ้ายก่อนย้อม จากตารางตอนที่ 1

พบว่า สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 5% ให้ผลดีที่สุด เพราะมีค่า ΔE มากที่สุด

ผลการทดลอง ตอนที่ 3 หาความเข้มข้นของมอร์แดนท์ที่เหมาะสม
สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 5%

	ค่า L	ค่า A	ค่า B
ไม่แหม่มอร์แดนท์	40.5	5.9	4.1
แหม่มอร์แดนท์ 0.5%	50.5	6.7	6.2
แหม่มอร์แดนท์ 1%	41.7	8.8	7.2

ค่า ΔE ของสีย้อม

	ความเข้มข้นมอร์แดนท์ 0.5%	ความเข้มข้นมอร์แดนท์ 1%
สารละลาย KOH 5%	10.25	4.41

การย้อมด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 5% ที่แหม่มอร์แดนท์ 1% ให้ผลดีที่สุด เพราะมีค่า ΔE น้อยที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

สีฟ้าที่ได้จากการย้อมด้วยแอนทราควิโนนกับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ให้ผลดีที่สุด สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ผลรองลงมา และสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ให้ผลที่น้อยที่สุด และได้ทำการการหาความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม ปรากฏว่า การย้อมด้วยแอนทราควิโนนกับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 5% ให้ผลดีที่สุด สามารถแช่ในมอร์แดนซ์ 0.5% และ 1% ได้ แต่สีที่ได้อาจมีความเข้มน้อยลง

ข้อเสนอแนะ

ทำให้เป็นผลิตภัณฑ์สีย้อมจากแอนทราควิโนนแบบผง

บรรณานุกรม

กาญจนา วงศ์กระจ่าง, ปณิธาน สุระยศ. (2560). การศึกษาผลของวิธีการสกัดและชนิดมอร์แดนที่คุณภาพของลิ้นจี่หอมและการศึกษาสารในลิ้นจี่หอมดอกดาวเรือง. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

จันทร์เพ็ญ ตั้งจิตเรณูกุล, รุ่งตะวัน สุภาพผล. (2568). ว่านหางจระเข้เพื่อประโยชน์ในการสมานแผล. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ดร. พัชรภรณ์ พิมพ์จันทร์. (2557). ผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่หอมจากธรรมชาติ. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ปิ่นรส สู่ศิริรัตน์, ภัทรา พลัฒ์เจริญสุข. (2555). การใช้สารสกัดหยาบจากเปลือกว่านหางจระเข้เพื่อควบคุมโรคแอนแทรกโนส และโรคข้าวผลเน่าในมะม่วงพันธุ์ดอกไม้. ประจวบคีรีขันธ์: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

รุจิรา คุ่มทรัพย์, ภัณฑาลักษณ์ กระทาง. (2563). การวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนทราควิโตนจากพืชด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงแบบวัฏภาคย้อนกลับ. เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

วรางคณา ศรีสุข. (2562). การพัฒนาการย้อมสีจากไม้ฝางด้วยกระบวนการย้อมแบบพู่โดยใช้ดอกดาวเรืองเป็นสีหลัก. เพาะ, เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยพะเยา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

ศรินรัตน์ ฉัตรธีระนันท์, วรางคณา สบายใจ, สิริมาศ นิยมไทย. (2556). การทดสอบองค์ประกอบทางพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของใบข่อยดำ. เพชรบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

ศิวาพัชญ์ จิรโชติเกสกุล, ญษมณ ละทัยนิล. (2562). การพัฒนาการย้อมสีจากสารสกัดว่านหางจระเข้. ราชบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.

อโนดาญ์ รัชเวทย์, จิรประภา กวางคำ, สุภาวรรณ ใจนัน, วิศนุสรณ์ ชาติอารยะดี. (2560). การย้อมเส้นใยฝ้ายจากขมิ้น โดยมียางกล้วยน้ำว้าเป็นมอร์แดนท์. เชียงใหม่, เพาะ: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, มหาวิทยาลัยพะเยา.

ภาคผนวก



หั่นเปลือกกว่านหางจระเข้



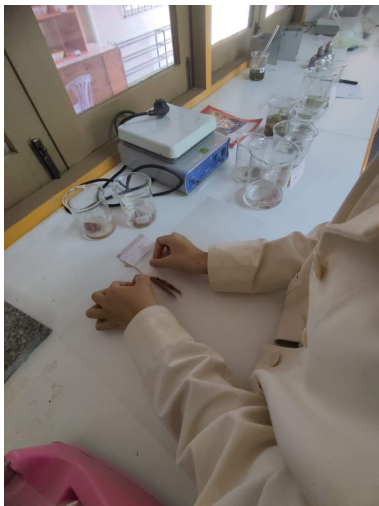
มัดผ้าฝ้าย 12 อัน



ผสมเปลือกกว่านหางจระเข้กับ
สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์



ต้มเปลือกกว่านหางจระเข้กับ
สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์



ติดผ้าฝ้ายลงบนฟิวเจอร์บอร์ด และรอให้แห้ง



วัดค่าสีของผ้าฝ้าย