การศึกษาผงสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกมะพูดในการย้อมไหม
A Study of Natural Dye powder From Maphut *(Garcinia dulcis* (Roxb.) Kurz) bark for Silk Dyeing

ประภัสสร บัวนาค[*] ณัฐธิดา วงษ์วาสน์ เบญจวรรณ สามพิมพ์ และมัญฑิตา กล้าครบ
Prapussorn Buanak[*], Natthida Wongwat, Benjawan Samphim and Mantita Klakhrob
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
Faculty of Science and Technology, Surindra Rajabhat Universtiy
Email: b.prapussorn@srru.ac.th

Received : December 23, 2025
Revised : April 2, 2026
Accepted : May 14, 2026

บทคัดย่อ

การศึกษาผงสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกมะพูดในการย้อมไหม อาศัยการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงด้วยเทคนิคยูวีวิสิเบิลสเปกโทรโฟโทมิทรี ความยาวคลื่นสูงสุด 425 นาโนเมตร ศึกษาการทำผงสีด้วยการใช้โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นสารช่วยตกตะกอน ผลการศึกษาพบว่า ผงสีที่ได้คิดเป็นร้อยละ 3.03 ความสามารถในการดูดซับสีของน้ำย้อมบนเส้นไหมพบว่า น้ำย้อมจากผงสีธรรมชาติมีค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.625 ผลการวิเคราะห์สีด้วยโครมาพบว่า มีค่า L^* 82.553 a^* 3.523 และ b^* 13.687 ให้เฉดสีเหลืองโทนสว่าง มีสภาวะเป็นกรดช่วง 5.25 - 5.84 มีค่าความคงทนต่อแสงแดดระดับ 5 (ดีมาก) และค่าความคงทนต่อการซักล้างระดับ 3 (ปานกลาง) ข้อดีของสีย้อมในรูปแบบผงคือมีความสะดวกต่อการใช้งาน ลดระยะเวลาในขั้นตอนการเตรียมสีย้อม และสามารถเก็บรักษาไว้ใช้ได้ยาวนานนับปี นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดปริมาณการใช้ที่แน่นอน ช่วยให้ควบคุมเฉดสีของน้ำย้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เปลือกมะพูด การย้อมสีธรรมชาติ ผงสีย้อม ผงสีธรรมชาติ

ABSTRACT

The study of natural dye powder from Maphut (*Garcinia dulcis* (Roxb.) Kurz) bark for silk dyeing utilized UV-visible spectrophotometry to analyze absorbance values at a maximum wavelength ($\boldsymbol{\lambda_{max}}$) of 425 nm. The preparation of the dye powder utilized sodium chloride (NaCl) as a precipitating agent. The results showed that the yield of the obtained dye powder was 3.03%. Regarding the dye absorption capacity on silk threads, it was found that the dye solution from the natural color powder had an absorbance value of 0.625. Color analysis using a chroma meter showed values of *L** 82.553, *a** 3.523, and *b** 13.687, yielding a bright yellow shade. The solution exhibited acidic conditions ranging from 5.25 to 5.84. The color fastness to sunlight was at level 5 (very good), and the color fastness to washing was at level 3 (moderate). The advantages of the dye in powder form include its convenience of use, reduced preparation time, and the ability to be stored for years. Furthermore, precise usage amounts can be determined, which effectively helps control the color shade of the dye solution.

Keywords: Maphut bark, Natural dyeing, Dye powder, Natural color powder

บทนำ

ประเทศไทยมีความผูกพันกับวัฒนธรรมการทอผ้าไหม มาเป็นเวลาช้านานนับสมัยโบราณกาล ชาวบ้านมีการทอผ้าไหมใช้เองในครัวเรือน หรือในสมัยก่อนชาวไร่ชาวนามักย้อมเสื้อผ้าใส่เองด้วยโทนสีดำ ซึ่งย้อมจากผลมะเกลือ เนื่องจากสีดำเป็นสีที่เปื้อนยากเหมาะแก่การสวมใส่ในการลงนาลงไร่ ซึ่งจะเห็นได้ว่า เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีมาอย่างช้านาน และผ้าย้อมสีธรรมชาติมีลักษณะเด่นที่ลักษณะสีมีความ นุ่มนวล ไม่ฉูดฉาด มีลวดลายสีสรรค์ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ ไม่ซ้ำกัน และมีชิ้นเดียว (อัจฉราวรรณ สุขเกิด, 2567) การย้อมผ้าถือได้ว่า ศิลปหัตถกรรมพื้นบ้านที่มีความงดงาม และมีเอกลักษณ์เฉพาะของแต่ละท้องถิ่น ผ้าทอไม่เพียงแต่มีความสวยงาม แต่ยังบ่งบอกถึงรากเหง้าของวัฒนธรรม สะท้อนถึงความอุตสาหะ ศิลปะลวดลายบนผืนผ้า และภูมิปัญญาของชุมชน ซึ่งมีคุณค่าทางจิตใจ ทั้งยังเป็นมรดกทางวัฒนธรรมอันเป็นเอกลักษณ์ที่แสดงออกถึงความเป็นชาติไทยอย่างแท้จริง

จังหวัดสุรินทร์เป็นจังหวัดที่มีความหลากหลายทางชาติพันธุ์ ได้สืบสานประเพณีการทอผ้าไหมโดยกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายเขมร ซึ่งเป็นกลุ่มคนส่วนใหญ่นิยมทอผ้าไหมลายโฮลหรือที่เรียกกันว่า

ผ้าโฮล ซึ่งเป็นลายผ้าอัตลักษณ์ประจำจังหวัดสุรินทร์ เป็นผ้าไหมมัดหมี่ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะโดดเด่น มีกระบวนการทอด้วยเทคนิคพิเศษที่เรียกว่าการดึงหมี่ ทำให้เกิดลวดลายบนผืนผ้าที่มีความซับซ้อน ประณีตและสวยงาม ลักษณะของลายโฮลมีลักษณะเฉพาะที่มีการออกแบบเป็นลายใบไผ่ เกิดจากการมัดหมี่เส้นพุ่งและมีกระบวนการย้อมสีก่อนนำมาทอ เพื่อให้ได้สีที่ต้องการส่วนเส้นยืนสามารถใช้ไหม 2 สี คือ สีดำและสีแดง การทอจะทำให้เกิดรูปแบบที่แตกต่าง เช่น โฮลบรรทัด โฮลปะน๊ะ โฮลเกียรติ เป็นต้น (คณารัตน์ เมฆแสน และคณะ, 2567) สีของผ้าโฮลจะประกอบด้วย 5 สี ได้แก่ ดำ แดง เหลือง น้ำเงิน และเขียว สีเหล่านี้ได้จากการย้อมด้วยวัสดุให้สีย้อมธรรมชาติ ได้แก่ ครั่ง คราม ประโหด และแข (รวิเทพ มุสิกะปาน, 2564)

สีย้อมธรรมชาติที่นิยมย้อมในจังหวัดสุรินทร์ ได้แก่ เปลือกประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*), แก่นขนุน (*Artocarpus heterophyllus*), เปลือกมะพูด (*Garcinia dulcis*), คราม (*Indigofera tinctoria*), เปลือกเพกา (*Oroxylum indicum*), และใบหูกวาง (*Terminalia catappa*). วัตถุดิบเหล่านี้เป็นพืชท้องถิ่นซึ่งมีสารสีจากธรรมชาติ เช่น แทนนิน ฟลาโวนอยด์ และอินดิโกอิด (Indigoid compounds) ให้เฉดสีหลากหลาย เช่น สีน้ำตาล เหลือง เขียว และคราม นอกจากนี้ยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และปลอดภัยต่อผู้ใช้ จึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการผลิตผ้าไหมพื้นบ้านของจังหวัดสุรินทร์ (กัญญารัตน์ บุญสมวงศ์ และคณะ, 2566; Mongkholrattanasit *et al*., 2016) ลักษณะพิเศษหรือเสน่ห์ของการย้อมสีจากธรรมชาติคือ ศิลปะบนตัวผ้าไหมที่มีเฉดสีที่มีลักษณะเฉพาะตัวอาจกล่าวได้ว่ามีผืนเดียวในโลก เนื่องจากสีที่ได้จะแตกต่างกันไปตามเทคนิคและขั้นตอนการลงสีย้อม อุณหภูมิที่ใช้ย้อม อัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ ซึ่งจะให้สีและลวดลายที่แตกต่างกัน

มะพูด หรือ ปะโหด มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Garcinia dulcis* (Roxb.) Kurz จัดอยู่ในวงศ์ Clusiaceae (Guttiferae) มีชื่อสามัญ ได้แก่ Yellow Mangosteen, Mundu, Gourka และ Maphut ชื่อท้องถิ่น ปะหูด (ภาคเหนือ), ปะหูด มะหูด (ภาคอีสาน), จำพูด มะพูด (ภาคกลาง), ตะพูด พะวา ประหูด ประโหด ประโฮด (เขมร) พบมากในเขตร้อนชื้นของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เขตป่าประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ (Thepthong *et al*., 2017) นอกจากนี้ ยังสามารถพบได้ในประเทศไทยกระจายพันธุ์ในป่าดิบชื้น ป่าเบญจพรรณ พบมากทางภาคตะวันออกเฉียงใต้ในประเทศไทย พื้นที่แถบชายแดนจังหวัดสุรินทร์และศรีษะเกษ อีกทั้งยังพบในประเทศลาวและกัมพูชา (วัฒนา ชยธวัช และอุบล ชื่นสาราญ, 2563) ในทางวัฒนธรรมมีคติความเชื่อในการปลูกไว้ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของบ้าน เพื่อความเป็นสิริมงคลด้านวาจา เปลือกมะพูดพบว่า มีสารในกลุ่มพฤกษเคมีที่ เรียกว่า สารประกอบแซนโทน (Xanthones) (Thepthong *et al*., 2017 และ Iinuma *et al*., 1996) ถูกนำมาใช้เป็นสีย้อมให้สีโทนสีเหลือง สีทอง และเป็นแม่สีธรรมชาติที่สามารถย้อมทับได้ มีความคงทนต่อแสง และการซักได้ดี ปกตินิยมนำมาทำเป็นแม่สี 3 สี คือ แดง น้ำเงิน เหลือง โดยสีแดงย้อมจากครั่ง สีน้ำเงินย้อมได้จากคราม สีเหลืองย้อมจากมะพูด (สุวิมล หงส์สาม, 2557) เมื่อต้องการเส้นไหมสีส้ม ให้ย้อมทับด้วยครั่ง (รวิเทพ มุสิกะปาน, 2564) ทั้งนี้การย้อมสีธรรมชาติมีข้อจำกัด คือ สีย้อมธรรมชาติ จะให้สีที่แตกต่างกันในการย้อมแต่ละครั้ง ความพร้อมของวัตถุดิบอาจแตกต่างกันไป

ตามฤดูกาล ทำให้บางสีอาจหาได้ยากในบางฤดูกาล กระบวนการเตรียมน้ำย้อมใช้ระยะเวลานาน และให้สีแตกต่างกัน ในการย้อมแต่ละครั้ง

ดังนั้น จากข้อจำกัดของสีย้อมธรรมชาติดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดต้องการปรับปรุงคุณลักษณะของสีย้อมให้เหมาะกับการนำมาใช้งานที่สะดวกมากขึ้นและสามารถควบคุมโทนสี โดยยังคงรักษาคุณภาพและเอกลักษณ์ของสีย้อมธรรมชาติไว้ อีกทั้งเป็นการใช้วัตถุดิบธรรมชาติให้เกิดคุณค่าสูงสุด ด้วยการพัฒนาน้ำย้อมแปรรูปเป็นสารสกัดผงสีธรรมชาติจากเปลือกมะพูด ซึ่งเป็นพืชประจำถิ่นในจังหวัดสุรินทร์ โดยนำเปลือกมะพูดมาผ่านกระบวนการตกตะกอนสีด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์ เพื่อให้ได้สีผงซึ่งใช้เป็นแม่สีหลักสำหรับนำมาย้อมผ้า ลักษณะของสีที่ได้จากการย้อมเป็นโทนสีเหลืองอ่อน ซึ่งเป็นสีที่นิยม และมีความต้องการของตลาดค่อนข้างสูง ทั้งเป็นสีที่ใช้ออกงานได้ตลอดทั้งปี การทำเป็นผงสี จึงมีประโยชน์ในแง่ของการนำมาใช้งานที่ง่าย สะดวก และสามารถเก็บไว้ใช้นอกฤดูกาลได้ นอกจากนี้ การใช้ผงสียังสามารถควบคุมปริมาณความเข้มข้นของโทนสีได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มและยกระดับคุณภาพสีย้อมให้ทันกับยุคสมัย อีกทั้งส่งเสริมความเข้มแข็งให้กับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. สกัดสารสีเหลืองจากเปลือกมะพูดด้วยโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เพื่อใช้เป็นผงสีธรรมชาติสำหรับเป็นแม่สีหลักในการย้อมเส้นไหม
2. ศึกษาประสิทธิภาพการติดสีของเส้นไหมจากน้ำย้อมผงสีธรรมชาติโดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV – Visible spectrophotometer รุ่น Perkin Elmer Lambda 365
3. ศึกษาค่าสีด้วยเครื่อง Chroma meter รุ่น CR-400

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

เส้นไหม

นำตัวอย่างเส้นไหมสายพันธุ์จุลที่ผ่านการลอกกาวไหมแล้ว ขดเส้นไหมให้เป็นวง 200 รอบ ความยาวประมาณ 18 เซนติเมตร น้ำหนัก 2.50 กรัม แล้วนำไปแช่น้ำสะอาด 1 คืน เพื่อให้เส้นไหมดูดซับน้ำย้อมสีธรรมชาติได้ดียิ่งขึ้น เมื่อครบแล้วนำเส้นไหมบิดหมาด ก่อนนำไปย้อมในขั้นตอนต่อไป

เปลือกมะพูด

นำเปลือกมะพูดแห้งมาผ่าให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักจำนวน 100 กรัม เพื่อนำไปสกัดเป็นผงสีในขั้นตอนต่อไป

2. ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างน้ำย้อมเปลือกมะพูดก่อนการทำสีผง

นำเปลือกมะพูดลงไปแช่ในน้ำสะอาดจำนวน 1000 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง จะได้น้ำสีที่มีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน ๆ ก่อนนำไปทดลองในขั้นตอนการเตรียมผงสีย้อม

3. ขั้นตอนการเตรียมผงสีย้อม

นำน้ำย้อมเปลือกมะพูดที่เตรียมไว้ นำมาต้มเพื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 60 นาที จากนั้นชั่งเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จำนวน 300 กรัม (ถ้ามากกว่านี้เกลือจะไม่ละลายและอิ่มตัว) ค่อย ๆ เทเกลือลงน้ำย้อมที่ต้มไว้ คนจนโซเดียมคลอไรด์ละลายจนหมดจึงหยุดให้ความร้อน ตั้งทิ้งไว้จนได้ตะกอนเป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำไปกรองด้วยวิธีการกรองแบบสุญญากาศ จะได้ส่วนใสแยกออกจากส่วนที่เป็นตะกอน แล้วนำตะกอนที่ได้ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (กรัม) คำนวณหาปริมาณร้อยละของน้ำหนักสีผงที่ได้จากการสกัด (Yield) สามารถทำได้โดยการนำน้ำหนักของผงสีที่สกัดได้หารด้วยน้ำหนักของวัตุดิบตั้งต้นที่ใช้สกัดแล้วคูณด้วย 100 เพื่อคิดเป็นค่าร้อยละผลได้

สูตรการคำนวณ

$$\text{ร้อยละของน้ำหนักสีผงที่ได้ (Yield)} = \frac{\text{น้ำหนักผงสีที่ได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักเปลือกมะพูดแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

4. ขั้นตอนการย้อมสีในตัวอย่างเส้นไหม

ใช้วิธีย้อมร้อน โดยการเตรียมน้ำสะอาดปริมาตร 200 มิลลิลิตร (ไหม 1 กรัมต่อน้ำ 40 มิลลิลิตร) เติมผงสีย้อมลงไปและเริ่มย้อมโดยการนำไหมเปียกหมาดลงหม้อย้อมที่อุณภูมิ 40 องศาเซลเซียส แล้วค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิเป็น 80-90 องศาเซลเซียส รักษาความร้อนระดับนี้ไว้ประมาณ 45-60 นาที ช่วงนี้หมั่นคอยพลิกเส้นไหมตลอดเวลาเพื่อให้สีติดสม่ำเสมอ จากนั้นปล่อยให้ไหมแช่อยู่ในน้ำย้อมจนอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปล้างด้วยน้ำสะอาด ล้างด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้งจนกว่าจะไม่มีสีตกในน้ำล้าง สีส่วนที่ตกออกมาคือสีส่วนเกิน จากนั้นนำไปทดสอบในขั้นต่อ

5. ขั้นตอนการวิเคราะห์

5.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของผงสีย้อม

ทำการศึกษาค่า pH ของผงสีจากเปลือกมะพูดก่อนย้อมและหลังย้อม โดยใช้เครื่องวัดความเป็น กรด-ด่าง (pH meter) ยี่ห้อ OHAUS AQUASEARCHER วิธีการทดลองจุ่มเครื่อง pH meter ลงไปในน้ำย้อมก่อนย้อมและหลังย้อม (ในขั้นตอนข้อ 4) ทำการวัดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง แล้วบันทึกผลจากค่าที่อ่านได้

5.2 ประสิทธิภาพการติดสีของเส้นไหมด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเทคนิค UV-Vis spectrophotometry

ทำการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีย้อมของเส้นไหมด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) เท่ากับ 425 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer สามารถคำนวณค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อมโดยการเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงก่อนย้อมและหลังย้อม ได้จากการคำนวณผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืนแสงก่อนย้อมและหลังย้อม ซึ่งผลต่างของค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของน้ำย้อมก่อนย้อมและหลังย้อมมีค่ามาก ส่งผลให้การติดสีของเส้นไหมดี

ประสิทธิภาพการติดสีของเส้นไหม หาได้จาก

$$\Delta A = A_{before} - A_{after}$$

เมื่อ ΔA เท่ากับ ประสิทธิภาพการติดสีของเส้นไหม

A_{before} เท่ากับ การวัดค่า Absorbance ก่อนย้อมของสารละลายสีย้อมเริ่มต้น

A_{after} เท่ากับ การวัดค่า Absorbance หลังย้อมของสารละลายสีย้อม เป็นการวัดค่าหลังจากผ่านการย้อมแล้ว

5.3 การวัดค่าสี

ทำการวัดค่าสีในระบบ CIELAB ด้วยการนำตัวอย่างเส้นไหมไปทดสอบด้วยเครื่องวัดค่าสี Chroma meter เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของสีมาตรฐานกับสีของตัวอย่าง โดยทำการวัดค่า CIE L* , CIE a* และ CIE b* พร้อมวิเคราะห์ผลการทดสอบด้วยการอ่านค่าในระบบ CIELAB ด้วยการกำหนดหน่วยวัดสีที่มีสัญลักษณ์ *L* -a* -b** โดย *L** บ่งบอกถึงค่าความสว่าง (lightness) โดยมีค่าตั้งแต่ 0-100 โดย 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว a* (แดง-เขียว) บ่งบอกเฉดสีเริ่มต้นจากสีเขียว (-a*) จนถึง สีแดง (+a*) และ b* (เหลือง-น้ำเงิน) บ่งบอกเฉดสีเริ่มจากสีน้ำเงิน (-b*) จนถึงสีเหลือง (+b*)

5.4 การศึกษาความคงทนต่อการซัก

ทำการศึกษาค่าความคงทนต่อการซักตามมาตรฐาน มอก. 121 เล่ม 3-2552 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552) ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสีตามมาตรฐาน ISO 105-C02 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2550) นำเส้นไหมเย็บประกบด้วยผ้าชิ้นทดสอบขนาด 40$\pm$2.0 มิลลิเมตร เตรียมเพื่อนำไปใส่ในกระบอกซัก ใส่ลูกเหล็กกลมจำนวน 4 ลูกลงไปในกระบอกซักที่มีชิ้นทดสอบอยู่ในนั้น แล้วเติมสารละลายน้ำซักฟอก (ผงซักฟอกมาตรฐาน 5.00 กรัมต่อน้ำ 1000 มิลลิลิตร) ให้ท่วมชิ้นทดสอบ ปิดกระบอกซัก และทำการซักด้วยเครื่องที่อุณภูมิ 42$\pm$2 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาที เมื่อซักเสร็จนำชิ้นทดสอบมาล้างด้วยน้ำกลั่น และกำจัดน้ำส่วนเกินออก โดยการบีบชิ้นทดสอบด้วยมือ

ผึ่งลมให้แห้งหรืออบไม่เกินที่อุณภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประเมินการเปลี่ยนสีของตัวอย่างชิ้นทดสอบ และการเปื้อนสีที่ผ้าประกบโดยเปรียบเทียบกับเกรย์สเกล (Grey scale)

5.5 การศึกษาความคงทนต่อแสงแดด

ทำการศึกษาค่าความคงทนของสีต่อแสงแดด โดยใช้แสงจากธรรมชาติ ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง สีตามมาตรฐาน ISO 105-C02 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2550) โดยการเตรียมตัวอย่างเส้นไหมที่ใช้ทดสอบมาพันด้วยกระดาษแข็ง ให้กระดาษปิดชิ้นทดสอบไว้ครึ่งหนึ่ง แล้วนำชิ้นทดสอบไปวางไว้บริเวณที่มีแสงแดดส่องอย่างทั่วถึงเป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง จากนั้นจึงเปิดกระดาษส่วนที่ปิดไว้ออก ประเมินการเปลี่ยนสีของตัวอย่างชิ้นทดสอบโดยเปรียบเทียบกับเกรย์สเกล (Grey scale) ตามมาตรฐาน มอก. 121 เล่ม 14-2552 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552)

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการศึกษาผงสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกมะพูดในการย้อมไหมโดยวิธีการใช้โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นตัวช่วยตกตะกอน ผลการวิจัยเป็นดังนี้

1. ผลการศึกษาหาปริมาณร้อยละของผงสีธรรมชาติ

นำน้ำย้อมเปลือกมะพูดที่เตรียมไว้ นำมาต้มเพื่อให้ความร้อนควบคุมอุณหภูมิ 80-90 องศา ใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จำนวน 300 กรัม หากใช้มากกว่านี้เกลือจะเกิดการอิ่มตัวยวดยิ่ง การเติมโซเดียมคลอไรด์ลงไปในสารละลายสีย้อมเปลือกมะพูด มีความสำคัญ 2 ประการคือ เกลือเป็นสารช่วยตกตะกอน เพื่อกระบวนการทำผงสี และการเป็นสารช่วยติดสีที่ดีในกระบวนการย้อมไหม สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ปรางทิพย์ วงศ์แก้ว และคณะ, 2556) การเตรียมผงสีที่ได้จากครั่ง แก่นมะเกลือ และแก่นฝางด้วยวิธีการใช้เกลือตกตะกอนได้ผลดีที่สุด จากการวิจัยพบว่าได้ผงสีร้อยละ 3.03

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำหนักของผงสีที่ได้

Bark of *Garciniadulcis (Roxb.)* Kurz (g)	Weight (g)	Amount of dye powder (%w/w)
1000	3.03	0.303

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะทางกายภาพและสีที่ได้จากการสกัดของเปลือกมะพูด

Bark of *Garcinia dulcis* (Roxb.) Kurz	Characteristics of natural dyes	Characteristics of dye powder
		

เปลือกมะพูดมีลักษณะแห้ง เป็นเปลือกไม้สีน้ำตาลอมเหลืองจัดอยู่ในสารประกอบจำพวกแซนโทน (Xanthones) (Thepthong *et al*., 2017 และ Iinuma *et al*., 1996) เมื่อทำเป็นผงมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเหลืองอมส้ม การเก็บรักษาควรเก็บไว้ในภาชนะที่ปิดมิดชิด และเก็บไว้ในที่แห้งและเย็น เพื่อนำไปทดลองย้อมเส้นไหมต่อไป ส่วนลักษณะของน้ำย้อมที่ได้มีสีเหลืองอ่อน สีของสารละลายสีย้อมมีความสม่ำเสมอ พร้อมสำหรับนำไปทดสอบคุณสมบัติในการย้อมเส้นไหม



ภาพประกอบ 1 ตัวอย่างเส้นไหมสายพันธุ์จุลที่ยังไม่ผ่านการย้อมสี



ภาพประกอบ 2 ตัวอย่างเส้นไหมที่ย้อมด้วยผงสีธรรมชาติจากเปลือกมะพูด

2. ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำย้อมผงสีธรรมชาติ

วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำย้อมจากผงสีธรรมชาติ โดยทำการวัดก่อนย้อมและหลังย้อมเส้นไหมด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำย้อมจากผงสีย้อม

Sample	pH before dyeing	pH after dyeing
Dyeing powder	5.25±0.04	5.84±0.02

3. ผลการศึกษาประสิทธิภาพการติดสีของเส้นไหมโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเทคนิค UV-Visible spectrophotometry

การศึกษาประสิทธิภาพ ของการติดสีของเส้นไหมด้วยเครื่องยูวีวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โดยการนำตัวอย่างน้ำย้อมจากผงสีธรรมชาติก่อนการย้อมเส้นไหม และหลังการย้อมเส้นไหม วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด 425 นาโนเมตร จากนั้นเปรียบเทียบผลต่างของค่าการดูดกลืนแสงก่อนการย้อมและหลังย้อม โดยทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมจากผงสีธรรมชาติก่อนย้อมและหลังย้อม

Absorbance 425 nm		Absorbance
Before dyeing	After dyeing	
2.067±0.07	1.442±0.05	0.625±0.02

ประสิทธิภาพของการย้อม หาได้จากผลต่างของค่า Absorbance ของน้ำย้อมก่อนย้อมและหลังย้อม ยิ่งค่าหลังย้อมลดลงมากแสดงว่า สีเข้าไปติดอยู่ไหนเส้นไหมมากพบว่า ค่าการดูดกลืนสีที่เส้นไหมสามารถดูดซับไว้ได้ มีค่าเท่ากับ 0.625 เป็นไปตามกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต ซึ่งค่า Absorbance จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของสีย้อม ดังนั้นหากค่า Absorbance ลดลงหมายความว่า ความเข้มของสีในน้ำย้อมย่อมลดลงด้วยแสดงว่า มีโมเลกุลของสีบางส่วนติดเข้าไปในโมเลกุลของเส้นไหม กล่าวได้ว่ายิ่งมีผลต่างของค่าการดูดกลืนแสงมากเท่าไหร่แสดงว่า ค่าการติดสีบนเส้นไหม ยิ่งมากเท่านั้น

4. ผลการวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี Chroma meter

การย้อมสีเส้นไหมจากน้ำย้อมผงสีจากเปลือกมะพูด แล้วตรวจวัดค่าสีด้วยเครื่อง Chroma meter และรายงานผลด้วยระบบ CIE *L*a*b** ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์สี จากผลการวิจัยในตัวอย่างน้ำย้อมทำการทดลอง 3 ซ้ำ พบว่า สีเส้นไหมมีค่าความสว่าง (L*) เฉลี่ยเท่ากับ 82.553 ค่าสีแดง - เขียว (a*) เฉลี่ยเท่ากับ 3.523 ค่าสีเหลือง - น้ำเงิน (b*) เฉลี่ยเท่ากับ 13.687 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ผลการวัดค่าสี

Color value		
L*	a*	b*
82.553±1.726	3.523±0.035	13.687±0.777

หมายเหตุ L* บ่งบอกถึงค่าความสว่าง (Lightness) โดย 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว
a* ค่าลบ บ่งบอก สีแดง a* ค่าบวก บ่งบอก สีแดง
b* ค่าลบ บ่งบอก สีน้ำเงิน b* ค่าบวก บ่งบอก สีเหลือง

5. ผลการศึกษาความคงทนของสีย้อมต่อการซักล้างและแสงแดด

ค่าความคงทนต่อการซักล้างอยู่ในระดับคุณภาพเท่ากับ 3 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง และค่าความคงทนต่อแสงอยู่ในระดับคุณภาพเท่ากับ 5 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก ด้วยการเทียบกับเกรย์สเกล (Gray scale) ที่สเกล 5 ระดับ

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาความคงทนของสีต่อการซักล้างและแสงแดด

Color fastness to washing	Color fastness to light
3	5

หมายเหตุ ระดับ 5 หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี
ระดับ 4 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย
ระดับ 3 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงพอสังเกตได้
ระดับ 2 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก
ระดับ 1 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงมาก

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาผงสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกมะพูดด้วยการตกตะกอนด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เปรียบเทียบความสามารถในการติดสีของเส้นไหมโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเทคนิค UV-Visible spectrophotometry ที่ความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) 425 นาโนเมตร อาศัยหลักการที่ว่า ความสามารถในการติดสีของเส้นไหมมีความสัมพันธ์โดยตรงกับผลต่างของค่าการดูดกลืนแสง (แม้น อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม, 2535) กล่าวคือ หากเส้นไหมมีความสามารถดูดซับสีได้มาก จะทำให้มีค่าผลต่างการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่มีการเปลี่ยนแปลงมาก ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงจะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสีย้อมนั้น หากมีค่าผลต่างของค่าการดูดกลืนแสงมาก แสดงว่าการติดสีบนเส้นไหมดี

กลไกการตกตะกอนด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในเปลือกมะพูด โดยปกติโมเลกุลของสีย้อมธรรมชาติ เมื่ออยู่ในน้ำจะมีประจุลบอ่อน ๆ กระจายตัวอยู่รอบโมเลกุล สารในกลุ่มแซนโทนเป็นสารฟีนอลิกที่สามารถเกิดการแตกตัวบางส่วนในน้ำ โดยเฉพาะที่ pH ใกล้เคียงกลางทำให้มีการเกิด phenolate anion ในระดับหนึ่ง ส่งผลให้โมเลกุลมีลักษณะประจุลบอ่อน ๆ (Li *et al*., 2018) เกิดแรงผลักกันเองตามธรรมชาติ และเมื่อเติม NaCl ลงไป ไอออนของเกลือจะเกิดแรงยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลของน้ำได้ดีกว่าสารสี เมื่อสารสีไม่มีโมเลกุลน้ำมาล้อมรอบทำให้ความสามารถในการละลายลดลง จึงเกิดการตกตะกอนลงก้นภาชนะ กระบวนการตกตะกอนผงสีจากเปลือกมะพูดอาศัยหลักการ Salting-out extraction สอดคล้องกับการศึกษาของ Hyde *et al*., (2017) ซึ่งระบุว่าการเติมเกลือ อนินทรีย์ (Inorganic salts) ลงไปในสารละลายจะไปเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับไอออนของเกลือ ส่งผลให้ความสามารถในการละลายของสารกลุ่มพฤกษเคมีลดลงจนเกิดการแยกชั้นหรือตกตะกอนออกมาเป็นของแข็ง

ปัจจัยด้านอุณหภูมิในการย้อมเส้นไหมใช้กระบวนการย้อมร้อน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะช่วยเพิ่มอัตราการละลายและการกระจายตัวของสารสีได้ดีทำให้การเคลื่อนที่ของโมเลกุลสารสีเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น จึงเกิดการชนกันของโมเลกุลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการละลายและการดูดซับสารสีของเส้นไหมเพิ่มขึ้น (Silberberg, 2003) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้เกิดการติดสีบนเส้นไหมได้ดี ซึ่งสารสีที่ได้จากเปลือกมะพูดมีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน และเมื่อนำไปย้อมเส้นไหมจะได้สีเหลืองโทนสว่าง กระบวนการทำสีผงด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์มีจุดเด่นคือช่วยลดแรงตึงผิวของเส้นใย กล่าวคือ ปกติเส้นใยไหมในน้ำจะมีประจุลบ (-) และโมเลกุลสีย้อมธรรมชาติส่วนใหญ่ก็มีประจุลบเช่นกัน ทำให้เมื่อรวมกันจะเกิดแรงผลักกันตามธรรมชาติ สีจึงติดยาก แต่เมื่อมี NaCl เข้ามา ไอออนบวก Na^+ จากเกลือจะเข้าไปฉาบผิวของเส้นไหม จึงช่วยลดแรงผลักประจุลง ทำให้โมเลกุลสีสามารถเกาะติดพื้นผิวเส้นใยไหมได้มากขึ้น ติดทนแน่นขึ้น และทนต่อการซักล้างได้ดี (วสันต์ ประชุมของ, 2546) นอกจากนี้การยึดเกาะกันระหว่างสีย้อมกับเส้นไหมเกิดจากการสร้างพันธะทางเคมี โดยเส้นใยไหมจัดเป็นโปรตีนไฟ โบรอิน (Fibroin) ที่ประกอบด้วยหมู่อะมิโน ($-NH_2$) และหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) อยู่บริเวณปลายสายพอลิเมอร์ ซึ่งหมู่ฟังก์ชันเหล่านี้สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) กับหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ซึ่งพบในสารประกอบแซนโทนในเปลือกมะพูด (Thepthong *et al*., 2017 และ Iinuma *et al*., 1996) ส่งผลให้โมเลกุลของสีย้อมสามารถยึดจับกับเส้นไหมได้ดี

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำย้อมพบว่า น้ำย้อมจากเปลือกมะพูดมีสภาวะเป็นกรดอ่อน เนื่องจากเปลือกมะพูดมีกลุ่มของสารแทนนิน ซึ่งพบมากในเปลือกของพืชเกือบทุกชนิด มีความสามารถในการติดสีในการย้อมเส้นไหมได้ดี (นพรัตน์ จันทร์ทำ และคณะ, 2560) น้ำย้อมซึ่งอยู่ในสภาวะกรดโดยหมู่เอมีน ($-NH_2$) ของโครงสร้างไหมจะรับโปรตอนกลายเป็นประจุบวก ($-NH_3^+$) และประจุบวกของไหมจะดึงดูดกับโมเลกุลสีย้อมที่มีประจุลบทำให้สีติดแน่นขึ้น จากกระบวนการหลังย้อมพบว่าค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ความเป็นกรดลดลงเล็กน้อย เนื่องจากโมเลกุลของเส้นใยไหมดูดซับน้ำ

ย้อมเข้าไปในโครงสร้างโมเลกุลของเส้นใย นอกจากนี้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่า pH ของสารละลายน้ำย้อมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ (พรโพยม วรเชฐวราวัตร, 2560)

ผลการวัดค่าสีของเส้นไหมที่ย้อมด้วยผงสีย้อมจากเปลือกมะพูดด้วยระบบ CIELAB ด้านค่าความสว่าง ค่า L* ที่ค่อนข้างสูง (82.553) บ่งชี้ว่าสีที่ได้มีความสว่างมาก ค่า a* สีแดง-เขียว จัดอยู่ในโทนสีเขียวเล็กน้อย (3.523) ส่วนค่า b* ที่เป็นบวกสูง (13.687) แสดงถึงโทนสีเหลืองเด่น ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของสารสีในกลุ่ม Xanthones ดังนั้นเส้นไหมที่ผ่านการย้อมจะมีลักษณะเป็นสีเหลืองโทนสว่าง ทั้งนี้หากต้องการสีเข้มสีย้อมที่ได้ควรมีค่า L* ต่ำ โดยค่า a* และ b* จะเป็นตัวกำหนดโทนสีในทิศทางสีแดง-เขียว และเหลือง-น้ำเงิน ตามลำดับ

การศึกษาความคงทนของสีต่อการซักล้างและแสงแดด นอกจากสารสีหลักในกลุ่มแซนโทน (Xanthones) ที่พบในเปลือกมะพูดที่มีคุณสมบัติในการจับกับโปรตีนไหมได้ดีแล้วนั้น ยังมีสารธรรมชาติที่พบมากในเปลือกไม้คือสารกลุ่มแทนนิน โดยทั่วไปจะมีสีเหลืองหรือน้ำตาลมีความสามารถจับกับโครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนไหมได้ดีและทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมให้สีติดทนทานยิ่งขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ (นพรัตน์ จันทร์ทำ และคณะ, 2560) ส่งผลให้การยึดเกาะของสีย้อมกับเส้นใยมีเสถียรภาพมากขึ้น ทำให้เส้นไหมมีความคงทนต่อการซักล้างและแสงแดดอยู่ในระดับดีและดีมาก ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาผงสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกมะพูด ซึ่งเป็นพืชประจำถิ่นในจังหวัดสุรินทร์ ให้โทนสีเหลืองสว่างเหมือนสีเหลืองของดอกคูณ สีเหลืองเป็นสีที่นิยมใช้ในการย้อมไหมและเป็นแม่สีหลักในการย้อมเฉดสีต่าง ๆ งานวิจัยนี้จึงทำการสกัดผงสีย้อมเปลือกมะพูดด้วยโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ลักษณะของผงสีที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อน ๆ เมื่อนำมาละลายและย้อมสีเส้นไหมจะให้สีเหลือง ผงสีมีประสิทธิภาพในการติดสีได้ดี ด้วยการศึกษาประสิทธิภาพการติดสีบนตัวอย่างเส้นไหมด้วยเทคนิคยูวีวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมีทรี ความยาวคลื่นสูงสุด 425 นาโนเมตร พบว่า เส้นไหมสามารถติดสีได้ดี เนื่องจากกระบวนการบดทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้นและอนุภาคเกิดการเคลื่อนที่และการชนกันของโมเลกุลของสีย้อมกับเส้นใยไหมเกิดขึ้นได้ดี อีกทั้งมีเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ช่วยให้สีย้อมมีการติดสีที่คงทนมากยิ่งขึ้น โดยการวิเคราะห์คุณลักษณะของสีด้วยเครื่องโครมาและรายงานผลด้วยระบบ CIE ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์สี ลักษณะเส้นไหมที่ย้อมด้วยผงสีจากเปลือกมะพูดจะมีลักษณะเป็นสีเหลืองโทนสว่างสม่ำเสมอ มีความคงทนต่อแสงแดดอยู่ในระดับดีมาก และมีความคงทนต่อการซักล้างในระดับปานกลางเนื่องจากไม่ได้ใช้สารช่วยติดสี การนำผงสีธรรมชาติมาใช้ค่อนข้างมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน สามารถควบคุมหรือกำหนดปริมาณของสีได้ตามความต้องการของผู้ใช้ อีกทั้งยังสามารถเก็บไว้ใช้นอกฤดูกาลได้อีกด้วย ดังนั้นการทำเป็นผงสีธรรมชาติจึงเป็นอีกวิธีทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างยั่งยืนในยุคสมัยปัจจุบัน

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการย้อมสีเส้นไหมด้วยผงสีธรรมชาติ มิได้ใช้สารช่วยติดสีในกระบวนการย้อม ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอาจใช้สารช่วยติดสีในกระบวนการย้อม เช่น สารส้ม (Alum) ในสภาวะกรด หรือน้ำขี้เถ้า หรือน้ำปูนใสในสภาวะด่าง นอกจากนี้หากมีความประสงค์ต้องการปรับเปลี่ยนเฉดสีย้อม สามารถนำวัตถุดิบชนิดอื่นมาร่วมย้อมได้ เช่น สีจากครั่งหรือครามมาย้อมทับบนแม่สีดังกล่าว จะทำเฉดสีที่ได้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2550). *ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3764 (พ.ศ. 2550) เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผ้า: ความปลอดภัยจากสีและสารเคมีที่เป็นอันตราย (แก้ไขครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.

กัญญารัตน์ บุญสมวงศ์, กนกวรรณ ยันตะบุศย์, ภัชญา เสาเวียง, สมพร จันทมัตตุการ และวีรญา สิงคนิภา. (2566). การย้อมเส้นไหมด้วยเปลือกต้นเพกา. *วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาส์น*, *45*(1), 8-13.

คณารัตน์ เมฆแสน, นนทรีย์ ธงชัย, กิตติพศ บุญญะวัติพงศ์, พิมพ์อำไพ จันทร์แจ่ม, รณาวรรณ สุขแสวง และนาตยา โสนทอง. (2567). การรับรู้ลายผ้าอัตลักษณ์ประจำจังหวัดสุรินทร์. *วารสารศิลปะและวัฒนธรรมลุ่มแม่น้ำมูล*, *13*(1).

นพรัตน์ จันทร์ทำ, กุมผกา ทองเอี่ยม, ศิริวรรณ ชัยเชิดชู, ประภัสสร เวียงนนท์ และอรนุช นาคชาติ. (2560). การย้อมเส้นไหมด้วยเปลือกต้นพันชาด. *วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาส์น*, *39*(2), 45-58.

ปรางทิพย์ วงศ์แก้ว, อภิสรา บุญญาหาร, ผกายพร วรรณจันทร์ และอริศรา หิรัญกัญโญภาค. (2556). *การเตรียมสีผงจากสีย้อมธรรมชาติ*. รายงานโครงการวิชาโตรงการในงานเคมีสิ่งทอ ตามหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

พรโพยม วรเชฐวราวัตร. (2560). *เคมีพื้นฐานและสมดุลกรด-เบส*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แม้น อมรสิทธิ์, และอมร เพชรสม. (2535). *Principles and techniques of instrumental analysis*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รวิเทพ มุสิกะปาน. (2564). การพัฒนาเฉดสีย้อมธรรมชาติจากภูมิปัญญาผ้าโฮลสีสู่การต่อยอดนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สิ่งทอไหมแบรนด์เติมเต็มสตูดิโอ. *Journal of fine arts*, *12*(1), 207-238.

วัฒนา ชยธวัช, และ อุบล ชื่นสาราญ. (2563). มะพูดไม้ผลที่มีสรรพคุณเป็นยา. *วารสารวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยปทุมธานี, 1*(2), 59-70.

วสันต์ ประชุมของ. (2546). *การย้อมสีเส้นไหมด้ายฝ้ายด้วยสีย้อมธรรมชาติจากครั่ง*. รายงานปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุวิมล หงษ์สาม. (2557). *ศึกษาและพัฒนากระบวนการเพิ่มจำนวนเฉดสีย้อมธรรมชาติบนด้ายฝ้ายด้วยห้อม เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์สิ่งทอ.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2552). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 121 เล่ม 3: วิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 3 ความคงทนของสีต่อการซักด้วยสบู่ หรือสบู่และโซดา*. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2552). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 121 เล่ม 14: วิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 14 การประเมินการเปลี่ยนสีและการเปื้อนสีโดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องมือ*. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

อัจฉราวรรณ สุขเกิด. (2567). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าย้อมสีธรรมชาติเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของกลุ่มอาชีพมัดย้อมมัดยิ้ม ตำบลบางขะแยง อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี.* ***วารสารวิทยาการจัดการปริทัศน์***, *26*(1), 39-52.

Hyde, A.M., Zultanski, S.L., Waldman, J.H., Zhong, Y.L., Shevlin, M., & Peng, F. (2017). General principles and strategies for salting-out informed by the Hofmeister series. *Organic Process Research & Development*, *21*(9), 1355-1370.

Iinuma, M., Ito, T., Tosa, H., Tanaka, T., & Riswan, S. (1996). *Five new xanthones from Garcinia dulcis*. ***Journal of Natural Products***, *59*(5), 472-475.

Li, X., Chen, B., Zhao, X., & Chen, D. (2018). *2-phenyl-4,4,5,5-tetramethylimidazoline-1-oxyl 3-oxide radical (PTIO•) trapping activity and mechanisms of 16 phenolic xanthones.* ***MDPI Journals****, 23*(7), 1692. https://doi.org/10.3390/molecules23071692

Mongkholrattanasit, R., Saiwan, C., Rungruangkitkrai, N., Punrattanasin, N., Sriharuksa, K., Klaichoi, C., & Nakpathom, M. (2016). Eco-Dyeing of Silk Fabric with Garcinia dulcis (Roxb.) Kurz Bark as a Source of Natural Dye. *Journal of Natural Fibers, 13*(1), 65-76.

Silberberg, M. S. (2003). *Chemistry: The molecular nature of matter and change* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Thepthong, P., Phongpaichit, S., Carroll, A. R., Voravuthikunchai, S. P., & Mahabusarakam, W. (2017). Prenylated xanthones from the stem bark of Garcinia dulcis. ***Phytochemistry Letters****, 21, 32-37.*