รายงานสรุปผลการดำเนินการ

(Final Report)

เรื่อง

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหมด้วยสีสกัดจากแก่นฝาง

(Study optimal conditions for dyeing silk fibers with dyes derived from the heartwood of *Ceasalpinia sappan* Linn.)

เสนอ

อุทยานวิทยาศาสตร์ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง จ.นครราชสีมา

แผนงาน Area based Innovation for Community (Local Startups)

ประจำปีงบประมาณ 2564

วิสาหกิจชุมชน

บ้านสนวนพัฒนา (ผ้าทอบ้านเชียงนวน) อ.ลำปลายมาศ จ.บุรีรัมย์

ระยะเวลาดำเนินโครงการ 5 เดือน

(เริ่ม 2564 เมษายน สิ้นสุด 31 สิงหาคม 2565)

งบประมาณโครงการรวมทั้งสิ้น 80,000 บาท (แปดหมื่นบาทถ้วน)

1. ชื่อโครงการ

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหมด้วยสีสกัดจากแก่นฝาง

ชื่อโครงการ (ภาษาอังกฤษ) Study optimal conditions for dyeing silk fibers with dyes derived from the heartwood of *Ceasalpinia sappan* Linn.

2. ข้อมูลหัวหน้าโครงการและคณะผู้วิจัย

2.1 หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมณชนก วงศ์สุขสิน

ตำแหน่ง อาจารย์

โทรศัพท์ 0849338732 E-mail: wongsooksin@hotmail.com

ความเชี่ยวชาญ ด้านเคมีวิเคราะห์

2.2 คณะผู้วิจัย

2.2.1 ดร.ชุติมา เปลื้องกลาง ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์

2.2.2 ดร.วนิดา ชูหมื่นไวย รองผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์

2.2.3 นายยุทธนา ตอสกุล หัวหน้างานบริการการศึกษา

2.2.4 นางสาวพิชญานิน ปลื้มสุด นักวิชาการศึกษา

2.2.5 นางสาวฐานิฏฐ์กานต์ ทวนไธสง นักวิทยาศาสตร์

2.2.6 นางสาวเพ็ญพร มีเงินลาด นักวิทยาศาสตร์

หน่วยงานสังกัด ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ที่อยู่ 340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

3. หลักการและเหตุผลความจำเป็น

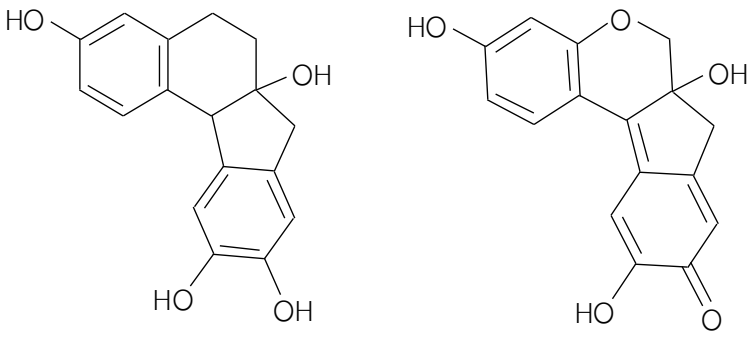
ในปัจจุบันการย้อมเส้นไหมเพื่อนำไปทอเป็นผ้าไหมซึ่งถือว่าเป็นผ้าที่เป็นเอกลักษณ์ของประเทศไทย มีสีสันและลวดลายที่สวยงาม ไม่ว่าจะเป็นการย้อมเพื่อใช้เองในครัวเรือน อุตสาหกรรมในชุมชน หรือการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม จะนิยมใช้สีสังเคราะห์เนื่องจากมีความสะดวกและรวดเร็วในการจัดซื้อสี สามารถเลือกสีได้ตามต้องการ สีไม่ตก และขั้นตอนในการย้อมไม่ยุ่งยาก แต่ผลเสียของการใช้สีสังเคราะห์มีมาก เช่น ต้องมีการสั่งซื้อเข้ามาจากต่างประเทศ ราคาแพง และสีสังเคราะห์เหล่านี้มักเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และมักมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบร่วมด้วย ซึ่งสารเหล่านี้มีความเสถียร ไม่ย่อยสลายได้ง่ายในธรรมชาติ ดังนั้นสีที่เหลือจากการย้อมอาจก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำได้ และนอกจากนี้สีสังเคราะห์ยังอาจเป็นสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ จึงทำให้ผู้บริโภคหันมาสนใจผลิตภัณฑ์ผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติมากขึ้น เพราะมีความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ผลิตและผู้ใช้ น้ำย้อมหลังกระบวนการผลิตสามารถจัดการได้ง่าย ไม่ก่อให้เกิดมลพิษให้แก่สิ่งแวดล้อม (สำนักงานนโยบายและทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554) สีธรรมชาติส่วนใหญ่จะได้จากต้นไม้ เปลือก แก่น ราก ดอก ใบ และผล และมีหลากหลายเฉดสี เช่น เฉดสีน้ำเงินจากคราม

เฉดสีแดงจากครั่ง เฉดสีเขียวจากใบแค เปลือกสมอ ใบสมอ เฉดสีเหลืองจากแก่นแกแล เฉดสีส้มจากเมล็ดคำแสด ส่วนเฉดสีชมพู - แดงจะได้จากแก่นฝาง เป็นต้น (สุดาพร ตังควนิช และพลฤทธิ์ ไชยกาล, 2557) ในแก่นฝางจะมีสารสีในกลุ่มโฮโมไอโซฟลาโวนอยด์ ที่มีบราซิลีน (Brazilein) ซึ่งให้สีชมพู - แดง เป็นองค์ประกอบหลัก (มาลี ตั้งสถิตย์กุลชัย และคณะ, 2550; Ohama, P. and Tumpat, N., 2014; Ngamwonglumlert, L. et al, 2020) แต่การย้อมด้วยสีธรรมชาติก็มีข้อจำกัด ได้แก่ ผ้าตกสีง่าย สีซีดระหว่างการนำไปใช้ มีความคงทนต่อแสงและการซักต่ำ และขั้นตอนในการย้อมมีหลายขั้นตอน เป็นต้น จึงมีการใช้สารประกอบต่าง ๆ มาเป็นตัวช่วยในการทำให้เส้นไหมดูดซับสี ให้สีเกาะเส้นไหมได้แน่นขึ้น มีความคงทนต่อแสง และการซักล้างเพิ่มขึ้น ซึ่งเรียกว่า สารช่วยย้อมหรือสารช่วยติดสี (Mordant) สารเหล่านี้นอกจากจะเป็นตัวจับยึดสี และเพิ่มการติดสีในเส้นไหมแล้วยังช่วยเปลี่ยนเฉดสีให้เข้ม จาง สดใส และสว่างขึ้น (ณภัทร ยศยิ่งยง, 2557) โดยมีวิธีการย้อมด้วยสารช่วยติดสี 3 วิธี ได้แก่ (1) การใช้สารช่วยติดสีก่อนการย้อมสี (Pre - mordanting) เพื่อให้สีติดยึดแน่นกับเส้นไหมและช่วยเพิ่มความคงทนของสี ทำได้โดยการนำเส้นไหมที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วไปชุบหรือต้มย้อมกับสารช่วยติดสีก่อนนำไปย้อมด้วยน้ำย้อมสีธรรมชาติ (2) การใช้สารช่วยช่วยติดสีพร้อมกับการย้อมสี (Simultaneous - mordanting) วิธีนี้เป็นการเติมสารช่วยติดสีลงไปในน้ำสี ทำให้เกิดเม็ดสีขึ้น จากนั้นจึงนำเส้นไหมลงไปย้อม และ (3) การใช้สารช่วยติดสีหลังการย้อมสี (Post - mordanting) เป็นการนำเส้นไหมลงไปย้อมสีก่อนแล้วจึงนำไปชุบหรือย้อมด้วยสารช่วยติดสีในการภายหลัง วิธีการนี้จะช่วยทำให้เกิดเฉดสีใหม่ขึ้น เป็นต้น (เฉลิมพร ทองพูน, 2556) ทั้งนี้เฉดสีที่ได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสีธรรมชาติที่ใช้ในการย้อมชนิดและปริมาณของสารช่วยติดสี และสภาวะที่ใช้ในการย้อม เช่น พีเอช อุณหภูมิ เป็นต้น

ฝาง มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Ceasalpinia sappan* Linn. อยู่ในวงศ์ Caesalpiniaceae มีชื่อเรียกพื้นเมืองหลากหลายชื่อ ได้แก่ ขวาง ฝางแดง หนามโค้ง (แพร่) ฝางส้ม (กาญจนบุรี) ฝางเสน (ทั่วไป กรุงเทพมหานคร, ภาคกลาง) และง้าย (กะเหรี่ยง - แม่ฮ่องสอน) ฝางเป็นไม้ยืนต้นเนื้อแข็ง สูงประมาณ 8 - 10 เมตร มีหนามที่แข็งและแหลมทั้งบนต้น กิ่ง และก้าน ฝางเป็นไม้ผลัดใบแต่ผลิใบเร็ว ซึ่งลักษณะของฝางแสดงดังรูปที่ 1 ฝางเป็นไม้เนื้อแข็ง สีของเนื้อไม้จะมีสีเหลืองส้มแต่ถ้าหากถูกอากาศนาน ๆ จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล พบฝางได้ทุกภาคในประเทศไทยตามเขาหินปูนแห้งแล้ง ป่าเต็งรัง และตามชายป่าดงดิบแล้งทั่วไป ส่วนในต่างประเทศพบที่อเมริกาใต้ อินเดีย ศรีลังกา กัมพูชา ลาว เวียดนาม และจีนตอนใต้ (ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553) สารเคมีที่พบในแก่นของฝางมีหลายชนิด เช่น กรดแทนนิก (Tannic acid) กรดแกลลิก (Gallic acid) แซบพานิน (Sappanin) แต่สารที่พบมากที่สุดและมีความสำคัญต่อการย้อมคือ บราซิลิน (Brazilin) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มโฮโมไอโซฟลาโวนอยด์ (Homoisoflavonoids) ที่ให้สีแดงและเป็นองค์ประกอบหลักในสีสกัด และเมื่อบราซิลินถูกออกซิไดซ์จะได้บราซิลีน (Brazilein) โดยที่หมู่ไฮดรอกซิลของบราซิลินจะเปลี่ยนไปเป็นหมู่คาร์บอนิล (มาลี ตั้งสถิตย์กุลชัย และคณะ, 2550) ซึ่งโครงสร้างของบราซิลิน และบราซิลีน แสดงดังรูปที่ 2

รูปที่ 1 ฝางและแก่นฝาง

ที่มา : https://medthai.com/ฝาง

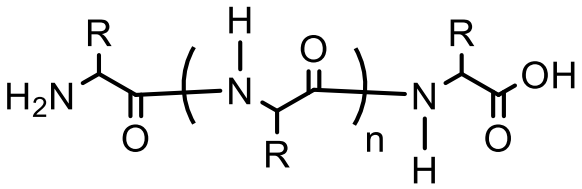


ก ข

รูปที่ 2 โครงสร้างของบราซิลิน (ก) และบราซิลีน (ข)

ที่มา : มาลี ตั้งสถิตย์กุลชัย และคณะ, 2550

ไหม เป็นเส้นใยโปรตีนธรรมชาติที่ได้จากสัตว์ มีลักษณะโครงสร้างเป็นพอลิเปปไทด์ ดังแสดงในรูปที่ 3 ไหมเป็นเส้นใยที่มีความเหนียว ทนทาน และมันวาว สามารถนำไปใช้ทอเป็นผืนผ้าได้อย่างงดงาม ไหมที่พบได้ทั่วไปส่วนมากมาจากตัวอ่อนของตัวไหมหรือผีเสื้อไหมมัลเบอรีชนิดที่เรียกว่า *Bombyx mori* ซึ่งชักใยออกมาพันรอบตัวขณะเป็นดักแด้ก่อนจะเจาะออกมาเป็นผีเสื้อตัวเต็มวัย การดึงเส้นไหมออกจากดักแด้หรือปลอกไหม เรียกว่า การสาวไหม ความเงามันวาวของเส้นไหมนั้น มาจากคุณสมบัติของโครงสร้างที่คล้ายปริซึมสามเหลี่ยมของเส้นใยนั่นเอง ดังแสดงในรูปที่ 4 ด้วยเหตุนี้ผ้าไหมจึงมีความมัน สะท้อนแสงเป็นประกายวับวาวจากมุมต่าง ๆ ที่ทำให้สะท้อนออกเป็นสีต่าง ๆ



รูปที่ 3 โครงสร้างของพอลิเปปไทด์

รูปที่ 4 ไหม

อนงค์พรรณ หัตถมาศ (2551) ศึกษาคุณภาพของสีจากแก่น และเปลือกต้นไม้ที่สามารถใช้ทดแทนสีเคมีบนผืนผ้าพื้นเมือง โดยการศึกษาชนิดของแก่นและเปลือกต้นไม้ในท้องถิ่นของจังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 30 ชนิด พบว่า เกิดสีของแก่นและเปลือกต้นไม้ในท้องถิ่นของจังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 25 สี คิดเป็นร้อยละของการเกิดสีจากที่ศึกษา 83.33 สีของแก่น และเปลือกต้นไม้ที่สามารถใช้ทดแทนสีเคมีบนผืนผ้าพื้นเมืองได้มีจำนวน 16 สี คิดเป็นร้อยละ 53.33 ประกอบด้วยสีที่ได้จากแก่น และเปลือกไม้ของมะพร้าว จามจุรีหรือก้ามปู มะขามเทศ มะเกลือ หนามเม็ดแมว ฝาง ประดู่ คูน สีเสียด ขนุน มะรุมป่า พุทธา กาหลงป่า ชมพู่แดง และมะกอกกัน (อ้อยช้าง)

Ohama, P. and Tumpat, N. (2014) ศึกษาการย้อมสีสิ่งทอ (ผ้าฝ้าย และเส้นไหม) ด้วยสีย้อมธรรมชาติ โดยทำการสกัดสีย้อมจากแก่นฝางโดยใช้น้ำและเอทานอล และศึกษาองค์ประกอบของสีย้อมโดยใช้เทคนิคยูวี - วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตเมทรี พบว่า บราซิลีนเป็นองค์ประกอบหลักของสีย้อมโดยยืนยันจากยูวี - วิสิเบิล สเปคตรัมทั้งในสารสกัดจากน้ำและเอทานอล ศึกษาสีที่ย้อมบนสิ่งทอในรูปของค่า CIELAB (L *, a * และ b *)

และ K/S การย้อมผ้าฝ้ายโดยไม่ใช้สารช่วยติดสีจะได้สีน้ำตาลแดง ในขณะที่การย้อมสารช่วยติดสีภายหลังการย้อมด้วยโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต เฟอรัสซัลเฟต และคอปเปอร์ซัลเฟต จะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีไวน์แดงไปจนถึงสีม่วงเข้ม การย้อมผ้าฝ้ายและเส้นไหมโดยใช้โพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารช่วยติดสีจะพบว่า ความเข้มของสีจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารช่วยติดสี

อภิชาติ สนธิสมบัติ (2544) เทคโนโลยีสิ่งทอนาโนมีบทบาทในปัจจุบันในการการยกระดับผ้าทอ การตกแต่งสำเร็จสิ่งทอเป็นกระบวนการที่ได้มีการพัฒนามากที่สุดแขนงหนึ่งในอุตสาหกรรมสิ่งทอและยังถือได้ว่าเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญไม่แพ้กระบวนการอื่น ๆ ด้วย ทั้งนี้เพราะการตกแต่งสำเร็จสิ่งทอที่ดีและเหมาะสม ไม่เพียงแต่ช่วยยกระดับคุณภาพการใช้งานของผลิตภัณฑ์สิ่งทอเท่านั้น การตกแต่งสำเร็จบางอย่าง เช่น การตกแต่งเพื่อเปลี่ยนแปลงสัมผัสหรือลักษณะภายนอกของผ้า ยังเป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผ้าที่ผู้ซื้อจะต้องเห็นหรือสัมผัสก่อนที่จะตัดสินใจด้วย ดังนั้นในกรณีเช่นนี้การตกแต่งสำเร็จที่ผ้าได้รับก็อาจเป็นสิ่งที่จะตัดสินใจว่าผลิตภัณฑ์นั้นจะขายได้หรือไม่ นอกจากนี้การตกแต่งสำเร็จสิ่งทอยังสามารถช่วยขยายตลาดของผลิตภัณฑ์สิ่งทอด้วย เช่น ผ้าที่ผ่านการตกแต่งให้นุ่ม เป็นคุณสมบัติที่มักจะเป็นที่ต้องการในผลิตภัณฑ์สิ่งทอโดยเฉพาะเสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย ปัจจุบันการตกแต่งให้นุ่มได้มีความสำคัญมากขึ้นกว่าสมัยก่อน

ดังนั้นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นใยหรือผ้าโดยใช้สีธรรมชาติ และการใช้เทคโนโลยีสิ่งทอนาโนจึงมีความจำเป็น ทั้งนี้เพื่อเป็นการอนุรักษ์ภูมิปัญญาไทย และเพื่อเป็นการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์สิ่งทอให้ดีขึ้น

4. วัตถุประสงค์ของโครงการ

4.1 เพื่อสกัดสีย้อมธรรมชาติจากแก่นฝาง

4.2 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหมด้วยสีสกัดจากแก่นฝาง

4.3 เพื่อทดสอบการตกสีของเส้นไหมตามมาตรฐานตรานกยูงพระราชทาน ของกรมหม่อนไหม

4.4 เพื่อการยกระดับผ้าด้วยการตกแต่งสำเร็จด้วยเทคโนโลยีสิ่งทอนาโน

5. ตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการ (KPI)

5.1 ตัวชี้วัดเชิงคุณภาพ

5.1.1 ทราบสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหมด้วยสีสกัดจากแก่นฝาง

5.1.2 สามารถพัฒนาคุณภาพของการย้อมเส้นไหมด้วยสีสกัดจากแก่นฝาง

5.1.3 ได้เส้นไหมที่มีความคงทนตามมาตรฐานตรานกยูงพระราชทาน ของกรมหม่อนไหม

5.1.4 ได้สิ่งทอที่มีความนิ่มด้วยเทคโนโลยีสิ่งทอนาโน

5.2 ตัวชี้วัดเชิงปริมาณ

5.2.1 สภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหมด้วยสีสกัดจากแก่นฝาง 1 สภาวะ

5.2.2 สภาวะที่ทำให้สิ่งทอมีความนิ่ม 1 สภาวะ

6. ข้อมูลของผลิตภัณฑ์หรือบริการ

6.1 ระดับของผลิตภัณฑ์หรือบริการที่เข้าร่วมโครงการ

- ❑ มีแนวคิดผลิตภัณฑ์หรือบริการ
- ❑ อยู่ระหว่างการทดสอบผลิตภัณฑ์เบื้องต้น (MVP)
- ❑ อยู่ระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ
- ☑ มีผลิตภัณฑ์ต้นแบบแล้ว (Prototype)
- ☑ มีผลิตภัณฑ์แล้ว (Product)
- ❑ อื่นๆ .....

6.2 คู่แข่งในตลาดในปัจจุบัน

ปัจจุบันมีผู้ผลิตผ้าไหมเพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงกลยุทธ์การแข่งขันทางการตลาด จากการแข่งขันด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์และราคา มาสู่การแข่งขันด้านสัญลักษณ์ ด้านภูมิปัญญา เนื่องจากเทคโนโลยีสมัยใหม่สามารถออกแบบผลิตภัณฑ์ ให้มีรูปลักษณ์หรือคุณสมบัติใกล้เคียงกันได้ง่ายขึ้น ทำให้ผู้ผลิตต้องปรับใช้กลยุทธ์การแข่งขันด้านราคา ส่งผลให้ผู้ผลิตต้องประสบปัญหาด้านเศรษฐกิจ และกลายเป็นการแข่งขันเรื่องราคาที่ไม่มีจุดสิ้นสุด จึงต้องการยกระดับการผลิตด้วยเครื่องมือและวิธีการที่มีประสิทธิภาพและยืนยันผลทางวิทยาศาสตร์ได้

7. เป็นธุรกิจเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมด้าน

- ❑ ยานยนต์สมัยใหม่
- ❑ อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ
- ❑ การท่องเที่ยวกลุ่มรายได้ดี และท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ
- ☑ การเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ
- ❑ แปรรูปอาหาร
- ❑ หุ่นยนต์เพื่ออุตสาหกรรม
- ❑ การแพทย์ครบวงจร
- ❑ ขนส่งและการบิน
- ❑ เชื้อเพลิงชีวภาพ และเคมีชีวภาพ
- ❑ ดิจิทัล
- ❑ อื่นๆ .....

8. วิธีดำเนินโครงการและแผนการดำเนินงานโครงการ

8.1 วิธีดำเนินโครงการ

8.1.1 การสกัดสีจากแก่นฝาง

8.1.1.1 เก็บตัวอย่างแก่นฝาง จากบ้านหนองหอย ตำบลหนองหอย กิ่งอำเภอพระทองคำ จังหวัดนครราชสีมา

8.1.1.2 นำแก่นฝางมาสับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ

8.1.1.3 ทำการสกัดสีย้อมธรรมชาติจากแก่นฝางด้วยน้ำกลั่น โดยใช้อัตราส่วนระหว่างแก่นฝางต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 1 : 10 (กรัมต่อมิลลิลิตร) ที่อุณหภูมิ 80 - 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

8.1.1.4 กรองส่วนที่เป็นสารสกัดสีด้วยกระดาษกรอง Whatman จากนั้นทำการระเหยตัวทำละลายโดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศ

8.1.1.5 ทำให้เป็นผงของสีสกัดโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบระเหิด และบดให้เป็นผงละเอียดจะได้ผงของสีสกัด

8.1.1.6 คำนวณร้อยละของสีสกัด จากสูตร (กมณชนก วงศ์สุขสิน, 2551)

$$\text{ร้อยละของสีสกัด} = \frac{\text{น้ำหนักสีสกัด}}{\text{น้ำหนักแก่นฝาง}} \times 100 \qquad (1)$$

8.1.2 การศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารช่วยติดสีกับบราซิลีน โดยใช้สารช่วยติดสี ได้แก่ โพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต โซเดียมคลอไรด์ เฟอริกไนเตรต และคอปเปอร์ - ซัลเฟต เพื่อหาชนิดของสารช่วยติดสีที่เหมาะสม และการศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายบราซิลีน และสารช่วยติดสีที่เหมาะสม - บราซิลีน

8.1.2.1 เตรียมสารประกอบเชิงซ้อนของบราซิลีนและสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต โดยให้มีสารละลายบราซิลีนเข้มข้น 14.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (หรือ 5.0×10^{-5} โมลต่อลิตร) และสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตเข้มข้น 1.0×10^{-4} โมลต่อลิตร

8.1.2.2 ทิ้งสารประกอบเชิงซ้อนไว้ 30 นาที เพื่อให้เข้าสู่สมดุล

8.1.2.4 นำสารประกอบเชิงซ้อนไปสแกนหาความยาวคลื่นที่สารดูดกลืนคลื่นแสงได้สูงสุด (λ_{max}) ด้วยเครื่องยูวี - วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

8.1.2.5 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าการดูดกลืนคลื่นแสง

หมายเหตุ ทำการทดลองในทำนองเดียวกัน แต่เปลี่ยนสารช่วยติดสีจากสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียม - ซัลเฟต เป็นโซเดียมคลอไรด์ เฟอริกไนเตรต และและคอปเปอร์ซัลเฟต ตามลำดับ

8.1.2.6 เมื่อทราบชนิดของสารช่วยติดสีที่เหมาะสม ซึ่งก็คือ โพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต ก็ทำการเตรียมสารประกอบเชิงซ้อนโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน โดยให้ความเข้มข้นของ

สารละลายบราซิลีนคงที่ ที่ 5.0×10^{-5} โมลต่อลิตร และเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตในช่วง 0 - 2.0×10^{-4} โมลต่อลิตร ที่พีเอช 4.5

8.1.2.6 ทิ้งสารประกอบเชิงซ้อนไว้ 30 นาที เพื่อให้เข้าสู่สมดุล

8.1.2.7 นำสารประกอบเชิงซ้อนไปสแกนหาความยาวคลื่นที่สารดูดกลืนคลื่นแสงได้สูงสุด (λ_{max}) ด้วยเครื่องยูวี - วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

8.1.2.8 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าการดูดกลืนคลื่นแสง

8.1.3 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตต่อสารละลายบราซิลีน

8.1.3.1 เตรียมสารประกอบเชิงซ้อนของโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน โดยเติมสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตเข้มข้น 0 - 2.5×10^{-4} โมลต่อลิตร ในปริมาณต่าง ๆ ลงในสารละลายบราซิลีนที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วง 2.5 - 7.5×10^{-5} โมลต่อลิตร ที่พีเอช 3.8 - 5.5

8.1.3.2 ทิ้งสารประกอบเชิงซ้อนไว้ 30 นาที เพื่อให้เข้าสู่สมดุล

8.1.3.3 วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนด้วยเครื่องด้วยเครื่องยูวี - วิสิเบิล - สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

8.1.3.4 เขียนกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตกับค่าการดูดกลืนคลื่นแสง

8.1.4 การศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางและโพแทสเซียมอะลูมิเนียม - ซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง

8.1.4.1 เตรียมสารประกอบเชิงซ้อนโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง โดยให้มีสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียม - ซัลเฟตเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

8.1.4.2 นำสารละลายทั้งหมดไปสแกนหาความยาวคลื่นที่สารดูดกลืนคลื่นแสงได้สูงสุด ด้วยเครื่องยูวี - วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

8.1.4.3 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าการดูดกลืนคลื่นแสง

8.1.5 การศึกษาปริมาณบราซิลีนในสีสกัดจากแก่นฝาง

8.1.5.1 เตรียมสารประกอบเชิงซ้อนของสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง โดยให้มีสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายโพแทสเซียม - อะลูมิเนียมซัลเฟตเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

8.1.5.2 ทิ้งสารประกอบเชิงซ้อนไว้ 30 นาที เพื่อให้เข้าสู่สมดุล

8.1.5.3 นำสารประกอบเชิงซ้อนไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 509 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี - วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

8.1.5.4 นำค่าการดูดกลืนคลื่นแสงไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของบราซิลีนในสารประกอบเชิงซ้อนบราซิลีน - โพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต จะได้ปริมาณบราซิลีนในสีสกัด

8.1.6 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหม

8.1.6.1 การเตรียมเส้นไหม

1) ซื้อตัวอย่างเส้นไหมจากบริษัท จุลไหมไทย อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นเส้นไหมที่ฟอกกาวเรียบร้อยแล้ว

2) แช่เส้นไหมลงในน้ำกลั่น ทิ้งไว้ให้เส้นไหมอิ่มน้ำ

3) นำเส้นไหมขึ้นมาบิดให้หมาด และผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

8.1.6.2 การเปรียบเทียบวิธีการย้อมสีเส้นไหมด้วยสารละลายบราซิลีน และการใช้สารช่วยติดสี (โพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต)

ศึกษาการย้อมเส้นไหมด้วยสารละลายบราซิลีน และการใช้สารช่วยติดสี (โพแทสเซียม - อะลูมิเนียมซัลเฟต) โดยศึกษาวิธีการย้อม 3 วิธีคือ

1) การใช้สารช่วยติดสีก่อนการย้อมสี (Pre - mordanting)

1.1) แช่เส้นไหมในสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตเข้มข้น 47 และ 94 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อัตราส่วนเส้นไหมต่อสารละลาย 1 : 100 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที

1.2) นำเส้นไหมขึ้นขึ้นมาบิดให้หมาด และทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

1.3) แช่เส้นไหมในสารละลายบราซิลีนเข้มข้น 14 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อัตราส่วนเส้นไหมต่อสารละลาย (MLR) 1 : 100 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และเวลา 0 - 120 นาที

1.4) วัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายก่อนและหลังการย้อมเส้นไหมที่ความยาวคลื่น 446 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี - วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

1.5) คำนวณหาค่าความสามารถในการดูดซับต่อน้ำหนักเส้นไหมที่เวลาใด (q_t) จากสูตร

$$q_t = (C_0 - C_t)\frac{V}{W} \qquad (2)$$

เมื่อ q_t คือ ความสามารถในการดูดซับต่อน้ำหนักของเส้นไหมที่เวลาใด ๆ (มิลลิกรัมต่อกรัม)

C_0 คือ ความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_t คือ ความเข้มข้นของสารละลายที่เหลือ ที่เวลาใด ๆ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

V คือ ปริมาตรของสารละลาย (ลิตร)

W คือ น้ำหนักของเส้นไหม (กรัม)

1.6) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าความสามารถในการดูดซับ

2) การใช้สารช่วยช่วยติดสีพร้อมกับการย้อมสี (Simultaneous - mordanting)

2.1) แช่เส้นไหมในในสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน (2 : 1) โดยใช้สารละลายบราซิลีนเข้มข้น 14 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตเข้มข้น 47 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อัตราส่วนเส้นไหมต่อสารละลาย 1 : 100 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 - 120 นาที

2.2) นำเส้นไหมขึ้นขึ้นมาบิดให้หมาด และทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

2.3) วัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายก่อนและหลังการย้อมเส้นไหมที่ความยาวคลื่น 509 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี - วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

2.4) คำนวณหาค่าความสามารถในการดูดซับต่อน้ำหนักเส้นไหมที่เวลาใด (q_t) โดยใช้สมการที่ 2

2.5) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าความสามารถในการดูดซับ

3) การใช้สารช่วยติดสีหลังการย้อมสี (Post - mordanting)

3.1) แช่เส้นไหมในสารละลายบราซิลีนเข้มข้น 14 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อัตราส่วนเส้นไหมต่อสารละลาย 1 : 100 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 - 120 นาที

3.2) นำเส้นไหมขึ้นขึ้นมาบิดให้หมาด และทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

3.3) แช่เส้นไหมในสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตเข้มข้น เข้มข้น 47 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อัตราส่วนเส้นไหมต่อสารละลาย 1 : 100 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที

3.4) วัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายก่อนและหลังการย้อมเส้นไหมที่ความยาวคลื่น 446 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี - วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

3.5) คำนวณหาค่าความสามารถในการดูดซับต่อน้ำหนักเส้นไหมที่เวลาใด (q_t) โดยใช้สมการที่ 2

3.6) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าความสามารถในการดูดซับ

8.1.6.3 การศึกษาผลของพีเอช

1) เตรียมสารประกอบเชิงซ้อนโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน (2 : 1)

2) ปรับพีเอชของสารประกอบเชิงซ้อนให้อยู่ในช่วง 2.2 - 4.9 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือกรดอะซิติกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

3) แช่เส้นไหมในสารประกอบเชิงซ้อนที่มีพีเอชในช่วง 2.2 - 4.9 ที่อัตราส่วนเส้นไหมต่อสารละลาย 1 : 100 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

4) นำเส้นไหมขึ้นขึ้นมาบิดให้หมาด และทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

5) วัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารประกอบเชิงซ้อนก่อนและหลังการย้อมเส้นไหมที่ความยาวคลื่น 509 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี - วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

6) คำนวณหาค่าความสามารถในการดูดซับต่อน้ำหนักเส้นไหมที่สมดุล (q_e) จากสูตร

$$q_e = (C_0 - C_e)\frac{V}{W} \quad (3)$$

เมื่อ q_e คือ ความสามารถในการดูดซับต่อน้ำหนักของเส้นไหมที่สมดุล (มิลลิกรัมต่อกรัม)

C_0 คือ ความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_e คือ ความเข้มข้นของสารละลายที่เหลือที่สมดุล (มิลลิกรัมต่อลิตร)

V คือ ปริมาตรของสารละลาย (ลิตร)

W คือ น้ำหนักของเส้นไหม (กรัม)

7) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชกับค่าความสามารถในการดูดซับ

8.1.6.4 การศึกษาผลอัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน (MLR)

1) เตรียมสารประกอบเชิงซ้อนโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน (2 : 1) โดยให้ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายบราซิลีนเป็น 14 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอช 4.0

2) ย้อมเส้นไหมที่อัตราส่วนเส้นไหมต่อสารละลาย 1: 50, 1 : 100 และ 1 : 150 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 - 120 นาที

3) นำเส้นไหมขึ้นขึ้นมาบิดให้หมาด และทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

4) วัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารประกอบเชิงซ้อนก่อนและหลังการย้อมเส้นไหมที่ความยาวคลื่น 509 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี - วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

5) คำนวณหาค่าความสามารถในการดูดซับต่อน้ำหนักเส้นไหมที่เวลาใด (q_t) โดยใช้สมการที่ 2

6) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าความสามารถในการดูดซับ

8.1.6.5 การศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายบราซิลีน และเวลาสัมผัส

1) เตรียมสารประกอบเชิงซ้อนโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน (2 : 1) โดยให้ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายบราซิลีนเป็น 14, 21 และ 28 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอช 4.0

2) ย้อมเส้นไหมที่อัตราส่วนเส้นไหมต่อสารละลาย 1 : 100 อุณหภูมิ 30 องศา - เซลเซียส เป็นเวลา 0 - 120 นาที

3) นำเส้นไหมขึ้นขึ้นมาบิดให้หมาด และทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

4) วัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารประกอบเชิงซ้อนก่อนและหลังการย้อมเส้นไหมที่ความยาวคลื่น 509 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี - วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

5) คำนวณหาค่าความสามารถในการดูดซับต่อน้ำหนักเส้นไหมที่เวลาใด (q_t) โดยใช้สมการที่ 2

6) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าความสามารถในการดูดซับ

8.1.6.6 การศึกษาผลของอุณหภูมิของการดูดซับสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน

1) เตรียมสารประกอบเชิงซ้อนโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน (2 : 1) โดยให้ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายบราซิลีนเป็น 14 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอช 4.0

2) ย้อมเส้นไหมที่อัตราส่วนเส้นไหมต่อสารละลาย 1 : 100 อุณหภูมิ 30, 50 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 - 120 นาที

3) นำเส้นไหมขึ้นขึ้นมาบิดให้หมาด และทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

4) วัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารประกอบเชิงซ้อนก่อนและหลังการย้อมเส้นไหมที่ความยาวคลื่น 509 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี - วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

5) คำนวณหาค่าความสามารถในการดูดซับต่อน้ำหนักเส้นไหมที่เวลาใด (q_t) โดยใช้สมการที่ 2

6) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าความสามารถในการดูดซับ

8.1.7 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหมด้วยโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง

ทำการทดลองในทำนองเดียวกันกับหัวข้อ 8.1.6 แต่เปลี่ยนสารละลายบราซิลีนเป็นสารละลายสีสกัดจากแก่นฝาง โดย

8.1.7.1 การศึกษาผลอัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง (MLR)

8.1.7.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีสกัดจากแก่นฝาง และเวลาสัมผัส

8.1.7.3 การศึกษาผลของอุณหภูมิของการดูดซับสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง

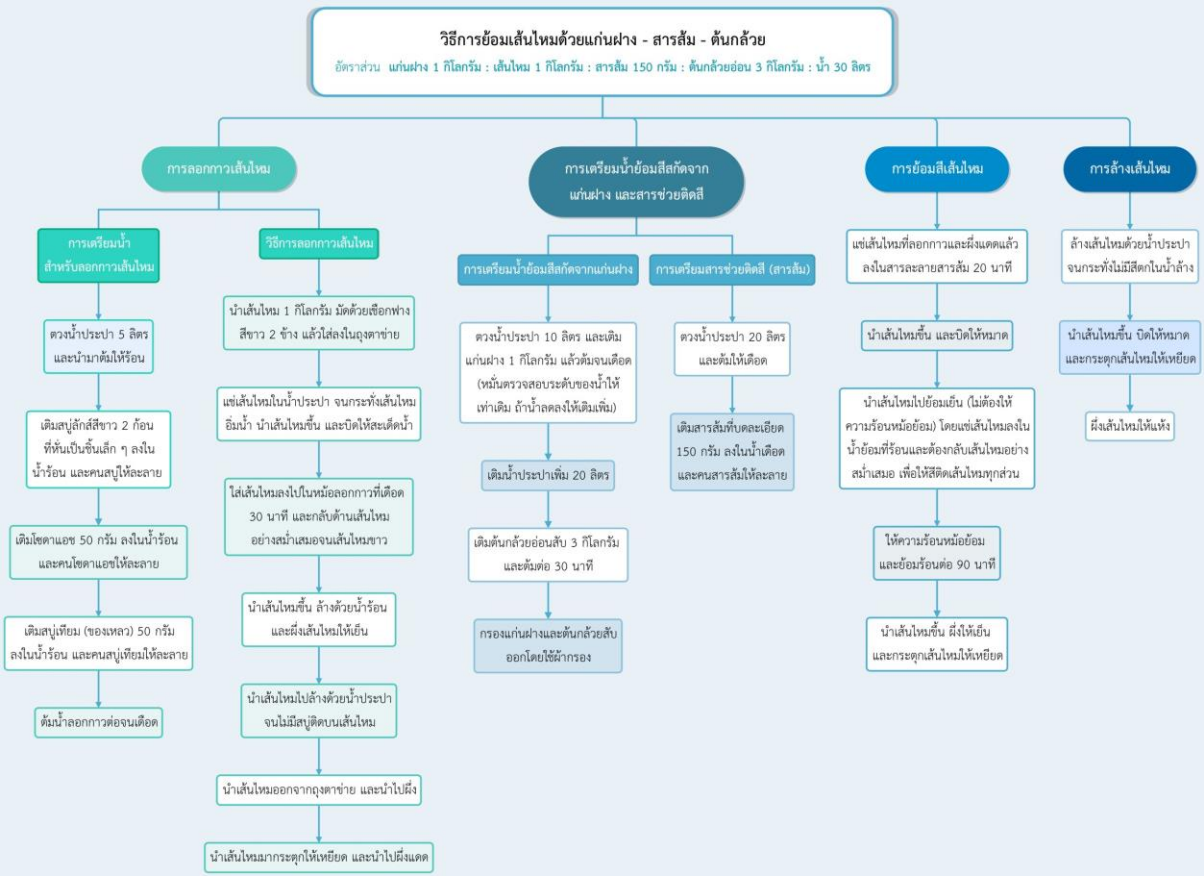
8.1.8 การทดลองย้อมเส้นไหมด้วยสีสกัดจากแก่นฝางเพื่อถ่ายทอดให้แก่ชุมชน

เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหมด้วยสีสกัดด้วยแก่นฝางเรียบร้อยแล้ว จึงทำการขยายสเกลของการย้อมเส้นไหมให้ใหญ่ขึ้น โดยมีการใช้

- แก่นฝางแทนผงสีสกัดจากแก่นฝาง
- สารส้มแทนโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต
- ต้นกล้วยอ่อนช่วยเป็นสารช่วยติดสีเพิ่มอีก 1 ชนิด เพื่อให้สีติดบนเส้นไหมดีขึ้น
- สนิมเหล็กแทนสารส้ม

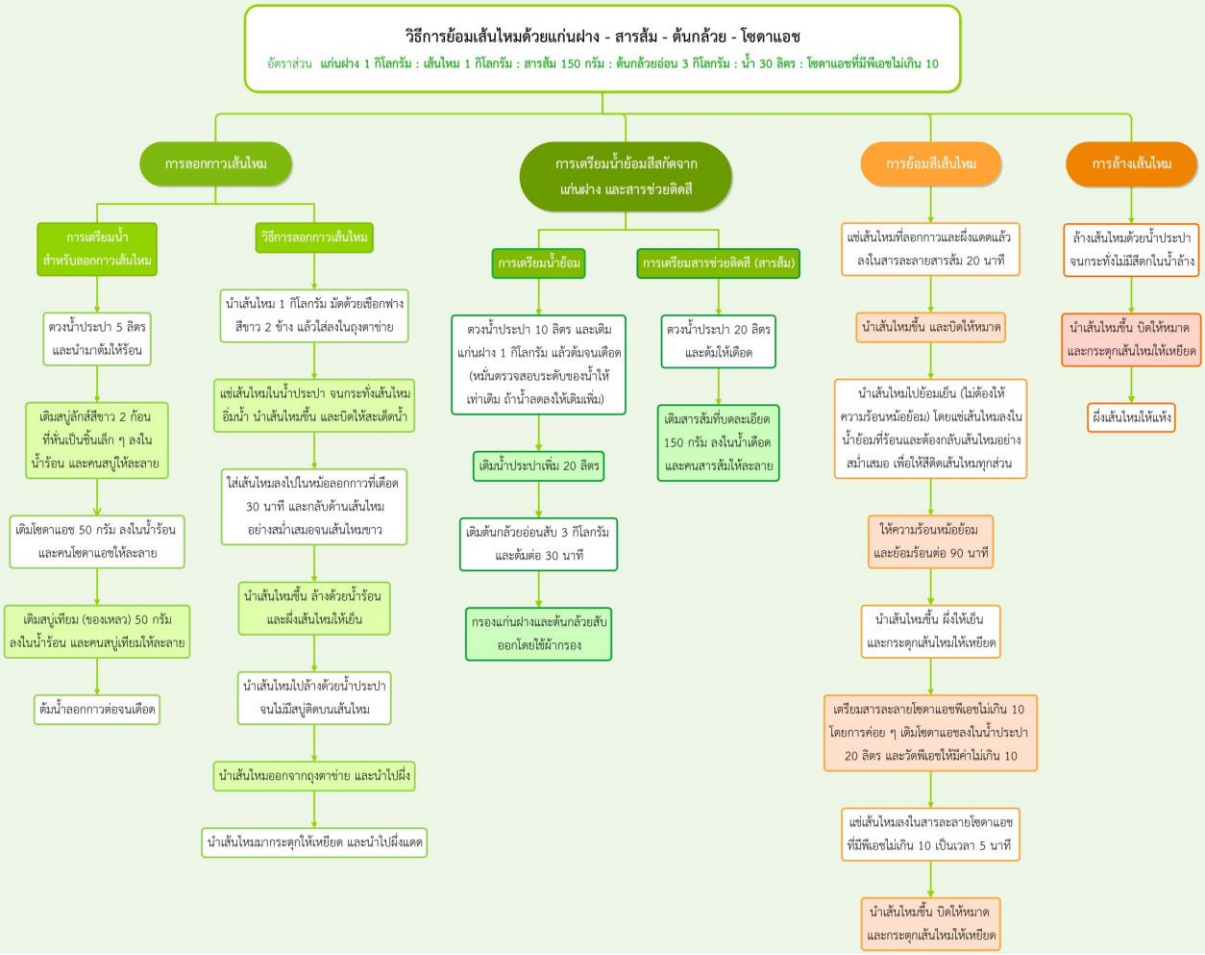
ในการทดลองย้อมเส้นไหม เพื่อนำไปถ่ายทอดให้แก่ชุมชน ซึ่งวิธีและขั้นตอนในการย้อมเส้นไหมด้วยแก่นฝางดังนี้

8.1.8.1 การย้อมเส้นไหมด้วยแก่นฝาง - สารส้ม - ต้นกล้วย โดยใช้อัตราส่วนแก่นฝาง 1 กิโลกรัม : เส้นไหม 1 กิโลกรัม : สารส้ม 150 กรัม : ต้นกล้วยอ่อน 3 กิโลกรัม : น้ำ 30 ลิตร แสดงดังในรูปที่ 5



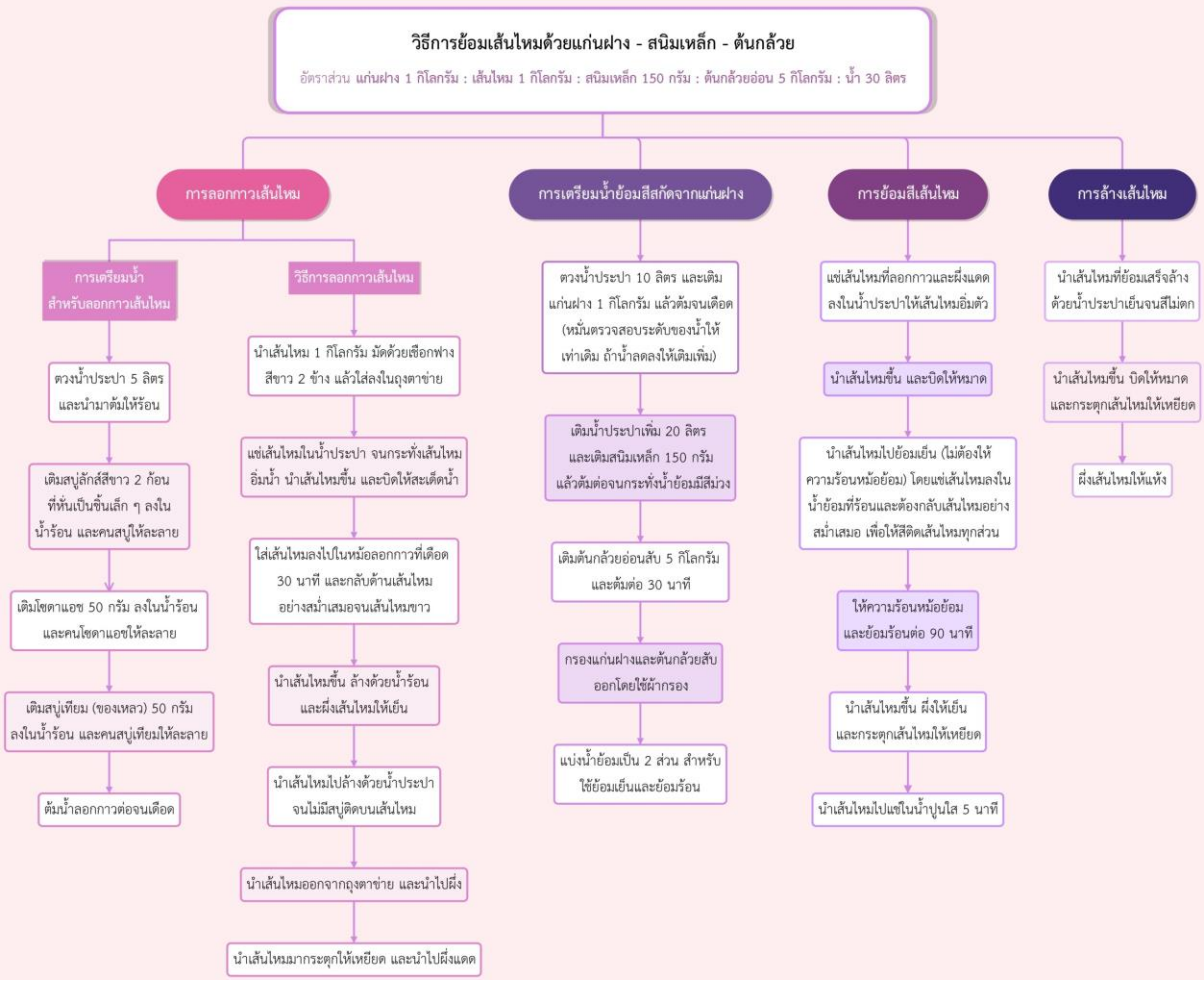
รูปที่ 5 วิธีการย้อมเส้นไหมด้วยแก่นฝาง - สารส้ม - ต้นกล้วย

8.1.8.2 การย้อมเส้นไหมด้วยแก่นฝาง - สารส้ม - ต้นกล้วย - โซดาแอช โดยใช้อัตราส่วนแก่นฝาง 1 กิโลกรัม : เส้นไหม 1 กิโลกรัม : สารส้ม 150 กรัม : ต้นกล้วยอ่อน 3 กิโลกรัม : น้ำ 30 ลิตร : โซดาแอชที่มีพีเอชไม่เกิน 10 แสดงดังในรูปที่ 6



รูปที่ 6 วิธีการย้อมเส้นไหมด้วยแก่นฝาง - สารส้ม - ต้นกล้วย - โซดาแอช

8.1.8.3 การย้อมเส้นไหมด้วยแก่นฝาง - สนิมเหล็ก - ต้นกล้วย โดยใช้อัตราส่วนแก่นฝาง 1 กิโลกรัม : เส้นไหม 1 กิโลกรัม : สนิมเหล็ก 150 กรัม : ต้นกล้วยอ่อน 5 กิโลกรัม : น้ำ 30 ลิตร แสดงดังในรูปที่ 7



รูปที่ 7 วิธีการการย้อมเส้นไหมด้วยแก่นฝาง - สนิมเหล็ก - ต้นกล้วย

8.1.8.4 ส่งเส้นไหมที่ได้จากการย้อมจากชุมชน (3 ตัวอย่าง) ไปทดสอบการตกสีของเส้นไหมตามมาตรฐานตรานกยูงพระราชทาน ของกรมหม่อนไหม ณ ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ นครราชสีมา

8.1.9 การตกแต่งผ้าให้นุ่ม

การตกแต่งสำเร็จสิ่งทอเพื่อการกันยับ/นุ่มลื่น (Softening finishes)

ผ้าผืน เสื้อผ้าต่าง ๆ ที่มีผิวสัมผัสที่นุ่มลื่น ยืดหยุ่น น่าใช้ และน่าสวมใส่เป็นคุณสมบัติสำคัญแรกที่ผู้บริโภคทั่วไปให้การพิจารณาเพื่อซื้อผ้าในปัจจุบัน การตกแต่งผ้าให้นุ่มถือเป็นกระบวนการตกแต่งสำเร็จทาง

เคมีสิ่งทอพื้นฐานที่โรงงานฟอกย้อม หรือตกแต่งสำเร็จ จะต้องมีในกระบวนการ โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ผ้าหรือสิ่งทอที่ผ่านกระบวนการย้อมหรือกระบวนการต่าง ๆ มีคุณสมบัติดังที่กล่าวมาข้างต้น การตกแต่งผ้าให้นุ่มก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาผ้าแข็งได้ การตกแต่งสำเร็จสิ่งทอเพื่อการกันยับ/นุ่มลื่น สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การตกแต่งเชิงกล และการตกแต่งเชิงเคมี ซึ่งสารช่วยให้ผ้านุ่ม (Softener) จะแสดงผลโดยตรงที่ผิวของเส้นใยในผืนผ้าที่จะทำให้ผ้านุ่ม ลื่น น่าสัมผัส โดยโมเลกุลเล็ก ๆ ของของสารนุ่มจะซึมเข้าไปในช่องว่างในโมเลกุลของโพลีเมอร์ของเส้นใย โดยการลดอุณหภูมิแก้ว และลักษณะการเรียงตัวของโมเลกลุลของสารช่วยให้ผ้านุ่มบนผืนผ้า โดยขึ้นอยู่กับไอออนของโมเลกุลของสารนุ่ม และส่วนที่ไม่ชอบน้ำของผิวเส้นใย

สารเคมีที่ใช้ในการตกแต่ง หรือสารตกแต่งนุ่ม (Softeners)

สารทำให้นุ่มจะแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยและบางส่วนก็จะเคลือบอยู่บนพื้นผิว ทำให้ผ้ามีความนุ่มมากขึ้น สารทำให้นุ่มนี้ส่วนมากเป็นสารที่มีประจุบวกหรือไม่มีประจุ สำหรับชนิดที่มีประจุลบ และประเภทที่มีทั้งประจุบวกและลบอยู่ในโมเลกุลก็มีบ้าง แต่เป็นส่วนน้อย

1) สารที่มีประจุบวก (Cationic softeners)

เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญมากที่สุดเนื่องจากมีการดูดซึมเข้าไปภายในเส้นใยทุกประเภทได้ดี ทำให้มีความคงทนดี มีประสิทธิภาพในการทำให้นุ่งสูงสุด และราคาปานกลาง ตัวอย่างที่สำคัญ คือ

1.1) Alkyl quartarnary ammonium compound เป็นกลุ่มที่มีการใช้มากที่สุด

1.2) Amino amides สารทำให้นุ่มกลุ่มนี้ มีราคาค่อนข้างแพง และให้ความนุ่มที่แตกต่างไปจากสารทำให้นุ่มประเภทอื่น มีความคงทนดี และให้ผ้าที่มีคุณสมบัติในการกันไฟฟ้าสถิต และกันการเกาะติดสิ่งสกปรกในสภาวะแห้งได้ดี ดังนั้นจึงนิยมใช้ในการตกแต่งผลิตภัณฑ์พวกพรม

1.3) Imidazolines สารทำให้นุ่มกลุ่มนี้มีราคาแพงที่สุดและให้ความนุ่มน้อยกว่ากลุ่มอื่น แต่มีข้อดีคือ ทำให้ผ้ามีคุณสมบัติในการกันไฟฟ้าสถิตที่ดี และดูดความชื้นได้ดี

2) สารที่ไม่มีประจุ (Nonionic softeners)

สารทำให้นุ่มประเภทนี้ให้ความนุ่มน้อยกว่าประเภทแรกแต่และมีการลงทุนต่ำกว่า โดยปกติจะใช้เฉพาะในกรณีที่ไม่สามารถใช้สารประเภทแรกเท่านั้น สารประเภทนี้มีข้อดีคือ เนื่องจากเป็นสารที่ไม่มีประจุจึงสามารถให้ร่วมกับสารเคมีชนิดอื่น ๆ ได้โดยไม่มีปัญหา

การตกแต่งเชิงเคมี (Chemical Finishing)

เป็นการตกแต่งโดยการใช้สารเคมี เช่น สารทำให้นุ่ม สารกันน้ำ สารกันไฟ สารกันแมลงกัดกินผ้า เป็นต้น เพื่อทำให้ได้ผ้าที่มีลักษณะตามที่ต้องการ อย่างไรก็ตามการตกแต่งเชิงเคมีอาจต้องใช้ความร้อนสูงในการทำให้สารเคมีเกิดปฏิกิริยาทางเคมียึดเหนี่ยวกับเส้นใย การตกแต่งสำเร็จที่จัดอยู่ในการตกแต่งเชิงเคมี คือ การตกแต่งให้นุ่ม ความนุ่มเป็นคุณสมบัติที่มักจะเป็นที่ต้องการในผลิตภัณฑ์สิ่งทอโดยเฉพาะเสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย ปัจจุบันการตกแต่งให้นุ่มได้มีความสำคัญมากขึ้นกว่าสมัยก่อน เนื่องจาก

1) การใช้ใยสังเคราะห์ ซึ่งมีสัมผัสที่แข็งกระด้าง

2) การใช้สารซักฟอกที่มีประสิทธิภาพสูง ทำให้ผ้ากระด้าง

3) การย้อม การพิมพ์ และการตกแต่งบางชนิด ทำให้ผ้าแข็งกระด้าง

4) ความต้องการความนุ่มในระดับที่สูงขึ้นของผู้ใช้

การตกแต่งให้นุ่มจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับเส้นใยทุกประเภท ปัจจุบันมีการกระทำกันอย่างกว้างขวางที่สุดโดยไม่เพียงแต่ในอุตสาหกรรมสิ่งทอเท่านั้น แม้แต่ในครัวเรือนก็มีการทำผ้าให้นุ่มภายหลังการซักล้างกันอย่างแพร่หลาย นอกจากทำให้ผ้านุ่มแล้ว ยังทำให้ผ้ามีเนื้อมากขึ้นมีคุณสมบัติในการกันน้ำและกันการเกิดประจุไฟฟ้าสถิต

วิธีการตกแต่งให้นุ่ม

จะใช้สารตกแต่งให้นุ่ม (Softeners) ซึ่งในการเลือกใช้สารตกแต่งให้นุ่มจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ในการนำมาใช้งานดังนี้

1) จะต้องเป็น Homogenous form

2) จะต้อง Resistance ต่อน้ำได้ดี

3) จะต้องไม่ระเหยง่าย จะต้องไม่มีสีในตัวมันเอง

4) จะต้องไม่เกิด Yellowing เมื่อวัสดุสิ่งทอผ่านความร้อนสูง ๆ หรือทิ้งวัสดุที่ผ่านการตกแต่งไว้เป็นเวลานาน ๆ

5) จะต้อง Resistance ต่อ Oxidizing agent ได้เป็นอย่างดี

กรรมวิธีการตกแต่งให้นุ่ม โดยทั่วไปมีกรรมวิธีดังนี้

1) ใช้วิธีการแช่ผ้าลงในน้ำที่มีสารทำให้นุ่มละลายอยู่ (ร้อยละ 1 - 2 ของน้ำ) ใช้เวลาประมาณ 30 นาที เพิ่มอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส นำขึ้นตากแห้งโดยไม่ต้องล้างน้ำอีก

2) วิธีการจุ่มอัดน้ำยาเข้าไปในผ้าแล้วอบแห้ง ใช้วิธีการผ่านผ้าลงในอ่างสารเคมี (5 - 10 กรัมต่อลิตร) บีบด้วยลูกกลิ้งแล้วอบแห้ง วิธีนี้สามารถตกแต่งรวมกับการตกแต่งสำเร็จอย่างอื่นที่ใช้กรรมวิธีเดียวกันได้ (งามจิตร วิฑูรย์สฤษฏ์ศิลป์, 2528)

วิธีการตกแต่งผ้าให้นุ่มในงานวิจัยนี้

8.1.9.1 ชั่งน้ำหนักผ้าที่ต้องการตกแต่งให้นุ่ม (ผ้าสำเร็จรูป) แล้วนำน้ำหนักผ้าที่ชั่งได้ไปเทียบเพื่อหาปริมาณน้ำและน้ำยานาโนนุ่มลื่นที่ต้องใช้ ดังแสดงในตารางที่ 1

8.1.9.2 ตวงน้ำตามปริมาณที่เทียบได้จากตารางใส่ลงในกาละมัง หรือถังสแตนเลส

8.1.9.3 ชั่งน้ำยานาโนนุ่มลื่นตามปริมาณที่เทียบได้จากตาราง และเติมลงในน้ำ แล้วคนให้เข้ากัน

8.1.9.4 นำผ้าที่ต้องการตกแต่งให้นุ่ม ใส่ลงภาชนะสารละลายตกแต่งให้นุ่มที่เตรียมไว้ บีบผ้าด้วยมือประมาณ 5 นาที เพื่อให้สารตกแต่งให้นุ่มเข้าเนื้อผ้าได้ดี จากนั้นแช่ผ้าไว้ 15 - 20 นาที

8.1.9.5 เมื่อครบเวลาแช่ผ้า บีบผ้าด้วยมือ รีดผ้าด้วยลูกกลิ้งให้หมาด สลัดให้แห้ง 2 - 3 นาที และผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

8.1.9.6 นำผ้าไปรีดโดยใช้ผ้ารองทับในระหว่างการรีด พร้อมตรวจสอบความนุ่มโดยใช้นิ้วหัวแม่มือคลึงลงบนผ้า สังเกตความนุ่มและความลื่นของผ้าเปรียบเทียบกับผ้าที่ไม่ได้ตกแต่ง

ตารางที่ 1 การเตรียมสารละลายตกแต่งให้นุ่ม

น้ำหนักผ้า (ขีด)	ปริมาตรน้ำ (มิลลิลิตร)	น้ำยานาโนนุ่มลื่น (กรัม)
ไม่เกิน 1 - 2	250	10
ระหว่าง 2 - 3	500	20
ระหว่าง 3 - 4	750	30
ระหว่าง 4 - 5	1000	40
ระหว่าง 5 - 6	1250	50
ระหว่าง 6 - 7	1500	60
ระหว่าง 7 - 8	1750	70
ระหว่าง 8 - 9	2000	80

หมายเหตุ ไม่ควรตกแต่งผ้าที่มีสีแตกต่างกันในภาชนะเดียวกัน

8.2 รายงานผลการดำเนินงาน

สรุปผลการดำเนินงานการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหมด้วยสีสกัดจากแก่นฝาง ดังนี้

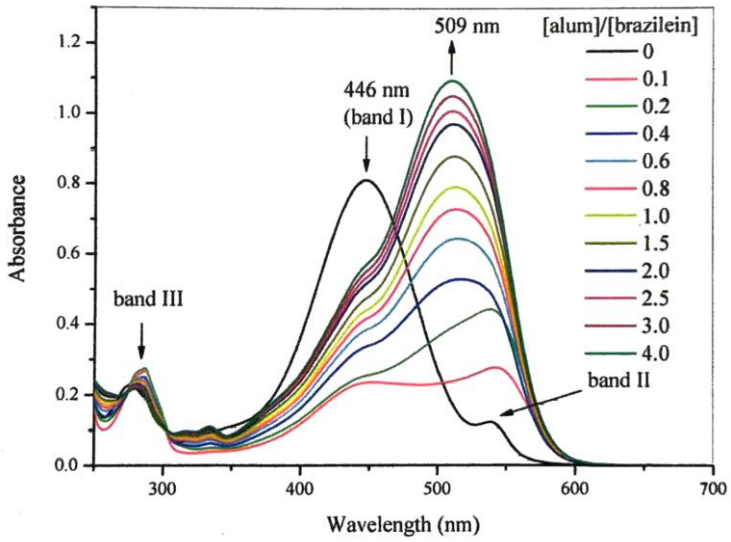
8.2.1 ผลการสกัดสีจากแก่นฝาง

ผลการสกัดสีจากแก่นฝางด้วยด้วยน้ำกลั่น โดยใช้อัตราส่วนระหว่างแก่นฝางต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 1 : 10 (กรัมต่อมิลลิลิตร) ที่อุณหภูมิ 80 - 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และทำให้เป็นผงของสีสกัดโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบระเหิด ได้ผงสีสกัดจากแก่นฝางร้อยละ 13 โดยน้ำหนัก

8.2.2 ผลการศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารช่วยติดสีกับบราซิลีน โดยใช้สารช่วยติดสี ได้แก่ โพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต โซเดียมคลอไรด์ เฟอริกไนเตรต และคอปเปอร์ - ซัลเฟต เพื่อหาชนิดของสารช่วยติดสีที่เหมาะสม และการศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายบราซิลีน และสารช่วยติดสีที่เหมาะสม - บราซิลีน

ผลศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารช่วยติดสีกับบราซิลีน โดยใช้สารช่วยติดสี ได้แก่ โพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต โซเดียมคลอไรด์ เฟอริกไนเตรต และคอปเปอร์ซัลเฟต พบว่า การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างบราซิลีนกับไอออนโลหะต่าง ๆ ได้แก่ อะลูมิเนียมไอออน (Al^{3+}) โซเดียมไอออน (Na^{+}) เฟอริกไอออน (Fe^{3+}) และคอบเปอร์ไอออน (Cu^{2+}) จะให้สเปกตรัมที่แตกต่างกัน ซึ่งการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างบราซิลีนกับอะลูมิเนียมสามารถเกิดได้ปริมาณมากในสภาวะที่ทำการทดลอง และสารประกอบเชิงซ้อนดังกล่าวให้แถบการดูดกลืนคลื่นแสงที่เลื่อนไปยังความยาวคลื่นที่ยาวขึ้น (Bathochromic shift) เมื่อเทียบกับแถบการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลีน ซึ่งหมายความว่าเมื่อบราซิลีนเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนทำให้มีความเสถียรมากขึ้น เนื่องจากบราซิลีนในรูปสารประกอบเชิงซ้อนที่มี

ประจุบวกจะดูดซับเส้นไหมที่มีหมู่ฟังก์ชันที่มีประจุลบได้แข็งแรง ซึ่งเมื่อนำไปย้อมเส้นไหมจะทำให้สีติดแน่นคงทนกว่าบราซิลีน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารช่วยติดสีที่เหมาะสม และทำการศึกษาเฉพาะสารประกอบเชิงซ้อนของโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน เท่านั้น และผลศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายบราซิลีน และโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน ที่พีเอช 4.5 โดยใช้เครื่องยูวี - วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ แสดงในรูปที่ 8

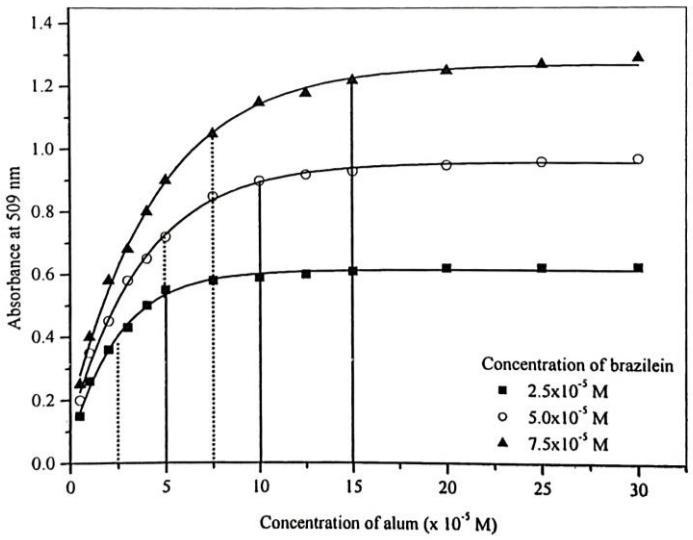


รูปที่ 8 อิเล็กโทรนิกสเปกตราของสารละลายบราซิลีน (5.0×10^{-5} M) และโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน (ความเข้มข้นของโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต 0 - 2.0×10^{-5} M) ที่พีเอช 4.5

จากรูปที่ 8 พบว่า แถบการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลีนในสารละลายน้ำแสดงแถบของการดูดกลืนคลื่นแสง 3 แถบคือ แถบที่ 1 ที่ความยาวคลื่น 446 นาโนเมตร แถบที่ 2 ที่ความยาวคลื่น 541 นาโนเมตร และแถบที่ 3 ที่ความยาวคลื่น 276 นาโนเมตร และเมื่อเติมสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียม - ซัลเฟตลงไปในสารละลายบราซิลีน จะพบแถบใหม่เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 509 นาโนเมตร ซึ่งมีความยาวคลื่นยาวขึ้นจากเดิม 63 นาโนเมตร และค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลีนที่ ความยาวคลื่น 446 นาโนเมตร จะลดลง ในขณะที่แถบใหม่ที่เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 509 นาโนเมตร จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตที่เติมลงไป ดังนั้นในการศึกษาการดูดซับสีบราซิลีนที่มีโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารช่วยติดสีจะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 509 นาโนเมตร

8.2.3 ผลการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตต่อสารละลายบราซิลีน

เมื่อเติมสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตเข้มข้น 0 - 2.5 x 10^{-4} โมลต่อลิตร ในปริมาณต่าง ๆ ลงในสารละลายบราซิลีนที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วง 2.5 - 7.5 x 10^{-5} โมลต่อลิตร ที่พีเอช 3.8 - 5.5 ผลแสดงดังในรูปที่ 9



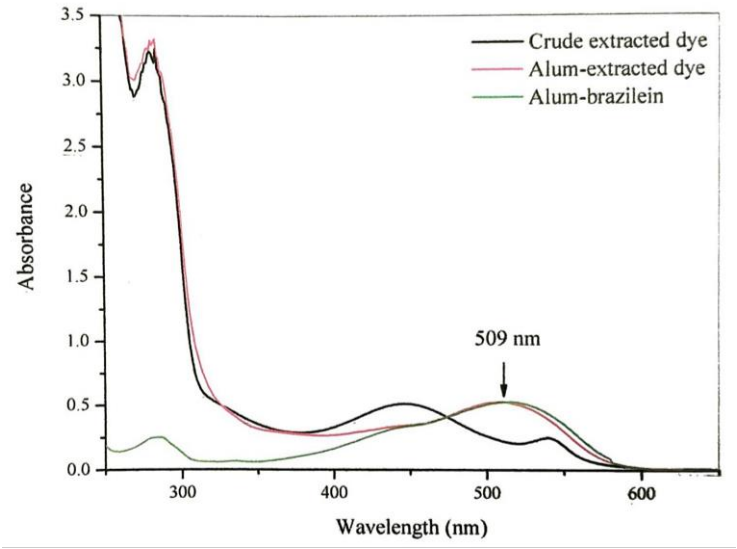
รูปที่ 9 ผลของความเข้มข้นของโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตต่อบราซิลีน โพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน 1 : 1 (เส้นประ) และโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน 2 : 1 (เส้นทึบ)

จากรูปที่ 9 พบว่า ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 509 นาโนเมตร เพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตที่เพิ่มขึ้น เช่น ที่อัตราส่วนของโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน 1 : 1 (เส้นประ) และเริ่มคงที่ที่อัตราส่วนของโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน 2 : 1 (เส้นทึบ) ที่ทุกความเข้มข้นของบราซิลีน ดังนั้นในการศึกษาการย้อมเส้นไหมจะเลือกใช้อัตราส่วนของโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน เป็น 2 : 1

8.2.4 ผลการศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางและโพแทสเซียม - อะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง

ผลการศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง แสดงดังในรูปที่ 10 พบว่า ยูวี - วิสิเบิลสเปกตราของสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางมีความยาวคลื่นที่สารดูดกลืนคลื่นแสงได้สูงสุดที่ 446 นานโนเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากันกับความยาวคลื่นที่สารดูดกลืนคลื่นแสงได้สูงสุดของบราซิลีน (446 นาโนเมตร) ส่วนสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝางแสดงค่า ความยาวคลื่นที่สารดูดกลืนคลื่นแสงได้สูงสุด

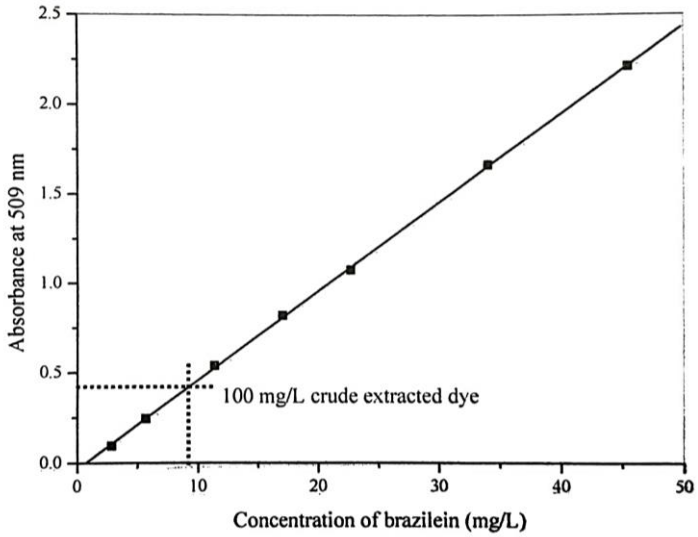
ที่ 509 นาโนเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับความยาวคลื่นที่สารดูดกลืนคลื่นแสงได้สูงสุดของสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน (509 นาโนเมตร) แสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากแก่นฝางน่าจะมีองค์ประกอบหลักเป็นบราซิลีน



รูปที่ 10 ยูวี - วิลิเบิลสเปกตราของสารละลายสีสกัดจากแก่นฝาง โพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง และโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน ในน้ำ

8.2.5 ผลการศึกษาปริมาณบราซิลีนในสีสกัดจากแก่นฝาง

ผลการศึกษาปริมาณบราซิลีนในสีสกัดจากแก่นฝาง แสดงดังในรูปที่ 11



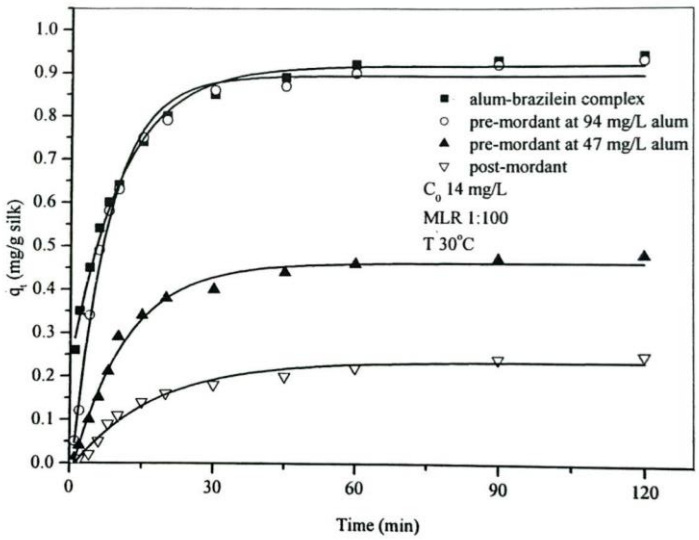
รูปที่ 11 การศึกษาปริมาณบราซิลีนในสีสกัดจากแก่นฝาง

จากรูปที่ 11 พบว่า สีสกัดจากแก่นฝาง 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 509 นาโนเมตร เท่ากับ 0.4705 ซึ่งคิดเป็นปริมาณบราซิลีนร้อยละ 9

8.2.6 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหม

8.2.6.1 ผลการเปรียบเทียบวิธีการย้อมสีเส้นไหมด้วยสารละลายบราซิลีน และการใช้สารช่วยติดสี (โพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต)

ผลการศึกษาวิธีการย้อมสีบราซิลีนที่ความเข้มข้นเท่ากันคือ 14 มิลลิกรัมต่อลิต บนเส้นไหม 3 วิธีคือ 1) แบบใช้สารติดสีก่อนการย้อม (Pre - mordanting) 2) ใช้สารช่วยติดสีขณะย้อม (Simultaneous mordanting) และ 3) ใช้สารช่วยติดสีหลังการย้อม (Post - mordanting) โดยใช้ MLR 1 : 100 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 - 120 นาที ดังแสดงในรูปที่ 12

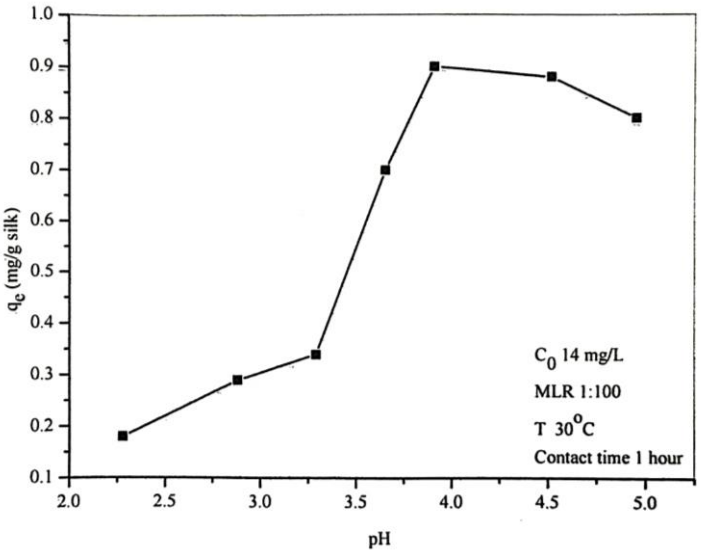


รูปที่ 12 การเปรียบเทียบวิธีการย้อมสีบราซิลีน 3 วิธีคือ 1) แบบใช้สารติดสีก่อนการย้อม 2) ใช้สารช่วยติดสีขณะย้อม และ 3) ใช้สารช่วยติดสีหลังการย้อม

จากรูปที่ 12 พบว่า วิธีใช้สารช่วยติดสีหลังการย้อมจะมีปริมาณสีที่ติดบนเส้นไหมน้อยมาก แต่เมื่อใช้สารช่วยติดสีก่อนย้อมในปริมาณ 47 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีปริมาณสีบนเส้นไหมน้อยกว่าเมื่อใช้สารติดสีก่อนย้อมในปริมาณ 94 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ถ้าใช้สารช่วยติดสีขณะย้อมเพียง 47 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ปริมาณสีที่ติดบนเส้นไหมมีค่าใกล้เคียงกันกับกรณีที่ใช้สารติดสีก่อนย้อมในปริมาณ 94 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นจึงเลือกวิธีใช้สารช่วยติดสีขณะย้อมในการย้อมสีเส้นไหมด้วยบราซิลีน เพื่อให้ได้ปริมาณสีที่ติดบนเส้นไหมสูงที่สุดและใช้ปริมาณสารช่วยติดสีน้อยที่สุด

8.2.6.2 ผลการศึกษาผลของพีเอช

ผลการศึกษาย้อมสีเส้นไหมด้วยสารละลายบราซิลีนเข้มข้น 14 มิลลิกรัมต่อลิตร ย้อมด้วยวิธีวิธีใช้สารช่วยติดสีขณะย้อม ที่พีเอช 2.2 - 4.9 MLR 1 : 100 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที แสดงดังในรูปที่ 13



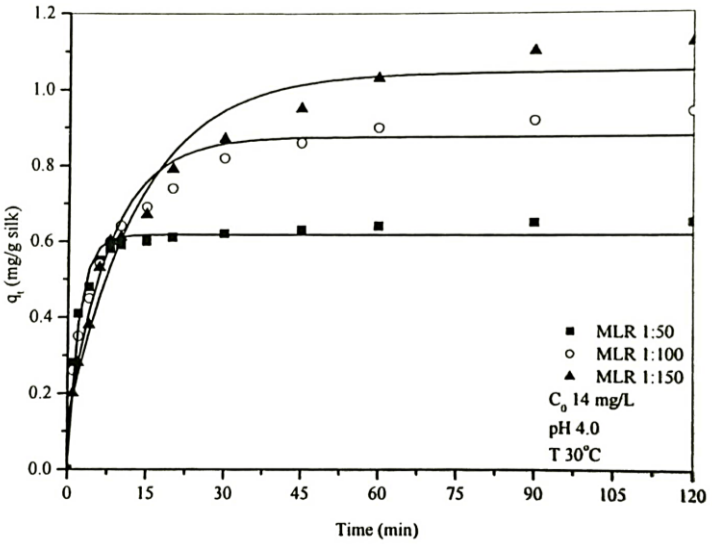
รูปที่ 13 ผลของพีเอชต่อการย้อมสีเส้นไหมด้วยโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน

จากรูปที่ 13 พบว่า ปริมาณสีที่ติดบนเส้นไหมเพิ่มขึ้นเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นในช่วง 2.2 - 3.9 และจะมีค่าลดลงในช่วงพีเอช 3.9 - 4.5 ซึ่งปริมาณสีบนเส้นไหมมีค่าสูงสุดที่พีเอช 3.9 ดังนั้นจึงเลือกพีเอช 4 ในการศึกษาการย้อม

8.2.6.3 ผลการศึกษาผลอัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน (MLR)

ผลการศึกษาผลของอัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียม - ซัลเฟต - บราซิลีน (MLR) 1 : 50, 1 : 100 และ 1 : 150 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายบราซิลีน 14 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 4.0 และอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แสดงดังในรูปที่ 14 และตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณสีที่ถูกดูดซับเพิ่มขึ้นตามปริมาตรของสารละลายสีหรือ MLR ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อปริมาตรของสารละลายสีมากกว่าเส้นไหมจะมีความสามารถในการกระจายตัวได้ดีกว่า และทำให้สารละลายสีถูกดูดซับที่ผิวของเส้นไหมได้ดีกว่าที่ปริมาตรของสารละลายสีหรือ MLR ต่ำกว่า และจากตารางที่ 2 แสดงค่าคงที่อัตราของสมการ Pseudo first-order และ Pseudo second-order พบว่า ข้อมูลจากสมการ Pseudo second-order แสดงค่า Linear regression coefficients; $R^2 > 0.99$ และพบว่า ค่าความจุของการดูดซับ (Adsorption capacity

values, $q_{e,cal}$) สำหรับสมการ Pseudo second-order มีค่าใกล้เคียงกับค่าความจุของการดูดซับที่ได้จากการทดลอง ($q_{e,exp}$) มากกว่าสมการ Pseudo first-order



รูปที่ 14 ผลของอัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน ต่อการดูดซับสีบนเส้นไหม

จากรูปที่ 14 พบว่า MLR 1 : 150 มีปริมาณสีที่ถูกดูดซับสูงที่สุดเมื่อเทียบกับ MLR 1 : 100 และ 1 : 50 แต่อย่างไรก็ตามเพื่อลดปริมาณของสารละลายสีที่เหลือจากการย้อม ในการศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายและเวลาสัมผัส และอุณหภูมิ จะเลือกใช้ MLR 1 : 100

8.2.6.4 ผลการศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายบราซิลีน และเวลาสัมผัส

ผลการศึกษาผลผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายบราซิลีน และเวลาสัมผัสที่ MLR 1 : 100 พีเอช 4.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แสดงดังในรูปที่ 15 และตารางที่ 2 พบว่า ค่าความจุการดูดซับ($q_{e,\ exp}$) เพิ่มขึ้นจาก 0.94 - 1.88 มิลลิกรัมต่อกรัมเส้นไหม เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายบราซิลีนเพิ่มขึ้นจาก 14 - 28 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ MLR 1 : 100 พีเอช 4.0 และอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลาเข้าสู่สมดุลคือ 60 นาที และจากตารางที่ 2 พบว่า ค่าคงที่อัตราของสมการ Pseudo second-order แสดงค่า Linear regression coefficients ($R^2 > 0.99$) สูงกว่าสมการ Pseudo first-order และพบว่าค่าความจุของการดูดซับ (Adsorption capacity values, $q_{e,\ cal}$) สำหรับสมการ Pseudo second-order มีค่าใกล้เคียงกับค่าความจุของการดูดซับที่ได้จากการทดลองมากกว่าสมการ Pseudo first-order และนอกจากนี้ยังพบว่า สำหรับสมการ Pseudo second-order ค่าคงที่อัตรา (k_2) ลดลงเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าคงที่อัตราเริ่มต้น (Initial adsorption rate, h_i) เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นเพิ่มขึ้น

สมการ Pseudo first-order

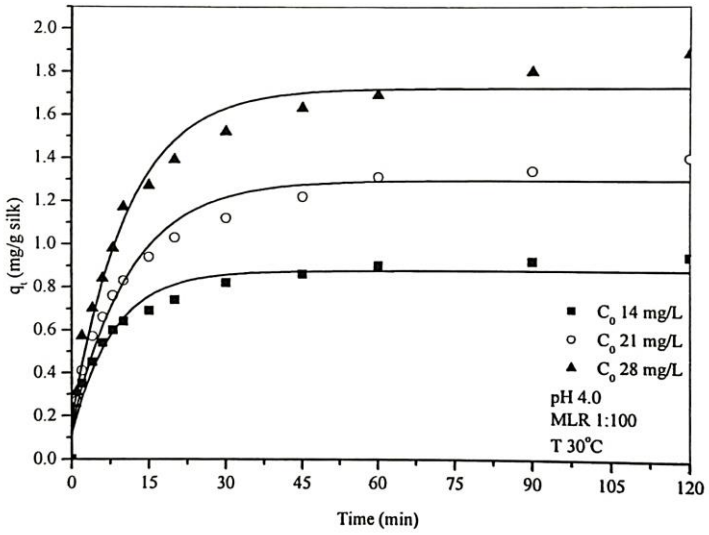
$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (4)$$

สมการ Pseudo second-order

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (5)$$

โดย

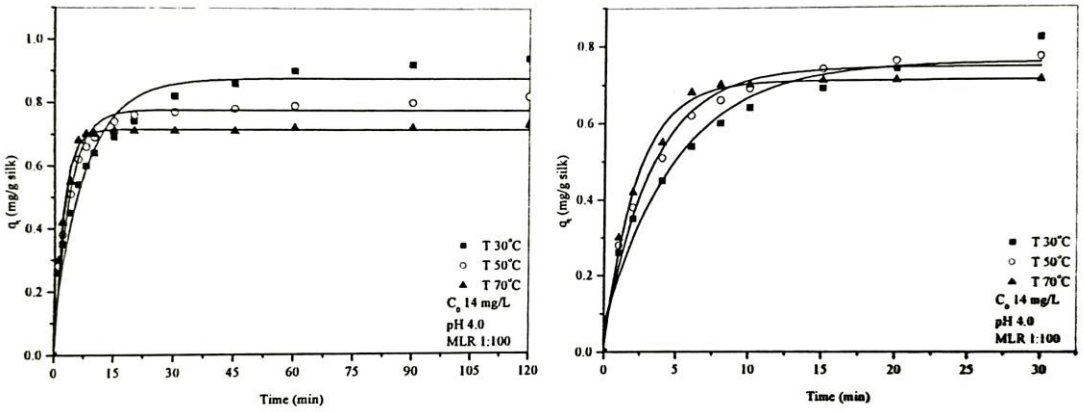
$$h_i = k_2 q_e^2 \quad (6)$$



รูปที่ 15 ผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายบราซิลีน และเวลาสัมผัสของการดูดซับสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน บนเส้นไหม

8.2.6.5 ผลการศึกษาผลของอุณหภูมิของการดูดซับสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน

ผลการศึกษาผลของอุณหภูมิของการดูดซับสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน บนเส้นไหมที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายบราซิลีน 14 มิลลิกรัมต่อลิตร MLR 1 : 100 พีเอช 4.0 ในช่วงอุณหภูมิ 30 - 70 องศาเซลเซียส แสดงดังในรูปที่ 16 และตารางที่ 2 พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าคงที่อัตราเริ่มต้น (Initial adsorption rate, h_i) เพิ่มขึ้นด้วย และพบว่า ก่อนปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุลเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอัตราการดูดซับเพิ่มขึ้นแต่เมื่อหลังสมดุลพบว่า ปริมาณการดูดซับลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งแสดงว่าปฏิกิริยาการดูดซับสีบนเส้นไหมเป็นแบบคายความร้อน และจากตารางที่ 2 พบว่า ค่าคงที่อัตราของสมการ Pseudo second-order แสดงค่า Linear regression coefficients ($R^2 > 0.99$) สูงกว่าสมการ Pseudo first-order แสดงว่า กระบวนการดูดซับเป็นไปตามกลไกของ Pseudo second-order model



รูปที่ 16 ผลของอุณหภูมิของการดูดซับสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน บนเส้นไหม

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าคงที่อัตราของสมการ Pseudo first-order และ Pseudo second-order ค่า $q_{e,\,cal}$ และ $q_{e,\,exp}$ ที่ MLR ความเข้มข้นเริ่มต้น และอุณหภูมิต่าง ๆ กัน ของการดูดซับสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลีน บนเส้นไหม

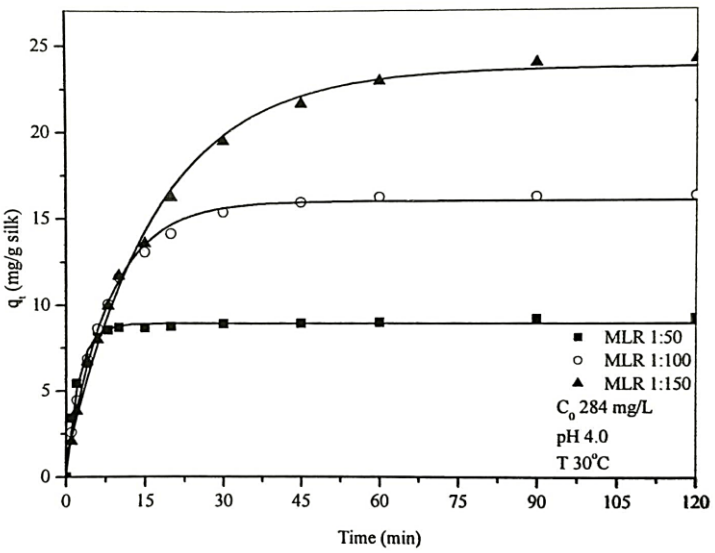
Parameters	$q_{e,\,exp}$ (mg/g silk)	First-order kinetic model			Second-order kinetic model			
		k_1	$q_{e,\,cal}$ (mg/g silk)	R^2	k_2	h_i	$q_{e,\,cal}$ (mg/g silk)	R^2
MLR : initial dye concentration (C_0) 14 mg/L, pH 4.0, temp. 30°C								
1 : 50	0.65	0.0503	0.16	0.95575	1.1392	0.50	0.66	0.99996
1 : 100	0.94	0.0405	0.51	0.98723	0.2236	0.21	0.96	0.99940
1 : 150	1.17	0.0285	0.80	0.98719	0.1034	0.14	1.17	0.99744
Initial dye concentration (mg/L) : pH 4.0, MLR 1 : 100, temp. 30°C								
14	0.94	0.0405	0.51	0.98723	0.2236	0.21	0.96	0.99940
21	1.40	0.0330	0.87	0.97907	0.1132	0.23	1.43	0.99894
28	1.88	0.0323	0.85	0.97950	0.0778	0.28	1.90	0.99914
Temperature (°C) : initial dye concentration (C_0) 14 mg/L, pH 4.0, MLR 1 : 100								
30	0.94	0.0405	0.51	0.98723	0.2236	0.21	0.96	0.99940
50	0.82	0.0347	0.24	0.87733	0.6260	0.42	0.82	0.99995
70	0.73	0.0322	0.08	0.67766	1.6618	0.89	0.73	0.99984

8.2.7 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหมด้วยโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง

จากผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหมด้วยโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - บราซิลิน พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการย้อม ได้แก่ อัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายสี (MLR) ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีและเวลาสัมผัส และอุณหภูมิ เป็นต้น ดังนั้นจึงนำสภาวะที่เหมาะสมที่สุดไปประยุกต์ใช้กับสีสกัดจากแก่นฝาง ดังนี้

8.2.7.1 ผลการศึกษาผลอัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง (MLR)

ผลการศึกษาผลของอัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียม - ซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง (MLR) 1 : 50, 1 : 100 และ 1 : 150 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีสกัดจากแก่นฝาง 284 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 4.0 และอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แสดงดังในรูปที่ 17 และตารางที่ 3 พบว่า ปริมาณสีที่ถูกดูดซับเพิ่มขึ้นตามปริมาตรของสารละลายสีหรือ MLR ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อปริมาตรของสารละลายสีมากกว่าเส้นไหมจะมีความสามารถในการกระจายตัวได้ดีกว่า และทำให้สารละลายสีถูกดูดซับที่ผิวของเส้นไหมได้ดีกว่าที่ปริมาตรของสารละลายสีหรือ MLR ต่ำกว่า และจากตารางที่ 3 แสดงค่าคงที่อัตราของสมการ Pseudo first-order และ Pseudo second-order พบว่า ข้อมูลจากสมการ Pseudo second-order แสดงค่า Linear regression coefficients; $R^2 > 0.99$ และพบว่า ค่าความจุของการดูดซับ (Adsorption capacity values, $q_{e,\,cal}$) สำหรับสมการ Pseudo second-order มีค่าใกล้เคียงกับค่าความจุของการดูดซับที่ได้จากการทดลอง ($q_{e,\,exp}$) มากกว่าสมการ Pseudo first-order

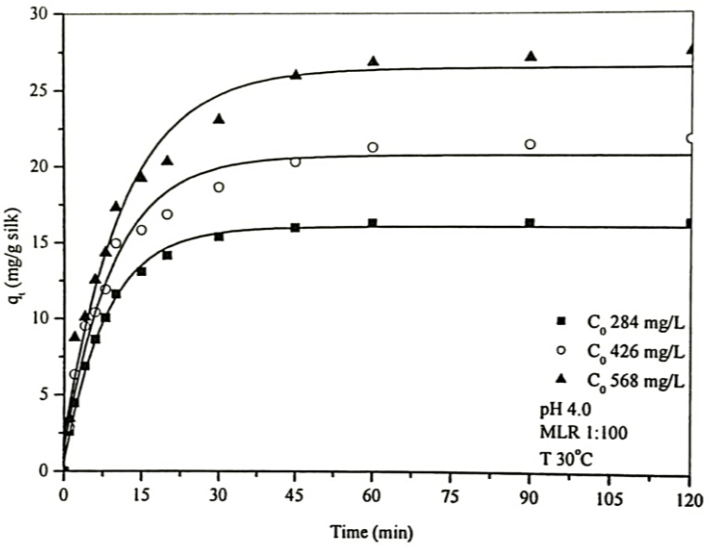


รูปที่ 17 ผลของอัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายสีต่อการดูดซับโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง บนเส้นไหม

จากรูปที่ 17 พบว่า MLR 1 : 150 มีปริมาณสีที่ถูกดูดซับสูงที่สุดเมื่อเทียบกับ MLR 1 : 100 และ 1 : 50 แต่อย่างไรก็ตามเพื่อลดปริมาณของสารละลายสีที่เหลือจากการย้อม ในการศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายและเวลาสัมผัส และอุณหภูมิ จะเลือกใช้ MLR 1 : 100

8.2.7.2 ผลการศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีสกัดจากแก่นฝาง และเวลาสัมผัส

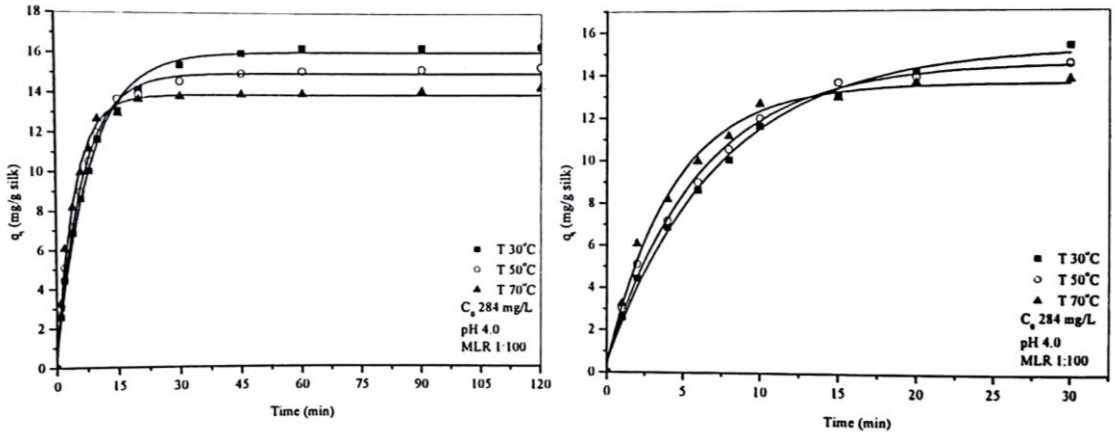
ผลการศึกษาผลผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีสกัดจากแก่นฝาง และเวลาสัมผัส ที่ MLR 1 : 100 พีเอช 4.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แสดงดังในรูปที่ 18 และตารางที่ 3 พบว่าค่าความจุการดูดซับ($q_{e,\ exp}$) เพิ่มขึ้นจาก 16.31 - 27.49 มิลลิกรัมต่อกรัมเส้นไหม เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางเพิ่มขึ้นจาก 284 - 568 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ MLR 1 : 100 พีเอช 4.0 และอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลาเข้าสู่สมดุลคือ 60 นาที และจากตารางที่ 3 พบว่า ค่าคงที่อัตราของสมการ Pseudo second-order แสดงค่า Linear regression coefficients ($R^2 > 0.99$) สูงกว่าสมการ Pseudo first-order และพบว่า ค่าความจุของการดูดซับ (Adsorption capacity values, $q_{e,\ cal}$) สำหรับสมการ Pseudo second-order มีค่าใกล้เคียงกับค่าความจุของการดูดซับที่ได้จากการทดลองมากกว่าสมการ Pseudo first-order นอกจากยังพบว่า สำหรับสมการ Pseudo second-order ค่าคงที่อัตรา (k_2) ลดลงเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าคงที่อัตราเริ่มต้น (Initial adsorption rate, h_i) เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นเพิ่มขึ้น



รูปที่ 18 ผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีและเวลาสัมผัสของการดูดซับโพแทสเซียมอะลูมิเนียม - ซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝางบนเส้นไหม

8.2.7.3 ผลการศึกษาผลของอุณหภูมิของการดูดซับสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง

ผลการศึกษาผลของอุณหภูมิของการดูดซับสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง บนเส้นไหมที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีสกัดจากแก่นฝาง 284 มิลลิกรัมต่อลิตร MLR 1 : 100 พีเอช 4.0 ในช่วงอุณหภูมิ 30 - 70 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 19 และตารางที่ 3 พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าคงที่อัตราเริ่มต้น (Initial adsorption rate, h_i) เพิ่มขึ้นด้วย และพบว่าก่อนปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุล เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอัตราการดูดซับเพิ่มขึ้นแต่เมื่อหลังสมดุลพบว่า ปริมาณการดูดซับลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งแสดงว่าปฏิกิริยาการดูดซับสีบนเส้นไหมเป็นแบบคายความร้อน และจากตารางที่ 3 พบว่า ค่าคงที่อัตราของสมการ Pseudo second-order แสดงค่า Linear regression coefficients ($R^2 > 0.99$) สูงกว่าสมการ Pseudo first-order แสดงว่า กระบวนการดูดซับเป็นไปตามกลไกของ Pseudo second-order model



รูปที่ 19 ผลของอุณหภูมิของการดูดซับของโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง บนเส้นไหม

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่าคงที่อัตราของสมการ Pseudo first-order และ Pseudo second-order ค่า $q_{e,\,cal}$ และ $q_{e,\,exp}$ ที่ MLR ความเข้มข้นเริ่มต้น และอุณหภูมิต่าง ๆ กัน ของการดูดซับสารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต - สีสกัดจากแก่นฝาง บนเส้นไหม

Parameters	$q_{e,\,exp}$ (mg/g silk)	First-order kinetic model			Second-order kinetic model			
		k_1	$q_{e,\,cal}$ (mg/g silk)	R^2	k_2	h_i	$q_{e,\,cal}$ (mg/g silk)	R^2
MLR : initial dye concentration (C_0) 284 mg/L, pH 4.0, temp. 30°C								
1 : 50	9.23	0.0429	1.78	0.87126	0.0901	7.72	9.26	0.99985
1 : 100	16.31	0.0728	10.74	0.98145	0.0104	3.20	17.53	0.99952
1 : 150	24.17	0.0518	22.49	0.99797	0.0026	2.01	27.80	0.99917
Initial dye concentration (mg/L) : pH 4.0, MLR 1 : 100, temp. 30°C								
284	16.31	0.0728	10.74	0.98145	0.0104	3.20	17.53	0.99952
426	21.85	0.0439	13.61	0.97541	0.0066	3.52	23.11	0.99951
568	27.49	0.0485	19.06	0.98485	0.0045	3.94	29.59	0.99903
Temperature (°C) : initial dye concentration (C_0) 284 mg/L, pH 4.0, MLR 1 : 100								
30	16.31	0.0728	10.74	0.98145	0.0104	3.20	17.53	0.99952
50	15.27	0.0548	6.80	0.94562	0.0165	4.21	15.97	0.99955
70	14.22	0.0458	4.19	0.87363	0.0290	6.12	14.53	0.99967

8.2.8 ผลการย้อมไหมด้วยฝางที่ถ่ายทอดให้แก่ชุมชน

ผลการย้อมเส้นไหมด้วยแก่นฝางที่ถ่ายทอดให้แก่ชุมชน แสดงดังตารางที่ 4 และดังผลิตภัณฑ์ที่ส่งมาด้วย

ตารางที่ 4 สีของไหมที่ย้อมด้วยแก่นฝาง และผลทดสอบการตกสีของเส้นไหมตามมาตรฐานตรานกยูงพระราชทาน ของกรมหม่อนไหม

วิธีการย้อมไหม	เส้นไหมที่ได้	ผลการทดสอบการตกสี
การย้อมไหมด้วยแก่นฝาง - สารส้ม - ต้นกล้วย		อยู่ระหว่างรอผลการทดสอบการตกสีของเส้นไหมตามมาตรฐานตรานกยูงพระราชทาน ของกรมหม่อนไหม ณ ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ นครราชสีมา
การย้อมไหมด้วยแก่นฝาง - สารส้ม - ต้นกล้วย - โซดาแอช		
การย้อมไหมด้วยแก่นฝาง - สนิมเหล็ก - ต้นกล้วย		

8.2.9 ผลการตกแต่งผ้าให้นุ่ม

ผลการตกแต่งผ้าให้นุ่ม โดยใช้น้ำยานาโนนุ่มลื่นที่ถ่ายทอดให้แก่ชุมชน พบว่า ผ้าที่ผ่านการตกแต่งจะมีความนุ่มเพิ่มขึ้น แสดงดังตารางที่ 5 และดังผลิตภัณฑ์ที่ส่งมาด้วย

ตารางที่ 5 ลักษณะของผ้าที่ตกแต่งให้นุ่ม

ผ้าก่อนตกแต่งให้นุ่ม	ผ้าหลังตกแต่งให้นุ่ม

8.3 ตารางสรุปแผนการดำเนินงาน

ลำดับที่	กิจกรรม	ระยะเวลาดำเนินการ				
		เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
1	ติดต่อผู้ประกอบการ					
2	ทบทวนรายงานการวิจัย เลือกใช้เครื่องมือ					
3	จัดซื้อจัดจ้างวัสดุและเครื่องมือ					
4	ปฏิบัติการฝึกอบรมและถ่ายทอดองค์ความรู้ผู้ประกอบการ					
5	การติดตามผลการดำเนินงาน					
6	ประมวลผลและรายงานผลการดำเนินงาน					

9. รายละเอียดการประเมินค่าใช้จ่ายในโครงการ

ลำดับ	รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
1	**ค่าตอบแทน**	
	1.1 ค่าตอบแทนหัวหน้าโครงการ 5,000 บาท/เดือน	15,000
	รวม	**15,000**
2	**ค่าใช้สอย**	
	2.1 ค่าเช่าเหมารถพร้อมน้ำมันเชื้อเพลิง	7,000
	2.2 ค่าทดสอบเส้นไหมที่ผ่านการย้อม (ทดสอบการตกสีของ เส้นไหมตามมาตรฐานตรานกยูงพระราชทาน ของกรมหม่อนไหม)	8,000
	รวม	**15,000**
3	**งบวัสดุอุปกรณ์**	
	2.1 ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ เช่น สารเคมี กระดาษกรอง และชุดทดสอบ	20,000
	2.2 ค่าวัตถุดิบ เส้นไหม ส่วนผสมต่าง ๆ	25,000
	รวม	**45,000**
4	**อื่น ๆ**	
	4.1 ค่าวัสดุสำนักงานและค่าจัดทำเล่มรายงาน	5,000
	รวม	5,000
รวมค่าใช้จ่ายสุทธิ		**80,000**
รวมงบสนับสนุนโดยภาคเอกชน เป็นเงิน		**-**
รวมงบสนับสนุนโดยอุทยานวิทยาศาสตร์ เป็นเงิน		**80,000**

หมายเหตุ: สป.อว. จะสนับสนุนโครงการยกเว้น รายการครุภัณฑ์ / การเดินทางไปต่างประเทศ และตามคณะกรรมการพิจารณาข้อเสนอโครงการ พิจารณาเห็นสมควร

10. ภาระงาน

ลำดับ	รายชื่อคณะทำงาน	ตำแหน่ง	ภาระงาน (ชั่วโมง/สัปดาห์)
1	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมณชนก วงศ์สุขสิน	อาจารย์	5
2	ดร.ชุติมา เปลื้องกลาง	อาจารย์	5
3	ดร.วนิดา ชูหมื่นไวย	อาจารย์	5
4	นายยุทธนา ตอสกุล	หัวหน้างานบริการการศึกษา	5
5	นางสาวพิชญานิน ปลื้มสุด	นักวิชาการศึกษา	3
6	นางสาวฐานิฏฐ์กานต์ ทวนไธสง	นักวิทยาศาสตร์	3
7	นางสาวเพ็ญพร มีเงินลาด	นักวิทยาศาสตร์	3

11. ผลลัพธ์

ประโยชน์ที่ผู้ประกอบการจะได้ในโครงการนี้

1) ทราบสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหมด้วยสีสกัดจากแก่นฝาง

2) สามารถพัฒนาคุณภาพของการย้อมเส้นไหมด้วยสีสกัดจากแก่นฝาง

3) ได้เส้นไหมที่มีความคงทนตามมาตรฐานตรานกยูงพระราชทาน ของกรมหม่อนไหม

4) ได้สิ่งทอที่มีความนิ่มด้วยเทคโนโลยีสิ่งทอนาโน

ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้เส้นไหมที่มีความคงทนตามมาตรฐานตรานกยูงพระราชทาน ของกรมหม่อนไหม

2) ได้สิ่งทอที่มีความนิ่มด้วยเทคโนโลยีสิ่งทอนาโน

12. บรรณานุกรม

กมณชนก วงศ์สุขสิน. (2551). **การดูดซับสีโฮโมไอโซฟลาโวนอยด์และสีสกัดจากแก่นฝาง บนเส้นไหมและการบำบัดจากแก่นฝาง บนเส้นไหมและการบำบัดน้ำทิ้งจากการย้อมด้วยถ่านกัมมันต์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

งามจิตร วิฑูรย์สฤษฏ์ศิลป์. (2528). **การตกแต่งสำเร็จ.** กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.

เฉลิมพร ทองพูน. (2556). **การพัฒนาสีย้อมธรรมชาติสำหรับฝ้ายและไหมจากส่วนเปลือกต้นกระท้อน**. (รายงานการวิจัย). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สถาบันวิจัยและพัฒนา.

ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (2553). **ฝาง**. ค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2565, จาก http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=241.

ณภัทร ยศยิ่งยง. (2557). **การพัฒนาความคงทนของสีและเฉดสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยวัสดุสีธรรมชาติ**. (รายงานการวิจัย). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

มาลี ตั้งสถิตย์กุลชัย เสาวนีย์ รัตนพานี และวิจิตร รัตนพานี. (2550). **การสกัดและการเกิดสารเชิงซ้อนของสีย้อมธรรมชาติจากแก่นฝาง**. (รายงานการวิจัย). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี - สุรนารี.

สำนักงานนโยบายและทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2554). **รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2554**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงาน.

สุดาพร ตังควนิช และพลฤทธิ์ ไชยกาล. (2557). **การถ่ายทอดเทคโนโลยีการฟอกย้อมเส้นใยจากกก ปอ และเตยด้วยสีธรรมชาติเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานสำหรับวิสาหกิจชุมชน**. (รายงานการวิจัย). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

อภิชาติ สนธิสมบัติ. (2544). **เอกสารประกอบการเรียนการสอน วิชาระบบการตกแต่งสิ่งทอ 2**. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

อนงค์พรรณ หัตถมาศ. (2551). **การศึกษาคุณภาพของสีจากแก่นและเปลือกต้นไม้ เพื่อสร้างชิ้นงานบนผืนผ้าพื้นเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์**. (รายงานการวิจัย). คณะเทคโนโลยีการเกษตร: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

Medthai. (2014). **ฝาง สรรพคุณและประโยชน์ของต้นฝาง 49 ข้อ ! (แก่นฝางเสน)**. ค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2565. จาก https://medthai.com/ฝาง/.

Ngamwonglumlert, L., Devahastin, S, Chiewchan, N and Raghavan, V. (2020). Color and molecular structure alterations of brazilein extracted from *Caesalpinia sappan* L. under diferent pH and heating conditions. **Scientific Report Nature research, 10**.

Ohama, P., and Tumpat, N. (2014). Textile Dyeing with Natural Dye from Sappan Tree (*Caesalpinia sappan* Linn.) Extract. **International Journal of Chemical, Biomolecular, Metallurgical, Materials Science and Engineering. 8**(5), 352 - 354.

13. เอกสารแนบ (ใบรายงานผลการทดสอบการตกสีของเส้นไหมตามมาตรฐานตรานกยูงพระราชทานของกรมหม่อนไหม)

ที่ กษ ๒๗๐๕.๑/ ๕๔๑

ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จ
พระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ
นครราชสีมา ๑๘๘๗ ถนนมิตรภาพ
ตำบลในเมือง อำเภอเมือง
จังหวัดนครราชสีมา ๓๐๐๐๐

๒๖ พฤศจิกายน ๒๕๖๕

เรื่อง รายงานผลทดสอบการตกสีของเส้นไหมตามมาตรฐานตรานกยูงพระราชทานของกรมหม่อนไหม

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ตามที่ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมณชนก วงศ์สุขสิน อาจารย์ประจำหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา กำลังทำโครงการวิจัย เรื่อง “การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหมด้วยสีสกัดจากแก่นฝาง”

ทั้งนี้ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ นครราชสีมา ได้ทำการทดสอบตัวอย่างเส้นไหมที่ทำการย้อมด้วยสีสกัดจากแก่นฝาง ผลการทดสอบพบว่า ไม่พบการตกสีของเส้นไหมตามมาตรฐานตรานกยูงพระราชทานของกรมหม่อนไหม ดังผลแนบท้ายนี้

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

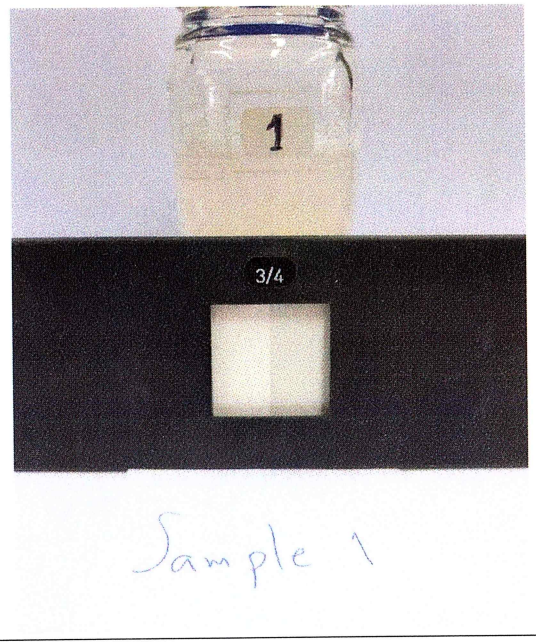
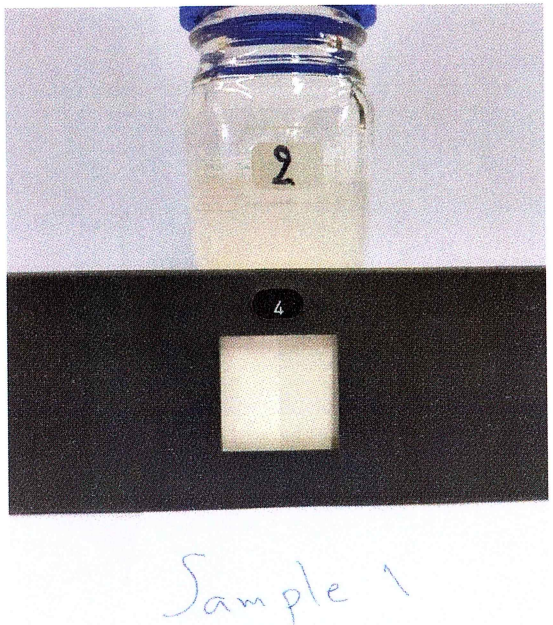
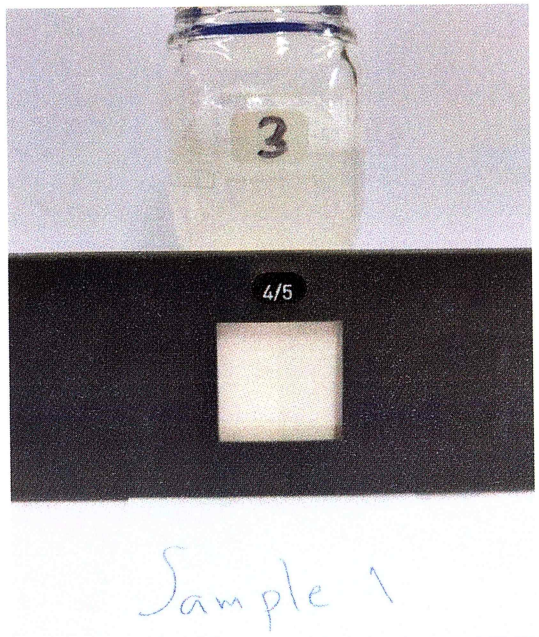
ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวจุฑารัตน์ จามกระโทก)
นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ รักษาการในตำแหน่ง
ผู้อำนวยการศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ
สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ นครราชสีมา

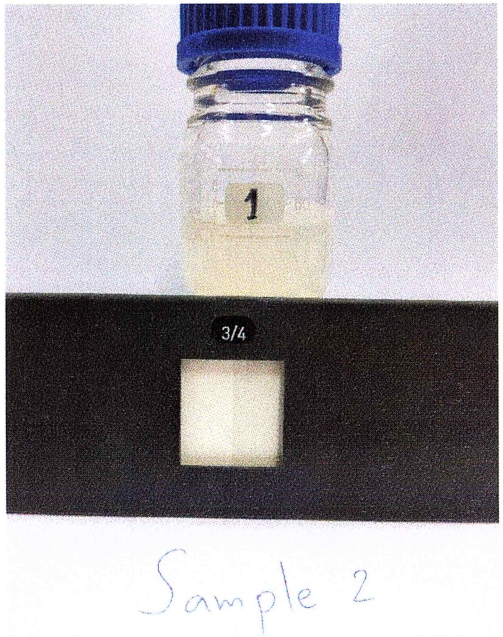
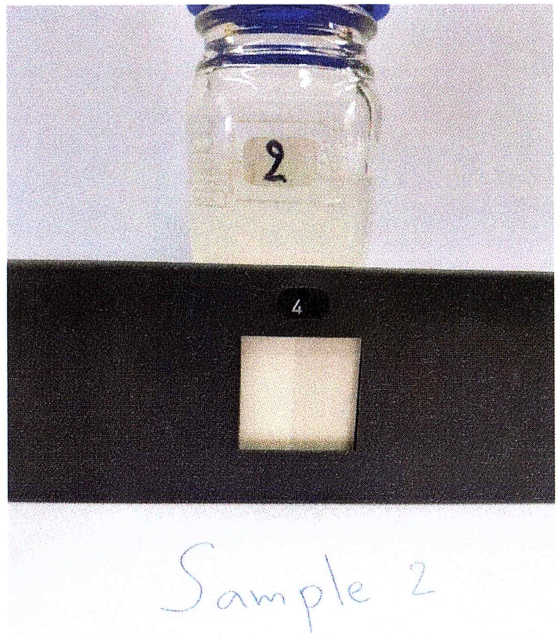
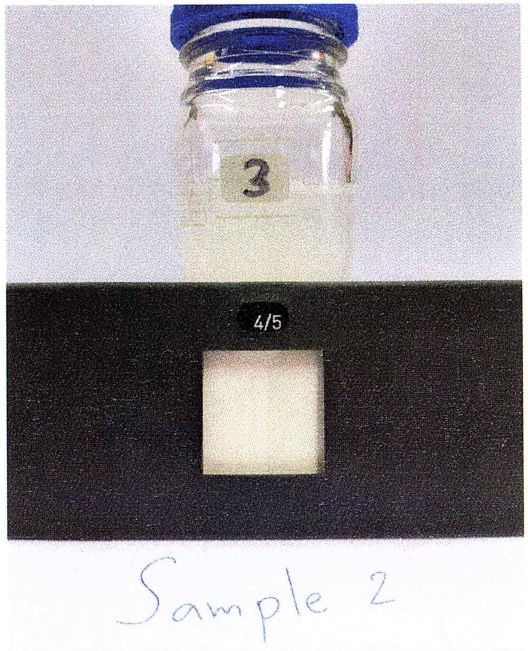
ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ นครราชสีมา
โทร. ๐๔๔-๒๑๔๑๐๒
โทรสาร. ๐๔๔-๒๑๔๑๐๐
E-Mail : qssc_nmk@qsds.go.th

ผลการตรวจเส้นไหม

ตัวอย่างที่ 1 ผลการทดสอบ ผ่าน

ตัวอย่างที่1/ น้ำที่1	ตัวอย่างที่1/ น้ำที่2	ตัวอย่างที่1/ น้ำที่ 3
ไม่ตกสี	ไม่ตกสี	ไม่ตกสี
		

ตัวอย่างที่ 2 ผลการทดสอบ ผ่าน

ตัวอย่างที่2/ น้ำที่1	ตัวอย่างที่2/ น้ำที่2	ตัวอย่างที่2/ น้ำที่ 3
ไม่ตกสี	ไม่ตกสี	ไม่ตกสี
		

ตัวอย่างที่ 3 ผลการทดสอบ ผ่าน

ตัวอย่างที่3/ น้ำที่1	ตัวอย่างที่3/ น้ำที่2	ตัวอย่างที่3/ น้ำที่ 3
ไม่ตกสี	ไม่ตกสี	ไม่ตกสี