

รายงานการวิจัย

เรื่อง

"การพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติ
สำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว"

"Natural Dyes Dyeing Process Development
for Small Scale Industry"

สัญญาเลขที่ RDG4120019

เสนอต่อ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่าย 2

โดย คณะผู้วิจัย

- | | | |
|-----------------------|--------------|------------------------------------|
| 1. พศ. ดร. อนันต์เสวก | เทวซึ่งเจริญ | หัวหน้าโครงการ |
| 2. รศ. ดร. ดำรง | พุทธศรี | รองหัวหน้าโครงการ |
| 3. นางนิตยา | นวลศิริ | นักวิจัย |
| 4. นางนงคราญ | ไชยวงศ์ | นักวิจัย |
| 5. นส. ศันสนีย์ | คำบุญชู | นักวิจัย |
| 6. นส. เขียวลักษณ์ | โชติชัยธนากร | นักวิจัย |
| 7. นส. กัลยา | จำปาทอง | นักวิจัย (ลูกจ้างโครงการ) |
| 8. นส. กนิษฐา | หิรัวิริยกุล | เจ้าหน้าที่ธุรการ (ลูกจ้างโครงการ) |

มิถุนายน พ.ศ. 2543

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

“การพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว”

“Natural Dyes Dyeing Process Development for Small Scale Industry”

คณะผู้วิจัย		สังกัด
1. ผศ. ดร. อนันต์เสวก	เหวซึ่งเจริญ	ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. รศ. ดร. ต้วง	พุดศุภร์	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. นาง นิตยา	นวลศิริ	สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
4. นาง นงคราญ	ไชยวงศ์	ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
5. นส. ศันสนีย์	คำบุญชู	ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
6. นส. เขียวลักษณ์	โชติชัยชนากร	ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
7. นส. กัลยา	จำปาทอง	นักวิจัย (ลูกจ้าง โครงการ)
8. นส. กนิษฐา	หิรัวิริยกุล	ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ชุดโครงการ สีย้อมธรรมชาติ

Executive Summary

ชื่อโครงการ “การพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว”

หัวหน้าโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนันต์เสวก เหล่าซึ่งเจริญ

ปัญหาและความสำคัญ

สีย้อมธรรมชาติและผลิตภัณฑ์ใช้สีย้อมธรรมชาติได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบันที่สังคมตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาสิ่งแวดล้อม สีธรรมชาติและผลิตภัณฑ์ใช้สีธรรมชาติจึงมีแนวโน้มที่ดีต่อเศรษฐกิจของประเทศในอนาคต แต่ปัญหาที่เกี่ยวข้องต้องรีบดำเนินการศึกษาและหาแนวทางแก้ไขและพัฒนาอย่างเป็นระบบเพื่อให้สามารถแข่งขันได้ในตลาด ได้แก่

1. สีที่ย้อมได้มักจะทำซ้ำได้ยาก ก่อให้เกิดปัญหาด้านผลิตภัณฑ์งานหัตถกรรม โดยเฉพาะกรณีที่สีสรรของงานมีผลกระทบต่อการดำเนินการเชิงธุรกิจ

2. สีที่ย้อมได้มีเจดสีจำกัด ไม่ทนทานต่อแสง ต่อการขจัดและต่อการซักเมื่อเทียบกับสีสังเคราะห์

สังเคราะห์

3. ความรู้ทางด้านวิชาการและทางเทคนิคที่จำกัดของกลุ่มผู้ผลิตเป็นปัญหาต่อการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของสีที่ย้อมได้
4. ขีดจำกัดด้านความรู้เกี่ยวกับความหลากหลายของวัตถุดิบให้สีย้อมธรรมชาติ
5. ทรัพยากรธรรมชาติบางชนิดที่เป็นแหล่งของสีย้อมธรรมชาติ เป็นผลิตภัณฑ์จากป่า ทั้งที่เป็นเปลือกต้นไม้ แก่นไม้ และรากไม้ เป็นต้น การใช้ทรัพยากรดังกล่าวปริมาณมากโดยไม่มีการจัดการที่เหมาะสมก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสถานะแวดล้อมในระยะยาวได้ และ
6. ทรัพยากรบุคคลที่มีประสบการณ์ มีความพอใจในงาน มีทัศนคติที่ดีตลอดจนได้รับแรงจูงใจที่พอเพียงในงานอาชีพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อปรับปรุงและพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติระดับพื้นบ้านปัจจุบันทั้งแบบย้อมเย็นและแบบย้อมร้อนให้ได้กระบวนการที่มีประสิทธิภาพ ในด้านการดูดซับสี เวลาที่ใช้ และการใช้พลังงาน
2. เพื่อให้ได้สูตรและส่วนผสมของน้ำย้อมที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลการย้อมที่มีคุณภาพ โดยเน้นหนักการย้อมผ้าด้วยสีเขียว สีน้ำตาล และสีดำ
3. เพื่อเผยแพร่เทคโนโลยีที่ได้ รวมทั้งแนวคิดในการปรับปรุงกระบวนการด้วยตนเอง ให้แก่กลุ่มผู้ย้อม โดยการถ่ายทอดด้วยกระบวนการฝึกอบรมจำนวนไม่น้อยกว่า 20 กลุ่ม

และโดยการเผยแพร่ทางเอกสารสิ่งพิมพ์จำนวนไม่น้อยกว่า 70 กลุ่ม

การดำเนินงานและผลวิจัย

ในการวิจัยเพื่อพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการข้อมสิทธิ์ธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรมครอบครัวนี้ เน้นหนักการข้อมสิทธิ์เขี้ยว สีส้มตาล และสีดำ โดยเลือกศึกษาวัตถุดิบหลักบางชนิดที่มีการข้อมในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย วัตถุดิบที่เลือกใช้ได้แก่ สะเดา (*Azadirachta indica*) และยูคาลิปตัส (*Eucalyptus sp.*) ซึ่งมีรายงานว่าข้อมได้สีเขี้ยว หูกวาง (*Terminalia catappa*) และมะพร้าว (*Cocos nucifera*) ข้อมได้สีน้ำตาล มะเกลือ (*Diospyros mollis*) สาบเสือ (*Eupatorium odoratum*) และหมากหรือสมอไทย (*Terminalia chebula*) ข้อมได้สีดำ นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาพืชอื่นบางชนิดเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เป็นสีข้อมธรรมชาติต่อไป

สีเขี้ยวจากสีธรรมชาติโดยทั่วไปมักเกิดจากสารสีประเภทคลอโรฟิลล์ หรือสีประเภทอินดิโกยด์ สีส้มตาลเกิดจากสารสีประเภทแทนนิน ฟลาโวนอยด์ แอนธราควิโนน หรืออินดิโกยด์ ส่วนสีดำเกิดจากสารสีประเภทแทนนิน อินดิโกยด์ หรือฟลาโวนอยด์ พบว่าในเปลือกหรือใบของต้นสะเดา และยูคาลิปตัสที่ใช้ข้อมสีเขี้ยว ไม่มีสารสีประเภทอินดิโกยด์ เปลือกและใบของต้นหูกวางรวมทั้งในเปลือกของผลมะพร้าวมีสารแทนนิน ในเปลือกต้นหูกวางมีสารฟลาโวนอยด์ ในผลมะเกลือมีสารฟีนอลิก ใบสาบเสือนมีแทนนิน และในผลสมอไทยมีแทนนินและสารฟีนอลิก

ได้ทำการสกัดสารสีจากพืชวัตถุดิบด้วยน้ำร้อนและ/หรือด้วยเอทานอล ทำการทดลองแยกสารสีโดยวิธีโครมาโตกราฟีแผ่นบางและแยกสารปริมาณมากด้วยคอลัมน์โครมาโตกราฟี ได้ทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์หาคะแทนนินได้ใช้วิธีทดสอบด้วย FeCl_3 และวิธี Spot test ใช้ α, α' -dipyridyl และ FeSO_4 เป็นรีเอเจนต์ การวิเคราะห์สารฟลาโวนอยด์และสารแอนธราควิโนนใช้สารละลาย NaOH (Borntrager reaction) การวิเคราะห์สารฟีนอลิกใช้วิธีทดสอบต่างๆ คือ Ferric chloride test, Sodium tungstate test, Phosphotungstic-phosphomolybdic test, Millon's test และ Gibbs test ได้ทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ได้แก่ การหาปริมาณแทนนินโดยวิธี Hide powder และหาปริมาณสารฟีนอลิกด้วยวิธีอิเล็กโตรโคแอกทูเลชัน และการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์โดยใช้วิธีทางสเปกโตรสโคปี นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบการข้อมเพื่อคุณสมบัติภายใต้ภาวะการข้อมต่าง ๆ กัน และใช้เมอร์แคนท์โลหะได้แก่ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeSO_4 , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, และ CuSO_4 ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

ผลการทดลองพบว่าพืชที่น่าจะสามารถใช้ข้อมสีเขี้ยวได้ ได้แก่ ใบหญ้าหวาน ใบตัวแดง ใบสาบเสือ ใบจามจุรี ใบฟ้าทะลายโจร ใบจีเหล็กฝรั่ง และใบกระพังโหมโดยใช้ทองแดงเป็นเมอร์แคนท์ ยกเว้นใบสาบเสือที่อาจใช้ข้อมสีเขี้ยวได้ แต่สีจะมีโทนสีน้ำตาลมากกว่า พืชที่ให้สีน้ำตาลส่วนมากจะใช้ข้อมสีน้ำตาลได้โดยไม่ต้องใช้เมอร์แคนท์โลหะแต่สีที่ได้มักจะมีเฉดสีน้ำตาลอ่อน สีจะ

เข้มข้นเมื่อใช้โลหะโครเมียม โคบอลต์ หรือ ทองแดงเป็นมอร์แคนท์ และส่วนมากสีจะสว่างมากขึ้น เมื่อใช้อลูมิเนียมเป็นมอร์แคนท์ สำหรับวัตถุบางชนิดเช่น ใบหูกวาง พบว่าอลูมิเนียมมอร์แคนท์ ทำให้เจดสีออกทางสีเหลืองมากขึ้น พืชที่ใช้ย้อมสีน้ำตาลสามารถย้อมให้ได้สีดำได้โดยใช้เหล็กเป็นมอร์แคนท์แต่สีที่ได้จะไม่ดำสนิท จะเป็นสีเทาหรือน้ำตาลเข้มปนดำมากกว่า พืชในกลุ่มนี้ได้แก่ ใบสะเคา ใบและเปลือกต้นหูกวาง เปลือกต้นยูคาลิปตัส เปลือกต้นรูกฟ้า เปลือกต้นสมอไทย และเปลือกต้นกระโดน พืชที่เหมาะสมสำหรับย้อมสีน้ำตาลได้แก่ กาบมะพร้าวแห้ง(ส่วนเปลือกผลและใย) ผลสมอไทย(ส่วนเปลือกและเนื้อ) เปลือกต้นเพกา ผลตะแบก(ผลดิบ) และเปลือกผลมังคุด ทั้งนี้ พืชหลายชนิดข้างต้นได้ทดสอบการย้อมเพียงบางส่วนจึงไม่อาจระบุแน่ชัดว่าสีที่ได้จะเป็นอย่างไรเมื่อใช้มอร์แคนท์ชนิดอื่น

การพัฒนากระบวนการย้อมได้ใช้เส้นด้ายฝ้าย 3 ประเภท ที่นิยมใช้ในงานสิ่งทอระดับครัวเรือน ได้แก่

- ด้ายฝ้ายเบอร์ 40/2
- ด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 คราเมว และไม่มีตรา (ส่วนมากกลุ่มทอผ้านิยมใช้)
- ด้ายปั่นมือ เรียกว่า ด้ายเมืองหรือด้ายพม่า

ผลการหาค่าความชื้นของเส้นด้าย วัดความยาว วัดความแข็งแรงของด้ายในทอมความทนแรงดึง และติดตามการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ก่อนและหลังการทำความสะอาดเส้นด้ายตามขั้นตอนต่าง ๆ พบว่าภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำทำความสะอาดด้ายแตกต่างกันไปตามชนิดและธรรมชาติของเส้นด้าย แต่ผลโดยรวมสามารถกล่าวได้ว่าภาวะที่เหมาะสม คือ การทำความสะอาดด้วยเบสพร้อมการฟอกขาว โดยใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำย้อม 1:10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรใช้เบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 6 %owf. และสารฟอกขาวไฮโครเจนเปอร์ออกไซด์ชนิด 35%V ความเข้มข้น 5 %owf. ที่ภาวะคัมเดือด เวลา 30 นาทีหลังจากเติมเปอร์ออกไซด์ อย่างไรก็ตามสำหรับการย้อมระดับอุตสาหกรรมครอบครัวนี้ สามารถใช้วิธีการทำความสะอาดด้วยสบู่และโซดาแอชใช้อัตราส่วนด้าย : สบู่ : โซดาแอช : น้ำ = 100 : 10 : 16 : 1000 ที่ภาวะคัมเดือด เวลา 1 ชั่วโมงได้ แม้ว่าเส้นด้ายจะไม่ขาวเท่าแต่มีข้อเด่นที่มีความสะดวกกว่าในแง่ของการปฏิบัติ

การหาภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการย้อม ได้ทำการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมโดยใช้ค่าการดูดซับสีน้ำย้อมโดยด้ายฝ้ายเป็นเกณฑ์ จากนั้นทำการหาเวลาที่เหมาะสมเมื่อทำการย้อมที่อุณหภูมิคงที่ และใช้ภาวะอุณหภูมิและเวลาที่ได้ในการศึกษาผลของสารช่วยย้อมและของมอร์แคนท์ การศึกษาผลของมอร์แคนท์ได้ใช้วิธีการย้อมมอร์แคนท์ก่อนการย้อมสี ย้อมพร้อมการย้อมสี และย้อมหลังการย้อมสี โดยใช้ความเข้มข้นของมอร์แคนท์คิดเทียบเป็นโลหะออกไซด์ความเข้มข้น ระหว่าง 0.25 ถึง 5 %owf. ส่วนมเกลืออัตราส่วนด้ายต่อสารละลายมอร์แคนท์ เป็น 1 : 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร การย้อม

มอร์แดนท์ก่อนและหลังการย้อมสีทำการย้อมที่อุณหภูมิ 40-50°C และที่ภาวะต้มเดือด เวลา 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมงแล้วแต่กรณี ส่วนการย้อมพร้อมการย้อมสีนั้นใช้วิธีผสมมอร์แดนท์ในน้ำย้อมก่อนทำการย้อมสีภาวะการย้อมจึงเป็นภาวะเดียวกันกับการย้อมสี

ผ้าและผ้าผืนที่ผ่านการย้อมแล้วนั้น ได้นำไปทำการบันทึกภาพโดยการสแกนด้วยเครื่องสแกนเนอร์เก็บไว้ในรูปของไฟล์ภาพและทำการวัดสีด้วยเครื่องวัดสีระบบดิจิทัลตั้งค่าให้แสดงผลในเทอม L*, a*, b* ตามระบบ CIELAB system 1976 นำไปทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักที่อุณหภูมิ 40 °C และที่อุณหภูมิ 60 °C เพื่อดูการตกสีของสีและการติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์แปรผลเป็นค่าของสเกลหาตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C01: 1989 และ C03: 1989 ทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02: 1994 และในกรณีของผ้าผืนได้ทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105

ภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการได้จากการพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ สีที่ต้องการ ความคงทนของสีต่อการซัก การติดสี ต่อการขัดถูและต่อแสง รวมถึงความสะดวก ความยากง่ายในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมครอบครัว

ผลการทดลองพบว่า สำหรับน้ำย้อมสีธรรมชาติทุกชนิดที่ได้ศึกษานี้ การดูดซับสีโดยผ้าฝ้ายอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ส่วนมากเกิดการดูดซับได้ไม่เกิน 40 % ยกเว้นน้ำย้อมหญ้าหวาน ใบสะเดา และเปลือกต้นสมอไทยที่สามารถเกิดการดูดซับได้สูงถึง 70-80% พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมมีค่าต่ำกว่าจุดเดือดโดยจะมีค่าระหว่าง 60 ถึง 90 °C ส่วนมากสามารถใช้อุณหภูมิ 70 °C ได้ พบว่าโดยรวมแล้วการย้อมสีโดยใช้เวลา 60 นาทีเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุด

การย้อมสีเขียวด้วยสีย้อมธรรมชาติจากพืช ขึ้นอยู่กับคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบให้สี และความยากง่ายในการสกัดหรือการละลายในน้ำที่ใช้เป็นตัวทำละลายสกัด การเกาะของคลอโรฟิลล์โดยตรงบนเส้นด้วยเกิดค่อนข้างยาก ต้องใช้สารพวกแทนนินช่วยในการติดสี นอกจากนั้นสีจากคลอโรฟิลล์เองไม่ทนต่อแสง มีแนวโน้มซีดจางง่าย สีที่ย้อมโดยไม่ใช้สารช่วยติด ส่วนมากมีความคงทนของสีต่อแสงเทียบเท่ากับ Blue wool No. 1 ถึง 1-2 และจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อใช้แทนนินและ/หรือใช้มอร์แดนท์โลหะช่วยในการย้อม ในบางกรณีทำให้ความคงทนเพิ่มขึ้นไปอยู่ในระหว่าง 3 ถึง 3-4 ได้ พืชที่มีแทนนินน้อยเช่นหญ้าหวานต้องย้อมรองพื้นด้วยแทนนินก่อนการย้อมสี พืชบางชนิดมีแทนนินมากพอเช่นใบดิวแดง ใบสาบเสือ ก็ไม่จำเป็นต้องย้อมรองพื้นก่อนย้อมสี การใช้มอร์แดนท์ทองแดงร่วมในกระบวนการย้อมสีทำให้สีเขียวเข้มขึ้นและความคงทนต่อแสงในระดับที่น่าพอใจ

ผลการศึกษาการพัฒนากระบวนการย้อมสีเขียวโดยใช้ใบหญ้าหวาน ใบดิวแดง ใบสาบเสือ และใบขี้เหล็กฝรั่งเป็นหลัก สรุปได้ว่า

ภาวะที่เหมาะสมในการย้อมสีเขียวมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำความสะอาดด้วยฝ้ายโดยการดมในน้ำสบูผสมโซดาแอช(ด้ายต่อน้ำ=1:10)เวลา 1 ชั่วโมง
2. ย้อมฝาดรองพื้น(ถ้าจำเป็น)ด้วยสารที่มีแทนนินเช่นน้ำดมใบยูคาลิปตัส เวลา 1 ชั่วโมง
3. ย้อมด้ายในน้ำย้อมสีเขียว(พืชให้สี:ด้าย :น้ำ=1:1:10) ที่อุณหภูมิ 70 °C เวลา 1 ชั่วโมง
4. ย้อมทับด้วยมอร์แดงที่ทองแดงความเข้มข้น 0.25 ถึง 1.0 %ของน.น.ด้าย ใช้อัตราส่วน
ด้าย:สารละลาย=1:10 ที่อุณหภูมิ 40-50 °C เวลา 30 นาที
5. นำด้ายขึ้น บิดให้หมาด นำด้ายไปซักน้ำหรือน้ำสบูให้สะอาด ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

ด้ายฝ้ายที่ย้อมภายใต้ภาวะดังกล่าวนี้มีความคงทนของสีต่อการซักเทียบเท่าสเกลเทระหว่าง 2 ถึง 4 ไม่มีการติดสีบนฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์ ปัญหาที่สำคัญของสีเขียวได้แก่ความคงทนของสีต่อแสงยังไม่เป็นที่น่าพอใจ การเพิ่มปริมาณของมอร์แดงที่ทองแดงไม่ช่วยแก้ปัญหานี้ แต่มีโอกาที่จะเพิ่มปัญหาปริมาณของทองแดงที่ติดอยู่บนเส้นใยมากเกินไปได้ ทำให้มีแนวโน้มที่ปริมาณของทองแดงที่สามารถสกัดได้จะเพิ่มมากขึ้น

การย้อมสีน้ำตาลด้วยสีย้อมธรรมชาตินั้น สีน้ำตาลที่ได้มีเฉดสีแตกต่างกันเนื่องจากพืชต่างชนิดกันจะมีสารพวกแทนนินและสารฟีนอลิกแตกต่างกัน ส่วนมากสามารถย้อมติดได้โดยไม่ต้องใช้มอร์แดง แต่สีจากพืชบางชนิดไม่ทนต่อแสงเช่น สะเดาและก้ามมะพร้าว การใช้โลหะมอร์แดงที่ช่วยย้อมทำให้ความคงทนของสีต่อแสงดีขึ้นแต่เฉดสีจะเปลี่ยนไป ส่วนสีจากใบหูกวางและใบยูคาลิปตัสทนต่อแสงได้ดี การใช้โลหะมอร์แดงที่ช่วยย้อมไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อแสง แต่ทำให้เฉดสีเปลี่ยนไป

ภาวะการย้อมที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีน้ำตาลจึงขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ ดังเช่น การย้อมด้วยใบสะเดามีภาวะที่เหมาะสมดังนี้

- อัตราส่วน ใบสะเดา:น้ำ: ด้าย = 1:10:1
- ดมใบสะเดาในน้ำให้เดือดนาน 1 ชั่วโมง แยกกากออกก่อนนำไปย้อมด้าย
- ย้อมด้ายฝ้ายที่ทำความสะอาดแล้วด้วย Cu มอร์แดงที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.25 – 1.0 %owf. อัตราส่วนด้ายต่อน้ำมอร์แดง 1:10 ที่อุณหภูมิ 40-50 °C เวลา 30 นาที นำด้ายขึ้น บิดให้หมาด
- นำด้ายฝ้ายที่ย้อมมอร์แดงแล้ว ลงย้อมในน้ำย้อมที่อุณหภูมิ 80 °C เวลา 60 นาที นำด้ายขึ้น ล้างให้สะอาดด้วยน้ำ ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

สำหรับก้ามมะพร้าว อัตราส่วน ก้ามมะพร้าว:น้ำ: ด้าย = 0.5:10:1 อุณหภูมิย้อม 65 °C ใช้ Al มอร์แดงที่แทน Cu มอร์แดง และย้อมมอร์แดงที่พร้อมการย้อมสี

สำหรับใบหูกวาง อัตราส่วน ใบหูกวาง:น้ำ: ด้าย = 1:10:1 อุณหภูมิข้อม 75 °C ใช้ Al มอร์แดนท์ แทน Cu มอร์แดนท์ และข้อมมอร์แดนท์พร้อมการข้อมสีหรือหลังการข้อมสี

เปลือกแห้งคันยูคาลิปตัส เปลือกคันสมอไทย ใบสะเดา ใบสาบเสือ และกาบมะพร้าว พบว่าเมื่อข้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนท์จะให้สีน้ำตาลที่มีโทนสีแตกต่างกัน เช่น เปลือกแห้งคันยูคาลิปตัส เปลือกคันสมอไทย ให้สีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลแดง สาบเสือให้สีน้ำตาลออกเหลือง เป็นต้น โดยสีที่ได้มีความคงทนต่อการซักในระดับปานกลางถึงค่อนข้างดี ส่วนความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ต่ำสำหรับกาบมะพร้าว ใบสาบเสือและใบสะเดา สำหรับสีจากเปลือกแห้งคันยูคาลิปตัส และเปลือกแห้งคันสมอไทยอยู่ในเกณฑ์ปานกลางของสีข้อมธรรมชาติ (Blue wool No. 2 ถึง 3) โดยธรรมชาติของวัตถุดิบเหล่านี้จึงสามารถใช้ข้อมสีน้ำตาลได้อยู่แล้ว การข้อมให้ได้สีดำนั้นเพียงเปลี่ยนไปใช้เหล็กเป็นมอร์แดนท์ ภาวะที่เหมาะสมในการข้อมจึงไม่สามารถใช้ภาวะหนึ่งเดียวได้เช่นเดียวกับการข้อมสีน้ำตาล อย่างไรก็ตามพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสามารถใช้ได้ในช่วง 65 ถึง 85 °C โดยไม่ต้องใช้วิธีต้มเดือดเหมือนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

พบว่า การข้อม Fe มอร์แดนท์พร้อมกับการข้อมสี เมื่อความเข้มข้นของเหล็กสูง ๆ มีแนวโน้มที่เหล็กจะตกตะกอนและดูดซับสารสีลงไปด้วย ทำให้สีที่ข้อมได้อ่อนกว่าที่ควรจะเป็น จึงควรข้อมก่อน หรือข้อมหลังการข้อมสีจะให้สีที่ดีกว่า และพบว่าสีจะดำมากขึ้นตามการเพิ่มความเข้มข้นของมอร์แดนท์ ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการข้อมสีดำมีดังนี้

- อัตราส่วน วัตถุดิบ:น้ำ: ด้าย = 1:10:1 (ยกเว้นกาบมะพร้าวใช้อัตราส่วน 0.5:10:1)
- ต้มวัตถุดิบให้สีในน้ำ ให้เดือดนาน 1 ชั่วโมง กรองแยกกากออก ก่อนนำไปข้อมด้าย
- ข้อมในมอร์แดนท์เหล็กความเข้มข้นระหว่าง 0.25 – 3.0 %owf. โทนสีที่ได้จะมีสีดำมากขึ้นตามการเพิ่มความเข้มข้นของมอร์แดนท์ ใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำมอร์แดนท์ 1:10 ที่อุณหภูมิ 40-50 °C เวลา 30 นาที นำด้ายขึ้น บิดให้หมาด นำไปข้อมในน้ำข้อมสีได้ทันที (ถ้าข้อมมอร์แดนท์หลังข้อมสี หลังจากนำด้ายขึ้น ล้างให้สะอาดด้วยน้ำ ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม)
- ข้อมด้ายฝ้ายที่ข้อมมอร์แดนท์ ในน้ำข้อมที่อุณหภูมิ 70 °C เวลา 60 นาที
- นำด้ายขึ้น ล้างให้สะอาดด้วยน้ำ ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

สำหรับกาบมะพร้าวใช้อุณหภูมิ 65 และสะเดาใช้ 80 °C การข้อมด้วยเปลือกคันสมอไทย ใบสะเดา และกาบมะพร้าวให้ข้อมมอร์แดนท์หลังการข้อมสี ส่วนสาบเสือและเปลือกคันยูคาลิปตัส ถ้าข้อมมอร์แดนท์ก่อนข้อมสีจะได้สีเทาดำ ถ้าข้อมหลังข้อมสีจะได้สีน้ำตาลเทาถึงเทาน้ำตาลแทน วัสดุอื่นที่ใช้ข้อมให้สีดำได้แก่ เปลือกคันรูกฟ้า ลูกตะแบก เปลือกคันกระโดน ผลมะกอก และใบหูกวาง สีดำที่ได้มีโทนสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ ผลการทดสอบความคงทนของสีพบว่าอยู่ในเกณฑ์เดียว

กันกับพืชอื่น ๆ ที่ศึกษามาก่อนแล้ว เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วพบว่าวัตถุดิบพวกเปลือกไม้มีแนวโน้มจะให้สีที่มีเจดสีดำได้ดีกว่า

พบว่าน้ำข้อมจากกาบมะพร้าวและจากเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัสสามารถใช้ข้อมที่อุณหภูมิห้องหรือที่เรียกว่า ข้อมเย็นได้ แต่สีที่ได้จากการข้อมด้วยกาบมะพร้าวจะซีดจางกว่าการข้อมที่อุณหภูมิสูง มีโทนสีเหลืองมากกว่า และไม่ทนต่อแสง ส่วนสีที่ข้อมได้จากเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัสแม้สีที่ได้จะอ่อนกว่าที่ได้จากการข้อมร้อนแต่ความคงทนของสีจะทัดเทียมกัน วิธีการข้อมเย็นด้วยน้ำข้อมจากเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัสนี้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการข้อมทดแทนการข้อมเย็นด้วยมะเกลือซึ่งต้องใช้เวลามากกว่า ยกเว้นกรณีที่ต้องการทั้งเจดสีและชนิดของวัตถุดิบให้สี

ได้ทำการถ่ายทอดกระบวนการข้อมให้กลุ่มทอผ้าร่วมโครงการรวม 2 ครั้ง ๆ ละ 5 กลุ่ม ๆ ละ ประมาณ 2 คน รวมประมาณ 10 คนต่อครั้ง ครั้งแรกเป็นการถ่ายทอดการข้อมสีเขียวและครั้งที่สองการข้อมสีน้ำตาลและสีดำใช้เวลาครั้งละ 1 วัน และได้มอบหมายให้แต่ละกลุ่มไปทดลองปฏิบัติต่อไป และประเมินผลการข้อมต่อไป นอกจากนี้ในช่วงท้ายของการวิจัยได้ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการข้อมทั้งหมดให้กลุ่มทอผ้าอื่นในเขตภาคเหนือตอนบน 2 ครั้ง ครั้งละประมาณ 10 กลุ่มๆ ละ 2 คน รวมทั้งหมด 40 คน ผลการถ่ายทอดพบว่าผู้รับการถ่ายทอดมีความพึงพอใจ และบางกลุ่มได้นำไปทดลองปฏิบัติแล้วและนำวิธีการไปประยุกต์ใช้กับวัตถุดิบอื่น ซึ่งได้ทราบว่ากลุ่มมีความพอใจในผลที่ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือและความอนุเคราะห์จากองค์กรและบุคคลหลายฝ่าย คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ขอขอบคุณผู้อำนวยการสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่าย 2 ตลอดจนคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ และบุคลากรสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่าย 2 ที่ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และการติดต่อประสานงานด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณ ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่อนุญาตให้บุคลากรเข้าร่วมทีม ขอขอบคุณสำนักงานคั่นคว้าวิจัยสมุนไพรไทย ศ. ชีห์เล็ก อ.แม่แดง จ.เชียงใหม่และบริษัทยูเนียนเฟรช อ.แม่แดง จ.เชียงใหม่ ที่ช่วยจัดหาหญ้าหวานให้โครงการฯ และขอบคุณกลุ่มทอผ้าที่เข้าร่วมในโครงการ ทั้ง 5 กลุ่ม คือ กลุ่มทอผ้าบ้านตาลเหนือ บ้านตาลกลาง บ้านช่างเคิ่ง บ้านนาคอเรือ อ.ฮอด จ.เชียงใหม่ กลุ่มทอผ้าบ้านป่าแดด และ คุณบุษราคัม เจริญบุญ อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ รวมทั้งกลุ่มทอผ้าในเขตภาคเหนือตอนบน ที่เข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการของโครงการวิจัยฯ และได้มีส่วนทดสอบกระบวนการย้อมสีเส้นด้ายฝ้าย ให้ข้อคิดเห็น ตลอดจนนำไปทดลองและทอเป็นผ้าผืน

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ใกล้ชิดของทีมงาน ที่เป็่่นกำลังใจให้แก่ทุกคนในทีมงาน ตลอดเวลา 2 ปี ที่ผ่านมา

คณะผู้วิจัย

มิถุนายน 2543

บทคัดย่อ

ในการวิจัยเพื่อพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการย้อมสีธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว โดยเน้นหนักการย้อมสีเขียว สีน้ำตาล และสีดำ ได้ทำการศึกษาทางเคมีของพืชให้สี หาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อม ผลของสารช่วยย้อมและมอร์แดนท์โลหะที่มีต่อสีที่ย้อมได้และต่อความคงทนของสีต่อการซักต่อการขัดถูและต่อแสง

ได้ทำการศึกษาทางเคมีพืชให้สี 6 ชนิด ได้แก่ สะเดา ยูคาลิปตัส หูกวาง มะพร้าว สาบเสือ และสมอไทย ได้ทำการสกัดสารสีจากพืชวัตถุดิบด้วยน้ำร้อนและ/หรือด้วยเอทานอล ทำการทดลองแยกสารสีโดยวิธีโครมาโตกราฟี ทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพหาแทนนิน ฟลาโวนอยด์ แอนธราควิโนน และสารฟีนอลิก ได้ทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ในพืชที่ให้สีเขียวโดยใช้วิธีทางสเปกโตรสโคปี หาปริมาณแทนนินโดยวิธี Hide powder หาปริมาณสารฟีนอลิกด้วยวิธีอิเล็กโตรโอดแอ็กกูเลชันในพืชที่ให้สีน้ำตาลและสีดำ และทดสอบการย้อมผ้าฝ้ายดิบและผ้าฝ้ายฟอกขาวเพื่อดูเจดสีโดยไม่ใช้และใช้สารช่วยย้อมกรดแทนนิก 0.2 % และมอร์แดนท์โลหะ $Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$, $Na_2Cr_2O_7$, $Co(NO_3)_2$, และ $CuSO_4$ ความเข้มข้น 1 หรือ 10 % นอกจากวัตถุดิบหลักที่กำหนดจำนวน 6 ชนิดแล้วได้ทำการศึกษาวัตถุดิบอื่นเป็นบางส่วนอีกจำนวน 15 ชนิด พบว่าพืชที่น่าจะสามารถใช้ย้อมสีเขียวได้ ได้แก่ ใบหญ้าหวาน ใบตัวแดง ใบสาบเสือ ใบจามจุรี และใบขี้เหล็กฝรั่ง โดยใช้ปูนสีเป็นมอร์แดนท์ พืชที่ใช้ย้อมสีน้ำตาลและสีดำ ได้แก่ ใบสะเดา ใบและเปลือกต้นหูกวาง เปลือกต้นยูคาลิปตัส เปลือกต้นรกฟ้า เปลือกต้นสมอไทย เปลือกต้นกระโดน และผลตะแบก พืชที่เหมาะสมสำหรับย้อมสีน้ำตาลได้แก่ กาบมะพร้าวแห้ง(ส่วนเปลือกผลและใบ) ผลสมอไทย(ส่วนเปลือกและเนื้อ) และเปลือกผลมังคุด

การพัฒนากระบวนการย้อมได้ใช้เส้นด้ายฝ้าย 3 ประเภท คือ ด้ายฝ้ายเบอร์ 40/2 ด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 และด้ายปั่นมือ ที่หาซื้อได้จากร้านค้าในท้องตลาด ได้ทำการทดลองหาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมด้ายก่อนการย้อมโดยทำความสะอาดด้วยวิธีการต่าง ๆ ใช้อัตราส่วน ด้ายต่อสารละลาย เป็น 1: 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำการต้มด้ายในสารละลายให้เดือดและทิ้งไว้นาน 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง วิธีการทำความสะอาดที่ใช้ ได้แก่ ทำความสะอาดด้วยสบู่และโซดาแอส ทำความสะอาดแบบ 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกใช้ กรดซัลฟูริก 2 %w/v หรือเอนไซม์ไคแอตเตส และขั้นตอนที่สองใช้สารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 5, 7 และ 10 %owf. และวิธีการสุดท้ายทำความสะอาดด้วยเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 4 และ 6 %ของน้ำหนักด้าย พร้อมการฟอกขาวด้วยไฮโครเจนเปอร์ออกไซด์ชนิด 35%V ความเข้มข้น 5, 10 และ 15 %ของน้ำหนักด้าย ผลการหาความชื้นของ

เส้นด้าย วัดความขาว วัดความแข็งแรงของด้ายในทอความทนแรงดึง และติดตามการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ก่อนและหลังการทำความสะอาดตามขั้นตอนต่าง ๆ พบว่าภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำความสะอาดด้ายแตกต่างกันไปตามชนิดและธรรมชาติของเส้นด้ายแต่ผลโดยรวมสามารถกล่าวได้ว่าภาวะที่เหมาะสม คือ การทำความสะอาดด้วยเบสพร้อมการฟอกขาว โดยใช้ความเข้มข้นของเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 %owf. และสารฟอกขาวไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ชนิด 35%V ความเข้มข้น 5 %ของน้ำหนักด้าย ที่ภาวะต้มเดือด เวลา 30 นาทีหลังจากเติมเปอร์ออกไซด์ อย่างไรก็ตาม สำหรับการย้อมระดับอุตสาหกรรมรอบครัวนี้ สามารถใช้วิธีการทำความสะอาดด้วยสบู่และโซดาแอชใช้อัตราส่วนด้าย : สบู่ : โซดาแอช : น้ำ = 100 : 10 : 16 : 1000 ที่ภาวะต้มเดือด เวลา 1 ชั่วโมงได้

การเตรียมน้ำย้อมจากพืชวัตถุดิบใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำเป็น 1 : 10 เวลาในการต้ม 1 ชั่วโมง กรองแยกกากออกก่อนนำไปใช้ย้อมด้าย หรือผ้าฝ้ายดิบ การหาภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการย้อม ใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำย้อมเท่ากับ 1 ต่อ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเป็นหลัก ทำการหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อมโดยติดตามการเปลี่ยนแปลงการดูดซับสีน้ำย้อมโดยวิธีทางสเปกโตรสโคปี และศึกษาผลของสารช่วยย้อมกรดแทนนิกและน้ำส้มใบยูคาลิปตัสและผลของมอร์แดนต์โลหะความเข้มข้นเทียบเป็นโลหะระหว่าง 0.25 ถึง 5 %ของน้ำหนักด้าย ทำการย้อมมอร์แดนต์ก่อนย้อมสี ย้อมพร้อมย้อมสี และย้อมหลังย้อมสี อัตราส่วนด้ายต่อสารละลายมอร์แดนต์ 1 : 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการพิจารณาจาก สีที่ย้อมได้ที่ทำการบันทึกภาพและทำการวัดสีในทอม L^* , a^* และ b^* ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ต่อการติดสี ต่อการขัดถูและต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน รวมถึงความสะดวก ความยากง่ายในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมครอบครัว

ผลการทดลองพบว่า สำหรับน้ำย้อมสีธรรมชาติทุกชนิดที่ได้ศึกษานี้ การดูดซับสีโดยด้ายฝ้ายอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ส่วนมากเกิดการดูดซับได้ไม่เกิน 40 % ยกเว้นน้ำย้อมหญ้าหวาน ใบสะเดา และเปลือกต้นสมอไทยที่สามารถเกิดการดูดซับได้สูงถึง 70-80% พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมมีค่าต่ำกว่าจุดเดือดโดยจะมีค่าระหว่าง 60 ถึง 90 °C ส่วนมากสามารถใช้อุณหภูมิ 70 °C ได้ พบว่าเวลาที่เหมาะสมในการย้อมสีคือ 60 นาที

การย้อมสีเขียวด้วยสีย้อมธรรมชาติจากพืชขึ้นอยู่กับคลอโรฟิลล์ในวัตถุดิบให้สีและความยากง่ายในการละลายในน้ำที่ใช้เป็นตัวทำละลาย ผลการย้อมสีเขียวโดยใช้ใบหญ้าหวาน ใบต้วแดง ใบสาบเสือ และใบขี้เหล็กฝรั่ง สรุปได้ว่าอุณหภูมิที่คือ 70 °C เวลา 1 ชั่วโมง ใช้มอร์แดนต์ทองแดงความเข้มข้น 0.25 - 1 %ของน้ำหนักด้าย

การย้อมสีน้ำตาลจากสีย้อมธรรมชาติเกิดจากสารฟอกแทนนินและสารฟีนอลิกที่มีในพืช ส่วนประกอบที่แตกต่างกันทำให้สีน้ำตาลที่ได้มีเฉดสีแตกต่างกัน ส่วนมากสามารถย้อมติดได้โดยไม่ต้องใช้มอร์แดนต์ แต่สีจากพืชบางชนิดไม่ทนต่อแสง การใช้โลหะมอร์แดนต์ช่วยย้อมอาจทำให้ความ

คงทนของสีต่อแสงดีขึ้น ธรรมชาติของสารสีที่แตกต่างกันทำให้อุณหภูมิที่เหมาะสมแตกต่างกันไป ในช่วง 65 ถึง 85 °C ชนิดของมอร์แคนท์(สารส้มและจุณสี) และภาวะการย้อมแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามพบว่าการย้อมที่เหมาะสมคือ 60 นาทีเช่นเดียวกับการย้อมสีเขียว

สีได้จากพืชให้สีย้อมธรรมชาติต่าง ๆ คือ เปลือกแห้งคันยูคาลิปตัส เปลือกต้นสมอไทย ผลมะกอก ใบหูกวาง เปลือกต้นกระโดน เปลือกต้นรูกฟ้า และลูกตะแบก เกิดจากสารแทนนินและสารฟีนอลิกเช่นเดียวกับการย้อมสีน้ำตาล แต่ต้องใช้เหล็กเป็นมอร์แคนท์ ภาวะที่เหมาะสมในการย้อมจึงไม่สามารถใช้ภาวะหนึ่งเดียวได้เช่นเดียวกับการย้อมสีน้ำตาล อุณหภูมิที่เหมาะสมสามารถใช้ได้ใน ช่วง 65 ถึง 85 °C และเวลา 60 นาทีเช่นกัน สีดำที่ได้มีโทนสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ ผลการทดสอบความคงทนของสีพบว่าอยู่ในเกณฑ์เดียวกันกับพืชอื่น ๆ ที่ศึกษามาก่อนแล้ว

ได้ทำการถ่ายทอดกระบวนการย้อมให้กลุ่มทอผ้าร่วมโครงการรวม 2 ครั้ง และกลุ่มทอผ้าอื่นในเขตภาคเหนือตอนบน 2 ครั้ง

Abstract

In the process of research to develop and improve the dyeing process using natural dyes for small scale industry, stressing green, brown and black colours, we have studied the chemical nature of plant dyes, the optimum temperatures and time for dyeing, the effect of dyeing auxiliaries and metallic mordants on the dyeing colour, washing fastness, rubbing fastness and light fastness.

We have studied the chemical nature of dyes from 6 plants, viz. neem, eucalyptus, umbrella tree (*Terminalia catappa*), coconut, Saab Suea (*Eupatorium odoratum*), and myrobalan (*Terminalia chebula*). The dye substances were extracted using hot water and/or alcohol, fractionated by chromatography, then analyzed qualitatively for tannins, flavonoids, anthraquinones, and phenolic compounds. Quantitative determinations were carried out by spectroscopic method for chlorophylls in the materials used in dyeing green colour, by hide powder method for tannins, and by electrocoagulation method for phenolic compounds in the materials used in dyeing brown and black colours. Dyeing tests were performed in order to compare colour shades using raw and bleached cotton cloths, with and without 0.2% tannic acid, and using aluminium sulphate, ferrous sulphate, sodium dichromate, cobalt nitrate, and copper sulphate as mordants in 1 or 10% concentrations.

Apart from the above 6 main dyeing materials, 15 others were partly studied and it was found that dyeing materials having a potential for dyeing green colour are the leaves of stevia, Tiu Daeng (*Cratoxylum formosum* subsp. *Pruniflorum*), Saab Suea, rain tree (*Samanea saman*), and Cassia (*Cassia floribunda*), all using copper sulphate as mordant. For brown and black colours the following are recommended : neem leaves, bark and leaves of umbrella tree, eucalyptus bark, Rok Faa (*Terminalia alata*) bark, myrobalan bark, Kradone (*Careya arborea*) bark, and Queen's Crapemyrtle (*Lagerstroemia calyculata*) fruits. For brown colour the following are suggested: brown husk of coconut fruit, myrobalan fruit and rind of mangosteen fruit.

The study to develop the dyeing process was carried out using 3 kinds of cotton yarn, viz. yarn no. 40/2, yarn no. 10/1, and hand-spun yarn, all commercially available. First, to find out the optimum conditions for cleaning the yarn prior to dyeing, a ratio of yarn to cleaning solution = 1:10 (w/v) and a boiling time of 0.5-1 hour were used. Three cleaning methods employed

were (1) cleaning with soap and soda ash, (2) cleaning with 2% (w/v) sulphuric acid or diastase enzyme, followed by caustic soda solution (5, 7, or 10%owf.), and (3) cleaning with sodium hydroxide solution (4 or 6 %owf.) and bleaching with 35%V hydrogen peroxide (5, 10 or 15 %owf.). Judging from fibre moisture, whiteness, strength, and weight change before and after cleaning, it was found that the optimum conditions for cleaning the yarn varied as the kind and nature of the fibre, but the best overall condition seems to be cleaning with base and bleaching by sodium hydroxide (6% owf.) and 35%V hydrogen peroxide (5 %owf.) with 30-minute boiling time. However, for small scale industry, cleaning with soap and soda ash in the ratio of yarn : soap : soda ash : water = 100 : 10 : 16 : 1000, with 1 hour boiling time, was found to be good enough.

In the preparation of dyeing solution from the dye material, a ratio of 1:10 for dye material to water and a heating time of 1 hour were used. The dye material was then separated from the dyeing solution, which was then used to dye the cotton fibre in the ratio of 1:10 (w/v) for fibre to dye solution. Determination of optimum dyeing temperature and dyeing time was carried out by monitoring the dye adsorption by spectroscopic method. Also investigated were effects of dye auxilliary (tannic acid and eucalyptus leaf extractive water), mordant concentration (0.25-5% owf.), and mordanting order (pre-mordanting, co-mordanting, and post-mordanting). Optimum conditions for the process were judged from the dyeing results, which include dye colour measured in terms of L^* , a^* and b^* , washing fastness nad degree of staining, rubbing and light fastness, and suitability for small scale industry application.

The results obtained indicated that adsorption of most dye colours by cotton fibre was low (not more than 40%) except those from stevia leaves, neem leaves, and myrobalan bark, which were 70-80% adsorbed. Optimum dyeing temperatures were found to be less than the boiling point (between 60 and 90°C), a value of 70 °C being practical for most preparations. Optimum dyeing time was 60 minutes.

The success of green colour dyeing with plant leaves mostly depends on the degree of dispersibility in water of the chlorophyll pigments. From the results of dyeing with leaves of stevia, Tiu Daeng, Saab Suea, and Cassia, the optimum conditions were found to be 70 °C dyeing temperature for 1 hour using 0.25-1% (owf.) copper sulphate as mordant.

Brown natural dyes have been known to consist of tannins and phenolic compounds. Different shades of colour may arise from different kinds of these substances. Most brown colours are fast with respect to washing without using any mordant. However, the light

fastness of some brown plant dyes may improve by using mordant. The optimum dyeing temperature and time were found to be between 65 to 85 °C for 1 hour. The mordants that produce brown colours are usually alum or copper sulphate.

Black natural dyes were found to arise from the same plants as those that dyed brown colours, viz. eucalyptus bark, myrobalan bark, Queen's Crapemyrtle fruits, umbrella tree leaves, Kradone bark, and Rok Faa bark. However, while other conditions may be the same as brown colour dyeing, ferrous sulphate must be used as mordant. This will form complexes with tannins or phenolic compounds to give the desired black colour. Fastness testing results for the black colour obtained were more or less the same as other colours studied.

The dyeing processes which were the result of this research were transmitted in two workshops to our co-working weaving groups as well as to other weaving groups in the northern region.

สารบัญ

	หน้า
Executive summary	A1
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	จ
สารบัญ	ช
รายการตัวย่อ	ท
บทที่ 1 บทนำและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	1
1.1 สิทธิธรรมชาติ	2
1.1.1 สิทธิจากแร่ธาตุ	2
1.1.2 สิทธิจากสัตว์	3
1.1.3 สิทธิจากพืช	3
1.2 มอร์แดนท์โลหะ	4
1.3 สถานการณ์สิทธิมนุษยชนในต่างประเทศ	8
1.4 สถานการณ์สิทธิมนุษยชนในประเทศ	13
บทที่ 2 การศึกษาด้ายฝ้าย	20
2.1 แนวทางการวิเคราะห์และวิธีการ	22
2.1.1 ชนิดของด้าย	22
2.1.2 การหาร้อยละของความชื้น	23
2.1.3 ความแข็งแรงของเส้นด้าย	23
2.1.4 การวัดความยาว	24
2.1.5 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก	24
2.2 การทำความสะอาดด้าย	24
2.2.1 การทำความสะอาดด้วยสบู่และโซดาแอช	25
2.2.2 การทำความสะอาดแบบ 2 ขั้นตอน	25
2.2.3 การทำความสะอาดด้วยเบสพร้อมการฟอกขาว	26
2.3 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	27
2.3.1 ความชื้นของเส้นด้าย	30
2.3.2 ความยาวของเส้นด้าย	31
2.3.3 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเส้นด้าย	33

	หน้า
2.3.4 ความแข็งแรงของเส้นด้าย	35
2.4 สรุปผลการทดลอง	36
บทที่ 3 การศึกษาทางเคมี	38
3.1 แนวทางการวิเคราะห์และวิธีการ	38
3.1.1 การหาร้อยละของความชื้น	38
3.1.2 การสกัดสารสีและการเตรียมน้ำย้อม	38
3.1.3 การหาร้อยละของของแข็ง	39
3.1.4 การทำคุณภาพวิเคราะห์และแยกสารสี	39
3.1.5 การทำปริมาณวิเคราะห์	43
3.1.6 การทดสอบการย้อม	47
3.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ทางกายภาพ	52
3.3 หน้าหวาน	53
3.3.1 การทดสอบทางกายภาพ การแยกสารสีและการทดสอบ	53
3.3.2 การย้อมด้วยสารสกัดจากหน้าหวาน	53
3.3.3 การแยกส่วนประกอบของสารสกัดจากหน้าหวาน	57
3.3.4 สรุปผลการย้อมด้วยหน้าหวาน	64
3.4 คีวแดง	65
3.4.1 การทดสอบการย้อม	65
3.4.2 การหาปริมาณกลอโรฟิลล์ แทนินและสารฟีนอลิก	70
3.4.3 สรุปผลการย้อมด้วยคีวแดง	71
3.5 สาบเสือ	72
3.5.1 การทดสอบการย้อม	72
3.5.2 การหาปริมาณกลอโรฟิลล์ แทนินและสารฟีนอลิก	75
3.5.3 สรุปผลการย้อมด้วยสาบเสือ	76
3.6 สะเดา	77
3.6.1 การทดสอบการย้อม	77
3.6.2 การย้อมเย็นด้วยน้ำย้อมใบสะเดา	80
3.6.3 การหาปริมาณแทนินและสารฟีนอลิก	81
3.6.4 สรุปผลการย้อมด้วยสะเดา	82

	หน้า
3.7 หูกวาง	83
3.7.1 การทดสอบการข้อม	83
3.7.2 การหาปริมาณแทนนินและสารฟีนอลิก	96
3.7.3 สรุปผลการข้อมด้วยหูกวาง	96
3.8 มะพร้าว	97
3.8.1 การทดสอบการข้อม	97
3.8.2 การหาปริมาณแทนนินและสารฟีนอลิก	99
3.8.3 สรุปผลการข้อมด้วยมะพร้าว	99
3.9 มะเกลือ	100
3.9.1 การทดสอบการข้อม	100
3.9.2 การหาปริมาณสารฟีนอลิก	108
3.9.3 สรุปผลการข้อมด้วยมะเกลือ	108
3.10 สมอไทย	109
3.10.1 การทดสอบการข้อม	109
3.10.2 การหาปริมาณแทนนิน และสารฟีนอลิก	114
3.10.3 สรุปผลการข้อมด้วยสมอไทย	115
3.11 เพกา	116
3.11.1 การทดสอบการข้อม	116
3.11.2 สรุปผลการข้อมด้วยเพกา	121
3.12 ยูคาลิปตัส	122
3.12.1 การทดสอบการข้อม	122
3.12.2 การหาปริมาณแทนนิน และสารฟีนอลิก	124
3.12.3 สรุปผลการข้อมด้วยยูคาลิปตัส	125
3.13 จามจุรี	126
3.13.1 การทดสอบการข้อม	126
3.13.2 การหาปริมาณคลอโรฟิลล์	128
3.13.3 สรุปผลการข้อมด้วยจามจุรี	129
3.14 ฟ้ายะลวย	130
3.14.1 การทดสอบการข้อม	130
3.14.2 การหาปริมาณคลอโรฟิลล์	131

	หน้า
3.14.3 สรุปผลการช้อมด้วยฟ้าทะลายโจร	132
3.15 กระพังโหม	132
3.15.1 การทดสอบการช้อม	132
3.15.2 สรุปผลการช้อมด้วยกระพังโหม	133
3.16 ขี้เหล็ก	134
3.16.1 การทดสอบการช้อม	134
3.16.2 สรุปผลการช้อมด้วยขี้เหล็ก	135
3.17 ขี้เหล็กฝรั่ง	135
3.17.1 การทดสอบการช้อม	135
3.17.2 การหาปริมาณคลอโรฟิลล์	136
3.17.3 สรุปผลการช้อมด้วยขี้เหล็กฝรั่ง	137
3.18 มังคุด	137
3.18.1 การทดสอบการช้อม	137
3.18.2 สรุปผลการช้อมด้วยมังคุด	139
3.19 ตะแบก	140
3.19.1 การทดสอบการช้อม	140
3.19.2 การหาปริมาณแทนนิน และสารฟีนอลิก	140
3.19.3 สรุปผลการช้อมด้วยตะแบก	141
3.20 รกฟ้า	141
3.20.1 การทดสอบการช้อม	141
3.20.2 สรุปผลการช้อมด้วยรกฟ้า	142
3.21 มะกอก	143
3.21.1 การทดสอบการช้อม	143
3.21.2 สรุปผลการช้อมด้วยมะกอก	143
3.22 ทะโล้	144
3.22.1 การทดสอบการช้อม	144
3.22.2 สรุปผลการช้อมด้วยทะโล้	145
3.23 กระโดน	145
3.22.1 การทดสอบการช้อม	145
3.22.2 สรุปผลการช้อมด้วยกระโดน	146

	หน้า
บทที่ 4 การซ่อมและการปรับปรุงกระบวนการ	147
4.1 การทำความสะอาดด้วย	148
4.1.1 การทำความสะอาดด้วยสบู่อและโซดาแอช	148
4.1.2 การทำความสะอาดด้วยเบสพร้อมการฟอกขาว	148
4.2 การซ่อมมอร์ແຕນท์	149
4.2.1 การซ่อมมอร์ແຕນท์ก่อนการซ่อมสี	150
4.2.2 การซ่อมมอร์ແຕນท์พร้อมกับการซ่อมสี	150
4.2.3 การซ่อมมอร์ແຕນท์หลังการซ่อมสี	150
4.3 การซ่อมสีเขียว	151
4.3.1 การซ่อมด้วยหญ้าหวาน	151
4.3.2 การซ่อมด้วยใบต้วแดง	173
4.3.3 การซ่อมสีเขียวด้วยวัตถุดิบอื่น	185
4.3.3.1 ใบสาบเสือ	185
4.3.3.2 ใบขี้เหล็กฝรั่ง	188
4.3.3.1 ใบขี้เหล็กบ้าน ใบมะลิ ใบจามจุรี และฟ้าทะลายโจร	191
4.3.4 สรุปผลการซ่อมสีเขียว	194
4.4 การซ่อมสีน้ำตาล	197
4.4.1 การซ่อมด้วยสะเดา	197
4.4.2 การซ่อมด้วยกาบมะพร้าวแห้ง	216
4.4.3 การซ่อมด้วยใบหูกวาง	226
4.4.4 การซ่อมด้วยใบยูคาลิปตัส	231
4.4.5 สรุปผลการซ่อมสีน้ำตาล	234
4.5 การซ่อมสีดำ	235
4.5.1 การซ่อมด้วยเปลือกต้นยูคาลิปตัส	235
4.5.2 การซ่อมด้วยใบสาบเสือ	244
4.5.3 การซ่อมด้วยเปลือกต้นสมอไทย	249
4.5.4 การซ่อมด้วยใบสะเดา	255
4.5.5 การซ่อมด้วยกาบมะพร้าว	258
4.5.6 การซ่อมสีดำด้วยวัสดุอื่น	260
4.5.7 สรุปผลการซ่อมสีดำ	263

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	265
เอกสารอ้างอิง	277
ภาคผนวกที่ 1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน	281
ภาคผนวกที่ 2 ข้อมูลพืชที่ใช้ในงานวิจัย	283
ภาคผนวกที่ 3 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ของโครงการวิจัยฯ	303
ภาคผนวกที่ 4 การเผยแพร่ผลงานวิจัย	311
ภาคผนวกที่ 5 เปรียบเทียบวัตถุดิบประสพการณ์กิจกรรมและผลที่ได้	312

รายการตัวย่อ

- A = ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมที่เวลาใด ๆ
 A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมที่เวลาเริ่มต้น(ก่อนการย้อม)
 A_{646} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 646 nm
 A_{663} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 663 nm
 m_0 = น้ำหนักของวัตถุดิบตัวอย่าง เป็น g
 m_{NT} = น้ำหนักของสารแห้งในการหาปริมาณของ nontannin เป็น g
 m_{P1} = น้ำหนักของสารแห้งในการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เป็น g
 m_{P2} = น้ำหนักของสารแห้งหลังทำอิเล็กโตรลิซิสในการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เป็น g
 V = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ทดลอง เป็น cm^3
 $\% \text{owf.}$ = ร้อยละเทียบกับน้ำหนักด้ายหรือผ้า
 = percentage on weight of fiber
 = percentage on weight of fabric

บทที่ 1

บทนำและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุตสาหกรรมฟอกย้อมขนาดกลางและเล็กในประเทศไทยนั้น มีความผูกพันอยู่กับงานสิ่งทอ และงานหัตถกรรมระดับชุมชนหมู่บ้าน โดยเริ่มจากการย้อมสีเส้นใยก่อนถักทอเป็นผืนผ้าและ/หรือ การย้อมผ้าผืนทอมือเพื่อทำเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่มและผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ สำหรับใช้ในครัวเรือน ใช้ในท้องถิ่นและเพื่อจำหน่าย การจำหน่ายผลิตภัณฑ์งานหัตถกรรมก่อให้เกิดรายได้เสริมสำหรับครอบครัวซึ่งส่วนใหญ่มีอาชีพด้านเกษตรกรรมเป็นหลักจนกระทั่งพัฒนางานหัตถกรรมไปเป็นอาชีพรองได้ ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มทอผ้าย้อมสีธรรมชาติ⁽¹⁻⁴⁾พบว่ารายได้เสริมนี้ส่วนมากยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เนื่องจากปัจจัยหลายประการทั้งจากภายในชุมชนเองและจากภายนอกชุมชน อย่างไรก็ตามในระยะหลังนี้การส่งเสริมและพัฒนางานหัตถกรรมโดยองค์กรต่าง ๆ และโดยกลไกทางธุรกิจทำให้บางกลุ่มพัฒนาไปมากและถือว่ารายได้จากงานหัตถกรรมพื้นบ้านเป็นแหล่งรายได้หลักของครอบครัว

การย้อมสีเส้นใยโดยเฉพาะเส้นใยฝ้ายเป็นขั้นตอนเริ่มต้นของงานหัตถกรรม ในขณะที่เทคนิควิธีการทอ ลักษณะลวดลายตลอดจนสีสันทันเป็นวัฒนธรรมที่ได้รับการถ่ายทอดสืบต่อกันมาแต่โบราณ จึงมักจะมีเอกลักษณ์เฉพาะของชุมชน แม้ว่าจะมีการประสานระหว่างชุมชนบ้างแต่ก็ไม่มากนัก การประยุกต์ลวดลายและสีสันทันของผ้าทอโดยกลุ่มทอผ้าต่าง ๆ มักจะได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมภายนอกทั้งทางด้านการตลาดและการแข่งขันทางธุรกิจ ความนิยมทางด้านลวดลายและสีสันทันของผ้าทอมีความแตกต่างกันระหว่างตลาดทั้ง 3 ระดับ คือตลาดท้องถิ่น ตลาดในประเทศและตลาดต่างประเทศ ตลาดท้องถิ่นโดยเฉพาะบางชุมชนต้องการสีที่สดใส สีสันทนไม่ซีดจางง่าย ผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่นิยมใช้กันจึงมักใช้สีสังเคราะห์เป็นหลัก ส่วนตลาดในประเทศในเขตเมืองตลอดจนตลาดต่างประเทศกลับมีแนวโน้มนิยมใช้สีย้อมธรรมชาติมากขึ้น แต่จะมีข้อจำกัดด้านเคมี ความปลอดภัยของสีและปัญหาด้านความคงทนของสี

การแข่งขันทางธุรกิจและการตลาดมีอิทธิพลค่อนข้างมากต่อแนวคิดของผู้ผลิตในชนบทเกี่ยวกับการย้อมสีและการทำผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ผู้ประกอบการธุรกิจงานหัตถกรรมบางกลุ่มที่เป็นตัวกลางระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภคมีส่วนสำคัญในการกำหนดทิศทางของกลุ่มทอผ้าและเป็นตัวจักรหนึ่งที่สำคัญในการพัฒนาของกลุ่มทอผ้า ปัจจุบันผู้ผลิตบางกลุ่มใช้วิธีการเพิ่มเคมี ความคงทนของสีด้วยการใช้สีสังเคราะห์ร่วมกับสีธรรมชาติซึ่งเป็นสิ่งที่ผิดพลาดโดยอาจไม่เจตนาเนื่องจากผู้ผลิตขาดความรู้ด้านวิชาการซึ่งจะส่งผลที่ร้ายแรงได้ในอนาคต ทั้งนี้เนื่องจากสีสังเคราะห์ที่ใช้กันในกลุ่มทอผ้าปัจจุบันส่วนมากเป็นสีย้อมคุณภาพต่ำ ราคาถูกและไม่ปลอดภัย Rossbach⁽⁵⁾พบว่าสีเหล่านี้จำนวนมากเป็นสีที่สามารถให้สารก่อมะเร็ง เป็นสีที่ถูกจัดไว้ในกลุ่มที่ห้ามใช้ในงานฟอกย้อมสิ่งทอและบาง

ประเทศมีกฎหมายควบคุมการนำเข้าสิ่งทอที่ย้อมด้วยสีประเภทดังกล่าวไว้แล้ว การใช้สีสังเคราะห์เหล่านี้จึงมีผลกระทบต่ออนาคตของสิ่งทอพื้นบ้านไทยในตลาดต่างประเทศได้ และสมควรที่จะได้รับการแก้ไขเพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดในอนาคต

แอสทริด⁽⁶⁾สรุปว่า ..ความสำคัญของการย้อมสีเส้นใย ด้วย และผ้า ให้ถูกต้องนั้น เป็นปัญหาพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอระดับพื้นบ้าน... ปัจจัยหลักบางประการที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์และต่อธุรกิจสิ่งทอพื้นบ้าน ได้แก่

1 เทคโนโลยีด้านการฟอกย้อมสีสำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว ทั้งที่ใช้สีย้อมธรรมชาติและสีสังเคราะห์ ยังไม่ได้รับการพัฒนาอย่างเป็นรูปแบบและถูกต้องตามหลักวิชาการ ก่อให้เกิดปัญหาหลายประการ อาทิเช่น คุณภาพของสีที่ได้ ประสิทธิภาพในการทำซ้ำ การผลิตในปริมาณมาก ตลอดจนการผลิตตามความต้องการของผู้บริโภคซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการตลาด

2. บุคลากร ทั้งฝ่ายส่งเสริมและผู้ประกอบการ ขาดแคลนความรู้ทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง ขาดทักษะและความรู้ในการใช้ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม ทั้งในด้านวัตถุดิบให้สีธรรมชาติ สารช่วยย้อมอื่น ๆ การใช้และการควบคุมสารที่อาจก่อให้เกิดอันตราย ตลอดจนการกำจัดสารที่เหลือใช้

3. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่สามารถแก้ปัญหาปัจจุบันและที่คาดว่าจะเกิดในอนาคต การจัดตั้งระบบเครือข่ายประสานความร่วมมือระหว่างฝ่ายวิชาการและผู้ผลิตสิ่งทอพื้นบ้าน การถ่ายทอดข้อมูลวิชาการและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ไปสู่ผู้ผลิต

ผลสรุปดังกล่าวสะท้อนความสำคัญของปัญหาสิ่งทอพื้นบ้านไทยและปัญหาที่ต้องดำเนินการแก้ไขในการนำสินค้าเข้าไปแข่งขันในตลาดต่างประเทศต่อไป นอกจากนี้อาจกล่าวได้ว่าเป็นดัชนีชี้ความจำเป็นเร่งด่วนในการส่งเสริมและการพัฒนางานวิจัยในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.1 สีธรรมชาติ

สีธรรมชาติที่ใช้ในงานเส้นใยและสิ่งทอ เป็นสีกลุ่มที่เล็กมากเมื่อเทียบกับสีสังเคราะห์ และเพิ่งจะกลับมาสนใจกันใหม่ จึงไม่ได้จัดจำแนกไว้เป็นระบบเหมือนกับสีสังเคราะห์ ถ้าจำแนกตามแหล่งที่มาสามารถจำแนกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1.1.1 สีจากแร่ธาตุ (Mineral Dyes)

เป็นสีอนินทรีย์ โดยอาจเป็นของผสมออกไซด์ของโลหะ หรือเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะ สีประเภทนี้เคยมีความสำคัญในอดีต แต่ปัจจุบันกล่าวได้ว่าสาบสูญไปหมด สารให้สีเหล่านี้เกิดการตกตะกอนในช่องว่างระหว่างโมเลกุลเส้นใย และเนื่องจากสารเหล่านี้มีความเสถียรมาก สีที่ได้จึงมีความทนทานต่อแสงมาก ตัวอย่างเช่น ตะกั่วโครเมตให้สีเหลือง สีจากที่ใช้ย้อมผ้าใน

อดีตได้จากออกไซด์ของเหล็กผสมกับออกไซด์ของโครเมียม เป็นต้น ส่วนมากโลหะที่ใช้ได้แก่ เหล็ก ตะกั่ว แมงกานีส ทองแดง โคบอลต์ และนิกเกิล

สีในกลุ่มนี้ที่ยังมีการย้อมกันอยู่ในระดับอุตสาหกรรมครอบคลุมได้แก่การย้อม ด้วยโคลน และดินแดง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารพวกออกไซด์อินทรีย์และส่วนที่ให้อสีจะเป็นออกไซด์ของ โลหะที่มีปรากฏอยู่ในโครงสร้างเดิมของดิน

1.1.2 สีจากสัตว์ (Animal dyes)

สีธรรมชาติในกลุ่มนี้ที่สำคัญมีเพียง 3 ชนิดเท่านั้น ได้แก่ โคชินีล(Cochineal) เคอร์มิส (Kermes) และ ครั่ง(Lac) สีที่ได้จากตัวแมลงแห้งหรือจากสิ่งที่ยับออกจากตัวแมลง เช่น โคชินีลคือสีแดงส้มได้จากตัวแมลงตากแห้ง *Coccus cacti* จากแมงสีโก โดยที่สี 1 กก. ต้องใช้แมลงถึง 150,000 ตัว⁽⁷⁾ แมลงนี้อาศัยอยู่ที่ใบของต้นแคคตัส เคอร์มิสเป็นสีแดง-แดงส้มที่ได้จากแมลงเปลือกแข็งขนาดเล็ก *Coccus illicis* ตัวเมียตากแห้ง แมลงนี้พบมากในยุโรปตอนใต้อาศัยอยู่บนต้นโอ๊ก Ilexoak สีทั้งสองชนิดนี้ปัจจุบันมีราคาแพงเนื่องจากหายากและมีความยุ่งยากในการผลิต สีจากครั่ง เป็นสีในกลุ่มแดงเช่นกันได้จากสิ่งที่ยับออกมาจากตัวแมลง *Laccifera lacca* ใช้ย้อมไหมและขนสัตว์ นอกจากนี้ยังใช้มากทางด้านอาหารโดยใช้เป็นสีผสมอาหารเช่นแฮม ไส้กรอก แยม น้ำผลไม้ เป็นต้น สีจากครั่งนี้เชื่อว่าคุณภาพของสีขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้ที่ใช้เลี้ยงครั่งด้วย

1.1.3 สีจากพืช (Vegetable Dyes)

เป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช ตั้งแต่ ราก เปลือก ราก ลำต้น เปลือก ต้น แก่นไม้ ใบ ดอก ผล เมล็ด สีจากพืชในงานด้านย้อมสีจำแนกตามวิธีย้อมออกเป็น 3 ประเภทคือ

3.1 สีย้อมตรง (Direct Dyes)

เป็นสีที่สามารถย้อมติดบนเส้นใยได้โดยตรง เช่น สีจากขมิ้น (Turmeric) และสีจากคำฝอย (Safflower) เป็นต้น สีที่ได้ไม่ค่อยคงทน

3.2 สีมอร์แดนต์ (Mordant Dyes หรือ Adjective Dyes หรือ Indirect Dyes)

จัดเป็นกลุ่มใหญ่ที่สุดของสีธรรมชาติจากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ราก เปลือกหุ้มราก ลำต้น เปลือกต้น แก่นไม้ ใบ ดอก ผล เปลือกผล เม็ดและเมล็ดพืช ฯลฯ สีพวกนี้ส่วนมากเกาะติดบนเส้นใยได้น้อย สามารถเกาะติดได้ดีขึ้นเมื่อใช้สารอื่นช่วย เรียกสารช่วยว่า มอร์แดนต์ สีในกลุ่มนี้จึงนิยมเรียกในปัจจุบันว่าสีมอร์แดนต์ สีที่ได้จะมีระดับความคงทนแตกต่างกันไป

3.3 สีแวต (Vat Dyes)

ได้แก่สีน้ำเงินในกลุ่มคราม เป็นสีที่ต้องรีดิวซ์ไปเป็นสารไม่มีสีก่อนเพื่อให้ละลายน้ำได้ หลังจากเกาะติดบนเส้นใยแล้วจึงปล่อยให้ถูกออกซิไดซ์กลับเป็นสารมีสีที่ไม่ละลายน้ำอีกครั้งและตกตะกอนอยู่บนเส้นใยหรือในช่องว่างระหว่างโมเลกุลเส้นใย

การย้อมสีธรรมชาติที่มีรายงานนั้นเป็นการย้อมแบบเบตช์(Batch) อาศัยแรงงานค่อนข้างมาก ปกติมีการทำความสะอาดเส้นด้ายก่อนนำไปย้อมในน้ำย้อมที่เตรียมไว้ล่วงหน้า วิธีการเตรียมน้ำย้อมส่วนมากไม่ยุ่งยากมากนักยกเว้นการย้อมครามและการย้อมสีจากแก่นไม้บางชนิดที่ต้องโค่นไม้ทิ้งไว้เป็นปีก่อนนำมาสกัดสี การย้อมสีส่วนมากใช้วิธีต้มเดือด กรณีที่มีการใช้สารช่วยย้อม มีทั้งที่ใช้ก่อนย้อมสี ใช้พร้อมย้อมสีและใช้หลังย้อมสี ที่จะยุ่งยากได้แก่การนำด้ายที่ย้อมสีแล้วไปหมักโคลนต่ออีกอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อให้ได้มอร์แดงที่เหล็ก เส้นด้ายหลังจากย้อมแล้วมักทำความสะอาดด้วยน้ำและอาจมีการลงแป้งเพื่อให้่ายในการทอภายหลัง ก่อนนำไปตากให้แห้ง ส่วนมากไม่มีการย้อมซ้ำยกเว้นการย้อมครามและการย้อมด้วยผลมะเกลือซึ่งต้องมีการย้อมซ้ำหลาย ๆ ครั้งจนกว่าจะได้เฉดสีที่ต้องการ การย้อมทั้ง 2 อย่างนี้เป็นตัวอย่างของการย้อมสีธรรมชาติที่ยุ่งยากมากเมื่อเทียบกับการย้อมสีสังเคราะห์

ในแง่การใช้ความร้อนช่วยในการย้อมสี สามารถจำแนกการย้อมเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

- การย้อมเย็น ซึ่งหมายถึงการย้อมที่อุณหภูมิห้องไปจนถึงอุณหภูมิไม่เกิน 50 °C และ
 - การย้อมร้อน ซึ่งหมายถึงการย้อมที่อุณหภูมิตั้งแต่ 50 °C ไปจนถึงจุดเดือดของน้ำย้อม
- สีย้อม 2 ประเภทแรกจากพืชนั้นส่วนมากเป็นสีแบบย้อมร้อน ส่วนการย้อมสีแสดจะเป็นการย้อมที่อุณหภูมิห้องเป็นส่วนใหญ่

1.2 มอร์แดงที่โลหะ

โมเลกุลที่ให้สีในธรรมชาตินั้นไม่ได้ถูกสร้างมาเพื่อการเกาะยึดบนเส้นใย ภาวะที่เหมาะสมในการทำให้สีเกาะติดนั้นมักทำให้เกิดการสูญเสียคุณสมบัติที่ดีของเส้นใยไปไม่มากนัก สีที่ย้อมได้ยังมีข้อด้อยเมื่อเทียบกับสีสังเคราะห์ในแง่ความคงทนต่อแสงและความคงทนต่อการซักล้าง นอกจากนี้สีย้อมธรรมชาติยังมีเฉดสีที่จำกัด แม้สีมอร์แดงซึ่งเป็นกลุ่มใหญ่ที่สุดก็ไม่สามารถให้เฉดสีมากเท่าสีสังเคราะห์ อย่างไรก็ตามพบว่าการเปลี่ยนแปลงชนิดของมอร์แดงที่สามารถให้เฉดสีที่แตกต่างไปได้

มอร์แดงหรือบางทีเรียกว่า สารช่วยให้สีติดหรือสารช่วยย้อม เป็นสารเคมีที่ทำให้สีธรรมชาติตรึงอยู่บนเส้นใยได้ โดยที่มอร์แดงจะรวมตัวกับโมเลกุลสีและรวมตัวกับโมเลกุลของเส้นใยทำให้เกิดสิ่งที่ไม่ละลายเรียกว่า “color lake” มอร์แดงที่นิยมใช้กันในงานย้อมสีนั้นมีอยู่มากมาย อาทิเช่น

1. การใช้มูลสัตว์ เช่น มูลวัว การใช้ปัสสาวะสัตว์ซึ่งก็คือการใช้วัสดุธรรมชาติที่มียูเรีย
2. น้ำสกัดจากพืชที่มีแทนนิน รวมไปถึงน้ำมะนาว น้ำมะขามและอื่น ๆ

3. การใช้สารเคมีต่าง ๆ อาทิเช่น เกลือโซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกง, โซดาแอชหรือโซเดียมคาร์บอเนตหรือโซดาซักผ้า, กรดแลคติก, กรดแทนนิก, กรดออกซาลิก, กรดอะซิติกหรือน้ำส้มสายชู, โปแตสเซียมไบคาร์บอเนต, แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์, โซเดียมไดไฮโอไนต์หรือโซเดียมไฮโดรซัลไฟด์ และ

4. การใช้เกลือของโลหะหรือกึ่งโลหะ เช่น

อลูมิเนียม	จาก	สารส้มหรือโปแตสเซียม อลูมิเนียมซัลเฟต
โครเมียม	จาก	โปแตสเซียมไดโครเมต หรือ โปแตสเซียมไบโครเมต
ทองแดง	จาก	จุนสี หรือ คอปเปอร์ซัลเฟต
เหล็ก	จาก	เฟอร์รัสซัลเฟต และ น้ำสนิมเหล็ก
ดีบุก	จาก	สแตนนัสคลอไรด์
แบเรียม	จาก	แบเรียมซัลเฟต

เป็นต้น

การจำแนกประเภทมอร์แดนที่ไม่มีข้อกำหนดชัดเจน บ้างกำหนดมอร์แดนที่ไว้ว่าหมายถึงเกลือของโลหะเท่านั้น ส่วนสารในกลุ่มที่ 1-3 เรียกว่า สารช่วยย้อม (*Dye auxiliaries* หรือ *Assistants*) นอกจากนี้ในการย้อมสีบางอย่างนั้นอาจมีการใช้สารอื่นเพิ่มเติมหลังจากการย้อมสีแล้วเพื่อช่วยให้สีติดทนยิ่งขึ้น สารประเภทหลังนี้นิยมเรียกว่า สารฟิกซ์ หรือสารช่วยตรึงสี (*Fixing agents*) ตัวอย่างสารเหล่านี้ได้แก่ แทนนินหรือกรดแทนนิก กรดแลคติก กรดอะซิติก น้ำมะขาม เป็นต้น

ในที่นี้ถือว่ามอร์แดนที่หมายถึง *มอร์แดนที่เป็นโลหะ* ออกจากเกลือของโลหะ ส่วนสารอื่นจะเรียกว่า *สารช่วยย้อม* ทั้งหมด

การย้อมมอร์แดน มีวิธีการย้อมทั้งแบบที่ย้อมมอร์แดนก่อนย้อมสี ย้อมมอร์แดนพร้อมการย้อมสี และการย้อมมอร์แดนหลังการย้อมสี

1. *การย้อมมอร์แดนก่อนการย้อมสี* วิธีการนี้เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันทั่วไป โดยนำสิ่งที่จะย้อมที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว ไปใส่ในภาชนะที่บรรจุสารละลายมอร์แดน ส่วนมากจะทำให้ร้อนหรือเดือดนานระหว่าง 15 นาทีถึง 1 ชั่วโมงก่อนปล่อยแช่ทิ้งไว้ในสารละลายต่ออีก 15 นาที ถึง 1 ชั่วโมง จากนั้นจะนำสิ่งที่จะย้อมออก ล้างทำความสะอาด ก่อนทำให้แห้งหรือนำไปย้อมสีต่อ

2. *การย้อมมอร์แดนพร้อมการย้อมสี* วิธีการนี้สารละลายของมอร์แดนจะถูกเติมลงไปโดยตรงในน้ำย้อม การย้อมใช้อุณหภูมิเดียวกันกับการย้อมสี ทั้งนี้การเติมมอร์แดนจะมีทั้งที่เติมในน้ำย้อมก่อนย้อม เติมหลังการย้อมผ่านไประยะเวลาหนึ่ง เติมเป็นช่วง ๆ ระหว่างการย้อม และการเติมมอร์แดนเมื่อการย้อมใกล้สิ้นสุด การย้อมแบบนี้มีข้อเด่นที่ลดขั้นตอนของกระบวนการลง แต่ก็ได้มักไม่คงทนเท่าการย้อมแบบแรก หลังการย้อมแล้วสิ่งที่ย้อมอาจถูกปล่อยแช่ไว้ในน้ำย้อมจนเย็นตัวลง

หรืออาจถูกนำออกจากน้ำข้อมทันที ส่วนมากจะล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิลดลงเรื่อย ๆ หรือล้างในน้ำสบู่อ่อน ๆ จนกว่าสีไม่ตกอีกต่อไป จากนั้นจึงนำไปทำให้แห้ง การข้อมแบบนี้มีข้อดีที่น้ำข้อมที่ใช้แล้วอาจไม่สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ซึ่งนอกจากจะทำให้เกิดการสูญเสียสิ่งที่มีคุณค่าในน้ำข้อมแล้วยังก่อให้เกิดปัญหาในการบำบัดน้ำเสียด้วย

3. **การข้อมมอร์แคนท์หลังการข้อมสี** มอร์แคนท์บางอย่างสามารถข้อมหลังการข้อมสีได้ เช่นเกลือของดินบุก เกลือของเหล็ก แทนนินหรือกรดแทนนิก การข้อมมอร์แคนท์แบบนี้อาจใช้วิธีข้อมแยกอิสระหรือในบางกรณีมอร์แคนท์จะถูกเติมลงไปในการข้อมในน้ำข้อมในช่วง 5 ถึง 10 นาทีสุดท้าย ก่อนนำวัสดุที่แช่ในน้ำข้อมออก บางกรณีผู้ข้อมจะแช่วัสดุในสารละลายเกลือดินบุกหรือเกลือของเหล็กหลังการข้อมสีเพื่อช่วยในการเปลี่ยนแปลงเจดสี

มอร์แคนท์นอกจากจะทำให้สีติดแล้วยังพบว่ามีส่วนสำคัญต่อสมบัติความคงทนของสีที่ข้อมได้ต่อแสงด้วย⁽⁸⁾ มอร์แคนท์บางอย่างมีผลต่อสภาพเส้นใยหลังข้อมเช่น อลูมิเนียม ทำให้เส้นใยมีความยืดหยุ่นและความทนต่อแรงดึงลดลง นอกจากนี้สารที่ใช้เป็นมอร์แคนท์หลายตัวที่ก่อให้เกิดของเสียที่เป็นพิษเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อผู้ใช้สิ่งทอได้ จึงมีการกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยหลาย ๆ อย่างและมีการกำหนดใช้หรือการบังคับใช้เป็นกฎหมายในบางประเทศแล้ว ตัวอย่างเช่น eco standards ที่รู้จักกันในชื่อ Oeko-Tex Standard 100 มีข้อกำหนดสำหรับปริมาณโลหะต่าง ๆ สารบางชนิด และความคงทนของสีสำหรับสินค้าเส้นใยและสิ่งทอประเภทต่าง ๆ สินค้าที่เป็นไปตามข้อกำหนดนี้ถือว่าเป็น eco textiles และผู้ผลิตสินค้าสามารถใช้สติกเกอร์ Oeko-Tex label ได้ ตัวอย่างของข้อมูลปริมาณโลหะและโลหะหนักต่าง ๆ ที่เป็นพิษ และสารอันตรายบางกลุ่มที่กำหนดไว้แสดงได้ดังตารางที่ 1.1⁽⁸⁾

ตัวเลขสูงสุดของปริมาณโลหะในตาราง เป็นปริมาณของโลหะที่สามารถสกัดได้ตามวิธีการที่กำหนดไว้ในมาตรฐานที่เกี่ยวข้องไม่ใช่ปริมาณของโลหะทั้งหมดที่มีอยู่ในเส้นใยหรือสิ่งทอ ตัวเลขที่กำหนดไว้ในตารางเป็นตัวเลขที่ค่อนข้างต่ำ จึงต้องระมัดระวังทั้งผู้ผลิตสีสังเคราะห์จำหน่ายและผู้ใช้สีในงานฟอกข้อม ปริมาณของโลหะนี้เริ่มจากการกำหนดใช้กับสีสังเคราะห์ ส่วนมากเชื่อว่าการข้อมสีธรรมชาติไม่สามารถทำได้ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานข้างต้น การใช้มอร์แคนท์โลหะในงานข้อมสีธรรมชาติจึงควรได้รับการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ รวมถึงกรรมวิธีการจัดการและการบำบัดของเสียให้ถูกวิธีต่อไป

ตารางที่ 1.1 ข้อกำหนดบางอย่างใน Oeko-Tex Standard 100

(ข้อมูล ณ วันที่ 30 เม.ย. 2537)

รายการ	หน่วย	Product group (Oeko-Tex Standard No.)							
		Textile fabrics	Accessories for clothing	Clothing (exc.baby)	Fabrics for baby cloth.	Accessories baby cloth.	Baby clothing	Household textiles	Yarn, loose stock, etc.
		101	102	103	104	105	106	114	115
pH –value ¹⁾	-	4.8-7.5	4.8-7.5	4.8-7.5	4.8-7.5	4.8-7.5	4.8-7.5	4.8-7.5	4.8-7.5
Formaldehyde (extractable)	ppm	300 ²⁾ 75 ³⁾	300 ²⁾ 75 ³⁾	300 ²⁾ 75 ³⁾	20	20	20	300 ²⁾ 75 ³⁾ (20) ⁷⁾	75 (20) ⁷⁾
Formaldehyde (volatile)	mg/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-
Extractable heavy metals:									
Mercury	mg/kg	0.02	2) ²⁾ /0.02 ³⁾	2) ²⁾ /0.02 ³⁾	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Cadmium	mg/kg	0.1	2) ²⁾ /1.0 ³⁾	2) ²⁾ /1.0 ³⁾	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Arsenic	mg/kg	1.0	2) ²⁾ /1.0 ³⁾	2) ²⁾ /1.0 ³⁾	0.2	0.2	0.2	1.0(0.2) ⁷⁾	1.0(0.2) ⁷⁾
Lead	mg/kg	1.0	2) ²⁾ /1.0 ³⁾	2) ²⁾ /1.0 ³⁾	0.2	0.2	0.2	1.0(0.2) ⁷⁾	1.0(0.2) ⁷⁾
Copper	mg/kg	50	150 ²⁾ /50 ³⁾	150 ²⁾ /50 ³⁾	10 ⁵⁾	10 ⁵⁾	10 ⁵⁾	50(10) ⁵⁾	50(10) ⁵⁾
Chromium (total)	mg/kg	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0(1.0)	2.0(1.0)
Chromium (VI)	mg/kg	n.d. ⁴⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cobalt	mg/kg	4.0	4.0	4.0	1.0	1.0	1.0	4.0(1.0)	4.0(1.0)
Nickel	mg/kg	4.0	4.0	4.0	1.0	1.0	1.0	4.0(1.0)	4.0(1.0)
Pesticides (total)	ppm	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	1.0(0.5)	1.0(0.5)
Pentachlorophenol	ppm	0.5	0.5	0.5	0.05	0.05	0.05	0.5(0.05)	0.5(0.05)
Azo dyes ⁶⁾		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Carcinogenic dyestuffs ⁷⁾		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Allergenic disperse dyes		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Chlorinated organic carriers		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Color fastness (grade of staining)									
to water	-	3	3	3	-	-	-	3	3
to acid perspiration	-	3-4	3-4	3-4	-	-	-	3-4	3-4
to alkaline perspiration	-	3-4	3-4	3-4	-	-	-	3-4	3-4
to rubbing(dry) ⁸⁾	-	4	4	4	4	4	4	4	4

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

รายการ	หน่วย	Product group (Oeko-Tex Standard No.)							
		Textile fabrics	Accessories for clothing	Clothing (exc.baby)	Fabrics for baby cloth.	Accessories baby cloth.	Baby clothing	Household textiles	Yarn, loose stock, etc.
		101	102	103	104	105	106	114	115
to rubbing (wet) ⁸⁾	-	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3
to saliva and perspiration	-	-	-	-	fast	fast	fast	(fast) ⁹⁾	(fast) ⁹⁾

หมายเหตุ

- 1) สำหรับสิ่งของทำจากขนสัตว์และไหม pH 4.0-7.5 และไหมดิบ pH 4.5-10.5 ถือว่าใช้ได้
- 2) ค่าขอบเขตสำหรับสิ่งทอที่สวมชั้นนอกไม่สัมผัสผิวหนัง เช่น coats, skirts, trousers, pullovers, lining fabrics, etc.
- 3) ค่าขอบเขตสำหรับสิ่งทอที่สวมชั้นนอกสัมผัสผิวหนัง เช่น shirts, blouses, nightclothes, underwear, socks, stockings, etc.
- 4) n.d. = ต้องตรวจไม่พบในสินค้า
- 5) ค่าที่กล่าวจะกำหนดตามข้อตกลงร่วม Oeko-Tex/M.S.T.
- 6) Azo dyes ที่สามารถแตกตัวให้ MAKII-A1 or -A2-amines ได้
- 7) ตัวอย่างที่ได้รับถ้ามักลิ้นรา กลิ่นปลา อโรมาติกหรือน้ำหอม จะไม่ทำการทดสอบ
- 8) ค่าค่าสุดท้ายสำหรับสีที่เป็น pigment และ vat dyestuffs คือ Dry 3 และ Wet 2
- 9) ค่าในเครื่องหมาย () ใช้กับสินค้าที่คัดก่อนที่อยู่ในกลุ่มสินค้า

1.3 สถานการณ์ที่ยั่งยืนในต่างประเทศ

ที่ยั่งยืนเป็นที่ยอมรับกันดีและน่ากลับมาใช้ใหม่และให้ความสนใจศึกษาวิจัยอย่างจริงจังมากขึ้นในระยะหลังนี้ เนื่องจากปัจจัยหลายประการ อาทิเช่น

1. การติดตามร่องรอยการใช้สีธรรมชาติในอดีต รวมทั้งการสะสมวัสดุและภาพวาดโบราณที่ใช้สีที่ยั่งยืนแม้จะเก็บรักษาไว้อย่างดีแต่ห้วงเวลาที่ยาวนานสีเดิมจึงซีดจางไป การดำเนินการซ่อมแซมสีให้คงเดิมจำเป็นต้องทราบสีเดิมที่ใช้ก่อน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้สามารถประกอบข้อมูลอื่นในการคาดคะเนอายุของวัสดุหรือภาพที่ไม่ทราบประวัติชัดเจน และการพิสูจน์ทราบว่าเป็นสิ่งของดั้งเดิมจริงหรือที่ทำปลอมหรือเลียนแบบ⁽⁹⁻¹³⁾

2. การหันมาใช้สีธรรมชาติจึงเป็นทางออกหนึ่งที่จะลดการใช้วัตถุเคมีเพื่อผลิตสีจากซากพืชและซากสัตว์ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในกระบวนการผลิตสีสังเคราะห์และวัตถุเคมีเพื่อผลิตสีธรรมดานี้วันจะหมดสิ้นไป^(5,14)

3. ปัญหาผลกระทบของการใช้สีสังเคราะห์ต่อสิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรมฟอกย้อมเป็นอันดับต้น ๆ ที่ใช้น้ำในกระบวนการและปล่อยน้ำเสียมาก ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำบัด แนวทางการพัฒนากระบวนการในระยะหลังจึงมุ่งเน้นการรวมหลาย ๆ ขั้นตอนเข้าด้วยกัน ลดน้ำที่ใช้ในขั้น

คอนด่าง ๆ ผลิตภัณฑ์ที่มีความทนทานขึ้นใช้ซึ่งกลับทำให้สีที่ตกค้างในน้ำทิ้งถูกทำลายยาก น้ำที่บำบัดแล้วยังมีสีตกค้างอยู่บางส่วน การปล่อยน้ำนี้ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจึงสร้างปัญหาการปนเปื้อนและมีสารตกค้างที่ย่อยสลายได้ยากในแหล่งน้ำธรรมชาติต่าง ๆ ปัญหาเหล่านี้ทำให้หันมาหาสีย้อมธรรมชาติมากขึ้น⁽¹⁴⁻¹⁶⁾

4. ปัญหาด้านความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน สีสังเคราะห์บางประเภทนั้น หากดำเนินการไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศด้อยพัฒนาและที่กำลังพัฒนา ซึ่งส่วนใหญ่กฎหมายเกี่ยวกับความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานไม่เข้มแข็งรัดกุมหรือถูกละเลย

5. ปัญหาด้านความปลอดภัยของผู้บริโภคสินค้าที่มีการใช้สี อาทิเช่น อาหาร ยา ของเล่นเด็ก เสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม สิ่งทอต่าง ๆ ที่ใช้ในบ้านจำพวกพรม ม่าน ผ้าปูโต๊ะ ตลอดจนสิ่งของอื่นที่ใช้สี เช่น กระดาษปิดผนัง เป็นต้น ส่วนมากจะมีข้อกำหนดเกี่ยวกับการใช้สีในงานต่าง ๆ สีสังเคราะห์ที่ทดสอบพบว่าสามารถให้หรือมีความเสี่ยงในการเกิดสารพิษต่อสิ่งมีชีวิตจึงถูกกำหนดระดับการใช้ไว้ค่อนข้างจำกัด สีบางชนิดถูกห้ามใช้อย่างเด็ดขาดกับเสื้อผ้าที่สัมผัสร่างกายในการสวมใส่ ปัญหาดังกล่าวนี้ไม่เกิดกับสีธรรมชาติเนื่องจากส่วนมากยอมรับว่ามีความปลอดภัยสูงกว่า^(8,17)

6. การตื่นตัวด้านสิ่งแวดล้อมและนิเวศวิทยาของประชาชน ทำให้เกิดค่านิยมในการใช้สิ่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นและต่อต้านการใช้สิ่งที่มีส่วนในการทำลายสิ่งแวดล้อม ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมนี้เรียกว่า “ผลิตภัณฑ์นิเวศวิทยา” ซึ่งหมายถึงสิ่งที่ถูกทำขึ้นด้วยกรรมวิธีที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและเมื่อใช้แล้วสามารถทำลายหรือกำจัดได้โดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ค่านิยมดังกล่าวมีส่วนสำคัญในการผลักดันให้หันกลับมาใช้สีย้อมธรรมชาติในด้านต่าง ๆ รวมทั้งในงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ^(7,15,18-19)

การวิจัยเกี่ยวกับสีย้อมธรรมชาติในระยะ 10 ปีนี้มีความหลากหลายของแนวคิดดังนี้

Srivastava⁽²⁰⁾ รายงานผลการสำรวจพืชให้สีธรรมชาติทั่วโลก ว่ามีจำนวนมากกว่า 500 ชนิด และสัตว์ประเภทแมลง 3 ชนิด Cannon⁽²¹⁾รวบรวมข้อมูลพันธุ์ไม้ทั่วโลกที่ให้สีย้อมธรรมชาติและมีการใช้ประโยชน์ในประเทศอังกฤษไว้ 48 ชนิดพร้อมทั้งผลการย้อม การย้อมสีธรรมชาติในประเทศพัฒนาแล้วมีปัญหาในด้านต้นทุนการผลิตสูงเมื่อเทียบกับสีสังเคราะห์ Glover และ Pierce⁽⁷⁾ ได้เปรียบเทียบประมาณการค่าใช้จ่ายในการย้อมขนสัตว์และการย้อมผ้าด้วยสีธรรมชาติเทียบกับสีสังเคราะห์ไว้ดังตารางที่ 1.2 ซึ่งจะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการย้อมด้วยสีธรรมชาติประเมินไว้สูงมาก จนอาจดูเกินความเป็นจริง ทั้งนี้เป็นผลจากค่าใช้จ่ายด้านกระบวนการและโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านวัตถุดิบ ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายจะลดลงมากถ้าดำเนินการผลิตในแหล่งวัตถุดิบและนำเข้าผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปแทนหรือนำเข้าสีในรูปสีสักรัดเข้มข้นหรือสีผงสำเร็จรูป

ตารางที่ 1.2 ปริมาณสัมพัทธ์และค่าใช้จ่ายในการขอมชนสัตว์และฝ้าย 1 กิโลกรัมด้วยสีย้อมธรรมชาติและสีสังเคราะห์

ชนิด วัสดุ	สีสังเคราะห์		สีย้อมธรรมชาติจากพืชสด	
	ปริมาณ (g)	ค่าใช้จ่าย (£)	ปริมาณ (g)	ค่าใช้จ่าย (£)
ขนสัตว์	17	0.17	7500	15 - 18
ฝ้าย	20	0.20	8800	18 - 44

Saxena (1989)⁽²²⁾ รายงานว่าในประเทศอินเดียมีการใช้วัตถุดิบให้สีธรรมชาติ 136 ชนิด ประเทศอินเดียมีการส่งออกผลิตภัณฑ์สิ่งทอสีธรรมชาติ รวมทั้งการส่งออกวัตถุดิบให้สีธรรมชาติ ที่ถูกนำไปใช้ในการย้อมเส้นใยมาแต่อดีต การนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้านอาหารและยาในปัจจุบัน ซึ่งมีทั้งในรูปแบบของวัตถุดิบตาก/อบแห้งและที่เป็นสีสกัด ทำให้อินเดียเห็นว่าเป็นสินค้าส่งออกที่มีศักยภาพสูงอย่างหนึ่ง องค์การภาครัฐจึงให้ความสำคัญเรื่องสีธรรมชาติไว้มากและสนับสนุนงานด้านวิชาการทั้งการวิจัยพื้นฐานและการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่อง Gould (1998)⁽²³⁾ รายงานผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ผลิตภัณฑ์ไม้ไผ่ไม่จากป่าในกัวเตมาลา ตามโปรแกรมการรักษาสภาพป่าควบคู่กับการพัฒนาของชุมชน โดยใช้สีย้อมธรรมชาติ 3 ชนิดซึ่งสกัดจากเนื้อไม้และเปลือกไม้เป็นตัวอย่าง พบว่าในช่วงเวลา 10 ปี มีการเก็บเกี่ยวสีธรรมชาติ 2 ใน 3 ชนิดมากกว่าการเจริญเติบโตโดยธรรมชาติ และปัจจัยที่สำคัญหนึ่งที่ทำให้เกิดการเสียสมดุลได้แก่การตัดไม้ทำลายป่า

Angellini (1996)⁽²⁴⁾ ศึกษาสีอิลิซาริน (Alizarin) จากรากของ Madder ที่ทดลองปลูก ในสวนพฤกษศาสตร์ 4 แห่ง ในเยอรมันนี ฝรั่งเศสและอิตาลี เพื่อหาศักยภาพการผลิตสีชนิดนี้ในแถบเมดิเตอร์เรเนียน พบว่ารากอ่อนมีความเข้มข้นของสีมากกว่ารากที่มีอายุระหว่าง 15 ถึง 30 เดือน แต่ปริมาณสูงสุดจะได้จากรากที่มีอายุ 30 เดือน และการทดสอบการย้อมจากผงสีบนผ้าฝ้าย ขนสัตว์และเส้นไหมพบว่าภาวะที่เหมาะสมคือการใช้ความเข้มข้นผงสี 30 %owf.

สีธรรมชาติส่วนมากต้องใช้มอร์แดนต์โลหะย้อมเส้นใยเพื่อช่วยให้สีติด โดยทั่วไปเชื่อว่าต้องย้อมมอร์แดนต์ก่อนย้อมสี แต่ถ้าย้อมมอร์แดนต์หลังย้อมสีเชื่อกันว่าเพื่อให้เฉดสีเปลี่ยนไป การใช้โลหะมอร์แดนต์นี้มีผลต่อปัญหาน้ำทิ้งและสิ่งแวดล้อม Sewekov(1988)⁽¹⁵⁾ สำรวจพบว่าโลหะมอร์แดนต์ที่ใช้ในงานย้อมสีขนสัตว์และฝ้ายใช้ความเข้มข้นสูงมากดังตาราง 1.3 นอกจากนี้หนังสือออกใหม่บางเล่มเกี่ยวกับการย้อมสีธรรมชาติเป็นงานอดิเรก มีสูตรการย้อมบางอย่างที่ให้ใช้มอร์แดนต์สูงกว่านี้มากและเป็นสิ่งที่ควรต้องเฝ้าระวังต่อไป ปริมาณโลหะที่สูงมากนี้มีผลต่อน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมดังตารางที่ 1.4 ซึ่งจะมีค่ามากกว่าที่กำหนดในมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไปมาก อย่างไรก็ตามปัญหานี้หากพิจารณาอย่างผิวเผินอาจยังไม่รุนแรงเนื่อง

จากจะอ้างกันว่า น้ำทิ้งจะถูกเจือจางด้วยน้ำทิ้งจากส่วนอื่นของกระบวนการก่อนอยู่แล้ว หรือในบางกรณีสามารถนำน้ำมอร์แดนท์กลับไปได้ แต่ในกรณีที่ปัญหานี้เป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ปัญหาของปริมาณโลหะในน้ำทิ้งนี้คงไม่อาจมองข้ามได้

ตารางที่ 1.3 ความเข้มข้นของมอร์แดนท์โลหะในงานย้อมสีธรรมชาติ

ชนิดของมอร์แดนท์	%owf.
สารส้ม (Potassium aluminium sulphate)	10 – 30
โปแตสเซียมไดโครเมต	1 – 10
คอปเปอร์ซัลเฟต	1 – 10
สังกะสีคลอไรด์	1 – 4
เฟอร์รัสซัลเฟต	1 – 10

ตารางที่ 1.4 ความเข้มข้นของโลหะในน้ำทิ้งจากการย้อมสีธรรมชาติโดยใช้มอร์แดนท์

มอร์แดนท์	โลหะ	ความเข้มข้นโลหะ mg/l			% โลหะ ในน้ำทิ้ง*
		ก่อนย้อม	วัสดุที่ย้อม	หลังย้อม	
สารส้ม + tartar	Al	340	ขนสัตว์	320	94
			ผ้าฝ้าย	310	91
โปแตสเซียม ไดโครเมต (Potassium dichromate)	Cr	270	ขนสัตว์	70	26
			ผ้าฝ้าย	220	82
ทิน (II) คลอไรด์ (Tin (II) chloride)	Sn	395	ขนสัตว์	22	6
			ผ้าฝ้าย	320	81
เฟอร์รัส ซัลเฟต (Ferrous sulphate)	Fe	201	ขนสัตว์	195	97
			ผ้าฝ้าย	195	97
คอปเปอร์ ซัลเฟต (Copper sulphate)	Cu	382	ขนสัตว์	320	84
			ผ้าฝ้าย	300	79

* = ร้อยละของโลหะที่เหลือเทียบกับก่อนการย้อม

ผลทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้จากสีย้อมธรรมชาติในรายงานวิจัยข้างต้นได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 1.5 ทั้งที่มีและไม่มีการใช้มอร์แดนท์ ใช้และไม่ใช้สารช่วยย้อมอื่น สิ่งที่น่าสังเกตหลาย ๆ ประการคือ ความคงทนของสีต่อแสงส่วนมากมีค่าต่ำ ความเข้มข้นของมอร์แดนท์ที่ใช้ในการทดลองส่วนมากมีค่าสูง สำหรับสีต่าง ๆ ในตาราง 1.5 นี้ ยกเว้น Catechu กล่าวได้ว่าชนิดและความเข้มข้นของมอร์แดนท์ไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อแสง แต่ทุกกรณีสรุปว่าผลของมอร์แดนท์

ทำให้เจดสีที่ได้เปลี่ยนแปลง และส่วนมากสีเข้มขึ้นตามความเข้มข้นของมอร์แคนท์ที่ใช้

ปัญหาน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมทำให้เกิดการพัฒนากระบวนการย้อมสีสังเคราะห์โดยใช้ระบบตัวทำละลายใหม่ที่ไม่ใช้น้ำ คือ คาร์บอนไดออกไซด์เหลวภายใต้ภาวะวิกฤตยิ่งยวด (Super critical carbon dioxide, CO₂SCF) และเริ่มมีการนำมาทดลองใช้กับสีธรรมชาติ

Beltrame และคณะ⁽²⁵⁾ ทดลองย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีสังเคราะห์พวกสปีดิสเพอร์สและสีธรรมชาติพวกคาโรทีนอยด์(Carotenoid dye)สกัดจากมะเขือเทศในระบบตัวทำละลายดังกล่าว พบว่าฝ้ายที่ย้อมได้มีความคงทนต่อการซักเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อแสง

ตารางที่ 1.5 ผลการย้อมสีธรรมชาติบางชนิด

วัตถุดิบให้สี หรือสารสี	มอร์แคนท์			สีย้อม		fastness					Ref.
	ชนิด	g/l*	วิธีย้อม	%owf	%Exh. #	light	wash	stain	Rub.	W.rub.	
Madder(root)	Al	20%owf.	ก่อน	30	-	2	-	-	-	-	24
Carotenoid	-	-	-	-	-	1	3	-	-	-	25
Chestnut(peel.)	Al	10	ก่อน	-	P	2	4-5	4-5	-	-	26
Persimmon(leaf)	Al	10	ก่อน	-	M	2	3-4	4-5	-	-	
Oak(liaf)	Al	10	ก่อน	-	M	2	4	4-5	-	-	
Coffee	Al	10	ก่อน	-	P	1	2-3	4-5	-	-	
Green tea	Al	10	ก่อน	-	P	3-4	3-4	4-5	-	-	
Chlorophyll	-	-	-	2	17	3	2-3	-	-	-	27
	Al	20	ก่อน	2	-	3	1	-	-	-	
	Fe	20	ก่อน	2	-	4	1	-	-	-	
	tartrate	20	ก่อน	2	-	3	4	-	-	-	
Carmine	-	-	-	2	1.2	3	1	-	-	-	
	Al	20	ก่อน	2	-	3	1	-	-	-	
	Fe	20	ก่อน	2	-	4	1	-	-	-	
	tartrate	20	ก่อน	2	-	2-3	1	-	-	-	
Catechu	-	-	-	-	-	4	4-5	-	5	2	28
	Al	5-20%	ก่อน	20	-	4-5	4	-	4	2	
	Cr	5-20%	ก่อน	20	-	5-6	4	-	2-3	1	
	Fe	5-20%	ก่อน	20	-	5-6	4-5	-	4-5	3	
	Cu	5-20%	ก่อน	20	-	6	4	-	3	1	

* = ความเข้มข้นของสารประกอบหรือเกลือโลหะรวมน้ำผลึก

ในคอลัมน์นี้ P = ต่ำ และ M = ปานกลาง

1.4 สถานการณ์สีย้อมธรรมชาติในประเทศ

ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานกลุ่มย้อมสีธรรมชาติในประเทศไทย ช่วงปีพ.ศ. 2539-2540 พบว่าการใช้วัตถุดิบให้สีธรรมชาติในด้านการย้อมเส้นใยและ/หรือผ้าในเขตภาคเหนือมีการใช้วัตถุดิบรวม 73 ชนิด⁽¹⁾ ภาคกลางมีรายงานการใช้ 43 ชนิด⁽²⁾ ภาคใต้ (รายงานแยกรายจังหวัด) มีจำนวนระหว่าง 20 - 55 ชนิด⁽³⁾ และผลการสำรวจในพื้นที่ 12 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง⁽⁴⁾ มีการใช้วัตถุดิบ 5 - 13 ชนิด จิราภรณ์(พ.ศ. 2525)⁽²⁹⁾ รวบรวมรายชื่อวัตถุดิบให้สีย้อมธรรมชาติในประเทศไทยจำนวน 70 ชนิดพร้อมชื่อพฤกษศาสตร์ ส่วนที่ให้สีและสีที่ข้อมได้ วนิดาและคณะ(พ.ศ. 2531)⁽³⁰⁾ ได้รวบรวมข้อมูลวัตถุดิบในประเทศไทยจำพวกพืชให้สีย้อมธรรมชาติไว้ 60 ชนิดและจากสัตว์ 1 ชนิด ข้อมูลที่รวบรวมไว้ประกอบด้วยชื่อท้องถิ่น ชื่อพฤกษศาสตร์ ลักษณะและธรรมชาติของพืช การขยายพันธุ์ การใช้ประโยชน์ส่วนต่าง ๆ และการใช้ในงานย้อมสี จึงกล่าวได้ว่าประเทศไทยเป็นแหล่งวัตถุดิบให้สีธรรมชาติที่สำคัญแห่งหนึ่ง แต่ข้อมูลที่มีอยู่ปัจจุบันเกือบจะไม่มีข้อมูลทางเคมีของสารให้สีตลอดจนปริมาณที่จะสกัดได้ ส่วนมากสารสีในพืชและสัตว์นั้นไม่ใช่สารชนิดเดียว แต่จะประกอบด้วยสารที่มีสูตร โครงสร้างทางเคมีคล้ายกันและมีปริมาณแตกต่างกันและมีความสำคัญต่อเจดสีที่ข้อมได้ ในพืชชนิดเดียวกันปริมาณสารที่มีอยู่มักแตกต่างกันตามแหล่งปลูกและฤดูกาลที่เก็บเกี่ยว ข้อมูลที่มีอยู่ปัจจุบันจึงกล่าวได้ว่ามีอยู่น้อยมาก

การหันกลับมาส่งเสริมการใช้สีย้อมธรรมชาติในงานสิ่งทอไทยมีปัญหาหลายอย่างที่ ต้องแก้ไข อาทิเช่น ขั้นตอนการดำเนินการที่ใช้เวลานาน ค่านิยมของสังคมด้านอาชีพเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้คนรุ่นใหม่สนใจสืบทอดวัฒนธรรมนี้น้อยลง นอกจากนี้ในช่วงศตวรรษที่ผ่านมาสีสังเคราะห์เข้ามาทดแทนสีธรรมชาติในทุกหนทุกแห่ง การย้อมสีธรรมชาติหลงเหลืออยู่ในบางชุมชนที่ยึดมั่นในวัฒนธรรมโบราณ ในกลุ่มชาวไทยภูเขาบางกลุ่ม ห้วงเวลาที่เลิกใช้สีย้อมธรรมชาติทำให้เกิดการสูญหายของข้อมูลทางเทคนิคที่เป็นมรดกทางวัฒนธรรมที่สืบทอดกันมา สีย้อมธรรมชาติในปัจจุบันส่วนมากจึงเป็นความรู้ที่ถูกรื้อฟื้นขึ้นใหม่รวมทั้งเทคโนโลยีต่างถิ่นที่มีการนำเข้ามาถ่ายทอดโดยองค์กรภาครัฐและโดยหน่วยงานเอกชน ประสมประสานกับประสบการณ์ในการทดลองแบบลองผิดลองถูกของผู้ปฏิบัติ การย้อมสีปัจจุบันจึงมีทั้งความคล้ายและความแตกต่างของขั้นตอนที่ใช้ในระหว่างกลุ่มผู้ย้อมสีธรรมชาติ

กระแสของสังคมโลกด้านความปลอดภัยและด้านสิ่งแวดล้อมเป็นตัวกระตุ้นและเร่งความนิยมการใช้สีธรรมชาติในอุตสาหกรรมสิ่งทอในระยะหลังนี้และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งบางประเทศเริ่มใช้กฎหมายเกี่ยวกับการนำเข้าสิ่งทอย้อมสีด้วยสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ หรือที่มีความเสี่ยงในการให้สารดังกล่าว^(5,20) ในอนาคตคาดว่าจะมีการใช้กฎหมายลักษณะดังกล่าวมากขึ้น แนวโน้มดังกล่าวจึงเป็นโอกาสที่ดีของงานหัตถกรรมพื้นบ้านย้อมสีธรรมชาติซึ่งเป็นที่ขอม

รับในด้านความปลอดภัยมากกว่า รวมถึงงานด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับสิทธรมชาติ อาทิเช่น อุตสาหกรรมการผลิต การสกัด การแปรรูปสิทธรมชาติในประเทศไทย เนื่องจากลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่เหมาะสมของประเทศทำให้มีทรัพยากรธรรมชาติที่ให้อุดมการณ์ อุตสาหกรรมการข้อมด้วยสิทธรมชาติตลอดจนอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับสิทธรมชาติจึงนับว่าเป็นสิ่งที่มีศักยภาพทางการค้าสูงอย่างหนึ่งของประเทศในอนาคต

จากการสำรวจข้อมูลปัจจุบัน^(1-4,6) พบว่า

1. เทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบัน มีวงจรการถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีที่ไม่กังวลในแต่ละภูมิภาคของประเทศ ส่วนมากเริ่มจากการเรียนรู้โดยการฝึกปฏิบัติกับผู้ที่มีความรู้มาก่อน จากนั้นจึงแยกตัวออกไปดำเนินการเองในพื้นที่ที่อยู่อาศัย มีการถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีในกลุ่มเพื่อนบ้าน เกิดการเพิ่มจำนวนผู้เกี่ยวข้องและค่อย ๆ พัฒนาขึ้นเป็นกลุ่มใหม่ การเกิดของกลุ่มบางกลุ่มนั้นพบว่าการส่งเสริมสิ่งทอพื้นบ้านในชุมชนโดยองค์กรภาครัฐ ส่วนการข้อมที่สืบทอดกันมาโดยทางวัฒนธรรมของชุมชนนั้นจะมีลักษณะการดำเนินการที่ค่อนข้างจำกัดอยู่เฉพาะในครอบครัว การรวมตัวของผู้ดำเนินการเป็นแบบหลวม ๆ เป็นผลจากวัฒนธรรมท้องถิ่นมากกว่าการที่ดำเนินการด้านสิ่งทอด้วยกัน พบว่ามีการประชุมประสานเทคโนโลยีระหว่างกลุ่มและการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์โดยผ่านการส่งเสริมของภาครัฐและองค์กรเอกชนในการดูงาน การจัดฝึกอบรม และการดำเนินกิจกรรมเกี่ยวกับสิ่งทอร่วมกัน

2. การข้อมสิทธรมชาติจากวัตถุดิบบางชนิดมีความหลากหลาย ในด้านสูตรส่วนผสมและขั้นตอนการข้อมในระหว่างกลุ่มผู้ข้อม ไม่มีความแน่นอน Moeyes(2529)⁽³¹⁾พบว่าผู้ข้อมใช้วิธีการต่างกันในการข้อมสีจากวัตถุดิบชนิดเดียวกันบนเส้นใยเดียวกันเพื่อให้ได้สีเดิม ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานกลุ่มผู้ทอผ้าข้อมสิทธรมชาติในช่วงปี พ.ศ. 2539-40⁽¹⁻⁴⁾ยังคงพบการดำเนินการลักษณะเดียวกัน ทั้งนี้สิ่งที่ต่างส่วนมากเป็นผลจากการใช้สารช่วยข้อมแตกต่างกัน

การใช้หม้อมและ/หรือสารช่วยข้อมวัสดุธรรมชาติที่เหมือนกันหรือที่แตกต่างกันนั้น เริ่มต้นจากการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างกลุ่มแล้วนำไปทดลองใช้ บางกรณีที่มีปัญหาด้านวัตถุดิบในท้องถิ่นจึงทดลองใช้วัสดุธรรมชาติที่มีลักษณะคล้ายกันแทน แม้ว่าจะสามารถให้เจดสีใกล้เคียงกันแต่ส่วนมากไม่เคยมีการเปรียบเทียบผลการข้อมอย่างจริงจังนอกจากการเทียบสี จึงไม่อาจชี้ชัดในแง่ความเหมาะสมที่แท้จริงทั้งในด้านคุณภาพและ/หรือปริมาณ ความหลากหลายของสูตรและกระบวนการข้อมนี้ยังไม่สามารถระบุชัดเจนได้ว่าสูตรและกระบวนการใดดีกว่ากัน เนื่องจากไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบเชิงวิชาการอย่างแท้จริง

นอกจากนี้พบว่าผู้ข้อมส่วนมากใช้ความชำนาญเฉพาะตัวในการตัดสินใจขั้นตอนที่สำคัญบางขั้นตอนในกระบวนการข้อม ซึ่งน่าจะมีผลในการข้อมด้วยปริมาณมากที่ต้องข้อมหลายครั้ง

ผลการสอบถามความคิดเห็นของผู้ย้อม⁽¹⁻⁴⁾ ในแง่ความคงทนของสีที่ย้อมได้ ปรากฏว่ามีข้อคิดเห็นที่แตกต่างกันทั้งที่ใช้วัตถุดิบและวิธีการย้อมประเภทเดียวกัน ทั้งนี้ น่าจะมาจากระดับความพอใจที่แตกต่างกัน โดยไม่มีพื้นฐานทางวิชาการเข้ามาเกี่ยวข้องและไม่มีผลการทดสอบตามมาตรฐานสากลเป็นกรณีเปรียบเทียบ

3. วัตถุดิบธรรมชาติชนิดเดียวกันบางอย่างมีการใช้ย้อมทั้งแบบเย็นและแบบร้อน ทั้งนี้ สารสีที่สามารถย้อมเย็นได้นั้นการย้อมแบบร้อนจะเป็นการสูญเสียของพลังงานความร้อนที่ใช้ และสารสีที่ต้องย้อมแบบร้อนแต่ไปทำการการย้อมแบบเย็นจะทำให้ประสิทธิภาพการติดสีที่ต่ำกว่า เกิดการสูญเสียของวัตถุดิบหากไม่นำน้ำย้อมกลับไปใช้ใหม่ นอกจากนี้ความคงทนของสีที่ได้จากการย้อม 2 แบบมักมีระดับแตกต่างกัน

4. ส่วนมากไม่ใช่วัตถุประสงค์ ชั่ง ตวง วัด ในกระบวนการย้อม ปริมาณสารที่ใช้ในการย้อมแต่ละครั้งมีความเป็นไปได้สูงที่จะมีปริมาณแตกต่าง ก่อให้เกิดปัญหาความไม่สม่ำเสมอของคุณภาพสีที่ย้อมได้ นอกจากนี้วัตถุดิบที่ใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการย้อมเป็นสิ่งของเครื่องใช้ที่จัดหาได้ในท้องถิ่นมีขนาดและลักษณะที่อาจไม่เหมาะสมกับการใช้ในงานฟอกย้อม โดยเฉพาะการทำซ้ำเพื่อให้ได้เฉดสีเดียวกันในปริมาณมาก

5. จากการทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์ย้อมสี ที่เป็นเส้นด้ายและที่ผ่านการทอเป็นผืนจากกลุ่มทอผ้าในพื้นที่ภาคเหนือในช่วงปี พ.ศ. 2539-2540 จำนวนรวมไม่น้อยกว่า 200 ตัวอย่าง ทั้งที่เป็นผลิตภัณฑ์ย้อมสีธรรมชาติ สีสังเคราะห์ สีธรรมชาติผสมสีสังเคราะห์ และผลิตภัณฑ์ที่ทอโดยใช้เส้นด้ายย้อมสีธรรมชาติและเส้นด้ายย้อมสีสังเคราะห์ร่วมกัน พบว่าเส้นใยย้อมสีธรรมชาติมีความคงทนต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ต่ำเป็นส่วนใหญ่ สืบเนื่องจากมีการตกสีระหว่างการซักโดยเฉพาะอย่างยิ่งการซักที่อุณหภูมิ 90 - 95 °C แต่ส่วนมากไม่มีปัญหาเรื่องการติดสี ปัญหาสำคัญที่พบคือผลทดสอบความทนทานต่อการซักดู ส่วนมากให้ผลไม่ดีนักโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทดสอบแบบเปียก สำหรับตัวอย่างที่ใช้สีสังเคราะห์พบว่าสีที่ใช้ในบางกลุ่มมีปัญหาการตกสี การติดสีระหว่างซัก รวมทั้งความทนทานต่อการซักดู

6. ผลการวิจัยเบื้องต้นโดยการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติจากเปลือกเพกา⁽³²⁾

โดยใช้สูตรส่วนผสมและขั้นตอนการย้อมที่ Moeyes⁽³¹⁾ ระบุไว้ รวมทั้งที่วิเคราะห์จากข้อมูลของ Lesch⁽³³⁾ ซึ่งเป็นการย้อมระดับครัวเรือนเช่นกัน ได้ผลสรุปที่น่าสนใจ 2 ประการคือ ประการแรก ปริมาณของมอร์แดนท์และสารช่วยย้อมที่ปรากฏในหนังสือทั้งสองเล่มนั้นมากเกินไปและประการที่สองอุณหภูมิที่ระบุไว้สูงกว่าที่ควรจะเป็น

การสำรวจและเก็บข้อมูลการย้อมของกลุ่มทอผ้าจำนวน 4 กลุ่มในท้องที่อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ซึ่งร่วมอยู่ในโครงการวิจัยนี้⁽³⁴⁾ ทั้ง 4 กลุ่มใช้พื้นที่ส่วนหนึ่งในบริเวณบ้านทำการย้อมเส้นใย โดยมีลักษณะเป็นที่โล่งอากาศถ่ายเทสะดวก อุปกรณ์การย้อมเป็นกระทะใบบัวขนาดใหญ่ ใช้พื้นเป็นเชื้อเพลิงหลัก มีเพียงกลุ่มเดียวที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงเป็นครั้งคราว ผู้ทำหน้าที่ย้อมสีมีกลุ่มละ 2-3 คน การเก็บรักษาด้ายวัตถุดิบใช้วิธีวางกองไว้ในพื้นที่โล่งแต่มีหลังคาคลุม น้ำที่ใช้ในกระบวนการส่วนมากใช้น้ำประปาของหมู่บ้าน มีกลุ่มเดียวที่ใช้น้ำผิวดินจากบ่อน้ำ ผลการสำรวจมีข้อสรุปจุดแข็งและจุดอ่อนของกระบวนการย้อมและของกลุ่มดังนี้

จุดแข็ง

1. มีประสบการณ์การย้อมสีธรรมชาติและสีสังเคราะห์มาก
2. ใกล้ชิดแหล่งวัตถุดิบต่าง ๆ และเชื้อเพลิงธรรมชาติ (ฟืน) สามารถจัดซื้อจัดหาได้ในราคาถูก
3. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้แบบง่ายๆ หาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด
4. กระบวนการที่ใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน การย้อมสีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ ใช้ขั้นตอนและวิธีการคล้ายๆ กัน เป็นส่วนใหญ่ แม้จะมีเทคนิคละเอียดเฉพาะกลุ่ม แต่แตกต่างกันไม่มากนัก
5. การย้อมส่วนใหญ่เป็นการย้อมประเภทเดียว คือ การย้อมด้ายก่อนทอ ไม่มีหลักฐานการทอเป็นผืนก่อนย้อม
6. หัวหน้ากลุ่มสามารถบริหารจัดการ รับงาน วิเคราะห์แบบ/ลาย วางแผนการย้อมสี และแจกจ่ายด้ายที่ย้อมแล้วให้เพื่อนบ้านหรือสมาชิกในกลุ่มนำไปทอเป็นผืนตามแบบ/ลวดลายที่กำหนด โดยมีค่าตอบแทนตามปริมาณงาน
7. หัวหน้ากลุ่มเป็นที่ยอมรับของสมาชิกกลุ่มมาก และมีความสัมพันธ์กับกลุ่มทอผ้าในท้องถิ่นดี ส่วนใหญ่จะมีผู้ช่วย/ผู้ร่วมงานย้อมไม่มากนัก แต่ก็มีประสบการณ์ในการย้อมระดับดี-ดีมาก (โดยอาศัยประสบการณ์ในการปฏิบัติ) มีความมานะ อดทนในการลองถูกลองผิดสูง
8. กลุ่มย้อมผ้าทุกกลุ่มมีทัศนคติที่ดีต่องานที่ทำ ทั้งนี้เนื่องจากเห็นว่าเป็นอาชีพที่สร้างรายได้หลักแก่ครอบครัว

จุดอ่อน

จุดอ่อนของกลุ่มทอผ้า มีอยู่หลายส่วนดังนี้

1 ด้านวัตถุดิบที่ใช้

1.1 ฝ้าย

- มีข้อจำกัดด้านความรู้ทางวิชาการเกี่ยวกับฝ้ายในงานย้อมสี
- ฝ้ายส่วนใหญ่ซื้อจากร้านค้าในตัวจังหวัด ทำให้ไม่มีตัวเลือกในการเลือกฝ้ายที่มีคุณภาพที่ดีเหมาะสม ทำให้มีข้อจำกัดในการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์
- การดูแลเก็บรักษาด้ายวัตถุดิบก่อนย้อมไม่เหมาะสม ทำให้มีผลกระทบต่อทั้งคุณภาพของด้ายและขั้นตอนการทำความสะอาด

1.2 วัตถุดิบให้สีย้อมธรรมชาติที่ใช้ประจำ

- ใช้เปลือกไม้เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งต้องซื้อจากคนในท้องถิ่นและใกล้เคียง ทำให้ไม่สามารถกำหนดคุณภาพวัตถุดิบได้

1.3 วัตถุดิบช่วยย้อม

- ขาดความรู้ และ/หรือ ไม่มีข้อมูลชัดเจนเกี่ยวกับวัตถุดิบช่วยย้อมบางอย่าง ทั้งด้านธรรมชาติ ลักษณะงานที่ควรใช้/ไม่ควรใช้/ไม่จำเป็นต้องใช้ วิธีการใช้ ตลอดจนปริมาณที่เหมาะสม

1.4 เชื้อเพลิง

- ส่วนใหญ่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งยังพอหาได้ในราคาไม่สูงนัก เนื่องจากสภาพชุมชนที่อยู่อาศัยยังอยู่ห่างไกลจากเขตเมือง
- ในระยะยาวจะมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

2 ด้านกระบวนการและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

- กระบวนการปัจจุบัน เป็นประสบการณ์จากการรู้ การเห็น และการปฏิบัติ ยังขาดหลักวิชาการ ทั้งด้านพื้นฐานและด้านประยุกต์ เกี่ยวกับการย้อมสี
- ไม่มีการควบคุมปริมาณสิ่งต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการอย่างเป็นระบบ ทำให้มีปัญหาในการทำซ้ำให้ได้สีเดิม
- กระบวนการที่ใช้ ไม่ค่อยแตกต่างกัน ทั้งในระหว่างสีย้อมธรรมชาติจากวัตถุดิบต่างชนิดกันและระหว่างสีย้อมธรรมชาติกับการย้อมสีสังเคราะห์ซึ่งมีธรรมชาติของสีที่แตกต่างกัน จนเกินกว่าที่จะสามารถใช้วิธีการเดียวกัน
- ขั้นตอนการทำความสะอาดเส้นใย ส่วนมากยังไม่เหมาะสม และไม่มีประสิทธิภาพในการขจัดสิ่งสกปรก และสิ่งเจือปนในเส้นด้าย
- การย้อมสีธรรมชาติ ส่วนมากไม่แยกจากวัตถุดิบของแข็งออกก่อน ระหว่างการย้อมไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และวิธีการให้ความร้อนอย่างเป็นระบบ
- ส่วนมากใช้วิธีล้างเส้นด้ายหลังย้อมด้วยน้ำเปล่า โดยไม่มีการใช้สบู่และ/หรือความร้อนช่วยในการกำจัดสีส่วนเกินที่เกาะหลวม ๆ อยู่บนด้ายออก
- อุปกรณ์ที่ใช้ยังไม่เหมาะสม โดยเฉพาะในการย้อมส่วนใหญ่ใช้กระทะใบบัว มีการสูญเสีย

ความร้อนแก่งสิ่งแวดล้อมมาก ทำให้ไม่ประหยัดพลังงาน แม้จะให้ความสะดวกแก่ผู้ซ่อม ในการกวาดและการพลิกด้ายกลับไปมาระหว่างการซ่อม

3 ด้านการจัดการทั่วไป และอื่นๆ

- การจัดการทั่วไป ขึ้นอยู่กับหัวหน้ากลุ่มแต่เพียงผู้เดียว
- ผู้ช่วยที่มีอยู่ มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ไม่พอที่จะทำการแทนหัวหน้ากลุ่ม
- ธุรกิจปัจจุบันของกลุ่มค่อนข้างจะอยู่ภายใต้อิทธิพลของพ่อค้าคนกลาง กลุ่มมีความเป็นอิสระค่อนข้างน้อยในการกำหนดลักษณะผลิตภัณฑ์ผ้าทอ และการซ่อมของกลุ่ม
- การกำหนดราคาไม่เป็นธรรม ไม่เป็นไปตามกลไกการตลาดอย่างแท้จริง
- กลุ่มทอผ้าเริ่มตระหนักถึงปัญหาด้านความปลอดภัยและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังขาดกลไกและวิธีการในการจัดการกับปัญหา

ข้อสังเกตและสิ่งต่าง ๆ ข้างต้นล้วนเป็นปัญหาพื้นฐานการผลิต การรักษามาตรฐานของ เฉดสี ปัญหาด้านการผลิตปริมาณมากตามความต้องการของผู้บริโภคและเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญ ในการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมการผลิต ปัญหาลักษณะเดียวกันนี้พบในประเทศอินเดีย^(20,21)ซึ่งเป็น แหล่งใหญ่ของวัตถุดิบให้สีย้อมธรรมชาติมาแต่โบราณและเป็นแหล่งวัฒนธรรมการย้อมสีธรรมชาติที่สำคัญหนึ่ง นอกจากนี้ธรรมชาติของสีย้อมธรรมชาติเองที่มีปัญหาด้านความทนทานของสีและจำนวน เฉดสีไม่มากพอเมื่อเทียบกับสีสังเคราะห์

การใช้สีธรรมชาติในการย้อมเส้นใยในปัจจุบันมีปัญหามากมาย ๑ ประการที่ต้องพิจารณา แก่ไขดังนี้

1. สีที่ย้อมได้มักจะทำซ้ำได้ยาก ก่อให้เกิดปัญหาด้านผลิตภัณฑ์งานหัตถกรรม โดยเฉพาะ กรณีที่สีเส้นของงานมีผลกระทบต่อการค้าและการแข่งขันธุรกิจ
2. สีที่ย้อมได้มีเฉดสีจำกัด ไม่ทนทานต่อแสง ต่อการซักล้างและต่อการซักเมื่อเทียบกับสีสังเคราะห์
3. ความรู้ทางด้านวิชาการและทางเทคนิคที่จำกัดของกลุ่มผู้ผลิตเป็นปัญหาต่อการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของสีที่ย้อมได้
4. ขีดจำกัดด้านความรู้เกี่ยวกับความหลากหลายของวัตถุดิบให้สีย้อมธรรมชาติ
5. ทรัพยากรธรรมชาติบางชนิดที่เป็นแหล่งของสีย้อมธรรมชาติ เป็นผลิตภัณฑ์จากป่า ทั้งที่เป็นเปลือกต้นไม้ แก่นไม้ และรากไม้ เป็นต้น การใช้ทรัพยากรดังกล่าวปริมาณมากโดยไม่มีการจัดการที่เหมาะสมก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสภาวะแวดล้อมในระยะยาวได้ และ

6. ทรัพยากรบุคคลที่มีประสบการณ์ มีความพอใจในงาน มีทัศนคติที่ดีตลอดจนได้รับแรงจูงใจที่พอเพียงในงานอาชีพ

ในพื้นที่ภาคเหนือซึ่งมีกลุ่มผู้ทอดผ้าอยู่มากกว่า 158 กลุ่ม⁽¹⁾และส่วนมากอยู่ในเขตภาคเหนือตอนบนได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย พะเยา ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน แพร่ และน่าน และภาคเหนือตอนล่างบางจังหวัดเช่น อุตรดิตถ์ พิษณุโลก สุโขทัย เพชรบูรณ์ เป็นต้น เส้นใยส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นฝ้าย ทั้งที่เป็นฝ้ายปั่นเป็นด้ายจากโรงงานและเส้นด้ายฝ้ายปั่นมือในท้องถิ่น การย้อมสีมีทั้งการย้อมสีธรรมชาติเพียงอย่างเดียว การย้อมสีสังเคราะห์เพียงอย่างเดียว และการย้อมสีทั้ง 2 ประเภท การวิจัยสีย้อมธรรมชาตินี้จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาศักยภาพทั้งด้านบุคลากรของกลุ่มทอดผ้าและเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อไป

การทดลองวิจัยเพื่อปรับปรุงกระบวนการย้อมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันโดยการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลกระทบจะสามารถแก้ปัญหาพื้นฐานที่มีต่อผลิตภัณฑ์สิ่งทอย้อมสีธรรมชาติได้และแก้ปัญหาหลาย ๆ ข้อที่กล่าวแล้วข้างต้นทั้งทางตรงและทางอ้อม งานวิจัยนี้มุ่งเน้นสีย้อมธรรมชาติกลุ่มสีเขียว สีนํ้าตาล และสีดำ โดยเลือกใช้ข้อมูลจากผลการสำรวจทางสังคมในเขตภาคเหนือ⁽¹⁾เป็นหลัก ซึ่งรายงานว่ามีจำนวนพืชที่ให้สีทั้ง 3 สีนี้อยู่ 15, 19 และ 9 ชนิดตามลำดับ โดยมีผังการทดลองดังแสดงในภาคผนวกที่ 1 ประกอบด้วย

1. การศึกษาทางเคมี เพื่อหาชนิดหรือกลุ่มของสารให้สี ทดสอบขั้นต้นเพื่อหาเมล็ดสีที่ควรจะย้อมได้ ภาวะการย้อม และหาวัตถุดิบให้สีชนิดใหม่(ถ้ามี)
2. การพัฒนากระบวนการประกอบด้วยการศึกษา
 - อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมเย็น และการย้อมร้อน
 - เวลาที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการย้อม
 - วัตถุดิบธรรมชาติให้สีรวมทั้งสารช่วยย้อมทั้งที่เป็นเกลือของโลหะและวัตถุธรรมชาติ
3. ทดสอบผลการทดลองระดับห้องปฏิบัติการและการย้อมระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก
4. เปรียบเทียบผลการย้อม โดยตรวจสอบความคงทนของสีต่อการซัก ต่อแสง และต่อการขัดถู และการปรับปรุงกระบวนการให้เหมาะสมในทางปฏิบัติ
5. เผยแพร่ผลการวิจัยแก่กลุ่มทอดผ้าอื่น ๆ โดยการจัดการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการและโดยทางเอกสารสิ่งพิมพ์

บทที่ 2

การศึกษาด้ยฝ้าย

อุตสาหกรรมทอผ้าระดับครอบครัวในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย เริ่มจากการนำด้ายไปย้อมสี จากนั้นนำไปทอให้เป็นชิ้นหรือเป็นผ้าผืน ส่วนมากไม่ได้ทำการปั่นด้ายเองในชุมชนเหมือนที่เคยทำในอดีต การดำเนินการแบบอุตสาหกรรมนี้ความจริงแล้วมีลักษณะ โครงสร้างปัจจุบันแบบการรวมตัวในชุมชนเป็นกลุ่มหรือกล่าวให้ชัดเจนว่าเป็นการดำเนินธุรกิจชุมชนแบบรวมกลุ่มโดยมีการแบ่งแยกผู้รับผิดชอบการย้อมสีกับกลุ่มที่ทำการทอไว้ค่อนข้างชัดเจน หากจำแนกอุตสาหกรรมทอผ้าระดับครอบครัวตามการใช้สีในงานย้อมสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มที่ย้อมสีธรรมชาติ กลุ่มที่ย้อมสีสังเคราะห์ และกลุ่มที่มีการย้อมสีทั้งสองประเภท ทั้งนี้กลุ่มทอผ้าที่ใช้ด้ายย้อมสีสังเคราะห์นั้นจะมีทั้งที่ทำการย้อมสีเองในกลุ่มและที่ซื้อด้ายย้อมสีแล้วจากผู้ประกอบการอื่นซึ่งส่วนใหญ่ก็คือผู้จำหน่ายด้าย ผ้าและอุปกรณ์การทออื่น ๆ นั่นเอง ส่วนการย้อมสีธรรมชาตินั้นส่วนมากทำการย้อมเองในกลุ่ม ยกเว้นการย้อมครามซึ่งจะจ้างย้อมในกรณีที่กลุ่มไม่ได้ทำการย้อมครามเป็นหลัก งานทอผ้าย้อมสีธรรมชาติระดับอุตสาหกรรมครอบครัวจึงเริ่มจากงานย้อมสีเส้นด้าย ในพื้นที่ภาคเหนือส่วนมากด้ายที่ใช้จะเป็นด้ายฝ้าย

ด้ายฝ้ายที่ใช้ปัจจุบันในงานสิ่งทอในพื้นที่ภาคเหนือนั้นเป็นด้ายฝ้ายดิบสำเร็จรูปจากโรงงานที่ไม่ผ่านการฟอกสี ลักษณะของด้ายฝ้ายที่มีจำหน่ายนั้นเป็นด้ายปั่นที่ผ่านการกรอด้ายแล้วและถอดออกจากหลอดด้ายเป็นวงที่มีขนาดเส้นรอบวงประมาณ 48 – 50 นิ้ว ผูกติดไว้ด้วยเชือกหรือด้ายเรียกว่า บ่วง ส่วนมากพบว่า มีการผูกด้ายหลายบ่วงรวมกันและพันสอดกันไว้เป็นเกลียว นิยมเรียกกันว่าเป็น ห้ว ด้ายหลาย ๆ หัวถูกมัดรวมกันและห่อไว้เป็นห่อ เรียกกันว่า ลูก โดยที่ด้าย 1 ลูกจะมีน้ำหนักสุทธิ 4.3 kg นอกจากนี้ด้ายที่นิยมใช้กันมากจะมีขายในลักษณะที่มีปริมาณมาก เรียกกันว่าเป็น แว่น มีน้ำหนัก 32 kg

ด้ายที่นิยมใช้กันในกลุ่มทอผ้าภาคเหนือ ได้แก่

1. ด้ายเบอร์ 40/2
2. ด้ายเบอร์ 10 และ
3. ด้ายปั่นมือ

เส้นด้ายทั้ง 3 ประเภทนี้มีลักษณะภาพภายนอกแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



ด้ายปั่นมือ



ด้ายเบอร์ 40/2



ด้ายเบอร์ 10/1 ตราแมว



ด้ายเบอร์ 10/1 ไม่มีตรา



ด้ายเบอร์ 10/1 ตราเสือ



ด้ายเบอร์ 10/1 ตรามงกุฏ

รูปที่ 2.1 ด้ายฝ้ายที่ใช้ในงานทอ

ด้ายเบอร์ 40/2 เป็นด้ายเบอร์ 40 ที่นำมา 2 เส้นพันกันเป็นเกลียวระหว่างการกรอด้วย ลักษณะเส้นเล็กเหนียว มีสีออกขาวค่อนข้างเป็นมัน ส่วนมากนิยมใช้ทำด้ายขึ้นในการทอ ด้าย 1 ลูก มี 24 หัว แต่ละหัวมี 2 บ่วง แต่ละบ่วงมีน้ำหนักประมาณ 90-95 g

ด้ายเบอร์ 10 หรือเบอร์ 10/1 เป็นด้ายเบอร์ 10 เส้นเดี่ยวไม่มีการนำมาพันกันเป็นเกลียวระหว่างการกรอด้วย ลักษณะเส้นโตกว่าด้ายเบอร์ 40/2 มีสีน้ำตาลอ่อน สีแตกต่างกันระหว่างยี่ห้อด้าย ส่วนมากนิยมใช้ด้ายนี้ในการทอ ด้าย 1 ลูก มี 12 หัว แต่ละหัวมี 5 บ่วง แต่ละบ่วงมีน้ำหนักประมาณ

72-75 g ทั้งนี้ป้าที่ปิดห่อด้วยอาจพิมพ์ระบุไว้เป็น “10/12” นอกจากนี้ด้วยบางยี่ห้ออาจทำเป็นหัวเล็กกว่าทำให้มี 20 หรือ 24 หัวต่อลูก และจะใช้วิธีระบุบนฉลากเป็น *ด้าย 10/20* หรือ *ด้าย 10/24* ตามลำดับ แต่น้ำหนักรวมต่อลูกจะคงที่ที่ นน. สุทธิ 4.3 – 4.5 kg. (นน. สุทธิที่ระบุบนฉลากแตกต่างกันอยู่กับผู้ผลิต) เนื่องจากด้วยชนิดนี้นิยมใช้กันมากในงานทอและอาจเป็นด้วยความพยายามลดต้นทุนสินค้าจึงมีด้ายเบอร์ 10 ที่ไม่มีเครื่องหมายการค้ากำกับ จำหน่ายในราคาที่ต่ำกว่าด้ายที่มีเครื่องหมายการค้า

ด้ายปั่นมือ หรือที่เรียกกันว่า ด้ายพื้นเมือง นั้นเป็นด้ายเส้นเดี่ยวไม่มีการนำมาพันกันเป็นเกลียวระหว่างการทอด้วย ลักษณะเส้นโตกว่าด้ายเบอร์ 40/2 และ เบอร์ 10/1 มีสีน้ำตาลอ่อน ขนาดเส้นไม่สม่ำเสมอ ที่มีวงจำหน่ายในพื้นที่นั้นเรียกกันว่า ด้ายพม่า ทั้งนี้ไม่ปรากฏหลักฐานชัดเจนถึงที่มาของชื่อที่เรียกกัน คาดว่าอาจเนื่องจากแหล่งนำเข้าหรือวิธีการนำเข้า พบว่าร้านค้าบางแห่งมีการจำหน่ายด้ายที่ผลิตในประเทศโดยมีการปั่นกันในบางพื้นที่ของประเทศไทยเช่น ด้ายป่าซาง ซึ่งผู้ค้าให้รายละเอียดว่าเป็นด้ายที่ผลิตในพื้นที่อำเภอป่าซางจังหวัดลำพูน เป็นต้น ด้ายพื้นเมืองกลุ่มนี้สามารถจัดซื้อจัดหาได้แต่ในปริมาณที่ไม่มากนักและไม่ค่อยสม่ำเสมอ ลักษณะของด้ายปั่นมือที่มีจำหน่ายจะนำด้ายที่ออกมาจากวงล้อทอด้วยม้วนพันสอดเข้าด้วยกันเป็นเกลียวเรียกว่าหัวเช่นกัน

2.1 แนวทางการวิเคราะห์และวิธีการ

การศึกษาด้วยผ้าที่ใช้ในงานถึงทอระดับอุตสาหกรรมกรอบครั้งนี้ มุ่งศึกษาหาข้อมูลเบื้องต้นดังนี้คือ

1. สมบัติกายภาพต่าง ๆ ที่มีผลต่อการย้อมสีและการทอ เช่น ความชื้น ความเหนียว หรือความแข็งแรง ความขาว เป็นต้น
2. การทำความสะอาดเส้นด้ายเพื่อการเตรียมเส้นด้ายก่อนการย้อม และผลกระทบที่มีต่อสมบัติกายภาพของเส้นด้าย

2.1.1 ชนิดของด้าย

ด้ายที่ใช้ในการศึกษานี้ใช้ด้ายฝ้ายที่หาซื้อจากร้านค้าในท้องถิ่น (จังหวัดเชียงใหม่) เพื่อให้ได้สภาพของด้ายที่ตรงกับด้ายที่ใช้กันอยู่จริงในปัจจุบัน โดยด้ายที่นำมาศึกษาประกอบด้วย

1. ด้ายเบอร์ 40/2
2. ด้ายเบอร์ 10 แบบไม่มีตรา และด้ายตราแมว และ
3. ด้ายปั่นมือ

2.1.2 การหาร้อยละของความชื้น(%moisture)

เป็นการการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วยตัวอย่างวัตถุดิบตามสภาพที่ซื้อมา และตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการทำความสะอาดต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษานี้และได้ผ่านการทิ้งไว้ให้แห้งโดยสัมผัสกับบรรยากาศอย่างน้อย 1 วัน โดยมีขั้นตอนการหาร้อยละของความชื้นดังนี้คือ

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 g. ให้ทราบน้ำหนักแน่นอนถึง 0.1 mg. ใส่ลงในจานระเหย
2. นำเข้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 8 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเคสลิเคเตอร์
3. นำไปชั่งน้ำหนักซ้ำ และ
4. คำนวณหาร้อยละของความชื้นต่อไป

2.1.3 ความแข็งแรงของเส้นด้าย

การวัดความแข็งแรงของเส้นด้ายคือการวัดความเหนียวของเส้นด้ายเดี่ยว ๆ โดยการวัดแรงดึงและการยืดตัวที่ทำให้เส้นด้ายขาดด้วยอัตราความเร็วการดึงคงที่ โดยทั่วไปแสดงความแข็งแรงหรือความเหนียวของเส้นได้ด้วยค่าที่วัดได้เป็น

- ค่าแรงดึงขาด (Breaking load) คือแรงที่ใช้ดึงให้ด้ายขาดมีหน่วยเป็น กรัม กิโลกรัม ปอนด์ หรือ นิวตัน และ
- ค่าการยืดตัวขณะขาด (Elongation) คือความยาวที่เพิ่มขึ้นขณะที่ขึ้นทดสอบขาดคิดเป็นร้อยละของความยาวเดิม

ในการนี้ใช้เครื่องวัดความคงทนต่อแรงดึงของ LLOYD Instruments รุ่น LRX ใช้หัวดึงขนาด 1 kN เครื่องวัดควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์และการสั่งการด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปของผู้ผลิตเครื่องสามารถบันทึกผลการวัดและถ่ายโอนข้อมูลจากเครื่องวัดไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่ออยู่กับเครื่องมือวัดได้อย่างต่อเนื่อง สามารถแสดงผลทางหน้าจอได้หลายรูปแบบตามที่กำหนด บันทึกผลในรูปของแฟ้มข้อมูลและสามารถวิเคราะห์ผลและแปลผลตามที่นิยมใช้กันในงานที่เกี่ยวข้อง การทดสอบมีขั้นตอนและวิธีการดังต่อไปนี้คือ

1. ตัดเส้นด้ายที่ต้องการทดสอบให้มีความยาว 14 cm
2. นำด้ายไปยึดติดกับหัวดึงบนตัวเครื่องทดสอบ
3. ใส่ข้อมูลของด้ายตามที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์กำหนด และกำหนดเงื่อนไข/ภาวะต่าง ๆ ตามที่ผู้ผู้ต้องการให้เครื่องดำเนินการและแสดงผล
4. สั่งเครื่องให้ดำเนินการตามที่กำหนด เครื่องจะดึงด้ายตามแนวตั้งจนด้ายขาด แปลผลและแสดงผลทางจอภาพคอมพิวเตอร์

5. ทำการทดลองซ้ำอีก 4 ครั้ง รวมเป็นการทดลอง 5 ซ้ำต่อตัวอย่าง 1 ชนิดตัวอย่าง และให้โปรแกรมทำการเฉลี่ยผลของ การทดลองทั้ง 5 ซ้ำ เพื่อนำไปบันทึกและแปลผลต่อไป

2.1.4 การวัดความขาว

ธรรมชาติของผ้าฝ้ายดิบนั้นจะมีสีน้ำตาลอ่อนออกเหลือง พบว่าผ้าที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจากบางแหล่งจะมีสีน้ำตาลเข้มกว่า สีของผ้าเองจึงอาจทำให้เจดสีที่ข้อมได้แตกต่างกันไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีการข้อมสีที่มีเจดสีอ่อน ในการศึกษาผ้าฝ้ายนี้จึงได้ทำการวัดค่าความขาวหรือค่าความสว่าง(Brightness)ของผ้าเพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบความขาวของสีของเส้นด้ายก่อนและหลังการทำความสะอาดโดยวิธีต่าง ๆ

การวัดความขาวใช้เครื่องวัดสี Colorimeter LF 90 ของ DRLANGE ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน DIN 53145 เครื่องมือวัดเป็นแบบวัดแสงสะท้อน มุมตกกระทบของแสง 0° เทียบกับแกนที่ตั้งฉากกับตัวอย่างและทำการวัดแสงสะท้อนที่มุม 45° ก่อนใช้งานต้องปรับสเกลเครื่องวัดให้อ่านได้ 99 % โดยใช้แผ่นอินามาเมลมาตรฐาน(สีขาว)ของผู้ผลิตเครื่อง

การเตรียมตัวอย่างที่เป็นเส้นด้ายต้องมัดด้ายตัวอย่างบนกระดาษดำเพื่อป้องกันแสงทะลุผ่านและป้องกันแสงจากภายนอกตกกระทบตัววัดสัญญาณ การมัดด้ายนั้นต้องหวีให้เส้นด้ายเรียงติดกันมีผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอก่อนนำไปวัดค่า โดยใช้แผ่นฟิลเตอร์กรองแสงสีน้ำเงินตามที่ผู้ผลิตเครื่องกำหนดเนื่องจากด้ายมีสีออกสีเหลือง

2.1.5 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก

ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักด้ายก่อนและหลังการทำความสะอาดเพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักที่สูญหายไปซึ่งเกิดจากการละลายของสิ่งเจือปนที่เกาะบนผิวด้าย สารชั้นนอกของตัวเส้นด้ายเอง ตลอดจนสารที่เกิดการสลายด้วยผลทางเคมีระหว่างการทำมาสะอาด โดยทำการชั่งน้ำหนักเส้นด้ายให้ทราบน้ำหนักแน่นอนทุกครั้งก่อนและหลังการผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ทั้งนี้ด้ายที่ผ่านขั้นตอนต่าง ๆ แล้วนั้นจะทิ้งไว้ ประมาณ 1 วันก่อนทำการชั่งน้ำหนัก

2.2 การทำความสะอาดด้าย

ด้ายที่ทำการข้อมกันอยู่ในปัจจุบันมีขั้นตอนการทำความสะอาดน้อยมาก บางกลุ่มไม่มีการทำความสะอาดเลย วิธีการทำความสะอาดมีหลายแบบ เช่น บอกเล่ากันต่อ ๆ มา โดยการอบรม โดยการแนะนำของผู้ค้าวัตถุดิบ ฯลฯ ซึ่งวิธีการที่ใช้กันได้แก่

- แช่น้ำทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่งก่อนการข้อม
- ต้มในน้ำเดือดระยะเวลาหนึ่ง เช่น จนกว่าด้ายจม เวลา 1-2 ชั่วโมง เป็นต้น

- ใช้สารเคมีที่เรียกกันว่า *สบู่เทียม* ช่วยในการทำความสะอาด ทั้งแบบใช้และไม่ใช้ความร้อนช่วย
- ใช้สบู่และโซดาแอชภายใต้ภาวะดัมเดือดที่ระยะเวลาที่กำหนดหนึ่ง

ความหลากหลายของขั้นตอนการทำความสะอาดนี้ ทำให้คุณภาพของด้ายก่อนการย้อมแตกต่างกัน เป็นที่ทราบกันดีว่า ขั้นตอนและวิธีการเตรียมด้ายก่อนการย้อมมีความสำคัญต่อคุณภาพของสีที่ย้อมได้ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ทำการทดลองทำความสะอาดด้ายโดยวิธีการต่าง ๆ และเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของด้ายก่อนและหลังการทำมาสะอาด

วิธีการทำความสะอาดที่ใช้มีดังนี้

2.2.1 การทำความสะอาดด้วยสบู่และโซดาแอช

เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันในการย้อมสีธรรมชาติขนาดเล็กแบบที่เป็นงานอดิเรก และในอุตสาหกรรมครอบครัว การเตรียมน้ำยาทำความสะอาดได้ใช้สบู่ที่ไม่มีสารทำให้ขาว และน้ำหอม ในการศึกษานี้ใช้สบู่ซันไลต์ โดยมีวิธีการดังนี้คือ

1. หั่นหรือขูดสบู่ให้เป็นแผ่นบาง/ฝอย ผสมสบู่กับโซดาแอชและน้ำใช้อัตราส่วน
ด้ายฝ้าย: สบู่: โซดาแอช: น้ำ = 100 : 10 : 16 : 1000
นำขึ้นตั้งไฟ ดัมจนละลายหมด จะได้สารละลายใส
2. ใส่ด้ายที่ทราบน้ำหนักแน่นอนลงไป ทำการดัมเดือดเวลา 1 ชม.
3. นำด้ายขึ้น ล้างด้วยน้ำอุ่น/ร้อน 1 ครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำเย็น 1 ครั้ง บิดให้หมาด กระตุก
ด้ายให้คลายตัว ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม
4. ชั่ง นน. ด้าย เพื่อหาปริมาณที่หายไป และนำไปทำการศึกษาสมบัติอื่น ๆ ต่อไป

2.2.2 การทำความสะอาดแบบ 2 ขั้นตอน

เป็นการทำความสะอาดแบบที่ใช้สาร 2 ประเภทในการทำมาสะอาดเส้นใย โดยขั้นตอนแรกอาจเป็นการเตรียมขั้นต้น(Pretreatment)ด้วย

1. กรดกำมะถัน 2 %w/v หรือ
2. เอนไซม์ไคเอสเตส หรือ

ขั้นตอนที่ 2 จะเป็นการทำความสะอาดด้วยสารละลายเบส โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. ชั่งน้ำหนักด้ายให้ทราบน้ำหนักแน่นอน ทั้งนี้ด้ายจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนเพื่อการทดสอบในภายหลัง
2. นำด้ายไปทำความสะอาดตามขั้นตอนที่หนึ่ง ใช้อัตราส่วนสารละลายต่อด้าย 10 : 1 โดยกรณีที่ใช้

- กรดกำมะถัน 2 %w/v ทำความสะอาดที่อุณหภูมิห้อง เวลา 30 นาที
 - เอนไซม์โคแอสเตส (2000u) ทำการปรับ pH ระหว่าง 4.5 – 5.5 ใช้อุณหภูมิ 55 – 65 °C เวลา 15 ชั่วโมง
3. เมื่อครบกำหนดเวลานำตัวอย่างขึ้น ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ
 - **ด้วยส่วนแรก** บิดให้หมด กระตุกด้วยให้คลายตัว ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม นำไปทำต่อตามข้อ 6
 - **ด้วยส่วนที่สอง** นำไปทำความสะอาดต่อในสารละลายเบสตามข้อต่อไป
 4. นำตัวอย่างไปทำความสะอาดในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 5, 7 และ 10 %owf. โดยเติมด้วยสารทำให้เปียก(wetting agent) ในที่นี้ใช้ Teepol ให้มีความเข้มข้น 0.2 %owf. ใช้อัตราส่วนสารละลายต่อตัวอย่าง 10 : 1 (ความเข้มข้นของโซดาไฟ 0.5, 0.7 และ 1.0 %w/v ตามลำดับ)ทำความสะอาดที่ภาวะต้มเดือด (อุณหภูมิระหว่าง 95 – 98 °C) เวลา 1 ชั่วโมง
 5. นำตัวอย่างขึ้น ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ บิดให้หมด กระตุกด้วยให้คลายตัว ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม
 6. นำตัวอย่างไปแช่ให้ทราบน้ำหนักแน่นอนและนำไปทำการทดสอบต่าง ๆ ต่อไป

2.2.3 การทำความสะอาดด้วยเบสพร้อมการฟอกขาว

เป็นการทำความสะอาดด้วยฟลายด้วยสารละลายเบสร่วมพร้อมกับการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ภาวะความเข้มข้นต่าง ๆ ของเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ และของสารฟอกขาว ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ดังมีวิธีการต่อไปนี้

1. เตรียมน้ำยาทำความสะอาดที่มีส่วนประกอบต่อไปนี้ ในน้ำ

NaOH	4 และ 6	%owf.
H ₂ O ₂ ชนิด 35%V	5 , 10 และ 15	%owf.
MgSO ₄ .7H ₂ O	0.005	%owf.
Citric acid	1.0	%owf.
DTPA(40 %soln.)	0.2	%owf.

(DTPA = Diethylenetriamine pentaacetic acid)

โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

สารละลาย A สารละลายของส่วนประกอบต่าง ๆ ในน้ำ ยกเว้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และ

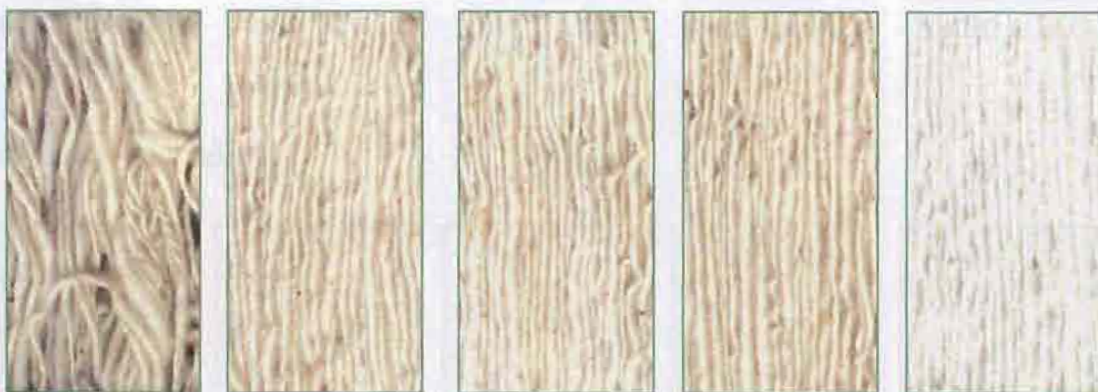
สารละลาย B ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณตามที่กำหนด

- นำด้ายลงแช่ในสารละลาย A อัตราส่วน ด้ายต่อน้ำยาทำความสะอาด = 10 : 1 ให้ความร้อนจนเดือด
- เติมน้ำยา B โดยต้องระวังไม่ให้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สัมผัสโดยตรงกับด้าย
- ทำการต้มต่ออีก 30 นาที
- นำด้ายขึ้น ล้างให้สะอาดด้วยน้ำ หรือ สารละลาย 1 % โซดาแอช
- บิดให้หมาด กระตุกให้ด้ายคลายตัว ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม
- ชั่งน้ำหนัก และนำไปทำการทดสอบต่าง ๆ ต่อไป

2.3 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ตัวอย่างของด้ายที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วสำหรับบางภาวะการทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 2.2 เทียบกับด้ายก่อนการทำความสะอาด และภาพขยายของด้ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของด้ายเบอร์ 10/1 ก่อนและหลังทำความสะอาดด้วยเบสพร้อมกับการฟอกขาวแสดงไว้ในรูปที่ 2.3

ด้ายปั่นมือ



ก่อนทำความสะอาด โซดา+โซดาแอช $H_2SO_4 + NaOH$ Diastase+ NaOH $NaOH + H_2O_2$

รูปที่ 2.2 ด้ายฝ้ายก่อนและหลังทำความสะอาด

ด้ายฝ้ายเบอร์ 40/2



ก่อนทำความสะอาด



สบู่อโซดาแอช



$H_2SO_4 + NaOH$



Diastase+ NaOH



$NaOH + H_2O_2$

ด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 คราเมว



ก่อนทำความสะอาด



สบู่อโซดาแอช



$H_2SO_4 + NaOH$



Diastase+ NaOH



$NaOH + H_2O_2$

ด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ไม่มีตรา



ก่อนทำความสะอาด



สบู่อโซดาแอช



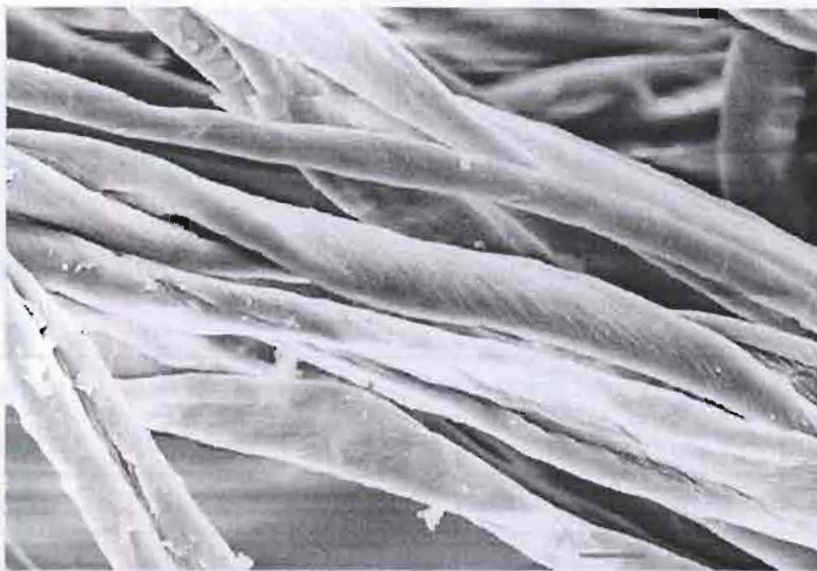
$H_2SO_4 + NaOH$



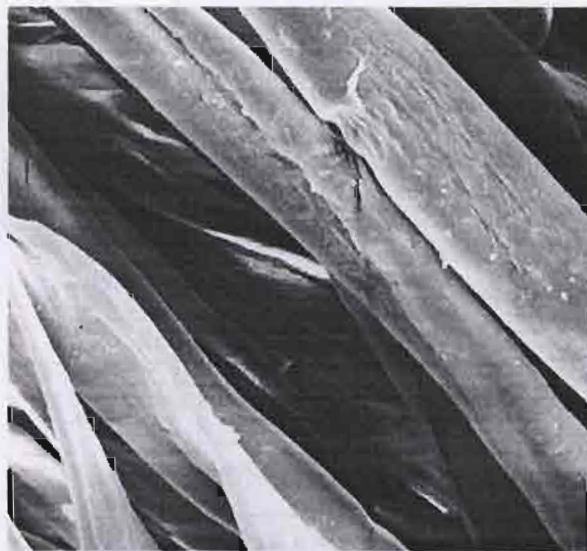
Diastase+ NaOH



$NaOH + H_2O_2$



ด้ายก่อนทำความสะอาด



ด้ายหลังทำความสะอาดด้วยเบสและฟอกขาวด้วยเปอร์ออกไซด์

รูปที่ 2.3 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของเส้นใยด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1

2.3.1 ความชื้นของเส้นด้าย

ผลการหาความชื้นของด้ายฝ้ายต่าง ๆ ทั้งที่เป็นด้ายวัตถุดิบและที่ผ่านการเตรียมด้ายตามขั้นตอนต่าง ๆ ตามข้อ 2.2 ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความชื้นของเส้นด้ายที่ภาวะการทำความสะดวกต่าง ๆ

วิธีการ	เตรียม ขั้นต้น	ความชื้น (%wt)				การทำความ สะดวก	ความชื้น (%wt)			
		ปั่นมือ	40/2	10/1 แฉว	10/1 -		ปั่นมือ	40/2	10/1 แฉว	10/1 -
ด้ายฝ้ายวัตถุดิบ							2.41	2.49	2.20	1.90
สบู่ + โซดาแอช						-	6.24	5.83	5.94	5.82
แบบ 2 ขั้น ตอน	H ₂ SO ₄	6.15	6.02	5.83	5.50	NaOH 5 %*	6.08	5.83	5.83	5.62
						NaOH 7 %	5.76	5.90	5.62	5.88
						NaOH 10 %	5.92	5.91	6.11	5.83
	เอนไซม์ diastase	6.46	5.87	6.35	5.74	NaOH 5 %	6.74	6.23	6.42	6.04
						NaOH 7 %	6.67	6.01	6.15	5.86
						NaOH 10 %	6.46	6.03	5.68	5.95
						เบส + ฟอกขาว				
					NaOH 4 % , H ₂ O ₂ 10%	6.53	6.09	6.27	6.17	
					NaOH 4 % , H ₂ O ₂ 15%	6.53	5.97	6.14	5.94	
					NaOH 6 % , H ₂ O ₂ 5%	6.68	5.92	6.00	6.05	
					NaOH 6 % , H ₂ O ₂ 10%	6.47	6.01	6.27	6.04	
					NaOH 6 % , H ₂ O ₂ 15%	6.49	5.81	6.15	6.21	

* = %owf. (% on weight of fiber/fabric) หรือ ร้อยละ โดยน้ำหนักของเส้นด้าย/ผ้า

ความชื้นของด้ายที่สมดุลกับอากาศมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันประมาณ 2 ถึง 2.5 % โดยที่ด้ายปั่นมือซึ่งมีลักษณะเนื้อโปร่งที่สุดมีค่าความชื้นน้อยกว่าด้ายเบอร์ 40/2 ซึ่งเป็นด้ายที่มีคุณภาพดีที่สุดในกลุ่ม ส่วนด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 นั้น พบว่าด้าย 2 ชนิด คือด้ายตราแมวและไม่มีตรา มีปริมาณความชื้นแตกต่างกันประมาณ 14 % เทียบกับด้ายตราแมว ด้ายทั้ง 2 แบบมีความชื้นต่ำกว่าด้าย

เบอร์ 40/2 ประมาณ 12 และ 24 % ตามลำดับเทียบกับด้ายเบอร์ 40/2 แต่หลังการทำความสะอาดและทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงก่อนหาความชื้น พบว่าด้ายที่ผ่านการทำความสะอาดมีความชื้นมากกว่าด้ายฝ้ายที่ภาวะสมคุสมาก พบว่าโดยรวมแล้วหลังการทำความสะอาดด้ายทั้ง 4 ชนิดมีความชื้นใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ด้ายปั่นมือมีแนวโน้มจะมีค่าความชื้นสูงที่สุดภายใต้ภาวะการทดลองเดียวกัน ผลดังกล่าวแสดงว่าลักษณะของเส้นใยทั้งด้าย 40/2 และ 10/1 จะใกล้เคียงกันมากขึ้น ส่วนความสามารถในการดูดซับความชื้นของด้ายปั่นมือนั้นคาดว่าเกิดจากลักษณะของเส้นใยที่ปั่นรวมกันเป็นเส้นด้ายแบบหลวม ๆ ทำให้ผิวของเส้นใยสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมได้มากกว่าด้ายชนิดอื่น

2.3.2 ความขาวของเส้นด้าย

ผลการวัดสีของเส้นด้ายฝ้ายตามวิธีการในข้อ 2.2 ในเทอมความขาวของเส้นด้ายทั้งก่อนและหลังการทำความสะอาดตามขั้นตอนต่าง ๆ ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 2.2 สำหรับเส้นด้ายปั่นมือ ด้ายเบอร์ 40/2 ด้ายเบอร์ 10/1 ตราแมว และไม่มีตรา

ตารางที่ 2.2 ความขาวของเส้นด้ายฝ้ายก่อนและหลังผ่านขั้นตอนการทำความสะอาด

วิธีการ	เตรียม ขั้นต้น	ความขาวของด้าย				การทำความสะอาด	ความขาวของด้าย			
		ปั่นมือ	40/2	10/1 แมว	10/1 -		ปั่นมือ	40/2	10/1 แมว	10/1 -
ด้ายวัตถุดิบ							49.8	60.5	53.1	53.9
ดั้งเดิม	-				-	น้ำสบู+ Na ₂ CO ₃	57.2	67.0	57.6	60.6
2 ขั้นตอน ตอน	Acid: H ₂ SO ₄	57.9	62.0	54.5	54.8	NaOH 5%	61.8	69.6	56.9	53.3
						NaOH 7%	58.0	68.5	58.0	61.1
						NaOH 10%	63.4	72.7	57.5	62.9
	Enzyme: Diastase	52.3	66.2	51.5	52.5	NaOH 5%	51.6	70.1	56.1	57.5
						NaOH 7%	54.7	73.4	58.5	59.5
						NaOH 10%	61.9	74.5	54.2	62.2
เบสพร้อมฟอกขาว						NaOH 4%,H ₂ O ₂ 5%	73.1	88.4	78.4	78.3
						NaOH 4%,H ₂ O ₂ 10%	82.4	89.9	85.0	80.7
						NaOH 4%,H ₂ O ₂ 15%	79.9	93.2	80.7	80.5
						NaOH 6%,H ₂ O ₂ 5%	79.2	85.9	74.2	74.2
						NaOH 6%,H ₂ O ₂ 10%	78.4	91.5	81.2	81.1
						NaOH 6%,H ₂ O ₂ 15%	81.5	90.6	83.7	82.5

พบว่าก่อนทำความสะอาดด้วยฝ้ายวัตถุดิบมีความขาวเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังต่อไปนี้

ด้ายเบอร์ 40/2 > ด้ายเบอร์ 10/1 ไม่มีตรา $\cong$ ด้ายเบอร์ 10/1 ตราแมว > ด้ายปั่นมือ

หลังการทำความสะอาดแล้ว ด้ายทุกชนิดมีความขาวมากขึ้น โดยมีลำดับความขาวจากมากไปน้อยตามวิธีการโดยรวมดังนี้

เบสพร้อมฟอกขาว > แบบ 2 ขั้นตอน > สบู่กับโซดาแอช > ไม่ทำความสะอาด

ภายใต้ภาวะการทดลองเดียวกันด้ายปั่นมือหลังทำความสะอาดตามขั้นตอนต่าง ๆ จะมีสีขาวเพิ่มขึ้นทัดเทียมกับด้ายเบอร์ 10/1 และสีของด้ายเบอร์ 40/2 จะขาวขึ้นมากกว่าด้ายชนิดอื่นมาก การทำความสะอาดแบบ 2 ขั้นตอนโดยทำความสะอาดด้วยกรดกำมะถัน หรือเอนไซม์ไคเอสเตสในขั้นตอนแรกนั้น พบว่าภายใต้ภาวะการทดลองเดียวกันกรดให้ความขาวได้มากกว่า โดยทั่วไปการใช้กรดกับฝ้ายนั้นจะทำให้เกิดการละลายของเกลือกพวกแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นเกลืออินทรีย์และเกลืออนินทรีย์ที่มีอยู่ในเส้นใย และทำให้เกิดการแตกตัวของพันธะไกลโคไซด์ที่ปลายสายโซ่ส่วนที่เป็นผลึกซึ่งปกติสารต่าง ๆ จะเข้าไม่ถึง ในอดีตเคยมีการใช้กรดในการฟอกฝ้ายให้ขาว จึงคาดหวังว่าการใช้กรดนี้จะทำให้เส้นใยสะอาดทำให้มีส่วนที่ไม่เป็นผลึกมีมากขึ้นช่วยให้การทำความสะอาดในขั้นตอนต่อไปง่ายขึ้น ในขณะที่เอนไซม์ไคเอสเตสนั้นใช้ย่อยสลายแป้งซึ่งมักจะนิยมใช้เคลือบด้ายฝ้ายก่อนเข้าสู่กระบวนการทอ และTsatsaroni⁽²⁷⁾ พบว่าการเตรียมด้ายขั้นต้นด้วยเอนไซม์ช่วยให้การดูดซับสีย้อมธรรมชาติพวกคลอโรฟิลล์และคาร์มีน(Carmine)เกิดดีขึ้นการเตรียมขั้นต้นด้วยเอนไซม์จึงมีผลไม่มากนักต่อความขาวของด้าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้ายเบอร์ 10/1 ทั้ง 2 ยี่ห้อกลับมีค่าความขาวลดลง สำหรับขั้นตอนการทำความสะอาดที่มีการใช้เบสโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นสารทำความสะอาดนั้น ในกระบวนการแบบเบสส่วนมากใช้ความเข้มข้นของเบสระหว่าง 5 – 20 g/l หรือ 0.5 – 2.0 %w/v ไฮดรอกไซด์ทำให้โปรตีนเปลี่ยนเป็นกรดอมิโน เพคเตดของโลหะอัลคาไลน์เปลี่ยนเป็นเกลือที่ละลายได้ เกิดการละลายของเอมิเซลลูโลส และลิกนิน พบว่าเมื่อทำความสะอาดขั้นตอนแรกด้วยกรด แล้วทำต่อด้วยเบสความเข้มข้นระหว่าง 5 ถึง 10 %owf. (ในการศึกษานี้ ใช้อัตราส่วนด้ายต่อสารละลาย 1:10 จึงเทียบเป็นความเข้มข้นเบส 0.5 – 1.0 %w/v ตามลำดับ) ด้ายทุกชนิดมีความขาวเพิ่มตามการเพิ่มความเข้มข้นของเบส ในทำนองเดียวกันเมื่อทำการเตรียมด้ายขั้นต้นด้วยเอนไซม์ไคเอสเตส แล้วตามด้วยเบสด้ายจะมีความขาวเพิ่มตามการเพิ่มความเข้มข้นของเบส

การทำความสะอาดด้วยเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์พร้อมกับการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่าที่ความเข้มข้นของ H_2O_2 คงที่ ความขาวของด้ายมีแนวโน้มคงที่ไม่เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มความเข้มข้นของ NaOH จาก 4 เป็น 6 %owf. แต่ที่ความเข้มข้นของ NaOH คงที่

พบว่าค่ามีความขาวเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเปอร์ออกไซด์ที่ใช้

2.3.3 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเส้นด้าย

ผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของด้ายหลังจากขั้นตอนการทำความสะอาดต่าง ๆ เทียบกับด้ายวัตถุดิบก่อนทำความสะอาดแสดงได้ดังตารางที่ 2.3 สำหรับด้ายปั่นมือ ด้ายเบอร์ 40/2 ด้ายเบอร์ 10/1 ตราแมว และด้าย 10/1 ไม่มีตรา โดยน้ำหนักที่ใช้เป็นน้ำหนักของด้ายแห้งสนิทที่หักความชื้นออกแล้วซึ่งจะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของด้ายที่ซึ่งได้คูณกับเศษส่วนของสารแห้งสนิทได้จากข้อมูลความชื้นในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเส้นด้ายปั่นมือหลังจากขั้นตอนการเตรียมต่างๆ

วิธีการ	เตรียม ขั้นต้น	% Δ				การทำความสะอาด	% Δ			
		ปั่นมือ	40/2	10/1 แมว	10/1 -		ปั่นมือ	40/2	10/1 แมว	10/1 -
ดั้งเดิม						น้ำสบู่+ Na ₂ CO ₃	-	-	-	-
2 ขั้นตอน	Acid: H ₂ SO ₄	-3.06	-3.47	-2.95	-3.24	NaOH 5%	-9.78	-7.56	-8.17	-7.95
						NaOH 7%	-9.75	-7.89	-7.78	-9.10
						NaOH 10%	-9.19	-8.21	-8.86	-8.89
	Enzyme: Diastase	-3.17	-2.91	-3.06	-2.76	NaOH 5%	-5.87	-5.71	-5.50	-6.09
						NaOH 7%	-5.93	-5.72	-5.98	-5.94
						NaOH 10%	-4.27	-5.86	-4.78	-6.09
เบสพร้อมฟอกขาว					NaOH 4%,H ₂ O ₂ 5%	-4.18	-4.78	-4.91	-5.95	
					NaOH 4%,H ₂ O ₂ 10%	-4.56	-4.75	-4.75	-6.06	
					NaOH 4%,H ₂ O ₂ 15%	-4.36	-5.10	-4.43	-7.26	
					NaOH 6%,H ₂ O ₂ 5%	-5.20	-4.31	-5.08	-6.20	
					NaOH 6%,H ₂ O ₂ 10%	-5.26	-5.11	-4.79	-5.97	
					NaOH 6%,H ₂ O ₂ 15%	-5.26	-5.26	-5.02	-6.24	

$$\% \Delta = \frac{(\text{น้ำหนักด้ายแห้งสนิทหลังการทดลอง} - \text{น้ำหนักด้ายแห้งสนิทก่อนการทดลอง}) \times 100}{(\text{น้ำหนักด้ายแห้งสนิทก่อนการทดลอง})}$$

การเตรียมขั้นต้นด้วยกรดหรือด้วยเอนไซม์นั้นจะทำให้น้ำหนักด้ายฝ้ายแห้งสนิทลดลงไปประมาณร้อยละ 3 โดยไม่ขึ้นกับชนิดของด้ายที่ทดสอบ แต่เมื่อทำความสะอาดด้วยเบสนั้นพบว่าการใช้กรดก่อนแล้วตามด้วยเบสทำให้น้ำหนักลดลงไปถึงประมาณร้อยละ 8 - 10 โดยน้ำหนัก ในขณะที่การใช้เอนไซม์ก่อนแล้วตามด้วยเบสนั้นจะลดลงเพียงประมาณร้อยละ 5.5 - 6 เท่านั้น โดยไม่ขึ้นกับชนิดของด้ายที่ทดสอบ และมีแนวโน้มว่าความเข้มข้นของเบสที่ใช้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแต่อย่างใด

การทำความสะอาดด้วยเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อนพร้อมการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้น ทำให้น้ำหนักด้ายแห้งสนิทลดลงไปประมาณ 4 - 5 % ยกเว้นด้าย 10/1 ไม่มีตราที่น้ำหนักลดไปประมาณ 6 - 7 % ที่ความเข้มข้นของเบสคงที่ น้ำหนักของด้ายฝ้ายที่หายไปนี้มีแนวโน้มไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ แต่ที่ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์คงที่น้ำหนักของด้ายฝ้ายที่หายไปเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มความเข้มข้นเบส

โดยทั่วไปการทำความสะอาดด้ายฝ้ายด้วยเบสร้อนนั้นส่วนที่เป็นสิ่งเจือปนในเส้นใยฝ้ายซึ่งมีอยู่ประมาณ 5 % จะถูกกำจัดไป ดังนั้นน้ำหนักด้ายฝ้ายจะหายไปประมาณร้อยละ 5 หรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับวิธีการและภาวะที่ใช้ น้ำหนักด้ายฝ้ายที่หายไปนี้กล่าวได้ว่าเป็นไปตามทฤษฎี ยกเว้นการใช้กรดซัลฟูริกก่อนแล้วตามด้วยเบสที่เกิดการสูญเสียน้ำหนักมากไปในช่วงตอนการทำ ความสะอาดนี้

2.3.4 ความแข็งแรงของเส้นด้าย

ผลการวัดค่าความแข็งแรงของเส้นด้ายในเทอมของความคงทนต่อแรงดึงได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 2.4 สำหรับด้ายปั่นมือ ด้ายเบอร์ 40/2 ด้ายเบอร์ 10/1 ตราแมว และด้าย 10/1 ไม่มีตรา

ตารางที่ 2.4 ความแข็งแรงของเส้นด้ายหลังผ่านการทำความสะอาด

ความคงทนต่อแรงดึงของเส้นด้ายฝ้าย

ด้ายปั่นมือ 2.03 kg_f/mm² ด้ายเบอร์ 40/2 4.11 kg_f/mm²

ด้ายเบอร์ 10/1 ตราแมว 1.49 kg_f/mm² ด้ายเบอร์ 10/1 ไม่มีตรา 1.17 kg_f/mm²

วิธีการ	เตรียม ขั้นต้น	อัตราส่วนความทนแรงดึง*				การทำความสะอาด สะอาด	อัตราส่วนความทนแรงดึง*			
		ปั่นมือ	40/2	10/1 แมว	10/1 -		ปั่นมือ	40/2	10/1 แมว	10/1 -
ดั้งเดิม				-	-	น้ำสบู่+Na ₂ CO ₃	5.69	1.38	1.22	1.31
แบบ2 ขั้นตอน	Acid: H ₂ SO ₄	2.18	0.80	0.83	0.87	NaOH 5%	1.65	1.04	0.96	1.19
						NaOH 7%	2.71	1.15	1.05	0.87
						NaOH 10%	2.61	1.16	0.94	0.96
	Enzyme: Diastase	1.08	0.91	0.89	1.09	NaOH 5%	3.39	1.15	1.00	1.26
						NaOH 7%	3.23	1.20	0.91	1.13
						NaOH 10%	2.31	1.10	1.08	0.94
เบสพร้อมฟอกขาว					NaOH 4%,H ₂ O ₂ 5%	4.27	1.19	1.02	1.19	
					NaOH 4%,H ₂ O ₂ 10%	2.81	0.54	1.17	1.20	
					NaOH 4%,H ₂ O ₂ 15%	3.74	1.28	1.03	1.18	
					NaOH 6%,H ₂ O ₂ 5%	3.90	1.27	0.94	1.37	
					NaOH 6%,H ₂ O ₂ 10%	3.99	1.19	1.08	1.04	
					NaOH 6%,H ₂ O ₂ 15%	5.60	1.27	1.08	1.16	

* = อัตราส่วนระหว่างความคงทนต่อแรงดึงของด้ายหลังเตรียมเทียบกับด้ายก่อนเตรียม

ผลการทดลองของด้ายปั่นมือมีความแปรปรวนมากที่สุดในกลุ่ม ทั้งนี้เป็นผลจากธรรมชาติของเส้นด้ายที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ ทำให้ยากที่จะสุ่มด้ายให้มีรูปทรงเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีปัญหาที่การปั่นให้เส้นใยรวมกันเป็นเส้นด้ายนั้นด้ายมีความเหนียวไม่สม่ำเสมอจนตลอดความยาวของเส้นด้าย ค่าที่ได้จึงไม่สามารถแสดงค่าความเหนียวที่แท้จริงได้ อย่างไรก็ตามค่าที่รวบรวมไว้ในตารางสามารถแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนียวก่อนและหลังการดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำความสะอาดได้

ด้ายที่ทำความสะอาดแล้วมีความเหนียวเพิ่มขึ้น การทำความสะอาดด้วยสบู่และโซดาแอชทำให้ความเหนียวเพิ่มขึ้นประมาณ 20 ถึง 30% เมื่อไม่รวมด้ายปั่นมือ ในขณะที่การทำความสะอาดแบบที่มีการเตรียมขั้นต้นโดยใช้กรดซัลฟิวริก หรือการใช้เอนไซม์นั้นมีแนวโน้มว่ากลับทำให้ความเหนียวลดลงหรือด้ายเปื่อยง่ายขึ้น อย่างไรก็ตามด้ายเกือบทุกตัวอย่างเมื่อดำเนินการต่อในเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์จะมีความเหนียวเพิ่มขึ้นและมากกว่าด้ายวัตถุดิบในช่วงไม่เกิน 20 % ส่วนด้ายที่ทำความสะอาดด้วยเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์พร้อมทำการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์พบว่ามีความเหนียวเพิ่มสูงขึ้นเช่นกันในช่วง ไม่เกิน 30 % ด้ายเบอร์ 10/1 ทั้ง 2 แบบนั้น หลังการทำความสะอาดโดยมีการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เส้นด้ายจะหึงงอมมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่มีการฟอกขาวด้วย ส่วนด้ายปั่นมือและด้ายเบอร์ 40/2 นั้นไม่พบการหึงงอมของเส้นด้ายในทุกภาวะการทดลองที่ใช้

ผลของความเข้มข้นเบส และผลของสารฟอกขาวต่อการเปลี่ยนแปลงความเหนียวของด้ายไม่สามารถสรุปได้แน่ชัด โดยทั่วไปการทำความสะอาดด้ายฝ้ายด้วยเบสนั้นจะทำให้เกิดการหดตัวของเส้นใยด้ายจึงมีความเหนียวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ผลของสารฟอกขาวซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์นั้นทำให้ด้ายเปื่อยได้และต้องดำเนินการด้วยความระมัดระวัง ผลที่ตรงกันข้ามนี้อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่าความเหนียวที่ได้มีความไม่แน่นอนได้

2.4 สรุปผลการทดลอง

การทำความสะอาดด้ายฝ้ายก่อนการย้อมสีโดยใช้เบสพร้อมกับการฟอกขาว จะให้ด้ายที่มีความขาวเหมาะกับการนำไปย้อมสีโดยที่สีของด้ายไม่รบกวนสีที่ย้อม แม้ว่าภาวะที่เหมาะสมสำหรับด้ายแต่ละชนิดอาจแตกต่างกันเมื่อพิจารณาในรายละเอียด แต่หากกล่าวโดยรวมแล้วจะเห็นว่า การใช้ความเข้มข้นเบสสูงและเปอร์ออกไซด์ต่ำที่สุดในการทดลองนี้ จะเหมาะกับด้ายทั้ง 4 ชนิดที่ทำการศึกษานี้ นั่นคือการทำความสะอาดด้วยเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 %owf. และ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5 %owf. ที่ภาวะต้มเดือดเวลา 30 นาที ปัญหาหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงในการย้อมสีระดับอุตสาหกรรมครบวงจรได้แก่ความสามารถในการจัดหาสารเคมีบางตัวที่ต้องใช้และการใช้เปอร์ออกไซด์มากเกินไปที่กำหนดซึ่งจะทำให้ด้ายเปื่อยขาดง่าย

การเตรียมด้ายโดยใช้กรดซัลฟูริกก่อนแล้วตามด้วยเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ ไม่น่าจะเป็นทางเลือกที่ดี เนื่องจากด้ายเสียน้ำหนักค่อนข้างมากแม้ว่าจะสามารถจัดหาสารเคมีได้ง่ายและมีราคาถูก ส่วนการทำความสะอาดขั้นต้นด้วยเอนไซม์ก่อนทำความสะอาดด้วยเบสนั้นอาจเหมาะสมถ้าด้ายผ่านการเคลือบแป้งก่อนระหว่างกระบวนการผลิตเส้นด้าย แต่จะมีปัญหาในแง่การจัดหาเอนไซม์ซึ่งมีราคาค่อนข้างแพง การทำความสะอาดแบบนี้จึงไม่เหมาะกับงานระดับอุตสาหกรรมครอบครัวที่เป็นเป้าหมายหลักในที่นี้

การทำความสะอาดด้วยสบู่ผสมกับโซดาแอชนั้นแม้ว่าจะไม่ทำให้ความขาวของด้ายเพิ่มขึ้นมากนักแต่ด้ายจะมีความเหนียวเพิ่มขึ้นมากกว่าวิธีการทำความสะอาดแบบอื่น สีของด้ายหลังทำความสะอาดที่ยังออกสีครีมถึงน้ำตาลอ่อนอยู่นั้นแม้จะมีผลต่อสีที่ข้อมได้ แต่เนื่องจากโทนสีที่ได้จากการย้อมสีธรรมชาติที่ยังนิยมกันอยู่นั้นจะเป็นโทนสีที่ค่อนข้างไปทางสีทึม ๆ ปัญหาสีของด้ายที่רבกวนสีข้อมจึงไม่มีความสำคัญมากนัก วิธีการทำความสะอาดด้ายแบบนี้มีความสะดวกที่กลุ่มทอผ้าสามารถจัดหาวัสดุที่ต้องการได้ง่าย แต่จะมีปัญหาที่ต้องระวังในการล้างสบู่ออกจากด้ายหลังทำความสะอาดแล้วที่ต้องระวังไม่ให้คราบไขมันกลับไปเกาะติดบนเส้นด้ายอีก

การทำความสะอาดด้ายโดยวิธีใช้เบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 %owf. พร้อมกับการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5 %owf. เป็นวิธีที่ดีที่สุดใน 4 วิธีการที่ใช้ นี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่ต้องการย้อมให้ได้สีอ่อน ๆ แต่หากพิจารณาถึงความสะดวก ความง่ายในการจัดหาวัสดุที่เกี่ยวข้องและการทำงานของผู้อยู่ระดับอุตสาหกรรมครอบครัวแล้วทางเลือกที่น่าจะเหมาะสมที่สุดในสถานะปัจจุบันได้แก่การทำความสะอาดด้ายด้วยสบู่และโซดาแอช การทำความสะอาดด้วยเบสและเปอร์ออกไซด์อาจเป็นแนวทางที่เหมาะสมในอนาคตเมื่อผู้ปฏิบัติมีความพร้อมมากขึ้น อย่างไรก็ตามในการศึกษาวิจัยต่อไปนี้ได้เลือกใช้วิธีการทำความสะอาดทั้ง 2 แบบนี้

บทที่ 3

การศึกษาทางเคมี

ในการศึกษาทางเคมีนี้ได้ทำการศึกษาพืชที่มีรายงานจากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางสังคมว่าสามารถย้อมสีฝ้ายได้สีเขียว สีน้ำตาล หรือสีดำ ที่เป็นวัตถุดิบตัวอย่างที่กำหนดไว้ในแผนการดำเนินงานของกลุ่มวิจัย รวมถึงวัตถุดิบตัวอย่างอื่นที่ค้นคว้าเพิ่มเติมและที่คาดว่าจะให้สีที่ต้องการได้ เพื่อหาทางแยกสารสีและศึกษาสารสีเบื้องต้น ทำการทดสอบการย้อมเพื่อดูเจดสีที่ย้อมได้และใช้เป็นแนวทางในการกำหนดภาวะการสกัดและการย้อมสำหรับขั้นตอนต่อไป

3.1 แนวทางการวิเคราะห์และวิธีการ

3.1.1 การหาร้อยละของความชื้น (%moisture)

วัตถุดิบตัวอย่างบางอย่างเป็นของแห้งแล้วจะทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในสารตัวอย่างก่อน ส่วนพืชสดจะใช้ตามสภาพโดยไม่มีการหาความชื้น ขั้นตอนการหาร้อยละของความชื้นมีดังนี้คือ

- ชั่งวัตถุดิบที่ผ่านการเตรียมแล้วประมาณ 20 g. ให้ทราบน้ำหนักแน่นอน ใส่ลงในจานระเหย
- นำเข้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 16 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
- นำไปชั่งน้ำหนักซ้ำ และคำนวณหาร้อยละของความชื้นต่อไป

3.1.2 การสกัดสารสีในวัตถุดิบและการเตรียมน้ำย้อม

ทำการสกัดสารจากพืชโดยใช้ น้ำ หรือ เอทานอล เป็นตัวทำละลายสกัด โดยมีวิธีการทั่วไปดังนี้

- การเตรียมวัตถุดิบถ้าไม่ระบุเป็นอย่างอื่นจะใช้วิธีการเตรียม ดังนี้คือ ถ้าเป็นใบไม้สดจะฉีกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ถ้าเป็นวัตถุดิบแห้งจำพวกเปลือกไม้ต้องสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ และต้องแช่ในน้ำที่ใช้เป็นตัวทำละลายสกัดก่อนอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ในบางกรณีจะทำการบดด้วยเครื่องบดปั่นก่อนให้ความร้อน
- ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบให้ทราบน้ำหนักแน่นอน เติมน้ำกลั่นหรือเอทานอลปริมาตรที่กำหนด ในการศึกษาได้ใช้อัตราส่วนพืชต่อน้ำระหว่าง 1: 4 ถึง 1: 20 ส่วนโดยน้ำหนักต่อปริมาตร (ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ)
- ต้มให้เดือด 30-60 นาที แล้วแต่กรณี

- นำไปกรองเอาสารละลาย เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ในกรณีที่เป็นกรณีเตรียมน้ำขอมัน สารละลายที่ผ่านการกรองแยกกากออกแล้วจะนำไปใช้เป็นน้ำขอมได้เลย อย่างไรก็ตามในบางการทดลองได้นำสารละลายไประเหย เพื่อให้น้ำขอมเข้มข้นขึ้นก่อนนำไปทดสอบการขอม

3.1.3 การหาร้อยละของของแข็ง(% total solids)

เป็นการหาปริมาณของสิ่งที่สกัดได้ในน้ำขอมที่เตรียม โดยระบุในเทอม ร้อยละของของแข็ง(% total solids) มีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

- ปิเปตสารละลายที่สกัดได้ ปริมาตร 100 cm³
- นำมาระเหยให้แห้ง
- นำไปอบต่อในตู้อบอุณหภูมิ 100 °C นาน 2 ชั่วโมง เก็บให้เย็นในแคลิเคเตอร์
- ชั่งให้ทราบน้ำหนักแน่นอน

3.1.4 การทำคุณภาพวิเคราะห์และแยกสารสี

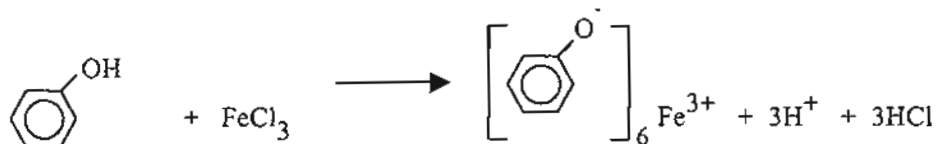
3.1.4.1 การหาแทนนิน

การตรวจหาแทนนิน(tannin) ในสารสกัดตัวอย่าง ได้ทำการระเหยสารสกัดให้แห้งก่อนทำการทดสอบ โดยใช้วิธี FeCl₃ test⁽³⁵⁾ และ Spot test⁽³⁶⁾ ดังนี้คือ

1.ก วิธี FeCl₃ test

Reagent : 1% FeCl₃

Positive test : เห็นเป็นสีดำ เมื่อส่วนที่เป็นฟีนอล ทำปฏิกิริยากับเฟอร์ริกคลอไรด์



วิธีการทดสอบ :

1. ชั่งสารตัวอย่าง 10 mg. ใส่ลงในหลอดทดลอง 2 หลอด
2. หยด 1% FeCl₃ 4 หยด ลงในหลอดทดลองที่ 1
3. หยดน้ำกลั่น 4 หยด ลงในหลอดทดลองที่ 2
4. เขย่าให้เข้ากันประมาณ 10 นาที
5. สังเกตการเปลี่ยนแปลง

1. ข วิธี Spot test

Reagent : 0.25 g α, α' -dipyridyl และ 0.14 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ในน้ำ 50 cm^3

Positive test : สารละลายเป็นสีแดงและมีตะกอนสีม่วง

สารละลายสีแดงของ Iron (II) α, α' -dipyridyl sulfate ส่วนตะกอนเกิดจากออกซิเดชันของสารฟีนอลิก เป็น $[\text{Fe}(\alpha, \alpha'\text{-dipyridyl})_3](\text{OH})_2$

วิธีการทดสอบ :

1. หยดสารละลายสี 1 หยด ใน Emich centrifuge tube
2. หยดสารละลาย ammonia 1 หยด + 2 หยด ของ reagent
3. ต้มใน steam bath 2-3 นาที
4. ทำสารละลายให้เป็นกรดด้วย acetic acid
5. นำไปเข้าเครื่อง centrifuge คูณสารละลายและสีตะกอนที่ได้

3.1.4.2 การหาแอนทราควิโนนและฟลาโวนอยด์

การหาสารประกอบกลุ่มแอนทราควิโนนและฟลาโวนอยด์ได้ใช้วิธีทดสอบด้วย NaOH หรือที่เรียกว่า Borntrager reaction⁽³⁵⁾ โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

Reagent : 5% NaOH

Positive test : แอนทราควิโนน (Anthraquinone) เห็นเป็นสีแดง
ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) เห็นเป็นสีเหลือง

วิธีการทดสอบ :

1. ชั่งสารตัวอย่าง 10 mg. ใส่ลงในหลอดทดลอง
2. หยด 5% NaOH 4 หยด
3. เขย่าให้เข้ากันประมาณ 10 นาที
4. สังเกตการเปลี่ยนแปลง

3.1.4.3 การหาสารประกอบฟีนอลิก

การหาสารประกอบฟีนอลิก(Phenolic compounds) ได้ใช้วิธีการทดสอบการเกิดสีโดยใช้การทดสอบหลายอย่างประกอบกัน ได้แก่ Ferric chloride test, Sodium tungstate test, Phosphotungstic-phosphomolybdic test, Millon's test และ Gibbs test ดังต่อไปนี้⁽³⁷⁾ โดยใช้สารละลายกรดแทนนิกความเข้มข้น 2 % เป็นตัวเปรียบเทียบ

3.ก. Ferric chloride test

Reagent : 0.5 N Ferric chloride

Positive test : สีดำ

วิธีการทดสอบ :

1. นำสารละลายที่จะทดสอบและสารละลายกรดแทนนิกมาอย่างละ 1 cm³
2. หยด reagent 2 หยด ลงในสารละลายสีแต่ละชนิด
3. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีในสารละลายเปรียบเทียบกับของกรดแทนนิก

3.ข Sodium tungstate test

Reagent : 10% Solution ของ Sodium tungstate

Positive test : สารละลายสีแดง (สารประกอบมีวงอะโรมาติกที่มีหมู่ไฮดรอกซี 2 หมู่ติดกัน)

วิธีการทดสอบ :

1. นำสารละลายที่จะทดสอบและสารละลายกรดแทนนิกมาอย่างละ 1 cm³
2. เติม Trichloroacetic acid 50 mg, 10% Solution ของ Sodium tungstate 1 cm³, 0.5 N Hydrochloric acid 0.5 cm³ และเติม 0.5% Solution ของ Sodium hydroxide 3 หยด
3. ทิ้งไว้ 5 นาที, เติม 0.5 N Sodium hydroxide 3 – 5 หยด
4. สังเกตการเปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบกับ Tannic acid

3.ค Phosphotungstic - phosphomolybdic test (Folin - Denis)

Reagent : Sodium tungstate + Phosphomolybdic acid + Phosphoric acid

- เติม Sodium tungstate 100 g, Phosphomolybdic acid 20 g, และเติม 85% Phosphoric acid 50 cm³ ในน้ำ 750 cm³
- นำมา reflux 2 ชั่วโมง, ทำให้เย็น
- นำสารละลายที่ได้มาปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 cm³

Positive test : สารละลายสีฟ้า (สารประกอบพวกไฮดรอกซีเบนซีน)

วิธีการทดสอบ :

1. นำสารละลายที่จะทดสอบและสารละลายกรดแทนนิกมาอย่างละ 2 cm³
2. เติม reagent 2 cm³
3. เติมสารละลายอิ่มตัวของ Sodium carbonate 5 cm³
4. สังเกตการเปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบกับ Tannic acid

3.ง Millon's test

Reagent : Mercury 1 cm³ ละลายใน 19 cm³ ของ Nitric acid แล้ว ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 40 cm³

Positive test : สารละลายสีส้มแดง หรือ สีเหลืองส้มถึงสีน้ำตาล (ใช้ทดสอบสารฟีนอลิกที่อย่างน้อยมีตำแหน่ง ortho- วางอยู่ ถ้าเป็น monohydric phenols ให้สีส้มแดง ส่วนพวก di- และ trihydric phenols จะให้สีเหลืองส้มถึงสีน้ำตาล)

วิธีการทดสอบ :

1. นำสารละลายที่จะทดสอบและสารละลายกรดแทนนิกมาอย่างละ 1 cm³
2. หยด reagent ลงไป 1 หยด
3. นำไปต้ม, สังเกตการเปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบกับ Tannic acid

3.จ 2,6 - Dibromoquinone chloroimide (Gibbs test)

Reagent : เตรียม 0.1 % solution ของ 2,6 - Dibromoquinone Chloroimide ใน 95% ethanol

Positive test : สารละลายสีฟ้าจนถึงสีเขียว (ถ้า phenols มีหมู่แทนที่ได้ที่ตำแหน่ง para-) สารละลายใสไม่มีสีหรือสีส้มแดง (ถ้าเป็นพวก di- หรือ polyhydric phenols)

วิธีการทดสอบ :

1. นำสารละลายที่จะทดสอบและสารละลายกรดแทนนิกมาอย่างละ 1 cm³
2. ทำสารละลายให้เป็นเบส (pH 9) ด้วย 0.1 N Sodium hydroxide
3. หยด reagent 5 หยด
4. สังเกตการเปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบกับ Tannic acid

3.1.4.4 การวิเคราะห์หาคะลอร์ฟิลล์

ใช้วิธีการทางสเปกโตรสโคปี โดยดูจากการดูดกลืนแสงโดยสารละลาย ตัวอย่างที่ ความยาวคลื่น 646 และ/หรือ 663 nm

3.1.4.5 การแยกสารสีออกจากกันด้วยเทคนิค TLC

การแยกสารสีออกจากกันด้วยเทคนิค TLC

Stationary phase : Silica gel 60GF₂₅₄

Mobile phase : แอลกอฮอล์

Detection :

1. ดูด้วยตา
2. ฉายด้วยแสง UV ความยาวคลื่น 254 nm
3. ฉายด้วยแสง UV ความยาวคลื่น 366 nm
4. พ่นด้วย 3 M H_2SO_4 แล้ว heat บน hot - plate

3.1.4.6 การแยกสารสีออกจากกันด้วยคอลัมน์โครมาโตกราฟี

เพื่อแยกสารสีออกจากกันในปริมาณมากและเก็บหรือนำไปวิเคราะห์และ/หรือทดสอบต่าง ๆ ต่อไป ทั้งนี้ mobile phase ที่ใช้ได้มาจากข้อมูลการทำ TLC

Stationary phase : Silica gel 60F₂₅₄

Mobile phase : แอลกอฮอล์

วิธีการ :

1. ใส่ silica gel ประมาณ 2/3 ของความยาวของ column ซึ่งยาว 44.0 cm. มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.00 cm. ผ่านด้วยสารละลายสกัด
2. ชะด้วย mobile phase เก็บแยกแฟรกชันสารละลายสีต่าง ๆ กัน
3. นำแต่ละแฟรกชันไประเหยแยกตัวทำละลายออกเพื่อให้เข้มข้นขึ้น หรือระเหยจนแห้งแล้วแต่กรณี

3.1.5 การทำปริมาณวิเคราะห์

การทำปริมาณวิเคราะห์ของสารที่ตรวจพบหรือแยกได้ข้างต้น

3.1.5.1 การหาปริมาณคลอโรฟิลล์⁽³⁸⁾**วิธีการ**

1. บดตัวอย่างประมาณ 10 g ให้ละเอียดด้วยเครื่องบด ชั่งให้ทราบน้ำหนักแน่นอน
2. นำตัวอย่างที่บดแล้วใส่ลงในครกบด (mortar) เติม $CaCO_3$ 1 g. บดให้เข้ากัน
3. เติม acetone 80% ลงไป บดให้ผสมกัน เก็บสารสกัดที่ได้จนกระทั่งสีของสารสกัดจางลง
4. นำมากรอง แล้วชะด้วย 80% acetone อีกครั้งจนสีของสารสกัดจางลง
5. ปรับปริมาตรให้เป็น 500 cm³ เก็บไว้ในตู้เย็น
6. นำมาวัดค่า การดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง uv spectrophotometer และจากสเปกตรัมที่ได้อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 646 และ 663 nm

7. นำมาคำนวณหา ปริมาณของ chlorophyll a และ chlorophyll b โดยใช้

สมการต่อไปนี้⁽³⁸⁾

$$\text{คลอโรฟิลล์ทั้งหมด} = 17.3 A_{646} + 7.18 A_{663} \text{ mg/l} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\text{คลอโรฟิลล์ a} = 12.21 A_{663} - 2.81 A_{646} \text{ mg/l} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\text{คลอโรฟิลล์ b} = 20.13 A_{646} - 5.03 A_{663} \text{ mg/l} \dots\dots\dots(3.3)$$

เมื่อ A_{646}, A_{663} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 646 และ 663 nm
ตามลำดับ

3.1.5.2 การหาปริมาณแทนนิน

การหาปริมาณแทนนินได้ใช้วิธีการของ American Leather Chemists'

Association (ALCA)⁽³⁹⁾ สำหรับไม้และเปลือกไม้ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

2.ก วิธีการสกัดน้ำย้อม

1. บดวัตถุดิบตัวอย่างด้วยเครื่องบดให้ละเอียด, นำมาผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh
ซึ่งใส่ใน extraction-thimble น้ำหนัก 15 – 40 g ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ
2. นำ extraction-thimble ที่บรรจุตัวอย่างใส่ลงใน tannin-extractor
3. คำน้ำใน flask ให้เดือด ≈ 10 ชั่วโมง, เก็บสารละลายที่สกัดได้ให้มีปริมาตร
ประมาณ 2 ลิตร
4. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 คืน ปรับปริมาตรให้เป็น 2 ลิตร
5. นำสารละลายที่สกัดได้มากรอง

2.ข หา % moisture

1. นำวัตถุดิบตัวอย่างที่บดละเอียด และนำมาผ่านตะแกรงแล้ว 20 g. ใส่ลงในจาน
ซึ่งให้ทราบน้ำหนักแน่นอน
2. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง
3. บันทึกน้ำหนัก

2.ค วัดความเป็นกรดเบสของสารละลายสกัด

1. นำสารละลายที่สกัดได้มาวัดหาความเป็นกรด-ด่าง ด้วย universal indicator

2.ง หา % total solids

1. ปิเปิดสารละลายสกัดที่ผ่านการกรองแล้วมา 100 cm³ นำมาระเหยให้แห้ง
2. นำมาอบในตู้อบอุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3. บันทึกน้ำหนัก (ให้นน. สารแห้งเป็น m_{TS} g)

$$\% \text{ total solid} = \frac{m_{TS}}{m_o} \times \frac{2000}{V} \times 100 \quad \dots\dots\dots(3.4)$$

เมื่อ m_o = น้ำหนักของวัตถุดิบตัวอย่าง เป็น g

V = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ทดลอง เป็น cm^3 (ในที่นี้ $V = 100$)

2.จ หา soluble solids

1. นำ kieselguhr ละลายในน้ำกลั่น ค่อยๆ เทลงใน suction เกลี่ยน้ำให้เรียบ
2. นำสารละลายที่เตรียมได้ปริมาตร 225 cm^3 มากรอง, โดยเทลงบน kieselguhr กรองซ้ำหลาย ๆ ครั้งจนสารละลายใส
3. ปิเปิดสารละลายที่ได้ ปริมาตร 100 cm^3
4. นำมาระเหยจนแห้ง
5. นำเข้าอบในตู้อบอุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
6. บันทึกน้ำหนัก (ให้นน. สารแห้งเป็น m_{SS} g)

$$\% \text{ soluble solid} = \frac{m_{SS}}{m_o} \times \frac{2000}{V} \times 100 \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

เมื่อ m_o = น้ำหนักของวัตถุดิบตัวอย่าง เป็น g

V = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ทดลอง เป็น cm^3 (ในที่นี้ $V = 100$)

2.ฉ หา nontannins

1. ชั่ง hide powder 30 g. เติมน้ำกลั่น 300 cm^3 คน เป็นเวลา 30 นาที
2. เติม chrome alum solution ลงไป 30 cm^3 (chrome alum 3% ในน้ำ) กวน 2 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน
3. เท hide powder ลงในผ้ากรองบิดให้น้ำออกจนหมด
4. นำมาล้างด้วยน้ำกลั่น 4 ครั้ง ๆ ละ 450 cm^3 และใช้เวลาล้างแต่ละครั้ง 15 นาที
5. บิดให้เหลือน้ำ $\approx 75\%$ (บิดให้หมด)
6. นำ wet hide powder ที่เตรียมได้มา 20 g อบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง
7. บันทึกน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณน้ำใน wet hide powder

8. ชั่ง wet hide powder ปริมาณที่กำหนด (คิดเทียบเป็นปริมาณของ dry hide powder 12.5 g.) ในกรณีที่สามารถละลายตัวอย่างมีแทนนินน้อยกว่า 0.375g/cm³ ให้ลดปริมาณของ wet hide powder ลงด้วยอัตราส่วน w/0.4 เมื่อ w คือปริมาณแทนนินในตัวอย่างเป็น g/100 cm³
9. เติมน้ำในสารละลายที่จะวิเคราะห์ 200 cm³ คนให้เข้ากัน 10 นาที
10. นำมากรองด้วยผ้าขาวบาง ปิดให้หมด
11. นำสารละลายที่ได้มากรองด้วย suction โดยใช้ kieselguhr กรองซ้ำหลาย ๆ ครั้งจนสารละลายใส
12. นำสารละลายที่กรองได้ปริมาณเล็กน้อยมาทดสอบกับ gelatin-salt solution (gelatin 1 g. + NaCl 10 g. + น้ำ 100 cm³) สังเกตผลที่ได้
13. บีบอัดสารละลายมา 100 cm³ นำมาระเหยให้แห้ง
14. นำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
15. บันทึกน้ำหนัก (ให้น้ำหนักสารแห้งเป็น m_{NT} g)

$$\% \text{ nontannin} = \frac{m_{NT}}{m_o} \times \frac{2000}{V} \times 100 \quad \dots\dots\dots(3.6)$$

เมื่อ m_o = น้ำหนักของวัตถุดิบตัวอย่าง เป็น g

V = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ทดลอง เป็น cm³ (ในที่นี้ V = 100)

2.๕ การคำนวณ

$$\% \text{ tannin} = \% \text{ soluble solids} - \% \text{ nontannin} \quad \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\% \text{ insoluble solids} = \% \text{ total solids} - \% \text{ soluble solids} \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

$$\% \text{ nonextractives} = 100 - \% \text{ total solids} - \% \text{ moisture} \quad \dots\dots\dots(3.9)$$

$$= 100 - \% \text{ tannin} - \% \text{ nontannin} - \% \text{ insoluble solids} - \% \text{ moisture}$$

3.1.5.3 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

1. บดวัตถุดิบตัวอย่างให้ละเอียดด้วยเครื่องบด/ปั่น ชั่งน้ำหนักมา 20 g
2. นำมาบรรจุในถุงที่ทำจากเยื่อกระดาษ ปิดให้สนิท
3. ต้มน้ำให้เดือด นำถุงที่บรรจุวัตถุดิบตัวอย่างลงต้มจุ่มเวลา 30 นาที เก็บสารสกัดที่ได้ ทำการต้มสกัดซ้ำอีกจนสารละลายที่ได้มีสีจางลง ให้ได้สารสกัดปริมาณรวมประมาณ 2 ลิตร
4. แบ่งสารสกัดที่ได้ออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน

5. นำส่วนที่ 1 มาระเหยจนแห้ง, นำเข้าเครื่องสุญญากาศ เพื่อดูให้แห้งสนิท
6. บันทึกน้ำหนัก (ให้นน. สารแห้งเป็น m_{P1} g)
7. ส่วนที่ 2 (ปริมาตรประมาณ 1 ลิตร) นำไปทำ electrolysis โดยเติม NaCl ลงไป 2.0 g. เป็นอิเล็กโทรไลต์ ผ่านไฟฟ้ากระแส ตรง 10 A ความต่างศักย์ 12 V ใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นอิเล็กโทรด เวลา 2 ชั่วโมง
8. นำสารละลายมากรองด้วย suction, ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น
9. เก็บสารละลายที่ได้มาระเหยให้แห้ง, นำเข้าเครื่องสุญญากาศ 2 ชั่วโมง ให้แห้งสนิท
10. บันทึกน้ำหนัก (ให้นน. สารแห้งเป็น m_{P2} g)

$$\% \text{ phenolic compounds} = \frac{m_{P1} - m_{P2}}{m_o} \times 2 \times 100 \quad \dots\dots\dots(3.10)$$

เมื่อ m_o = น้ำหนักของวัตถุดิบตัวอย่าง เป็น g

3.1.6 การทดสอบการย้อม

โดยใช้ผ้าฝ้ายดิบ/ผ้าฝ้ายฟอกขาวตัวอย่างเพื่อดูเจดสี โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1.6.1 การทำความสะอาดชิ้นผ้าตัวอย่าง

ชิ้นผ้าตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบเป็นผ้าฝ้ายดิบและผ้าฝ้ายฟอกขาวสำเร็จ

รูป ตัดให้มีขนาดประมาณ 4x 5.5 cm และผ่านการเตรียมโดยวิธีการต่าง ๆ คือ

- ไม่มีการทำความสะอาด
- ทำความสะอาดด้วยโซดาแอช 0.2 % ร้อน หรือ
- ทำความสะอาดด้วย NaOH 0.5 % ร้อน หรือ
- ทำความสะอาดด้วยคิเทอร์เจนต์ (ในที่นี้ใช้ "Teepol") 0.1 % ร้อน

โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.ก ทำความสะอาดด้วยโซดาแอช

1. ต้มชิ้นผ้าตัวอย่างในสารละลาย 0.2 % Na_2CO_3 นาน 30 นาที
2. จักในน้ำสะอาด 2 ครั้ง บิดให้หมาดก่อนนำไปย้อม

1.ข ทำความสะอาดด้วยNaOH

1. ต้มชิ้นผ้าตัวอย่างในสารละลาย 0.5% NaOH ต้มให้เดือดอ่อน ๆ นาน 60 นาที
2. นำผ้าขึ้น บิดให้หมาด ล้างด้วยน้ำอุ่น 1 ครั้ง น้ำเย็น 1 ครั้ง บิดให้หมาดก่อนนำไปย้อม

1.ค ทำความสะอาดด้วยดีเทอร์เจนต์

1. ต้มชิ้นผ้าตัวอย่างในสารละลาย 0.1 % ดีเทอร์เจนต์ร้อนนาน 15 นาที
2. นำผ้าขึ้น บิดให้หมาด ล้างด้วยน้ำ 2 ครั้ง บิดให้หมาดก่อนนำไปย้อม

3.1.6.2 การย้อม

วิธีการย้อมที่ใช้เป็นการย้อม ที่ภาวะ ต้มเดือด โดยอาจจะมี หรือไม่มีการระบายน้ำออกเพื่อให้เข้มข้นขึ้นก่อนการย้อม ภาวะการย้อมที่ใช้ประกอบด้วย

- การย้อมโดยไม่มีการเติมมอร์แดนต์ และสารช่วยย้อม
- การย้อมโดยมีการย้อมสารช่วยย้อม คือ กรดแทนนิก หรือน้ำสกัดจากใบยูคาลิปตัส (นิยมเรียกกันว่า การย้อมผ้า) ก่อนการย้อมสี
- การย้อมสีพร้อมกับสารช่วยย้อม คือ กรดแทนนิก หรือน้ำสกัดจากใบยูคาลิปตัส
- การย้อมสีโดยมีการใช้มอร์แดนต์ช่วย โดยอาจเป็นการย้อมพร้อมกับการย้อมสีโดยการเติมลงไปในการย้อมหลังทำการย้อมสีแล้วครึ่งชั่วโมง และทำการย้อมต่ออีกครั้งครึ่งชั่วโมง หรือทำการย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสี

หลังจากย้อมแล้ว ทำการซักผ้าให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง นำไปบันทึกสีที่ได้และทำการวัดสีโดยแปรผลในเทอม L^* , a^* และ b^* ตามระบบ CIELAB (1976)⁽⁴⁰⁾ ต่อไป

การทดสอบการย้อมในการศึกษานี้ได้ใช้ขั้นตอนและวิธีการย้อม 3 แบบใหญ่ ๆ ตามช่วงเวลาดังต่อไปนี้คือ

2.ก การย้อมแบบใช้เวลาย้อมสั้น

ก.1 การย้อมโดยตรง

1. เตรียมน้ำย้อมโดยการต้มพืชในน้ำ ใช้อัตราส่วน 1 ต่อ 10 โดยปริมาตร (เว้นแต่จะระบุเป็นอย่างอื่น) เมื่อครบกำหนดเวลาทำการแยกกากออก เติมน้ำให้ครบปริมาตร แล้วใช้เป็นสีย้อมเลย หรือในบางกรณีจะทำให้เข้มข้นขึ้น 3 เท่าก่อนนำไปย้อม วัตถุดิบที่ใช้นั้นถ้าเป็นวัสดุแห้งจะแช่น้ำก่อนอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ถ้าเป็นเปลือกไม้แช่น้อย 12 ชั่วโมง
2. นำสารละลายสีย้อมมาต้มให้เดือด ใส่ผ้าทำความสะอาดแล้วจำนวน 2 ชิ้นลงไปย้อมในขณะที่ยังเดือดใช้เวลาย้อม 5 นาที
3. ตักผ้าขึ้นมา
 - ล้างผ้าชิ้นที่ 1 ด้วยน้ำ 1 ครั้ง แล้วตากให้แห้ง
 - ล้างผ้าชิ้นที่ 2 ด้วยน้ำ 1 ครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำสบู่อีก 2 ครั้ง ตากให้แห้ง
3. นำผ้าไปบันทึกภาพและทำการวัดสี

ก.2 การย้อมโดยใช้สารช่วยย้อม

สารช่วยย้อม : 0.2 % กรดแทนนิก

วิธีการ :

1. ต้มสารละลาย tannic acid เข้มข้น 0.2 % ให้เดือด ใส่ผ้าลงไปแช่ 1 นาที
2. ตักผ้าขึ้นบิดพอหมาด
3. ทำการย้อมต่อตามข้อ 2.ก.1

ในบางการทดลองได้ใช้สารช่วยย้อมสารช่วยย้อมบนผ้าด้วย สารช่วยย้อมนี้ได้แก่ Tartar emetic 0.13 % ในกรณีนี้จะย้อมในน้ำยาช่วยย้อม 5 นาที จากนั้นแช่ในน้ำยาดย้อมอีก 5 นาที ก่อนนำไปย้อมสี

ก.3 การย้อมโดยใช้มอร์แดนท์

มอร์แดนท์ : สารละลาย 10 % ของ FeSO_4 , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, CuSO_4 , $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, และ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

วิธีการ :

1. ต้มผ้าที่ล้างแล้วในสารละลายของสีย้อมเป็นเวลา 5 นาที แล้วตักขึ้นมาซับด้วยกระดาษกรอง คีบผ้าใส่ในบีกเกอร์สะอาด
2. ค่อยๆเทสารละลายมอร์แดนท์ประมาณ 10 มิลลิลิตร ลงบนผ้าปล่อยทิ้งไว้ 2 นาทีคนให้ทั่ว
3. ล้างผ้าด้วยน้ำเย็นหลายๆ ครั้งจนสีไม่ตก แล้วจึงล้างด้วยน้ำร้อนอีกจนสีไม่ตก
4. นำไปซับให้แห้ง ตากให้แห้ง
5. นำผ้าไปบันทึกภาพและทำการวัดสี

2.ข การย้อมแบบใช้เวลาย้อมนาน

ข.1 การย้อมโดยใช้สารช่วยย้อมและมอร์แดนท์ แบบที่ 1

สารช่วยย้อม : - ไม่ใช้สารช่วยย้อม

- กรดแทนนิก 10 % หรือ
- น้ำสกัดจากใบยูคาลิปตัส ใช้อัตราส่วนพืชต่อน้ำ = 1 ต่อ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยต้มใบยูคาลิปตัสสดสับเป็นชิ้นในน้ำนาน 1 ชั่วโมง ใช้ตะแกรงดักชิ้นใบยูคาลิปตัสออก เติมน้ำให้ครบปริมาตร

มอร์แดนท์ : สารละลาย 10 % ของ FeSO_4 , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, CuSO_4 , $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, และ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

อัตราส่วน : ผ้าต่อสารละลาย 1 ต่อ 10

วิธีการ :

1. นำผ้าที่ผ่านการทำความสะอาดลงต้ม ในอ่างย้อมผ้าด ให้เดือดอ่อนๆ นาน 60 นาที
- วิธีที่ 1 ใช้ tannic acid

วิธีที่ 2 ใช้น้ำต้มใบยูคาลิปตัส

2. ยกผ้าขึ้นเหนืออ่างข้อม เติมนอร์แดนท์ลงไปคนให้ทั่ว ค้มต่ออีก 30 นาที
3. นำผ้าขึ้น บิดให้แห้งหมาด ผึ่งให้เย็น ล้างด้วยน้ำสะอาด 1 ครั้ง บิดให้หมาด
4. นำผ้าลงข้อมในอ่างน้ำข้อม ซึ่งเตรียมเป็น 2 แบบ คือ
น้ำข้อมปกติ และ
น้ำข้อมที่ระเหยให้เข้มข้นขึ้น 3 เท่า
5. จับเวลาตั้งแต่เริ่มให้ความร้อน จนเดือดอ่อน ๆ นาน 1 ชั่วโมง
6. ยกผ้าขึ้น บิดให้หมาด ล้างน้ำให้สะอาด ตากให้แห้ง
7. นำผ้าไปบันทึกภาพและทำการวัดสี

การข้อมข้างต้นเป็นการข้อมนอร์แดนท์พร้อมกับการข้อมสารช่วยข้อม(หรือการข้อมผ้าครองพื้น)ก่อนการข้อมสี ในบางกรณีได้ใช้วิธีการข้อมนอร์แดนท์ก่อนการข้อมสี พร้อมการข้อมสีและบางกรณีใช้วิธีการข้อมนอร์แดนท์หลังการข้อมสี ซึ่งจะใช้วิธีการคล้าย ๆ กัน ต่างกันที่เวลา และอุณหภูมิที่ใช้

ข.2 การข้อมโดยใช้สารช่วยข้อมและนอร์แดนท์ แบบที่ 2

การทำความสะอาดผ้า : ใช้สารละลายดีเทอร์เจนต์

สารช่วยข้อม : กรดแทนนิก 10 %owf. ข้อมหลังข้อมสี

นอร์แดนท์ : FeSO_4 , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, CuSO_4 , $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, หรือ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ โดยเติมโซดาแอช

ปริมาณ 2 เท่าของน้ำหนักผ้า

อัตราส่วน : ผ้าย้อมสารละลาย 1 ต่อ 10

วิธีการ

1. เตรียมสารละลายนอร์แดนท์ผสมโซดาแอช โดยละลายโซดาแอชในน้ำอุ่น ค่อย ๆ เติมเกลือโลหะลงไปทำการคนสารละลายตลอดเวลา จากนั้นอุ่นสารละลายจนถึงอุณหภูมิ 50°C คนสารละลายตลอดเวลา
2. ใส่ผ้าที่ทำความสะอาดแล้วลงไป อุ่นให้ถึง 75°C ข้อมนาน 45 นาที
3. ตักผ้าขึ้นมาล้างในน้ำอุ่น บิดให้หมาด แล้วผึ่งไว้
4. นำผ้าลงไปข้อมในน้ำข้อมที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 45 นาที
5. เติมสารละลายนอร์แดนท์อีก 1 ใน 10 ส่วนของข้อ 1 คนต่ออีก 15 นาที ตักผ้าขึ้น
6. นำไปข้อมต่อในสารละลาย กรดแทนนิก 10%owf. ที่อุณหภูมิ 60°C เวลา 10 นาที
7. ตักผ้าขึ้นบิดให้หมาด ผึ่งให้แห้ง
8. นำผ้าไปซักในน้ำเปล่าจนสีไม่ตก
9. นำผ้าไปบันทึกภาพและทำการวัดสี

2.ค การย้อมในน้ำย้อมเตรียมจากผงสี

การทดสอบการย้อมในน้ำย้อมที่เตรียมจากผงสีที่แยกได้โดยการระเหยแฟรกชันที่แยกได้จากcolumn chromatography โดยการตกตะกอน หรือโดยวิธีการทำอิเล็กโตรลิซิส ส่วนมากใช้ผ้าฝ้ายฟอกขาว โดยมีวิธีการดังนี้คือ

ค.1 ย้อมมอร์แดนต์หลังย้อมสี

การทำความสะอาดผ้า : ใช้สารละลายดีเทอร์เจนต์ 0.1 %

มอร์แดนต์ : สารละลาย 1 % ของมอร์แดนต์ FeSO_4 , CuSO_4 , หรือ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

อัตราส่วน : ผงสี : ผ้า = 4 : 1, ผงสี : mordant = 14 : 1, ผงสี : น้ำ = 1 : 10 หรือ 1:100

วิธีการ

1. ทำความสะอาดผ้าในสารละลาย teepol อุณหภูมิ 15 นาที นำขึ้นมาซักให้สะอาด
2. นำลงย้อมในน้ำย้อมที่เตรียมจากผงสี อัตราส่วน ผงสี : น้ำ = 1 : 10
3. ต้มจนเดือดนาน 1 ชั่วโมง ดักขึ้น, ซับด้วยกระดาษกรองให้แห้ง
4. นำผ้าลงย้อมในสารละลาย 1 % mordant อุณหภูมิ 15 นาที ดักขึ้น ผึ่งให้แห้ง
5. ซักด้วยน้ำจนสีไม่ตก ตากให้แห้ง
6. นำผ้าไปบันทึกภาพและทำการวัดสี

ในกรณีที่ต้องการ ทำการย้อมตามข้อ 1 ถึง 6 แต่เปลี่ยนอัตราส่วนที่ใช้ เช่น ผงสี : ผ้า และ ผงสี : น้ำ

ค.2 ย้อมมอร์แดนต์พร้อมย้อมสี

การทำความสะอาดผ้า : ใช้สารละลายดีเทอร์เจนต์ 0.1 %

มอร์แดนต์ : FeSO_4 , CuSO_4 , หรือ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

อัตราส่วน : ผงสี : ผ้า = 4 : 1, ผงสี : mordant = 14 : 1, ผงสี : น้ำ = 1 : 10 หรือ 1:100

วิธีการ

1. ทำความสะอาดผ้าในสารละลาย teepol อุณหภูมิ 15 นาที นำขึ้นมาซักให้สะอาด
2. ผสมผงสีกับมอร์แดนต์ บดให้เข้ากันด้วยครกบด นำมาละลายน้ำ นำขึ้นต้ม คนให้ละลาย ทำให้อุ่นจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ
3. ใส่ผ้าที่ทำความสะอาดแล้วลงไปย้อม ให้ความร้อนนาน 1 ชั่วโมง
4. ดักขึ้นมาซับด้วยกระดาษกรอง ผึ่งให้แห้ง
5. นำมาล้างน้ำให้สะอาด จนสีไม่ตก ตากให้แห้ง
6. นำผ้าไปบันทึกภาพและทำการวัดสี

ในกรณีที่ต้องการ ทำการย้อมตามข้อ 1 ถึง 6 แต่เปลี่ยนอัตราส่วนที่ใช้ เช่น ผงสี : ผ้า และ ผงสี : น้ำ

3.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ทางกายภาพ

ผลการทดสอบทางคุณภาพตามข้อ 3.1 เพื่อหาคลอโรฟิลล์ แทนนิน แอนธราควิโนน ฟลาโวนอยด์ และสารฟีนอลิกในพืชตัวอย่างได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 3.1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบหาคลอโรฟิลล์ แทนนิน แอนธราควิโนน ฟลาโวนอยด์และสารฟีนอลิก

ลำดับ ที่	พืช	ส่วน	สภาพ	คลอโร ฟิลล์	แทน นิน	แอนธรา ควิโนน	ฟลาโ วอยด์	สารฟิ นอลิก
1	หญ้าหวาน	ใบ	แห้ง	มี	n/a	n/a	n/a	n/a
2	ดีวแดง	ใบ	แห้ง	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
3	สาบเสือ	ใบ	สด	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
4	เพกา	เปลือกต้น	สด	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
5	ขี้เหล็กฝรั่ง	ใบ	สด	มี	n/a	n/a	n/a	n/a
6	จามจุรี	ใบ	สด	มี	n/a	n/a	n/a	n/a
7	กระพังโหม	ใบ	สด	มี	n/a	n/a	n/a	n/a
8	สะเดา	ใบ	สด	n/a	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
9	หูกวาง	ใบ	สด	n/a	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
10	หูกวาง	ใบ	แห้ง	n/a	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
11	หูกวาง	เปลือกต้น	สด	n/a	มี	ไม่มี	ไม่มี	n/a
12	มะพร้าว	เปลือกลูก	แห้ง	n/a	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
13	ยูคาลิปตัส	เปลือกต้น	แห้ง	n/a	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
14	มะเกลือ	ผล	สด	n/a	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
15	มะเกลือ	ผล	แห้ง	n/a	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
16	สมอไทย	เปลือกต้น	แห้ง	n/a	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
17	สมอไทย	ผล	แห้ง	n/a	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
18	ตะแบก	ผล	แห้ง	n/a	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
19	มังคุด	เปลือกผล	แห้ง	n/a	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี

หมายเหตุ n/a = ไม่ได้ทำการทดสอบ

3.3 หย้าหวาน

หย้าหวาน (ดูภาคผนวกที่ 2) ที่ใช้ในการศึกษานี้ได้รับความอนุเคราะห์วัตถุดิบตัวอย่างจากไร่อรุณศรี และจากไร่ราชวดี อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ มีลักษณะเป็นใบหย้าหวานแห้งพร้อมก้านใบ ในการวิจัยนี้ได้ใช้วัตถุดิบนี้ตามสภาพที่ได้รับมา นำย้อมสกัดจากใบหย้าหวานแห้งโดยการต้มด้วยน้ำนั้น มีสีเขียวค่อนข้างคล้ำ พบว่าสีแตกต่างกันไปในระหว่างวัตถุดิบแต่ละครั้ง คาดว่าขึ้นอยู่กับทั้งแหล่งปลูกและช่วงเวลาเก็บเกี่ยวตลอดจนการตากแห้ง

3.3.1 การทดสอบทางกายภาพ การแยกสารสีและการทดสอบ

ผลการทดลองสกัดสารสีจากน้ำย้อมจากหย้าหวานโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ กัน คือ hexane, dichloromethane, chloroform, ethyl acetate, diethyl ether, และ 1-butanol พบว่าตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดคือ 1-butanol และสารสีไม่ละลายใน hexane

3.3.2 การย้อมด้วยสารสกัดจากหย้าหวาน

3.3.2.ก การเตรียมผ้า สารช่วยย้อม มอร์แดนต์และ น้ำย้อม

- ทำความสะอาดผ้าที่จะทำการย้อมด้วย
 - ไม่มีการทำความสะอาด
 - 0.2 % Na_2CO_3 (ดูข้อ 3.1.6.1.ก)
 - 5% NaOH (ดูข้อ 3.1.6.1.ข)
- เตรียมสารช่วยย้อมและมอร์แดนต์ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.2.ข ใช้อัตราส่วน Cu มอร์แดนต์กับกรดน้ำส้มดังนี้คือ

$$\text{จุนสี (CuSO}_4\text{)} \quad 2 \text{ g.} + \text{กรดน้ำส้ม} \quad 2 \text{ cm}^3 \text{ ต่อน้ำย้อม } 100 \text{ cm}^3$$
- การสกัดสีย้อมใช้ใบหย้าหวานแห้ง 100 g. เติมน้ำกลั่น 1,000 cm^3 แช่ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง และ ต้มเคี่ยวนาน 1 ชั่วโมง

3.3.2.ข วิธีการย้อมสีและผลการย้อม

การย้อมผ้าฝ้ายที่ไม่ได้และได้ทำความสะอาดก่อนย้อมในน้ำย้อมสกัดจากใบหย้าหวานแห้งย้อมใช้วิธีการตามข้อ 3.1.6.2.ก.1-2 มีผลการย้อมจากการบันทึกภาพสีที่ได้และการวัดสีดังรูปที่ 3.1 ส่วนผลการย้อมโดยใช้มอร์แดนต์ชนิดต่าง ๆ เพื่อดูเจดสีใช้น้ำย้อมสกัดจากใบหย้าหวานที่ผ่านการบดหยาบก่อนแช่น้ำได้ใช้วิธีการตามข้อ 3.1.6.2.ก.3 มีผลการย้อมจากการบันทึกภาพสีที่ได้และการวัดสีดังรูปที่ 3.2 และผลการย้อมในน้ำย้อมสกัดจากใบหย้าหวานแห้งทั้งใบโดยย้อมด้วยสารช่วยย้อมพร้อมกับ Cu มอร์แดนต์ และกรดน้ำส้มก่อนย้อมสีได้ใช้วิธีการตามข้อ 3.1.6.2.ข.1 มีผลการย้อมจากการบันทึกภาพสีที่ได้และการวัดสีดังรูปที่ 3.3 ตามลำดับ

สีที่ข้อมได้

- ไม่ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม และ ทำการข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์และไม่ใช้สารช่วยข้อม



- หลังการข้อมล้างผ้าด้วยน้ำ

L*	a*	b*	รหัส
+ 74.07	- 0.16	+ 23.58	K6069



- หลังการข้อมล้างผ้าด้วยน้ำและน้ำสมุนไพร

L*	a*	b*	รหัส
+ 74.15	+ 1.22	+ 24.32	K6070

- ไม่ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อมและทำการข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์ แต่ใช้สารช่วยข้อม(กรดแทนนิก)



- หลังการข้อมล้างผ้าด้วยน้ำ

L*	a*	b*	รหัส
+ 70.13	+ 1.00	+ 23.89	K6071



- หลังการข้อมล้างผ้าด้วยน้ำและน้ำสมุนไพร

L*	a*	b*	รหัส
+ 72.01	+ 1.31	+ 22.82	K6072

- ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม ด้วย 0.2%Na₂CO₃



- ทำการข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์และไม่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 76.22	+ 0.59	+ 19.28	K6073



- ทำการข้อมโดย ใช้สารช่วยข้อม(กรดแทนนิก)ไม่ใช้มอร์แคนท์

L*	a*	b*	รหัส
+ 75.18	+ 1.15	+ 17.57	K6074

รูปที่ 3.1 ผลการทำความสะอาดผ้าต่อสีของผ้าฝ้ายข้อมด้วยน้ำข้อมหญ้าหวาน

สีที่ข้อมได้

ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม ด้วย 0.2%Na₂CO₃

- Al มอร์แดนท์ จาก Al₂(SO₄)₃

L*	a*	b*	รหัส
+ 70.92	- 1.70	+ 30.90	K6075

- Cr มอร์แดนท์ จาก Na₂Cr₂O₇

L*	a*	b*	รหัส
+ 52.95	+ 3.56	+ 21.69	K6076

- Co มอร์แดนท์ จาก Co(NO₃)₂

L*	a*	b*	รหัส
+ 64.57	+ 2.24	+ 19.51	K6077

- Cu มอร์แดนท์ จาก CuSO₄

L*	a*	b*	รหัส
+ 52.57	+ 1.84	+ 22.96	K6078

- Fe มอร์แดนท์ จาก FeSO₄

L*	a*	b*	รหัส
+ 29.70	- 0.32	+ 6.64	K6079

- ข้อมผ้าด้วยกรดแทนนิกและมอร์แดนท์ CuSO₄+HOAc ก่อนข้อมสี

L*	a*	b*	รหัส
+ 66.69	- 5.49	+ 23.21	K6082

- ทำการข้อมผ้าด้วยกรดแทนนิก ข้อมสี และข้อมทับด้วยมอร์แดนท์ CuSO₄+ HOAc

L*	a*	b*	รหัส
+ 56.90	+ 3.12	+ 20.64	K6083

รูปที่ 3.2 ผลของชนิดของมอร์แดนท์ต่อสีของผ้าฝ้ายข้อมด้วยน้ำข้อมหญ้าหวาน

สีที่ข้อมได้

ใช้ Cu มอร์แคนท์+ กรดน้ำส้ม และ ทำความสะอาดผ้าด้วย 0.5%NaOH ก่อนข้อม

- ข้อมฝาดด้วยกรดแทนนิก



- น้ำข้อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 56.79	+ 0.11	+ 20.54	K6064



- น้ำข้อมเข้มข้น 2 เท่า

L*	a*	b*	รหัส
+ 58.91	- 0.97	+ 21.53	K6065



- น้ำข้อมเข้มข้น 3.4 เท่า

L*	a*	b*	รหัส
+ 64.57	- 2.38	+ 21.74	K6068

- ข้อมฝาดด้วยน้ำใบชาลูปัส



- น้ำข้อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 56.99	+ 0.75	+ 21.16	K6066



- น้ำข้อมเข้มข้น 2 เท่า

L*	a*	b*	รหัส
+ 57.38	+0.66	+ 21.64	K6067

รูปที่ 3.3 ผลการข้อมฝาดและความเข้มข้นของน้ำข้อมหญ้าหวานต่อสีของผ้าฝ้าย

3.3.2.ค สรุปผลการข้อมสี

การข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์จะให้สีก็ออกเขียว สีที่ได้จากผ้าที่ไม่ทำความสะอาดมีสีเข้มกว่าผ้าที่ทำความสะอาดเชื่อว่าเป็นผลจากสีฝาดก่อนข้อมที่จะมีสีออกน้ำตาลมากกว่า การใช้สารช่วยข้อมกรดแทนนิกข้อมฝาดก่อนข้อมสีนั้นทำให้สีที่ได้เข้มข้น แต่ไม่มากนัก ผลของมอร์แคนท์อูมิเนียมจะให้สีออกเขียวมากขึ้น แต่จะมีเจดเขียวน้อยกว่าการใช้มอร์แคนท์ทองแดง ส่วนโคบอลต์ โครเมียม และ เหล็ก ให้สีออกน้ำตาลไปถึงน้ำตาลเข้มออกดำตามลำดับ

การข้อมฝ้ายในน้ำข้อมจากหญ้าหวานให้ได้สีเขียวจึงควรใช้มอร์แคนท์

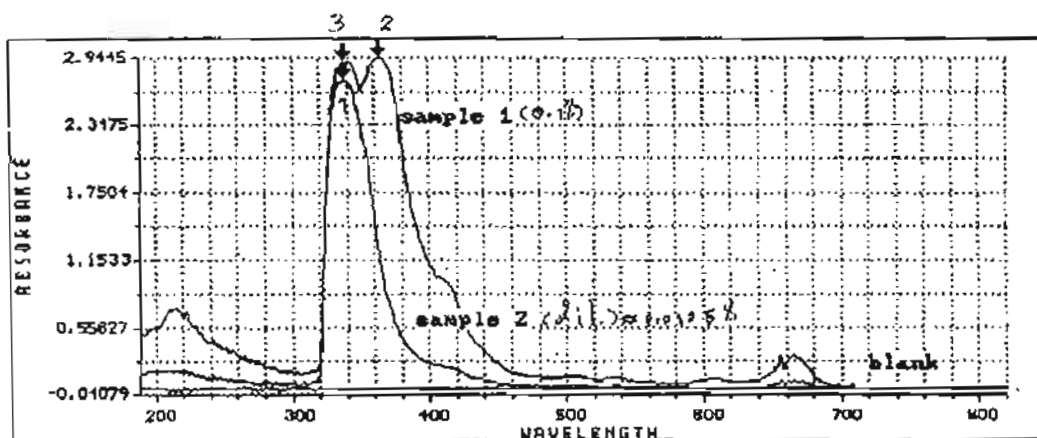
ทองแดงช่วยในการย้อม สีจะออกเขียวมากขึ้นเมื่อทำการย้อมผาตรงพื้นด้วยสารที่มีแทนนิน ในทางปฏิบัติกรดำเนินการในห้องทดลองนิยมใช้กรดแทนนิก แต่สูตรการย้อมของกลุ่มทอผ้าใช้น้ำต้มใบยูคาลิปตัสซึ่งมีแทนนินอยู่ด้วย จากผลการย้อมข้างต้นพบว่าการใช้สารช่วยย้อมทั้งคู่นี้ให้ผลไม่แตกต่างกันจึงคาดว่าน่าจะใช้แทนกันได้

3.3.3 การแยกส่วนประกอบของสารสกัดจากหญ้าหวาน

3.3.3.1 การสกัดสารสีจากหญ้าหวาน โดยใช้ 1-butanol

ได้ทำการสกัดสารสีจากน้ำย้อมหญ้าหวานโดยทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย 1-butanol โดยมีวิธีการดังนี้

- นำสารละลายที่สกัดได้จากหญ้าหวานปริมาตร 100 cm^3 ใส่ในกรวยแยก
- เติม 1-butanol ลงไปครั้งละ 30 cm^3 , ทำการสกัด 4 ครั้ง
- dry ด้วย Na_2SO_4
- นำสารสกัดที่ได้มาทำให้แห้ง ปรากฏว่าได้ของแข็งสีเขียว บันทึกรน้ำหนัก
- แบ่งสารสกัดสีเขียวที่แยกได้มาละลายด้วยตัวทำละลาย 80%acetone+20%น้ำ โดยเตรียมให้ sample 1 มีความเข้มข้น 0.1% w/v และ sample 2 ใช้ความเข้มข้น $\approx 0.0125 \text{ \% w/v}$
- ทำการวัดAbsorbance ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กันด้วยเครื่อง uv spectrophotometer (Hewlett Packard โมเดล 8452A) ได้ผลดังรูปที่ 3.4



Marked Wavelengths

Reg E: L 338 =	2.9172	1
Reg E: L 364 =	2.9445	2
Reg D: L 338 =	2.7518	3

รูปที่ 3.4 การดูดกลืนแสงของสารสีเขียวจากน้ำย้อมหญ้าหวาน

- นำสารสีเขียวที่ได้ มาทำ Thin Layer Chromatograph เปรียบเทียบกับ stevioside

โดย *stationary phase* ; silica gel

mobile phase ; chloroform : methanol : water = 4 : 2 : 1

ได้ผลดังรูป 3.5



รูปที่ 3.5 โครมาโตแกรมของสารสีเขียวจากหญ้าหวานเทียบกับ Stevioside

จาก TLC โครมาโตแกรมที่ได้แสดงว่าส่วนประกอบ ของ *mobile phase* ที่ใช้นี้ ไม่สามารถแยกสารสีออกจากกันได้แต่สามารถแยก stevioside ออกจากสารสกัดได้ ดังนั้นการแยกสารปริมาณมากจึงต้องลดสัดส่วนของสารมีขั้วคือ น้ำ ลง และพบว่าเมื่อใช้อัตราส่วน

$\text{CHCl}_3 : \text{MeOH} : \text{H}_2\text{O} = 4 : 2 : 0.25$ สามารถแยกสารสีออกจากกันได้ระดับหนึ่ง

- นำสารสีเขียวที่ได้จากชั้นของ 1-butanol 1 g. มา pre-absorb ด้วย silica gel นำไปแยกสารสีด้วยคอลัมน์โครมาโทกราฟี (ดูข้อ 3.1.4.6) ใส่ silica gel $\approx \frac{1}{4}$ ของความสูงของ column และใช้

stationary phase ; silica gel

mobile phase ; $\text{CHCl}_3 : \text{MeOH} : \text{H}_2\text{O} = 4 : 2 : 0.25$

แยกเก็บแต่ละแฟรกชันที่มีสี พบว่า

สามารถเก็บได้ 4 แฟรกชันที่มีสีต่าง ๆ กันคือ

สีเหลือง, สีเขียวขี้ม้า, สีเหลืองส้ม และสีเหลืองอ่อน

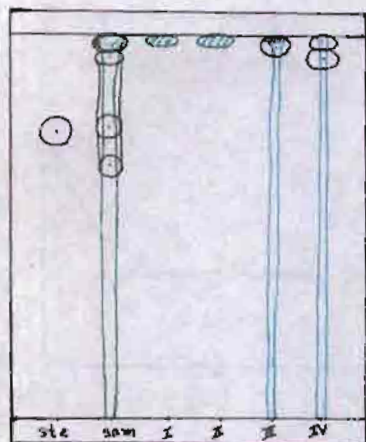
ซึ่งเมื่อทำ TLC เทียบกับ stevioside และสารสีเขียวจากชั้นของ 1-butanol โดยใช้

stationary phase ; silica gel

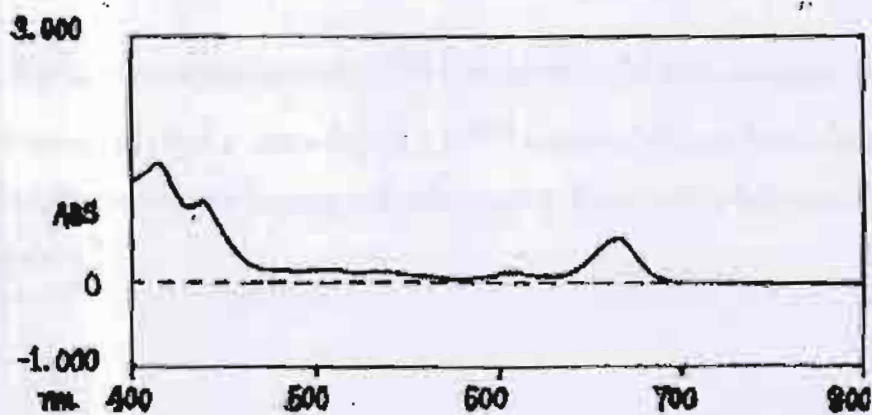
mobile phase ; $\text{CHCl}_3 : \text{MeOH} : \text{H}_2\text{O} = 4 : 2 : 0.25$

Detection ; ฟันทดด้วย 30% H_2SO_4 วางบน hot plate

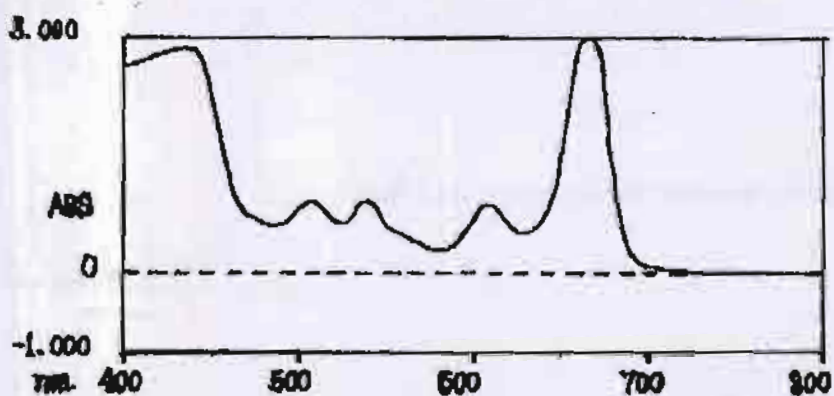
ได้ผลดังแสดงในรูป 3.6 และผลการดูคลิ่นแสงของ 3 แฟรกชันแรกโดยใช้เครื่อง Hitachi โมเดล U-2000 แสดงได้ดังรูปที่ 3.7 ถึง 3.9 ส่วนแฟรกชันที่ 4 มีปริมาณสารไม่พอสำหรับการวัดการดูดกลืนแสง



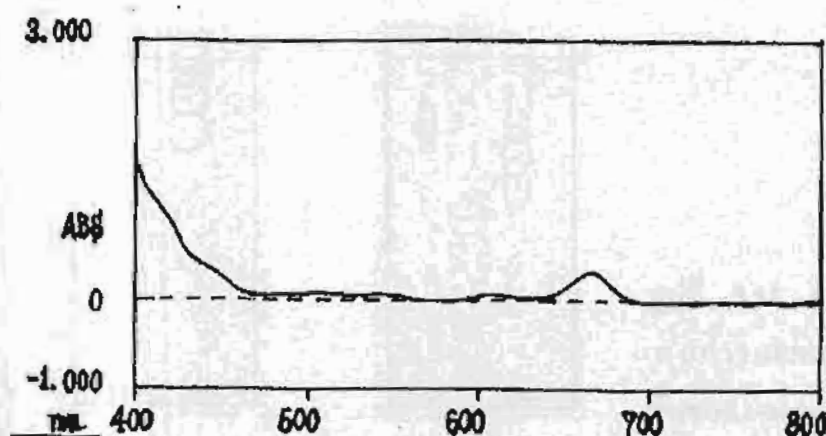
รูปที่ 3.6 โครมาโตแกรมของส่วนที่เก็บได้จาก
การผ่านคอลัมน์เทียบกับ stevioside
และสารสีเขียวจากชั้น 1- butanol



รูปที่ 3.7 การดูดกลืนแสงของสารสีเหลืองเก็บได้จากการผ่านคอลัมน์

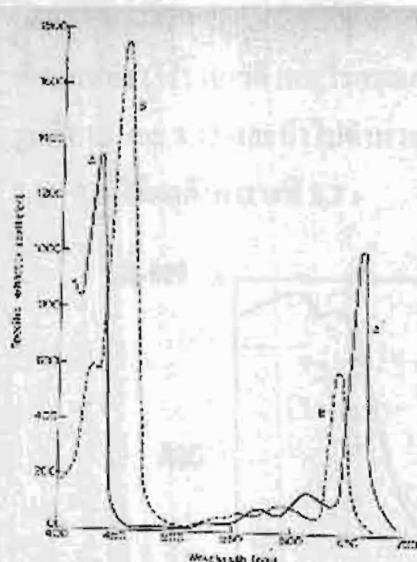


รูปที่ 3.8 การดูดกลืนแสงของสารสีเขียวที่เก็บได้จากการผ่านคอลัมน์



รูปที่ 3.9 การดูดกลืนแสงของสารสีเหลืองส้มที่เก็บได้จากการผ่าน column

ผลการทำ TLC และวัดการดูดกลืนแสง สรุปได้ว่าแฟรกชันที่แยกได้ไม่ใช่ stevioside และเมื่อเทียบกับสเปกตรัมของคลอโรฟิลล์ a และ b ดังรูปที่ 3.10⁽³⁸⁾ อาจกล่าวได้ว่าสารที่แยกได้สามส่วนแรกจะมีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบโดยพบมากที่สุดในส่วนที่ 2 จึงนำส่วนที่ 2 ไประเหยแห้งและใช้ในการทดสอบต่อไป



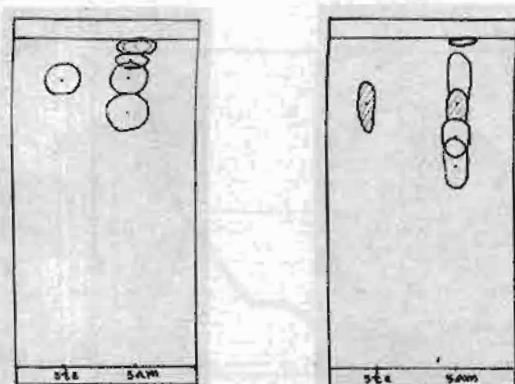
รูปที่ 3.10 การดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์ a และ b

นอกจากนี้ได้พยายามแยกสารสีออกจากกันเพื่อพิสูจน์เอกลักษณ์ให้ชัดเจนขึ้น โดยใช้ mobile phase ที่มีอัตราส่วนผสมอื่น ในการทำโครมาโตกราฟีแผ่นบาง เมื่อใช้อัตราส่วนของ mobile phase ต่างไป คือ

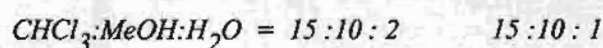
$$\text{mobile phase} ; \text{CHCl}_3 : \text{MeOH} : \text{H}_2\text{O} = 15 : 10 : 2$$

$$\text{และ} \quad \text{CHCl}_3 : \text{MeOH} : \text{H}_2\text{O} = 15 : 10 : 1$$

ผลการทำ TLC เทียบกับ stevioside ดังแสดงในรูป 3.11



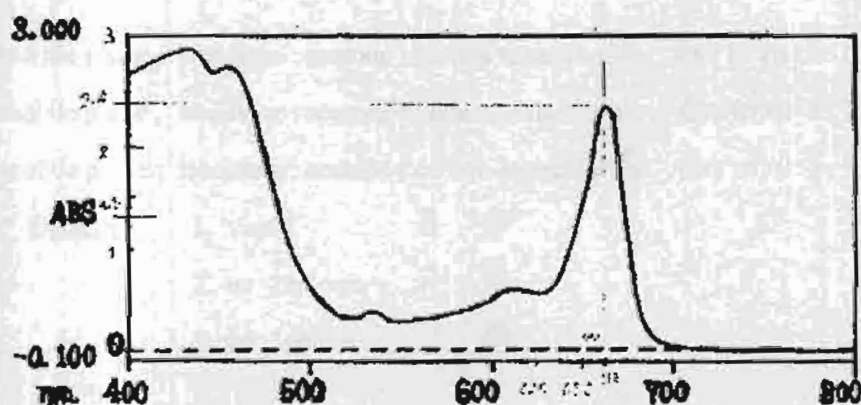
รูปที่ 3.11 ผลของ mobile phase
ต่อการแยกสารสีเขียวที่ได้จาก
ชั้นของ 1-butanol



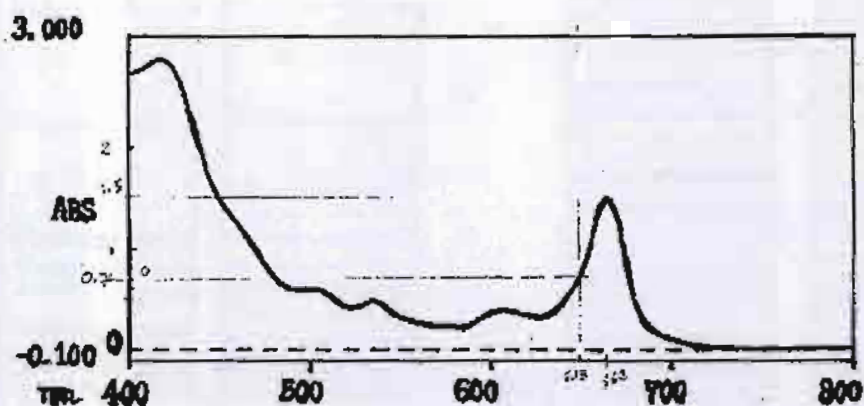
พบว่าสารสกัดมีส่วนประกอบที่ซับซ้อน แยกจากกันยาก คณะผู้วิจัยจึงเห็นว่าน่าจะดำเนินการในส่วนนี้ต่อไป ในโอกาสต่อไป และเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์โดยวิธีการทางสเปกโตรสโคปีแทน

3.3.3.2 การหาปริมาณคลอโรฟิลล์ในหญ้าหวาน

ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของคลอโรฟิลล์ในหญ้าหวานวัตถุดิบจากทั้ง 2 แหล่ง (ไร่ราชวดี และไร่อรุณศรี) โดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.5.1 เส้นสเปกตรัมที่ได้แสดงได้ดังรูปที่ 3.12 และ 3.13 และนำไปคำนวณหา ปริมาณของ chlorophyll a และ chlorophyll b ตามสมการที่ 3.1 – 3.3 ได้ผลดังตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.12 การดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์ เอและบีสกัดจากหญ้าหวานไร่อรุณศรี



รูปที่ 3.13 การดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์ เอและบีสกัดจากหญ้าหวานไร่ราชวดี

ตารางที่ 3.2 ผลการคำนวณหาปริมาณของ chlorophyll a และ chlorophyll b

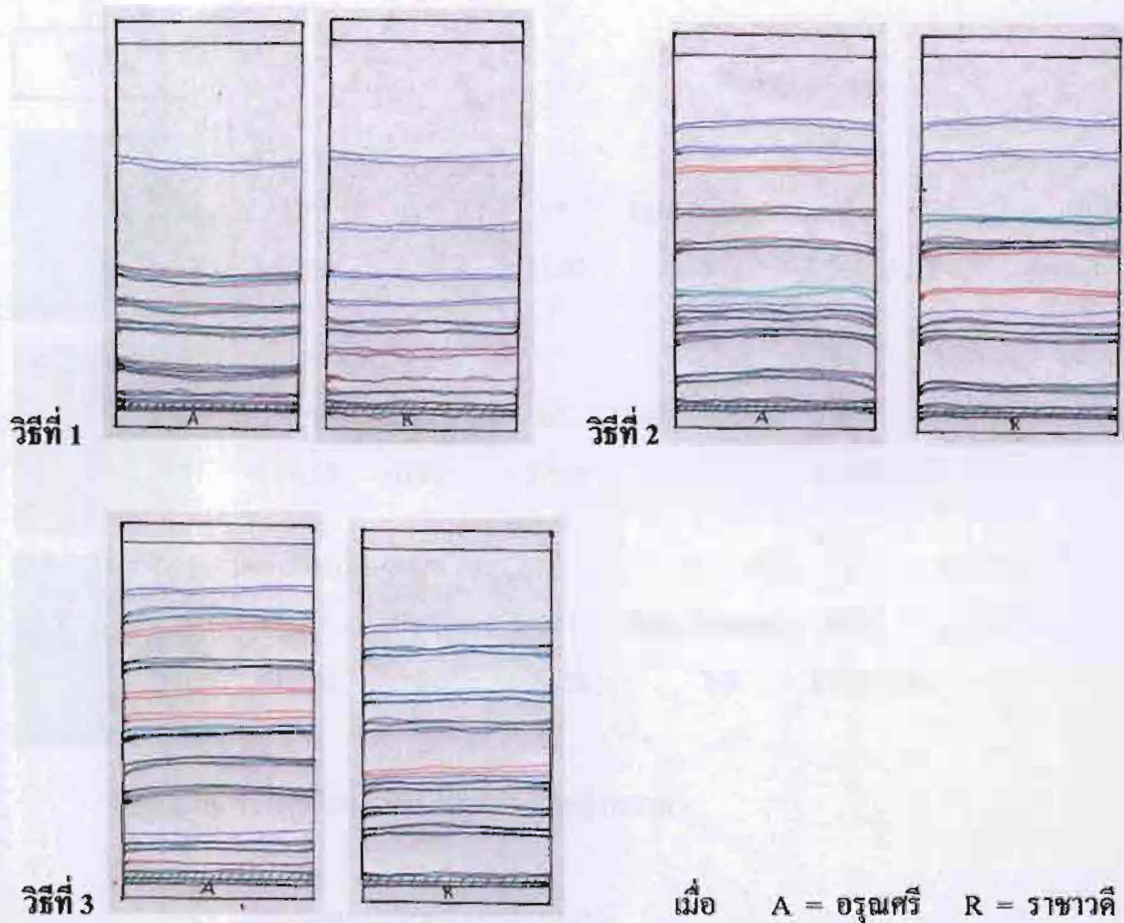
ไร่อรุณศรี				ไร่ราชวดี			
chlorophyll a		chlorophyll b		chlorophyll a		chlorophyll b	
mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%
107.92	0.54	74.16	0.37	68.68	0.34	36.04	0.18

ได้นำสารที่สกัดได้ข้างต้นจากหญ้าหวานทั้ง 2 แหล่งมาตรวจสอบผล
เปรียบเทียบกับการทำ TLC โดยใช้ mobile phase 3 แบบต่างกันคือ

- วิธีที่ 1 mobile phase ; isooctane : acetone : carbon tetrachloride อัตราส่วน 3 : 1 : 1
 วิธีที่ 2 mobile phase ; isooctane : acetone : carbon tetrachloride อัตราส่วน 3 : 2 : 1 และ
 วิธีที่ 3 mobile phase ; isooctane : acetone : carbon tetrachloride อัตราส่วน 3 : 3 : 1

- * Detection
1. visual สี ●
 2. uv 254 nm สี ●
 3. uv 366 nm สี ●

ผลการทำ TLC แสดงดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 TLC chromatogram ของสารสกัดจากหญ้าหวานจากไร่ อรุณศรี และไร่ราชวดี

โครมาโตแกรมที่ได้แสดงว่าสารสกัดที่ได้จากการใช้ 1-butanol สกัดน้ำเชื่อมหญ้าหวานจากวัตถุดิบ 2 แหล่งพบว่ามีส่วนประกอบที่แตกต่างกัน ทำให้กราฟการดูดกลืนแสงในรูปที่ 3.12 และ 3.13 แตกต่างกันและเชื่อว่าส่วนประกอบที่แตกต่างกันนี้มีผลต่อสีที่ข้มได้จากวัตถุดิบทั้ง 2 แหล่ง แต่เนื่องจากข้อจำกัดในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลของการเพาะปลูกจึงยังไม่อาจบอกได้ว่าเป็นผลจากสายพันธุ์ การเพาะปลูก และสิ่งแวดล้อม หรือเหตุอื่นใด

3.3.3.3 การทดสอบการย้อมด้วยผงสีที่ได้จากการสกัดหญ้าหวาน

ได้นำผงสีที่ได้จากการสกัดน้ำเชื่อมด้วย 1-butanol มาทดสอบการย้อมโดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.6.2.ค โดยใช้อัตราส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ผงสี ต่อ น้ำ = 1 : 10 ผงสี ต่อ ผ้า = 4 : 1

ผงสี ต่อ มอร์แคนท์ = 14 : 1

มอร์แคนท์ที่ทดสอบ : Cu, Al, และ Fe

ผ้าที่ข้อมได้มีสี ผลการวัดสี และผลการทดสอบความคงทนต่อแสง ดังรูปที่ 3.15

สีที่ได้



มอร์แดนท์ Cu

L*	a*	b*	light fastness	รหัส
+ 59.58	- 0.93	+ 21.02	3	ST99CFA1



มอร์แดนท์ Al

L*	a*	b*	light fastness	รหัส
+ 59.53	+0.91	+ 27.24	1	ST99AFA1



มอร์แดนท์ Fe

L*	a*	b*	light fastness	รหัส
+ 42.98	- 1.10	+ 10.38	2-3	ST99FFA1

รูปที่ 3.15 ผลการย้อมด้วยผงสีสกัดจากหญ้าหวาน

3.3.4 สรุปผลการย้อมด้วยหญ้าหวาน

ใบหญ้าหวานแห้งมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูง และเป็นคลอโรฟิลล์ที่อยู่ในสภาพที่แขวนลอยในน้ำได้ดี เมื่อนำไปเตรียมน้ำย้อม คลอโรฟิลล์จะละลายออกมาจากใบได้ง่าย จากสมบัติดังกล่าวนี้ทำให้หญ้าหวานเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับย้อมให้ได้สีเขียว โดยต้องใช้จุนสีเป็นมอร์แดนท์ สีที่ได้มีความคงทนต่อแสงค่อนข้างดีเมื่อเทียบกับสีธรรมชาติทั่ว ๆ ไป โดยมีความคงทนเทียบเท่ากับสีของผ้ามาตรฐานเบอร์ 3

หญ้าหวานเป็นพืชล้มลุกที่มีผลผลิตสูง ปกติสามารถเก็บเกี่ยวใบได้ทุก 3 เดือนตลอดปี จึงน่าจะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบย้อมสีเขียวในระดับอุตสาหกรรมครอบครัวหรือที่ใหญ่กว่า โดยเฉพาะถ้าสามารถทำการสกัดแยกสารหวานออกควบคู่กันไป นอกจากนี้พบว่าสามารถเก็บสารสกัดใช้เป็นสีย้อมไว้ในลักษณะผงแห้งได้ด้วย และผลการย้อมจากผงสีนั้นกล่าวได้ว่าให้ผลไม่ต่างจากการใช้วัสดุในสภาพที่เป็นใบตากแห้ง การทำเป็นผงสีจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเก็บหญ้าหวานไว้ใช้ในช่วงที่ไม่สามารถเก็บเกี่ยววัตถุดิบได้

3.4 ตัวแดง

3.4.1 การทดสอบการย้อม

ได้ทำการทดลองย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบตัวแดง (ดูภาคผนวก 2) ทั้งที่เป็นใบพืชสด และใบพืชที่ผึ่งในที่ร่มให้แห้งประมาณ 1 สัปดาห์ก่อนทำการทดสอบ โดยใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ข.1 แต่ทำการย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมสีใช้เวลาย้อม 2-3 นาที มอร์แดนท์ที่ใช้ในการนี้ได้แก่เกลือนิยเมียมจากโปแตสเซียม $[KAl(SO_4)_2]$ ทองแดงจากซุนสี ($CuSO_4$) และ เหล็กจากเฟอร์รัส ซัลเฟต ($FeSO_4$) การทำความสะอาดด้วยผ้าใช้โซดาแอชตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ก ทั้งนี้ได้เปรียบเทียบการย้อมแบบ **ไม่ใช้** สารช่วยย้อมกับการย้อมสารช่วยย้อมพร้อมกับการย้อมสี สารช่วยย้อมที่ใช้ได้แก่ 2 %Stevioside และ 2 %Tween 80 (Polyoxyethylene sorbitan monooleate) สีที่ย้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.16 และ 3.17 สำหรับใบตัวแดงสด และใบตัวแดงแห้งตามลำดับ

สีที่ย้อมได้

- ใช้สารส้มเป็นมอร์แดนท์

- ใช้น้ำย้อมปกติ



L*	a*	b*	รหัส
+ 72.50	+ 5.84	+ 27.71	TD99ADAB

- ใช้น้ำย้อมเติม stevioside 2%



L*	a*	b*	รหัส
+ 82.89	- 1.08	+ 21.10	TD9CADAB

- ใช้ซุนสีเป็นมอร์แดนท์

- ใช้น้ำย้อมปกติ



L*	a*	b*	รหัส
+ 59.96	+ 2.89	+ 26.39	TD99CDAB

- ใช้น้ำย้อมเติม stevioside 2%



L*	a*	b*	รหัส
+ 72.48	+ 0.60	+ 25.06	TD9CCDAB

รูปที่ 3.16 ผลของมอร์แดนท์และสารช่วยย้อมต่อสีด้วยน้ำย้อมจากใบตัวแดงสด

สีที่ได้



- ใช้เฟอร์รัสซัลเฟตเป็นมอร์แคนท์

- ใช้น้ำเชื่อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 34.10	+ 4.68	+ 10.81	TD99FDAB



- ใช้น้ำเชื่อมเติม stevioside 2%

L*	a*	b*	รหัส
+ 28.24	+ 4.65	+ 7.64	TD9CFDAB

รูปที่ 3.16 (ต่อ)

สีที่ข้อมได้



- ใช้สารส้มเป็นมอร์แคนท์

- ใช้น้ำเชื่อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 73.32	+ 1.94	+ 30.55	TL99ADAB



- ใช้น้ำเชื่อมเติม stevioside 2%

L*	a*	b*	รหัส
+ 72.85	- 0.22	+ 28.66	TL9CADAB



- ใช้น้ำเชื่อมเติม Tween 80 2%

L*	a*	b*	รหัส
+ 76.58	+ 3.00	+ 29.02	TL9DADAB

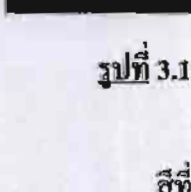
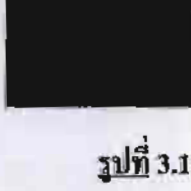


- ใช้ปูนสีเป็นมอร์แคนท์

- ใช้น้ำเชื่อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 58.03	+ 3.78	+ 31.07	TL99CDAB

รูปที่ 3.17 ผลของมอร์แคนท์และสารช่วยข้อมต่อสีค้ำยฝ้ายข้อมด้วยน้ำเชื่อมจากใบต้วแดงแห้ง

สีที่ได้	- ใช้น้ำเชื่อมเติม stevioside 2%			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 57.23	+ 2.94	+ 30.74	TL9CCDAB
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 66.30	+ 0.60	+ 27.51	TL9DCDAB
	- ใช้เฟอร์รัสซัลเฟตเป็นมอร์แคนท์			
	- ใช้น้ำเชื่อมปกติ			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 26.17	+ 4.20	+ 7.46	TL99FDAB
	- ใช้น้ำเชื่อมเติม stevioside 2%			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 25.78	+ 4.13	+ 7.74	TL9CFDAB
	- ใช้น้ำเชื่อมเติม Tween 80 2%			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 30.32	+ 4.07	+ 7.03	TL9DFDAB

รูปที่ 3.17 (ต่อ)

สีที่ได้จากการเชื่อมโดยใช้ Al มอร์แคนท์นั้นมีสีน้ำตาล และจะได้สีน้ำตาลออกเขียวเมื่อใช้ Cu มอร์แคนท์ และได้สีน้ำตาลเข้มเมื่อใช้ Fe มอร์แคนท์ การใช้สารช่วยเชื่อม stevioside เติมลงในน้ำเชื่อมนี้ทำให้สีที่เชื่อมได้อ่อนลง สีที่สังเกตได้จึงมีลักษณะออกสีเขียวมากขึ้น (ผลการวัดสี ค่า a^* ไปทางลบมากขึ้น) และขณะเดียวกันสีจะออกเหลืองน้อยลง (ค่า b^* ไปทางลบมากขึ้น) แต่จะไม่มีผลต่อ Fe มอร์แคนท์ การใช้ Tween 80 ซึ่งเป็นสาร surfactant นั้น พบว่าไม่มีผลต่อสีที่ได้ สีที่ได้จากการใช้วัตถุดิบแห้งจะเข้มกว่าแบบสดทั้งนี้เชื่อว่าเป็นผลจากความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่มากขึ้น

ใบตัวแดงจึงนับว่าเป็นวัตถุดิบหนึ่งที่สามารถใช้เป็นแหล่งของสีธรรมชาติได้ เนื่องจากให้สีที่แตกต่างกันชัดเจนเมื่อเปลี่ยนชนิดของมอร์แคนท์ สามารถให้สีทั้งที่เป็นสีเขียวและน้ำตาล โดยเฉพาะสีน้ำตาลจะมีเฉดสีแตกต่างกันมากระหว่างการใช้มอร์แคนท์อลูมิเนียมกับมอร์แคนท์เหล็ก

ได้ทำการย้อมสีด้วยผ้าด้วยน้ำย้อมเตรียมจากผงสีที่ได้จากการระเหยนํ้าออกจากน้ำย้อม โดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.6.2.ค.1 (ย้อมมอร์แดนท์หลังย้อมสี) และตามข้อ 3.1.6.2.ค.2 (ย้อมมอร์แดนท์พร้อมย้อมสี) ใช้อัตราส่วนผงสีต่อผ้าต่อนํ้า เป็น 4:1:40 และ 1:4:100 สีที่ย้อมได้และผลการวัดสีแสดง ได้ดังรูปที่ 3.18 และได้ทดลองย้อมสีด้วยผ้าด้วยน้ำย้อมเตรียมจากผงสีที่ได้จากการทำอิเล็กโตรลิส โดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.6.2.ค.1 ทำการย้อมโดยไม่ใส่มอร์แดนท์และย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมสี สีที่ย้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.19 ทั้งนี้การทำอิเล็กโตรลิสนั้นมีอุณหภูมิที่ละลายมาจากอิเล็กโตรคปอนอยู่ด้วยแล้ว ดังนั้นจึงมี AI มอร์แดนท์ในตัวผงสีอยู่แล้ว

สีที่ได้	- ใช้ Cu มอร์แดนท์				
	- ย้อมมอร์แดนท์หลังย้อมสี				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 53.93	+ 4.69	+ 30.95	3-4	TD99CFA1
	- ใช้มอร์แดนท์ผสมผงสี				
	- ผงสี:ผ้า:น้ำ = 4 : 1 : 40				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 53.96	+ 3.94	+ 41.20	3-4	TD99CFS1
	- ผงสี:ผ้า:น้ำ = 1 : 4 : 100				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 68.87	+ 1.65	+ 24.20	3-4	TD99CFS2
	- ใช้ Al มอร์แดนท์				
	- ย้อมมอร์แดนท์หลังย้อมสี				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 71.77	+ 1.11	+ 31.30	3	TD99AFA1
	- ใช้มอร์แดนท์ผสมผงสี				
	- ผงสี:ผ้า:น้ำ = 4 : 1 : 40				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 67.74	+ 3.44	+ 36.84	3	TD99AFS1

รูปที่ 3.18 ผลของมอร์แดนท์และความเข้มข้นต่อสีผ้าย้อมด้วยน้ำย้อมจากผงสีไบควาแดง

สีที่ได้



- ใช้ Al มอร์แดนท์ (มอร์แดนท์ผสมผงสี)

- ผงสี:ผ้า:น้ำ = 1 : 4 : 100

L*	a*	b*	light fastness	รหัส
+ 78.69	+ 2.00	+ 25.75	3-4	TD99AFS2



- ใช้ Fe มอร์แดนท์

- ข้อมมอร์แดนท์หลังข้อมสี

L*	a*	b*	light fastness	รหัส
+ 23.68	+ 3.77	+ 6.41	3	TD99FFA1



- ใช้มอร์แดนท์ผสมผงสี

- ผงสี:ผ้า:น้ำ = 4 : 1 : 40

L*	a*	b*	light fastness	รหัส
+ 28.52	+ 4.46	+ 12.73	3	TD99FFS1



- ผงสี:ผ้า:น้ำ = 1 : 4 : 100

L*	a*	b*	light fastness	รหัส
+ 38.39	+ 4.11	+ 6.85	3-4	TD99FFS2

รูปที่ 3.18 (ต่อ)

สีที่ได้



- ใช้ผงสีโดยไม่เติมมอร์แดนท์

L*	a*	b*	light fastness	รหัส
+ 68.86	+ 1.67	+ 37.15	2	TD99AFA9



- ข้อม Fe มอร์แดนท์หลังข้อมสี

L*	a*	b*	light fastness	รหัส
+ 59.95	+ 1.73	+ 13.09	3	TD99AFAA

รูปที่ 3.19 สีผ้าข้อมด้วยน้ำข้อมจากผงสีใบต้วแดงได้จากการทำอิเล็กโตรลิสซิส

แม้ว่าสีที่ข้อมได้จากน้ำข้อมเตรียมจากผงสีที่ผ่านการระเหยน้ำให้แห้งนั้นใกล้เคียงกับสีที่ข้อมได้จากน้ำข้อมที่เตรียมจากใบตัวแดงสดและแห้ง แต่ต้องใช้อัตราส่วนผงสีต่อผ้ามากกว่ากรณีที่ใช้วิธีสกัดจากใบพืชโดยตรง ทั้งนี้เชื่อว่าการที่สารสีถูกทำลายบางส่วนระหว่างกระบวนการทำให้แห้ง อย่างไรก็ตามวิธีการเก็บสารสีลักษณะแห้งเป็นผงนี้ยังมีข้อเด่นที่สามารถใช้ข้อมได้ในช่วงที่ไม่อาจหาวัตถุดิบสดจากธรรมชาติ หรือการใช้ข้อมในสถานที่ที่ไม่สามารถหาพืชวัตถุดิบได้

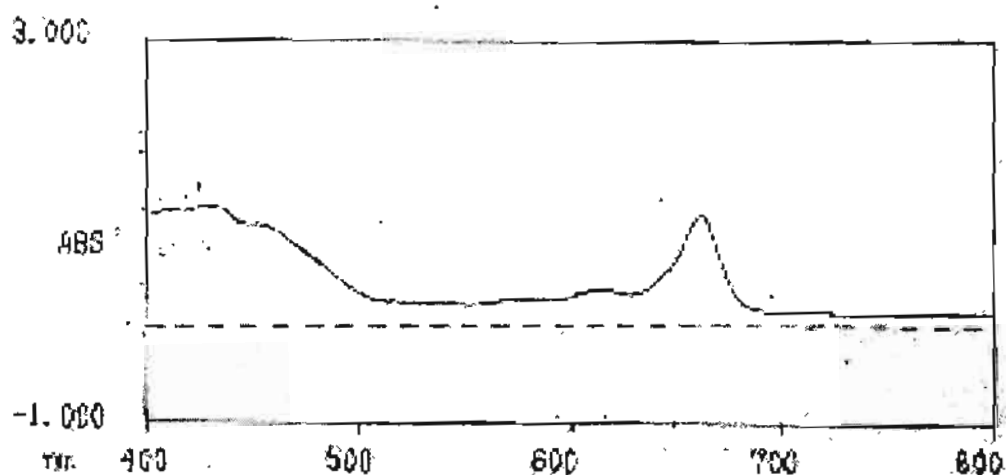
3.4.2 การหาปริมาณคลอโรฟิลล์ แทนนิน และสารฟีนอลิก

จากศักยภาพการใช้ตัวแดงในงานสีข้อม และผลการวิเคราะห์คุณภาพที่พบว่ามีคลอโรฟิลล์ แทนนิน และสารฟีนอลิกในน้ำข้อมสกัดจากใบตัวแดง ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของ

- คลอโรฟิลล์ในสารสกัดจากใบตัวแดง โดยใช้วิธีการตาม ข้อ 3.1.5.1 เส้นสเปกตรัมที่ได้แสดงได้ดังรูปที่ 3.20 และคำนวณหา ปริมาณของ chlorophyll a และ chlorophyll b ตามสมการที่ 3.1 – 3.3 ได้ผลดังตารางที่ 3.3

- แทนนินในสารสกัดจากใบตัวแดง โดยใช้วิธีการALCA ตามข้อ 3.1.5.2 และนำไปคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ตามสมการที่ 3.4 – 3.9 ได้ผลดังตารางที่ 3.3 และ

- สารฟีนอลิกในสารสกัดจากใบตัวแดง โดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.5.3 และคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิก ตามสมการที่ 3.10 ได้ผลดังตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.20 การดูดกลืนแสงของสารสกัดจากใบตัวแดงสด

ตารางที่ 3.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ แทนนิน และสารฟีนอลิกที่สกัดได้จากใบต้วแดง
ภาวะการสกัด: ต้มใบต้วแดงในน้ำเดือด เวลา 1 ชั่วโมง

การวิเคราะห์	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
คลอโรฟิลล์ (จากใบสด)		
- ค่าการดูดกลืนแสงที่ 646 nm	0.62	-
- ค่าการดูดกลืนแสงที่ 663 nm	1.10	-
- คลอโรฟิลล์รวม (%)	0.09	-
- คลอโรฟิลล์ เอ (%)	0.06	-
- คลอโรฟิลล์ บี (%)	0.03	-
แทนนิน (จากใบแห้ง)		
- % moisture ในวัตถุดิบ	5.7	10.6
- pH ของสารละลายสกัด	6	6
- % Total solids	52	31.67
% Soluble solids	34.7	22.50
% Insoluble solids	17.3	9.17
- % Nontannin	16.9	8.58
- % Tannin	17.8	13.92
- Gelatin-salt solution test	ใส ไม่มีตะกอน	ใส ไม่มีตะกอน
Phenolic compounds		
- % Phenolic compounds	28.78	-

3.4.3 สรุปผลการย้อมด้วยต้วแดง

ใบต้วแดงแห้งมีสารฟีนอลิกมาก จึงสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับย้อมสีธรรมชาติได้ดี จากการสืบค้นข้อมูลทางวิชาการยังไม่พบรายงานการใช้วัตถุดิบนี้ในงานย้อมสีมาก่อน ถ้าใช้วัตถุดิบย้อมมอร์แดงที่ข้อมฝ้ายจะให้สีโทนเหลืองหรือน้ำตาลอ่อน ถ้าใช้ทองแดงเป็นมอร์แดงที่สีที่ข้อมได้จะเป็นสีเขียวอมเหลือง ส่วนกรณีที่ใช้เหล็กเป็นมอร์แดงจะได้สีน้ำตาลแก่

น้ำย้อมสกัดจากใบต้วแดงแห้งทำให้เป็นผงได้เช่นเดียวกับหญ้าหวาน เมื่อนำมาข้อมพบว่าให้ผลใกล้เคียงกันกับที่ได้จากการย้อมในน้ำข้อมโดยตรงไม่ว่าจะใช้มอร์แดงที่เป็น Al, Cu หรือ Fe ใบต้วแดงจึงเป็นวัตถุดิบสำหรับย้อมสีธรรมชาติในกลุ่มสีเขียวอีกตัวหนึ่ง

บทที่ 3

การศึกษาทางเคมี

ในการศึกษาทางเคมีนี้ได้ทำการศึกษาพืชที่มีรายงานจากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางสังคมว่าสามารถข้อมสียาได้สีเขียว สีน้ำตาล หรือสีดำ ที่เป็นวัตถุดิบตัวอย่างที่กำหนดไว้ในแผนการดำเนินงานของกลุ่มวิจัย รวมถึงวัตถุดิบตัวอย่างอื่นที่ค้นคว้าเพิ่มเติมและที่คาดว่าจะให้สีที่ต้องการได้ เพื่อหาทางแยกสารสีและศึกษาสารสีเบื้องต้น ทำการทดสอบการข้อมเพื่อคุณสมบัติที่ข้อมได้และใช้เป็นแนวทางในการกำหนดภาวะการสกัดและการข้อมสำหรับขั้นตอนต่อไป

3.1 แนวทางการวิเคราะห์และวิธีการ

3.1.1 การหาร้อยละของความชื้น(%moisture)

วัตถุดิบตัวอย่างบางอย่างที่เป็นของแข็งแล้วจะทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในสารตัวอย่างก่อน ส่วนพืชสดจะใช้ตามสภาพโดยไม่มีการหาความชื้น ขั้นตอนการหาร้อยละของความชื้นมีดังนี้คือ

- ชั่งวัตถุดิบที่ผ่านการเตรียมแล้วประมาณ 20 g.ให้ทราบน้ำหนักแน่นอน ใส่ลงในจานระเหย
- นำเข้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 16 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
- นำไปชั่งน้ำหนักซ้ำ และคำนวณหาร้อยละของความชื้นต่อไป

3.1.2 การสกัดสารสีในวัตถุดิบและการเตรียมน้ำข้อม

ทำการสกัดสารจากพืชโดยใช้น้ำ หรือ เอทานอล เป็นตัวทำละลายสกัด โดยมีวิธีการทั่วไปดังนี้

- การเตรียมวัตถุดิบถ้าไม่ระบุเป็นอย่างอื่นจะใช้วิธีการเตรียม ดังนี้คือ ถ้าเป็นใบไม้สดจะฉีกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ถ้าเป็นวัตถุดิบแห้งจำพวกเปลือกไม้ต้องสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ และต้องแช่ในน้ำที่ใช้เป็นตัวทำละลายสกัดก่อนอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ในบางกรณี จะทำการบดด้วยเครื่องบดปั่นก่อนให้ความร้อน
- ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบให้ทราบน้ำหนักแน่นอน เติมน้ำกลั่นหรือเอทานอลปริมาตรที่กำหนด ในการศึกษาได้ใช้อัตราส่วนพืชต่อน้ำระหว่าง 1: 4 ถึง 1: 20 ส่วนโดยน้ำหนักต่อปริมาตร (ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ)
- คั้นให้เดือด 30-60 นาที แล้วแตกรณี

3.5 สาบเสือ

3.5.1 การทดสอบการย้อม

ได้ทำการทดลองย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบสาบเสือ (ดูภาคผนวก 2) ที่เป็นใบสด โดยใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ก.3 ย้อมมอร์แคนท์หลังการย้อมสีใช้เวลาย้อม 2-3 นาที ใช้มอร์แคนท์ 10 %CuSO₄ และ 10%FeSO₄ เปรียบเทียบกับการย้อมแบบใช้เวลาย้อมนาน 1 ชั่วโมง ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.ข.1 การทำความสะอาดผ้าฝ้ายใช้โซดาแอชตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ก สีที่ ย้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.21

สีที่ได้	- ใช้เวลาในการย้อม 5 นาที			
	- ใช้มอร์แคนท์ เป็น 10% CuSO ₄			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 68.58	- 0.39	+ 26.15	SS99CDAR
	- ใช้มอร์แคนท์ เป็น 10% FeSO ₄			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 57.65	+ 2.75	+ 22.00	SS99FDAR
	- ใช้เวลาในการย้อม 1 ชั่วโมง			
	- ใช้มอร์แคนท์ เป็น 10% CuSO ₄			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 66.94	- 2.72	+ 24.10	SS99CDA8
	- ใช้มอร์แคนท์ เป็น 10% FeSO ₄			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 56.52	+ 2.30	+ 20.82	SS99FDA9
	- ใช้มอร์แคนท์ เป็น 10% CuSO ₄ ใช้ อัตราส่วนสาบเสือด่อน้ำ = 1:5			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 69.36	- 1.36	+ 24.11	SS99CDAA

รูปที่ 3.21 สีที่ได้จากการย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมจากใบสาบเสือ

นอกจากนี้ได้ทำการทดลองย้อมผ้าฝ้ายพอกขาวด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบสาบเสือสดโดยใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ก.1 ย้อมมอร์แคนท์หลังการย้อมสีใช้เวลาย้อม 2-3 นาที ใช้มอร์แคนท์ 10 %CuSO₄, 10 %[KAl(SO₄)₂] และ 10%FeSO₄ เปรียบเทียบกับการย้อมที่มีการเติมสารอื่น เช่น stevioside, สารลดแรงตึงผิว Triton-X-100, และอื่น ๆ การทำความสะอาดผ้าใช้โซดาแอช ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ก สีที่ย้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.22

สีที่ย้อมได้

- ใช้จุนสีเป็นมอร์แคนท์

- ใช้ อัตราส่วนใบสาบเสือดต่อผ้าต่อน้ำ = 1:1:10

- ใช้น้ำย้อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 70.06	- 1.64	+ 21.60	SS99CDA9

- ใช้น้ำย้อมปรับสภาพเป็นเบส

L*	a*	b*	รหัส
+ 71.29	- 1.96	+ 20.50	SS9BCDA9

- ใช้น้ำย้อมเติมสารลดแรงตึงผิว Triton-X-100

L*	a*	b*	รหัส
+ 74.01	- 3.44	+ 26.17	SS9CCDA9

- ใช้ อัตราส่วนใบสาบเสือดต่อผ้าต่อน้ำ = 1:1:1

- ใช้น้ำย้อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 72.35	- 1.32	+ 22.24	SS99CDAB

- ใช้น้ำย้อมเติม stevioside 1%

L*	a*	b*	รหัส
+ 71.20	- 4.37	+ 22.19	SS9CCDAB

รูปที่ 3.22 สีที่ได้จากการย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมจากใบสาบเสือเมื่อใช้สารช่วยย้อม

สีที่ข้อมได้

- ใช้ อัตราส่วนใบสาบเสือต่อผ้าต่อน้ำ = 1:1:1

- ใช้สารส้มเป็นมอร์แคนท์

- ใช้น้ำข้อมปกติ



L*	a*	b*	รหัส
+ 79.49	- 2.35	+ 22.23	SS99ADAB

- ใช้น้ำข้อมเติม stevioside 1%



L*	a*	b*	รหัส
+ 75.81	- 3.79	+ 22.13	SS9CADAB

- ใช้เฟอร์รัสซัลเฟตเป็นมอร์แคนท์

- ใช้น้ำข้อมปกติ



L*	a*	b*	รหัส
+ 60.31	+ 2.47	+ 16.94	SS99FDAB

- ใช้น้ำข้อมเติม stevioside 1%



L*	a*	b*	รหัส
+ 59.06	+ 1.75	+ 17.40	SS9CFDAB

รูปที่ 3.22 (ต่อ)

การข้อมโดยใช้ Cu มอร์แคนท์ให้สีเขียวออกเหลือง เมื่อเทียบกับสีที่ได้จากตัวแดง และที่ได้จากการใช้หญ้าหวานนั้น สาบเสือมีแนวโน้มจะให้เจดสีออกเขียวมากกว่า ส่วนการใช้ Al มอร์แคนท์สีที่ได้จะอ่อนกว่าและให้สีเขียวออกทาก็มากกว่า และสีออกเขียวมากกว่าเมื่อเทียบกับตัวแดงและหญ้าหวาน ในขณะที่การใช้ Fe มอร์แคนท์นั้นสีจะมีเจดออกน้ำตาล แต่สีที่ได้จะอ่อนกว่าเมื่อเทียบกับตัวแดง พบว่า การใช้ Stevioside เติมลงในน้ำข้อมช่วยให้สีที่ได้ออกเขียวมากขึ้น แต่จะไม่มีผลในกรณีที่ใช้ Fe มอร์แคนท์ ส่วนการปรับ pH ของน้ำข้อมให้เป็นเบสด้วยน้ำปูนใส $[Ca(OH)_2]$ ซึ่งมีการใช้ในการข้อมของบางกลุ่มทอด้านนั้นพบว่าไม่มีผลต่อสีที่ข้อมได้ แต่การเติมสารช่วยลดแรงตึงผิว Triton-X-100 นั้นช่วยทำให้สีที่ได้ออกเขียวมากขึ้น

พิจารณาจากผลการข้อมโดยใช้ Cu มอร์แคนท์ ใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำ เป็น 1:10 กับ 1:1 สีที่ได้ไม่ต่างกันมากนัก การใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำต่างกันนี้กล่าวอีกนัยหนึ่งว่า น้ำข้อมที่สกัดได้จะมีความเข้มข้นแตกต่างกันมากระหว่าง 2 กรณีที่ใช้นี้ แสดงว่าการดูดซับสีจากน้ำข้อม

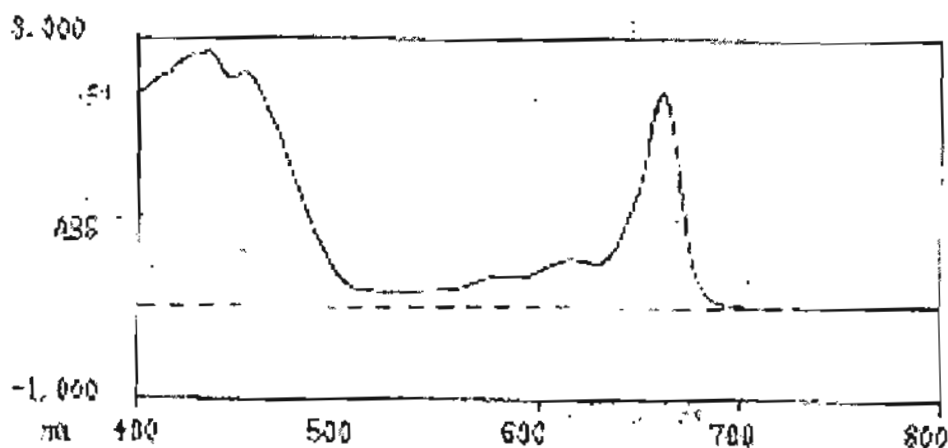
นั้นกล่าวได้ว่าค่อนข้างจำกัด

สาบเสือเป็นพืชล้มลุกประเภทพืชพบทั่วไป หากสามารถใช้เป็นวัตถุดิบธรรมชาติให้สีข้อมก็จะเป็นการใช้ประโยชน์พืชที่เดิมถือว่าไม่มีมูลค่าแม้ว่าจะมีรายงานการใช้ประโยชน์ในลักษณะของพืชสมุนไพรก็ตาม สาบเสือน่าจะสามารถใช้ในงานข้อมให้สีเขียวได้เมื่อใช้มอร์แคนท์เป็นทองแดง หรืออลูมิเนียม และถ้าต้องการให้ออกสีน้ำตาลควรใช้เหล็กเป็นมอร์แคนท์

3.5.2 การหาปริมาณคลอโรฟิลล์ แทนิน และสารฟีนอลิก

จากศักยภาพการใช้สาบเสือในงานสีข้อม และผลการวิเคราะห์คุณภาพที่พบว่ามีคลอโรฟิลล์ แทนิน และสารฟีนอลิกในน้ำข้อมสกัดจากใบสาบเสือ ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของ

- คลอโรฟิลล์ในสารสกัดจากใบสาบเสือ โดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.5.1 เส้นสเปกตรัมที่ได้แสดงได้ดังรูปที่ 3.23 และนำไปคำนวณหา ปริมาณของ chlorophyll a และ chlorophyll b ตามสมการที่ 3.1 – 3.3 ได้ผลดังตารางที่ 3.4 และ
- แทนินในสารสกัดจากใบสาบเสือ โดยใช้วิธีการALCA ตามข้อ 3.1.5.2 และนำไปคำนวณหา ปริมาณต่าง ตามสมการที่ 3.4– 3.9 ได้ผลดังตารางที่ 3.4
- สารฟีนอลิกในสารสกัดจากใบสาบเสือ โดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.5.3 และคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิก ตามสมการที่ 3.10 ได้ผลดังตารางที่ 3.4



รูปที่ 3.23 การดูดกลืนแสงของสารสกัดจากใบสาบเสือสด

ตารางที่ 3.4 ปริมาณคลอโรฟิลล์ แทนนิน และสารฟีนอลิกที่สกัดได้จากใบสาบเสือ
ภาวะการสกัด: ต้มใบสาบเสือในน้ำเดือด เวลา 1 ชั่วโมง

การวิเคราะห์	ครั้งที่ 1
คลอโรฟิลล์ (จากใบสด)	
- ค่าการดูดกลืนแสงที่ 646 nm	1.10
- ค่าการดูดกลืนแสงที่ 663 nm	2.39
- คลอโรฟิลล์รวม (%)	0.18
- คลอโรฟิลล์ เอ (%)	0.13
- คลอโรฟิลล์ บี (%)	0.05
แทนนิน (จากใบแห้ง)	
- % moisture ในวัตถุดิบ	16.55
- pH ของสารละลายสกัด	6
- % Total solids	41.90
% Soluble solids	27.62
% Insoluble solids	14.28
- % Nontannin	17.33
- % Tannin	10.29
- Gelatin-salt solution test	ใส ไม่มีตะกอน
Phenolic compounds	
- % Phenolic compounds	23.72

3.5.3 สรุปผลการย้อมด้วยสาบเสือ

ในใบสาบเสือนอกเหนือจากคลอโรฟิลล์จะมีสารฟีนอลิกอยู่มากทำให้สามารถใช้ย้อมให้สีเขียวและสีน้ำตาลได้ มอร์แดงที่ทองแดงให้เจดสีเขียวออกน้ำตาล มอร์แดงที่อุมิเนียมให้สีเขียวอ่อนกว่าออกทางสีเทา ในขณะที่การใช้มอร์แดงที่เหล็กจะได้เจดสีน้ำตาล แต่สีที่ได้จะอ่อนกว่าที่ได้จากใบตัวแดงทั้งนี้อาจเนื่องจากการที่มีปริมาณแทนนินน้อยกว่า

สาบเสือเป็นพืชล้มลุกที่ถือว่าเป็นวัชพืช การใช้สาบเสือในงานฟอกย้อมได้นอกเหนือจากการใช้ประโยชน์ทางสมุนไพรจึงเป็นข้อเด่นในหลาย ๆ ด้าน เช่น เพาะปลูกง่าย ก่อนข้างมิให้เก็บเกี่ยวได้ตลอดปี ต้นทุนการย้อมต่ำ สาบเสือจึงเป็นวัสดุที่มีศักยภาพอีกตัวหนึ่ง

3.6 สะเดา

กลุ่มสารให้สีในวัตถุดิบธรรมชาติที่เป็นพืชนั้น สีเขียวมักเกิดจากสารสีประเภทคลอโรฟิลล์ หรือสีประเภทอินดิโกอยด์ และไม่ปรากฏหลักฐานว่าพบสารประเภทอินดิโกอยด์ในเปลือกหรือใบของต้นสะเดา การย้อมด้วยฝ้ายด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบสะเดาให้ได้สีเขียวตามที่มียางงานในข้อมูลการสำรวจทางสังคมนั้น จึงอาจเกิดจากคลอโรฟิลล์หรือสารอื่นที่เข้าร่วมในการย้อม ผลการทดสอบทางกายภาพตามข้อ 3.2 นั้น น้ำสกัดจากใบสะเดามีสารสีเหลืองและสีน้ำตาล ซึ่งทดสอบพบว่าเป็นสารกลุ่มแทนนิน และสารฟีนอลิก

3.6.1 การทดสอบการย้อม

ได้ทำการทดลองย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบสะเดา (ดูภาคผนวก 2) ที่เป็นใบสด โดยใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ก.1, 3.1.6.2.ก.2 และ 3.1.6.2.ก.3 ทำการย้อมมอร์แดนต์หลังย้อมสีใช้เวลา 2 - 3 นาที มอร์แดนต์ที่ใช้ได้แก่ 10 % $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 10 % $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 10% $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, 10 % CuSO_4 และ 10% FeSO_4 สีที่ย้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.24

สีที่ย้อมได้				
	- ไม่ทำความสะอาดผ้าก่อนย้อม			
	- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์และไม่ใช้สารช่วยย้อม			
	- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 69.65	+ 8.08	+ 22.97	K6045
	- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการย้อม			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 70.70	+ 7.50	+ 22.15	K6046
	-ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์แต่ใช้สารช่วยย้อม(กรดแทนนิก)			
	- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 69.69	+ 9.16	+ 21.78	K6047
	- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการย้อม			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 71.19	+ 8.57	+ 21.20	K6048

รูปที่ 3.24 สีที่ย้อมได้จากการย้อมด้วยน้ำในน้ำย้อมจากใบสะเดา

สีที่ได้

- ทำความสะอาดผ้าก่อนย้อม

- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์และไม่ใช้สารช่วยย้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 73.43	+ 7.25	+ 20.21	K6049

- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์ แต่ใช้สารช่วยย้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 70.29	+ 8.06	+ 20.54	K6050

- ทำการย้อมโดยใช้มอร์แดนต์

- Al มอร์แดนต์ จาก $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

L*	a*	b*	รหัส
+ 68.64	+ 6.08	+ 33.39	K6051

- Cr มอร์แดนต์ จาก $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

L*	a*	b*	รหัส
+ 59.98	+ 6.81	+ 26.51	K6052

- Co มอร์แดนต์ จาก $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$

L*	a*	b*	รหัส
+ 63.35	+ 10.43	+ 24.40	K6053

- Cu มอร์แดนต์ จาก CuSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 57.92	+ 8.935	+ 29.49	K6054

- Fe มอร์แดนต์ จาก FeSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 41.68	+ 4.15	+ 15.67	K6055

รูปที่ 3.24 (ต่อ)

ได้ทำการย้อมสีผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมเตรียมจากผงสีที่ได้จากการระเหยนํ้าออกจากนํ้าย้อม โดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.6.2.ค.1 (ย้อมมอร์แดนต์หลังย้อมสี) สีที่ย้อมได้ ผลการวัดสีและการทดสอบความคงทนของสีต่อแสง แสดงได้ดังรูปที่ 3.25

สีที่ได้					
	- ใช้ Cu มอร์แดนต์	L*	a*	b*	Light fastness รหัส
		+ 61.79	+7.70	+23.78	2-3 SD99CFA1
	- ใช้ Al มอร์แดนต์	L*	a*	b*	Light fastness รหัส
		+ 75.51	+4.47	+22.18	1 SD99AFA1
	- ใช้ Fe มอร์แดนต์	L*	a*	b*	Light fastness รหัส
		+ 47.40	+1.87	+10.18	3 SD99FFA1

รูปที่ 3.25 ผลการย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมจากผงสีสกัดจากใบสะเดา

สีผ้าฝ้ายดิบที่ย้อมได้นํ้าย้อมสกัดจากใบสะเดาให้สีน้ำตาลเมื่อไม่ใช้มอร์แดนต์ การย้อมสารช่วยย้อมคือกรดแทนนิกก่อนการย้อมสี หรือที่เรียกว่าการย้อมฝาดรองพื้นนั้นช่วยให้สีน้ำตาลเข้มมากขึ้นเล็กน้อย Al มอร์แดนต์ ให้สีน้ำตาลออกเหลือง Co มอร์แดนต์ ให้สีน้ำตาลออกแดง ส่วน Cu, Cr และ Fe มอร์แดนต์มีแนวโน้มจะให้สีน้ำตาลออกดำมากขึ้นตามลำดับ

การย้อมด้วยผงสีนั้นพบว่าสีที่ได้มีโทนสีในทิศทางเดียวกันแต่สีที่ได้จะอ่อนกว่าเมื่อย้อมด้วยนํ้าสกัดจากใบสะเดาสด ทั้งนี้เป็นผลจากภาวะการทดลองที่แตกต่างกัน คือ เวลาการย้อมสีด้วยนํ้าย้อมเตรียมจากผงสีใช้เวลา 60 นาที ในขณะที่การย้อมจากนํ้าย้อมสกัดจากใบสะเดานั้นใช้เวลาในการย้อม 5 นาที และความเข้มข้นและเวลาในการย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสีต่างกัน คือ 1 % มอร์แดนต์ เวลา 15 นาที สำหรับผงสี เทียบกับ 10 % มอร์แดนต์ เวลา 2-3 นาที กรณีของนํ้าย้อมสกัดจากใบโดยตรง เมื่อใช้ Cu และ Fe มอร์แดนต์สีที่ได้มีความคงทนต่อแสงระดับ 2-3 ถึง 3 แต่การใช้ Al เป็นมอร์แดนต์จะได้สีที่ไม่ทนต่อแสงโดยเทียบเท่ากับ Blue wool No. 1 เท่านั้น

ผงสีจากใบสะเดาจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเตรียมและเก็บวัตถุดิบไว้ในช่วงเวลาที่ไม่สามารถหาวัตถุดิบสดได้

3.6.2 การย้อมเย็นด้วยน้ำย้อมใบสะเดา

ได้ทำการทดสอบการย้อมผ้าฝ้ายที่อุณหภูมิห้องด้วยน้ำย้อมเตรียมจากใบสะเดาแห้ง 2 วิธี คือ แบบแรกใช้วิธีบดใบสะเดาแห้งให้เป็นผงก่อนผสมกับน้ำ และแบบหลังใช้วิธีบดปั่นใบสะเดาแห้งผสมน้ำโดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

วิธีที่ 1

1. นำใบสะเดาแห้งมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด
2. แบ่งผงสะเดาปริมาณ 3 เท่าน้ำหนักผ้าที่จะย้อม ผสมกับน้ำปริมาตร 6 เท่าของน้ำหนักผ้าคนให้เข้ากัน และแช่ทิ้งไว้ 15 นาที
3. กรองด้วยผ้าขาวบางเอาแต่สารละลาย
4. ใส่ผ้าที่ทำความสะอาดด้วยสารละลาย Teepol ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ค ลงไปกวนด้วยแท่งแก้วคนประมาณ 5 นาที
5. เติมเกลือปริมาณ 0.6 เท่าน้ำหนักผ้า กวนต่อจนครบ 30 นาที
6. ตักผ้าขึ้น ชุบให้แห้งด้วยกระดาษกรอง
7. อุ่นสารละลาย 2 % CuSO_4 ปริมาตร 10 เท่าน้ำหนักผ้า ให้ร้อนจนอุณหภูมิเป็น 80-90 °C
8. ใส่ผ้าที่ได้จากข้อ 6 ลงไป คนนาน 5 นาที
9. ตักผ้าขึ้น ผึ่งให้แห้ง นำไปซักน้ำจนสีไม่ตก ผึ่งในแห้ง
10. นำไปบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อแสง ต่อไป

วิธีที่ 2

1. ผสมใบสะเดาแห้งปริมาณ 3 เท่าน้ำหนักผ้าที่จะย้อม กับน้ำปริมาตร 6 เท่าของน้ำหนักผ้า
2. บดปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น
3. กรองด้วยผ้าขาวบางเอาแต่สารละลาย
4. ใส่ผ้าที่ทำความสะอาดด้วยสารละลาย Teepol ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ค ลงไปกวนด้วยแท่งแก้วคนประมาณ 5 นาที
5. เติมเกลือปริมาณ 0.6 เท่าน้ำหนักผ้า กวนต่อจนครบ 30 นาที
6. ตักผ้าขึ้น ชุบให้แห้งด้วยกระดาษกรอง
7. อุ่นสารละลาย 2 % CuSO_4 ปริมาตร 10 เท่าน้ำหนักผ้า ให้ร้อนจนอุณหภูมิเป็น 80-90 °C
8. ใส่ผ้าที่ได้จากข้อ 6 ลงไป คนนาน 5 นาที
9. ตักผ้าขึ้น ผึ่งให้แห้ง นำไปซักน้ำจนสีไม่ตก ผึ่งในแห้ง
10. นำไปบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อแสง ต่อไป

ผลที่ได้แสดงได้ดังรูปที่ 3.26

สีที่ได้					
	- บดสะเดาก่อนผสมน้ำ				
	L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
	+ 71.41	+0.40	+22.78	3-4	SD99C2AX
	- ผสมสะเดากับน้ำก่อนบด				
	L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
	+ 69.32	+0.34	+22.11	3	SD99C2AY

รูปที่ 3.26 ผลการย้อมผ้าฝ้ายที่อุณหภูมิห้องด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบสะเดา

สีที่ได้จากการย้อมเย็นนี้เป็นสีน้ำตาลออกเขียว มีความคงทนต่อแสงเทียบเท่ากับ Blue wool No. 3 และอาจเป็นแนวทางหนึ่งในการย้อมด้วยสะเดาให้ได้สีออกเขียว แต่อย่างไรก็ตามจะมีข้อเสียที่ต้องบดปั่นสะเดาให้เป็นผงในการเตรียมน้ำย้อม และนอกจากนี้ผงละเอียดของสะเดากรองแยกออกยาก อาจทำให้มีปัญหาในกรณีที่ต้องการย้อมเส้นด้ายฝ้ายได้

3.6.3 การหาปริมาณแทนนิน และสารฟีนอลิก

จากการวิเคราะห์คุณภาพที่พบว่ามีแทนนิน และสารฟีนอลิกในน้ำย้อมสกัดจากใบสะเดา ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของ

- แทนนินในสารสกัดจากใบสะเดาแห้ง โดยใช้วิธีการALCA ตามข้อ 3.1.5.2 และนำไปคำนวณหา ปริมาณต่าง ตามสมการที่ 3.4– 3.9 ได้ผลดังตารางที่ 3.5
- สารฟีนอลิกในสารสกัดจากใบสะเดาแห้ง ตามข้อ 3.1.5.3 และคำนวณหา ปริมาณสารฟีนอลิก ตามสมการที่ 3.10 ได้ผลดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ปริมาณ แทนนิน และสารฟีนอลิกที่สกัดได้จากใบสะเดา

ภาวะการสกัด: ต้มใบสะเดาในน้ำเดือด เวลา 1 ชั่วโมง

การวิเคราะห์	ครั้งที่ 1
<u>แทนนิน</u> (ใบสะเดาแห้ง)	
- % moisture ในวัตถุดิบ	8.6
- pH ของสารละลายสกัด	6
- % Total solids	36
% Soluble solids	28
% Insoluble solids	8
- % Nontannin	25.44
- % Tannin	2.56
- Gelatin-salt solution test	ใส ไม่มีตะกอน
<u>Phenolic compounds</u>	
- % Phenolic compounds	13.16

3.6.4 สรุปผลการย้อมด้วยสะเดา

ในใบสะเดามีปริมาณแทนนินและสารฟีนอลิกค่อนข้างต่ำ ทำให้สีน้ำตาลที่ย้อมได้จากใบสะเดาเป็นสีน้ำตาลอ่อน ใบสะเดาไม่เหมาะในการย้อมสีเขียวเนื่องจากคลอโรฟิลล์ในใบสะเดาอยู่ในสภาพที่แขวนลอยในน้ำได้น้อย

การเก็บรักษาแบบผงสีก่อนนำกลับมาย้อมนั้น ให้สีที่ใช้ได้เช่นเดียวกับวัตถุดิบอื่นข้างต้น ใบสะเดาจึงเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจหนึ่งในงานย้อมสีเพื่อให้ได้เฉดสีน้ำตาลและดำโดยใช้มอร์แดนต์โลหะต่าง ๆ ที่เหมาะสม นอกจากนี้ใบสะเดาสามารถใช้ในงานย้อมที่อุณหภูมิห้องหรือที่เรียกว่าย้อมเย็นโดยใช้ Cu มอร์แดนต์ให้สีออกเขียวมากกว่าการย้อมร้อนได้แต่ต้องทำการบดปั่นใบสะเดาก่อนทำให้มีข้อยุ่งยากในการแยกกากของแข็งขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ และจะทำให้การย้อมติดสีไม่สม่ำเสมอได้

3.7 พูกวาง

ตามที่มีรายงานในข้อมูลการสำรวจทางสังคมนั้น การย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบพูกวางให้สีน้ำตาล ผลการทดสอบทางกายภาพตามข้อ 3.2 นั้น น้ำสกัดจากใบและเปลือกต้นพูกวาง (คุณภาพนก 2) มีสารกลุ่มแทนนิน และสารฟีนอลิก

3.7.1 การทดสอบการย้อม

3.7.1.ก การย้อมด้วยน้ำย้อมจากใบพูกวางสด

ได้ทำการทดลองย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบพูกวางที่เป็นใบสด โดยใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ก.1, 3.1.6.2.ก.2 และ 3.1.6.2.ก.3 ย้อมมอร์แดงที่หลังการย้อมสีใช้เวลา 2-3 นาที ใช้มอร์แดงที่ 10 % $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 10 % $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 10% $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, 10 % CuSO_4 และ 10% FeSO_4 สีที่ย้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.27 สีที่ได้เป็นสีเจดน้ำตาลไม่ว่าจะย้อมโดยไม่ใช้สารช่วยย้อม ใช้สารช่วยย้อม ใช้มอร์แดงที่โลหะใด ๆ ที่ใช้ในการศึกษานี้ ยกเว้น Fe มอร์แดงที่ให้ผลสีออกดำ

สีที่ย้อมได้



- ไม่ทำความสะอาดผ้าก่อนย้อม			
- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดงและไม่ใช้สารช่วยย้อม			
- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม			
L*	a*	b*	รหัส
+ 70.08	+ 5.07	+ 28.78	K1001
- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการย้อม			
L*	a*	b*	รหัส
+ 70.92	+ 4.89	+ 29.75	K1002
- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดงแต่ใช้สารช่วยย้อม(กรดแทนนิก)			
- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม			
L*	a*	b*	รหัส
+ 69.95	+ 5.26	+ 30.06	K1003
- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการย้อม			
L*	a*	b*	รหัส
+ 70.36	+ 4.83	+ 29.69	K1004

รูปที่ 3.27 สีที่ย้อมได้จากการย้อมผ้าฝ้ายในน้ำย้อมจากใบพูกวางสด

สีที่ข้อมได้

- ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์และไม่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 73.15	+ 4.73	+ 27.93	K1005

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์ แต่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 69.56	+ 5.38	+ 30.58	K1006

- ทำการข้อมโดยใช้มอร์แดนต์

- Al มอร์แดนต์ จาก $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

L*	a*	b*	รหัส
+ 70.10	+ 1.96	+ 41.95	K1007

- Cr มอร์แดนต์ จาก $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

L*	a*	b*	รหัส
+ 56.26	+ 4.28	+ 37.63	K1008

- Co มอร์แดนต์ จาก $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$

L*	a*	b*	รหัส
+ 61.95	+ 6.60	+ 29.94	K1009

- Cu มอร์แดนต์ จาก CuSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 49.25	+ 6.97	+ 33.09	K1010

- Fe มอร์แดนต์ จาก FeSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 31.33	+ 0.68	+ 9.16	K1011

รูปที่ 3.27 (ต่อ)

ได้ทำการย้อมผ้าที่ทำความสะอาดด้วย 5 %NaOH ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ข จากนั้นทำการย้อมโดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.6.2.ข.1 ซึ่งเป็นการย้อมแบบใช้เวลา 1 ชั่วโมง มีการใช้สารช่วยย้อม คือ กรดแทนนิก และ น้ำสกัดจากใบยูคาลิปตัส และใช้มอร์แคนท์ Cu ประกอบด้วย จุนลี (CuSO_4) 2 g. และ กรดน้ำส้ม 2 cm^3 ต่อน้ำย้อม 100 cm^3 ในการนี้ใช้น้ำย้อมแบบปกติและน้ำย้อมที่ระเหยให้เข้มข้นขึ้น 3 เท่า ผลการย้อม และการวัดสี แสดงได้ดังรูปที่ 3.28

สีที่ย้อมได้



- ย้อมฝาดด้วยกรดแทนนิก

- น้ำย้อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 56.61	+ 1.60	+ 29.18	K6056



- น้ำย้อมเข้มข้น 3 เท่า

L*	a*	b*	รหัส
+ 58.61	+ 1.36	+ 39.17	K6057



- ย้อมฝาดด้วยน้ำใบยูคาลิปตัส

- น้ำย้อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 59.31	+ 1.91	+ 29.47	K6058



- น้ำย้อมเข้มข้น 3 เท่า

L*	a*	b*	รหัส
+ 53.68	+ 3.71	+ 33.79	K6059

รูปที่ 3.28 ผลการย้อมด้วยน้ำย้อมจากใบยูคาลิปตัส ใช้มอร์แคนท์ทองแดง

ผลการย้อมในน้ำย้อมสกัดจากใบยูคาลิปตัส โดยใช้สูตรและวิธีการเดียวกันกับที่ใช้ย้อมด้วยฝาดด้วยน้ำย้อมหญ้าหวาน พบว่าสีที่ได้มีสีออกเขียวมากขึ้นเมื่อเทียบกับที่ย้อมได้ข้างต้น แต่โดยรวมสีมีเจดออกน้ำตาลมากกว่าจะออกเขียว และสีที่ได้จะออกน้ำตาลมากขึ้นตามการเพิ่มความเข้มของสารสีในน้ำย้อม

ได้ทำการย้อมสีด้วยน้ำย้อมเตรียมจากผงสีที่ได้จากการระเหยน้ำออกจากน้ำย้อมโดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.6.2.ค.1(ย้อมมอร์แคนท์หลังย้อมสี) และตามข้อ 3.1.6.2.ค.2 (ย้อมมอร์แคนท์พร้อมย้อมสี) ให้อัตราส่วนผงสีต่อผ้าต่อน้ำเป็น 4 : 1 : 40 และ 1 : 4 : 100 สีที่ย้อมได้ ผลการวัดสีและผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแสงได้ดังรูปที่ 3.29

สีที่ย้อมได้						
	- ใช้ Cu มอร์แคนท์					
	- ย้อมมอร์แคนท์หลังย้อมสี					
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส	
	+ 40.75	+ 6.77	+ 29.72	3	HW99CFA1	
	- ใช้มอร์แคนท์ผสมผงสี					
	- ผงสี:ผ้า:น้ำ = 4 : 1 : 40					
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส	
	+ 49.52	+ 5.16	+ 32.28	3-4	HW99CFS1	
	- ผงสี:ผ้า:น้ำ = 1 : 4 : 100					
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส	
	+ 63.91	+ 1.55	+ 32.42	3-4	HW99CFS2	
	- ใช้ Al มอร์แคนท์					
	- ย้อมมอร์แคนท์หลังย้อมสี					
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส	
	+ 55.51	+ 3.05	+ 45.25	1	HW99AFA1	
	- ใช้มอร์แคนท์ผสมผงสี					
	- ผงสี:ผ้า:น้ำ = 4 : 1 : 40					
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส	
	+ 64.05	+ 0.85	+ 40.73	1	HW99AFS1	

รูปที่ 3.29 ผลของมอร์แคนท์และความเข้มข้นต่อสีด้วยน้ำย้อมจากผงสีในหลอด

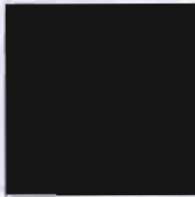
สีที่ข้อมได้



- ใช้ Al มอร์แคนท์ (มอร์แคนท์ผสมผงสี)

- ผงสี:ผ้า:น้ำ = 1 : 4 : 100

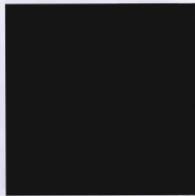
L*	a*	b*	light fastness	รหัส
+ 77.41	- 2.55	+ 35.13	2	HW99AFS2



- ใช้ Fe มอร์แคนท์

- ข้อมมอร์แคนท์หลังข้อมสี

L*	a*	b*	light fastness	รหัส
+ 21.88	- 0.81	+ 2.75	4	HW99FFA1



- ใช้มอร์แคนท์ผสมผงสี

- ผงสี:ผ้า:น้ำ = 4 : 1 : 40

L*	a*	b*	light fastness	รหัส
+ 24.00	- 0.69	+ 4.16	4	HW99FFS1



- ผงสี:ผ้า:น้ำ = 4 : 1 : 400

L*	a*	b*	light fastness	รหัส
+ 43.85	- 0.04	+ 3.42	3-4	HW99FFS2

รูปที่ 3.29 (ต่อ)

สีที่ข้อมได้จากการใช้ Cu มอร์แคนท์ มีสีน้ำตาลออกเขียวเหลืองสีจะเข้มขึ้นตามการเพิ่มปริมาณผงสีที่ใช้ ไปเป็นน้ำตาลค่อนข้างเข้ม ค่าความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ดีสำหรับสีธรรมชาติ คือ เทียบเท่ากับ Blue wool No. 3 ถึง 3-4 การใช้ Al มอร์แคนท์ให้สีอ่อนกว่าทำให้ดูมีสีเขียวมากกว่า แต่มีข้อเสียที่ความคงทนต่อแสงต่ำระดับ Blue wool No. 1 ถึง 2 เท่านั้น และจะได้สีเทาถ้าเมื่อใช้ Fe มอร์แคนท์ โดยมีความคงทนต่อแสงดีกว่าการใช้ Cu มอร์แคนท์ คือ เทียบเท่ากับ Blue wool No. 3-4 ถึง 4

เมื่อพิจารณาการข้อมโดยใช้ Cu มอร์แคนท์จะเห็นว่าสีที่ข้อมได้จากน้ำข้อมเตรียมจากผงสีที่ผ่านการระเหยน้ำให้แห้งนั้นใกล้เคียงกับสีที่ข้อมได้จากน้ำข้อมที่เตรียมจากใบหูกวางสดทำให้เข้มข้น 3 เท่า และสีมีแนวโน้มจะออกน้ำตาลมากขึ้น เมื่อลดปริมาณผงสีลงจะให้สีใกล้เคียงกับการข้อมด้วยน้ำสกัดจากใบหูกวางสด สารสีมีลักษณะที่ค่อนข้างเสถียรต่อความร้อนจึงถูกทำลายน้อยระหว่างกระบวนการทำให้แห้ง การเก็บสารสีจากใบหูกวางลักษณะแห้งเป็นผงนี้จึงมีข้อเด่นที่เชื่อว่า

จะเก็บไว้ได้นาน สามารถใช้ย้อมได้ในช่วงที่ไม่อาจหาวัตถุดิบสดจากธรรมชาติ หรือการใช้ย้อมในสถานที่ที่ไม่สามารถหาพืชวัตถุดิบได้

3.7.1.ข การย้อมด้วยน้ำย้อมจากใบทุกวางแห้ง

ได้ทำการทดลองย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบทุกวางที่ตากให้แห้ง โดยการผึ่งลมในที่ร่ม ใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ก.1, 3.1.6.2.ก.2 และ 3.1.6.2.ก.3 ย้อมมอร์แดงที หลังการย้อมสีใช้เวลา 2-3 นาที ใช้มอร์แดงที 10 % $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 10 % $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 10% $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, 10 % CuSO_4 และ 10% FeSO_4 สีที่ย้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.30 พบว่าภายใต้ภาวะ การย้อมเดียวกันสีที่ย้อมได้ไม่แตกต่างจากการใช้ใบสด ทั้งที่ควรจะได้สีที่เข้มกว่าเนื่องจากใบแห้งมี ปริมาณน้ำน้อยลง

สีที่ย้อมได้

- ไม่ทำความสะอาดผ้าก่อนย้อม

- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดงทีและไม่ใช้สารช่วยย้อม

- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 66.90	+ 6.51	+ 31.40	K1023

- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการย้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 70.26	+ 4.94	+ 29.11	K1024

- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดงทีแต่ใช้สารช่วยย้อม(กรดแทนนิก)

- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 69.59	+ 5.69	+ 28.88	K1025

- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการย้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 68.14	+ 5.91	+ 32.47	K1026

รูปที่ 3.30 สีที่ย้อมได้จากการย้อมผ้าฝ้ายในน้ำย้อมจากใบทุกวางแห้ง

สีที่ข้อมได้

- ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์และไม่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 74.79	+ 4.01	+ 25.00	K1027

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์ แต่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 69.78	+ 5.54	+ 29.54	K1028

- ทำการข้อมโดยใช้มอร์แดนต์

- Al มอร์แดนต์ จาก $Al_2(SO_4)_3$

L*	a*	b*	รหัส
+ 60.92	+ 3.80	+ 42.06	K1029

- Cr มอร์แดนต์ จาก $Na_2Cr_2O_7$

L*	a*	b*	รหัส
+ 49.00	+ 6.92	+ 37.02	K1030

- Co มอร์แดนต์ จาก $Co(NO_3)_2$

L*	a*	b*	รหัส
+ 45.11	+ 6.83	+ 30.23	K1031

- Cu มอร์แดนต์ จาก $CuSO_4$

L*	a*	b*	รหัส
+ 64.57	+ 6.98	+ 29.55	K1032

- Fe มอร์แดนต์ จาก $FeSO_4$

L*	a*	b*	รหัส
+ 20.80	- 0.35	+ 3.51	K1033

รูปที่ 3.30 (ต่อ)

การทดลองย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมเตรียมจากผงสีที่ได้จากการระเหยน้ำย้อมสกัดจากใบหูกวางแห้ง ใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ก.1, 3.1.6.2.ก.2 และ 3.1.6.2.ก.3 ย้อมมอร์แคนท์หลังการย้อมสีใช้เวลาย้อม 2-3 นาที ใช้มอร์แคนท์ 10 % $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 10 % $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 10% $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, 10 % CuSO_4 และ 10% FeSO_4 สีที่ย้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.31 และ 3.32 สำหรับอัตราส่วน ผงสีต่อน้ำ 1 ต่อ 20 และ 1 ต่อ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรตามลำดับ

สีที่ย้อมได้

- ไม่ทำความสะอาดผ้าก่อนย้อม

- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์และไม่ใช้สารช่วยย้อม

- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 78.11	+ 3.53	+ 22.07	K1078

- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการย้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 75.54	+ 4.87	+ 25.30	K1079

- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์แต่ใช้สารช่วยย้อม(กรดแทนนิก)

- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 76.55	+ 4.13	+ 22.66	K1080

- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการย้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 74.53	+ 4.20	+ 24.87	K1081

รูปที่ 3.31 สีที่ย้อมได้จากการย้อมผ้าฝ้ายในน้ำย้อมจากผงสีใบหูกวางแห้ง อัตราส่วน 1:20

สีที่ข้อมได้

- ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์และไม่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 77.80	+ 3.61	+ 21.36	K1082

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์ แต่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 75.74	+ 3.57	+ 22.84	K1083

- ทำการข้อมโดยใช้มอร์แคนท์

- Al มอร์แคนท์ จาก $Al_2(SO_4)_3$

L*	a*	b*	รหัส
+ 71.54	+ 2.15	+ 31.82	K1084

- Cr มอร์แคนท์ จาก $Na_2Cr_2O_7$

L*	a*	b*	รหัส
+ 65.28	+ 3.62	+ 31.57	K1085

- Co มอร์แคนท์ จาก $Co(NO_3)_2$

L*	a*	b*	รหัส
+ 67.71	+ 5.98	+ 24.10	K1086

- Cu มอร์แคนท์ จาก $CuSO_4$

L*	a*	b*	รหัส
+ 59.09	+ 5.07	+ 30.28	K1087

- Fe มอร์แคนท์ จาก $FeSO_4$

L*	a*	b*	รหัส
+ 43.44	+ 0.14	+ 11.14	K1088

รูปที่ 3.31 (ต่อ)

สีที่ข้อมได้

- ไม่ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์และไม่ใช้สารช่วยข้อม

- ล้างด้วยน้ำ หลังการข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 73.15	+ 5.14	+ 26.01	K1089

- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 72.58	+ 5.27	+ 27.61	K1090

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์ แต่ใช้สารช่วยข้อม(กรดแทนนิก)

- ล้างด้วยน้ำ หลังการข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 71.47	+ 5.53	+ 24.64	K1091

- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 71.36	+ 4.73	+ 25.11	K1092

- ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์และไม่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 76.98	+ 3.85	+ 21.15	K1093

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์ แต่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 73.64	+ 4.09	+ 22.46	K1094

- ทำการข้อมโดยใช้มอร์แคนท์

- Al มอร์แคนท์ จาก $Al_2(SO_4)_3$

L*	a*	b*	รหัส
+ 64.12	+2.97	+ 39.98	K1095

รูปที่ 3.32 สีที่ข้อมได้จากการข้อมด้วยฝ้ายในน้ำข้อมจากผงสีใบหูกวางแห้ง อัตราส่วน 1:10

สีที่ข้อมได้

- Cr มอร์แดนท์ จาก $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

L*	a*	b*	รหัส
+ 52.33	+ 6.27	+ 37.16	K1096

- Co มอร์แดนท์ จาก $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$

L*	a*	b*	รหัส
+ 65.42	+ 6.47	+ 28.20	K1097

- Cu มอร์แดนท์ จาก CuSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 47.65	+ 7.39	+ 31.36	K1098

- Fe มอร์แดนท์ จาก FeSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 26.47	- 0.28	+ 4.51	K1099

รูปที่ 3.32 (ต่อ)

ภายใต้ภาวะการย้อมเดียวกัน สีที่ข้อมติดด้วยฝ้ายจากการใช้ผงสีต่อน้ำ เป็น 1:20 หรือที่เข้มข้น 1 เท่าตัวเป็นอัตราส่วน 1: 10 นั้น กล่าวโดยรวมได้ว่าไม่แตกต่างกัน แม้ว่าสีที่ได้จากการใช้น้ำย้อมเข้มข้นเท่าตัว (อัตราส่วน 1 : 10) จะมีสีเข้มกว่าเล็กน้อย แต่เมื่อเทียบกับปริมาณผงสีที่ต้องใช้แล้ว การใช้อัตราส่วน 1: 10 ไม่ดีกว่าการใช้อัตราส่วน 1 : 20 แต่อย่างใด นอกจากนี้เมื่อเทียบผลที่ข้อมได้กับผลที่ได้จากการใช้น้ำย้อมที่เตรียมโดยตรงจากใบแห้งพบว่าภายใต้ภาวะการย้อมเดียวกันสีที่ข้อมได้จากการใช้ผงสีจะอ่อนกว่า

3.7.1.ค การย้อมด้วยน้ำย้อมจากเปลือกต้นหูกวาง

ได้ทำการทดลองย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมสกัดจากเปลือกต้นหูกวาง ใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ก.1, 3.1.6.2.ก.2 และ 3.1.6.2.ก.3 ย้อมมอร์แดงหลังการย้อมสีใช้เวลาย้อม 2-3 นาที ใช้มอร์แดงที่ 10 % $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 10 % $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 10% $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, 10 % CuSO_4 และ 10% FeSO_4 สีที่ย้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.33 เมื่อเทียบกับสีที่ได้จากการใช้ใบสดใบตาคแห้ง รวมทั้งการย้อมจากผงสี พบว่าภายใต้ภาวะการย้อมเดียวกัน สีที่ย้อมติดบนผ้าฝ้ายจากน้ำย้อมเปลือกต้นหูกวางมีสีเข้มกว่าและมีโทนสีออกทางสีแดงมากกว่า สีที่ได้เมื่อไม่ใช้มอร์แดงที่มีสีน้ำตาลแดง การใช้สารช่วยย้อมที่มีแทนนิน และการใช้มอร์แดงที่โลหะทำให้มีสีออกน้ำตาลมากกว่าที่ได้จากการใช้ใบหูกวางเป็นวัตถุดิบ

สีที่ย้อมได้

- ไม่ทำความสะอาดผ้าก่อนย้อม

- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดงและไม่ใช้สารช่วยย้อม

- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 55.3	+ 14.04	+ 26.41	K1012

- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู หลังการย้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 57.8	+ 13.46	+ 26.90	K1013

-ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดงแต่ใช้สารช่วยย้อม(กรดแทนนิก)

- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 54.70	+ 14.17	+ 27.03	K1014

- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู หลังการย้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 58.62	+ 13.25	+ 26.97	K1015

รูปที่ 3.33 สีที่ย้อมได้จากการย้อมผ้าฝ้ายในน้ำย้อมจากเปลือกต้นหูกวาง

สีที่ข้อมได้

- ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์และไม่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 65.60	+ 10.75	+ 24.44	K1016

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์ แต่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 60.90	+ 11.95	+ 25.48	K1017

- ทำการข้อมโดยใช้มอร์แดนต์

- Al มอร์แดนต์ จาก $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

L*	a*	b*	รหัส
+ 52.12	+ 9.66	+ 26.80	K1018

- Cr มอร์แดนต์ จาก $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

L*	a*	b*	รหัส
+ 42.88	+ 8.56	+ 24.70	K1019

- Co มอร์แดนต์ จาก $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$

L*	a*	b*	รหัส
+ 58.64	+ 11.28	+ 25.86	K1020

- Cu มอร์แดนต์ จาก CuSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 39.59	+ 1.29	+ 24.17	K1021

- Fe มอร์แดนต์ จาก FeSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 23.26	+ 2.14	+ 5.90	K1022

รูปที่ 3.33 (ต่อ)

3.7.2 การหาปริมาณแทนนิน และสารฟีนอลิก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพที่พบว่ามี แทนนิน และสารฟีนอลิกในน้ำข้อมสกัดจาก ใบหูกวาง ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของ

- แทนนินในสารสกัดจากใบหูกวาง โดยใช้วิธีการALCA ตามข้อ 3.1.5.2 และนำไปคำนวณหา ปริมาณต่าง ตามสมการที่ 3.4– 3.9 ได้ผลดังตารางที่ 3.6 และ
- สารฟีนอลิกในสารสกัดจากใบหูกวาง โดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.5.3 และคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิก ตามสมการที่ 3.10 ได้ผลดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ปริมาณแทนนิน และสารฟีนอลิกที่สกัดได้จากใบหูกวาง

การวิเคราะห์	ค่าที่ได้
<u>แทนนิน</u> (จากผงสารสกัดใบหูกวาง)	
- % moistureในวัตถุดิบ	11.5
- pH ของสารละลายสกัด	6
- % Total solids	10.19
% Soluble solids	3.15
% Insoluble solids	7.04
- % Nontannin	0.30
- % Tannin	2.85
- Gelatin-salt solution test	ใส ไม่มีตะกอน
<u>Phenolic compounds</u>	
- % Phenolic compounds	6.24

3.7.3 สรุปผลการย้อมด้วยหูกวาง

ผลการย้อมด้วยน้ำข้อมจากใบหูกวางไม่ว่าใบสด ใบสดนำมาตากแห้ง และจาก เปลือกต้นหูกวางให้ผลการย้อมที่คล้ายกัน สีที่ได้เป็นสีน้ำตาลอ่อน และสีเข้มมากขึ้นตามชนิดของ มอร์แดนท์ที่ใช้ สีที่ย้อมได้จะออกสีดำเมื่อใช้เหล็กเป็นมอร์แดนท์ การใช้เปลือกต้นเป็นวัตถุดิบจะให้ สีออกทางสีแดงมากขึ้น เจดสีที่ได้จึงออกทางน้ำตาลแดงมากกว่า หูกวางมีใบตลอดทั้งปีแม้จะมีการ เปลี่ยนสีในบางช่วงของเวลา การใช้หูกวางเป็นวัตถุดิบจึงอาจเป็นแนวทางหนึ่ง ทั้งนี้ควรใช้ใบเป็น วัตถุดิบให้สีมากกว่า การใช้เปลือกต้น เว้นแต่กรณีที่ต้องการสีออกน้ำตาลแดงที่จำเป็นต้องใช้เปลือก ต้น

3.8 มะพร้าว

ตามที่มีรายงานในข้อมูลการสำรวจทางสังคมนั้น การขัดย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมสกัดจากกากมะพร้าวแห้งให้สีน้ำตาล ผลการทดสอบทางกายภาพตามข้อ 3.2 นั้น น้ำสกัดจากกากมะพร้าวแห้ง (ดูภาคผนวก 2) มีสารกลุ่มแทนนิน และสารฟีนอลิก

3.8.1 การทดสอบการย้อม

ได้ทำการทดลองย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมสกัดจากกากมะพร้าวแห้ง โดยใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ก.1, 3.1.6.2.ก.2 และ 3.1.6.2.ก.3 ย้อมมอร์ແຕน့်หลังการย้อมสีใช้เวลาย้อม 2-3 นาที ใช้มอร์ແຕน့် 10 % $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 10 % $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 10% $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, 10 % CuSO_4 และ 10% FeSO_4 สีที่ย้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.34

สีที่ย้อมได้					
	- ไม่ทำความสะอาดผ้าก่อนย้อม				
	- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์ແຕน့်และไม่ใช้สารช่วยย้อม				
	- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม	L*	a*	b*	รหัส
		+ 65.52	+ 12.89	+ 22.14	K1100
	- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู หลังการย้อม				
		L*	a*	b*	รหัส
		+ 67.12	+ 11.77	+ 21.61	K1101
	- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์ແຕน့်แต่ใช้สารช่วยย้อม(กรดแทนนิก)				
	- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม				
		L*	a*	b*	รหัส
		+ 64.82	+ 12.85	+ 22.54	K1102
	- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู หลังการย้อม				
		L*	a*	b*	รหัส
		+ 68.68	+ 10.79	+ 20.28	K1103

รูปที่ 3.34 สีที่ย้อมได้จากการขัดย้อมผ้าฝ้ายในน้ำย้อมสกัดจากกากมะพร้าวแห้ง

สีที่ข้อมได้

- ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์และไม่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 71.43	+ 11.06	+ 20.67	K1104

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์ แต่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 69.97	+ 10.28	+ 19.53	K1105

- ทำการข้อมโดยใช้มอร์แดนต์

- Al มอร์แดนต์ จาก $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

L*	a*	b*	รหัส
+ 54.24	+12.65	+ 23.02	K1106

- Cr มอร์แดนต์ จาก $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

L*	a*	b*	รหัส
+ 49.52	+ 11.82	+ 23.14	K1107

- Co มอร์แดนต์ จาก $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$

L*	a*	b*	รหัส
+ 45.72	+ 12.54	+ 23.37	K1108

- Cu มอร์แดนต์ จาก CuSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 55.88	+ 12.11	+ 24.57	K1109

- Fe มอร์แดนต์ จาก FeSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 37.40	+ 4.02	+ 12.74	K1110

รูปที่ 3.34 (ต่อ)

3.8.2 การหาปริมาณแทนนิน และสารฟีนอลิก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพที่พบว่ามี แทนนิน และสารฟีนอลิกในน้ำย้อมสกัดจาก กาบมะพร้าวแห้ง ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของ

- แทนนินในสารสกัดจากกาบมะพร้าวแห้ง โดยใช้วิธีการALCA ตามข้อ 3.1.5.2 และนำไปคำนวณหา ปริมาณต่าง ตามสมการที่ 3.4– 3.9 ได้ผลดังตารางที่ 3.7 และ
- สารฟีนอลิกในสารสกัดจากกาบมะพร้าวแห้ง โดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.5.3 และคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิก ตามสมการที่ 3.10 ได้ผลดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ปริมาณแทนนิน และสารฟีนอลิกที่สกัดได้จากกาบมะพร้าวแห้ง
ภาวะการสกัด: ต้มกาบมะพร้าวแห้ง ในน้ำเดือด เวลา 1 ชั่วโมง

การวิเคราะห์	ครั้งที่ 1
<u>แทนนิน</u> (กาบมะพร้าวแห้ง)	
- % moistureในวัตถุดิบ	10.6
- pH ของสารละลายสกัด	6.0
- % Total solids	17.39
% Soluble solids	8.70
% Insoluble solids	8.69
- % Nontannin	8.0
- % Tannin	0.7
- Gelatin-salt solution test	ใส ไม่มีตะกอน
<u>Phenolic compounds</u>	
- % Phenolic compounds	8.7

3.8.3 สรุปผลการย้อมด้วยกาบมะพร้าวแห้ง

น้ำย้อมจากเปลือกมะพร้าวแก่ให้สีน้ำตาลออกแดงบนเส้นด้ายฝ้าย โทนสีจะแดงมากกว่าที่ได้จากใบเสมา พบว่าสีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้มเมื่อใช้ mordant โลหะ สีน้ำตาลเข้มขึ้นตามลำดับ mordant $Co < Al < Cr < Cu < Fe$ เปลือกมะพร้าวจึงเป็นวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่งสำหรับสีน้ำตาล อย่างไรก็ตามปริมาณแทนนินและสารฟีนอลิกที่มีอยู่ไม่มากนักนั้นอาจทำให้มีผลต่อการย้อมได้

3.9 มะเกลือ

ตามที่มีรายงานในข้อมูลการสำรวจทางสังคมนั้น การย้อมผ้าฝ้ายด้วยมะเกลือส่วนมากใช้ผลมะเกลือเป็นแหล่งให้สี ผลมะเกลือ (ดูภาคผนวก 2) นั้น ถ้าเป็นผลอ่อนหรือผลดิบมีสีเขียวจะเปลี่ยนเป็นเขียวอมเทาเมื่อแก่มากขึ้น ผลแก่เต็มที่จะมีสีดำหรือเทาดำ แม้จะมีรายงานว่าผลแก่ใช้ย้อมผ้าให้เป็นสีดำ แต่ผลมะเกลือที่ใช้ในงานย้อมในแถบภาคเหนือใช้ผลที่ไม่แก่จัด ปกติจะเก็บผลในช่วงปลายเดือนกันยายนไปถึงเดือนตุลาคมและเก็บรักษาผลไว้โดยการหมักแช่น้ำเพื่อใช้งานตลอดปี น้ำย้อมสกัดจากผลมะเกลือส่วนมากใช้วิธีการย้อมที่อุณหภูมิห้องหรือที่เรียกว่าการย้อมเย็น สีที่ได้จะแตกต่างกันไปตามวิธีการที่ใช้ตั้งแต่สีน้ำตาลถึงสีดำ ผลการทดสอบทางกายภาพตามข้อ 3.2 นั้น น้ำสกัดจากผลมะเกลือแก่(สีดำ)พบสารประเภทแทนนินและสารฟีนอลิก ทำนองเดียวกันน้ำสกัดจากผลมะเกลือสดพบว่าไม่มีทั้งสารกลุ่มแทนนิน และสารฟีนอลิก

3.9.1 การทดสอบการย้อม

ในการทดสอบการย้อมนี้ได้ทดลองใช้ผลที่เป็นผลมะเกลือแก่(สีดำ)และแห้งซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า “ผลมะเกลือแก่” ผลมะเกลือดิบที่เก็บรักษาโดยวิธีการแช่น้ำไว้ ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า “ผลมะเกลือดิบ” และผลมะเกลือดิบที่นำออกจากน้ำและตากผึ่งลมให้แห้งในที่ร่มนาน 1 สัปดาห์ ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า “ผลมะเกลือดิบแห้ง”

3.9.1.1 การย้อมด้วยผลมะเกลือแก่

ได้ทำการทดลองย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมสกัดจากผลมะเกลือแก่ซึ่งมีสีเทาคล้ำถึงดำโดยทำการบดผลมะเกลือทั้งลูกพอละเอียดก่อนต้มในน้ำ ทั้งนี้การย้อมใช้วิธีการตามข้อ 3.1.6.2.ก.1, 3.1.6.2.ก.2 และ 3.1.6.2.ก.3 ย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสีใช้เวลาย้อม 2-3 นาที ใช้มอร์แดนต์ 10 % $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 10 % $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 10% $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, 10 % CuSO_4 และ 10% FeSO_4 สีที่ย้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.35 ผ้าฝ้ายก่อนย้อมมีทั้งที่ไม่ผ่านการทำความสะอาดและที่ทำความสะอาดด้วยโซดาเชตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ก

พบว่าการย้อมด้วยน้ำย้อมจากผลมะเกลือแก่แบบร้อนนี้ มีการติดสีน้อย สีที่ได้ไม่เป็นสีดำตามที่ควรจะเป็น สีที่ได้ออกโทนสีครีม เมื่อย้อมกรดแทนนิกก่อนย้อมสี สีที่ได้จะเข้มขึ้น ให้สีออกน้ำตาลมากขึ้นการทำความสะอาดผ้าก่อนย้อมไม่มีผลต่อการเกาะติดของสี การใช้มอร์แดนต์ Al, Cr หรือ Co ไม่มีผลต่อสีที่ได้ ยกเว้นการใช้มอร์แดนต์ Cu จะให้สีออกเขียว ส่วนการใช้ Fe^{2+} เป็นมอร์แดนต์ จะให้สีออกน้ำตาล

สีที่ข้อมได้

- ไม่ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์ແຕນท์และไม่ใช้สารช่วยข้อม

- ล้างด้วยน้ำ หลังการข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 81.96	+ 3.20	+ 15.11	K6012

- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 81.93	+ 2.88	+ 14.29	K6013

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์ແຕນท์แต่ใช้สารช่วยข้อม(กรดแทนนิก)

- ล้างด้วยน้ำ หลังการข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 77.38	+ 3.95	+ 15.36	K6014

- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 79.01	+ 3.76	+ 14.76	K6015

- ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม

- ทำการข้อมโดยไม่ใช้มอร์ແຕນท์และไม่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 82.68	+ 2.94	+ 13.85	K6016

- ทำการข้อมโดย ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 80.95	+ 3.28	+ 13.67	K6017

- ทำการข้อมโดยใช้มอร์ແຕນท์

- Al มอร์ແຕນท์ จาก $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

L*	a*	b*	รหัส
+ 78.40	+ 3.43	+ 14.49	K6018

รูปที่ 3.35 สีที่ข้อมได้และผลการวัดสีผ้าฝ้ายข้อมด้วยน้ำข้อมจากผลมะเกลือแก่

สีที่ข้อมได้

- Cr มอร์แดนท์ จาก $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

L*	a*	b*	รหัส
+ 80.40	+ 2.50	+ 13.80	K6019

- Co มอร์แดนท์ จาก $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$

L*	a*	b*	รหัส
+ 77.68	+ 4.66	+ 13.62	K6020

- Cu มอร์แดนท์ จาก CuSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 72.69	+ 1.10	+ 13.77	K6021

- Fe มอร์แดนท์ จาก FeSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 60.94	+ 5.20	+ 21.76	K6022

รูปที่ 3.35 (ต่อ)

3.9.1.2 การย้อมด้วยผลมะเกลือดิบ

2.ก การย้อมร้อน

ได้ทำการทดลองย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมสกัดจากผลมะเกลือดิบซึ่งผิวมีสีน้ำตาลอ่อนหรือสีโอลด์ทิน บางลูกที่แก่จัดจะมีสีคล้ำถึงดำ ในการศึกษานี้ตัวอย่างเป็นผลมะเกลือที่เก็บรักษาไว้โดยการแช่ในน้ำ ก่อนใช้จะนำขึ้นจากน้ำ ชั้บให้แห้งหมาดและชั่งตามสภาพ ก่อนทำการบดผลมะเกลือทั้งลูกพอละเอียดแล้วต้มในน้ำ การย้อมใช้วิธีการตามข้อ 3.1.6.2.ก.1, 3.1.6.2.ก.2 และ 3.1.6.2.ก.3 ย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมสีใช้เวลาย้อม 2-3 นาที ใช้มอร์แดนท์ 10 % $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 10 % $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 10% $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, 10 % CuSO_4 และ 10% FeSO_4 สีที่ข้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.36 ผ้าฝ้ายก่อนย้อมมีทั้งที่ไม่ผ่านการทำความสะอาดและที่ทำความสะอาดด้วยโซดาแอชตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ก

สีที่ข้อมได้

- ไม่ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์และไม่ใช้สารช่วยข้อม

- ล้างด้วยน้ำ หลังการข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 74.25	+ 4.00	+ 14.65	K6034

- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 73.51	+ 4.03	+ 15.30	K6035

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์ แต่ใช้สารช่วยข้อม(กรดแทนนิก)

- ล้างด้วยน้ำ หลังการข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 73.98	+ 3.70	+ 11.29	K6036

- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 72.01	+ 3.87	+ 12.03	K6037

- ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม

- ทำการข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์และไม่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 77.44	+ 3.54	+ 12.92	K6038

- ทำการข้อมโดยใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 68.16	+ 4.10	+ 11.40	K6039

- ทำการข้อมโดยใช้มอร์แคนท์

- Al มอร์แคนท์ จาก $Al_2(SO_4)_3$

L*	a*	b*	รหัส
+ 72.13	+ 4.33	+ 14.06	K6040

รูปที่ 3.36 สีที่ข้อมได้และผลการวัดสีผ้าฝ้ายข้อมด้วยน้ำข้อมจากผลมะเกลือดิบ

สีที่ข้อมได้

- Cr มอร์แดนท์ จาก $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

L*	a*	b*	รหัส
+ 69.74	+ 3.88	+ 12.36	K6041

- Co มอร์แดนท์ จาก $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$

L*	a*	b*	รหัส
+ 70.45	+ 5.42	+ 14.44	K6042

- Cu มอร์แดนท์ จาก CuSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 68.85	+ 2.44	+ 11.02	K6043

- Fe มอร์แดนท์ จาก FeSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 62.41	+ 6.77	+ 22.54	K6044

รูปที่ 3.36 (ต่อ)

พบว่า การข้อมด้วยน้ำข้อมจากผลมะเกลือดิบแบบร้อนนี้ ให้ผลคล้ายกับที่ได้จากการใช้ผลมะเกลือแก่ กล่าวคือ มีการติดสีน้อย สีที่ได้ไม่เป็นสีดำตามที่ควรจะเป็น สีที่ได้ออกโทนสีน้ำตาลอ่อนแต่สีจะเข้มกว่าที่ได้จากการใช้ผลแก่ สีจะเข้มขึ้น(สีออกน้ำตาลมากขึ้น)เมื่อข้อมกรดแทนนิกรองพื้นก่อนข้อมสี การทำความสะอาดผ้าก่อนข้อมไม่มีผลต่อการเกาะติดของสี การใช้มอร์แดนท์ Al, Cr หรือ Co ไม่มีผลต่อสีที่ได้ ยกเว้นการใช้มอร์แดนท์ Cu จะให้สีออกเขียว ส่วนการใช้ Fe^{2+} เป็นมอร์แดนท์ จะให้สีออกน้ำตาล

ได้ทำการข้อมสีด้วยผ้าด้วยน้ำข้อมเตรียมจากผงสีที่ได้จากการระเหยน้ำออกจากน้ำข้อม โดยใช้วิธีการข้อมตามข้อ 3.1.6.2.ค. ทำการข้อมมอร์แดนท์หลังข้อมสี ใช้อัตราส่วนผงสี:ผ้า:น้ำ = 4:1:40 สีที่ข้อมได้ ผลการวัดสีและการทดสอบความคงทนของสีต่อแสง แสดงได้ดังรูปที่ 3.37 พบว่าผลการข้อมให้สีใกล้เคียงกับการใช้ผลสด การเก็บรักษาสีในลักษณะผงสีน่าจะเก็บรักษาง่ายกว่า ไม่เปลืองเนื้อที่ และมีความสะดวกกว่าในการใช้งาน นอกจากนี้การเก็บผลมะเกลือสดไว้ในน้ำระยะเวลาานาน ๆ จะทำให้มีกลิ่นเหม็นรุนแรงมากขึ้น ก่อให้เกิดความไม่สะดวกในการข้อม และอาจเป็นปัญหาด้านสุขอนามัยของผู้ข้อม หากสามารถเก็บแบบเป็นผงสีได้น่าจะมีข้อเด่นกว่า

สีที่ข้อมได้



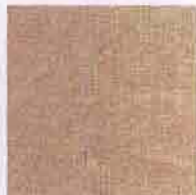
- ใช้ Cu มอร์แดนท์

L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
+ 77.01	+1.86	+8.03	3	MK99CFA1



- ใช้ Al มอร์แดนท์

L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
+ 83.87	+3.31	+6.14	1	MK99AFA1



- ใช้ Fe มอร์แดนท์

L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
+ 72.87	+4.49	+17.29	3	MK99FFA1

รูปที่ 3.37 ผลการข้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำข้อมจากผงสีสกัดจากผลมะเกลือดิบ

การข้อมด้วยมะเกลืออื่นนั้น มักต้องใช้วิธีการข้อมซ้ำหลายครั้ง แต่แต่ละครั้งจะนำไปตากแดดให้แห้ง ระหว่างการตากแดดจะสัมผัสกับอากาศ เป็นที่ทราบกันดีว่าออกซิเดชันด้วยออกซิเจนในอากาศเป็นปัจจัยสำคัญในการข้อมให้ได้สีดี นอกจากนี้อัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ต่อน้ำนี้อาจน้อยไปทำให้สีที่ได้อ่อน ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการทดลองโดยเปลี่ยนภาวะใหม่ดังนี้

- ใช้วัตถุดิบมากขึ้น
- ใช้เวลาข้อมนานขึ้น และ
- ระหว่างการข้อมให้ผ้าสัมผัสอากาศมากขึ้น

ได้ทำการทดลองข้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำข้อมจากผลมะเกลือดิบโดยใช้วิธีบดผลมะเกลือดิบผสมกับน้ำอัตราส่วน 1 : 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทดสอบการข้อมโดยใช้วิธีการต่อไปนี้

- นำผลมะเกลือดิบ 50 g. มาบดด้วยเครื่องบดพอละเอียด ผสมน้ำกลั่น 100 cm³ ต้มให้เดือด
- นำผ้าที่ฟอกแล้วมาทำความสะอาดด้วย 0.2 % Na₂CO₃ ลงข้อมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ขณะข้อม คีบฝ้ายกสูงเหนือระดับน้ำข้อมบ่อยๆ เพื่อให้สัมผัสกับอากาศ) จับเวลาตั้งแต่เดือด
- นำผ้าขึ้นผึ่งให้แห้ง ล้างผ้า ด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้ง

- นำสารละลายที่ใช้ซ้อมแล้ว ไปทดลองซ้อมผ้าไหมอีก 2 ครั้ง โดยใช้วิธีการซ้อมข้างต้น
- นำไปวัดสี และบันทึกภาพต่อไป

สีที่ซ้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.38

สีที่ซ้อมได้				
	- ซ้อมในน้ำซ้อมครั้งแรก			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 39.38	+ 3.03	+ 9.13	MK999901
	- ซ้อมในน้ำซ้อมใช้แล้ว 1 ครั้ง			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 39.61	+ 2.54	+ 8.77	MK999902
	- ซ้อมในน้ำซ้อมใช้แล้ว 2 ครั้ง			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 43.41	+ 2.88	+ 8.20	MK999903

รูปที่ 3.38 สีที่ได้จากการใช้น้ำซ้อมจากผลมะเกลือดิบซ้ำหลาย ๆ ครั้ง

สีที่ซ้อมได้นี้มีสีออกดำมากขึ้น เป็นสีน้ำตาลเข้ม และการใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำมากกว่าปกติ 5 เท่า คือใช้อัตราส่วน 1:2 นี้ ทำให้สามารถใช้น้ำซ้อมซ้ำได้หลายครั้ง ดังจะเห็นว่าสีที่ได้จากการใช้น้ำซ้อมซ้ำครั้งที่ 2 สีที่ได้เกือบจะเหมือนเดิม ส่วนการใช้น้ำซ้อมซ้ำเป็นครั้งที่ 3 นั้น สีที่ได้จะสว่างมากขึ้นหรือสีอ่อนลงเล็กน้อย

2.ข การย้อมเย็น

ได้ทำการทดลองย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำซ้อมจากผลมะเกลือดิบโดยใช้วิธีผสมมะเกลือดิบผสมกับน้ำอัตราส่วน 1 : 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทดสอบการย้อมโดยใช้วิธีการต่อไปนี้คือ

- นำผลมะเกลือดิบ 20 g. มาปั่นด้วยเครื่องบด/ปั่น ให้ละเอียด ผสมน้ำกลั่น 200 cm³
- นำผ้าที่ฟอกแล้ว(ขนาด 12x14.5 ซม. น้ำหนัก 3 กรัมต่อชิ้น) มา 2 ชิ้น ทำความสะอาดด้วย

ดีเทอร์เจนต์ ตามข้อ 3.1.6.1.ค

- นำไปซักเป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ในขณะที่ซักให้ความร้อนพออุ่น) นำผ้าขึ้นบิดให้หมาด
- นำลงซักในสารละลายมอร์แดนท์ 10 % FeSO_4 อุณหภูมิ 30 นาที
- ตักผ้าขึ้น บิดให้หมาด ผึ่งให้แห้ง
- นำผ้าชิ้นที่ 1 ไปซักซ้ำอีก 1 รอบ ส่วนชิ้นที่ 2 นำไปแช่น้ำซักจากผลมะเกลือทิ้งไว้ 3 วัน นำผ้าขึ้น ผึ่งให้แห้ง ซักให้สะอาดแล้วผึ่งให้แห้ง
- นำไปวัดสี และบันทึกภาพต่อไป

ทำการทดลองซ้ำโดยใช้มอร์แดนท์เป็น FeCl_3 แทน FeSO_4 สีที่ซักได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.39

สีที่ซักได้

- มอร์แดนท์ 10 % FeSO_4

- ซ้อมมะเกลือและมอร์แดนท์ 2 ครั้ง

L*	a*	b*	lightfastness	รหัส
+ 39.12	+ 2.62	+ 12.70	2-3	MK99FDP2

- ซ้อมมะเกลือและมอร์แดนท์ 1 ครั้ง แช่น้ำมะเกลืออีก 3 วัน

L*	a*	b*	lightfastness	รหัส
+ 34.67	+ 2.86	+ 9.37	2-3	MK99FDP9

- มอร์แดนท์ 10 % FeCl_3

- ซ้อมมะเกลือและมอร์แดนท์ 2 ครั้ง

L*	a*	b*	lightfastness	รหัส
+ 48.93	+ 3.36	+ 10.46	2	MK99EDP2

- ซ้อมมะเกลือและมอร์แดนท์ 1 ครั้ง แช่น้ำมะเกลืออีก 3 วัน

L*	a*	b*	lightfastness	รหัส
+ 49.84	+ 3.11	+ 8.08	2	MK99EDP9

รูปที่ 3.39 สีที่ได้จากการใช้น้ำซักจากผลมะเกลือดิบและมอร์แดนท์ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง

3.9.2 การหาปริมาณสารฟีนอลิก

ผลการทดสอบทางกายภาพตามข้อ 3.2 นั้น ตรวจพบสารประเภทแทนนินและสารฟีนอลิกในน้ำสกัดจากผลมะเกลือแก่(สีดำ) และ น้ำสกัดจากผลมะเกลือดิบ

เนื่องจากปกติจะแช่ผลมะเกลือไว้ในน้ำตลอดเวลา การหาปริมาณสารฟีนอลิกในน้ำย้อมสกัดจากผลมะเกลือจึงมีขั้นตอนเพิ่มเติมคือ ทำการวิเคราะห์ในผลมะเกลือดิบที่นำขึ้นจากน้ำแช่ให้แห้งก่อนทำการทดลอง และทำการวิเคราะห์ในผลมะเกลือดิบแห้ง เติริมโดยนำผลมะเกลือขึ้นจากน้ำ ตากให้แห้งโดยการผึ่งลมนาน 1 สัปดาห์ก่อนนำมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณของสารฟีนอลิกโดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.5.3 และคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิก ตามสมการที่ 3.10 ได้ผลดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ปริมาณสารฟีนอลิกที่สกัดได้จากผลมะเกลือ

ภาวะการสกัด: ต้มผลมะเกลือบดละเอียดในน้ำเดือด เวลา 1 ชั่วโมง

การวิเคราะห์	ผลดิบ	ผลดิบตากแห้ง
- % Total solids	8.62	-
<i>Phenolic compounds</i>		
- % Phenolic compounds	1.04*	1.00*
- % moisture	79.3	11.1

* คิดเทียบกับน้ำหนักสารแห้งไม่รวมความชื้น

3.9.3 สรุปผลการย้อมด้วยผลมะเกลือ

สีที่ย้อมได้จากมะเกลือตามวิธีการย้อมร้อนที่ใช้ในการศึกษานี้ไม่เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากสีที่ได้ไม่เข้มเท่าที่ควร มีโทนสีออกทางสีน้ำตาลเป็นส่วนมาก ยกเว้นกรณีที่ใช้มะเกลือค่อน้ำอัตรา 1:2 จึงจะย้อมได้สีน้ำตาลดำในการย้อมครั้งเดียวซึ่งจะมีข้อดีที่ประหยัดเวลาไม่ต้องย้อมซ้ำหลายครั้ง แต่จะต้องใช้วัตถุดิบปริมาณมาก

การย้อมเย็นด้วยน้ำย้อมจากผลมะเกลือโดยใช้เหล็กเป็น mordant ที่ย้อมหลังย้อมสีจะได้สีน้ำตาลดำในการย้อมเพียง 2 รอบ ซึ่งสีจะดำเร็วกว่าการย้อมปกติของกลุ่มทอผ้า การใช้เหล็ก mordant ช่วยในการย้อมของกลุ่มทอผ้าจึงน่าจะช่วยลดจำนวนครั้งการย้อมที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันลงได้ สิ่งที่ต้องพิจารณาอีกประการหนึ่งคือผลการทดสอบความคงทนต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำระหว่าง 2 ถึง 2-3 แต่เมื่อเทียบกับผลของสีธรรมชาติทั่วๆ ไปแล้ว ก็ถือได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

3.10 สมอไทย

การย้อมด้วยฝ้ายด้วยสมอไทย (ดูภาคผนวก 2) มีรายงานว่า การใช้ใบให้สีเขียวเมื่อใช้เกลือเป็นสารช่วยย้อม และจะให้สีดำเมื่อย้อมพร้อมกับดินโคลน ส่วนการย้อมด้วยเปลือกผลให้สีเขียว ในขณะที่กลุ่มทอผ้าที่ร่วมอยู่ในโครงการวิจัยนี้ใช้เปลือกต้นในการย้อมรองพื้นและในการย้อมสีจริงซึ่งพบว่าจะได้สีน้ำตาล การศึกษาวิจัยการย้อมด้วยสมอไทยในที่นี้สนใจศึกษาส่วนที่เป็นผลแห้งและส่วนของเปลือกต้น

3.10.1 การทดสอบการย้อม

3.10.1.1 การย้อมด้วยผลสมอไทย

การย้อมด้วยฝ้ายด้วยน้ำย้อมสกัดจากเปลือกและเนื้อผลสมอไทยทั้งที่ย้อมโดยไม่ทำความสะอาดฝ้ายดิบก่อนย้อม ทำความสะอาดฝ้ายดิบก่อนย้อม ย้อมโดยไม่มีการย้อมฝาดก่อนย้อมสี และการย้อมโดยใช้เมอร์แคนท์ต่าง ๆ ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.2.ก.1, 3.1.6.2.ก.2 และ 3.1.6.2.ก.3 มีผลการย้อมประกอบด้วยสีที่ได้และผลการวัดสีโดยใช้ระบบ CIELAB 1976 ในเทอม L^* , a^* และ b^* แสดงได้ดังรูปที่ 3.40

สีที่ย้อมได้ 	- ไม่ทำความสะอาดฝ้ายก่อนย้อม			
	- ย้อมโดยไม่ใช้เมอร์แคนท์และไม่ใช้สารช่วยย้อม			
	- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม			
	L^*	a^*	b^*	รหัส
	+ 62.61	+ 6.26	+ 23.89	K6001
	- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการย้อม			
	L^*	a^*	b^*	รหัส
	+ 63.29	+ 5.66	+ 22.76	K6002
	- ย้อมโดยไม่ใช้เมอร์แคนท์แต่ใช้สารช่วยย้อม(กรดแทนนิก)			
	- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม			
	L^*	a^*	b^*	รหัส
	+ 61.61	+ 6.33	+ 24.81	K6003
	- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการย้อม			
	L^*	a^*	b^*	รหัส
	+ 61.98	+ 6.17	+ 24.45	K6004

รูปที่ 3.40 สีที่ย้อมได้และผลการวัดสีฝ้ายย้อมด้วยน้ำย้อมจากเปลือกผลสมอไทย

สีที่ข้อมได้

- ทำความสะอาดสีก่อนข้อม

- ทำการข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์และไม่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 64.75	+ 5.64	+ 21.06	K6005

- ทำการข้อมโดย ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 66.60	+ 5.39	+ 20.66	K6006

- ทำการข้อมโดยใช้มอร์แคนท์

- Al มอร์แคนท์ จาก $Al_2(SO_4)_3$

L*	a*	b*	รหัส
+ 54.87	+ 5.13	+ 27.20	K6007

- Cr มอร์แคนท์ จาก $Na_2Cr_2O_7$

L*	a*	b*	รหัส
+ 49.43	+ 4.57	+ 27.34	K6008

- Co มอร์แคนท์ จาก $Co(NO_3)_2$

L*	a*	b*	รหัส
+ 56.75	+ 5.12	+ 19.43	K6009

- Cu มอร์แคนท์ จาก $CuSO_4$

L*	a*	b*	รหัส
+ 42.79	+ 5.66	+ 22.95	K6010

- Fe มอร์แคนท์ จาก $FeSO_4$

L*	a*	b*	รหัส
+ 21.93	+ 0.50	+ 2.37	K6011

รูปที่ 3.40 (ต่อ)

พบว่าสีที่ข้อมได้ส่วนมากเป็นสีโทนน้ำตาล ยกเว้นการใช้มอร์แคนท์

Cr และ Cu จะให้สีน้ำตาลอมเขียว และน้ำตาลเข้มตามลำดับ ส่วนการใช้ Fe^{2+} เป็นมอร์แดนต์ จะให้สีออกดำ

ได้ทำการย้อมสีด้วยผ้าด้วยน้ำย้อมเตรียมจากผงสีที่ได้จากการระเหยน้ำออกจากน้ำย้อม 3.1.6.2.ค.1 (ย้อมมอร์แดนต์หลังย้อมสี) และตามข้อ 3.1.6.2.ค.2 (ย้อมมอร์แดนต์พร้อมย้อมสี) ใช้อัตราส่วนผงสีต่อผ้าต่อน้ำ เป็น 4 : 1:40 สีที่ย้อมได้ ผลการวัดสีและผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแสดงได้ดังรูปที่ 3.41

สีที่ย้อมได้					
	- ย้อมมอร์แดนต์หลังย้อมสี				
	- ใช้ Cu มอร์แดนต์				
	L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
	+ 39.78	+6.14	+21.86	3-4	MY99CFA1
	- ใช้ Al มอร์แดนต์				
	L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
	+ 53.84	+5.34	+22.92	2-3	MY99AFA1
	- ใช้ Fe มอร์แดนต์				
	L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
	+ 29.45	+0.61	+3.72	3	MY99FFA1
	- ย้อมมอร์แดนต์พร้อมย้อมสี				
	- ใช้ Cu มอร์แดนต์				
	L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
	+ 59.09	+3.22	+20.49	3-4	MY99CFS1
	- ใช้ Al มอร์แดนต์				
	L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
	+ 69.31	+4.13	+22.94	3	MY99AFS1
	- ใช้ Fe มอร์แดนต์				
	L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
	+ 42.32	+0.26	+1.03	3-4	MY99FFS1

รูปที่ 3.41 ผลการย้อมผ้าด้วยน้ำย้อมจากผงสีสกัดจากผลสมอไทย

พบว่าผลการย้อมจากผงสีให้สีใกล้เคียงกับการใช้น้ำย้อมสกัดโดยตรงจากผลแห้ง ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ดีในกลุ่มย้อมสีธรรมชาติโดยมีความคงทนระดับ 3 ถึง 3-4 เป็นส่วนมาก ยกเว้นเมื่อใช้ A1 มอร์แคนท์ ผลสมอไทยจึงเป็นวัตถุดิบสำหรับสีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้มออกดำได้ เนื่องจากผลสมอไม่มีคลอโรฟิลล์ และหาซากในบางพื้นที่ การเก็บรักษาสีในลักษณะผงสีน่าจะเก็บรักษาง่ายกว่า ไม่เปลืองเนื้อที่ และมีความสะดวกกว่าในการใช้งาน

3.10.1.1 การย้อมด้วยเปลือกต้นสมอไทย

การย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากเปลือกต้นสมอไทยทั้งที่ย้อมโดยไม่ทำความสะอาดผ้าฝ้ายดิบก่อนย้อม ทำความสะอาดผ้าฝ้ายดิบก่อนย้อม ย้อมโดยมีการย้อมผาค่อนย้อมสี และการย้อมโดยใช้มอร์แคนท์ต่าง ๆ ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.2.ก.1, 3.1.6.2.ก.2 และ 3.1.6.2.ก.3 มีผลการย้อมประกอบด้วยสีที่ได้และผลการวัดสีโดยใช้ระบบ CIELAB 1976 ในเทอม L^* , a^* และ b^* แสดงได้ดังรูปที่ 3.42

	สีที่ย้อมได้	- ไม่ทำความสะอาดผ้าก่อนย้อม				
		- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์และไม่ใช้สารช่วยย้อม				
		- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม				
			L^*	a^*	b^*	รหัส
			+ 58.23	+ 12.06	+ 24.18	K6023
		- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการย้อม				
			L^*	a^*	b^*	รหัส
			+ 61.45	+ 11.34	+ 24.90	K6024
		- ไม่ทำความสะอาดผ้าก่อนย้อม				
		- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์แต่ใช้สารช่วยย้อม(กรดแทนนิก)				
		- ล้างด้วยน้ำ หลังการย้อม				
			L^*	a^*	b^*	รหัส
			+ 58.20	+ 12.36	+ 24.96	K6025
		- ล้างด้วยน้ำและน้ำสบู่ หลังการย้อม				
			L^*	a^*	b^*	รหัส
			+ 58.36	+ 12.96	+ 27.07	K6026

รูปที่ 3.42 สีที่ย้อมได้และผลการวัดสีผ้าฝ้ายย้อมด้วยน้ำย้อมจากเปลือกต้นสมอไทย

สีที่ข้อมได้

- ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม

- ข้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์และไม่ใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 62.56	+ 11.09	+ 25.12	K6027

- ข้อมโดยใช้สารช่วยข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 61.09	+ 11.55	+ 26.09	K6028

- ทำการข้อมโดยใช้มอร์แดนต์

- Al มอร์แดนต์ จาก $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

L*	a*	b*	รหัส
+ 51.22	+ 10.75	+ 29.99	K6029

- Cr มอร์แดนต์ จาก $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

L*	a*	b*	รหัส
+ 44.01	+ 9.74	+ 27.81	K6030

- Co มอร์แดนต์ จาก $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$

L*	a*	b*	รหัส
+ 52.11	+ 13.34	+ 29.17	K6031

- Cu มอร์แดนต์ จาก CuSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 40.19	+ 12.62	+ 26.94	K6032

- Fe มอร์แดนต์ จาก FeSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 24.06	+ 1.83	+ 6.66	K6033

รูปที่ 3.42 (ต่อ)

พบว่าสีที่ข้อมได้ส่วนมากเป็นสีโทนน้ำตาล ยกเว้นการใช้มอร์แคนท์ Cr และ Cu จะให้สีน้ำตาลอมเขียว และน้ำตาลเข้ม ส่วนการใช้ Fe^{2+} เป็นมอร์แคนท์ จะให้สีออกดำ

3.10.2 การหาปริมาณแทนนิน และสารฟีนอลิก

ผลการทดสอบทางกายภาพตามข้อ 3.2 นั้น น้ำสกัดจากเปลือกต้นและผลสมอไทยพบสารประเภทแทนนิน และสารฟีนอลิก

การแยกสารสีจากน้ำสกัดของผลสมอไทยด้วยคอลัมน์โครมาโตกราฟี โดยใช้

- stationary phase: Silica gel
- mobile phase: 1. Acetone
- 2. 25 %Ethanol
- 3. 50 %Ethanol

พบว่าสามารถแยกสารสีได้ 4 ส่วน มีสีเหลืองอ่อน สีเหลืองเข้ม สีนํ้าตาลอ่อน และสีดำ และตรวจพบแทนนินและสารฟีนอลิกในสารสีนํ้าตาลอ่อนและดำ ส่วนเปลือกต้นสมอไทยสามารถแยกได้ 2 ส่วน สีเหลืองและสีดำ และมีแทนนินและสารฟีนอลิกในทั้ง 2 ส่วน

ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของ

- แทนนินในสารสกัดจากเปลือกต้นสมอไทยโดยใช้วิธีการALCA ตามข้อ

3.1.5.2 และนำไปคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ตามสมการที่ 3.4- 3.9 ได้ผลดังตารางที่ 3.9 และ

- สารฟีนอลิกในสารสกัดจากเปลือกต้นสมอไทยโดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.5.3

และคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิก ตามสมการที่ 3.10 ได้ผลดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ปริมาณแทนนิน และสารฟีนอลิกที่สกัดได้จากเปลือกต้นสมอไทย
ภาวะการสกัด: ต้มเปลือกต้นสมอไทยในน้ำเดือด เวลา 1 ชั่วโมง

การวิเคราะห์	เปลือกต้นสมอไทย
<u>แทนนิน</u>	
- % moisture ในวัตถุดิบ	7.9
- pH ของสารละลายสกัด	6
- % Total solids	20
% Soluble solids	17.5
% Insoluble solids	2.5
- % Nontannin	11.15
- % Tannin	6.35
- Gelatin-salt solution test	มีตะกอนขุ่น
<u>Phenolic compounds</u>	
- % Phenolic compounds	13.44
- % moisture	7.65

3.10.3 สรุปผลการย้อมด้วยสมอไทย

ผลต้นสมอไทยเหมาะสำหรับใช้ย้อมให้ได้สีน้ำตาลออกทางสีเหลืองเขียวเมื่อไม่ใช้มอร์แดนต์ ส่วนเปลือกต้นจะให้สีโทนน้ำตาลแดงเมื่อไม่ใช้มอร์แดนต์ และทั้งคู่จะได้สีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้มเมื่อใช้มอร์แดนต์ Al และ Cu ตามลำดับ สีที่ได้จะออกทางแดงดำเมื่อใช้ Fe เป็นมอร์แดนต์ อันเป็นผลมาจากสารแทนนินและฟีนอลิกที่มีอยู่

แม้ว่าเปลือกต้นจะให้สีที่ดีกว่าแต่การใช้เปลือกต้นจะมีปัญหาเรื่องแหล่งวัตถุดิบ ซึ่งคงต้องระมัดระวังในการใช้ ในขณะที่ผลสมอมีปัญหาในแง่ของการจัดหาทั้งทางด้านปริมาณและช่วงเวลา การใช้ส่วนของต้นสมอในงานย้อมจึงไม่น่าสนใจเมื่อเทียบกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

3.11 เพกา

การข้อมด้ยฝ้ายด้วยเพกา (คูณคผนวก 2) มีรายงานการข้อมว่าเปลือกต้นเพกาให้สีเขียวและสีน้ำตาลซึ่งต่างกันที่วิธีการและสารช่วยข้อมที่ใช้ ในการศึกษาวิจัยการข้อมด้วยเพกาที่น่าสนใจศึกษาส่วนของเปลือกต้น

3.11.1 การทดสอบการข้อม

ได้ทำการทดลองข้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำข้อมสกัดจากเปลือกต้นเพกา โดยใช้วิธีการข้อมตามข้อ 3.1.6.2.2 ใช้สารช่วยข้อมกรดแทนนิก และน้ำสกัดจากใบยูคาลิปตัสข้อมฝาดรองพื้นก่อนการข้อมสี สีที่ข้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.43 สีที่ได้เป็นสีน้ำตาลโดยที่การข้อมกรดแทนนิกรองพื้นจะให้สีน้ำตาลเข้มกว่าการใช้ น้ำสกัดจากใบยูคาลิปตัสข้อมรองพื้น

สีที่ข้อมได้					
		- ไม่ทำความสะอาดผ้าก่อนข้อม			
		- ข้อมสารช่วยข้อม กรดแทนนิก ก่อนข้อมสี			
		L*	a*	b*	รหัส
		+ 46.53	+ 5.03	+ 28.65	K6080
		- ข้อมสารช่วยข้อมน้ำคั้นใบยูคาลิปตัส ก่อนข้อมสี			
		L*	a*	b*	รหัส
		+ 57.77	+ 4.87	+ 28.28	K6081

รูปที่ 3.43 ผลการข้อมด้วยน้ำข้อมจากเปลือกต้นเพกา เมื่อทำการข้อมฝาดรองพื้น

ได้ทำการสกัดแยกสารสีโดยการบรรจุเปลือกเพกาบดละเอียดในคอลัมน์แก้ว จากนั้นทำการชะด้วย 95 % Ethanol ทำการเก็บสารละลายสีที่ได้เป็นส่วน ๆ ตามสีที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า จากนั้นทำการเปลี่ยนตัวทำละลายเป็นน้ำ ทำการชะล้างสารละลายที่ผ่านคอลัมน์ออกมาใส่มิสี พบว่าการสกัดด้วย 95 % Ethanol ได้สารละลายสามส่วนมีสี น้ำตาล น้ำตาลอ่อน และน้ำตาลแดง ตามลำดับเวลาการชะ ส่วนการชะค่อนด้วยน้ำได้สารละลาย 4 ส่วนซึ่งมีสี น้ำตาลอมเขียวอ่อน น้ำตาลอ่อนอมเขียว น้ำตาลอ่อนอมเขียวอ่อน และ ส่วนสุดท้ายมีสีเขียวอ่อน ตามลำดับ สารละลายส่วนแรกจากการใช้ 95 % Ethanol เป็นตัวทำละลายสกัด และสารละลาย 2 ส่วนแรกจากการใช้น้ำสกัด ได้นำไปทดสอบการข้อมสีด้วยฝ้ายโดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.6.2.3 (ข้อมมอร์แคนท์หลังข้อมสี) ผ้าก่อนข้อมทำความสะอาดด้วยโซดาแอชตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ก สีที่ข้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 3.44 - 3.46 ตามลำดับ

สีที่ย้อมได้

- สารละลายสีกัดด้วยเอธานอล (สีน้ำตาล)

- Al มอร์แดนต์ จาก $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

L*	a*	b*	รหัส
+ 68.57	+ 10.09	+ 38.61	K6101

- Cr มอร์แดนต์ จาก $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

L*	a*	b*	รหัส
+ 69.66	+ 6.99	+ 34.53	K6097

- Co มอร์แดนต์ จาก $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$

L*	a*	b*	รหัส
+ 65.21	+ 8.12	+32.66	K6099

- Cu มอร์แดนต์ จาก CuSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 59.94	+ 4.20	+32.50	K6100

- Fe มอร์แดนต์ จาก FeSO_4

L*	a*	b*	รหัส
+ 50.07	+ 4.93	+ 20.48	K6098

รูปที่ 3.44 ผลการย้อมด้วยน้ำย้อมสีกัดจากเปลือกต้นเพกาด้วยเอธานอล

สีที่ข้อมได้

- สารละลายสีกัดด้วยน้ำ ส่วนที่ 1 (สีน้ำตาลอมเขียวอ่อน)

- Al มอร์แดนท์ จาก $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 

L*	a*	b*	รหัส
+ 78.11	+ 5.18	+ 27.80	K6105

- Cr มอร์แดนท์ จาก $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 

L*	a*	b*	รหัส
+ 79.35	+ 4.05	+ 24.09	K6102

- Co มอร์แดนท์ จาก $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 

L*	a*	b*	รหัส
+ 78.12	+ 5.83	+24.53	K6104

- Cu มอร์แดนท์ จาก CuSO_4 

L*	a*	b*	รหัส
+ 75.80	+ 4.90	+24.58	K6104A

- Fe มอร์แดนท์ จาก FeSO_4 

L*	a*	b*	รหัส
+ 63.87	+ 6.25	+ 25.95	K6103

รูปที่ 3.45 ผลการย้อมด้วยน้ำย้อมสีกัดจากเปลือกต้นเพกาด้วยน้ำ ส่วนที่ 1

สีที่ข้อมได้

- สารละลายสีกัดด้วยน้ำ ส่วนที่ 2 (สีน้ำตาลอมเขียว)

- Al มอร์แคนท์ จาก $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 

L*	a*	b*	รหัส
+ 75.10	+ 6.61	+ 31.28	K6110

- Cr มอร์แคนท์ จาก $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 

L*	a*	b*	รหัส
+ 58.56	+ 5.11	+ 22.43	K6106

- Co มอร์แคนท์ จาก $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 

L*	a*	b*	รหัส
+ 72.98	+ 6.52	+ 27.98	K6108

- Cu มอร์แคนท์ จาก CuSO_4 

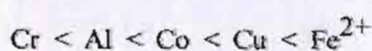
L*	a*	b*	รหัส
+ 68.69	+ 4.05	+ 29.63	K6109

- Fe มอร์แคนท์ จาก FeSO_4 

L*	a*	b*	รหัส
+ 58.47	+ 5.21	+ 22.53	K6107

รูปที่ 3.46 ผลการย้อมด้วยน้ำย้อมสีกัดจากเปลือกต้นเพกาด้วยน้ำ ส่วนที่ 2

สีที่ข้อมได้มีเฉดสีน้ำตาล ไม่ว่าจะเป็นการย้อมด้วยสารละลายสีจากการสีกัดด้วยตัวทำละลาย 95 %เอทานอล หรือด้วยน้ำ และไม่ว่าจะใช้มอร์แคนท์ใดที่ใช้ในการสีกันนี้ สีน้ำตาลที่ได้จะเข้มข้นตามลำดับของมอร์แคนท์ดังต่อไปนี้



เมื่อเปรียบเทียบรูปที่ 3.44-3.46 กับ 3.43 จะเห็นว่าการใช้มอร์แคนท์ช่วยในการย้อมให้สีอ่อนกว่าการย้อมฝากรองพื้น ยกเว้น Fe มอร์แคนท์ จึงเห็นว่าน่าจะทดลองเพิ่มความเข้มข้นของน้ำย้อมโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสีกัด เพิ่มเวลาการย้อม และใช้ Cu มอร์แคนท์เนื่องจากให้สีน้ำตาลออกเขียว

ได้ทำการทดลองย้อมผ้าฝ้ายดิบตัวอย่างในน้ำย้อมจากการต้มเปลือกเพกาในน้ำใช้อัตราส่วนเปลือกเพกาต่อน้ำประมาณ 1 : 5 ดังต่อไปนี้

1. ทำความสะอาดผ้าที่ฟอกแล้วด้วย 0.2% NaCO_3 ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ก
2. นำลงย้อมในน้ำย้อมจากเปลือกเพกา ต้ม จับเวลา 10 นาที ตั้งแต่เริ่มต้ม
3. นำผ้าขึ้นผึ่งให้แห้ง
4. นำมาล้างด้วยน้ำสะอาด, ผึ่งให้แห้ง
5. นำน้ำย้อมที่ใช้ย้อมแล้วไปทดลองย้อมผ้าใหม่อีก 1 ครั้ง โดยใช้เวลาย้อม 20 นาที
6. ทำซ้ำข้อ 1-5 โดยใช้เวลาในการย้อมนาน 1 ชั่วโมง ทั้งการย้อมครั้งแรกและการย้อมในน้ำย้อมใช้แล้ว
7. ทำการย้อมตามข้อ 1 ถึง 4 แต่หลังจากย้อมในน้ำย้อมแล้ว ในข้อ 3 นั้นนำผ้ามาซักให้แห้ง นำลงย้อมในสารละลาย 10 % CuSO_4 นาน 2-3 นาที ก่อนทำต่อตามข้อ 4 และทำการย้อมผ้าตัวอย่างอีก 1 ชิ้นในน้ำย้อมที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วนเปลือกเพกาต่อน้ำเป็น 1:10 โดยใช้เวลาในการย้อมสีนาน 1 ชั่วโมง
8. นำผ้าที่ได้ไปบันทึกสี และวัดสี

ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 3.47

สีที่ย้อมได้		- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนท์			
		- ทำการย้อมครั้งแรก เวลาในการย้อม 10 นาที			
		L*	a*	b*	รหัส
		+ 70.67	- 0.87	+ 20.85	PB999903
		- ทำการย้อมในน้ำย้อมใช้แล้ว 1 ครั้ง เวลาในการย้อม 20 นาที			
		L*	a*	b*	รหัส
		+ 68.15	- 0.57	+ 21.30	PB999904
		- ทำการย้อมครั้งแรก เวลาในการย้อม 1 ชั่วโมง			
		L*	a*	b*	รหัส
		+ 68.85	- 0.77	+ 21.70	PB999901

รูปที่ 3.47 ผลการย้อมในน้ำย้อมเปลือกเพกาที่ความเข้มข้นและภาวะการย้อมต่าง ๆ

สีที่ข้อมได้



- ทำการข้อมในน้ำข้อมใช้แล้ว 1 ครั้ง

L*	a*	b*	รหัส
+ 70.14	+ 1.22	+ 23.31	PB999902



- ข้อมโดยใช้ Cu มอร์แคนท์

- ใช้เวลาในการข้อม 1 ชั่วโมง อัตราส่วนเปลือกเพกาต่อน้ำ 1:10

L*	a*	b*	รหัส
+ 64.37	+ 1.27	+ 28.44	PB9ACDA9



- ใช้เวลาในการข้อม 10 นาที อัตราส่วนเปลือกเพกาต่อน้ำ 1:5

L*	a*	b*	รหัส
+ 65.86	+ 0.56	+ 30.84	PB9ACDAA

รูปที่ 3.47 (ต่อ)

สีที่ได้จากการข้อมในน้ำข้อมเข้มข้นกว่าเดิมเท่าตัวนี้พบว่าให้สีน้ำตาลออกเขียวมากขึ้น เวลาการข้อมไม่มีผลต่อสีที่ได้ น้ำข้อมที่ใช้แล้วสามารถใช้ซ้ำได้อีกโดยสีที่ได้ไม่แตกต่างจากที่ได้ในการข้อมในน้ำแรก นอกจากนี้จะเห็นว่าการใช้ Cu มอร์แคนท์ไม่มีผลเด่นชัดต่อสีที่ข้อมได้เนื่องจากสีที่ได้จะมีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย

3.11.2 สรุปผลการข้อมด้วยเปลือกเพกา

ผลการวิเคราะห์คุณภาพพบว่า มีแทนนิน และสารฟีนอลิกในน้ำข้อมที่สกัดจากเปลือกต้นเพกา และการทดสอบการข้อมแบบต่าง ๆ มีแนวโน้มว่าให้สีน้ำตาลเป็นหลัก นอกจากนี้พบว่าการดูดซับสารสีในน้ำข้อมค่อนข้างต่ำ ดังจะเห็นว่าน้ำข้อมที่ใช้แล้วนั้นเมื่อนำไปข้อมผ้าฝ้ายใหม่ให้สีที่เกือบเหมือนเดิม การใช้เปลือกต้นเพกาในการข้อมผ้าให้สีได้สีเขียวดังที่ปรากฏในรายงาน⁽⁴⁾ จึงเชื่อว่าไม่ได้มาจากสารสีในเพกา หรือถ้าจะให้สีได้โทนสีเขียวจะต้องใช้สารละลายสกัดที่มีความเข้มข้นสูงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวัตถุสี แม้ว่าน้ำข้อมจะสามารถใช้ซ้ำได้ก็ตาม ก็จะไม่เป็นการเหมาะสมในแง่การใช้วัตถุดิบที่เป็นเปลือกต้น

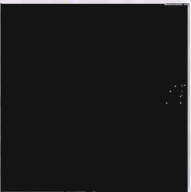
3.12 ยุกาลิปัตส

การทดสอบการย้อมด้วยสีจากต้นยูคาลิปตัส(ดูภาคผนวกที่ 2)นี้ ใช้ส่วนที่เปลือกแห้ง ที่หุดร่อนจากต้นยูคาลิปตัส

3.12.1 การทดสอบการย้อม

ได้ทำการทดสอบการย้อมผ้าที่ทำความสะอาดด้วยโซดาแอชตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ก ด้วยน้ำย้อมสกัดจากเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัส ใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ก.3 แต่ใช้เวลาในการย้อมสีนาน 1 ชั่วโมง โดยใช้มอร์แดนท์ 10% CuSO_4 , FeSO_4 และ $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ ผ้าตัวอย่างที่ย้อมด้วยมอร์แดนท์ FeSO_4 ได้นำไปทำการย้อมซ้ำอีก 1 ครั้งทั้งการย้อมสารละลายสีและย้อมมอร์แดนท์

ผลการย้อมแสดงได้ดังรูปที่ 3.48

สีที่ย้อมได้				
	- ใช้ยูนีเป็นมอร์แดนท์			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 44.72	+ 11.99	+ 25.67	UB99CDA9
	- ใช้สารส้มเป็นมอร์แดนท์			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 56.69	+ 11.64	+ 21.83	UB99ADA9
	- ใช้เฟอร์รัสซัลเฟตเป็นมอร์แดนท์ (ย้อมซ้ำ 2 ครั้ง)			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 21.92	+ 2.27	+ 6.82	UB99FDA9

รูปที่ 3.48 ผลการย้อมด้วยน้ำย้อมจากเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัส

สีที่ได้มีเจดสีน้ำตาลออกแดงเมื่อเทียบกับสีน้ำตาลที่ได้จากวัตถุดิบอื่น ๆ ที่ทำการทดสอบการย้อมภายใต้ภาวะเดียวกันนี้ จะเห็นได้จากการใช้ Al มอร์แดนท์ซึ่งปกติจะให้สีที่สว่าง แต่เมื่อใช้กับเปลือกแห้งต้นยูคาฯ นี้พบว่าให้สีน้ำตาลที่เรียกว่าสีแทน ส่วนการใช้ Cu มอร์แดนท์ให้สีน้ำตาลแดง ในขณะที่การใช้ Fe เป็นมอร์แดนท์ให้สีน้ำตาลเข้มออกดำ

ได้ทำการย้อมสีด้วยน้ำย้อมเตรียมจากผงสีที่ได้จากการระเหยน้ำออก
จากน้ำย้อม 3.1.6.2.ค.1(ย้อมมอร์แดงที่หลังย้อมสี) และตามข้อ 3.1.6.2.ค.2 (ย้อมมอร์แดงที่พร้อม
ย้อมสี) ใช้อัตราส่วนผงสีต่อผ้าต่อน้ำ เป็น 4:1:40 และ 1:4:100 สีที่ย้อมได้ ผลการวัดสีและผลการ
ทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแสดงได้ดังรูปที่ 3.49

สีที่ย้อมได้					
	- ย้อมมอร์แดงที่หลังย้อมสี				
	- ใช้ Cu มอร์แดงที่				
	L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
	+ 32.61	+13.86	+22.03	3	UB99CFA1
	- ใช้ Al มอร์แดงที่				
	L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
	+ 43.36	+13.86	+24.05	2	UB99AFA1
	- ใช้ Fe มอร์แดงที่				
	L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
	+ 23.10	+2.46	+5.64	3-4	UB99FFA1
	- ย้อมมอร์แดงที่พร้อมย้อมสี				
	- อัตราส่วนผงสีต่อผ้าต่อน้ำ 4:1:40				
	- ใช้ Cu มอร์แดงที่				
	L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
	+ 53.22	+12.11	+27.30	2	UB99CFS1
	- ใช้ Al มอร์แดงที่				
	L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
	+ 59.65	+11.50	+25.54	1	UB99AFS1
	- ใช้ Fe มอร์แดงที่				
	L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
	+ 34.46	+3.44	+8.06	2	UB99FFS1

รูปที่ 3.49 ผลการย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมจากผงสีสกัดจากเปลือกแห้งดินยูคาลิปตัส

สีที่ย้อมได้



- ย้อมมอร์แคนท์พร้อมย้อมสี

- อัตราส่วนผงสีต่อผ้าค่อน้ำ 1:4:100

- ใช้ Cu มอร์แคนท์

L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
+ 62.76	+9.61	+21.27	3	UB99CFS2



- ใช้ Al มอร์แคนท์

L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
+ 70.44	+8.44	+17.89	2	UB99AFS2



- ใช้ Fe มอร์แคนท์

L*	a*	b*	Light fastness	รหัส
+ 42.47	+1.57	+2.78	3	UB99FFS2

รูปที่ 3.49 (ต่อ)

พบว่าผลการย้อมด้วยน้ำย้อมที่เตรียมจากผงสีให้สีใกล้เคียงกับการใช้น้ำย้อมที่เตรียมจากเปลือกแห้งคันยูคาลิปตัส และสามารถเปลี่ยนโทนสีได้โดยการเปลี่ยนส่วนผสมของผงสีกับน้ำ การย้อมมอร์แคนท์หลังย้อมสีให้สีเข้มกว่าการย้อมมอร์แคนท์พร้อมการย้อมสีและสีที่ได้มีความคงทนต่อแสงมากกว่า โคชมอร์แคนท์ที่เหมาะสมควรเป็น Cu และ Fe ซึ่งให้ความคงทนต่อแสงระดับ 3 และ 3-4 ตามลำดับ ส่วน Al มอร์แคนท์จะทนน้อยกว่าประมาณ 1 เท่า

3.12.2 การหาปริมาณแทนนิน และสารฟีนอลิก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพพบว่ามีแทนนิน และสารฟีนอลิกในน้ำย้อมสกัดจากเปลือกแห้งคันยูคาฯ ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของ

- แทนนินในสารสกัดจากเปลือกแห้งคันยูคาฯ โดยใช้วิธีการALCA ตามข้อ 3.1.5.2 และนำไปคำนวณหา ปริมาณต่าง ตามสมการที่ 3.4– 3.9 ได้ผลดังตารางที่ 3.10
- สารฟีนอลิกในสารสกัดจากเปลือกแห้งคันยูคาฯ ตามข้อ 3.1.5.3 และคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิก ตามสมการที่ 3.10 ได้ผลดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ปริมาณ แทนนิน และสารฟีนอลิกที่สกัดได้จากเปลือกแห้งต้นยูคาฯ
ภาวะการสกัด: ต้มเปลือกแห้งต้นยูคาฯ ในน้ำเดือด เวลา 1 ชั่วโมง

การวิเคราะห์	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
<u>แทนนิน</u>		
- % moistureในวัตถุดิบ*	9.3	14.2
- pH ของสารละลายสกัด	6	6
- % Total solids	28.6	20.0
% Soluble solids	19.3	12.1
% Insoluble solids	9.3	7.9
- % Nontannin	14.5	8.1
- % Tannin	4.8	4.0
- Gelatin-salt solution test	ใส ไม่มีตะกอน	ใส ไม่มีตะกอน
<u>Phenolic compounds</u>		
- % Phenolic compounds	12.44	-
- % moistureในวัตถุดิบ	14.0	-

3.12.3 สรุปผลการย้อมด้วยยูคาลิปตัส

การย้อมด้วยเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัสให้ผลคล้ายกับการย้อมด้วยเปลือกต้นสมอไทย สีนํ้าตาลที่ได้มีโทนสีนํ้าตาลแดงไปถึงดำตามมอร์แดนต์ที่ใช้ พบว่ามอร์แดนต์ที่ควรใช้ในการย้อมคือ ทองแดง และเหล็ก ซึ่งจะให้นํ้าตาลแดงและดำที่มีความคงทนของสีต่อแสงในระดับที่น่าพอใจและกล่าวได้ว่าอยู่ในกลุ่มที่เรียกว่าดีหรือดีมากของสีย้อมธรรมชาติ

จากการทดลองย้อมโดยใช้เปลือกแห้งยูคาลิปตัสที่เก็บไว้ในสภาพเปลือกแห้งตามธรรมชาติประมาณ 3 เดือนโดยไม่มีการควบคุมภาวะใด ๆ ทั้งสิ้น พบว่าสีนํ้าตาลที่ได้จะอ่อนลง แสดงว่าสารให้สีเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ตามเวลาและในอัตราที่ค่อนข้างเร็ว การย้อมจากนํ้าต้มเปลือกยูคาลิปตัสโดยตรงจึงอาจมีปัญหาการเปลี่ยนของสีตามระยะเวลาที่เก็บรักษาวัตถุดิบก่อนย้อมได้ การใช้ผงสีจึงเป็นวิธีการที่น่าจะควบคุมคุณภาพของสีที่ย้อมติดบนผ้าได้ง่ายกว่า

3.13 จามจุรี

การย้อมผ้าฝ้ายด้วยใบจามจุรี มีรายงานการย้อมว่าให้สีเขียว การศึกษาวิจัยการย้อมผ้าฝ้ายใบจามจุรีในที่นี้สนใจศึกษาส่วนที่เป็นใบสดและเป็นใบตากแห้งโดยการฝังลงในที่ร่ม

3.13.1 การทดสอบการย้อม

ได้ทำการทดสอบการย้อมผ้าฝ้ายฟอกที่ทำความสะอาดด้วยโซดาแอชตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ก ด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบจามจุรีสดใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ข.1 แต่ใช้เวลาในการย้อมสีนาน 1 ชั่วโมง โดยใช้หมอร์แดง 10% CuSO_4 และภาวะต่าง ๆ ดังนี้

- ทำการกวน
- ไม่กวนของผสมระหว่างย้อม และ
- ปรับสภาพน้ำย้อมให้เป็นเบสด้วยน้ำปูนใส $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$

ผลการย้อมแสดงได้ดังรูปที่ 3.50

สีที่ย้อมได้



- ใช้น้ำย้อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 79.10	- 4.89	+ 18.50	MM99CDA9



- ใช้น้ำย้อมปกติ ทำการกวนขณะย้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 73.63	- 7.77	+ 15.47	MM9ACDA9



- ใช้น้ำย้อมที่ทำให้เป็นเบสด้วย $\text{Ca}(\text{OH})_2$

L*	a*	b*	รหัส
+ 80.45	- 4.31	+ 12.58	MM9BCDA9

รูปที่ 3.50 ผลการย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมจากใบจามจุรีสด

การทดสอบการย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบจามจุรีแห้งนั้น ได้ทำความสะอาดผ้าฝ้ายฟอกด้วยโซดาแอชตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ก ก่อนทำการย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบจามจุรี

แห้งใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ข.1 แต่ใช้เวลาในการย้อมสีนาน 1 ชั่วโมง โดยใช้มอร์แดนต์ 10% CuSO_4 , FeSO_4 , และ $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ และภาวะต่าง ๆ ดังนี้

- ภาวะการย้อมปกติไม่ใช้สารช่วยย้อม
- ใช้สารช่วยย้อม 2 %Stevioside เติมในน้ำย้อมก่อนการย้อมสี และทำการย้อมมอร์แดนต์หลังย้อมสี และ
- ใช้สารช่วยย้อม 2 %Tween 80 (Polyoxyethylene-Sorbitan-Monooleate) เติมในน้ำย้อมก่อนการย้อมสี และทำการย้อมมอร์แดนต์หลังย้อมสี

ผลการย้อมแสดงได้ดังรูปที่ 3.51

สีที่ย้อมได้



- ใช้สารส้อมเป็นมอร์แดนต์

- ใช้สีน้ำย้อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 82.08	- 0.88	+ 16.69	MN99ADAC



- ใช้สีน้ำย้อมเติม Stevioside 2%

L*	a*	b*	รหัส
+ 79.16	- 1.92	+ 15.48	MN9CADAC



- ใช้สีน้ำย้อมเติม Tween 80 2%

L*	a*	b*	รหัส
+ 84.12	+ 0.46	+ 13.68	MN9DADAC



- ใช้ปูนสีเป็นมอร์แดนต์

- ใช้สีน้ำย้อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 78.26	- 4.77	+ 15.37	MN99CDAC



- ใช้สีน้ำย้อมเติม Stevioside 2%

L*	a*	b*	รหัส
+ 74.84	- 6.91	+ 15.13	MN9CCDAC

รูปที่ 3.51 ผลการย้อมด้วยผ้าฝ้ายด้วยน้ำย้อมจากใบจามจุรีแห้ง

สีที่ข้อมได้



- ใช้น้ำข้อมเดิม Tween 80 2 %

L*	a*	b*	รหัส
+ 79.53	- 2.34	+ 14.90	MN9DCDAC



- ใช้เฟอร์สซัลเฟตเป็นมอร์แคนท์

- ใช้น้ำข้อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 68.41	+ 4.69	+ 20.52	MN99FDAC



- ใช้น้ำข้อมเดิม Stevioside 2%

L*	a*	b*	รหัส
+ 68.16	+ 3.82	+ 20.50	MN9CFDAC



- ใช้น้ำข้อมเดิม Tween 80 2 %

L*	a*	b*	รหัส
+ 71.08	+ 5.32	+ 20.42	MN9DFDAC

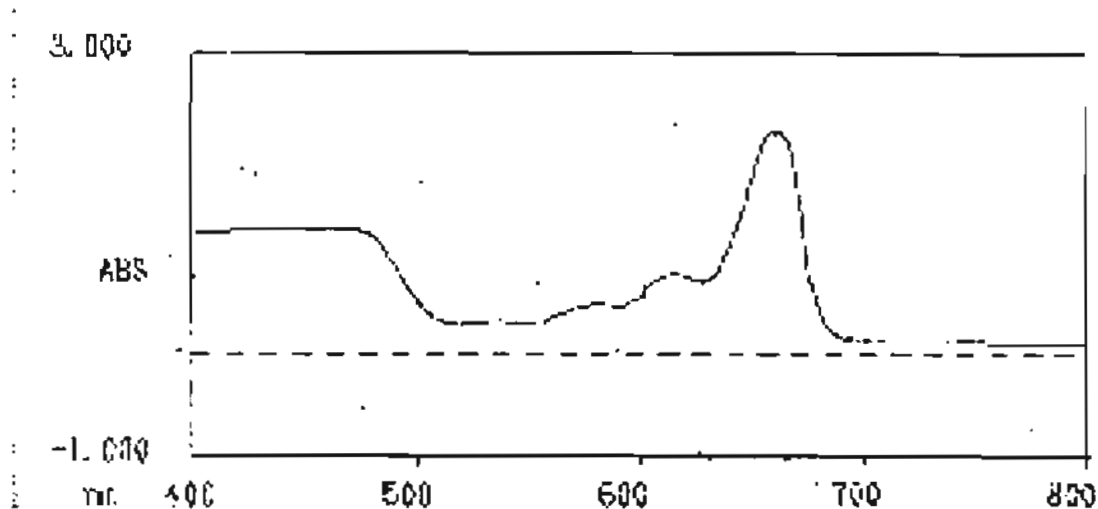
รูปที่ 3.51 (ต่อ)

ผลการข้อมด้วยน้ำข้อมจากใบจามจุรีส่วนมากให้โทนสีอ่อน สีจะออกเหลือง เมื่อใช้ลูมิเนียมมอร์แคนท์ ให้สีเขียวอ่อนเมื่อใช้มอร์แคนท์เป็นทองแดง และให้สีน้ำตาลอ่อนกับมอร์แคนท์เหล็ก ใบจามจุรีจึงอาจใช้เป็นวัตถุดิบให้สีเขียวได้

3.13.2 การหาปริมาณคลอโรฟิลล์

ผลการวิเคราะห์คุณภาพที่พบว่ามีคลอโรฟิลล์ ในน้ำข้อมสกัดจากใบจามจุรี ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของ

- คลอโรฟิลล์ในสารสกัดจากใบจามจุรี โดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.5.1 กราฟการดูดกลืนแสงแสดงได้ดังรูปที่ 3.52 และนำไปคำนวณหา ปริมาณของ chlorophyll a และ chlorophyll b ตามสมการที่ 3.1 – 3.3 ได้ผลดังตารางที่ 3.11



รูปที่ 3.52 การดูดกลืนแสงของสารสกัดจากใบจามจุรี

ตารางที่ 3.11 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สกัดได้จากใบจามจุรี

ภาวะการสกัด: ต้มใบจามจุรีในน้ำเดือด เวลา 1 ชั่วโมง

การวิเคราะห์	ครั้งที่ 1
คลอโรฟิลล์	
- ค่าการดูดกลืนแสงที่ 646 nm	2.23
- ค่าการดูดกลืนแสงที่ 663 nm	1.65
- คลอโรฟิลล์รวม (%)	0.22
- คลอโรฟิลล์ เอ (%)	0.11
- คลอโรฟิลล์ บี (%)	0.11

3.13.3 สรุปผลการย้อมด้วยจามจุรี

ใบจามจุรีสดเหมาะสำหรับย้อมให้ได้สีเขียวโดยใช้ทองแดงเป็นมอร์แดนต์ ใบจามจุรีมีลักษณะคล้ายใบพญ่าหวาน คือ มีคลอโรฟิลล์ค่อนข้างมาก ละลายได้ง่ายในน้ำทำให้สกัดออกจากใบได้ง่าย นอกจากนี้สีเขียวจากใบจามจุรีมีสีที่สดใสมากกว่าสีเขียวจากวัสดุอื่น ๆ ที่ได้ทำการศึกษาในการวิจัยนี้

3.14 ฟ้ายะลาโย

การย้อมด้วยฝ้ายด้วยใบฟ้ายะลาโย (ดูภาคผนวก 2) ในที่นี้ สนใจส่วนที่เป็นใบสด และเป็นการทดสอบการย้อมด้วยวิธีการที่ใช้กับวัสดุอื่น

3.14.1 การทดสอบการย้อม

การทดสอบการย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบฟ้ายะลาโย ได้ทำความสะอาดผ้าฝ้ายพอกด้วยโซดาแอซตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ก การย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบฟ้ายะลาโย ใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ก.3 ใช้มอร์แดนท์ 10% CuSO_4 , FeSO_4 , และ $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ และใช้ภาวะต่าง ๆ ดังนี้

- ภาวะการย้อมปกติไม่ใช้สารช่วยย้อม
- ใช้สารช่วยย้อม 2 % Stevioside เติมในน้ำย้อมก่อนการย้อมสี และทำการย้อมมอร์แดนท์หลังย้อมสี

ผลการย้อมแสดงได้ดังรูปที่ 3.53

สีที่ย้อมได้



- ใช้สารส้มเป็นมอร์แดนท์

- ใช้น้ำย้อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 74.46	- 0.81	+ 16.04	ZL99ADAB



- ใช้น้ำย้อมเติม stevioside 2%

L*	a*	b*	รหัส
+ 72.47	- 0.80	+ 15.94	ZL9CADAB



- ใช้ปูนสิเป็นมอร์แดนท์

- ใช้น้ำย้อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 66.08	- 2.52	+ 20.58	ZL99CDAB



- ใช้น้ำย้อมเติม stevioside 2%

L*	a*	b*	รหัส
+ 65.79	- 3.03	+ 17.51	ZL9CCDAB

รูปที่ 3.53 ผลการย้อมด้วยน้ำย้อมจากใบฟ้ายะลาโยสด

สีที่ข้อมได้



- ใช้เฟอร์สซัลเฟตเป็นมอร์แดนท์

- ใช้น้ำข้อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 53.72	+ 1.79	+ 15.66	ZL99FDAB



- ใช้น้ำข้อมเติม stevioside 2%

L*	a*	b*	รหัส
+ 60.85	+ 1.24	+ 13.88	ZL9CFDAB

รูปที่ 3.53 (ต่อ)

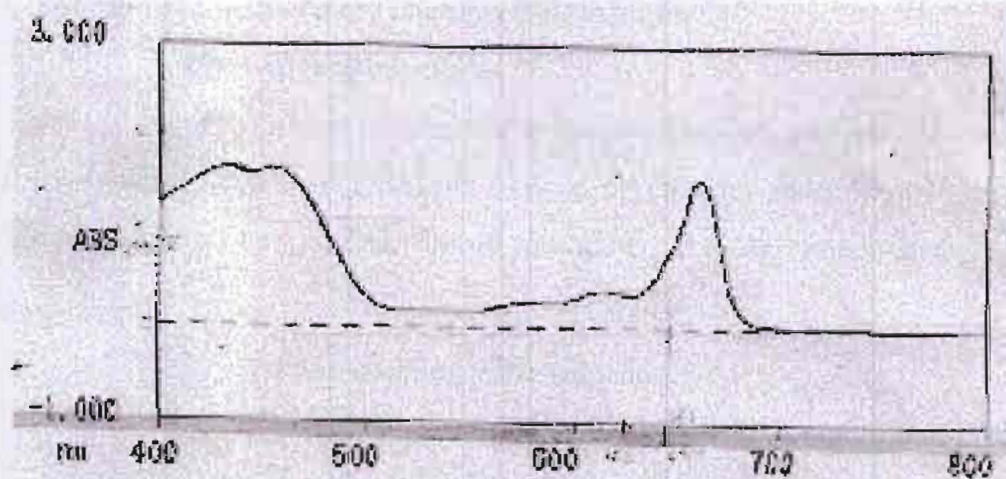
ผลการข้อมให้โทนสีเขียวคล้ำกับสีที่ได้จากการข้อมด้วยใบจามจุรีสด

3.14.2 การหาปริมาณคลอโรฟิลล์

ผลการวิเคราะห์คุณภาพพบว่ามีคลอโรฟิลล์ ในน้ำข้อมสกัดจากใบฟ้าทะลายโจร ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของ

- คลอโรฟิลล์ในสารสกัดจากใบฟ้าทะลายโจรโดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.5.1

กราฟการดูดกลืนแสงแสดงได้ดังรูปที่ 3.54 และนำไปคำนวณหา ปริมาณของ chlorophyll a และ chlorophyll b ตามสมการที่ 3.1 – 3.3 ได้ผลดังตารางที่ 3.12



รูปที่ 3.54 การดูดกลืนแสงของสารสกัดจากใบฟ้าทะลายโจร

ตารางที่ 3.12 ปริมาณคลอโรฟิลล์ ที่สกัดได้จากใบฟ้าทะลายโจร

ภาวะการสกัด: ต้มใบฟ้าทะลายโจรในน้ำเดือด เวลา 1 ชั่วโมง

การวิเคราะห์	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
คลอโรฟิลล์		
- ค่าการดูดกลืนแสงที่ 646 nm	2.23	1.60
- ค่าการดูดกลืนแสงที่ 663 nm	1.65	0.80
- คลอโรฟิลล์รวม (%)	0.22	0.13
- คลอโรฟิลล์ เอ (%)	0.11	0.09
- คลอโรฟิลล์ บี (%)	0.11	0.04

3.14.3 สรุปผลการย้อมด้วยฟ้าทะลายโจร

สีเขียวที่ได้จากการย้อมด้วยใบฟ้าทะลายโจรอยู่ในระดับดีปานกลาง และอาจใช้เป็นวัตถุดิบให้สีเขียวได้ชนิดหนึ่ง

3.15 กระพังโหม

การย้อมด้วยฝ้ายด้วยใบกระพังโหม(ดูภาคผนวกที่ 2) การย้อมด้วยใบกระพังโหมในที่นี้ใช้ส่วนที่เป็นใบสด เพื่อทดสอบวิธีการย้อมที่ได้จากวัสดุอื่น

3.14.1 การทดสอบการย้อม

การทดสอบการย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบกระพังโหม ได้ทำความสะอาดผ้าฝ้ายฟอกด้วยโซดาแอชตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ก การย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบกระพังโหม ใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ก.3 ใช้มอร์แดนท์ 10% CuSO_4 , FeSO_4 , และ $\text{KAl(SO}_4)_2$ และภาวะต่าง ๆ ดังนี้

- ภาวะการย้อมปกติไม่ใช้สารช่วยย้อม
- ใช้สารช่วยย้อม 2 %Stevioside เติมในน้ำย้อมก่อนการย้อมสี และทำการย้อมมอร์แดนท์หลังย้อมสี

ผลการย้อมแสดงได้ดังรูปที่ 3.55

สีที่ซ่อมได้



- ใช้สารส้มเป็นมอร์แดนต์

- ใช้น้ำซ่อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 78.51	+ 3.83	+ 4.52	KL99ADAB



- ใช้น้ำซ่อมเดิม stevioside 2%

L*	a*	b*	รหัส
+ 78.32	+ 3.30	+ 4.77	KL9CADAB



- ใช้ปูนสีเป็นมอร์แดนต์

- ใช้น้ำซ่อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 77.75	+ 1.34	+ 6.67	KL99CDAB



- ใช้น้ำซ่อมเดิม stevioside 2%

L*	a*	b*	รหัส
+ 77.55	- 0.32	+ 7.36	KL9CCDAB



- ใช้เฟอร์รัสซัลเฟตเป็นมอร์แดนต์

- ใช้น้ำซ่อมปกติ

L*	a*	b*	รหัส
+ 71.11	+ 6.35	+ 20.13	KL99FDAB



- ใช้น้ำซ่อมเดิม stevioside 2%

L*	a*	b*	รหัส
+ 70.56	+ 4.78	+ 17.49	KL9CFDAB

รูปที่ 3.55 ผลการซ่อมด้วยน้ำซ่อมจากใบกระพังโหม

3.15.2 สรุปผลการซ่อมด้วยกระพังโหม

สีที่ได้จากการซ่อมด้วยน้ำซ่อมจากใบ(และเถา)กระพังโหม ให้สีอ่อนคล้ายกับที่ได้จากใบงามจูลีและฟ้าทะลายเถาโทนสีจะอ่อนกว่าทำให้ดูสีชัดเจน แม้จะมีรายงานไว้แต่เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว จะกล่าวได้ว่า ใบ(และเถา)กระพังโหมให้สีค่อนข้างอ่อนไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในงานซ่อมสีเส้นใย

3.16 ขี้เหล็ก

กลุ่มทอผ้าบ้านนาคอเรือที่ร่วมในโครงการวิจัยนี้ได้ข้อมูลว่าการย้อมด้วยน้ำขี้เหล็ก (ดูภาคผนวก 2) จะได้สีเขียว และได้พยายามดำเนินการอย่างต่อเนื่องทั้งที่เป็นการย้อมด้วยใบสดและใบหมัก ผลส่วนใหญ่ไม่เป็นไปตามที่คาด สีที่ได้มีแนวโน้มออกเหลืองมากกว่า ในที่นี้จึงได้ทดสอบวิธีการย้อมจากวัสดุอื่นกับน้ำย้อมจากใบขี้เหล็กสด

3.16.1 การทดสอบการย้อม

การทดสอบการย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบขี้เหล็ก ได้ทำความสะอาดผ้าฝ้ายฟอกด้วย NaOH ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ข การย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบขี้เหล็กใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ข.1 หลังจากย้อมผ้าแล้ว 60 นาที เติมนอร์แดนที่ 2% CuSO_4 กับ 2% HOAc ลงในอ่างย้อมผ้าทำการย้อมต่ออีก 30 นาที จากนั้นทำการย้อมสีนาน 1 ชั่วโมง น้ำย้อมที่ใช้มี 2 แบบ ดังนี้

- น้ำย้อมปกติ (วัตถุดิบต่อผ้าต่อน้ำ 1:1:10) และ
- น้ำย้อมที่ระเหยให้เข้มข้น 2 เท่า (วัตถุดิบต่อผ้าต่อน้ำ 2:1:10)

ผลการย้อมแสดงได้ดังรูปที่ 3.56

สีที่ย้อมได้					
	- ย้อมผ้าด้วยกรดแทนนิก				
	- น้ำย้อมปกติ	L*	a*	b*	รหัส
		+ 45.54	+ 4.25	+ 19.37	K6060
	- น้ำย้อมเข้มข้น 2 เท่า				
		L*	a*	b*	รหัส
		+ 50.00	+ 3.40	+ 17.02	K6061
	- ย้อมผ้าด้วยน้ำใบยูคาลิปตัส				
	- น้ำย้อมปกติ	L*	a*	b*	รหัส
		+ 50.95	+ 3.44	+ 16.37	K6062
	- น้ำย้อมเข้มข้น 2 เท่า				
		L*	a*	b*	รหัส
		+ 48.17	+ 4.51	+ 16.08	K6063

รูปที่ 3.56 ผลการย้อมด้วยน้ำย้อมจากใบขี้เหล็ก

3.16.2 สรุปผลการย้อมด้วยขี้เหล็ก

ผลการย้อมที่ได้ไม่ได้สีเขียวตามที่คาด ใบขี้เหล็กสดจึงไม่เหมาะที่จะนำมาย้อมให้ได้สีเขียว

3.17 ขี้เหล็กฝรั่ง

การย้อมด้วยฝ้ายด้วยใบขี้เหล็กฝรั่ง (คูภาคผนวก 2) คาดว่าจะได้สีเขียวในที่นี้จึงสนใจศึกษาส่วนที่เป็นใบสด

3.17.1 การทดสอบการย้อม

การทดสอบการย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบขี้เหล็กฝรั่ง ได้ทำความสะอาดผ้าฝ้ายพอกด้วย Teepol ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ค การย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบขี้เหล็กฝรั่งใช้วิธีการย้อมแบบย้อมเย็น โดยมีวิธีการดังนี้

1. เตรียมน้ำย้อมโดยการบดปั่นด้วยเครื่องปั่นใช้ไฟฟ้า ใช้อัตราส่วน วัตถุดิบต่อผ้าต่อน้ำ 3:1:20 กรองแยกกากออกด้วยผ้าขาวบาง
2. นำผ้าที่ทำความสะอาดแล้วลงย้อมใช้เวลา 30 นาที ระหว่างย้อมทำการกวนต่อเนื่องด้วยแท่งกวนแม่เหล็ก
3. เมื่อทำการย้อมได้ 5 นาที เติมเกลือ NaCl ปริมาณ 10 %owf. ลงในอ่างย้อม
4. ดักผ้าขึ้น ซับให้แห้งด้วยกระดาษกรอง
5. นำผ้าลงย้อมในสารละลายมอร์แดนท์ 2 %CuSO₄ ที่อุณหภูมิ 80 – 90 °C เวลา 5 นาที
6. ดักผ้าขึ้น ผึ่งให้แห้ง ชักด้วยน้ำจืดไม่ดก ผึ่งให้แห้ง
7. นำไปบันทึกภาพ ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อแสงต่อไป

ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 3.57

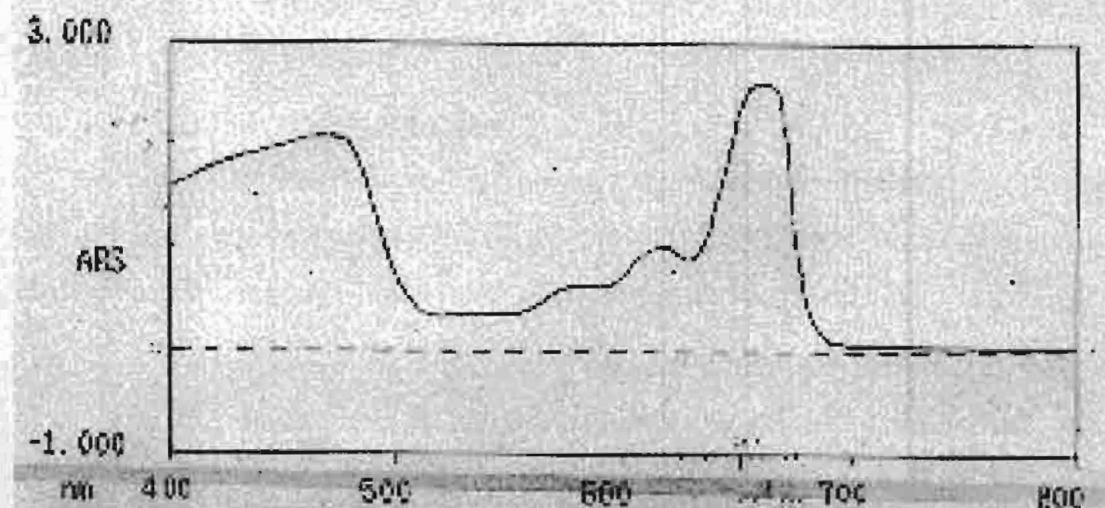
สีที่ย้อมได้						
	- ชั้นที่ 1	L*	a*	b*	lightfastness	รหัส
		+ 64.05	- 2.68	+10.43	1-2	CS99C2A1
	- ชั้นที่ 2	L*	a*	b*	lightfastness	รหัส
		+ 66.76	- 2.47	+ 9.93	1-2	CS99C2A2

รูปที่ 3.57 ผลการย้อมด้วยน้ำย้อมจากใบขี้เหล็กฝรั่ง

3.17.2 การหาปริมาณคลอโรฟิลล์

ผลการวิเคราะห์คุณภาพที่พบว่ามียคลอโรฟิลล์ ในน้ำซอมสกัดจากใบชี้เหล็กฝรั่ง ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของ

- คลอโรฟิลล์ในสารสกัดจากใบชี้เหล็กฝรั่งโดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.5.1 กราฟการดูดกลืนแสงแสดงได้ดังรูปที่ 3.58 และนำไปคำนวณหา ปริมาณของ chlorophyll a และ chlorophyll b ตามสมการที่ 3.1 – 3.3 ได้ผลดังตารางที่ 3.13



รูปที่ 3.58 การดูดกลืนแสงของสารสกัดจากใบชี้เหล็กฝรั่ง

ตารางที่ 3.13 ปริมาณคลอโรฟิลล์ ที่สกัดได้จากใบชี้เหล็กฝรั่ง

ภาวะการสกัด: ดมใบชี้เหล็กฝรั่งในน้ำเดือด เวลา 1 ชั่วโมง

การวิเคราะห์	ครั้งที่ 1
คลอโรฟิลล์	
- ค่าการดูดกลืนแสงที่ 646 nm	2.10
- ค่าการดูดกลืนแสงที่ 663 nm	2.60
- คลอโรฟิลล์รวม (%)	0.28
- คลอโรฟิลล์ เอ (%)	0.13
- คลอโรฟิลล์ บี (%)	0.15

3.17.3 สรุปผลการย้อมด้วยขี้เหล็กฝรั่ง

ใบขี้เหล็กฝรั่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ค่อนข้างสูง สามารถใช้ย้อมให้ได้สีเขียวได้ และน่าจะสามารถใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับงานดังกล่าวได้ แต่จะมีปัญหาที่ความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ต่ำเทียบเท่ากับผ้ามาตรฐานระหว่างเบอร์ 1 กับ เบอร์ 2 เท่านั้น

3.18 มังคุด

การย้อมผ้าฝ้ายด้วยเปลือกผลมังคุด มีรายงานว่าได้สีม่วงเมื่อใช้สารช่วยย้อมเป็นน้ำส้มป่อย แต่เนื่องจากในเปลือกผลมังคุดมีสารแทนนินอยู่ด้วย จึงคาดว่าจะสามารถย้อมให้สีน้ำตาลได้

3.18.1 การทดสอบการย้อม

ในการทดสอบการย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากเปลือกผลมังคุดได้ทำความสะอาดผ้าฝ้ายฟอกด้วยโซดาแอซ ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ก การย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากเปลือกผลมังคุดใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ก.3 โดยใช้ 10 % CuSO_4 มอร์แดนต์ และน้ำย้อมที่ใช้มี 3 แบบคือ

1. น้ำย้อมจากการสกัดสารสีในเปลือกมังคุดแห้งด้วยสารละลาย 5.0 % NaOH ใช้อัตราส่วน 1:2.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่ภาวะต้มเดือด นาน 5-10 นาที กรองแยกกากมังคุดออก
2. ทำการสกัดสารเมงโกสตินออกก่อน โดยการแช่เปลือกมังคุดบดแห้งในโคคลอโรมีเทน 1 ลิตร กรองแยกสารละลายออก นำกากไปสกัดซ้ำอีก 1 ครั้ง ทำให้กากแห้ง จากนั้นนำไปสกัดสารสีตามวิธีการในข้อ 1 และ
3. ทำการสกัดสารเมงโกสตินออกก่อนเหมือนกับข้อ 2 จากนั้นสกัดสารสีโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสกัดใช้เวลาในการต้ม 1 ชั่วโมง กรองแยกกากทิ้งไป ส่วนสารละลายระเหยจนแห้ง นำผงสีที่ได้ไปละลายใน 5 % NaOH ผงสีต่อสารละลาย (อัตราส่วน 1:125) ทำการย้อมโดยย้อมมอร์แดนต์ 3 แบบคือ
 - ย้อมมอร์แดนต์ก่อนย้อมสี ที่อุณหภูมิ 70 °C
 - ย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสี ที่อุณหภูมิห้อง และ
 - ย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสี ที่อุณหภูมิ 70 °C

ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 3.59

สีที่ข้อมได้



- ไม่สกัดสารเมงโกสดินออกก่อนข้อม

L*	a*	b*	รหัส
+ 31.56	+ 8.99	+ 16.44	K6111



- สกัดสารเมงโกสดินออกก่อนข้อมสกัดสารสีด้วย 5 %NaOH

L*	a*	b*	รหัส
+ 29.18	+ 7.84	+ 15.60	K6112



- สกัดสารเมงโกสดินออกก่อนข้อมและสกัดสารสีด้วยน้ำ

- ข้อมมอร์แดนที่ร้อนก่อนข้อมสี

L*	a*	b*	รหัส
+ 53.11	+ 6.33	+ 12.45	MT99CDPR



- ข้อมมอร์แดนที่ที่อุณหภูมิห้องหลังข้อมสี

L*	a*	b*	รหัส
+ 65.76	+ 0.21	+ 12.65	MT99CDA0



- ข้อมมอร์แดนที่ร้อนหลังข้อมสี

L*	a*	b*	รหัส
+ 67.85	- 0.55	+ 12.64	MT99CDA9

รูปที่ 3.59 ผลการข้อมด้วยน้ำข้อมจากเปลือกผลมังคุด

ได้ทำการข้อมสีด้วยน้ำข้อมเตรียมจากผงสีที่ได้จากการระเหยน้ำออกจากน้ำข้อมโดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.6.2.ค.1(ข้อมมอร์แดนที่หลังข้อมสี) และตามข้อ 3.1.6.2.ค.2 (ข้อมมอร์แดนที่พร้อมข้อมสี) ใช้อัตราส่วนผงสีต่อผ้าต่อน้ำ เป็น 4 :1:40 สีที่ข้อมได้ ผลการวัดสีและผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแสดงได้ดังรูปที่ 3.60

สีที่ได้					
	- ใช้ Cu มอร์แดนท์				
	- ข้อมมอร์แดนท์หลังข้อมสี				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 52.27	+ 8.97	+ 24.21	3	MT99CFA1
	- ใช้มอร์แดนท์ ผสมผงสี				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 57.10	+ 13.37	+ 30.34	2-3	MT99CFS1
	- ใช้ Al มอร์แดนท์				
	- ข้อมมอร์แดนท์หลังข้อมสี				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 68.69	+ 6.46	+ 26.41	3	MT99AFA1
	- ใช้มอร์แดนท์ผสมผงสี				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 62.35	+ 10.54	+ 26.58	2	MT99AFS1
	- ใช้ Fe มอร์แดนท์				
	- ข้อมมอร์แดนท์หลังข้อมสี				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 40.88	+ 1.57	+ 11.83	3	MT99FFA1
	- ใช้มอร์แดนท์ผสมผงสี				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 43.31	+ 2.74	+ 13.03	2	MT99FFS1

รูปที่ 3.60 ผลของมอร์แดนท์และความเข้มข้นต่อสีผ้าข้อมด้วยน้ำข้อมจากผงสีเปลือกมังคุด

3.18.2 สรุปผลการข้อมด้วยมังคุด

เปลือกผลมังคุดสามารถใช้ข้อมให้ได้สีน้ำตาลและสีเทาได้ แต่เมื่อพิจารณาจากความง่ายในการจัดหาและปริมาณของวัตถุดิบเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอื่นแล้วเชื่อว่ายังไม่เหมาะสม เว้นแต่จะมีเปลือกมังคุดวัตถุดิบที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการอื่น

3.19 ตะแบก

ได้ศึกษาการย้อมด้วยน้ำย้อมจากลูกตะแบก (ดูภาคผนวก 2) ซึ่งคาดว่าจะสามารถย้อมให้สีน้ำตาลหรือสีดำได้

3.19.1 การทดสอบการย้อม

ได้ทำการทดสอบการย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากลูกตะแบกสดที่ผึ่งลมให้แห้ง โดยทำความสะอาดผ้าฝ้ายฟอกด้วย Teepol ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ค การย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากลูกตะแบกสด ใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ข.2 โดยใช้มอร์แดนท์ 10 %FeSO₄ และ Al₂(SO₄)₃

ผลการย้อมแสดงได้ดังรูปที่ 3.61

สีที่ได้						
	- ใช้ Fe มอร์แดนท์					
	- ย้อมมอร์แดนท์ก่อนและพร้อมการย้อมสีแล้วย้อมทับด้วยกรดแทนนิก					
		L*	a*	b*	light fastness	รหัส
		+ 31.93	+ 1.05	+ 4.41	4	TB99FDM9
	- ใช้ Al มอร์แดนท์					
	- ย้อมมอร์แดนท์ก่อนและพร้อมการย้อมสีแล้วย้อมทับด้วยกรดแทนนิก					
		L*	a*	b*	light fastness	รหัส
		+ 59.17	+ 6.76	+ 24.45	1(3)	TB99ADM9

รูปที่ 3.61 ผลการย้อมด้วยน้ำย้อมจากผลตะแบก

3.19.2 การหาปริมาณแทนนิน และสารฟีนอลิก

ผลการทดสอบทางกายภาพตามข้อ 3.2 นั้น สารละลายสกัดจากลูกตะแบกสด พบสารประเภทแทนนินและสารฟีนอลิก ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของ

- แทนนินในสารสกัดจากลูกตะแบกสดโดยใช้วิธีการALCA ตามข้อ 3.1.5.2 และนำไปคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ตามสมการที่ 3.4– 3.9 ได้ผลดังตารางที่ 3.14 และ
- สารฟีนอลิกในสารสกัดจากลูกตะแบกสดโดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1.5.3 และคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิก ตามสมการที่ 3.10 ได้ผลดังตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.14 ปริมาณแทนนิน และสารฟีนอลิกที่สกัดได้จากลูกตะแบก
ภาวะการสกัด: ต้มลูกตะแบกบดละเอียดในน้ำเดือด เวลา 1 ชั่วโมง

การวิเคราะห์	ครั้งที่ 1
<u>แทนนิน</u>	
- % moisture ในวัตถุดิบ	8.65
- pH ของสารละลายสกัด	6
- % Total solids	13.33
% Soluble solids	10.67
% Insoluble solids	2.66
- % Nontannin	6.08
- % Tannin	4.59
- Gelatin-salt solution test	ใส ไม่มีตะกอน
<u>Phenolic compounds</u>	
- % Phenolic compounds	11.50

3.19.3 สรุปผลการย้อมด้วยตะแบก

ลูกตะแบกอาจเป็นวัตถุดิบให้สีย้อมธรรมชาติที่น่าสนใจตัวหนึ่งในการย้อม
 ด้วยฝ้ายให้สีน้ำตาล

3.20 รกฟ้า

ได้ศึกษาการย้อมด้วยฝ้ายด้วยรกฟ้า (ลูกคณวก 2) ซึ่งมีรายงานว่าสามารถย้อมให้สี
 น้ำตาลหรือสีดำได้ โดยส่วนที่ศึกษาได้แก่เปลือกต้นและเปลือกผล

3.20.1 การทดสอบการย้อม

ได้ทำการทดสอบการย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากเปลือกต้นและเปลือกผลรกฟ้า
 โดยทำความสะอาดผ้าฝ้ายฟอกด้วย Teepol ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ค การย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจาก
 เปลือกต้นและเปลือกผลรกฟ้าใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ข.1 โดยไม่มีการย้อมผ้ารองพื้น และทำ
 การย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสี ใช้มอร์แดนต์ 10 % CuSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ และ FeSO_4

ผลการย้อมแสดงได้ดังรูปที่ 3.62

สีที่ย้อมได้	- ใช้ Cu มอร์แคนท์				
	- เปลือกคัน				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 45.87	+ 13.39	+ 23.47	4	RF99CFA1
	- เปลือกผล				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 56.47	+ 5.81	+ 24.13	3-4	RF99CFA2
	- ใช้ Al มอร์แคนท์				
	- เปลือกคัน				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	- เปลือกผล				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 73.15	+ 1.32	+ 24.37	2-3	RF99AFA2
	- ใช้ Fe มอร์แคนท์				
	- เปลือกคัน				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	- เปลือกผล				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 38.17	- 0.23	+ 9.63	3-4	RF99FFA2

รูปที่ 3.62 ผลการย้อมด้วยน้ำย้อมจากเปลือกคันและเปลือกผลรกฟ้า

3.20.2 สรุปผลการย้อมด้วยรกฟ้า

ผลการย้อมด้วยรกฟ้าพบว่าได้สีน้ำตาลเมื่อใช้ Al มอร์แคนท์ และได้สีดำเมื่อใช้ Fe มอร์แคนท์ และพบว่าสีค่าที่ได้ค่อนข้างเข้ม เปลือกคันรกฟ้าจึงเหมาะที่จะใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับย้อมให้ได้สีดำ

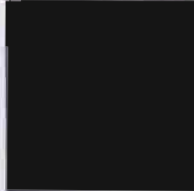
3.21 มะกอก

ได้ศึกษาการย้อมด้วยฝ้ายด้วยเปลือกและเนื้อของผลมะกอก (คูภาพผนวก 2) ซึ่งคาดว่าจะสามารถย้อมให้สีน้ำตาลหรือสีดำได้

3.21.1 การทดสอบการย้อม

ได้ทำการทดสอบการย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากเปลือกและเนื้อของผลมะกอก โดยทำความสะอาดผ้าฝ้ายฟอกด้วย Teepol ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ค การย้อมใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ข.1 โดยไม่มีการย้อมผาครองพื้น และทำการย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสี ใช้มอร์แดนต์ 10 %CuSO₄ , Al₂(SO₄)₃ และ FeSO₄

ผลการย้อมแสดงได้ดังรูปที่ 3.63

สีที่ได้					
	- ใช้ Cu มอร์แดนต์				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 55.71	+ 4.11	+ 24.01	3	KK99CFA1
	- ใช้ Al มอร์แดนต์				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 72.33	+ 1.88	+ 21.16	3	KK99AFA1
	- ใช้ Fe มอร์แดนต์				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 20.69	+ 1.05	- 4.32	3-4	KK99FFA1

รูปที่ 3.63 ผลการย้อมด้วยน้ำย้อมจากเปลือกและเนื้อของผลมะกอก

3.21.2 สรุปผลการย้อมด้วยมะกอก

เนื้อและเปลือกผลมะกอกสดสามารถใช้ย้อมให้ได้สีน้ำตาลเมื่อใช้อลูมิเนียมเป็นมอร์แดนต์ และจะให้สีดำเมื่อใช้เหล็กเป็นมอร์แดนต์ สีที่ได้มีความคงทนต่อแสงในระดับดีเมื่อเทียบกับสีย้อมธรรมชาติด้วยกัน

3.22 ทะโล้

ได้ศึกษาการย้อมด้วยผ้าด้วยทะโล้ (ดูภาคผนวก 2) ซึ่งคาดว่าจะสามารถย้อมให้สีน้ำตาลหรือสีดำได้ โดยส่วนที่ศึกษาได้แก่เปลือกต้นและใบ

3.22.1 การทดสอบการย้อม

ได้ทำการทดสอบการย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากทะโล้ โดยทำความสะอาดผ้าฝ้ายฟอกด้วย Teepol ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ค การย้อมใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ข.1 โดยไม่มีการย้อมผ้ารองพื้น และทำการย้อมมอร์แดงที่หลังการย้อมสี ในการนี้ใช้มอร์แดงที่ 10 %CuSO₄, Al₂(SO₄)₃ และ FeSO₄

ผลการย้อมแสดงได้ดังรูปที่ 3.64

สีที่ได้					
	- ใช้ Cu มอร์แดงที่				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 61.18	+ 6.87	+ 17.76	4	TL99CFA1
	- ใช้ Al มอร์แดงที่				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 74.69	+ 8.51	+ 14.60	2	TL99AFA1
	- ใช้ Fe มอร์แดงที่				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 49.66	+ 1.15	+ 12.63	3	TL99FFA1

รูปที่ 3.64 ผลการย้อมด้วยน้ำย้อมจากเปลือกต้นทะโล้

การย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากใบทะโล้ที่อุณหภูมิห้อง โดยทำความสะอาดผ้าฝ้ายฟอกด้วย Teepol ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ค การย้อมใช้วิธีการย้อมโดยไม่มีการย้อมมอร์แดงที่ และย้อมมอร์แดงที่หลังการย้อมสี ใช้มอร์แดงที่ เป็น 10 %CuSO₄ โดยมีวิธีการดังนี้

1. เตรียมน้ำย้อมโดยบดใบทะโล้ในน้ำให้ละเอียด ใช้อัตราส่วนใบทะโล้ต่อน้ำ 1:20
2. นำผ้าที่ทำความสะอาดแล้วลงย้อมใช้เวลา 30 นาที

3. ตักผ้าออก ซับให้แห้งด้วยกระดาษกรอง (ในกรณีที่ไม้ย้อมมอร์แดนต์ ผึ่งให้แห้ง ชักน้ำจนสีไม่ตก)

4. นำไปย้อมในสารละลายมอร์แดนต์ เวลา 15 นาที

5. นำไปปั่นทึกสี วัสดุ และทดสอบความคงทนของสีต่อแสง

ผลการย้อมแสดงได้ดังรูปที่ 3.65

สีที่ได้					
	- ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 77.09	+ 3.67	+ 16.76	1-2	LL999901
	- ย้อมโดยใช้ Cu มอร์แดนต์				
	L*	a*	b*	light fastness	รหัส
	+ 62.12	+ 3.66	+ 19.14	3-4	LL99CFS1

รูปที่ 3.65 ผลการย้อมย่นด้วยน้ำย้อมจากใบทะเล

3.22.2 สรุปผลการย้อมด้วยทะเล

เปลือกและใบทะเลสามารถย้อมให้เจดสีน้ำตาลเมื่อใช้อลูมิเนียม และทองแดงเป็นมอร์แดนต์ และจะได้โทนสีเทาเมื่อใช้เหล็กเป็นมอร์แดนต์

3.23 กระโโดน

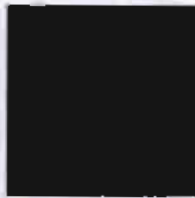
ได้ศึกษาการย้อมด้วยผ้าด้วยกระโโดน (ดูภาคผนวก 2) ซึ่งคาดว่าจะสามารถย้อมให้สีน้ำตาลหรือสีดำได้ โดยส่วนที่ศึกษาได้แก่เปลือกต้น

3.23.1 การทดสอบการย้อม

ได้ทำการทดสอบการย้อมด้วยน้ำย้อมสกัดจากเปลือกต้นกระโโดนโดยทำความสะอาดผ้าฝ้ายฟอกด้วย Teepol ตามวิธีการในข้อ 3.1.6.1.ค การย้อมใช้วิธีการย้อมตามข้อ 3.1.6.2.ข.1 โดยไม่มีการย้อมผ้ากรองพื้น และทำการย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสี ใช้มอร์แดนต์ 10 %FeSO₄ เวลาการย้อมมอร์แดนต์ 15 นาที และทำการย้อมซ้ำ อีก 1 รอบ(ทั้งย้อมสีและย้อมมอร์แดนต์

ผลการย้อมแสดงได้ดังรูปที่ 3.66

สีที่ได้



- ใช้ Fe มอร์แดนท์ ช้อม 2 ครั้ง

L*	a*	b*	light fastness	รหัส
+ 23.36	+ 2.77	+ 4.23	3- 4	KD99FFA9

รูปที่ 3.66 ผลการช้อมด้วยน้ำช้อมจากเปลือกต้นกระโดน

3.2.3.2 สรุปผลการย้อมด้วยกระโดน

เปลือกต้นกระโดนอาจใช้ย้อมสีดำได้ แต่ต้องช้อมมากกว่า 1 ครั้ง

บทที่ 4

การย้อมและการปรับปรุงกระบวนการ

ในการศึกษาวิจัยการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการย้อมด้วยสีในระดับอุตสาหกรรม ครอบครัวนี้มุ่งเน้นการย้อมให้ได้สีเขียว สีน้ำตาล และสีดำ ซึ่งเป็นเจดสีที่กลุ่มทอผ้าย้อมสีธรรมชาติมีความต้องการมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตภาคเหนือ

การย้อมสีสิ่งทอด้วยสีย้อมธรรมชาติในอุตสาหกรรมระดับครอบครัวในเขตภาคเหนือส่วนใหญ่เริ่มจากการย้อมสีเส้นด้ายฝ้าย ซึ่งที่นิยมใช้กันมีด้าย 3 ประเภทคือ ด้ายปั่นมือหรือที่นิยมเรียกกันว่า “ด้ายเมือง” และด้ายฝ้ายโรงงานอีก 2 ชนิด ด้ายฝ้ายโรงงานมีอยู่หลายชนิดตามขนาดของเส้นด้ายที่นิยมใช้กันในงานสิ่งทอท้องถิ่นได้แก่ด้ายเบอร์ 10 และ เบอร์ 40 ชนิดเกลียวคู่ เรียกกันว่า “ด้ายเบอร์ 40/2” หลังจากย้อมสีแล้วจะนำด้ายไปม้วนพันรอบแกน และเข้าสู่กระบวนการทอเป็นผ้าผืนต่อไป การย้อมด้ายเป็นการย้อมแบบแบดซ์ ปริมาณของด้ายที่ย้อมแต่ละแบดซ์จึงผูกพันอยู่กับงานที่จะทำต่อไปและขึ้นกับลักษณะของด้ายวัตถุดิบที่ได้มาซึ่งจะเป็นด้ายที่มีวนขดเป็นวง ผูกแบ่งวงไว้ด้วยเศษด้ายเกลียว เรียกแต่ละขดว่า “บ่วง” และปลายของเส้นด้ายในวงจะผูกไว้กับด้ายเกลียวที่มัดแบ่งวงนั้น ด้ายหลาย ๆ บ่วงนำมาพันรวมกันโดยมีการบิดเป็นเกลียวเพื่อให้แน่น เรียกว่า “ห้ว” ด้ายหลาย ๆ ห้ว ถูกลมรวมกันเป็นพ่อน เรียกว่า “ลูก” ตัวอย่างเช่น ด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 (ด้ายฝ้ายเบอร์ 10 เส้นเดียว) 1 ลูก มีน้ำหนักประมาณ 4.3 กิโลกรัม ในอดีตจะมีแบบ 12, 20 หรือ 24 ห้วต่อลูก ปัจจุบันส่วนมากมีอยู่ 12 ห้ว แต่ละห้วมีด้าย 5 บ่วง การย้อมด้ายจึงนับเป็นจำนวนบ่วง จำนวนห้ว หรือจำนวนลูกด้าย จะไม่มีการแบ่งด้ายย่อยกว่าบ่วงเพื่อความสะดวกในการพันแกนในภายหลัง

ในการศึกษาวิจัยด้านกระบวนการนี้จึงใช้วิธีการย้อมแบบแบดซ์ และจำแนกตามขนาดเป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือ

- การย้อมในระดับห้องปฏิบัติการ เป็นการย้อมโดยใช้ด้าย 25 กรัม ไปถึง ด้าย 1 ถึง 3 บ่วง (ด้าย 10/1 มีน้ำหนักต่อบ่วง ประมาณ 70 – 75 กรัม) ทำการย้อมในบีกเกอร์ ขนาด 1 – 3 ลิตร ขึ้นอยู่กับปริมาณของด้ายและของน้ำย้อม ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิ ทำการกวนด้วยแท่งแก้วคน ใช้เตาไฟฟ้าแบบปรับตั้งระดับอุณหภูมิสูงสุดได้ถ้าต้องการให้ความร้อน และในกรณีที่ต้องการให้ความร้อนและควบคุมอุณหภูมิได้ใช้เตาไฟฟ้าแบบตั้งอุณหภูมิได้
- การย้อมในระดับต้นแบบ ใช้ทดลองย้อมด้ายปริมาณ ครั้งละ 3 บ่วงขึ้นไป ในหม้อเหล็กกล้าไร้สนิมหรือที่เรียกว่าหม้อสเตนเลส ขนาดความจุตั้งแต่ 5 ถึง 40 ลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของด้ายและของน้ำย้อม ระหว่างการย้อมทำการกวนโดยใช้ไม้พายที่มีขนาดหน้ากว้าง 1 ½ ถึง 2 นิ้ว การให้ความร้อนใช้เตาแก๊สที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง เตาแก๊สที่ใช้

เป็นเตาชนิดให้ความร้อนเร็ว มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด เปลวไฟร้อนกัน 2 วง ปรับ
ตั้งระดับความร้อนได้ด้วยวาล์วที่ติดกับเตา

จากผลสรุปการศึกษาทางเคมี วัตถุอันตรายชนิดที่ใช้ศึกษาการข้อมด้ายฝ้ายให้มีสีเขียวในครั้ง
นี้ ได้แก่ ใบหญ้าหวานตากแห้ง และ ใบต้วแดงหรือใบต้วขนตากแห้ง ใบสาบเสือ และใช้ภาวะที่
เหมาะสมในการทดสอบการข้อมด้วยวัตถุอันตรายชนิดอื่น ๆ ต่อไป สำหรับการข้อมให้ได้สีน้ำตาล
นั้นใช้วัตถุอันตรายหลักเป็น ใบสะเดา กาบมะพร้าวแห้ง ใบหูกวาง และเปลือกแห้งของต้นยูคาลิปตัส ส่วน
การข้อมสีดำได้ใช้ เปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัส เปลือกต้นสมอไทย ใบสาบเสือ ใบสะเดา และกาบ
มะพร้าวแห้งเป็นวัตถุอันตรายหลัก และทดสอบภาวะของกระบวนการกับวัตถุอันตรายชนิดอื่น ๆ บางชนิด
เช่นเดียวกันกับกรณีการข้อมสีเขียว

4.1 การทำความสะอาดด้าย

การทำความสะอาดเส้นด้ายฝ้าย ใช้วิธีทำความสะอาด 2 แบบที่ได้ศึกษาไว้ในบทที่ 2
ดังนี้คือ

1. การทำความสะอาดด้วยสบู่และโซดาแอช
2. การทำความสะอาดด้วยเบสและฟอกขาว

4.1.1 การทำความสะอาดด้วยสบู่และโซดาแอช

การทำความสะอาดด้วยสบู่และโซดาแอช มีรายละเอียดดังนี้

อัตราส่วนที่ใช้ คือ ด้าย 50 กรัม : สบู่ 5 กรัม : Na_2CO_3 8 กรัม : น้ำ 500 cm^3

วิธีทำความสะอาด

- นำสบู่ที่ขูดเป็นฝอยหรือหั่นเป็นชิ้นบางและโซดาแอช (Na_2CO_3) ผสมกับน้ำตามอัตราส่วน
- นำมาต้มจนสารละลายใส
- ใส่ด้ายที่ต้องการทำความสะอาดลงไป ต้มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง พลิกด้ายเป็นครั้งคราว
- นำด้ายขึ้น
- ซักในน้ำสะอาด 3 ครั้ง (หรือล้างด้วยน้ำเปล่าจนแน่ใจว่าล้างสบู่ออกหมด) บิดให้หมาด
- นำด้ายไปทำการทดลองขั้นตอนต่อไป หรือนำไปตากในที่ร่ม ผึ่งลมให้แห้ง

4.1.2 การทำความสะอาดด้วยเบสและฟอกขาว

การทำความสะอาดด้วยเบสและฟอกขาว ใช้น้ำยาทำความสะอาดที่มีเบส
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 6% owf. และสารฟอกขาว คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

ชนิด 35% V ปริมาณ 5% owf. โดยมีส่วนประกอบของน้ำยาดังนี้

NaOH	6	% owf.
H ₂ O ₂ (35% V)	5	% owf.
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.005	% owf.
Citric acid	1	% owf.
DTPA(40% soln.)	0.2	% owf.

เตรียมน้ำยาทำความสะอาดแยกเป็น 2 ส่วน

ส่วนแรก **น้ำยาข** โดยละลายส่วนประกอบทั้งหมดในน้ำ ยกเว้น H₂O₂

ส่วนที่สอง **น้ำยาบี** คือ สารละลาย H₂O₂ ชนิด 35% V ปริมาณตามที่กำหนด

อัตราส่วนที่ใช้ คือ ค่าย 100 กรัม : น้ำยาทำความสะอาด 1000 cm³

วิธีทำความสะอาด

- ตวงน้ำยาตามปริมาณที่ต้องการใส่ในภาชนะทำด้วยแก้วหรือสแตนเลส
- นำค้ายลงแช่ในน้ำยาแล้วนำไปต้มให้เดือด
- เมื่อสารละลายเดือด เติมน้ำยาบีลงไปช้า ๆ ทั้งนี้ต้องระวังไม่ให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไคนเส้นค้ายฝ้ายโดยตรง
- ต้มต่ออีกครึ่งชั่วโมง ยกค้ายขึ้น
- ชักในน้ำสะอาด 3 ครั้ง (ล้างน้ำยาออกด้วยน้ำให้สะอาด)
- นำค้ายไปทำการทดลองขั้นตอนต่อไป หรือนำไปตากในที่ร่ม ผึ่งลมให้แห้ง

4.2 การย้อมมอร์แดนต์

การย้อมมอร์แดนต์ ได้ทำการศึกษาการย้อมมอร์แดนต์ 3 แบบ คือ

- การย้อมมอร์แดนต์ก่อนการย้อมในน้ำย้อมสีธรรมชาติ ที่เรียกว่า Premordanting
- การย้อมมอร์แดนต์พร้อมกับการย้อมสี ที่เรียกว่า Simultaneous mordanting และ
- การย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสี ที่เรียกว่า After-mordanting

สำหรับการวิจัยนี้ มีส่วนผสมและวิธีการทั่วไปในการย้อมสีและ/หรือการย้อมมอร์แดนต์ ในกรณีที่ใช้อัตราส่วน ค่าย : น้ำมอร์แดนต์ : น้ำย้อม = 1 : 10 : 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรและต่อปริมาตรตามลำดับ และ ค่ายฝ้ายน้ำหนัก 25 g ดังต่อไปนี้

4.2.1 การย้อมมอร์แดงก่อนการย้อมสี

- ละลายมอร์แดงที่ปริมาณที่กำหนดในน้ำกลั่น 250 cm^3 โดยให้ความร้อนพออุ่นแล้วคนให้ละลาย
- นำผ้าฝ้าย 25 g ที่ทำความสะอาดแล้ว ลงย้อมและคนอย่างสม่ำเสมอ
- ต้มนาน 30 นาที นำผ้าขึ้นบิดพอหมาด
- นำน้ำย้อมปริมาตร 250 cm^3 มาให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด หลังจากนั้นนำผ้าที่ย้อมมอร์แดงที่ไว้ลงย้อม
- รักษาอุณหภูมิให้คงที่ ทำการกวนอย่างสม่ำเสมอ จนครบตามเวลาที่ต้องการหรือทำการติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับไปที่เวลาต่างๆกันจนถึง 120 นาที (แล้วแต่กรณี)
- นำผ้าขึ้นแล้วล้างให้สะอาด บิดผ้าให้แห้งหมาด คลี่ผ้าให้เส้นผ้าแยกจากกันและกระตุกผ้าให้คลายตัวแขวนตากให้แห้งในที่ร่ม

4.2.2 การย้อมมอร์แดงพร้อมกับการย้อมสี

- ละลายมอร์แดงที่ปริมาณที่กำหนดในน้ำย้อมปริมาตร 250 cm^3 แล้วให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด
- นำผ้าฝ้าย 25 g ที่ทำความสะอาดแล้วลงย้อม
- รักษาอุณหภูมิให้คงที่ ทำการกวนอย่างสม่ำเสมอ จนครบตามเวลาที่ต้องการหรือทำการติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับไปที่เวลาต่างๆกันจนถึง 120 นาที (แล้วแต่กรณี)
- นำผ้าขึ้นแล้วล้างให้สะอาด บิดผ้าให้แห้งหมาด คลี่ผ้าให้เส้นผ้าแยกจากกันและกระตุกผ้าให้คลายตัวแขวนตากให้แห้งในที่ร่ม

4.2.3 การย้อมมอร์แดงหลังการย้อมสี

- นำน้ำย้อมปริมาตร 250 cm^3 มาให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด
- นำผ้าฝ้าย 25 g ที่ทำความสะอาดแล้วลงย้อม ตามวิธีการที่กำหนด ระหว่างย้อมทำการกวนอย่างสม่ำเสมอ
- นำผ้าขึ้นบิดพอหมาด
- ละลายมอร์แดงที่ปริมาณที่กำหนด ในน้ำกลั่น 250 cm^3 โดยให้ความร้อนพออุ่น คนให้ละลายหมด

- นำด้ายที่ย้อมสีแล้ว ลงต้มในสารละลายมอร์แดนท์ที่เตรียมไว้เป็นเวลา 30 นาที ให้ความร้อนประมาณ $40 - 50^{\circ}\text{C}$ คนอย่างสม่ำเสมอ
- นำด้ายขึ้นแล้วล้างให้สะอาด ปิดด้ายให้แห้งหมาด คลี่ด้ายให้เส้นด้ายแยกจากกันและกระตุกด้ายให้คลายตัว แขนงตากให้แห้งในที่ร่ม

4.3 การย้อมสีเขียว

4.3.1 การย้อมด้วยหญ้าหวาน

ได้ทำการสกัดหญ้าหวานด้วยน้ำ โดยใช้ภาวะดังนี้

อัตราส่วน หญ้าหวานแห้ง ต่อ น้ำ = 1 : 10 และ 1 : 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

แช่หญ้าหวาน 2 ชั่วโมงก่อนต้ม (หรือแช่ค้างคืน)

อุณหภูมิ : ต้มเดือด ($\sim 95 - 98^{\circ}\text{C}$)

เวลา : 1 ชั่วโมง

ผล : สารละลายที่ได้มีสีเขียวคล้ำ

: กากที่เหลือหลังจากคั้นให้แห้งในที่รุ่มนาน 3-7 วัน นำมาต้มซ้ำ ไม่พบสารสีเขียวอีก

: สารละลายให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 660 nm

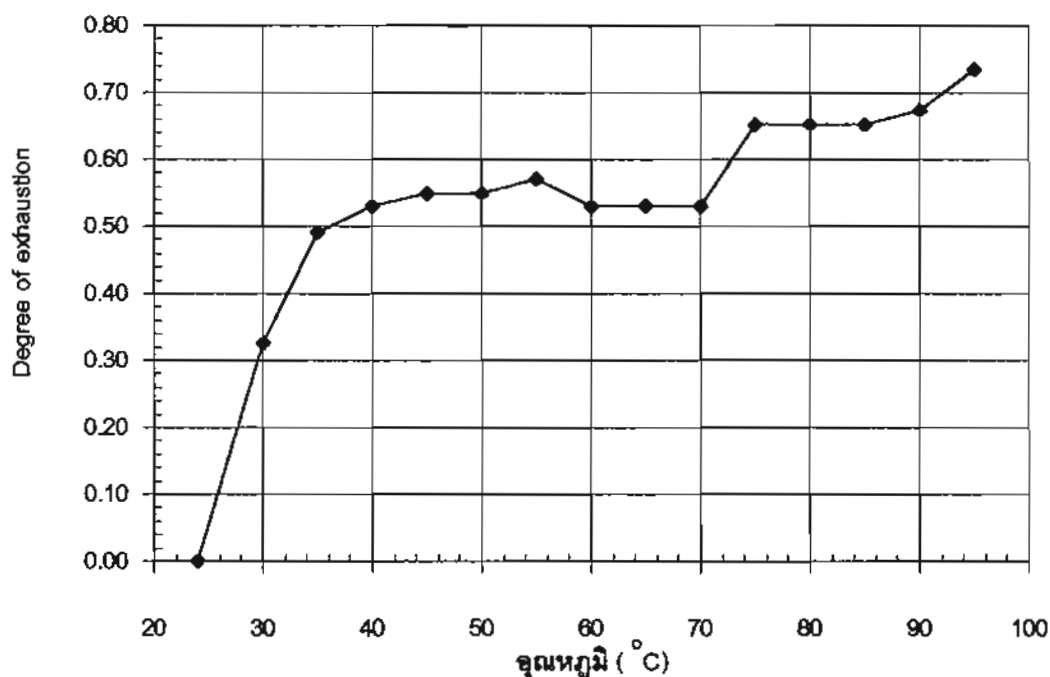
4.3.1.1 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

การติดตามปริมาณสีที่ถูกใช้ไป (degree of exhaustion) เมื่อทำการย้อมด้วยผ้าเบอร์ 10/1 ให้ความสะอาดด้วย NaOH 6% และ H_2O_2 (35 %v) 5 % owf. ก่อนทำการย้อมในน้ำย้อมสกัดจากหญ้าหวาน (ใช้อัตราส่วนหญ้าหวาน:น้ำ:ด้าย = 1:10:1) ทำการเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 2°C ต่อนาที จากอุณหภูมิห้องถึงจุดเดือด ได้ผลดังรูปที่ 4.1

พบว่า การดูดซับสีมีแนวโน้มเข้าสู่ค่าคงที่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 40°C และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อเข้าใกล้จุดเดือด (อุณหภูมิ ระหว่าง $95 - 98^{\circ}\text{C}$ ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ) ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อมด้วยน้ำย้อมหญ้าหวานจึงควรจะเป็นช่วงกลางของช่วงอุณหภูมิที่กราฟมีค่าคงที่ คือที่ 70°C อย่างไรก็ตามในการศึกษาวิจัยนี้กำหนดอุณหภูมิที่จะใช้ในการศึกษาไว้ 3 ค่า ดังนี้คือ

1. อุณหภูมิ 45°C
2. 70°C และ
3. จุดเดือด ($\sim 95 - 98^{\circ}\text{C}$) ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าที่ 95°C

ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบผลต่อไป

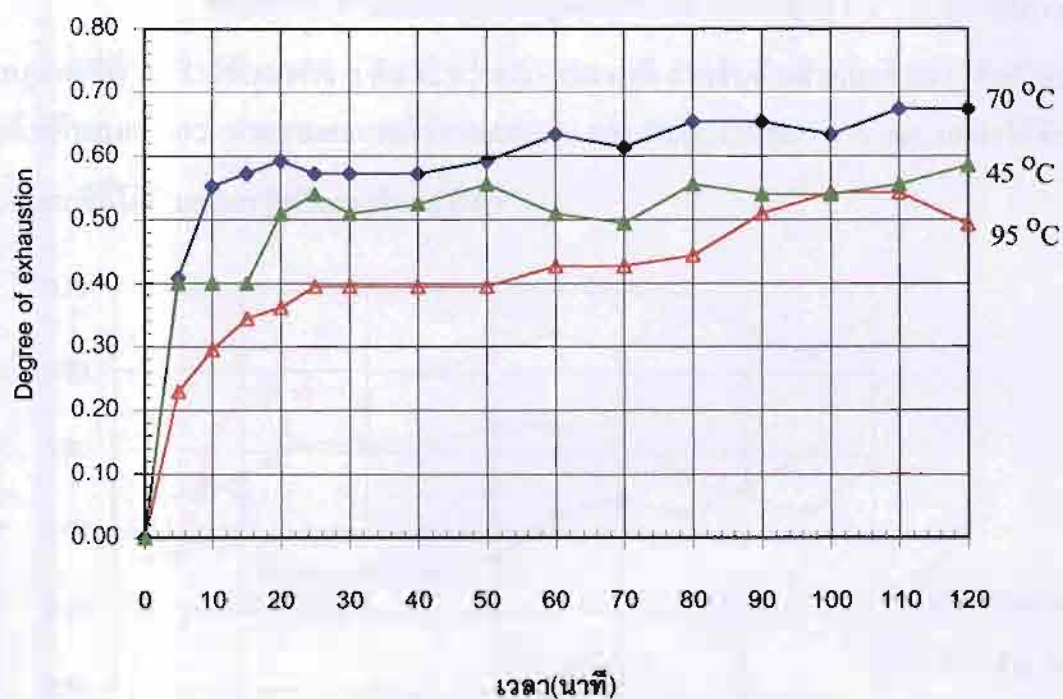


รูปที่ 4.1 การดูดซับสีน้ำย้อมหญ้าหวานโดยเส้นด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

4.3.1.2 การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อม

การดูดซับสีน้ำย้อมหญ้าหวาน โดยการติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับไป ที่เวลาต่างๆ กันจนถึง 120 นาที ที่อุณหภูมิคงที่ที่กำหนดข้างต้น สำหรับด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วย NaOH 6% และ H_2O_2 (35 %v) 5 %owf. ก่อนทำการย้อมในน้ำย้อมสกัดจากหญ้าหวานที่ อุณหภูมิ 45, 70 °C และที่ภาวะดัมเคิล (ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าที่ 95 °C) แสดงได้ดังรูปที่ 4.2

สีที่ย้อมได้ส่วนมากจะมีสีเขียวอ่อนอมเหลือง เส้นด้ายที่ทำการย้อมจนสิ้นสุด เวลาการย้อม 120 นาที ล้างทำความสะอาดและตากแห้งแล้วนั้น ได้นำไปทำการบันทึกภาพโดยวิธี สแกนด้วยเครื่องสแกนภาพ จัดเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลรูปภาพ และทำการวัดสีเส้นด้ายด้วยเครื่อง color different meter แบบดิจิตอล และเป็นเครื่องแบบพกพา ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์สีโดย CIELAB System 1976⁽⁴⁰⁾ ในเทอม L^* a^* b^* ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 การดูดซับสีน้ำซ้อมหญ้าหวานโดยค้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ที่เวลาต่างๆ

สีที่ได้



อุณหภูมิ 45 °C

L*	a*	b*	รหัส
+ 82.83	- 0.161	+ 16.77	ST4HTM40



อุณหภูมิ 70 °C

L*	a*	b*	รหัส
+ 77.73	- 1.07	+ 17.62	ST4HTM75

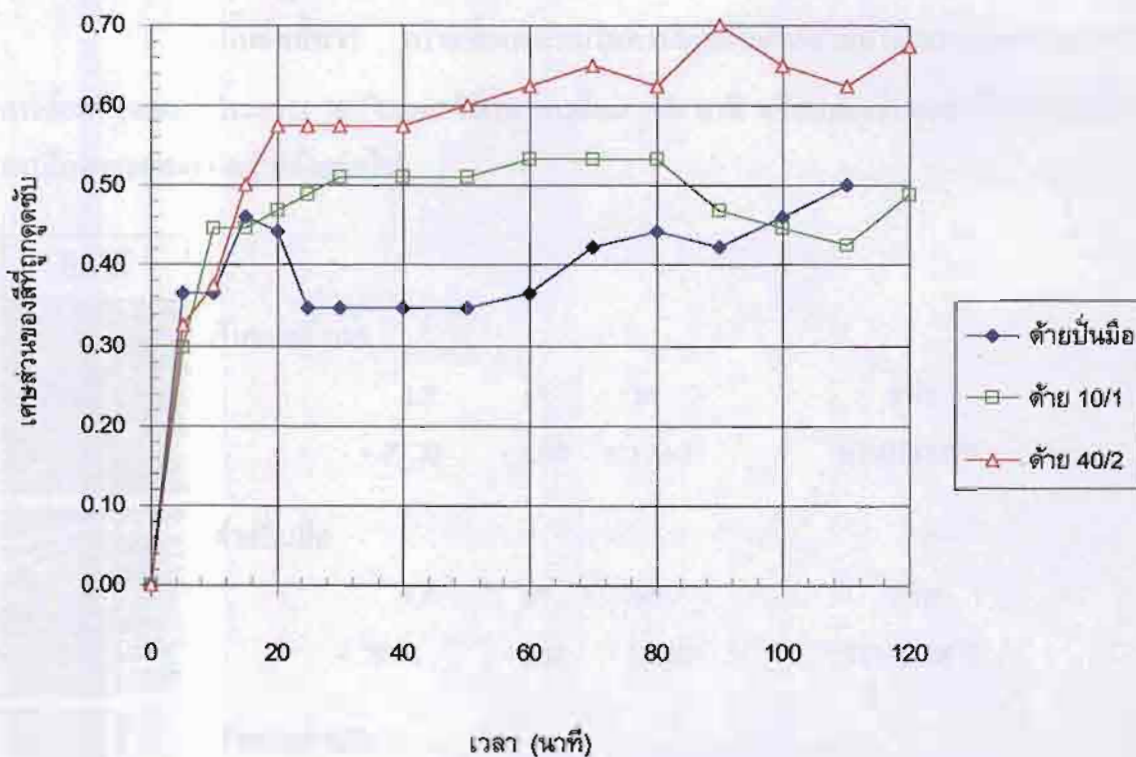


อุณหภูมิ 95 °C

L*	a*	b*	รหัส
+ 78.68	- 0.26	+ 15.57	ST4HTM90

รูปที่ 4.3 สีที่ซ้อมได้และผลวิเคราะห์สีของค้ายที่ซ้อมด้วยน้ำซ้อมหญ้าหวาน 120 นาที

ผลของชนิดด้ายฝ้ายที่มีต่อการดูดซับสีจากน้ำข้อมหญ้าหวาน ภายใต้ภาวะที่อุณหภูมิคงที่ที่ 70°C ใช้เวลาต่าง ๆ กัน ระหว่าง 0 - 120 นาที สำหรับด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ด้ายปั่นมือ และด้ายฝ้ายเบอร์ 40/2 ทำความสะอาดด้วย NaOH 6% และ H_2O_2 (35 %v) 5 % owf. แสดงได้ดังรูปที่ 4.4 และสีที่ได้กับผลการวัดสีแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 ผลของชนิดด้ายฝ้ายที่มีต่อการดูดซับสีน้ำข้อมหญ้าหวานที่อุณหภูมิคงที่ 70°C

ผลการศึกษา

กราฟการดูดซับสีน้ำข้อมมีลักษณะคล้ายกัน ไม่ขึ้นกับชนิดของเส้นด้ายและอุณหภูมิที่ใช้ คือสีถูกดูดซับอย่างรวดเร็วในช่วง 20 นาทีแรก หลังจากนั้นมิมีแนวโน้มเข้าสู่ค่าคงที่ซึ่งเป็นผลจากการแพร่สีเข้าไปในเส้นใย ระยะเวลาที่เหมาะสมจึงควรมากพอที่จะให้เกิดการแพร่สีแต่ก็ไม่ควรใช้เวลานานมากเกินไป เพราะเกิดการสิ้นเปลืองทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน เวลาการย้อม 60 นาทีจึงน่าจะเป็นเวลาที่เหมาะสม จากผลการวัดสีในรูปที่ 4.3 นั้นจะเห็นว่าด้ายเบอร์ 10/1 ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 45°C สีที่ได้มีความสว่างมากกว่าเมื่อย้อมที่อุณหภูมิสูง ทำให้เมื่อดูด้วยตาเปล่าแล้วสีที่ได้ดูอ่อนกว่าการย้อมที่อุณหภูมิ 70°C และที่ภาวะต้มเดือด แต่เมื่อดูจากกราฟรูปที่ 4.2 เส้นกราฟการดูดซับสีที่ 90°C จะต่ำกว่าความเป็นจริงทั้งนี้น่าจะมากจากข้อผิดพลาดการวัดค่าการดูดกลืนแสงของน้ำข้อมที่จุดเริ่มต้น (A_0) น้อยกว่าความเป็นจริง ทำให้ค่าเศษส่วนของสีที่ถูกดูดซับ ($1 - A/A_0$) มีค่าน้อยกว่าที่ควรจะเป็น แม้ว่า

การพิจารณาโดยรวมจะสามารถใช้อุณหภูมิการต้มได้ในช่วงกว้าง ตั้งแต่ 45°C ถึงจุดเดือด การใช้ภาวะต้มเดือดมีปัญหาเรื่องการระเหยของน้ำที่เป็นตัวทำละลาย ส่วนการใช้อุณหภูมิต่ำเกินไปแม้จะมีข้อเด่นในด้านการใช้พลังงานแต่ก็อาจมีปัญหาในการทำซ้ำและนอกจากนี้เวลาที่ต้องการสำหรับการแพร่กระจายของสีเข้าไปในเนื้อเส้นใยจะต้องมากขึ้น เนื่องจากปกติแล้วอัตราการแพร่ของสารจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของอุณหภูมิ

ดังนั้นจึงเห็นว่า ภาวะที่เหมาะสมในการต้มด้วยน้ำย้อมหญ้าหวานควรทำการต้มที่อุณหภูมิประมาณ 70 °C และใช้เวลาการต้ม 60 นาที หรือมากกว่า และได้ใช้ภาวะนี้ในการศึกษาผลของชนิดเส้นด้ายต่อไป

สีที่ได้					
	ด้ายเบอร์ 10/1	L*	a*	b*	รหัส
		+ 77.73	- 1.07	+ 17.62	ST4HTM75
	ด้ายปั่นมือ	L*	a*	b*	รหัส
		+ 79.91	- 0.33	+ 16.60	ST1HTM75
	ด้ายเบอร์ 40/2	L*	a*	b*	รหัส
		+ 87.45	+0.20	+ 12.69	ST2HTM75

รูปที่ 4.5 สีที่ได้และผลการวัดสีของด้ายที่ต้มด้วยน้ำย้อมหญ้าหวานที่อุณหภูมิคงที่ 70 °C

พบว่าด้ายเบอร์ 40/2 ซึ่งเป็นด้ายที่ผลิตจากเส้นใยคุณภาพดีที่สุดในกลุ่มนั้น ดูชัดสีได้ดีกว่าด้ายเบอร์ 10/1 และด้ายปั่นมือ อย่างไรก็ตามผลการวัดสีที่ต้มได้อาจอยู่ในกลุ่มเดียวกัน คือ สีเขียวอ่อนออกเหลือง ด้ายเบอร์ 40/2 ให้สีที่มีความสว่างมากที่สุด (ค่า L* มีค่าสูง) รองลงไปเป็นด้ายปั่นมือและด้าย 10/1 ซึ่งต่างจากกราฟการดูดซับสีรูปที่ 4.4 ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากสีของด้ายก่อนย้อมนั้นด้าย 40/2 จะมีความขาวมากที่สุดรองลงไปเป็นด้ายปั่นมือและด้าย 10/1 นอกจากนี้ด้ายปั่นมือซึ่งมีขนาดของเส้นด้ายไม่สม่ำเสมอเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่าการติดสีดูไม่สม่ำเสมอ ส่วนที่มีขนาดหน้าตัดใหญ่มีลักษณะเส้นใยของฟุที่ดูพบว่ามีแนวโน้มให้สีเข้มกว่าส่วนที่มีขนาดหน้าตัดเล็กกว่า ทำให้ผลการวัดรูปที่ 4.4 และ 4.5 ไม่สอดคล้องกัน

4.3.1.3 การย้อมโดยใช้มอร์แดนท์และสารช่วยย้อม

ผลการทดลองย้อมในระหว่างการศึกษาทางเคมีนั้น พบว่าการย้อมโดยใช้สารช่วยย้อม กรดแทนนิก หรือใช้น้ำสกัดจากใบยูคาลิปตัสย้อมรองพื้นก่อน หรือที่เรียกว่าการย้อมฝาด ก่อนการย้อมด้วยน้ำย้อมจากหญ้าหวานทำให้ได้สีเขียวเข้มขึ้น และนอกจากนี้การใช้มอร์แดนท์ โลหะออลอนทองแดง มีแนวโน้มให้สีเขียวเข้มถึงเขียวขี้น้ำมากกว่าการย้อมในน้ำย้อมหญ้าหวานเพียงอย่างเดียว จึงได้ดำเนินการทดลองศึกษาการดูดซับสีช่วงเวลา 0-120 นาที ภายใต้ภาวะดังนี้ คือ

- ใช้มอร์แดนท์ (mordant) ช่วยในการย้อม โดยใช้
 - จุนสี (CuSO_4) กับน้ำส้มสายชู ความเข้มข้นของทองแดง 1, 3 และ 5% owf.
- ทำการย้อมสารช่วยย้อมก่อนย้อมในน้ำย้อมหญ้าหวาน โดยใช้ สารช่วยย้อม (หรือการย้อมฝาด) ด้วย
 - กรดแทนนิก (tannic acid)
 - น้ำย้อมจากใบยูคาลิปตัส และ
- กรณีใช้กรดแทนนิกในการย้อมฝาด
 - ใช้กรดแทนนิก : น้ำ : ด้าย = 1 : 10 : 1
 - ทำการย้อมสารช่วยย้อมที่ภาวะต้มเดือดอ่อนๆ ใช้เวลา 30 นาที จากนั้นเติมมอร์แดนท์แล้วต้มต่ออีก 30 นาที (ย้อมมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี)
 - นำด้ายออก ล้างน้ำให้สะอาดก่อนย้อมในน้ำย้อมหญ้าหวานต่อไป
- ในกรณีที่ใช้น้ำใบยูคาลิปตัส (เตรียมโดยใช้ใบยูคาลิปตัสสดต่อน้ำอัตราส่วน 1:10 ต้มเดือดนาน 1 ชั่วโมง) ในการย้อมฝาด
 - ใช้ภาวะต้มเดือดอ่อนๆ นาน 30 นาที โดยไม่มีการเติมมอร์แดนท์
 - นำด้ายออก ล้างน้ำให้สะอาดก่อนย้อมในน้ำย้อมหญ้าหวานต่อไป โดยใช้มอร์แดนท์ผสมลงในน้ำย้อม (ย้อมมอร์แดนท์พร้อมกับการย้อมสี)
- การย้อมในน้ำย้อมหญ้าหวาน
 - ใช้อัตราส่วนหญ้าหวาน : น้ำ : ด้าย = 1 : 10 : 1 และ 0.5 : 10 : 1
 - ให้ความร้อนแก่น้ำย้อมจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด ใส่ด้ายลงย้อม ทำการควบคุมอุณหภูมิและระดับของน้ำย้อมให้คงที่
 - เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำด้ายออก ล้างด้ายให้สะอาดผึ่งให้แห้งในร่ม
 - นำด้ายไปทำการบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อไป

สีของผ้าและผลการวัดสีผ้าเมื่อใช้กรดแทนนิกเป็นสารช่วยย้อม และใช้ Cu เป็นมอร์แดนต์ อัตราส่วนผ้าหวาน : น้ำ : ผ้า = 1 : 10 : 1 ใช้ผ้าเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วย NaOH 6% และ H_2O_2 (35 %v) 5 % owf. ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 95 °C ใช้เวลาในการย้อม 60 นาที แสดงได้ดังรูปที่ 4.6

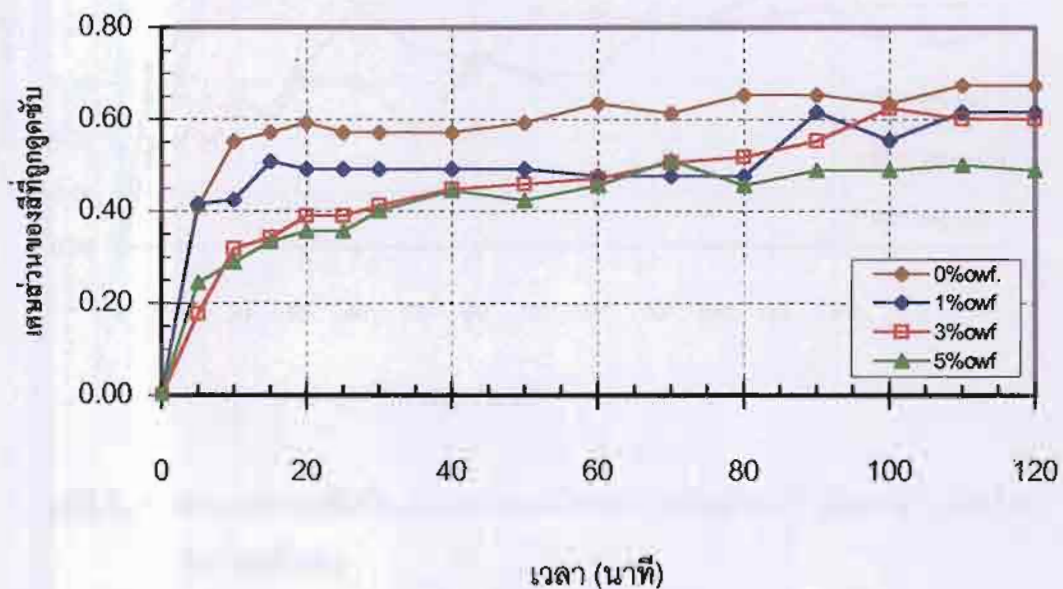
สีที่ได้					
	ย้อมครั้งแรก	L*	a*	b*	รหัส
		+ 51.21	+ 1.50	+ 20.57	ST45NAPR
	ทำการย้อมผ้าในน้ำย้อมที่ใช้แล้ว 1 ครั้ง	L*	a*	b*	รหัส
		+ 68.45	+ 0.40	+ 21.47	ST4H9992

รูปที่ 4.6 สีที่ย้อมได้และผลวิเคราะห์สีของผ้าย้อมด้วยน้ำย้อมผ้าหวานใช้กรดแทนนิกเป็นสารช่วยย้อมและใช้ Cu มอร์แดนต์

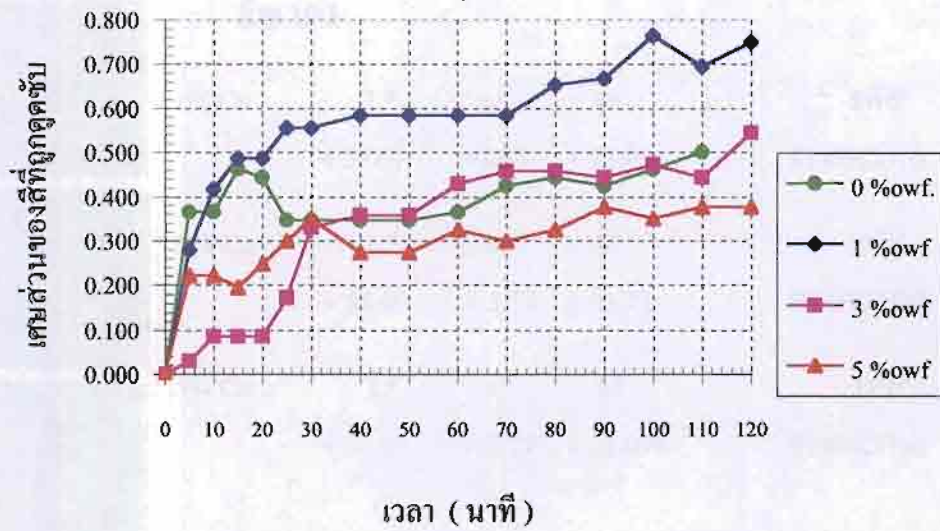
ผลการย้อมเมื่อใช้น้ำสกัดจากใบชาลูปัดสดในการย้อมผ้า และใช้ Cu-มอร์แดนต์ อัตราส่วน ผ้าหวาน : น้ำ : ผ้า เท่ากับ 1:10:1 เวลาในการย้อม 60 นาที โดยนำน้ำย้อมเดิมกลับมาใช้ย้อมผ้าใหม่รวมทั้งหมด 4 ครั้ง ได้ผลดังรูปที่ 4.7 และผลของความเข้มข้น Cu มอร์แดนต์ ที่มีต่อการย้อมสีผ้าหวาน (ใช้อัตราส่วน ผ้าหวาน : น้ำ : ผ้า เท่ากับ 0.5:10:1) ที่อุณหภูมิ 70 °C เวลาต่างๆกันระหว่าง 0-120 นาที สำหรับผ้าเบอร์ 10/1 ผ้าปั่นมือ และผ้าเบอร์ 40/2 แสดงได้ดังรูป 4.8-4.10 ตามลำดับ สีที่ได้และผลการวัดสีได้รวบรวมไว้ในรูปที่ 4.11

สีที่ได้					
	ครั้งที่ 1	L*	a*	b*	รหัส
		+ 61.47	- 1.20	+ 22.30	STEVIA01
	ครั้งที่ 2	L*	a*	b*	รหัส
		+ 62.29	- 2.20	+ 24.69	STEVIA02
	ครั้งที่ 3	L*	a*	b*	รหัส
		+ 65.44	- 0.33	+ 22.60	STEVIA03
	ครั้งที่ 4	L*	a*	b*	รหัส
		+ 70.68	- 1.38	+ 21.10	STEVIA04

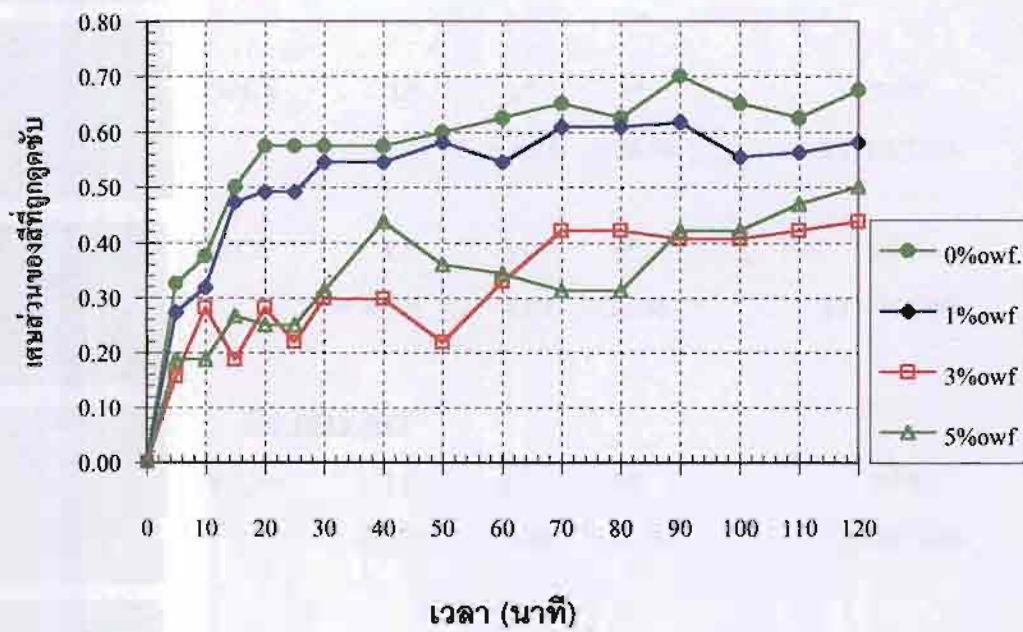
รูปที่ 4.7 สีและผลการวัดสีด้วยเครื่องมือสแกนสีจากใบชาและช็อคโกแลตด้วยน้ำส้มสายชูและน้ำส้มสายชูหวานใช้ Cu มอร์แดนท์



รูปที่ 4.8 ผลของความเข้มข้น Cu มอร์แดนท์ ต่อการดูดซับสีจากน้ำส้มสายชูหวานโดยค่า 10/1



รูปที่ 4.9 ผลของความเข้มข้น Cu มอร์แดนท์ ต่อการดูดซับสีจากน้ำย้อมหญ้าหวาน โดยผ้าฝ้าย



รูปที่ 4.10 ผลของความเข้มข้น Cu มอร์แดนท์ ต่อการดูดซับสีจากน้ำย้อมหญ้าหวาน โดยผ้าเบอร์ 40/2

สีที่ได้

ด้าย 10/1

1% Cu	L*	a*	b*	รหัส
	+ 57.67	+3.95	+ 23.09	ST4HCU10



3% Cu	L*	a*	b*	รหัส
	+ 54.60	+ 3.52	+ 21.72	ST4HCU20



5% Cu	L*	a*	b*	รหัส
	+ 52.69	+ 3.77	+ 21.078	ST4HCU30

ด้ายปั่นมือ

1% Cu	L*	a*	b*	รหัส
	+ 56.21	+ 3.23	+ 27.01	ST1HCU10



3% Cu	L*	a*	b*	รหัส
	+ 49.47	+ 4.74	+ 25.84	ST1HCU30



5% Cu	L*	a*	b*	รหัส
	+ 49.95	+ 4.07	+ 23.56	ST1HCU50

ด้าย เบอร์ 40/2

1% Cu	L*	a*	b*	รหัส
	+ 62.92	+ 4.59	+ 23.51	ST2HCU10



3% Cu	L*	a*	b*	รหัส
	+ 58.15	+ 4.57	+ 23.32	ST2HCU30



5% Cu	L*	a*	b*	รหัส
	+ 56.95	+ 4.45	+ 22.04	ST2HCU50

รูปที่ 4.11 สีและผลการวัดสีด้ายด้วยน้ำย้อมมหาหุขวานที่ชนิดด้ายและความเข้มข้น Cu มอร์แคนท์ ต่างๆ กัน

ผลการศึกษา มอร์แดนท์ทองแดงทำให้สีที่ย้อมได้มีสีเข้มขึ้น กราฟการดูดซับสีของผ้าทั้งสามชนิดมีลักษณะเหมือนกัน และมีแนวโน้มว่าการเพิ่มความเข้มข้นของมอร์แดนท์ไม่มีผลต่อสีที่ได้ ดังจะเห็นว่าค่าของ L^* , a^* และ b^* ของผ้าแต่ละชนิดนั้นเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นสัดส่วนกับการเปลี่ยนความเข้มข้นของมอร์แดนท์ การใช้มอร์แดนท์ทองแดงความเข้มข้นสูงทำให้มีโอกาที่ทองแดงตกค้างบนเส้นใยสูงเกินกว่าที่กำหนด ดังนั้นหากสามารถลดลงให้ต่ำที่สุดได้ ย่อมจะเหมาะสมกว่า การย้อมด้วยมอร์แดนท์ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 1 %owf. จึงเป็นสิ่งที่ต้องทำการศึกษาต่อไป

4.3.1.4 การย้อมโดยใช้มอร์แดนท์และไม่ใช้สารช่วยย้อม

การย้อมด้วยสารช่วยย้อมใช้เวลาและพลังงาน นอกจากนี้แทนนินที่มีในสารช่วยย้อมมีแนวโน้มให้สีน้ำตาลอ่อนแก่เส้นใย หากสามารถย้อมโดยไม่ใช้สารช่วยย้อมได้ก็จะมีข้อได้เปรียบกว่า ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองโดยไม่ใช้สารช่วยย้อม และใช้วิธีการทำความสะอาดด้วยสบู่แทนเนื่องจากสีของผ้าก่อนย้อมจะมีสีออกน้ำตาลมากกว่าผ้าที่ทำการฟอกขาว โดยมีขอบเขตของการทดลองดังต่อไปนี้คือ

- ใช้มอร์แดนท์ (mordant) ช่วยในการย้อม โดยใช้
 - จุนสี (CuSO_4) ความเข้มข้นของทองแดง 0.25, 0.50, 0.75 และ 1% owf
 - ย้อมมอร์แดนท์ก่อน พร้อม และหลังการย้อมสี
- การย้อมในน้ำย้อมหญ้าหวาน
 - ใช้อัตราส่วนหญ้าหวาน : น้ำ : ผ้า = 1 : 10 : 1 และ 0.5 : 10 : 1
 - ให้ความร้อนแก่น้ำย้อมจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด ใส่ผ้าลงย้อม ทำการควบคุมอุณหภูมิและระดับของน้ำย้อมให้คงที่
 - เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำผ้าออก ล้างผ้าให้สะอาดผึ่งให้แห้งในร่ม
 - นำผ้าไปทำการบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อไป

สีของผ้าและผลการวัดสีผ้าเมื่อไม่ใช้สารช่วยย้อม ใช้ Cu เป็นมอร์แดนท์ อัตราส่วนหญ้าหวาน : น้ำ : ผ้า = 1 : 10 : 1 ใช้ผ้าเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 70 °C ใช้เวลาในการย้อม 60 นาที แสดงได้ดังรูปที่ 4.12

สีที่ได้

- ผลของวิธีการข้อมมอร์แดนท์ ใช้มอร์แดนท์ Cu 1 % owf.

ข้อมมอร์แดนท์ก่อนข้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 63.37	- 1.88	+ 20.11	ST4SC1P

ข้อมมอร์แดนท์พร้อมข้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 63.84	- 2.43	+ 21.98	ST4SC1S

ข้อมมอร์แดนท์หลังข้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 62.77	- 1.38	+ 20.19	ST4SC1A

- ผลของความเข้มข้นมอร์แดนท์ Cu ข้อมมอร์แดนท์หลังข้อมสี

ใช้มอร์แดนท์ 0.25 % owf.

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 66.41	- 3.31	+ 20.03	ST4SCAA

ใช้มอร์แดนท์ 0.5 % owf.

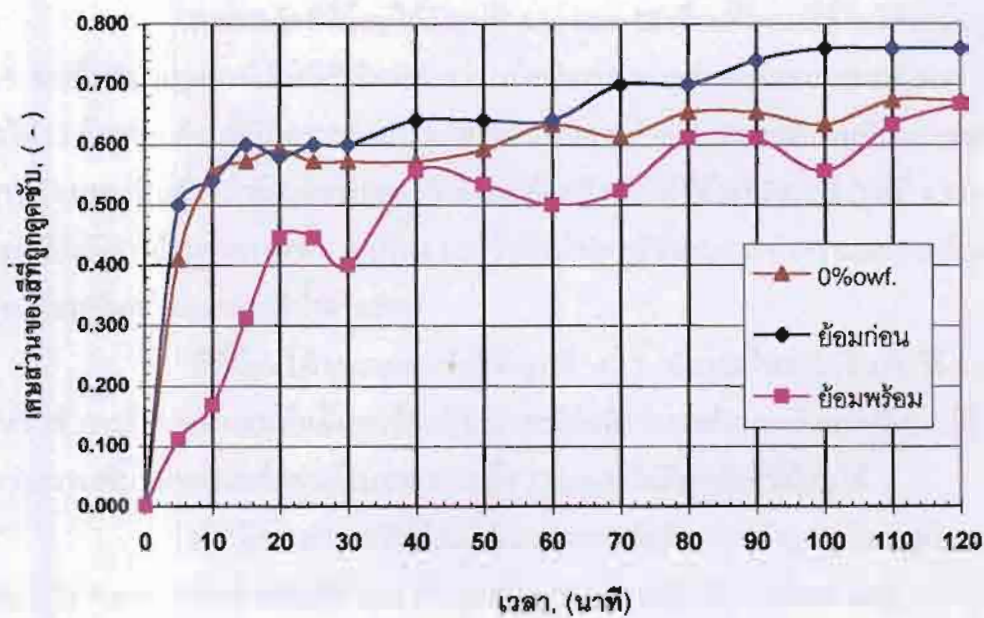
ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 62.68	- 3.26	+ 20.68	ST4SCBA

ใช้มอร์แดนท์ 0.75 % owf.

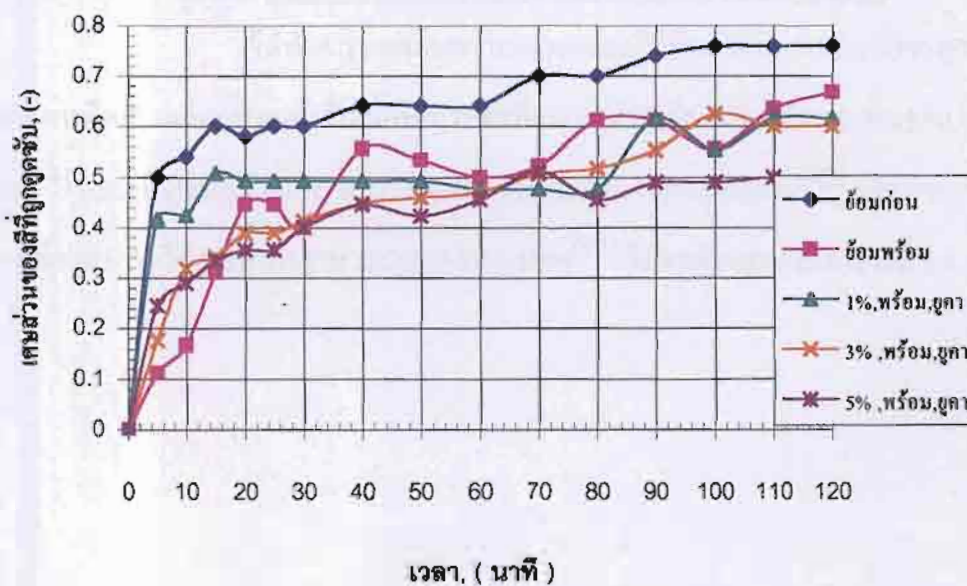
ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 61.33	- 3.20	+ 20.45	ST4SCCA

รูปที่ 4.12 สีที่ข้อมได้และผลวิเคราะห์สีของผ้าข้อมด้วยน้ำข้อมหญ้าหวานใช้ Cu มอร์แดนท์

กราฟการดูดซับสีน้ำข้อมหญ้าหวาน เมื่อใช้ Cu มอร์แดนท์ความเข้มข้น 1.0 %owf. ทำการข้อมมอร์แดนท์ก่อนข้อมสีและข้อมมอร์แดนท์พร้อมกับการข้อมสีแสดงได้ดังรูปที่ 4.13 เทียบกับการดูดซับสีเมื่อไม่ใช้มอร์แดนท์ (0%owf.) และเปรียบเทียบกับกรณีข้อมมอร์แดนท์พร้อมการข้อมสีที่ความเข้มข้นมอร์แดนท์ 1, 3 และ 5 % owf. โดยทำการข้อมผ้าครองพื้นด้วยน้ำข้อมยูคาลิปตัสก่อน ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 ผลของวิธีการย้อมมอร์แดนต์ต่อการดูดซับสีย้อมหญ้าหวานที่ 70 °C



รูปที่ 4.14 ผลของวิธีการย้อมและความเข้มข้นมอร์แดนต์ต่อการดูดซับสีย้อมหญ้าหวาน

ผลการศึกษา จากกราฟทั้งสองรูปจะเห็นว่าการย้อมมอร์แดนต์ทองแดงก่อนการย้อมสีช่วยให้การดูดซับสีดีกว่าการย้อมมอร์แดนต์พร้อมการย้อมสี และมีแนวโน้มจะดีกว่ากรณีที่ไม่ใช้มอร์แดนต์ การย้อมผ้าครองพื้นนั้นเมื่อพิจารณาจากกราฟการดูดซับสีอย่างดีจะเห็นว่าไม่มีผลต่อการดูดซับสี สำหรับการย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสีนั้น กราฟการดูดซับสีจะเหมือนกันกับกรณีการย้อมแบบไม่ใช้มอร์แดนต์ดังรูปที่ 4.4 นั่นเอง

ผลการวัดสีที่ข้อมได้ดังรูปที่ 4.11 และ 12 เทียบกับกรณีที่ไม่ใช้มอร์แดนต์ดังรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าในทุกกรณีด้ายมีสีเข้มกว่าเดิม เมื่อพิจารณาจากสีของด้ายและจากค่าความสว่าง L^* กล่าวได้ว่า ด้ายก่อนข้อมที่มีสีขาวสว่างกว่าเนื่องจากผ่านการทำความสะอาดแบบที่มีการฟอกขาว เมื่อผ่านการข้อมรองพื้นด้วยน้ำข้อมจากใบยูคา หลังจากข้อมสีแล้วให้สีด้ายที่มืดกว่า (รูปที่ 4.11) เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการข้อมผาตรงพื้น (รูปที่ 4.12) ซึ่งด้ายในกรณีนี้ผ่านการทำความสะอาดด้วยสบู่ทำให้มีสีก่อนข้อมเข้มกว่าเดิมและออกสีน้ำตาลอ่อน

สีที่ข้อมได้และผลการวัดสีดังรูปที่ 4.12 นั้นจะเห็นว่าไม่ขึ้นกับวิธีการข้อมมอร์แดนต์ที่ใช้ การข้อมมอร์แดนต์หลังการข้อมสีจึงน่าจะมีข้อดีกว่าการข้อมมอร์แดนต์อีก 2 วิธี นอกจากนี้พบว่าความเข้มข้นของมอร์แดนต์ในช่วง 0.25 ถึง 1 %owf. ไม่มีผลต่อสีที่ข้อมได้

เมื่อพิจารณาจากสีที่ข้อมได้และผลการวัดสี การข้อมมอร์แดนต์ทองแดงความเข้มข้น 0.25 %owf. หลังการข้อมสีด้วยน้ำข้อมหญ้าหวานน่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสม

4.3.1.5 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก และต่อแสง

ได้ทำการทดสอบความคงทนของสีที่ข้อมได้ต่อการซัก ซึ่งจะดูการซีดของสีและการติดสี(Staining)บนผ้าอื่นเมื่อทำการซักที่อุณหภูมิ 40 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C01:1989⁽⁴¹⁾ และที่อุณหภูมิ 60 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C03:1989⁽⁴²⁾ และทำการความคงทนของสีต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02:1994⁽⁴³⁾ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความคงทนของสีที่ข้อมได้จากหญ้าหวาน

ลำดับ ที่	อัตราส่วน หญ้าหวาน น้ำ	ชนิด ของด้าย ฝ้าย	วิธี ทำความสะอาด	T (°C)	ข้อ มัด	มอร์แดนต์			ผลของสเกลเทา						light fastness (Blue w.)
									การซีดของสี		การติด สีนบนฝ้าย		ติดสีบน wool		
			สะอาด			วิธี	ชนิด	%owf	40 °C	60 °C	40 °C	60 °C	40 °C	60 °C	
1	1:10	10/1	H ₂ O ₂	45	-	-	-	-	4	4/5	4-3	4	5	5	1
2	1:20	10/1	H ₂ O ₂	95	-	-	-	-	4	4	4	4	5	5	1-2
3	1:20	10/1	H ₂ O ₂	70	-	-	-	-	3/4	3/4	4-3	4-3	5	5	1
4	1:20	ปั่นมือ	H ₂ O ₂	70	-	-	-	-	4/5	4	4	4-3	5	5	1
5	1:20	40/2	H ₂ O ₂	70	-	-	-	-	4	4/5	4	5-4	5	5	1
6	1:20	ปั่นมือ	H ₂ O ₂	70	ยูคา	พร้อม	Cu	1	4	4	3	5-4	5	5	2-3
7	1:20	ปั่นมือ	H ₂ O ₂	70	ยูคา	พร้อม	Cu	3	4	3/4	4	5-4	5	5	3-4
8	1:20	ปั่นมือ	H ₂ O ₂	70	ยูคา	พร้อม	Cu	5	4	3/4	4	4	5	5	3-4
9	1:20	40/2	H ₂ O ₂	70	ยูคา	พร้อม	Cu	1	4/5	4	5-4	5-4	5	5	3-4
10	1:20	40/2	H ₂ O ₂	70	ยูคา	พร้อม	Cu	3	3/4	3/4	4	5-4	5	5	3
11	1:20	40/2	H ₂ O ₂	70	ยูคา	พร้อม	Cu	5	4	3/4	5-4	5-4	5	5	3-4
12	1:10	10/1	H ₂ O ₂	70	ยูคา	พร้อม	Cu	1	4/5	4/5	4-3	4	5	5	4
13	1:10	10/1	H ₂ O ₂	70	ยูคา	พร้อม	Cu	1	4	4	4	4	5	5	3
14	1:20	10/1	H ₂ O ₂	70	ยูคา	พร้อม	Cu	1	4/5	4	5-4	5-4	5	5	3
15	1:20	10/1	H ₂ O ₂	70	ยูคา	พร้อม	Cu	3	4	4	4	4	5	5	3
16	1:20	10/1	H ₂ O ₂	70	ยูคา	พร้อม	Cu	5	4	4	4	5-4	5	5	3
17	1:20	10/1	สบู่	70	-	ก่อน	Cu	1	3	3	4-3	4	5	5	2
18	1:20	10/1	สบู่	70	-	พร้อม	Cu	1	3	3	3	3	4	4	2*
19	1:20	10/1	สบู่	70	-	หลัง	Cu	1	3/4	3/4	4	3	5	4-5	2*
20	1:20	10/1	สบู่	70	-	หลัง	Cu	0.25	3/4	3	4	4-5	5	5	1-2
21	1:20	10/1	สบู่	70	-	หลัง	Cu	0.50	3/4	2/3	4	4-5	5	5	2
22	1:20	10/1	สบู่	70	-	หลัง	Cu	0.75	3/4	2/3	4	4-5	5	5	2

หมายเหตุ

* สีเปลี่ยนเป็นสีออกน้ำตาล

ผลการทดสอบและสรุปผล

การซีดของสีด้ายหลังการซักส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ ดี-ดีมาก คือผลของสเกลเทาในระดับ 4-5 เป็นส่วนใหญ่สำหรับด้ายที่ทำความสะอาดด้วย NaOH และ H₂O₂ ก่อนข้อม แต่จะมีค่าลดลงมาอยู่ในช่วงปานกลาง-ดี คือผลของสเกลเทามีค่าระดับ 3 ถึง 4 สำหรับด้ายที่ทำความสะอาดด้วยสบู่ นอกจากการลดปริมาณ Cu มอร์แดนต์ต่ำกว่า 1 %owf. ในการข้อมด้ายที่ทำความสะอาดด้วยสบู่และข้อม

มอร์แดนที่หลังการย้อมสีมีแนวโน้มทำให้สีตกมากขึ้นเมื่อทดสอบการซักที่อุณหภูมิ 60 °C ผลสเกล เทาระหว่าง 2 กับ 3 ผลการทดสอบการติดสีพบว่าทุกภาวะการทดลองที่ใช้ไม่มีการติดสีบนผ้าขนสัตว์แต่อย่างใด (สเกลเทา ระดับ 4 - 5) ส่วนการติดสีบนผ้าฝ้ายนั้นส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ดี-ดีมาก (สเกลเทา ระดับ 4 ถึง 5) กล่าวคือไม่ติดสีเช่นกัน ยกเว้นบางตัวอย่างที่มีการติดสีบ้าง ผลของสเกลเทา ลดลงเป็นระดับ 3

ผลความคงทนต่อแสงเมื่อย้อมสีโดยไม่ใช้มอร์แดนที่อยู่ในระดับต่ำ คือเทียบเท่ากับ blue wool เบอร์ 1 ไม่ขึ้นกับชนิดของด้ายและอุณหภูมิที่ใช้ย้อม มอร์แดนที่ทองแดงทำให้สีมีความคงทนต่อแสงมากขึ้นอีก 1 ระดับ แต่วิธีการย้อมมอร์แดนที่ไม่มีผลต่อค่าความคงทนต่อแสงดังผลการทดลองที่ 17-19 การย้อมผ้ากรองพื้นด้วยน้ำย้อมจากใบยูคาลิปตัสให้ผลความคงทนต่อแสงดีขึ้นจาก blue wool เบอร์ 2 เป็น blue wool เบอร์ 3 ถึง 3-4

เมื่อพิจารณาโดยรวมด้านสีที่ย้อมได้ ผลการวัดสี ความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสง การทำความสะอาดด้วยเบสและฟอกขาว ย้อมผ้ากรองพื้นด้วยน้ำย้อมยูคาลิปตัส ย้อมในน้ำ ย้อมหญ้าหวาน และย้อมทับด้วยมอร์แดนที่ทองแดงจะให้ผลดีที่สุด

ภาวะที่เหมาะสมในการย้อมผ้าฝ้ายด้วยหญ้าหวาน สามารถสรุปได้ดังนี้

- อัตราส่วน หญ้าหวาน:น้ำ: ด้าย = 0.5:10:1
- แช่หญ้าหวานแห้งในน้ำอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ก่อนต้มเดือดนาน 1 ชั่วโมง แยกกากหญ้าหวานออกก่อนนำไปย้อมด้าย
- ย้อมผ้ากรองพื้นด้ายฝ้ายที่ทำความสะอาดแล้ว โดยการต้มด้ายในน้ำต้มใบยูคาลิปตัส นาน 30 นาที นำด้ายขึ้น บิดให้หมาด
- ย้อมต่อน้ำย้อมหญ้าหวานที่อุณหภูมิ 70 °C เวลา 60 นาที นำด้ายขึ้น บิดให้หมาด
- ย้อมทับด้วย Cu มอร์แดนที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.25 – 1.0 %owf. ที่อุณหภูมิ 40-50 °C เวลา 30 นาที นำด้ายขึ้น ล้างให้สะอาดด้วยน้ำ ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

ผลที่คาดว่าจะได้

- ด้ายสีเขียวออกเหลือง
- ความคงทนของสีต่อการซักประกอบด้วยวิธีการซักของสี เทียบเท่าสเกลเทา ระดับ 2/3 ถึง 4 ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ซัก และการเตรียมด้ายก่อนย้อม
- การติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์ อยู่ในระดับดีถึงดีมาก เทียบเท่าสเกลเทา ระดับ 4 ถึง 5
- ความคงทนของสีต่อการแสง เทียบเท่า Blue wool เบอร์ 3 ถึง 3-4

การจัดหาสารเคมีสำหรับการฟอกขาว การใช้สารเคมี ความระมัดระวังในการใช้ การดูแลและการจัดการสารทิ้งในอุตสาหกรรมระดับครอบครัวยังมีปัญหาที่ต้องดูแลและแก้ไขกันอยู่ ดังนั้นการส่งเสริมการทำความสะอาดด้วยเบสพร้อมกับการฟอกขาวนี้นั้นจึงอาจไม่เหมาะสมทุกกรณีไป การทำความสะอาดด้วยสบู่น่าจะก่อให้เกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อมและต่อผู้ปฏิบัติงานน้อยกว่า แม้ว่า ความคงทนของสีที่ได้จะด้อยกว่าก็ตาม

4.3.1.6 การย้อมซ้ำ

ได้ทำการทดสอบการย้อมซ้ำ โดยใช้ด้ายฝ้ายที่ทำความสะอาดด้วยสบู่ และใช้ภาวะการย้อมที่เหมาะสม การย้อมซ้ำที่ศึกษามี 2 แบบ ดังนี้คือ

1. การใช้น้ำย้อมที่ใช่แล้วในการย้อมด้ายใหม่ เพื่อหาการใช้ประโยชน์น้ำย้อมให้สูงสุด และ
2. การย้อมสีทับด้ายที่ย้อมสีแล้วเพื่อดูเจดสีที่ได้

ด้ายที่ย้อมแล้วได้ส่งไปทอเป็นผืน ทำการบันทึกสีโดยการสแกนภาพ ทำการวัดสี และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อไป

6.ก การย้อมด้ายในน้ำย้อมใช้แล้ว

1. ทำความสะอาดด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 น้ำหนัก ประมาณ 220 กรัม (ด้าย 3 บ่วง) ด้วยน้ำสบู่และโซดาแอช ตามวิธีการข้างต้น
2. นำด้ายลงย้อมในน้ำย้อมหญ้าหวาน ใช้อัตราส่วนหญ้าหวานแห้งต่อน้ำย้อมต่อด้าย 0.5:10:1 ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 60 นาที นำด้ายออก บิดให้หมาด
3. นำไปย้อมทับด้วยมอร์แดง ความเข้มข้น 0.25 %owf. นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 40-50 °C จากนั้นล้างด้ายให้สะอาด บิดให้แห้งหมาดและตากให้แห้งในที่ร่ม เก็บด้ายไว้เพื่อดำเนินการส่งไปทอเป็นผืนต่อไป
4. ทำซ้ำข้อ 1-3 อีก 2 ครั้ง โดยใช้วิธีเติมน้ำสะอาดลงในน้ำย้อมที่เหลือตามข้อ 2 ของการย้อมครั้งก่อนให้ปริมาตรคงเดิม ก่อนทำการย้อม
5. ทำการบันทึกภาพ และวัดสีด้ายและ/หรือผ้าทอ และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อไป

6.ข การย้อมซ้ำด้ายที่ย้อมสีแล้ว

การย้อมสีทับด้ายที่ย้อมสีแล้วนั้นเพื่อศึกษาโทนสีที่ได้และทดสอบความคงทนของสีเปรียบเทียบกับ การย้อมครั้งเดียว ในการศึกษานี้มีวิธีการศึกษา 2 แบบคือ

1. การย้อมซ้ำด้วยน้ำย้อมใหม่ทุกครั้ง และ
2. การย้อมซ้ำโดยใช้น้ำย้อมเดิม

ด้ายที่ย้อมแล้วได้ส่งไปทอเป็นผืน ทำการบันทึกสีโดยการสแกนภาพ ทำการวัดสี และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อไป โดยมีขั้นตอนวิธีการย้อมดังนี้

ข.1 การย้อมซ้ำด้วยน้ำย้อมใหม่

1. ทำความสะอาดด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 น้ำหนัก ประมาณ 700-1000 กรัม (ด้าย 9 - 12 บ่วง) ด้วยน้ำสบู่และโซดาแอช ตามวิธีการข้างต้น
2. นำด้ายลงย้อมในน้ำย้อมหญ้าหวาน ใช้อัตราส่วนหญ้าหวานแห้งต่อน้ำย้อมต่อด้าย 0.5:10:1 ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 60 นาที นำด้ายออก บิดให้หมาด
3. นำไปย้อมทับด้วยมอร์แดนต์ทองแดง ความเข้มข้น 0.25 %owf. นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 40-50 °C จากนั้นล้างด้ายให้สะอาด บิดให้แห้งหมาดและตากให้แห้งในที่ร่ม แบ่งด้าย 3 บ่วงเก็บไว้เพื่อส่งไปทอเป็นผืนต่อไป
4. ส่วนที่เหลือทำการย้อมด้ายตามข้อ 1- 3 ซ้ำอีก 2 ครั้ง ในน้ำย้อมที่เตรียมใหม่
5. ส่งด้ายไปทอเป็นผืน
6. ทำการบันทึกภาพ และวัดสีด้ายและ/หรือผ้าทอ และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อไป

ข.2 การย้อมซ้ำในน้ำย้อมเดิม

1. ทำความสะอาดด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 น้ำหนัก ประมาณ 700-1000 กรัม (ด้าย 9 - 12 บ่วง) ด้วยน้ำสบู่และโซดาแอช ตามวิธีการข้างต้น
2. นำด้ายลงย้อมในน้ำย้อมหญ้าหวาน ใช้อัตราส่วนหญ้าหวานแห้งต่อน้ำย้อมต่อด้าย 0.5:10:1 ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 60 นาที นำด้ายออก บิดให้หมาด
3. นำไปย้อมทับด้วยมอร์แดนต์ทองแดง ความเข้มข้น 0.25 %owf. นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 40-50 °C จากนั้นล้างด้ายให้สะอาด บิดให้แห้งหมาดและตากให้แห้งในที่ร่ม แบ่งด้าย 3 บ่วงเก็บไว้เพื่อส่งไปทอเป็นผืนต่อไป
4. ส่วนที่เหลือทำการย้อมด้ายตามข้อ 1- 3 ซ้ำอีก 2 ครั้ง ในน้ำย้อมหญ้าหวานที่เหลือจากข้อ 2 โดยแบ่งน้ำย้อมให้เป็นไปตามสัดส่วนตามข้อ 2
5. ส่งด้ายไปทอเป็นผืน
6. ทำการบันทึกภาพ และวัดสีด้ายและ/หรือผ้าทอ และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อไป

6.ค ผลการทดลองการย้อมผ้า

พบว่าน้ำย้อมหญ้าหวานสามารถใช้ย้อมผ้าได้ไม่เกิน 3 ครั้ง สีของผ้าที่ย้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 4.15 และผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ความคงทนต่อการขัดถู และความคงทนต่อแสงดังตารางที่ 4.2

สีที่ได้

- การใช้น้ำย้อมเดิมซ้ำ

ย้อมครั้งที่ 1

- ผ้าก่อนทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 63.64	- 3.27	+ 18.78	ST3SCAX1

- ผ้าทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
(วัดไม่ได้เนื่องจากทอวดลาย)				ST4SCW11

ย้อมครั้งที่ 2

- ผ้าก่อนทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 69.75	- 1.62	+ 15.83	ST3SCAX2

- ผ้าทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
(วัดไม่ได้เนื่องจากทอวดลาย)				ST4SCW12

ย้อมครั้งที่ 3

- ผ้าก่อนทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 72.83	- 1.04	+ 13.14	ST3SCAX3

- ผ้าทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 70.92	+ 1.08	+ 16.70	ST4SCW13

รูปที่ 4.15 สีที่ย้อมได้และผลวิเคราะห์สีของผ้าในการย้อมซ้ำ

สี่ที่ได้

- การย้อมซ้ำด้วยน้ำย้อมใหม่

ย้อมครั้งแรก

- ค่ายก่อนทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 72.83	- 1.04	+ 13.14	ST3SCAY1

- ผ้าทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 72.65	+ 0.39	+ 15.05	ST4SCW21

ย้อมครั้งที่ 2

- ค่ายก่อนทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 62.84	+0.23	+ 16.32	ST3SCAY2

- ผ้าทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 72.48	+ 0.20	+ 14.73	ST4SCW22

ย้อมครั้งที่ 3

- ค่ายก่อนทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 71.83	+ 1.05	+ 15.65	ST3SCAY3

- ผ้าทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 70.00	-0.03	+ 15.70	ST4SCW23

รูปที่ 4.15 สี่ที่ย้อมได้และผลวิเคราะห์สีของค่ายในการย้อมซ้ำ (ต่อ)

สีที่ได้

- การย้อมซ้ำด้วยน้ำย้อมเดิม

ย้อมครั้งที่ 1

- ด้ายก่อนทอ



ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 71.60	- 1.43	+ 16.88	ST3SCAZ1

- ผ้าทอ



ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 68.81	+ 1.25	+ 18.13	ST4SCW31

ย้อมซ้ำครั้งที่ 1

- ด้ายก่อนทอ



ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 70.18	- 1.18	+ 16.96	ST3SCAZ2

- ผ้าทอ



ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 71.85	- 0.04	+ 16.39	ST4SCW32

ย้อมซ้ำครั้งที่ 2

- ด้ายก่อนทอ



ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 68.48	+ 0.25	+ 6.62	ST3SCAZ3

- ผ้าทอ



ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 72.27	+ 0.28	+ 15.54	ST4SCW33

รูปที่ 4.15 สีที่ย้อมได้และผลวิเคราะห์สีของด้ายในการย้อมซ้ำ (ต่อ)

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้จากหญ้าหวานในการย้อมซ้ำ

ลำดับ ที่	สิ่งที่ ศึกษา	การ ย้อม ครั้งที่	ลักษณะ ของผ้า ที่ใช้	มอร์แดนท์			ผลของสเกลเทา						light		Rubbing	
							การซีดของสี		การติดสีบนผ้า		ติดสีบน wool		fastness	fastness		
				วิธี	ชนิด	%owf	40 °C	60 °C	40 °C	60 °C	40 °C	60 °C	(Blue w.)	wet	dry	
1	การใช้ น้ำย้อม เดิม	1	ใหม่	หลัง	Cu	0.25	3/4	3/4	5	5	5	5	1-2	-	-	
2		ใหม่	หลัง	Cu	0.25	4/5	4	5	5	5	5	1-2	-	-		
3		ใหม่	หลัง	Cu	0.25	3/4	3/4	5	5	5	5	1	4-5	5		
4	ย้อมซ้ำ ในน้ำ ย้อมใหม่	1	ใหม่	หลัง	Cu	0.25	3/4	3/4	5	5	5	5	2	5	4	
5		ย้อมทับ	หลัง	Cu	0.25	4	4	5	5	5	5	1-2	4	5		
6		ย้อมทับ	หลัง	Cu	0.25	3/4	3/4	4-5	5	5	5	1-2	4-5	5		
7	ย้อมซ้ำ ในน้ำ ย้อมเดิม	1	ใหม่	หลัง	Cu	0.25	4	4	4	4	5	5	2	4-5	5	
8		ย้อมทับ	หลัง	Cu	0.25	3/4	3/4	5	5	5	5	2	4	5		
9		ย้อมทับ	หลัง	Cu	0.25	4	4	5	5	5	5	1-2	4	5		

ผลการศึกษา

การใช้น้ำย้อมหญ้าหวาน (อัตราส่วนหญ้าหวาน : น้ำ : ผ้า = 0.5 : 10 : 1) ที่ใช้แล้ว ในการย้อมผ้าใหม่ สีที่ได้จะซีดจางและมีแนวโน้มออกสีเหลืองมากขึ้น พบว่าการย้อมผ้าที่ผ่านการย้อมสีหญ้าหวานแล้วในน้ำย้อมหญ้าหวานที่เตรียมขึ้นใหม่ไม่ได้เพิ่มความเข้มของสีเขียว แต่มีแนวโน้มจะให้สีออกเหลืองมากกว่า ทำนองเดียวกันการย้อมผ้าที่ผ่านการย้อมแล้วซ้ำในน้ำย้อมเดิม นั้น พบว่าไม่ได้สีเขียวมากขึ้น และในทุกกรณีการย้อมซ้ำ 2 ถึง 3 ครั้งข้างต้นนี้พบว่าไม่มีผลต่อความคงทนของสีที่ย้อมได้ต่อการซีดของสี ต่อการติดสี ความคงทนต่อแสง และความคงทนต่อการซักแต่อย่างใด

การใช้อัตราส่วนหญ้าหวาน : น้ำ : ผ้า = 0.5 : 10 : 1 นี้ จึงควรใช้ย้อมเพียงครั้งเดียว แต่หากเพิ่มปริมาณวัตถุดิบต่อน้ำต่อผ้าเป็น 1 : 10 : 1 จะสามารถย้อมได้มากกว่า 1 ครั้ง (ดูข้อ 4.3.1.3)

สีที่ย้อมได้จากหญ้าหวานมีความคงทนต่อการขัดถูอยู่ในเกณฑ์ดีมากเกือบทุกตัวอย่าง กล่าวคือ ผลการทดสอบแบบแห้งไม่มีการติดสีบนผ้าทดสอบแต่อย่างใด (สเกลเทา = 5) ส่วนกรณีการทดสอบแบบเปียกนั้นค่าสเกลเทาส่วนมากอยู่ที่ระดับ 4-5 แสดงว่ามีการติดสีน้อยมาก

4.3.2 การย้อมด้วยใบต้วแดง

ได้ทำการสกัดใบต้วแดงด้วยน้ำ โดยใช้ภาวะดังนี้

อัตราส่วน : ใบต้วแดงแห้ง ค่อน้ำ = 1 : 10 w/v

อุณหภูมิ : ต้มเดือด ($\sim 95 - 98^{\circ}\text{C}$)

เวลา : 1 ชั่วโมง

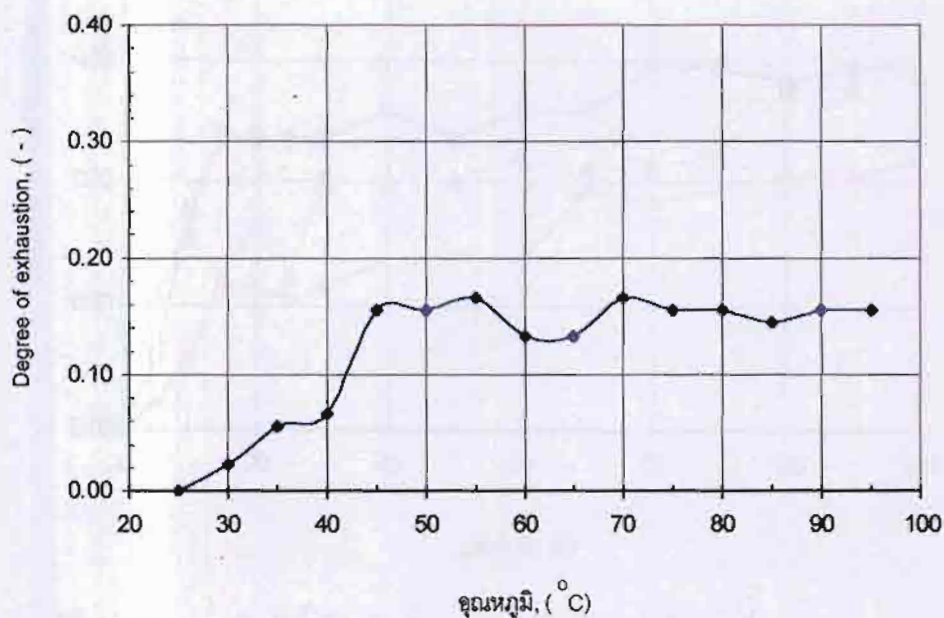
ผล : สารละลายที่ได้มีสีเหลืองอ่อนปน

: สารละลายให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 360 nm

4.3.2.1 การหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม

1.ก การหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

การติดตามปริมาณสีที่ถูกใช้ไป (degree of exhaustion) เมื่อทำการย้อมด้วยฝ้ายเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วย สบู่และ Na_2CO_3 ก่อนนำไปย้อมในน้ำย้อมสกัดจากใบต้วแดง (ใช้อัตราส่วนใบต้วแดง:น้ำ:ผ้า = 1:10:1) ทำการเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 2°C ต่อนาที จากอุณหภูมิห้องถึงจุดเดือด ได้ผลดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 การดูดซับสีน้ำย้อมใบต้วแดงโดยเส้นด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ที่อุณหภูมิต่างๆ

ผลการวิเคราะห์ การดูดซับสีมีแนวโน้มเข้าสู่ค่าคงที่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 45 °C ดังนั้น การข้อมด้ายด้วยน้ำข้อมไบคั่วแคงจึงกำหนดอุณหภูมิที่จะใช้ในการศึกษาไว้ 3 ค่า ดังนี้คือ

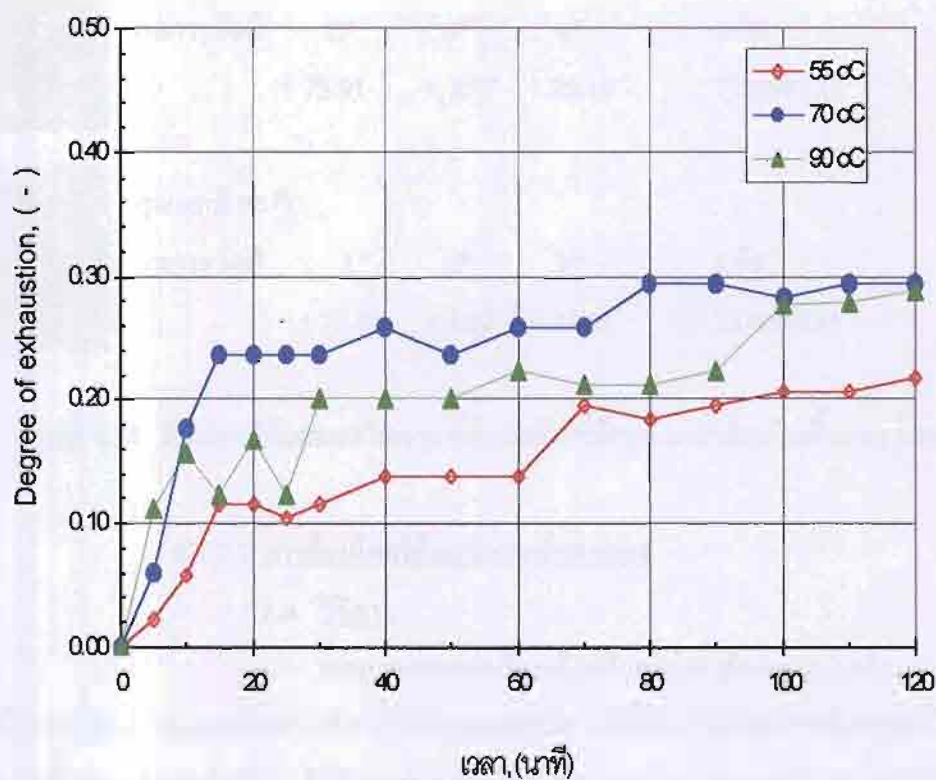
1. อุณหภูมิ 55 °C
2. 70 °C และ
3. 90 °C

เพื่อเปรียบเทียบผลต่อไป

1.ข. การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการข้อม

การดูดซับสีโดยการติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับไปที่เวลาต่างๆ กัน จนถึง 120 นาที ที่อุณหภูมิคงที่ที่กำหนดข้างต้น สำหรับด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่ และ Na_2CO_3 ก่อนทำการข้อมในน้ำข้อมจากไบคั่วแคงที่อุณหภูมิ 55, 70 และ 90 °C แสดงได้ดังรูปที่

4.17



รูปที่ 4.17 การดูดซับสีน้ำข้อมไบคั่วแคงโดยด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ที่เวลาต่างๆ

สีที่ข้อมได้ส่วนมากจะมีสีเหลืองถึงสีน้ำตาลอ่อน ทั้งนี้สีที่ได้เมื่อสิ้นสุดเวลา 120 นาที และค่าผลการวิเคราะห์สีโดย CIELAB System 1976 ในเทอม L^* a^* b^* แสดงไว้ในรูปที่ 4.18

สีที่ได้

	อุณหภูมิ 28 °C - ดั้มเคือด				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 78.64	+ 1.84	+ 19.07	TD4S9U0
	อุณหภูมิ 55 °C				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 78.11	+ 2.19	+ 18.21	TD4S9T51
	อุณหภูมิ 70 °C				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 73.91	+ 2.57	+ 25.19	TD4S9T71
	อุณหภูมิ 90 °C				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 73.35	+ 1.62	+ 23.61	TD4S9T91

รูปที่ 4.18 สีที่ข้อมได้และผลวิเคราะห์สีของด้ายที่ข้อมด้วยน้ำข้อมใบต้วแดง 120 นาที

4.3.2.2 การย้อมโดยใช้มอร์แดนที่ทองแดง

2.ก วิธีการ

ผลการทดลองย้อมด้ายฝ้ายในน้ำข้อมจากใบต้วแดงโดยใช้มอร์แดนที่โลหะทองแดงมีแนวโน้มให้สีเขียวแกมเหลือง สีที่ข้อมได้มีสีเขียวเข้มมากกว่าการข้อมในน้ำข้อมใบต้วแดงเพียงอย่างเดียว ได้ทำการทดลองโดยใช้ความเข้มข้นของมอร์แดนที่ระหว่าง 0.25 – 1 %owf. ภายใต้ภาวะการทดลองต่าง ๆ ดังนี้ คือ

- ใช้มอร์แดนที่ Cu 1 % owf. โดยใช้จุนสี(CuSO_4) ทำการข้อมมอร์แดนที่ 3 แบบ คือก่อนการข้อมสี พร้อมการข้อมสี และหลังการข้อมสี

- ใช้มอร์แดนต์ Cu 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 % owf. โดยใช้ยูนลี (CuSO_4) ทำการย้อมมอร์แดนต์แบบย้อมหลังการย้อมสี (After- mordanting)
- ใช้ด้ายฝ้าย เบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่
- การย้อมในน้ำย้อมใบต้วแดง
 - ใช้อัตราส่วนใบต้วแดง: น้ำ : ด้าย = 1 : 10 : 1
 - ให้ความร้อนแก่น้ำย้อมจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด ใส่ด้ายลงย้อม ทำการควบคุมอุณหภูมิและระดับของน้ำย้อมให้คงที่
 - เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำด้ายออก ล้างด้ายให้สะอาดผึ่งให้แห้งในร่ม ในกรณีย้อมมอร์แดนต์หลังย้อมสี บิดด้ายให้หมาดแล้วนำลงย้อมมอร์แดนต์เลยโดยไม่ต้องล้างด้ายให้สะอาด
 - นำด้ายไปทำการปั่นที่กลี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสี

2.ข. สีที่ย้อมได้และผลการวัดสี

ผลการย้อมและผลการวัดสีแสดงไว้ในรูปที่ 4.19 ต่อไปนี้

สีที่ได้



อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดนต์ก่อนย้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 60.42	+ 1.40	+ 33.81	TD4SC1P



อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดนต์พร้อมย้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 62.05	+ 1.73	+ 30.51	TD4SC1S



อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสี (Cu 1 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 62.93	- 0.10	+ 32.12	TD4SC1A



อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสี (Cu 0.25 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 61.45	- 0.51	+ 28.73	TD4SCAA7

รูปที่ 4.19 ผลของวิธีการย้อมและความเข้มข้นของมอร์แดนต์

สีที่ได้

อุณหภูมิ 70 °C ซ่อมมอร์แคนท์หลังการซ่อมสี (Cu 0.50 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 62.05	- 1.19	+ 28.17	TD4SCBA7

อุณหภูมิ 70 °C ซ่อมมอร์แคนท์หลังการซ่อมสี (Cu 0.75 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 64.84	- 1.38	+ 30.02	TD4SCCA7

รูปที่ 4.19 ผลของวิธีการซ่อมและความเข้มข้นของมอร์แคนท์ (ต่อ)**4.3.2.3 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสง**

ได้ทำการทดสอบความคงทนของสีที่ซ่อมได้ต่อการซัก ซึ่งจะดูการซีดของสีและ การติดสี(Staining)บนผ้าอื่นเมื่อทำการซักที่อุณหภูมิ 40 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C01:1989 และที่อุณหภูมิ 60 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C03:1989 และทำการความคงทนของสีต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02:1994 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความคงทนของสีที่ซ่อมได้จากไบต์วแดงต่อการซัก และต่อแสง

ลำดับ ที่	อัตราส่วน ใบต้วแดง น้ำ	ชนิด ผ้า	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)	มอร์แคนท์			ผลสังเกต						light
								การซีดของสีผ้า		การติดสีบนผ้า		ติดสีบนwool		fastness
					วิธี	ชนิด	%owf	40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	Blue w.
1	1:10	10/1	สบู่	28-95	-	-	-	3	2/3	5	5	5	5	3
2	1:10	10/1	สบู่	55	-	-	-	3	2/3	5	5	5	5	1
3	1:10	10/1	สบู่	70	-	-	-	2/3	2/3	5	5	5	5	1-2
4	1:10	10/1	สบู่	90	-	-	-	3	2/3	5	5	5	5	3
5	1:10	10/1	สบู่	70	ก่อน	Cu	1	3/4	1	4	4-5	4	5	3
6	1:10	10/1	สบู่	70	พร้อม	Cu	1	3/4	1	4-5	5	4	5	3-4
7	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	1	3/4	2	4	5	5	5	3-4
8	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.25	2/3	2	4	5	5	5	3
9	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.5	2/3	2	5	5	5	5	3
10	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.75	2/3	2	5	5	5	5	3

ผลการทดสอบ

ผลการทดลองเมื่อพิจารณาจากสีที่ข้อมได้และจากเศษส่วนของสีที่ถูกดูดซับพบว่าภาวะที่เหมาะสมในการย้อมด้วยฝ้ายควรใช้อุณหภูมิ 70 °C เวลา 60 นาที พบว่าสีที่ข้อมได้เมื่อไม่ใช้มอร์แดนท์จะออกสีเหลืองถึงสีน้ำตาลอ่อน สีออกเหลืองมากกว่าที่ได้จากการใช้หญ้าหวาน แต่เมื่อใช้ Cu มอร์แดนท์จะมีสีเขียวแกมเหลือง ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของ Cu มอร์แดนท์ 0.25 ถึง 1.0 %owf. ไม่มีผลต่อโทนสีที่ได้

ผลการทดสอบการซัก พบว่าการสีของสีด้ายหลังการซักส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ ปานกลางถึงต่ำ คือผลของสเกลเทามีค่าระดับ 2 ถึง 3 อุณหภูมิการย้อมไม่มีผลต่อการสีของสีหลังซัก และต่อการติดสี ความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ปานกลางคือเทียบเท่ากับ Blue wool No. 3 เป็นส่วนใหญ่ มีแนวโน้มว่าความคงทนของสีต่อแสงเพิ่มตามการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการย้อม การย้อม Cu มอร์แดนท์หลังการย้อมสีจะได้สีออกเขียวมากกว่าการย้อมมอร์แดนท์ก่อนหรือพร้อมกับการย้อมสี จึงคาดว่า การย้อมด้วยฝ้ายในน้ำย้อมจากใบต้วแดงควรใช้วิธีการย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมสี พบว่าผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก การติดสี และต่อแสง ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของมอร์แดนท์ ในช่วง 0.25 – 1.00 %owf. แต่ผลทดสอบการซักแสดงว่าสีที่ได้จะตกง่ายกว่ากรณีที่ย้อมด้วยหญ้าหวานที่ภาวะการย้อมเดียวกัน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าหลังซักสีจะซีดจางมากกว่า ความคงทนของสีต่อแสงที่ภาวะการย้อมเดียวกันจะดีกว่าที่ได้จากการย้อมด้วยหญ้าหวานประมาณ 1 เท่าตัว

ภาวะที่เหมาะสมในการย้อมด้วยฝ้ายด้วยน้ำย้อมจากใบต้วแดง คือ ย้อมด้วยฝ้าย ที่อุณหภูมิ 70 °C เวลา 60 นาที หลังการย้อมสีทำการย้อมด้วย Cu มอร์แดนท์ความเข้มข้น 0.25 %owf. ที่อุณหภูมิประมาณ 50 °C เวลา 30 นาที

ภาวะที่เหมาะสมในการย้อมด้วยฝ้ายด้วยใบต้วแดงแห้ง สามารถสรุปได้ดังนี้

- อัตราส่วน ใบต้วแดงแห้ง:น้ำ: ด้าย = 1:10:1
- แช่ใบต้วแดงแห้งในน้ำอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ก่อนต้มเดือดนาน 1 ชั่วโมง แยกกากใบต้วแดงแห้งออกก่อนนำไปย้อมด้วย
- นำด้ายฝ้ายที่ทำความสะอาดแล้ว ลงย้อมในน้ำย้อมที่อุณหภูมิ 70 °C เวลา 60 นาที นำด้ายขึ้น บิดให้หมาด
- ย้อมทับด้วย Cu มอร์แดนท์ความเข้มข้นระหว่าง 0.25 – 1.0 %owf. ที่อุณหภูมิ 40-50 °C เวลา 30 นาที นำด้ายขึ้น ล้างให้สะอาดด้วยน้ำ ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

ผลที่คาดว่าจะได้

- ด้ายสีเขียวออกเหลือง
- ความคงทนของสีต่อการซักประกอบด้วยการขีดของสี เทียบเท่าสเกลเทา ระดับ 2 ถึง 3/4 การติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์ เทียบเท่าสเกลเทา ระดับ 4 ถึง 5
- ความคงทนของสีต่อการแสง เทียบเท่า Blue wool เบอร์ 3 ถึง 3/4

4.3.2.4 การย้อมซ้ำ

ได้ทำการทดสอบการย้อมซ้ำเช่นเดียวกับการย้อมด้วยน้ำย้อมหญ้าหวาน โดยใช้ด้ายฝ้ายทำความสะอาดด้วยสบู่และใช้ภาวะการย้อมที่เหมาะสม ทำการย้อมซ้ำ 2 แบบ ดังนี้คือ

1. การใช้สีน้ำย้อมที่ใสแล้วในการย้อมด้ายใหม่ เพื่อหาการใช้ประโยชน์น้ำย้อมให้สูงสุด และ
2. การย้อมสีทับด้ายที่ย้อมสีแล้วเพื่อดูผลสีที่ได้

ด้ายที่ย้อมแล้วได้ส่งไปทอเป็นผืน ทำการบันทึกสีโดยการสแกนภาพ ทำการวัดสี และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อไป

4.ก การย้อมด้ายในน้ำย้อมใช้แล้ว

1. ทำความสะอาดด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 น้ำหนัก ประมาณ 220 กรัม (ด้าย 3 บ่วง) ด้วยน้ำสบู่และโซดาแอช ตามวิธีการข้างต้น
2. นำด้ายลงย้อมในน้ำย้อมสีแดง ใช้อัตราส่วนสีแดงแห้งต่อน้ำย้อมต่อด้าย 1:10:1 ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 60 นาที นำด้ายออก บิดให้หมาด
3. นำไปย้อมทับด้วยมอร์แดง ความเข้มข้น 0.25 %owf. นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 40-50 °C จากนั้นล้างด้ายให้สะอาด บิดให้แห้งหมาดและตากให้แห้งในที่ร่ม เก็บด้ายไว้เพื่อดำเนินการส่งไปทอเป็นผืนต่อไป
4. ทำซ้ำข้อ 1-3 อีก 2 ครั้ง โดยใช้วิธีเติมน้ำสะอาดลงในน้ำย้อมที่เหลือตามข้อ 2 ของการย้อมครั้งก่อนให้ปริมาตรคงเดิม ก่อนทำการย้อม
5. ทำการบันทึกภาพ และวัดสีด้ายและ/หรือผ้าทอ และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อไป

4.ข การย้อมซ้ำด้ายที่ย้อมสีแล้ว

การย้อมสีทับด้ายที่ย้อมสีแล้วนั้นเพื่อศึกษาโทนสีที่ได้และทดสอบความคงทนของสีเปรียบเทียบกับ การย้อมครั้งเดียว ในการศึกษาครั้งนี้มีวิธีการศึกษา 2 แบบคือ

1. การย้อมซ้ำด้วยน้ำย้อมใหม่ทุกครั้ง และ
2. การย้อมซ้ำโดยใช้น้ำย้อมเดิม

ด้ายที่ย้อมแล้วได้ส่งไปทอเป็นผืน ทำการบันทึกสีโดยการสแกนภาพ ทำการวัดสี และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อไป โดยมีขั้นตอนวิธีการย้อมดังนี้

ข.1 การย้อมซ้ำด้วยน้ำย้อมใหม่

1. ทำความสะอาดด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 น้ำหนัก ประมาณ 700-1000 กรัม (ด้าย 9 - 12 บ่วง) ด้วยน้ำสบู่และโซดาแอช ตามวิธีการข้างต้น
2. นำด้ายลงย้อมในน้ำย้อมตัวแดง ใช้อัตราส่วนตัวแดงแห้งต่อน้ำย้อมต่อด้าย 1:10:1 ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 60 นาที นำด้ายออก บิดให้หมาด
3. นำไปย้อมทับด้วยมอร์แดงที่ทองแดง ความเข้มข้น 0.25 %owf. นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 40-50 °C จากนั้นล้างด้ายให้สะอาด บิดให้แห้งหมาดและตากให้แห้งในที่ร่ม แบ่งด้าย 3 บ่วงเก็บไว้เพื่อส่งไปทอเป็นผืนต่อไป
4. ส่วนที่เหลือทำการย้อมด้ายตามข้อ 1- 3 ซ้ำอีก 2 ครั้ง ในน้ำย้อมตัวแดงที่เตรียมใหม่
5. ส่งด้ายไปทอเป็นผืน
6. ทำการบันทึกภาพ และวัดสีด้ายและ/หรือผ้าทอ และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อไป

ข.2 การย้อมซ้ำในน้ำย้อมเดิม

1. ทำความสะอาดด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 น้ำหนัก ประมาณ 700-1000 กรัม (ด้าย 9 - 12 บ่วง) ด้วยน้ำสบู่และโซดาแอช ตามวิธีการข้างต้น
2. นำด้ายลงย้อมในน้ำย้อมตัวแดง ใช้อัตราส่วนตัวแดงแห้งต่อน้ำย้อมต่อด้าย 1:10:1 ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 60 นาที นำด้ายออก บิดให้หมาด
3. นำไปย้อมทับด้วยมอร์แดงที่ทองแดง ความเข้มข้น 0.25 %owf. นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 40-50 °C จากนั้นล้างด้ายให้สะอาด บิดให้แห้งหมาดและตากให้แห้งในที่ร่ม แบ่งด้าย 3 บ่วงเก็บไว้เพื่อส่งไปทอเป็นผืนต่อไป
4. ส่วนที่เหลือทำการย้อมด้ายตามข้อ 1- 3 ซ้ำอีก 2 ครั้ง ในน้ำย้อมตัวแดงที่เหลือจากข้อ 2 โดยแบ่งน้ำย้อมให้เป็นไปตามสัดส่วนตามข้อ 2
5. ส่งด้ายไปทอเป็นผืน
6. ทำการบันทึกภาพ และวัดสีด้ายและ/หรือผ้าทอ และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อไป

4.ก ผลการทดลองการย้อมซ้ำ

พบว่าน้ำย้อมสีครามสามารถใช้ย้อมซ้ำได้ไม่เกิน 3 ครั้ง สีของผ้าที่ย้อมได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 4.20 และผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ความคงทนของสีต่อการขัดถูและความคงทนต่อแสง ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.4

สีที่ได้					
		- การใช้น้ำย้อมเดิมซ้ำ			
		ย้อมครั้งที่ 1			
	- ผ้าก่อนทอ				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 65.40	- 0.87	+ 24.34	TD3SCAX1
	- ผ้าทอ				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 66.84	- 1.01	+ 23.01	TD4SCW11
		ย้อมครั้งที่ 2			
	- ผ้าก่อนทอ				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 65.89	+ 3.93	+ 34.00	TD3SCAX2
	- ผ้าทอ				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 67.94	+ 2.29	+ 31.40	TD4SCW12
		ย้อมครั้งที่ 3			
	- ผ้าก่อนทอ				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 71.57	+ 7.88	+ 24.02	TD3SCAX3
	- ผ้าทอ				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 73.74	+ 5.66	+ 20.95	TD4SCW13

รูปที่ 4.20 สีที่ย้อมได้และผลวิเคราะห์สีของผ้าในการย้อมซ้ำ

สีที่ได้

- การย้อมซ้ำด้วยน้ำย้อมใหม่

ย้อมครั้งแรก

- ด้ายก่อนทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 63.96	+ 0.28	+ 21.58	TD3SCAY1

- ผ้าทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 63.48	+ 0.72	+ 19.51	TD4SCW21

ย้อมครั้งที่ 2

- ด้ายก่อนทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 54.19	+ 2.23	+ 28.16	TD3SCAY2

- ผ้าทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 54.99	+ 2.77	+ 26.79	TD4SCW22

ย้อมครั้งที่ 3

- ด้ายก่อนทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 48.68	+ 3.74	+ 28.69	TD3SCAY3

- ผ้าทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 50.99	+ 2.91	+ 26.73	TD4SCW23

รูปที่ 4.20 สีที่ย้อมได้และผลวิเคราะห์สีของด้ายในการย้อมซ้ำ (ต่อ)

สีที่ได้



- การย้อมซ้ำด้วยน้ำย้อมเดิม

ย้อมครั้งที่ 1

- ผ้าก่อนทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 63.50	- 0.19	+ 28.36	TD3SCAZ1



- ผ้าทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 67.71	- 0.53	+ 25.18	TD4SCW31



ย้อมซ้ำครั้งที่ 1

- ผ้าก่อนทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 58.40	+ 2.49	+ 33.32	TD3SCAZ2



- ผ้าทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 61.06	+ 0.99	+ 29.81	TD4SCW32



ย้อมซ้ำครั้งที่ 2

- ผ้าก่อนทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 58.11	+ 2.88	+ 34.06	TD3SCAZ3



- ผ้าทอ

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 58.51	+ 2.18	+ 29.83	TD4SCW33

รูปที่ 4.20 สีที่ย้อมได้และผลวิเคราะห์สีของผ้าในการย้อมซ้ำ (ต่อ)

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความคงทนของสีที่ข้อมได้จากตัวแดงในการข้อมซ้ำ

ลำดับ ที่	สิ่งที่ ศึกษา	การ ย้อม ครั้งที่	ลักษณะ ของผ้า ที่ใช้	มอร์แดนท์			ผลของสเกลเทา						light fastness (Blue w.)	Rubbing fastness wet dry	
							การซีดของสี		การติดสีบนผ้า		ติดสีบน wool				
				วิธี	ชนิด	%owf	40 °C	60 °C	40 °C	60 °C	40 °C	60 °C			
1	การใช้ น้ำย้อม เดิม	1	ใหม่	หลัง	Cu	0.25	2/3	2/3	5	5	5	5	3	4	4-5
2		ใหม่	หลัง	Cu	0.25	2/3	2/3	5	5	5	5	1-2	3-4	5	
3		ใหม่	หลัง	Cu	0.25	3	3	5	5	5	5	1-2	4	5	
4	ย้อมซ้ำ ในน้ำ	1	ใหม่	หลัง	Cu	0.25	3	3	5	5	5	5	1-2	4	5
5		ย้อมทับ	หลัง	Cu	0.25	2/3	2/3	5	5	5	5	3-4	3	4	
6		ย้อมทับ	หลัง	Cu	0.25	3	3	4	4	5	5	3-4	3-4	3	
7	ย้อมซ้ำ ในน้ำ	1	ใหม่	หลัง	Cu	0.25	3	3	5	5	5	5	3	5	3
8		ย้อมทับ	หลัง	Cu	0.25	3	3	5	5	4-5	4-5	2	3-4	5	
9		ย้อมเดิม	หลัง	Cu	0.25	3	3	5	5	5	5	1-2	3-4	5	

ผลการศึกษา

การใช้น้ำข้อมตัวแดงที่ใช้แล้วในการข้อมผ้าใหม่ พบว่าสีที่ได้มีโทนออกทางน้ำตาลมากขึ้นเรื่อยๆ แสดงว่าคลอโรฟิลล์ส่วนใหญ่ถูกใช้หมดไปตั้งแต่การข้อมครั้งแรก คงเหลือเฉพาะส่วนของแทนนินและสารฟีนอลิกที่ให้สีน้ำตาลในการข้อมครั้งต่อไป ทำนองเดียวกันกับกรณีหญาหวาน การข้อมซ้ำในน้ำข้อมใหม่ และการข้อมผ้าซ้ำในน้ำข้อมเดิมที่ใช้แล้ว ไม่ได้ให้สีเขียวเพิ่มขึ้น แต่จะให้โทนสีน้ำตาลแทน และในทุกกรณีการข้อมซ้ำไม่มีผลต่อความคงทนของสี ต่อการซีด และต่อแสง รวมทั้งความคงทนต่อการซักดแต่อย่างใด

น้ำข้อมจากใบตัวแดงสามารถใช้ได้หลายครั้งดังที่กล่าวแล้ว แต่การใช้น้ำข้อมในการข้อมผ้าใหม่หลาย ๆ ครั้งนั้น การใช้น้ำข้อมครั้งแรกจะได้สีออกเขียวแต่ครั้งต่อไปจะได้เฉดสีน้ำตาลแทนซึ่งถ้ามีการจัดการที่ดีเชื่อว่าจะใช้ประโยชน์วัตถุดิบชนิดนี้ได้มาก เนื่องจากให้เฉดสีได้มากกว่า 1 สีและสีที่ข้อมได้นั้นมีความคงทนต่อแสงมากกว่าหญาหวาน ข้อสังเกตที่สำคัญประการหนึ่งคือสีน้ำตาลบนกวนสีเขียวได้ ดังนั้นการข้อมผ้าฝ้ายซ้ำในน้ำข้อมจากใบตัวแดงทั้งที่เป็นน้ำข้อมเตรียมใหม่และที่เป็นน้ำข้อมที่ใช้แล้วนั้นทำให้ได้เฉดสีทางน้ำตาลมากขึ้น การข้อมด้วยตัวแดงจึงต้องระมัดระวังภาวะการข้อมโดยเฉพาะเวลาในการข้อมให้ดี

4.3.3 การย้อมสีเขียวด้วยวัตถุอื่น

ได้ใช้ภาวะการย้อมสีเขียวที่เหมาะสมของน้ำย้อมหญ้าหวานและของตัวแดง คือ ย้อมที่อุณหภูมิ 70°C นาน 60 นาที ก่อนย้อมทับด้วยมอร์แดนต์ทองแดงความเข้มข้น 0.25-1.0 %owf. ที่อุณหภูมิ 40-50°C นาน 30 นาที รวมทั้งภาวะการย้อม อื่น ๆ ในการย้อมด้วยฝ้ายในน้ำย้อมจากวัตถุดิบธรรมชาติอื่นที่มีรายงานว่าย้อมได้สีเขียวหรือที่คาดว่าให้สีเขียว ดังนี้

4.3.3.1 ใบสาบเสือ

ได้ทำการสกัดใบสาบเสียด้วยน้ำ โดยใช้ภาวะดังนี้

อัตราส่วน : ใบสาบเสียด ต่อ น้ำ = 1 : 10 w/v

อุณหภูมิ : ต้มเดือด (~ 95 - 98°C)

เวลา : 1 ชั่วโมง

ผล : สารละลายที่ได้มีสีเหลืองอ่อนขุ่น

: สารละลายให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 360 nm

1. ก การย้อม

- ใช้ด้ายฝ้าย เบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่
- ภาวะการย้อม
 - ใช้มอร์แดนต์ Cu 1 % owf. ย้อมมอร์แดนต์ก่อน พร้อม และหลังการย้อมสี
 - ใช้มอร์แดนต์ Cu 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 % owf. ย้อมหลังการย้อมสี
 - ย้อมฝาดรองพื้นด้วยน้ำย้อมยูคาฯ ย้อมสีแล้วย้อมมอร์แดนต์ Cu 0.25%owf.
 - ย้อมมอร์แดนต์ Cu 0.25%owf ย้อมสี แล้วย้อมทับอีกครั้งด้วยมอร์แดนต์ Cu 0.25%owf.
- การย้อมในน้ำย้อมใบสาบเสือ
 - ใช้อัตราส่วนใบสาบเสือ: น้ำ : ด้าย = 1 : 10 : 1
 - ให้ความร้อนแก่น้ำย้อมจนถึง 70°C ใส่ด้ายลงย้อม ทำการควบคุมอุณหภูมิ และระดับของน้ำย้อมให้คงที่
 - ทำการย้อมนาน 60 นาที นำด้ายออก บิดด้ายให้หมาด
 - นำลงย้อมมอร์แดนต์ ที่อุณหภูมิ 40-50°C นาน 30 นาที
 - ล้างด้ายให้สะอาด ผึ่งให้แห้งในร่ม
 - นำด้ายไปทำการบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสี

1.ข สีที่ย้อมได้และผลการวัดสี

ผลการย้อมและผลการวัดสีแสดงไว้ในรูปที่ 4.21 และผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงดังตารางที่ 4.5 ต่อไปนี้

สีที่ได้

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดงที่ก่อนย้อมสี (Cu 1 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 65.22	+ 0.93	+ 28.10	SS4SC1P7

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดงที่พร้อมย้อมสี (Cu 1 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 65.01	+ 0.78	+ 25.33	SS4SC1S7

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดงที่หลังการย้อมสี (Cu 1 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 64.52	- 1.62	+ 26.34	SS4SC1A7

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดงที่หลังการย้อมสี (Cu 0.75 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 68.25	- 1.68	+ 22.74	SS4SCCA7

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดงที่หลังการย้อมสี (Cu 0.50 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 71.82	- 1.40	+ 22.78	SS4SCBA7

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดงที่หลังการย้อมสี (Cu 0.25 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 70.62	+ 0.19	+ 21.39	SS4SCAA7

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดงก่อนย้อมสี ย้อมมอร์แดงที่หลังการย้อมสี (Cu 0.25 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 67.69	- 0.25	+ 27.6	SS4SUCAA

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดงที่ก่อนและหลังการย้อมสี (Cu 0.25 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 68.48	- 0.27	+ 29.64	SS4SCAPA

รูปที่ 4.21 ผลของความเข้มข้นและวิธีการย้อมมอร์แดงที่ต่อสีด้วยน้ำย้อมไบซาบเลื่อ

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้จากใบสาบเสือต่อการซัก และต่อแสง

ลำดับ ที่	อัตราส่วน สาบเสือ น้ำ	ชนิด ผ้า	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)	มอร์แดนท์			ผลสเกลเทา						light fastness
								การย้อมของสีผ้า		การติดสีบนผ้า		ติดสีบน wool		
					วิธี	ชนิด	%owf	40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	Blue w.
1	1:10	10/1	สบู่	70	ก่อน	Cu	1	3/4	3/4	4	5	5	5	3-4
2	1:10	10/1	สบู่	70	พร้อม	Cu	1	3	3	4	4	5	5	3-4
3	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	1	3/4	3/4	4	4	5	5	3-4
4	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.75	3	3	4	4	5	5	2-3
5	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.5	2	2	5	5	5	5	3
6	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.25	3/4	3	5	5	5	5	2-3
7*	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.25	3/4	3	5	5	5	5	2-3
8**	1:10	10/1	สบู่	70	ก/ล	Cu	0.25	3	2/3	4	5	5	5	1-2

หมายเหตุ * = ย้อมยู่การองพื้นก่อนย้อมสี

** = ย้อมมอร์แดนต์ก่อนและหลังการย้อมสี (ก/ล)

ผลการทดสอบ

พบว่าสีที่ย้อมได้เมื่อใช้มอร์แดนต์ Cu 1 %owf. ให้สีเขียวแกมเหลืองการย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสีจะได้สีออกเขียวมากกว่า แต่เมื่อลดความเข้มข้นของมอร์แดนต์ลงโทนสีจะเปลี่ยนไปโดยที่สีจะออกเหลืองมากขึ้น ที่ความเข้มข้นมอร์แดนต์ 0.25 % ทำการย้อมรองพื้นด้วยน้ำย้อมจากใบยูคาลิปตัสก่อนพบว่าสีที่ได้จะเข้มข้น แต่การย้อมด้วยยูการองพื้นนี้ทำให้ต้องใช้เวลาในการทำงานนานขึ้น การย้อมมอร์แดนต์ 2 ครั้ง คือ ก่อนและหลังการย้อมสีช่วยให้สีเข้มข้น ภายใต้อาการทดลองที่ใช้น้ำสีที่ได้มีแนวโน้มออกสีเขียวมากกว่าที่ได้จากตัวแดงและจากหญ้าหวาน

ผลการทดสอบการซัก พบว่าการย้อมสีด้วยหลังการซักส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงค่อนข้างดี คือผลของสเกลทาสำหรับการย้อมสีมีค่าระดับ 3 ถึง 3/4 เป็นส่วนใหญ่ ส่วนการติดสี ไม่พบการติดสีบนผ้าฝ้ายและขนสัตว์ ผลของสเกลทามีค่าระดับ 4 ถึง 5 ความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ปานกลางคือเทียบเท่ากับ Blue wool No. 3-4 สำหรับมอร์แดนต์ 1.0 %owf. แต่มีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของมอร์แดนต์ไปเป็น 2-3 เมื่อใช้มอร์แดนต์ 0.25% การย้อมมอร์แดนต์ก่อนและหลังการย้อมสีไม่มีผลต่อความคงทนของสีแต่อย่างใด

การใช้ใบสาบเสือเป็นวัตถุดิบเป็นสิ่งที่น่าสนใจเนื่องจากสาบเสือเป็นวัชพืชหาได้ง่าย ควรใช้มอร์แดนต์ Cu 1.0 %owf. เพื่อให้สีมีความคงทนต่อแสง การย้อมซ้ำให้ได้สีเดิมต้องระวังค่อนข้างมากเนื่องจากสีที่ได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและรวมทั้งวิธีการย้อมมอร์แดนต์

4.3.3.2 ใบพืชเหล็กฝรั่ง

ได้ทำการสกัดใบพืชเหล็กฝรั่งด้วยน้ำ โดยใช้ภาวะดังนี้

อัตราส่วน : ใบพืชเหล็กฝรั่งต่อน้ำ = 1 : 10 w/v

อุณหภูมิ : ต้มเดือด ($\sim 95 - 98^{\circ}\text{C}$)

เวลา : 1 ชั่วโมง

ผล : สารละลายที่ได้มีสีเหลืองอ่อนขุ่น

2. ก การย้อม

- ใช้ผ้าฝ้าย เบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่
- ภาวะการย้อม
 - ใช้มอร์แดนต์ 1.0 % owf. ย้อมก่อน พร้อม และหลังการย้อมสี
 - ใช้มอร์แดนต์ 0.25 % owf. ย้อมหลังการย้อมสี
 - ย้อมผาตรงพื้นด้วยน้ำย้อมยูคาฯ ย้อมสีแล้วย้อมมอร์แดนต์ Cu 0.25%owf.
 - ใช้น้ำย้อมเตรียมจากใบพืชเหล็กปิ่น
 - ย้อมรองพื้นด้วยยูคาฯ ย้อมสี แล้วย้อมมอร์แดนต์ Cu 1.0 %owf
 - ย้อมมอร์แดนต์ Cu 1.0 % owf. หลังการย้อมสี
 - ย้อมมอร์แดนต์ Cu 1.0 %owf. ย้อมสี แล้วย้อมทับด้วยมอร์แดนต์ Cu 1.0 % owf.
- การย้อมในน้ำย้อมใบพืชเหล็กฝรั่ง
 - ใช้อัตราส่วนใบพืชเหล็กฝรั่ง: น้ำ : ผ้า = 1 : 10 : 1
 - ให้ความร้อนแก่น้ำย้อมจนถึง 70°C ใส่ผ้าลงย้อม ทำการควบคุมอุณหภูมิและระดับของน้ำย้อมให้คงที่
 - ทำการย้อมนาน 60 นาที นำผ้าออก บิดผ้าให้หมาดแล้วนำลงย้อมมอร์แดนต์ ที่อุณหภูมิ $40-50^{\circ}\text{C}$ นาน 30 นาที
 - ล้างผ้าให้สะอาด ผึ่งให้แห้งในร่ม
 - นำผ้าไปทำการบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสี

2. ข สีที่ย้อมได้และผลการวัดสี

ผลการย้อมและผลการวัดสีแสดงไว้ในรูปที่ 4.22 และผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงดังตารางที่ 4.6 ต่อไปนี้

สีที่ได้				
	อุณหภูมิ 70 °C <u>ซ็อมมอร์แดนท์ก่อนซ็อมสี</u> (Cu 1 %owf.)			
ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 69.45	+ 0.70	+ 19.29	KL4SUC1A
	อุณหภูมิ 70 °C <u>ซ็อมมอร์แดนท์พร้อมซ็อมสี</u> (Cu 1 %owf.)			
ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 74.59	- 3.86	+ 22.62	KL4SC1A7
	อุณหภูมิ 70 °C <u>ซ็อมมอร์แดนท์หลังการซ็อมสี</u> (Cu 1 %owf.)			
ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 72.53	- 1.21	+ 20.82	KL4SC1PA
	อุณหภูมิ 70 °C <u>ซ็อมซุคาก่อนซ็อมสี ซ็อมมอร์แดนท์หลังการซ็อมสี</u> (Cu 0.25 %owf.)			
ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 72.53	+ 1.07	+ 20.14	KL4SUCAA
	อุณหภูมิ 70 °C <u>ซ็อมมอร์แดนท์หลังการซ็อมสี</u> (Cu 0.25 %owf.)			
ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 76.28	- 4.08	+ 23.12	KL4SCAA7
	อุณหภูมิ 70 °C <u>ซ็อมมอร์แดนท์ก่อนและหลังการซ็อมสี</u> (Cu 0.25 %owf.)			
ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 74.06	- 3.47	+ 22.39	KL4SCAPA
	ใบซีเหล็กป่น <u>ซ็อมซุคาก่อนซ็อมสี ซ็อมมอร์แดนท์หลังการซ็อมสี</u> (Cu 1 %owf.)			
ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 65.40	- 0.70	+ 13.46	KF4SUC1A
	ใบซีเหล็กป่น <u>ซ็อมมอร์แดนท์หลังการซ็อมสี</u> (Cu 1.0 %owf.)			
ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 66.97	- 1.89	+ 12.72	KF4SC1A7
	ใบซีเหล็กป่น <u>ซ็อมมอร์แดนท์ก่อนและหลังการซ็อมสี</u> (Cu 1.0 %owf.)			
ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 58.52	- 2.96	+ 9.30	KF4SC1PA

รูปที่ 4.22 ผลของความเข้มข้นและวิธีการซ็อมมอร์แดนท์ต่อสีค้ำยซ็อมด้วยน้ำซ็อมใบซีเหล็กป่น

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความคงทนของสีที่ข้อมได้จากใบซีเหล็กฝรั่งต่อการซัก และต่อแสง

ลำดับ ที่	อัตราส่วน ขี้เหล็กฝรั่ง น้ำ	ชนิด ผ้า	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)	มอร์แดนท์			ผลสเกลเทา						light
								การซีดของสีผ้า		การติดสีบนผ้า		ติดสีบน wool		fastness
					วิธี	ชนิด	%owf	40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	Blue w.
1	1:10	10/1	สบู่	70	ก่อน	Cu	1	3	2/3	5	5	5	5	2-3
2	1:10	10/1	สบู่	70	พร้อม	Cu	1	3	2/3	5	5	5	5	2-3
3	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	1	3/4	3	5	5	5	5	3-4
4*	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.25	3	3	5	5	5	5	3-4
5	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.25	3	3	5	5	5	5	2-3
6**	1:10	10/1	สบู่	70	ก/ล	Cu	0.25	3	3	5	5	5	5	3
7*	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	1	3/4	3/4	5	5	5	5	2
8	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	1	2/3	2/3	5	5	5	5	2
9**	1:10	10/1	สบู่	70	ก/ล	Cu	1	4	3/4	5	5	5	5	2

หมายเหตุ * = ข้อมยูการองพื้นก่อนข้อมสี

** = ข้อมมอร์แดนท์ก่อนและหลังการข้อมสี (ก/ล)

ผลการทดสอบ

พบว่าสีที่ข้อมได้เมื่อใช้มอร์แดนท์ Cu 1 %owf. ให้สีเขียวเข้มเหมือนสีของการข้อมมอร์แดนท์หลังการข้อมสีจะสว่างมากกว่า แต่เมื่อลดความเข้มข้นของมอร์แดนท์ลงโทนสีจะเปลี่ยนไป โดยที่สีจะอ่อนลงแต่สีที่ได้จะเข้มข้นถ้าทำการข้อมรองพื้นด้วยน้ำข้อมจากใบยูคาลิปตัสก่อน การข้อมด้วยยูการองพื้นนี้ทำให้ต้องใช้เวลาในการทำงานนานขึ้น การข้อมมอร์แดนท์ 2 ครั้ง คือ ก่อนและหลังการข้อมสีช่วยให้สีเข้มข้น ภายใต้ภาวะการทดลองที่ใช้สีที่ได้มีแนวโน้มออกสีเขียวมากกว่าที่ได้จากตัวแดงและจากหญ้าหวาน พบว่าการเตรียมน้ำข้อมโดยการปั่นให้ใบป่นก่อนนั้น ทำให้ได้สีเข้มข้นออกไปทางเขียวขี้ม้า แต่วิธีการนี้มีปัญหาในการกรองแยกกากออกจากน้ำข้อมก่อนใช้งาน

ผลการทดสอบการซัก พบว่าการซีดของสีผ้าหลังการซักส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงค่อนข้างดี คือผลของสเกลเทาสำหรับการซีดของสีมีค่าระดับ 3 ถึง 3/4 เป็นส่วนใหญ่ ส่วนการติดสี ไม่พบการติดสีบนผ้าฝ้ายและขนสัตว์ ผลของสเกลเทามีค่าระดับ 5 ทั้งหมด ความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ปานกลางค่อนข้างต่ำคือเทียบเท่ากับ Blue wool No. 2-3 ถึง 3-4 สีที่ได้จากการปั่นวัตถุดิบก่อนต้มนั้นมีความคงทนต่อแสงต่ำกว่า เทียบได้กับ Blue wool No. 2

การข้อมด้วยใบซีเหล็กฝรั่งให้ผลคล้ายกันกับการใช้ใบสาบเสือ คือ ควรใช้มอร์แดนท์ Cu 1.0 %owf. หลังข้อมสี การข้อมซ้ำให้ได้สีเดิมต้องระวังเรื่องความเข้มข้นของมอร์แดนท์

4.3.3.3 ใบพืชเหล็กบ้าน ใบมะลิ ใบจามจุรี และฟ้าทะลายโจร

ได้ทำการสกัดใบพืชวัตถุดิบด้วยน้ำ โดยใช้ภาวะดังนี้

อัตราส่วน : ใบพืชวัตถุดิบต่อน้ำ = 1 : 10 w/v

อุณหภูมิ : ต้มเดือด ($\sim 95 - 98^{\circ}\text{C}$)

เวลา : 1 ชั่วโมง

3. ก การย้อม

- ใช้ด้ายฝ้าย เบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่
- ภาวะการย้อม
 - ใช้มอร์แดนต์ 0.25 และ/หรือ 1.0 % owf. หลังการย้อมสี
 - ย้อมผ้าตรงพื้นด้วยน้ำย้อมยูคาฯ ย้อมสีแล้วย้อมมอร์แดนต์Cu 0.25%owf.
- การย้อมในน้ำย้อม
 - ใช้อัตราส่วนใบพืชวัตถุดิบ: น้ำ : ด้าย = 1 : 10 : 1
 - ให้ความร้อนแก่น้ำย้อมจนถึง 70°C ใส่ด้ายลงย้อม ทำการควบคุมอุณหภูมิและระดับของน้ำย้อมให้คงที่
 - ทำการย้อมนาน 60 นาที นำด้ายออก บิดด้ายให้หมดแล้วนำลงย้อมมอร์แดนต์ ที่อุณหภูมิ $40-50^{\circ}\text{C}$ นาน 30 นาที
 - ล้างด้ายให้สะอาด ผึ่งให้แห้งในร่ม
 - นำด้ายไปทำการบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสี

3. ข สีที่ย้อมได้และผลการวัดสี

ผลการย้อมและผลการวัดสีแสดงไว้ในรูปที่ 4.23 และผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงดังตารางที่ 4.7 ต่อไปนี้

สีที่ได้

ใบจีเหือกบ้าน

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดงที่หลังย้อมสี (Cu 0.25 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 67.27	+ 1.46	+ 14.70	KH4SCAA7

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมยู่คาก่อนย้อมสีและย้อมมอร์แดงที่หลังย้อมสี (Cu 0.25 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 66.35	+ 1.74	+ 15.17	KH4SUCAA

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดงที่ก่อนและหลังการย้อมสี (Cu 0.25 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 68.49	+ 1.05	+ 14.46	KH4SCAPA

ใบมะลิ

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดงที่หลังย้อมสี (Cu 0.25 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 80.49	- 5.42	+ 10.21	ML4SCAA7

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมยู่คาก่อนย้อมสีและย้อมมอร์แดงที่หลังย้อมสี (Cu 0.25 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 73.43	+ 0.23	+ 15.76	ML4SUCAA

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดงที่ก่อนและหลังการย้อมสี (Cu 0.25 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 78.44	- 3.73	+ 11.49	ML4SCAPA

ใบจามจุรีปิ่น

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดงที่หลังย้อมสี (Cu 1.0 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 68.82	- 1.72	+ 17.81	JJ4SC1A7

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมยู่คาก่อนย้อมสีและย้อมมอร์แดงที่หลังย้อมสี (Cu 1.0 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 65.35	+ 1.76	+ 17.39	JJ4SUC1A



อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แคนท์หลังย้อมสี (Cu 0.25 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 71.32	- 1.72	+ 16.46	JJ4SCAA7



อุณหภูมิ 70 °C ย้อมยู่ก่อนย้อมสีและย้อมมอร์แคนท์หลังย้อมสี (Cu 0.25 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 64.43	+ 1.43	+ 17.39	JJ4SUCAA

ใบฟ้าทะลายโจร



อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แคนท์หลังย้อมสี (Cu 0.25 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 70.51	- 0.53	+ 17.42	FJ4SCAA7



อุณหภูมิ 70 °C ย้อมยู่ก่อนย้อมสีและย้อมมอร์แคนท์หลังย้อมสี (Cu 0.25 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 64.60	+ 0.78	+ 18.53	FJ4SUCAA

รูปที่ 4.23 ผลของความเข้มข้นและวิธีการย้อมมอร์แคนท์ต่อสีผ้าย้อมด้วยน้ำย้อมใบพืชต่าง ๆ

ผลการทดสอบ

พบว่าสีที่ย้อมได้ส่วนมากมีสีเขียวแกมเหลืองคล้ายกันกับที่ได้จากการใช้ใบสาบเสือและใบขี้เหล็กฝรั่ง แต่เมื่อพิจารณาจากค่า b^* ของผลการวัดสีจะเห็นว่ามีส่วนประกอบของสีเป็นสีเหลืองน้อยกว่าหรืออีกนัยหนึ่งมีส่วนของสีน้ำเงินมากกว่า หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือมีสีออกเขียวมากกว่า ยกเว้นใบมะลิสีจะเป็นเขียวอ่อนออกฟ้ามีความสว่างของสีมากที่สุดหรือกล่าวได้ว่าสีอ่อนที่สุดในกลุ่ม พบว่าใบขี้เหล็กบ้าน ใบจามจุรีและใบฟ้าทะลายโจรให้โทนสีคล้ายกันภายใต้ภาวะการย้อมเดียวกัน สำหรับพืชวัตถุบับทั้งสี่ชนิดนี้การย้อมยู่การองพื้นก่อนการย้อมสีให้สีเข้มขึ้นในทุกกรณี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสีที่ได้จากการย้อมในน้ำย้อมใบมะลิจะมีสีเขียวออกเหลือง

ผลการทดสอบการซัก พบว่าการซักของสีผ้าหลังการซักส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ คือผลของสเกลเทาสำหรับการซักของสีมีค่าระดับ 2 ถึง 3 เป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นสีจากใบมะลิสีตกมากให้ผลสเกลเทาในระดับ 1 ส่วนการติดสีบนผ้าฝ้ายและขนสัตว์ ผลของสเกลเทามีค่าระดับ 4 ถึง 5 ความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำคือเทียบเท่ากับ Blue wool No. 1-2 ถึง 3-4 เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วพืชทั้งสี่ชนิดนี้แม้จะสามารถย้อมได้สีเขียวแต่พืชที่น่าจะมีศักยภาพ

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบความคงทนของสีเขียวที่ย้อมได้ต่อการซัก และต่อแสง

ลำดับ ที่	อัตราส่วน วัตถุดิบ น้ำ	ชนิด ผ้า	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)	มอร์แคนท์			ผลทดสอบ						light fastness
								การซักของสีผ้า		การติดสีบนผ้า		ติดสีบน wool		
					วิธี	ชนิด	%owf	40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	Blue w.
ใบขี้เหล็กบ้าน														
1	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.25	2/3	2/3	5	5	5	5	1-2
2*	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.25	4	4	4-5	4	5	5	2
3	1:10	10/1	สบู่	70	ก/ล	Cu	0.25	3	2	5	4	5	5	1-2
ใบมะลิ														
4	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.25	1	1	5	5	5	5	3-4
5*	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.25	2	2	5	5	5	5	3-4
6**	1:10	10/1	สบู่	70	ก/ล	Cu	0.25	1	1	4	5	5	5	3
ใบจามจุรี														
7	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	1	3	3	5	5	5	5	3
8*	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	1	3	3	5	5	5	5	3-4
9	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.25	2/3	2/3	5	5	5	5	2-3
10*	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.25	2	2	5	5	5	5	2
ใบฟ้าทะลายโจร														
11	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.25	3	3	5	5	5	5	2-3
12*	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Cu	0.25	3/4	3	4-5	4-5	5	5	2-3

หมายเหตุ * = ย้อมยู่การรองพื้นก่อนย้อมสี

** = ย้อมมอร์แคนท์ก่อนและหลังการย้อมสี (ก/ล)

นำมาใช้ประโยชน์ได้นั้น ควรจะเป็นใบจามจุรีและใบฟ้าทะลายโจรเท่านั้น ส่วนใบจี้เหล็กบ้านอาจใช้ได้ทั้งนี้ต้องย้อมผ้ารองพื้นด้วยน้ำย้อมใบยู่ใดๆ ก่อน

4.3.4 สรุปผลการย้อมสีเขียว

การย้อมสีเขียวด้วยสีย้อมธรรมชาติ ขึ้นอยู่กับคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบให้สีและความยากง่ายในการสกัดหรือการละลายในน้ำที่ใช้เป็นตัวทำละลายสกัด การเกาะของคลอโรฟิลล์โดยตรงบนเส้นด้ายเกิดค่อนข้างยาก ต้องใช้สารพวกแทนนินช่วยในการติดสี นอกจากนั้นสีจากคลอโรฟิลล์เองไม่ทนต่อแสง มีแนวโน้มซีดจางง่าย สีที่ย้อมโดยไม่ใช้การช่วยติด ส่วนมากจึงมีความ

คงทนของสีต่อแสงเทียบเท่ากับ blue wool No. 1 ถึง 1-2 และจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อใช้แทนนินช่วยย้อม และ/หรือใช้มอร์แดนท์โลหะ ทำให้ความคงทนเพิ่มขึ้นไปอยู่ในระหว่าง 3-4 ได้ในบางกรณี

โดยทั่วไปวัสดุธรรมชาติพวกใบไม้ เปลือกไม้ มักจะมีแทนนินปนอยู่ แต่ในกรณีที่แทนนินมีน้อย อาทิเช่น กรณีของหญ้าหวาน อาจต้องใช้การย้อมรองพื้นด้วยแทนนินก่อนการย้อมสี แต่หากย้อมนานหรือมากเกินไป จะมีปัญหาสีน้ำตาลจากแทนนินรบกวนสีเขียวที่จะย้อมได้ ดังจะสังเกตว่าในการย้อมรองพื้นด้วยน้ำย้อมยูคาฯ นั้น สีของด้ายจะเข้มขึ้นและมีโทนสีออกเหลือง พืชบางชนิดมีแทนนินมากพอเช่นใบต้วแดง ใบสาบเสือ เป็นต้น จึงไม่ต้องย้อมผารองพื้นก่อนย้อมสี การใช้มอร์แดนท์ทองแดงร่วมในกระบวนการย้อมสีจึงสามารถให้สีเขียวเข้มขึ้นและความคงทนต่อแสงในระดับที่น่าพอใจ

การย้อมสีเขียวไม่จำเป็นต้องต้มให้เดือด พบว่าอุณหภูมิประมาณ 70 °C น่าจะเป็นภาวะที่เหมาะสมและสะดวกสำหรับผู้ย้อมในระดับอุตสาหกรรมครอบครัว เนื่องจากจะสามารถสังเกตได้ง่ายจากการที่มีไอของน้ำลอยขึ้นมาเหนือหม้อย้อม การย้อมที่อุณหภูมิดังกล่าวนอกจากจะทำให้ประหยัดพลังงานความร้อนที่ต้องใช้แล้วยังลดความเสี่ยงในการที่จะย้อมแทนนินและสารฟีนอลิกมากเกินไปจนสีเปลี่ยนไปเป็นเฉดสีน้ำตาลแทน ปัญหาที่สำคัญของสีเขียวได้แก่ความคงทนของสีต่อแสงยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ผลการทดลองแสดงว่าการเพิ่มปริมาณของมอร์แดนท์ทองแดงไม่ช่วยแก้ปัญหานี้ แต่มีโอกาที่จะเพิ่มปัญหาปริมาณของทองแดงที่ติดอยู่บนเส้นใยมากเกินไปได้ ทำให้มีแนวโน้มที่ปริมาณของทองแดงที่สามารถสกัดได้ จะเพิ่มมากขึ้น

ภาวะที่เหมาะสมในการย้อมสีเขียวมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำความสะอาดด้ายฝ้ายโดยการต้มในน้ำสบู่อผสมโซดาแอช(ด้ายต่อน้ำ=1:10)เวลา 1 ชั่วโมง
2. ย้อมผารองพื้น(ถ้าจำเป็น)ด้วยสารที่มีแทนนินเช่นน้ำต้มใบยูคาลิปตัส เวลา 1 ชั่วโมง
3. ย้อมด้ายในน้ำย้อมสีเขียว(พืชให้สี:ด้าย :น้ำ=1:1:10) ที่อุณหภูมิ 70 °C เวลา 1 ชั่วโมง
4. ย้อมทับด้วยมอร์แดนท์ทองแดงความเข้มข้น 0.25 ถึง 1.0 %ของน.น.ด้าย ใช้อัตราส่วน

ด้าย:สารละลาย=1:10 ที่อุณหภูมิ 40-50 °C เวลา 30 นาที

5. นำด้ายขึ้น บิดให้หมาด นำด้ายไปซักน้ำหรือน้ำสบู่ให้สะอาด ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

ภาวะการย้อมนี้เมื่อนำไปทดสอบการย้อมสีจากวัสดุอื่นบางชนิดพบว่าให้ผลการย้อมในระดับที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตามสีที่ได้อาจแตกต่างกันไปเนื่องจากปริมาณของสารสีที่ให้สีอื่นที่มีในวัตถุดิบจะแตกต่างกัน ที่สำคัญได้แก่สารพวกแทนนินและสารฟีนอลิกที่ให้สีเฉดน้ำตาลซึ่งจะสามารถรบกวนสีเขียวของคลอโรฟิลล์ได้ง่าย

ด้ายที่ย้อมสีแล้วเมื่อนำไปทอเป็นผ้าผืน พบว่ากลุ่มทอผ้าแต่ละกลุ่มมีวิธีการเตรียมเส้นด้ายก่อนนำไปทอแตกต่างกัน รวมถึงการวางโครงสร้างผ้า เทคนิคและวิธีการทอที่แตกต่าง

กัน ทำให้สีของผ้าแตกต่างจากสีของผ้าเดิมเล็กน้อยต่างกัน อย่างไรก็ตามพบว่าสีเขียวจากหญ้าหวาน มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนสีง่ายเมื่อเทียบกับสีที่ได้จากใบคิ้วแดง การย้อมสีซ้ำ 2 ครั้งโดยใช้น้ำย้อมเดิมจะ ช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ แต่ก็มีข้อเสียที่ต้องใช้เวลามากขึ้นในการย้อม ทั้งนี้เนื่องจากต้องทิ้งผ้าให้ แห้งก่อนทำการย้อมสีทับ เมื่อนำไปทอเป็นผืนสีเขียวจากคิ้วแดงทนทานกว่าสีของผ้าไม่เปลี่ยนมากนัก การย้อมสีซ้ำไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำย้อมเดิมหรือการใช้น้ำย้อมใหม่จะให้สีออกโทนน้ำตาลมากขึ้น แต่การย้อมสีทับโดยใช้น้ำย้อมใหม่มีแนวโน้มที่ความคงทนของสีต่อแสงดีขึ้น

ตัวอย่างของผ้าที่ได้จากการทดสอบกระบวนการย้อมของโครงการวิจัยนี้ และที่ได้จากการย้อมของกลุ่มทอผ้าได้รวบรวมไว้ในภาคผนวกที่ 3

4.4 การย้อมสีน้ำตาล

4.4.1 การย้อมด้วยสะเดา

ได้ทำการสกัดใบสะเดาด้วยน้ำ โดยใช้ภาวะดังนี้

อัตราส่วน : ใบสะเดา ต่อน้ำ = 1 : 10 w/v

อุณหภูมิ : คัมเดือด ($\sim 95 - 98^{\circ}\text{C}$)

เวลา : 1 ชั่วโมง

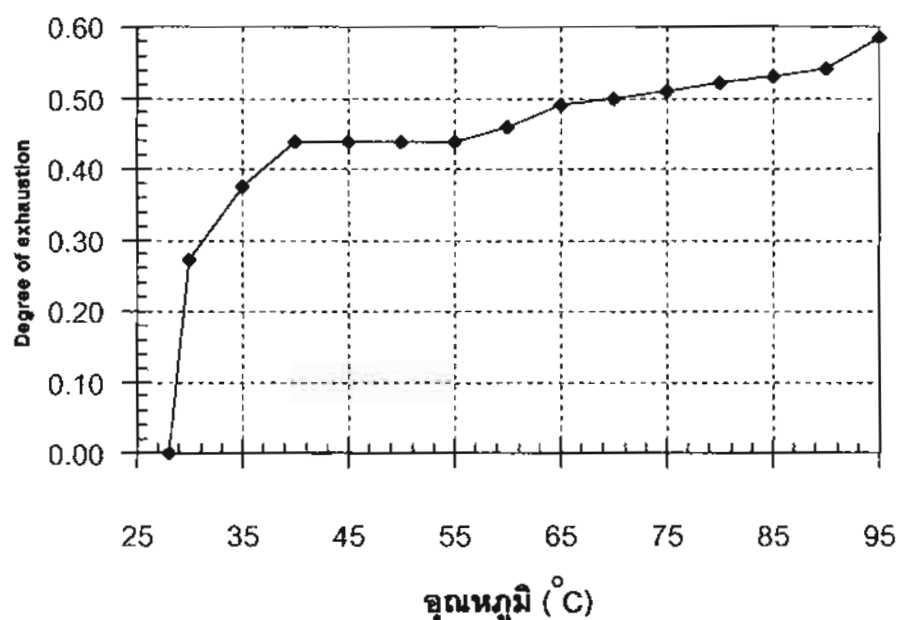
ผล : สารละลายที่ได้มีสีเหลืองส้ม - น้ำตาลอ่อน

: สารละลายให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 390 nm

4.4.1.1 การหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม

1.ก การหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

การติดตามปริมาณสีที่ถูกใช้ไป (degree of exhaustion) เมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิอัตรา 2°C ต่อนาที จากอุณหภูมิห้องถึงจุดเดือดได้ผลดังรูปที่ 4.24 สำหรับผ้าฝ้ายเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วย NaOH 6% และ H_2O_2 (35 %v) 5 % owf.



รูปที่ 4.24 การดูดซับสีน้ำย้อมใบสะเดาโดยผ้าฝ้ายเบอร์ 10/1 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

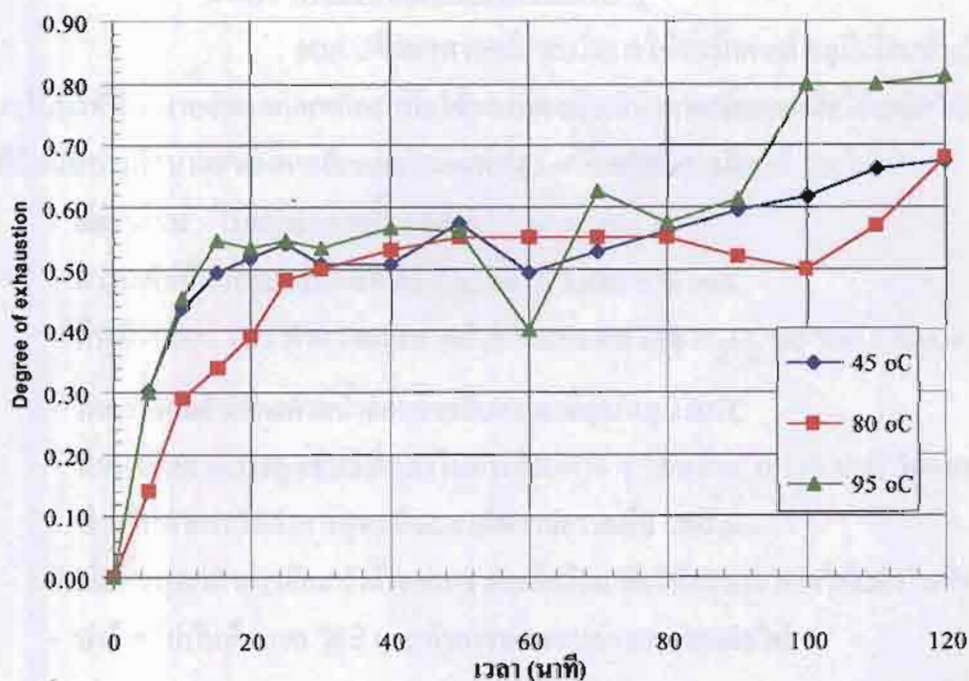
ผลการวิเคราะห์ การดูดซับสีมีแนวโน้มเข้าสู่ค่าคงที่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 40 °C และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อเข้าใกล้จุดเดือด (อุณหภูมิ ระหว่าง 95 - 98 °C ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ) ดังนั้นการข้อมด้ยด้วยน้ำข้อมไบสะเคจึงกำหนดอุณหภูมิที่จะใช้ในการศึกษาไว้ 3 ค่า ดังนี้คือ

1. อุณหภูมิ 45°C
2. 80°C และ
3. จุดเดือด (~ 95 - 98 °C)

เพื่อเปรียบเทียบผลต่อไป

1.ข. การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการข้อม

การดูดซับสีโดยการติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับไปที่เวลาต่างๆ กันจนถึง 120 นาที ที่อุณหภูมิคงที่ที่กำหนดข้างต้น และได้แสดงดังรูปที่ 4.25 สำหรับด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วย NaOH 6% และ H₂O₂ (35 %v) 5 % owf. พบว่าสีที่ข้อมได้มีสีน้ำตาลอ่อน ออกเหลือง การข้อมที่ภาวะต้มเคือคมีแนวโน้มให้สีน้ำตาลออกแดง สีที่ได้และผลการวัดสี แสดงได้ดังรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.25 การดูดซับสีน้ำข้อมไบสะเคโดยด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ที่เวลาต่างๆ

สีที่ได้	ค่า 10/1				
	อุณหภูมิ 45 °C	L*	a*	b*	รหัส
		+ 64.34	+ 8.02	+ 21.96	SD4HTM40
	อุณหภูมิ 80 °C	L*	a*	b*	รหัส
		+ 64.93	+ 6.37	+ 27.51	SD4HTM80
	อุณหภูมิ 95 °C	L*	a*	b*	รหัส
		+ 57.52	+ 12.72	+ 19.60	SD4HTM90

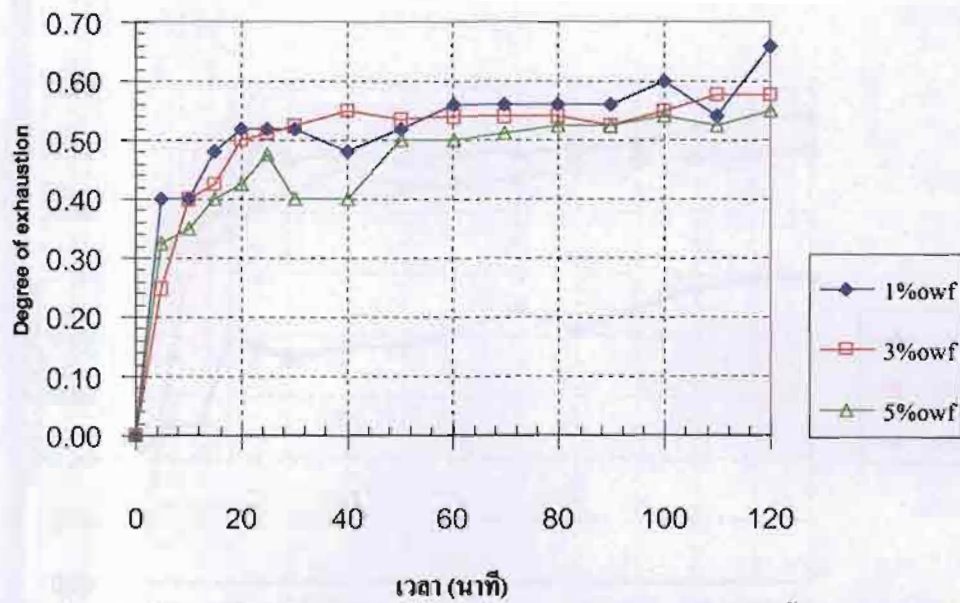
รูปที่ 4.26 สีและผลการวัดสีด้วยค่าเบอร์ 10/1 ซ้อมด้วยน้ำซอมโบสะเคาที่อุณหภูมิต่าง ๆ

4.4.1.2 การย้อมโดยใช้มอร์แคนท์ต่างๆ

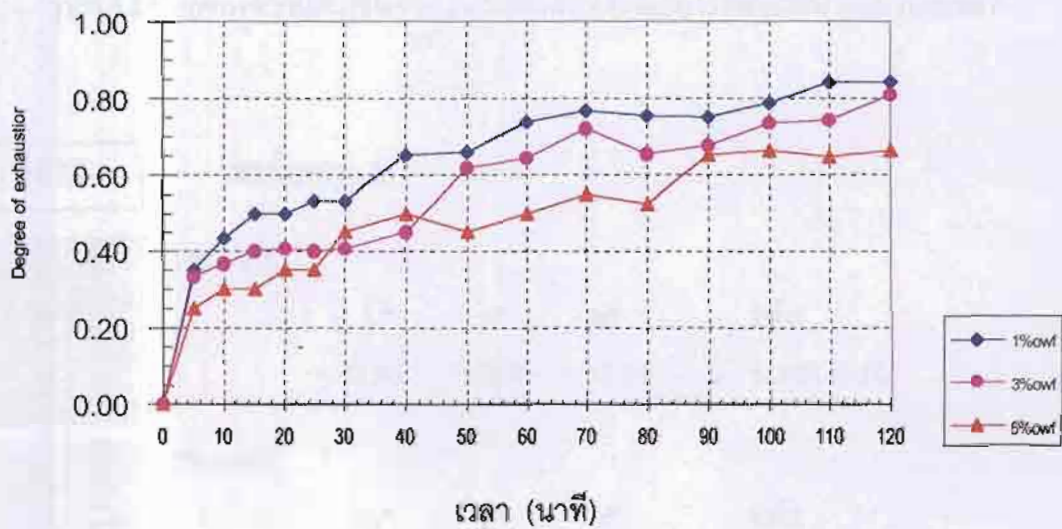
ผลการศึกษาทางเคมี พบว่าการใช้มอร์แคนท์ อลูมิเนียมช่วยในการย้อม มีแนวโน้มให้สีน้ำตาลอ่อนออกเหลือง เมื่อใช้ทองแดงเป็นสีน้ำตาลเข้มและเมื่อใช้เหล็กได้สีน้ำตาลดำ จึงได้ดำเนินการศึกษาผลของการย้อมมอร์แคนท์ทั้ง 3 ชนิดพร้อมการย้อมสี โดยใช้

- อัตราส่วน : โบสะเคา ต่อ น้ำ ต่อ ค่าย = 1 : 10 : 1
- ความเข้มข้นของมอร์แคนท์ Al, Cu, Fe 1, 3, และ 5 % owf.
- ค่ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วย NaOH 6% และ H₂O₂ (35 %v) 5 % o.w.f.
- ทำการย้อมค่ายฝ้ายด้วยน้ำซอมจากโบสะเคาที่อุณหภูมิ 80 °C
- ทำการติดตามการดูดซับสีที่เวลาในการย้อมต่าง ๆ ระหว่าง 0-120 นาที โดยการเปิด น้ำ ซอมไปทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 390 nm
- เมื่อสิ้นสุดเวลาการย้อมนำค่ายออกจากหม้อย้อม ชักให้สะอาด ตากให้แห้งในที่ร่ม
- นำค่ายไปบันทึกภาพ วัดสี และทำการทดสอบความคงทนต่อไป

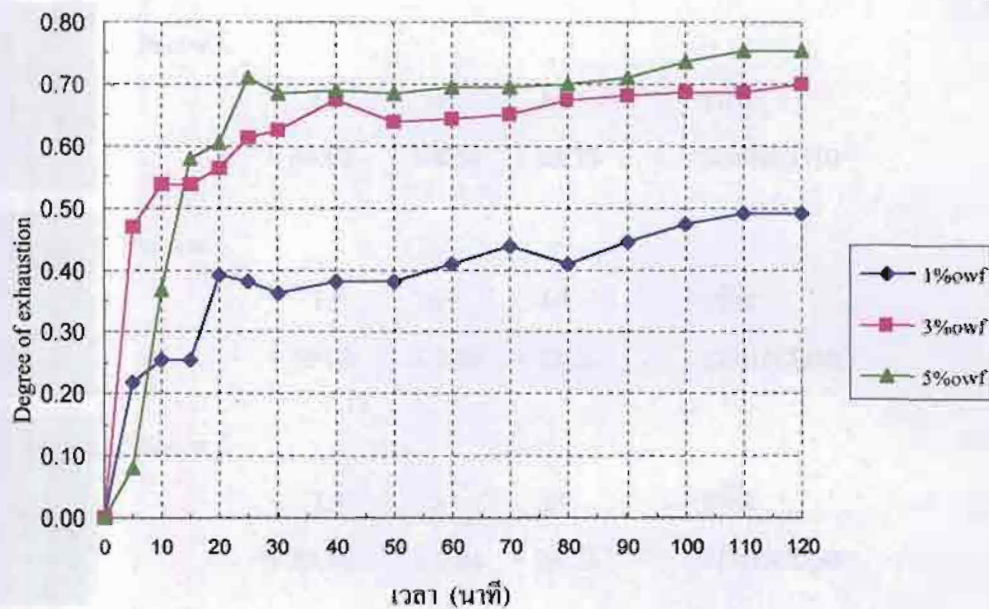
ค่าการดูดซับสีดังแสดงในรูปที่ 4.27-4.29 สำหรับการย้อมที่ใช้มอร์แคนท์ อลูมิเนียม ทองแดงและเหล็ก ตามลำดับ สีที่ได้ และผลการวัดสี ได้รวบรวมไว้ในรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.27 ผลของความเข้มข้นของ Al มอร์แดนท์ที่มีต่อการดูดซับสีน้ำข้อมไบสะเค



รูปที่ 4.28 ผลของความเข้มข้นของ Cu มอร์แดนท์ที่มีต่อการดูดซับสีน้ำข้อมไบสะเค



รูปที่ 4.29 ผลของความเข้มข้นของ Fe มอร์แดนท์ที่มีต่อการดูดซับสีน้ำย้อมใบสะเดา

สีที่ได้	มอร์แดนท์ Al			
	1% o.w.f.	L*	a*	b*
		+ 72.96	+ 2.85	+ 33.94
	3% o.w.f.	L*	a*	b*
		+ 78.20	+ 2.43	+ 24.09
	5% o.w.f.	L*	a*	b*
		+ 77.13	+ 2.25	+ 26.66
				รหัส
				SD4HAL10
				SD4HAL30
				SD4HAL50

รูปที่ 4.30 สีและผลการวัดสีด้วย 10/1 ย้อมด้วยน้ำย้อมใบสะเดาใช้ มอร์แดนท์และความเข้มข้น ต่างๆ กัน

สีที่ได้	มอร์แดงที่ Cu				
	1% o.w.f.	L*	a*	b*	รหัส
		+ 64.02	+ 8.34	+ 23.73	SD4HCU10
	3% o.w.f.	L*	a*	b*	รหัส
		+ 59.09	+ 9.26	+ 23.20	SD4HCU30
	5% o.w.f.	L*	a*	b*	รหัส
		+ 55.16	+ 9.84	+ 24.23	SD4HCU50
มอร์แดงที่ Fe					
	1% o.w.f.	L*	a*	b*	รหัส
		+ 56.83	+ 2.89	+10.41	SD4HFE10
	3% o.w.f.	L*	a*	b*	รหัส
		+ 61.42	+ 3.68	+ 12.75	SD4HFE30
	5% o.w.f.	L*	a*	b*	รหัส
		+ 58.57	+ 5.44	+ 16.05	SD4HFE50

รูปที่ 4.30 (ต่อ)

ผลการทดลอง

การย้อมด้วยน้ำย้อมที่สกัดจากใบสะเดาสีเขียวให้สีน้ำตาลอ่อนออกเหลืองเมื่อใช้ Al เป็นมอร์แดง สีออกน้ำตาลอ่อนมากขึ้นตามการเพิ่มปริมาณมอร์แดงในน้ำย้อม สีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลเข้ม เมื่อใช้ Cu เป็นมอร์แดง ความเข้มของสีเพิ่มขึ้นตามปริมาณมอร์แดงที่ใช้ และสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลดำ เมื่อใช้ Fe เป็นมอร์แดง แต่สีน้ำตาลลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของมอร์แดงในน้ำย้อมทั้งนี้

เป็นผลจากการที่เหล็กบางส่วนตกตะกอนและทำให้สีตกตะกอนรวมไปด้วย สีที่ข้อมได้จึงมีสีอ่อนลง และให้สีออกน้ำตาลมากกว่าน้ำตาลดำ

4.4.1.3 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและการติดสี

ในการทดสอบความคงทนของสีที่ข้อมได้ต่อการซัก ได้ทดสอบการซักของสีและการติดสี (Staining) ที่อุณหภูมิ 40 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C01:1989 และที่อุณหภูมิ 60 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO105-C03:1989 และความคงทนต่อแสงตามวิธีการ มาตรฐาน ISO 105-B02:1994 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ความคงทนของสีด้วยผ้าข้อมด้วยน้ำข้อมโบสะเคเมื่อไม่ใช้มอร์แดนท์และเมื่อใช้มอร์แดนท์ความเข้มข้น 1-5 %owf.

ลำดับ ที่	อัตราส่วน โบสะเค น้ำ	ชนิด ของผ้า ฝ้าย	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)				ผลสเกลเทา						Light
					มอร์แดนท์			การซักของสี		ติดสีบนฝ้าย		ติดสีบน wool		Fastness
					ข้อม	ชนิด	%owf	40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	(Blue w.)
1	1:10	10/1	H ₂ O ₂	45	-	-	-	2	2	5	5	5	5	1
2	1:10	10/1	H ₂ O ₂	80	-	-	-	1/2	2	5-4	5-4	5	5	1
3	1:10	10/1	H ₂ O ₂	95	-	-	-	4/5	4	5	5	5	5	1
4	1:10	10/1	H ₂ O ₂	80	พร้อม	Cu	1	3/4	3/4	5	5	5	5	3
5	1:10	10/1	H ₂ O ₂	80	พร้อม	Cu	3	4	3/4	5	5	5	5	3
6	1:10	10/1	H ₂ O ₂	80	พร้อม	Cu	5	4	3/4	5	5	5	5	3
7	1:10	10/1	H ₂ O ₂	80	พร้อม	Fe	1	3/4	3	5	5	5	5	1
8	1:10	10/1	H ₂ O ₂	80	พร้อม	Fe	3	3/4	3/4	5	5	5	5	2-3
9	1:10	10/1	H ₂ O ₂	80	พร้อม	Fe	5	2	2	5	5	5	5	2-3
10	1:10	10/1	H ₂ O ₂	80	พร้อม	Al	1	2	2	5	5	5	5	1
11	1:10	10/1	H ₂ O ₂	80	พร้อม	Al	3	2	2	5	5	5	5	1
12	1:10	10/1	H ₂ O ₂	80	พร้อม	Al	5	1	1/2	5	5	5	5	1

ผลการทดสอบ

การซักของสีด้วยหลังการซักส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ ปานกลางถึงดี คือผลของสเกลเทา มีค่าระดับ 3 ถึง 4 การใช้อุณหภูมิต่ำในการข้อมพบว่าสีเกาะติดไม่ดี (สเกลเทา ระดับ 2) การเพิ่ม

ปริมาณ Cu มอร์แดนที่มีแนวโน้มทำให้สีตกน้อยลง แต่ Fe และ Al มอร์แดนทำให้ผลกลับกัน ผลการทดสอบการติดสีพบว่าไม่มีการติดสีบนผ้าขนสัตว์แต่อย่างใด(สเกลเทา ระดับ 5 ทุกกรณี) ส่วนการติดสีบนผ้าฝ้ายนั้นส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ดี-ดีมาก(สเกลเทา ระดับ 5-4 ถึง 5)

ด้ายที่ย้อมในน้ำย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนที่มีความคงทนต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ต่ำเทียบเท่า blue wool No. 1 ถึง 1-2 แต่เมื่อย้อมโดยใช้ Cu มอร์แดนที่ทำการย้อมพร้อมกับการย้อมสี ด้ายที่ย้อมได้มีสีน้ำตาลแดง พบว่ามีความคงทนต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ ปานกลาง คือ เทียบเท่า blue wool No. 3 โดยไม่ขึ้นกับชนิดของด้ายและไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของ Cu มอร์แดนที่ใช้ ด้ายที่ย้อมโดยใช้เหล็กเป็นมอร์แดนทำให้สีน้ำตาลถึงน้ำตาลดำแต่ความคงทนของสีต่อแสงมีค่าต่ำในช่วงเทียบเท่า blue wool No. 1 ถึง 2-3 เท่านั้น และมีแนวโน้มว่าความคงทนเพิ่มตามความเข้มข้นของเหล็กที่ใช้ส่วนการใช้อลูมิเนียมมอร์แดนจะได้สีน้ำตาลอ่อนออกเหลือง ค่าความคงทนของสีต่อแสงมีค่าต่ำในช่วงเทียบเท่า blue wool No. 1 ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของอลูมิเนียมมอร์แดนที่ใช้

การย้อมให้ได้สีน้ำตาลจึงน่าจะใช้ทองแดงเป็นมอร์แดน มากกว่าการใช้เหล็ก ซึ่งมีโอกาสที่สีจะออกไปทางเทาได้และน่าจะใช้ประโยชน์ในการย้อมสีได้ทั้งนี้ต้องใช้ความเข้มข้นของมอร์แดนที่สูงแต่ก็จะมีข้อด้อยที่ความคงทนของสีต่อการซักในส่วนของการซักของสีมีแนวโน้มลดลง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งสีตกง่ายระหว่างซักนั่นเอง ส่วนการใช้อลูมิเนียมมอร์แดนนั้นเห็นว่าไม่เหมาะสมทั้งในแง่ของสีที่ได้ และในแง่ความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อแสง

4.4.1.4 การย้อมสีน้ำตาลโดยใช้มอร์แดนที่ทองแดงความเข้มข้นต่ำ

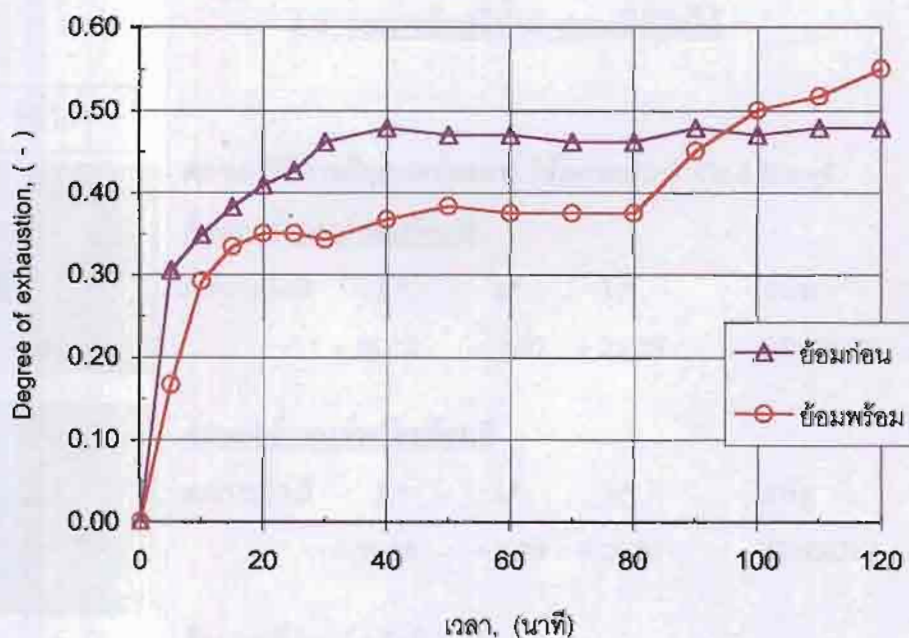
4.ก วิธีการ

ผลการทดลองย้อมด้ายฝ้าย ในน้ำย้อมจากใบสะเดาโดยใช้มอร์แดนที่เป็นโลหะออลอนทองแดง ปรากฏว่าย้อมได้สีน้ำตาล และได้ดำเนินการทดลองใช้ความเข้มข้นของมอร์แดนระหว่าง 1 – 5 %owf. แล้วนั้น เพื่อป้องกันปัญหาเกี่ยวกับปริมาณทองแดงตกค้างบนเส้นใยและให้กระบวนการเหมาะสมกับอุตสาหกรรมระดับครอบครัวซึ่งยังนิยมทำความสะอาดเส้นด้ายด้วยน้ำร้อนหรือน้ำสบู่ จึงได้ทดลองโดยใช้ความเข้มข้นของมอร์แดนที่น้อยกว่า 1 %owf. ภายใต้ภาวะการทดลองต่าง ๆ ดังนี้ คือ

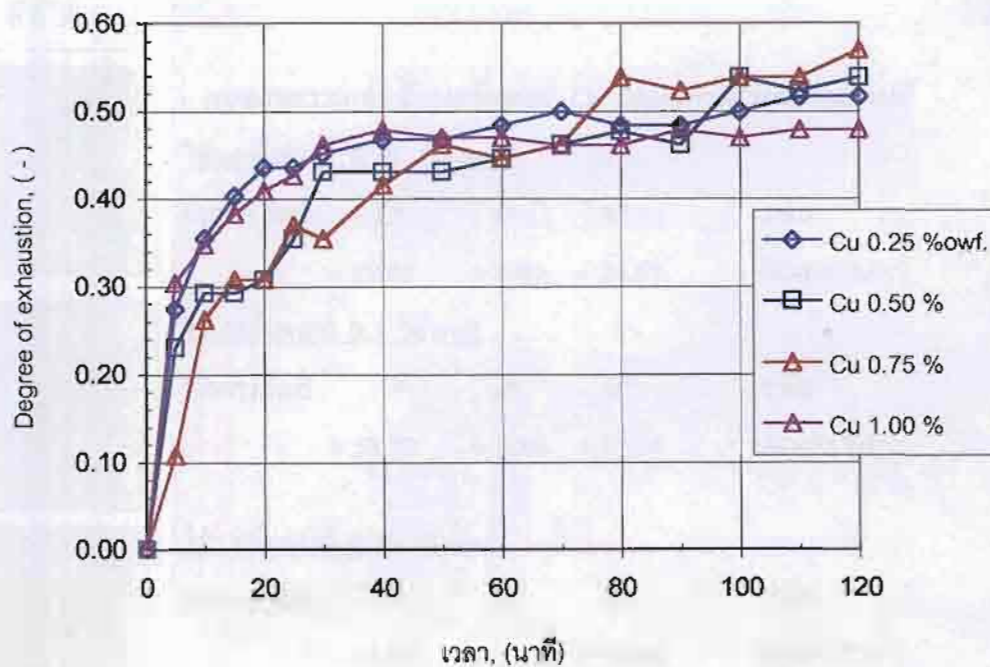
- ใช้มอร์แดน Cu 1 % owf. โดยใช้จุนสี(CuSO_4) ทำการย้อมมอร์แดน 3.แบบ
 - ก่อนการย้อมสี
 - พร้อมการย้อมสี และ
 - หลังการย้อมสี
- ใช้มอร์แดน Cu 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 %owf. โดยใช้จุนสี (CuSO_4) ทำการย้อมมอร์แดนแบบย้อมหลังการย้อมสี (After- mordanting)

- ใช้ด้ายฝ้าย เบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่
- การต้มในน้ำต้มใบสะเดา ที่อุณหภูมิ 80 °C
 - ใช้อัตราส่วนใบสะเดา: น้ำ : ด้าย = 0.5 : 10 : 1
 - ให้ความร้อนแก่น้ำต้มจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด ใส่ด้ายลงต้ม ทำการควบคุมอุณหภูมิและระดับของน้ำต้มให้คงที่
 - เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำด้ายออก ล้างด้ายให้สะอาดผึ่งให้แห้งในร่ม ในกรณีต้มมอร์แคนท์หลังต้มสี บิดด้ายให้หมาดแล้วนำลงต้มมอร์แคนท์เลขโคยไม่ต้องล้างด้ายให้สะอาด
 - นำด้ายไปทำการบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสี

กราฟการดูดซับสีน้ำต้มใบสะเดาโดยด้ายฝ้ายเมื่อใช้ Cu มอร์แคนท์ความเข้มข้น 1.0 %owf. ทำการต้มมอร์แคนท์ก่อนต้มสีและต้มมอร์แคนท์พร้อมกับการต้มสีแสดงได้ดังรูปที่ 4.31 และทำการต้มมอร์แคนท์ก่อนการต้มสีที่ความเข้มข้นมอร์แคนท์ 0.25 – 1.0 % owf. ในรูปที่ 4.32 สีที่ได้และผลการวัดสีได้รวบรวมไว้ในรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.31 ผลของวิธีการต้มมอร์แคนท์ต่อการดูดซับสีน้ำต้มใบสะเดาที่อุณหภูมิ 80 °C



รูปที่ 4.32 ผลความเข้มข้น Cu มอร์แคนท์เมื่อข้อมก่อนข้อมสีต่อการดูดซับสีน้ำข้อมใบสะเดา

4.ข ผลการข้อมสีน้ำตาลและสีที่วัดได้

สีที่ได้



- ผลของวิธีการข้อมมอร์แคนท์ ใช้มอร์แคนท์ Cu 1 % owf.

ข้อมมอร์แคนท์ก่อนข้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 56.22	+ 7.07	+ 23.25	SD4SC1P



ข้อมมอร์แคนท์พร้อมข้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 59.25	+ 5.19	+ 20.81	SD4SC1S



ข้อมมอร์แคนท์หลังข้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 61.99	+ 4.17	+ 19.39	SD4SC1A

รูปที่ 4.33 ผลของวิธีการข้อมและความเข้มข้นCu มอร์แคนท์ต่อสีผ้าข้อมด้วยน้ำข้อมใบสะเดา

สีที่ได้



- ผลของความเข้มข้นมอร์แดนท์ Cu ย้อมมอร์แดนท์ก่อนย้อมสี

ใช้มอร์แดนท์ 0.25 % owf.

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 59.05	+ 5.69	+ 20.57	SD4SCAP



ใช้มอร์แดนท์ 0.5 % owf.

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 58.72	+ 5.86	+ 19.74	SD4SCBP



ใช้มอร์แดนท์ 0.75 % owf.

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 56.96	+ 5.78	+ 19.90	SD4SCCP



- ผลของความเข้มข้นมอร์แดนท์ Cu ย้อมมอร์แดนท์หลังย้อมสี

ใช้มอร์แดนท์ 0.25 % owf.

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 62.56	+ 4.15	+ 17.22	SD4SCAA



ใช้มอร์แดนท์ 0.5 % owf.

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 63.36	+ 3.02	+ 17.25	SD4SCBA



ใช้มอร์แดนท์ 0.75 % owf.

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 62.43	+ 1.85	+ 16.77	SD4SCCA

รูปที่ 4.33 ผลของวิธีการย้อมและความเข้มข้น Cu มอร์แดนท์ต่อสีผ้าข้อมด้วยน้ำข้อม
ใบสะเดา (ต่อ)

4.ก ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสง

การทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้ต่อการซักซึ่งจะดูการซีดของสีและการติดสีบนผ้าอื่นเมื่อทำการซักที่อุณหภูมิ 40 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C01:1989 และที่อุณหภูมิ 60 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C03:1989 และทำการความคงทนของสีต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02:1994 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ความคงทนของสีด้วยน้ำย้อมด้วยน้ำย้อมใบสะเดาเมื่อใช้ Cu มอร์แดนท์ความเข้มข้น 0.25 - 1 %owf.

ลำดับ ที่	อัตราส่วน ใบสะเดา น้ำ	ชนิด ผ้า	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)	มอร์แดนท์			ผลสเกลเทา						light fastness Blue w
					วิธี ย้อม	ชนิด	%owf	การซีดของสีผ้า		การติดสีบนผ้า		การติดสีบน wool		
								40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	
1	1:10	10/1	สบู่	80	ก่อน	Cu	1	3/4	3	4-5	5	5	5	2
2	1:10	10/1	สบู่	80	พร้อม	Cu	1	3/4	3	5	4-5	5	5	2
3	1:10	10/1	สบู่	80	หลัง	Cu	1	4	3	4-5	5	5	5	3
4	1:10	10/1	สบู่	80	ก่อน	Cu	0.25	3/4	3*	4-5	5	5	5	2
5	1:10	10/1	สบู่	80	ก่อน	Cu	0.50	3/4	3*	4	5	5	5	2
6	1:10	10/1	สบู่	80	ก่อน	Cu	0.75	3/4*	3*	4	5	5	5	2
7	1:10	10/1	สบู่	80	หลัง	Cu	0.25	2/3	3	5	5	5	5	2
8	1:10	10/1	สบู่	80	หลัง	Cu	0.50	3	2	5	5	5	5	2
9	1:10	10/1	สบู่	80	หลัง	Cu	0.75	2/3	2/3	5	5	5	5	2

* = สีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

ผลการทดสอบ

การย้อมมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสีช่วยให้การดูดซับสีเกิดมากกว่าการย้อมมอร์แดนท์พร้อมการย้อมสี การเปลี่ยนความเข้มข้นของมอร์แดนท์ ระหว่าง 0.25 ถึง 1.0 %owf. นั้นพบว่าไม่มีผลต่อโทนสี และต่อการดูดซับสี ถ้าใช้วิธีการย้อมมอร์แดนท์แบบย้อมหลังการย้อมสี โทนสีจะออกเขียวมากขึ้น

ผลการทดสอบการซักนั้น การซีดของสีอยู่ในระดับปานกลางถึงดี คือผลสเกลเทา มีค่า 3 ถึง 4 โดยไม่ขึ้นกับความเข้มข้นและวิธีการย้อมมอร์แดนท์ที่ใช้ มีแนวโน้มว่าการย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมสีนั้นจะทำให้สีตกมากกว่า ผลของสเกลเทาจึงลดลงมาเหลือ 2 ถึง 3 ส่วนผลการทดสอบการติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์นั้นอยู่ในเกณฑ์ดีมากในทุกกรณี คือ ผลของสเกลเทาเป็น 5 เป็นส่วนใหญ่ มีเพียงบางกรณีเท่านั้นที่ผลสเกลเทาเท่ากับ 4 หรือ 4-5

ภาวะที่เหมาะสมในการย้อมด้วยฝ้ายด้วยโบสเคา สามารถสรุปได้ดังนี้

- อัตราส่วน โบสเคาสด:น้ำ: ด้าย = 1:10:1
 - ต้มโบสเคาในน้ำให้เดือดนาน 1 ชั่วโมง แยกกากโบสเคาออกก่อนนำไปย้อมด้าย
- ย้อมด้ายฝ้ายที่ทำความสะอาดแล้วด้วย Cu มอร์แดนที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.25 – 1.00 %owf. อัตราส่วนด้ายต่อน้ำมอร์แดนที่ 1:10 ที่อุณหภูมิ 40-50 °C เวลา 30 นาที นำด้ายขึ้น บิดให้หมาด
- นำด้ายฝ้ายที่ย้อมมอร์แดนที่แล้ว ลงย้อมในน้ำย้อมที่อุณหภูมิ 80 °C เวลา 60 นาที นำด้ายขึ้น ล้างให้สะอาดด้วยน้ำ ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

ผลที่คาดว่าจะได้

- ด้ายสีน้ำตาลแดง
- ความคงทนของสีต่อการซักประกอบด้วยการขีดของสี เทียบเท่าสเกลเทา ระดับ 3 ถึง 3/4 การติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์ เทียบเท่าสเกลเทา ระดับ 5
- ความคงทนของสีต่อการแสง เทียบเท่า Blue wool เบอร์ 2 ถึง 3

4.4.1.5 การย้อมซ้ำ

ได้ทำการทดสอบการย้อมซ้ำโดยใช้ด้ายฝ้ายทำความสะอาดด้วยสบู่และใช้ภาวะการย้อมที่เหมาะสม ทำการย้อมซ้ำ 2 แบบ ดังนี้คือ

1. การใช้น้ำย้อมที่ใช้แล้วในการย้อมด้ายใหม่ เพื่อหาการใช้ประโยชน์น้ำย้อมให้สูงสุด และ
2. การย้อมสีทับด้ายที่ย้อมสีแล้วเพื่อดูเฉดสีที่ได้

ด้ายที่ย้อมแล้วได้ส่งไปทอเป็นผืน ทำการบันทึกสีโดยการสแกนภาพ ทำการวัดสี และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อไป

5.ก การย้อมด้ายในน้ำย้อมใช้แล้ว

1. ทำความสะอาดด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 น้ำหนัก ประมาณ 220 กรัม (ด้าย 3 บ่วง) ด้วยน้ำสบู่และโซดาแอช ตามวิธีการข้างต้น
2. นำไปย้อมด้วยมอร์แดนที่ทองแดง ความเข้มข้น 0.25 %owf. นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 40-50 °C จากนั้นล้างด้ายให้สะอาด บิดให้แห้งหมาด

3. นำด้ายลงต้มในน้ำต้มใบสะเดา ใช้อัตราส่วนใบสะเดาต่อน้ำต้มต่อด้าย 1:10:1
ทำการต้มที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 60 นาที นำด้ายออก บิดให้หมาดและตากให้แห้ง
ในที่ร่ม เก็บด้ายไว้เพื่อดำเนินการส่งไปทอเป็นผืนต่อไป
4. ทำซ้ำข้อ 1-3 อีก 2 ครั้ง โดยใช้วิธีเติมน้ำสะอาดลงในน้ำต้มที่เหลือตามข้อ 2 ของ
การต้มครั้งแรกก่อนให้ปริมาตรคงเดิม ก่อนทำการต้ม
5. ทำการบันทึกภาพ และวัดสีด้ายและ/หรือผ้าทอ และทำการทดสอบความคงทนของ
สีต่อไป

5.๒ การย้อมผ้าด้ายที่ย้อมสีแล้ว

การย้อมสีทับด้ายที่ย้อมสีแล้วนั้นเพื่อศึกษาโทนสีที่ได้และทดสอบ
ความคงทนของสีเปรียบเทียบกับ การย้อมครั้งเดียว ในการศึกษาครั้งนี้มีวิธีการศึกษา 2 แบบคือ

1. การย้อมซ้ำด้วยน้ำต้มใหม่ทุกครั้ง และ
2. การย้อมซ้ำโดยใช้น้ำต้มเดิม

ด้ายที่ย้อมแล้วได้ส่งไปทอเป็นผืน ทำการบันทึกสีโดยการสแกนภาพ ทำการวัดสี และทำการทดสอบ
ความคงทนของสีต่อไป โดยมีขั้นตอนวิธีการย้อมดังนี้

๒.1 การย้อมซ้ำด้วยน้ำต้มใหม่

1. ทำความสะอาดด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 น้ำหนัก ประมาณ 700-1000 กรัม (ด้าย 9 - 12
บ่วง) ด้วยน้ำสบู่และโซดาแอช ตามวิธีการข้างต้น
2. นำไปต้มด้วยมอร์แคนท์ทองแดง ความเข้มข้น 0.25 %owf. นาน 30 นาที ที่
อุณหภูมิ 40-50 °C จากนั้นล้างด้ายให้สะอาด บิดให้แห้งหมาด
3. นำด้ายลงต้มในน้ำต้มใบสะเดา ใช้อัตราส่วนใบสะเดาต่อน้ำต้มต่อด้าย 1:10:1
ทำการต้มที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 60 นาที นำด้ายออก บิดให้หมาดและตากให้แห้ง
ในที่ร่ม แบ่งด้าย 3 บ่วงเก็บไว้เพื่อส่งไปทอเป็นผืนต่อไป
4. ส่วนที่เหลือทำการย้อมด้ายตามข้อ 1- 3 ซ้ำอีก 2 ครั้ง ในน้ำต้มสะเดาที่เตรียมใหม่
5. ส่งด้ายไปทอเป็นผืน
6. ทำการบันทึกภาพ และวัดสีด้ายและ/หรือผ้าทอ และทำการทดสอบความคงทนของ
สีต่อไป

ข.2 การย้อมซ้ำในน้ำย้อมเดิม

1. ทำความสะอาดผ้าใยเบอร์ 10/1 น้ำหนัก ประมาณ 700-1000 กรัม (ผ้า 9 - 12 บ่วง) ด้วยน้ำสบู่น้ำและ โซดาแอช ตามวิธีการข้างต้น
2. นำไปย้อมด้วยมอร์แดงที่ทองแดง ความเข้มข้น 0.25 %owf. นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 40-50 °C จากนั้นล้างผ้าให้สะอาด บิดให้แห้งหมาด
3. นำผ้าลงย้อมในน้ำย้อมใบเสเดา ใช้อัตราส่วนใบเสเดาค่อน้ำย้อมต่อผ้า 1:10:1 ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 60 นาที นำผ้าออก บิดให้หมาดและตากให้แห้งในที่ร่ม แบ่งผ้า 3 บ่วงเก็บไว้เพื่อส่งไปทอเป็นผืนต่อไป
4. ส่วนที่เหลือทำการย้อมผ้าตามข้อ 1- 3 ซ้ำอีก 2 ครั้ง ในน้ำย้อมใบเสเดาที่เหลือจากข้อ 2 โดยแบ่งน้ำย้อมให้เป็นไปตามสัดส่วนตามข้อ 2
5. ส่งผ้าไปทอเป็นผืน
6. ทำการบันทึกภาพ และวัดสีผ้าและ/หรือผ้าทอ และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อไป

5.ค ผลการทดลองการย้อมซ้ำ

พบว่าน้ำย้อมเสเดาสามารถใช้ย้อมซ้ำได้ไม่เกิน 4 ครั้ง สีของผ้าและผ้าผืนที่ทอได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 4.34 และผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ต่อการขัดถูและต่อแสงได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.10

สีที่ได้					
		- การใช้น้ำย้อมเดิมซ้ำ			
		ย้อมครั้งที่ 1			
		- ผ้าก่อนทอ			
		ผลการวัดสี	L*	a*	b*
			+ 62.86	+ 7.29	+ 19.04
					SD3SCAX1
		- ผ้าทอ			
		ผลการวัดสี	L*	a*	b*
			+ 60.63	+ 5.97	+ 18.07
					SD4SCW11

รูปที่ 4.34 สีที่ย้อมได้และผลวิเคราะห์สีของผ้าในการย้อมซ้ำ

สีที่ได้		- การย้อมซ้ำด้วยน้ำย้อมใหม่			
		ย้อมครั้งแรก			
	- ด้ายก่อนทอ	ผลการวัดสี	L*	a*	b*
			+ 67.05	+ 6.29	+ 16.78
	- ผ้าทอ	ผลการวัดสี	L*	a*	b*
			+ 68.23	+ 5.98	+ 15.67
		ย้อมครั้งที่ 2			
	- ด้ายก่อนทอ	ผลการวัดสี	L*	a*	b*
			+ 64.33	+ 7.75	+ 15.23
	- ผ้าทอ	ผลการวัดสี	L*	a*	b*
			+ 59.61	+ 6.80	+ 19.34
		ย้อมครั้งที่ 3			
	- ด้ายก่อนทอ	ผลการวัดสี	L*	a*	b*
			+ 61.07	+ 8.81	+ 14.82
	- ผ้าทอ	ผลการวัดสี	L*	a*	b*
			+ 60.06	+ 6.35	+ 18.07

รูปที่ 4.34 สีที่ย้อมได้และผลวิเคราะห์สีของด้ายในการย้อมซ้ำ (ต่อ)

สีที่ได้		- การย้อมซ้ำด้วยน้ำย้อมเดิม			
		ย้อมครั้งที่ 1			
	- ด้ายก่อนทอ				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 65.65	+ 7.68	+ 20.48	SD3SCAZ1
	- ผ้าทอ				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 67.60	+ 6.40	+ 16.51	SD4SCW31
		ย้อมซ้ำครั้งที่ 1			
	- ด้ายก่อนทอ				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 57.83	+ 7.45	+ 18.61	SD3SCAZ2
	- ผ้าทอ				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 60.12	+ 5.88	+ 14.94	SD4SCW32
		ย้อมซ้ำครั้งที่ 2			
	- ด้ายก่อนทอ				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 53.90	+ 7.76	+ 17.02	SD3SCAZ3
	- ผ้าทอ				
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
		+ 63.02	+ 6.58	+ 15.28	SD4SCW33

รูปที่ 4.34 สีที่ย้อมได้และผลวิเคราะห์สีของด้ายในการย้อมซ้ำ (ต่อ)

ตารางที่ 4.10 ความคงทนของสีผ้าทอจากด้ายย้อมด้วยน้ำย้อมจากใบสะเดาในการย้อมซ้ำ

ลำดับ ที่	สิ่งที่ ศึกษา	การ ย้อม ครั้งที่	ลักษณะ ของด้าย ที่ใช้	มอร์แดนท์			ผลของสเกลเทป						ความคงทน ต่อการซัก		light fastness (Blue w.)
							การซักของสี		ติดสีบนฝ้าย		ติดสีบนwool				
				วิธี	ชนิด	%owf	40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	wet	dry	
1	การใช้ น้ำย้อม เดิม	1	ใหม่	ก่อน	Cu	0.25	3/4	3/4	5	5	5	5	4	5	3
2		2	ใหม่	ก่อน	Cu	0.25	2	2	5	5	5	5	4-3	5	2-3
3		3	ใหม่	ก่อน	Cu	0.25	4	3/4	5	5	5	5	4	5	1
4		4	ใหม่	ก่อน	Cu	0.25	4	4	5	5	5	5	4	5	3-4
5	ย้อมซ้ำ ในน้ำ	1	ใหม่	ก่อน	Cu	0.25	4	4	5	5	5	5	5	4	1-2
6		2	ย้อมทับ	ก่อน	Cu	0.25	3/4	3/4	4	4	5	5	4-3	4-5	2
7		3	ย้อมทับ	ก่อน	Cu	0.25	3/4	3/4	5	5	5	5	4	5	2
8	ย้อมซ้ำ ในน้ำ	1	ใหม่	ก่อน	Cu	0.25	4/5	4/5	5	5	5	5	5	4	2
9		2	ย้อมทับ	ก่อน	Cu	0.25	3/4	3/4	5	5	5	5	4	5	3
10	ย้อมเดิม	3	ย้อมทับ	ก่อน	Cu	0.25	3/4	3/4	5	5	5	5	4	5	2

ผลการศึกษา

พบว่าสำหรับอัตราส่วนใบสะเดา:ด้าย:น้ำ = 1 : 1 : 10 ที่ใช้นั้น น้ำย้อมสะเดาที่ใช้แล้วสามารถนำกลับมาย้อมด้ายฝ้ายได้ใหม่อีก 2 ถึง 3 ครั้ง สีน้ำตาลที่ย้อมได้จะใกล้เคียงกันใน 2 ครั้งแรก จากนั้นสีจะอ่อนลงจนเห็นได้ชัด การใช้ น้ำย้อมซ้ำถึง 4 ครั้ง พบว่าด้ายที่ทอเป็นผ้าแล้วนั้นมีความคงทนของสีต่อการซัก และความคงทนต่อการขัดถูใกล้เคียงกัน และใกล้เคียงกับด้ายก่อนทอ(ดูตารางที่ 4.9) ส่วนความคงทนต่อแสงไม่อาจสรุปได้

การย้อมสีทับด้ายที่ย้อมสีแล้วโดยใช้น้ำย้อมที่เตรียมขึ้นใหม่นั้น พบว่าสีที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเช่นเดียวกับกรณีของหญ้าหวานและตัวแดง สีมีความสว่างลดลง (ค่า L^* ลดลง) เล็กน้อย มีโทนสีแดงเพิ่มขึ้น (ค่า a^* เพิ่มขึ้น) และโทนสีเหลืองลดลง (ค่า b^* ลดลง) สีที่ได้มีความคงทนทัดเทียมกันทั้งต่อการซัก การขัดถูและแสง และใกล้เคียงกับด้ายก่อนทอ(ดูตารางที่ 4.9)

ส่วนการย้อมสีทับด้ายที่ย้อมสีแล้วโดยใช้น้ำย้อมเดิมซ้ำนั้น พบว่าสีที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเช่นเดียวกับกรณีของน้ำย้อมใหม่ แต่สีมีความสว่างลดลง (ค่า L^* ลดลง) มากกว่า หรือสีมืดกว่า มีโทนสีแดงไม่เปลี่ยนแปลง (ค่า a^* คงที่) ส่วนโทนสีเหลืองลดลง (ค่า b^* ลดลง) สีที่ได้มีความคงทนทัดเทียมกันทั้งต่อการซัก การขัดถูและแสง เช่นเดียวกับกรณีการใช้น้ำย้อมใหม่

ด้ายที่ทอแล้วส่วนมากจะมีสีที่ค่อนข้างคงเดิม ยกเว้นด้ายที่ส่งไปทอที่กลุ่มทอผ้าบางกลุ่มสีจะซีดจางลง เชื่อว่าเกิดจากวิธีการเตรียมเส้นด้ายก่อนทอที่แตกต่างกัน การย้อมซ้ำไม่ได้เปลี่ยนแปลงสมบัติโดยรวมของสีที่ได้มากนักแต่อาจมีข้อดีที่สีเกาะติดมากขึ้นทำให้ใช้งานได้นาน

4.4.2 การย้อมด้วยกามมะพร้าวแห้ง

ได้ทำการสกัดกามมะพร้าวแห้งด้วยน้ำโดยใช้ภาวะดังนี้

อัตราส่วน : กามมะพร้าวแห้งต่อน้ำ = 1 : 15 และ 1 : 20 w/v

อุณหภูมิ : ต้มเดือด ($\sim 95 - 98^{\circ}\text{C}$)

เวลา : 1 ชั่วโมง

ผล : สารละลายที่ได้มีสีน้ำตาลแดง

: สารละลายมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 360 nm

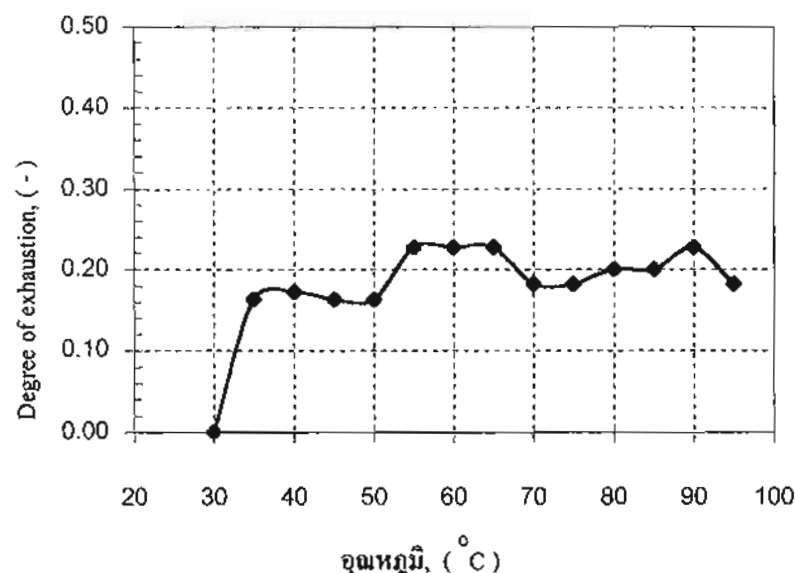
4.4.2.1 การหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม

1.ก การหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

การติดตามปริมาณสีที่ถูกใช้ไป (degree of exhaustion) ของน้ำย้อมที่สกัดจากกามมะพร้าวแห้ง ใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำย้อม = 1 : 10 ทำการเพิ่มอุณหภูมิอัตรา 2°C ต่อมาที จากอุณหภูมิห้องถึงจุดเดือด สำหรับด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วย

- NaOH 6% และ H_2O_2 (35 %v) 5 %owf. และใช้อัตราส่วนกามมะพร้าวต่อน้ำ = 1 : 15
- ทำความสะอาดด้วยสบู่กับ Na_2CO_3 และใช้อัตราส่วนกามมะพร้าวต่อน้ำ = 1 : 15
- ทำความสะอาดด้วยสบู่กับ Na_2CO_3 และใช้อัตราส่วนกามมะพร้าวต่อน้ำ = 1 : 20

มีกราฟการดูดซับสีที่อุณหภูมิต่าง ๆ สำหรับกรณีหลังดังรูปที่ 4.35 และผลของสีที่ได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังรูปที่ 4.36 ต่อไปนี้



รูปที่ 4.35 การดูดซับสีน้ำย้อมกามมะพร้าวโดยเส้นด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

สีที่ได้

อัตราส่วนกบมะพร้าวต่อน้ำ 1:15ทำความสะอาดด้วยสบู่กับ Na_2CO_3

L*	a*	b*	รหัส
+ 67.49	+ 10.71	+ 18.49	CO4STMP1

ทำความสะอาดด้วย NaOH 10% และ H_2O_2 (35 %v) 5 % owf.

L*	a*	b*	รหัส
+ 74.43	+ 9.37	+ 15.50	CO4HTMP1

อัตราส่วนกบมะพร้าวต่อน้ำ 1:20ทำความสะอาดด้วยสบู่กับ Na_2CO_3

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 72.04	+ 8.85	+ 15.51	CO4S9U02

รูปที่ 4.36 สีและผลการวัดสีด้วยผ้าเบอร์ 10/1 ซ้อมด้วยน้ำซอมกบมะพร้าว

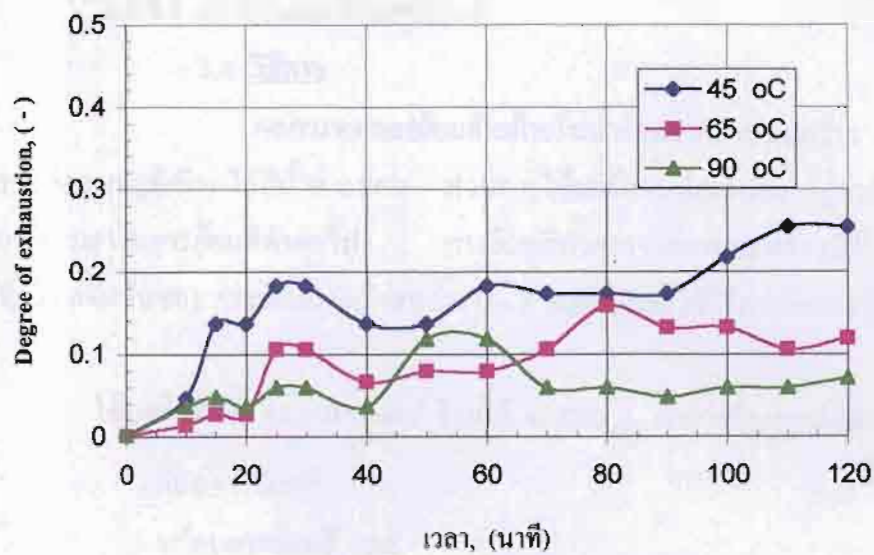
ผลการวิเคราะห์ การดูดซับสีมีแนวโน้มเข้าสู่ค่าคงที่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 40 °C ดังนั้นการซอมด้วยน้ำซอมกบมะพร้าวจึงกำหนดอุณหภูมิที่จะใช้ในการศึกษาไว้ 3 ค่า ดังนี้คือ

1. อุณหภูมิ 45 °C
2. 65 °C และ
3. ภาวะต้มเดือด (เรียกว่าที่ 90 °C)

เพื่อเปรียบเทียบผลต่อไป

1.๗ การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการซอม

การดูดซับสีโดยการติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับไปที่เวลาต่างๆ กันจนถึง 120 นาที ที่อุณหภูมิคงที่ที่กำหนดข้างต้น สำหรับผ้าเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วย ทำความสะอาดด้วย สบู่และ Na_2CO_3 ก่อนทำการซอมในน้ำซอมจากกบมะพร้าวใช้อัตราส่วนกบมะพร้าวต่อน้ำ = 1 : 20 w/v ที่อุณหภูมิ 45, 65 และที่อุณหภูมิ 90 °C แสดงได้ดังรูปที่ 4.37



รูปที่ 4.37 การดูดซับสีน้ำย้อมกามมะพร้าวโดยผ้าใยเบอร์ 10/1 ที่เวลาต่าง ๆ

สีที่ย้อมได้ส่วนมากจะมีสีน้ำตาลอ่อน-แดง สีที่ได้เมื่อสิ้นสุดเวลาการย้อม 120 นาที และค่าผลการวิเคราะห์สีโดย CIELAB System 1976 ในเทอม L^* a^* b^* แสดงไว้ในรูปที่ 4.38

สีที่ได้				
	อุณหภูมิ 45 °C			
	ผลการวัดสี	L^*	a^*	b^*
		+ 71.26	+ 8.89	+ 15.19
	อุณหภูมิ 65 °C			
	ผลการวัดสี	L^*	a^*	b^*
		+ 73.90	+ 9.19	+ 15.92
	อุณหภูมิ 90 °C			
	ผลการวัดสี	L^*	a^*	b^*
		+ 70.84	+ 8.85	+ 13.58

รูปที่ 4.38 สีที่ย้อมได้และผลวิเคราะห์สีของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำย้อมกามมะพร้าว 120 นาที

4.4.2.2 การย้อมโดยใช้มอร์แดนต์

2.ก วิธีการ

ผลการทดลองย้อมด้วยฝ้ายในน้ำย้อมจากกาบมะพร้าว โดยใช้มอร์แดนต์โลหะอินทรีย์นิยมได้สีน้ำตาลอ่อน ส่วนการใช้มอร์แดนต์เหล็กปรากฏว่าย้อมได้สีน้ำตาลเทาและจะพิจารณาในการย้อมสีต่อไป การย้อมสีน้ำตาลจากกาบมะพร้าวนี้นี้ได้ดำเนินการทดลองโดยใช้ความเข้มข้นของ Al มอร์แดนต์ ระหว่าง 0 – 3 %owf. และใช้วิธีการย้อมมอร์แดนต์ต่างๆ ดังนี้

- ใช้มอร์แดนต์ Al 1.0 % owf. โดยใช้ $Al_2(SO_4)_3$ ทำการย้อมมอร์แดนต์ 3 แบบ
 - ก่อนการย้อมสี
 - พร้อมการย้อมสี และ
 - หลังการย้อมสี
- ใช้มอร์แดนต์ Al 0.25, 0.5 และ 0.75 % owf. ทำการย้อมมอร์แดนต์แบบย้อมพร้อมการย้อมสี
- ใช้ด้วยฝ้าย เบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่
- การย้อมในน้ำย้อมกาบมะพร้าว
 - ใช้อัตราส่วนกาบมะพร้าว: น้ำ : ด้าย = 0.5 : 10 : 1
 - ให้ความร้อนแก่น้ำย้อมจนถึงอุณหภูมิ 65 °C ที่กำหนด ใส่ด้ายลงย้อม ทำการควบคุมอุณหภูมิและระดับของน้ำย้อมให้คงที่
 - เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำด้ายออก ล้างด้ายให้สะอาดผึ่งให้แห้งในร่ม ในกรณีย้อมมอร์แดนต์หลังย้อมสี บิดด้ายให้หมาดแล้วนำลงย้อมมอร์แดนต์เลยโดยไม่ต้องล้างด้ายให้สะอาด
 - นำด้ายไปทำการบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อไป

2.ก สีที่ย้อมได้และผลการวัดสี

ผลการย้อมและผลการวัดสีแสดงไว้ในรูปที่ 4.39 ต่อไปนี้

สีที่ได้

- ผลของวิธีย้อมมอร์แคนท์ (AI 1%owf.)

อุณหภูมิ 65 °C ย้อมมอร์แคนท์ก่อนย้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 66.91	+ 9.42	+ 19.33	CO4SA1P6

อุณหภูมิ 65 °C ย้อมมอร์แคนท์พร้อมย้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 66.17	+ 10.15	+ 20.10	CO4SA1S6

อุณหภูมิ 65 °C ย้อมมอร์แคนท์หลังการย้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 73.58	+ 7.85	+ 17.49	CO4SA1A6

- ผลของความเข้มข้นมอร์แคนท์ (AI 1%owf.)

อุณหภูมิ 65 °C ย้อมมอร์แคนท์พร้อมการย้อมสี (AI 0.25 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 62.15	+ 9.98	+ 20.15	CO4SAAS6

อุณหภูมิ 65 °C ย้อมมอร์แคนท์พร้อมการย้อมสี (AI 0.50 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 63.60	+ 9.77	+ 20.25	CO4SABS6

อุณหภูมิ 65 °C ย้อมมอร์แคนท์พร้อมการย้อมสี (AI 0.75 %owf.)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 62.06	+ 10.03	+ 20.21	CO4SACS6

รูปที่ 4.39 ผลของวิธีการย้อมและความเข้มข้นของมอร์แคนท์ต่อสีที่ย้อมได้จากน้ำย้อมกานมะพร้าว

4.4.2.3 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสง

ได้ทำการทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้ต่อการซัก ซึ่งจะดูการซีดของสีและการติดสี(Staining)บนผ้าอื่นเมื่อทำการซักที่อุณหภูมิ 40 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C01:1989 และที่อุณหภูมิ 60 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C03:1989 และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02:1994 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้จากกามมะพร้าว

ลำดับ ที่	อัตราส่วน กามมะพร้าว น้ำ	ชนิด ผ้า	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)	มอร์แดนท์			ผลสเกลเทา						light fastness Blue w
					วิธี ย้อม	ชนิด	%owf	การซีดของสีผ้า		การติดสีบนผ้า		การติดสีบน wool		
								40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	
1	1:20	10/1	สบู่	28-95	-	-	-	3/4	3/4	5	5	5	5	1(3)
2	1:20	10/1	สบู่	45	-	-	-	4	4	4-5	5	5	5	1(3)
3	1:20	10/1	สบู่	65	-	-	-	3/4	3/4	4	5	5	5	1
4	1:15	10/1	สบู่	90	-	-	-	4	4	5	5	5	5	1-2
5	1:20	10/1	สบู่	90	-	-	-	4	3/4	5	5	5	5	1
6	1:15	10/1	H ₂ O ₂	90	-	-	-	4/5	3/4	5	5	5	5	2
7	1:20	10/1	สบู่	65	ก่อน	Al	1.0	2/3	2/3	4	5	5	5	2
8	1:20	10/1	สบู่	65	พร้อม	Al	1.0	3	2/3	5	5	5	5	2
9	1:20	10/1	สบู่	65	หลัง	Al	1.0	3/4	3/4	5	5	5	4	2
10	1:20	10/1	สบู่	65	พร้อม	Al	0.25	3	3	4	5	5	5	2
11	1:20	10/1	สบู่	65	พร้อม	Al	0.50	3	3	5	5	5	5	2
12	1:20	10/1	สบู่	65	พร้อม	Al	0.75	3/4 *	3*	5	5	5	5	2

ผลการทดสอบ

การย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์ให้สีน้ำตาล และการใช้อลูมิเนียมมอร์แดนต์ให้สีน้ำตาลออกแดงมากขึ้น

การซีดของสีเส้นผ้าหลังการซัก การติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์ส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ ดี ถึง ดีมาก การซีดของสีมีค่าสเกลเทาระดับ 3/4 ถึง 4/5 ไม่พบการติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์แต่อย่างใด สเกลเทาระดับ 5 ในทุกกรณี

ผ้าที่ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์มีผลการทดสอบความคงทนต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เทียบเท่ากับ Blue wool No. 1 ถึง 1-2 เป็นส่วนใหญ่ การใช้ Al มอร์แดนต์นอกจากจะทำให้สีเข้มขึ้น

แล้ว ด้ายที่ย้อมได้ยังมีความคงทนต่อแสงเพิ่มมากขึ้นประมาณเท่าตัวคือเทียบเท่ากับ Blue wool No. 2 แต่มีแนวโน้มคงที่ไม่เพิ่มขึ้นตามปริมาณมอร์แดนที่ระหว่าง 0.25-1.0 %owf. ที่ใช้ในการศึกษา

การทดลองย้อมสีน้ำตาลจากน้ำย้อมสกัดจากกามมะพร้าวแห้ง โดยใช้อัตราส่วน กามมะพร้าว:น้ำ:ด้าย เท่ากับ 0.5:10:1 ใช้ด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ที่ทำความสะอาดด้วยสบู่ผสมโซดาแอช (Na_2CO_3) ทำการย้อมสีที่อุณหภูมิ 45, 65 และ 90 °C โดยไม่ใช้มอร์แดนที่ พบว่าร้อยละของสีที่ถูกดูดซับสีมีค่าประมาณ 10 – 20 % สีที่ย้อมได้มีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีย้อมในน้ำย้อมใบสะเดาพบว่าภายใต้ภาวะการย้อมเดียวกันร้อยละของสีที่ถูกดูดซับน้อยกว่ากรณีที่ย้อมในน้ำย้อมจากสะเดาประมาณ 4 เท่า แต่สีที่ย้อมติดบนด้ายจะมีสีน้ำตาลมากกว่า สีน้ำตาลที่ได้จะเข้มขึ้นเมื่อใช้อลูมิเนียมมอร์แดนที่ช่วยในการย้อมก่อนหรือย้อมพร้อมการย้อมสี ทั้งนี้พบว่าโทนสีที่ได้ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของมอร์แดนที่ระหว่าง 0.25 ถึง 1 %owf. ที่ใช้ในการทดลองนี้ การย้อมมอร์แดนที่หลังการย้อมสีไม่มีผลต่อสีที่ได้

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก พบว่าการซีดของสีอยู่ระดับปานกลาง ถึง ดี ผลสเกลเทา ระดับ 2/3 ถึง 4 ในทุกกรณีไม่มีการติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์ระหว่างการทดสอบการซัก ผลสเกลเทา ระดับ 4 ถึง 5 แต่ความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เทียบเท่ากับ Blue wool No. 2 และในกรณีที่ไม่มีมอร์แดนที่ความคงทนมีค่าอยู่ที่ระดับ 1 เท่านั้น

ภาวะที่เหมาะสมในการย้อมด้ายฝ้ายด้วยกามมะพร้าว สามารถสรุปได้ดังนี้

- อัตราส่วน กามมะพร้าว:น้ำ: ด้าย = 0.5:10:1
- ต้มกามมะพร้าวในน้ำให้เดือดนาน 1 ชั่วโมง กรองแยกกากออกก่อนนำไปย้อมด้าย
- ย้อมด้ายฝ้ายที่ทำความสะอาดแล้ว ในน้ำย้อมที่อุณหภูมิ 65 - 70 °C เวลา 60 นาที พร้อมด้วย Al มอร์แดนที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.25 – 1.00 %owf.
- นำด้ายขึ้น ถ้างให้สะอาดด้วยน้ำ ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

ผลที่คาดว่าจะได้

- ด้ายสีน้ำตาลแดง
- ความคงทนของสีต่อการซักประกอบด้วยการซีดของสี เทียบเท่าสเกลเทา ระดับ 3 ถึง 3/4 การติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์ เทียบเท่าสเกลเทา ระดับ 5
- ความคงทนของสีต่อการแสง เทียบเท่า Blue wool เบอร์ 2

4.4.2.4 การย้อมเย็นด้วยน้ำย้อมกาบมะพร้าว

จากการสังเกตพบว่า น้ำย้อมที่ได้จากกาบมะพร้าวแห้งนั้น มีแนวโน้มที่จะเกาะติดบนเส้นด้ายฝ้ายที่อุณหภูมิห้อง แม้ว่าสีที่ได้จะมีโทนสีที่อ่อนกว่าการย้อมที่อุณหภูมิสูงหรือที่เรียกว่าการย้อมร้อน กลุ่มวิจัยจึงเห็นว่าการทดลองย้อมเย็นในน้ำย้อมกาบมะพร้าวอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการย้อมแบบย้อมเย็น คือการย้อมที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้ได้สีน้ำตาลหรือออกเทาดำทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของมอร์แดนท์ที่ใช้ โดยในช่วงต้นนี้จะเน้นที่สีน้ำตาลซึ่งเป็นสีธรรมชาติของน้ำย้อมจากกาบมะพร้าวอยู่แล้ว โดยการใช้สารส้มเป็นมอร์แดนท์ซึ่งคาดว่าจะให้สีที่มีความสว่างและมีความคงทนต่อการซักและต่อแสง จึงได้ทำการทดลองหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อมใน 3 ช่วงเวลา คือ ย้อม 30, 60, และ 90 นาที โดยไม่ใช้มอร์แดนท์และเมื่อใช้ Al มอร์แดนท์ความเข้มข้น 0.25 %owf. ทั้งนี้จะพิจารณาจากสีที่ได้ และความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงต่อไป

4.ก การทดลองหาเวลาที่เหมาะสม

- ทำความสะอาดด้ายเบอร์ 10/1 น้ำหนัก 25 กรัม ในน้ำสบู่ + Na_2CO_3
- นำด้ายลงย้อมในน้ำย้อมกาบมะพร้าว (ใช้อัตราส่วนกาบมะพร้าวต่อน้ำ 1:20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ปริมาตร 250 cm^3 แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 ,60 และ90 นาที ในระหว่างนั้นหมั่นกลับด้ายบ่อย ๆ
- นำด้ายขึ้นล้างให้สะอาด ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม
- นำด้ายไปทำการบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อไป

4.ข การทดลองย้อมด้วยอุณหภูมิเนียมมอร์แดนท์หลังการย้อมสี

- ทำความสะอาดด้ายเบอร์ 10/1 น้ำหนัก 25 กรัม ในน้ำสบู่ + Na_2CO_3
- นำด้ายลงย้อมในน้ำย้อมกาบมะพร้าว (ใช้อัตราส่วนกาบมะพร้าวต่อน้ำ 1:20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ปริมาตร 250 cm^3 แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 ,60 และ90 นาที ในระหว่างนั้นหมั่นกลับด้ายบ่อย ๆ นำด้ายขึ้นบิดพอหมาด
- นำลงแช่ในสารละลาย Al มอร์แดนท์ 0.25 %owf. (นำมอร์แดนท์ + ในน้ำกลั่น 250 cm^3 ให้ความร้อนพออุ่น คนให้ละลาย) นาน 30 นาที
- นำด้ายขึ้นล้างให้สะอาด
- นำด้ายไปทำการบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อไป

4.ค สีที่ได้และผลการวัดสี

ผลการย้อมและผลการวัดสีแสดงไว้ในรูปที่ 4.40 ต่อไปนี้

สีที่ได้

- ผลของเวลาการย้อมที่อุณหภูมิห้อง

อุณหภูมิ 27 °C เวลาในการย้อมสี 30 นาที

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 76.30	+ 6.84	+ 15.23	CO4S9RT1

อุณหภูมิ 27 °C เวลาในการย้อมสี 60 นาที

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 75.95	+ 7.17	+ 14.61	CO4S9RT2

อุณหภูมิ 27 °C เวลาในการย้อมสี 90 นาที

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 75.86	+ 6.67	+ 15.01	CO4S9RT3

- ผลของการย้อม Al มอร์แดนต์หลังการย้อมสี (Al 0.25 %owf.)

อุณหภูมิ 27 °C เวลาในการย้อมสี 30 นาที

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 74.43	+ 6.57	+ 16.81	CO4SAAA1

อุณหภูมิ 27 °C เวลาในการย้อมสี 60 นาที

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 73.55	+ 7.64	+ 17.70	CO4SAAA2

อุณหภูมิ 27 °C เวลาในการย้อมสี 90 นาที

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 71.66	+ 7.89	+ 18.65	CO4SAAA3

รูปที่ 4.40 ผลของเวลาและวิธีการย้อมที่อุณหภูมิห้องต่อสีที่ย้อมได้จากน้ำย้อมกษณะพรวัว

4.ง ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสง

การทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้ต่อการซัก ซึ่งจะดูการซีดของสีและ การติดสี(Staining)บนผ้าอื่นเมื่อทำการซักที่อุณหภูมิ 40 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C01:1989 และที่อุณหภูมิ 60 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C03:1989 และทำการความคงทนของสีต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02:1994 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้จากกามมะพร้าวแบบย้อมเย็น

ลำดับ ที่	อัตราส่วน กามมะพร้าว น้ำ	ชนิด ด้าย ฝ้าย	วิธีทำ ความ สะอาด	เวลา (ชม.)	มอร์แดนท์			ผลสเกลเทา						light fastness Blue w.
					วิธี ย้อม	ชนิด	%owf	การซีดของสีด้าย		การติดสีบนฝ้าย		การติดสีบนwool		
								40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	
1	1:20	10/1	สูง	0.5	-	-	-	3/4	3/4	5	5	5	5	1
2	1:20	10/1	สูง	1.0	-	-	-	4	3	5	5	5	5	1
3	1:20	10/1	สูง	1.5	-	-	-	4	1/2	5	5	5	5	1
4	1:20	10/1	สูง	0.5	หลัง	Al	0.25	3/4	1/2	5	5	5	5	1
5	1:20	10/1	สูง	1.0	หลัง	Al	0.25	4	1/2	5	5	5	5	1
6	1:20	10/1	สูง	1.5	หลัง	Al	0.25	3/4	3	5	5	5	5	1

ผลการทดสอบ

การย้อมด้ายในน้ำย้อมกามมะพร้าวที่อุณหภูมิห้องให้สีน้ำตาลอ่อน ไม่ว่าจะเป็นการย้อมโดยใช้ Al มอร์แดนท์หรือไม่ใช้มอร์แดนท์ก็ตาม สีที่ย้อมได้ไม่ขึ้นกับเวลาในช่วง 30 ถึง 90 นาทีที่ใช้ย้อมนี้

การซีดของสีด้ายหลังการซักที่ 40 °C อยู่ในช่วงปานกลางค่อนข้างดีถึงดี โดยผลสเกลเทามีค่าตั้งแต่ 3/4 ถึง 4 ไม่ขึ้นกับเวลาในการย้อมและการใช้หรือไม่ใช้ Al มอร์แดนท์ แต่การซีดของสีด้ายหลังการซักที่ 60 °C อยู่ในช่วงปานกลางค่อนข้างต่ำถึงปานกลางโดยผลสเกลเทามีค่าตั้งแต่ 1/2 ถึง 3 ไม่ขึ้นกับเวลาในการย้อมและการใช้หรือไม่ใช้ Al มอร์แดนท์

ในทุกกรณี การติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์ส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ ดี ถึง ดีมาก โดยส่วนมากให้ผลสเกลเทาอยู่ที่ระดับ 5

พบว่าสีที่ย้อมได้ไม่ทนต่อแสง การย้อมทั้งที่ใช้และที่ไม่ใช้มอร์แดนท์ให้สีที่มีความคงทนต่อแสงน้อย เทียบเท่ากับ Blue wool No. 1 เท่านั้น การย้อมเย็นด้วยน้ำย้อมกามมะพร้าวจึงไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์เชิงอุตสาหกรรม เว้นแต่จะได้พัฒนาให้สีมีความคงทนกว่านี้

4.4.3 การย้อมด้วยใบหูกวาง

ได้ทำการสกัดใบหูกวางด้วยน้ำ โดยใช้ภาวะดังนี้

อัตราส่วน : ใบหูกวาง ต่อ น้ำ = 1 : 10 w/v

อุณหภูมิ : ต้มเคี้ยว (~95 - 98°C)

เวลา : 1 ชั่วโมง

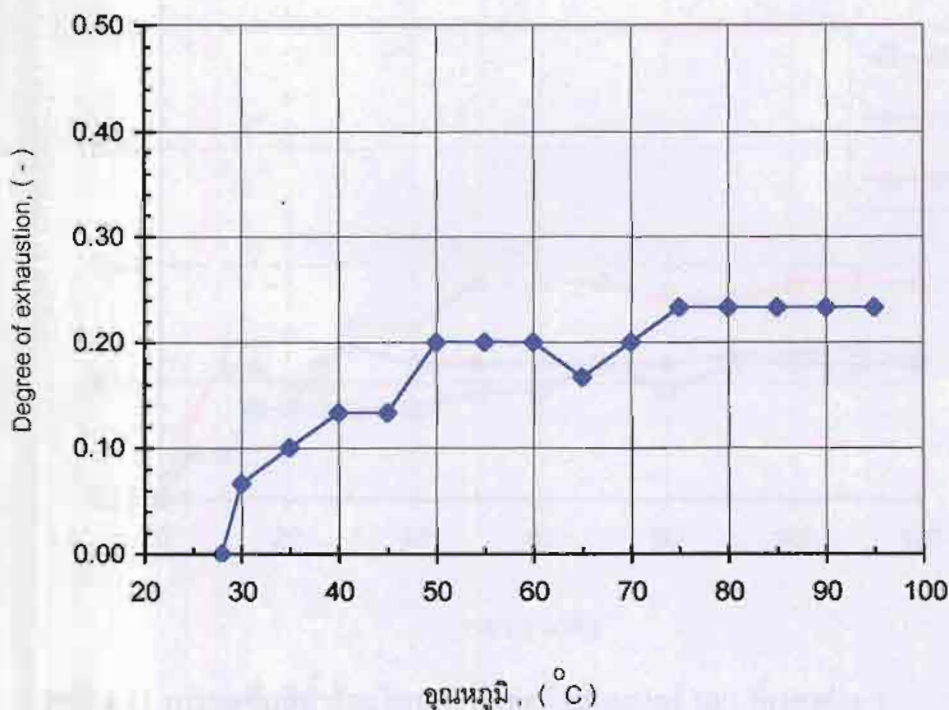
ผล : สารละลายที่ได้มีสีเหลืองอมเขียว

: สารละลายให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 360 nm

4.4.3.1 การหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม

1.ก การหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

การติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับไป เมื่อทำการย้อมด้วยผ้าเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่และ Na_2CO_3 ก่อนทำการย้อมในน้ำย้อมสกัดจากใบหูกวาง (ใช้อัตราส่วน ใบ:น้ำ:ด้าย = 1:10:1) ทำการเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 2 °C ต่อนาที จากอุณหภูมิห้องถึงจุดเคี้ยว ได้ผลดังรูปที่ 4.41



รูปที่ 4.41 การดูดซับสีน้ำย้อมใบหูกวางโดยเส้นด้ายเบอร์ 10/1 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ผลการวิเคราะห์ การดูดซับสีมีแนวโน้มเข้าสู่ค่าคงที่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 50 °C ดังนั้น การย้อมด้วยน้ำย้อมใบหูกวางจึงกำหนดอุณหภูมิที่จะใช้ในการศึกษาไว้ 3 ค่า ดังนี้คือ

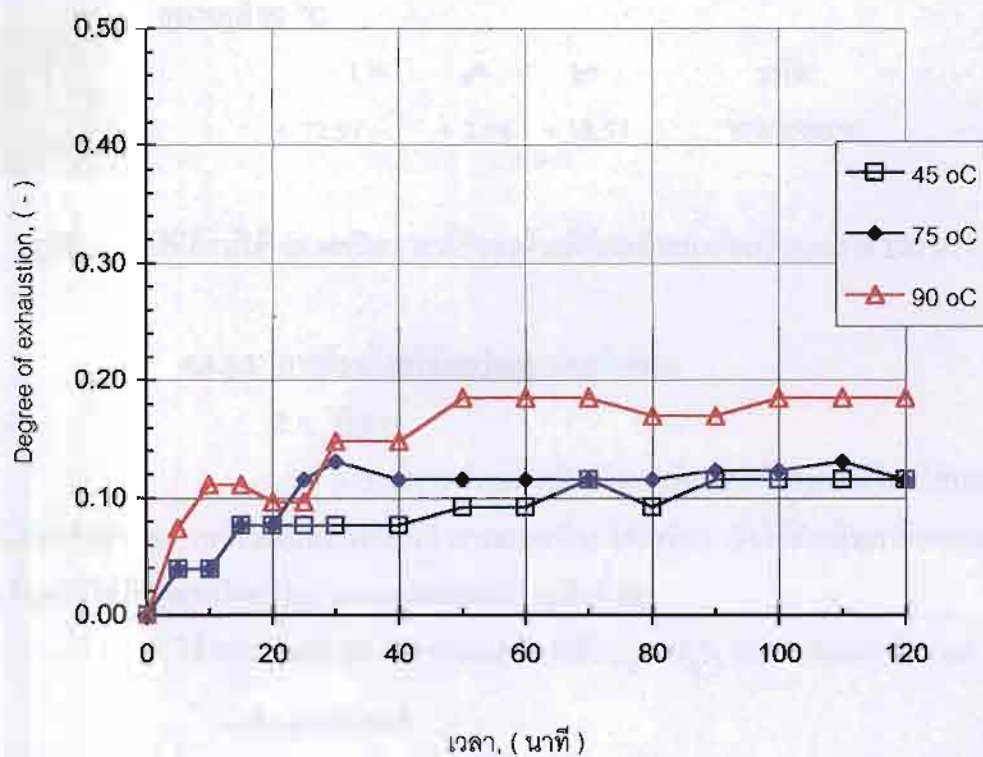
1. อุณหภูมิ 45 °C
2. 75 °C และ
3. 90 °C

เพื่อเปรียบเทียบผลต่อไป

1.ข การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อม

การดูดซับสีโดยการติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับไปที่เวลาต่างๆ กัน จนถึง 120 นาที ที่อุณหภูมิคงที่ที่กำหนดข้างต้น สำหรับผ้าใยเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่ และ Na_2CO_3 ก่อนทำการย้อมในน้ำย้อมจากใบหูกวางที่อุณหภูมิ 45, 75 และ 90 °C แสดงได้ดังรูปที่

4.42



รูปที่ 4.42 การดูดซับสีน้ำย้อมใบหูกวางโดยผ้าใยเบอร์ 10/1 ที่เวลาต่าง ๆ

พบว่าสีที่ย้อมได้ส่วนมากจะมีสีน้ำตาลอ่อน สีที่ได้เมื่อสิ้นสุดเวลา 120 นาที และค่าผลการวิเคราะห์สีโดย CIELAB System 1976 ในเทอม L^* a^* b^* แสดงไว้ในรูปที่

4.43

สีที่ได้



อุณหภูมิ 28 °C - คัมเด็ค

L*	a*	b*	รหัส
+ 75.43	+ 1.75	+ 21.10	HW4S9U0



อุณหภูมิ 45 °C

L*	a*	b*	รหัส
+ 77.65	+ 2.10	+ 24.76	HW4S9T41



อุณหภูมิ 75 °C

L*	a*	b*	รหัส
+ 73.85	+ 2.49	+ 21.10	HW4S9T71



อุณหภูมิ 90 °C

L*	a*	b*	รหัส
+ 72.97	+ 2.74	+ 18.57	HW4S9T91

รูปที่ 4.43 สีที่ข้อมได้และผลวิเคราะห์สีของด้ายที่ข้อมด้วยน้ำข้อมใบหูกวาง 120 นาที

4.4.3.2 การย้อมโดยใช้มอร์แดนต์อูมิเนียม

2.ก วิธีการ

การทดลองย้อมด้วยฝ้ายในน้ำข้อมจากใบหูกวางโดยใช้มอร์แดนต์โลหะอูมิเนียมพบว่าได้สีเหลืองออกน้ำตาลแทนที่จะได้สีเขียว จึงได้ดำเนินการทดลองเพื่อหาวิธีการย้อมให้ได้สีน้ำตาลโดยใช้ภาวะการทดลองต่าง ๆ ดังนี้ คือ

- ใช้มอร์แดนต์ Al 1.0 % owf. โดยใช้ $Al_2(SO_4)_3$ ทำการย้อมมอร์แดนต์ 3 แบบ
 - ก่อนการย้อมสี
 - พร้อมการย้อมสี และ
 - หลังการย้อมสี
- ใช้ด้ายฝ้าย เบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่
- การย้อมในน้ำข้อมใบหูกวาง
 - ใช้อัตราส่วนใบหูกวาง: น้ำ : ด้าย = 1 : 10 : 1

- ให้ความร้อนแก่น้ำย้อมจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด ใส่ด้ายลงย้อม ทำการควบคุมอุณหภูมิและระดับของน้ำย้อมให้คงที่
- เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำด้ายออก ถ้างด้ายให้สะอาดผึ่งให้แห้งในร่ม ในกรณีย้อมมอร์แคนท์หลังย้อมสี บิดด้ายให้หมาดแล้วนำลงย้อมมอร์แคนท์เลยโดยไม่ต้องถ้างด้ายให้สะอาด
- นำด้ายไปทำการบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อไป

2.ข สีที่ย้อมได้และผลการวัดสี

ผลการย้อมและผลการวัดสีแสดงไว้ในรูปที่ 4.44 ต่อไปนี้

สีที่ได้				
	อุณหภูมิ 75 °C <u>ย้อมมอร์แคนท์ก่อนย้อมสี</u>			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 68.97	- 1.71	+ 51.76	HW4SA1P7
	อุณหภูมิ 75 °C <u>ย้อมมอร์แคนท์พร้อมย้อมสี</u>			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 73.92	- 1.74	+ 43.61	HW4SA1S7
	อุณหภูมิ 75 °C <u>ย้อมมอร์แคนท์หลังการย้อมสี</u>			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 65.84	- 0.79	+ 40.40	HW4SA1A7

รูปที่ 4.44 ผลของวิธีการย้อม Al มอร์แคนท์ต่อสีที่ย้อมด้วยน้ำย้อมใบหูกวาง

4.4.3.2 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสง

ได้ทำการทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้ต่อการซัก ซึ่งจะดูการติดของสีและการติดสี(Staining)บนผ้าอื่นเมื่อทำการซักที่อุณหภูมิ 40 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C01:1989 และที่อุณหภูมิ 60 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C03:1989 และทำการทดสอบความ

คงทนของสีต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02:1994 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้จากใบหูกวางต่อการซักและต่อแสง

ลำดับ ที่	อัตราส่วน ใบหูกวาง น้ำ	ชนิด ผ้า	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)	มอร์แคนท์			ผลสังเกต						light fastness Blue w
					วิธี ย้อม	ชนิด	%owf	การซักของสี		การติดสีบนผ้า		การติดสีบนwool		
								40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	
1	1:10	10/1	สมุนไพร	28-95	-	-	-	5	5	4-3	5	5	5	2
2	1:10	10/1	สมุนไพร	45	-	-	-	5	4/5	3	5	4	5	2
3	1:10	10/1	สมุนไพร	75	-	-	-	4/5	4	3	4-5	5	5	2
4	1:10	10/1	สมุนไพร	90	-	-	-	4/5	4	4	5	5	5	2
5	1:10	10/1	สมุนไพร	75	ก่อน	AI	1	3/4	3	4	5	5	5	1
6	1:10	10/1	สมุนไพร	75	พร้อม	AI	1	4	4	5	5	5	5	2
7	1:10	10/1	สมุนไพร	75	หลัง	AI	1	4/5	4/5	5	4-5	5	5	1-2

ผลการทดสอบ

การซักของสีด้วยหลังการซัก การติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์ส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ ดี ถึง ดีมาก การใช้ AI มอร์แคนท์ความเข้มข้น 1.0 %owf. ไม่ว่าจะย้อมก่อนหรือย้อมพร้อม การย้อมสีไม่มีผลต่อสีที่ย้อมได้ ต่อการซักของสีหลังการซัก และต่อการติดสีในการทดสอบการซัก ความคงทนของสีที่ย้อมได้ต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ต่ำ โดยผ้าที่ย้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์มีค่าความคงทนต่อแสงเทียบเท่ากับ Blue wool No. 2 และมีแนวโน้มว่าการใช้มอร์แคนท์อลูมิเนียมช่วยในการย้อม ไม่ว่าจะย้อมก่อน หรือย้อมหลังการย้อมสีนั้น กลับทำให้ความคงทนต่อแสงลดลงเกือบเท่าตัว

เมื่อพิจารณาจากการซักของสีหลังซัก การติดสีระหว่างการซัก และความคงทนของสีต่อแสง การย้อมด้วยผ้าฝ้ายให้ได้น้ำตาลด้วยน้ำย้อมจากใบหูกวางโดยไม่ใช้มอร์แคนท์จะให้ผลดีกว่าการย้อมด้วยน้ำย้อมใบสะเดาและกานมะพร้าว แต่สีที่ได้จะมีสีน้ำตาลอ่อนที่สุดในกลุ่ม

4.4.4 การย้อมด้วยใบยูคาลิปตัส

ได้ทำการสกัดใบยูคาลิปตัสสดด้วยน้ำโดยใช้ภาวะดังนี้

อัตราส่วน : ใบยูคาลิปตัสสด ต่อ น้ำ = 1 : 10 w/v

อุณหภูมิ : คัมเดือด ($\sim 95 - 98^{\circ}\text{C}$)

เวลา : 1 ชั่วโมง

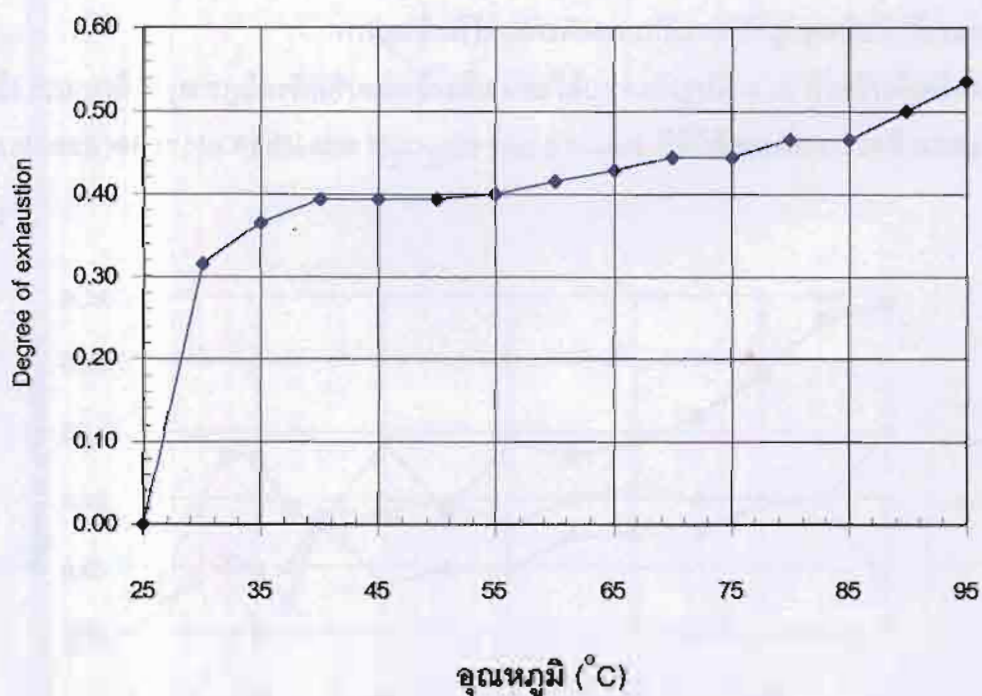
ผล : สารละลายที่ได้มีสีเหลืองอ่อนอมน้ำตาล

: สารละลายมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 360 nm

4.4.4.1 การหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม

1.ก การหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

การติดตามปริมาณสีที่ถูกใช้ไป เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอัตรา 2°C ต่อนาที จากอุณหภูมิห้องถึงจุดเดือดได้ผลดังรูปที่ 4.45 สำหรับด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วย NaOH 6% และ H_2O_2 (35 %v) 5 % owf. สีที่ได้และผลการวัดสีแสดงได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.45 การดูดซับสีน้ำย้อมใบยูคาลิปตัส โดยด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

สีที่ได้

อุณหภูมิห้อง - 95 °C



L*	a*	b*	รหัส
+ 72.98	+ 3.56	+ 11.49	UK4HTMP0

ผลการวิเคราะห์ การดูดซับสีมีแนวโน้มเข้าสู่ค่าคงที่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 40 °C และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อเข้าใกล้จุดเดือด (อุณหภูมิ ระหว่าง 95 - 98 °C ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ) ดังนั้นการข้อมด้ายด้วยน้ำย้อมใบยูคาลิปตัสจึงกำหนดอุณหภูมิที่จะใช้ในการศึกษาไว้ 3 ค่า ดังนี้คือ

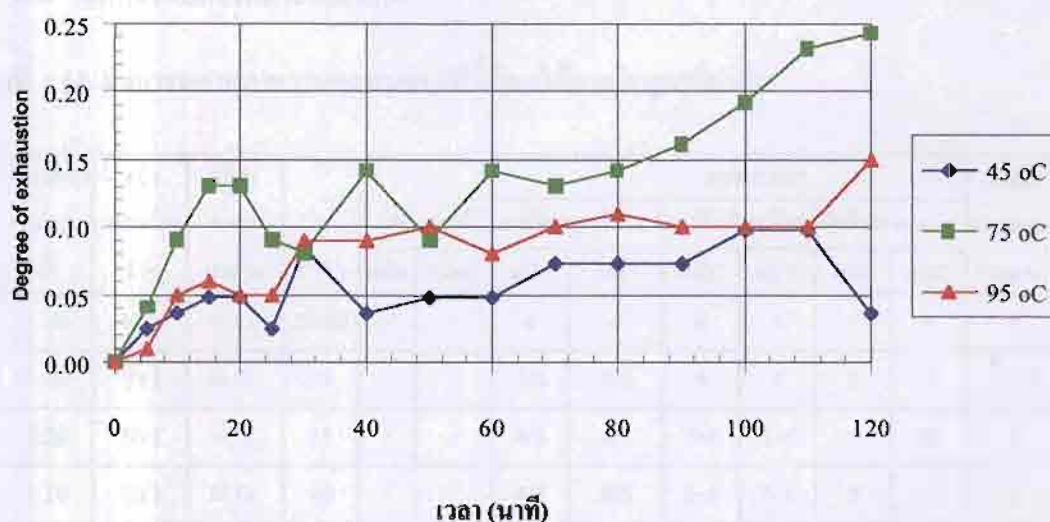
1. อุณหภูมิ 45°C
2. 75°C และ
3. จุดเดือด (~ 95 - 98 °C)

เพื่อเปรียบเทียบผลต่อไป

1.ข การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อม

การดูดซับสีโดยการติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับไปที่เวลาต่างๆ กัน จนถึง 120 นาที ที่อุณหภูมิคงที่ที่กำหนดข้างต้น และได้แสดงดังรูปที่ 4.46 สำหรับด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วย NaOH 6% และ H₂O₂ (35 %v) 5 % owf. สีที่ได้และผลการวัดสี แสดงได้ดังรูปที่

4.47



รูปที่ 4.46 การดูดซับสีน้ำย้อมใบยูคาลิปตัสโดยด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ที่เวลาต่าง ๆ

สีที่ได้	ด้าย 10/1				
	อุณหภูมิ 45 °C	L*	a*	b*	รหัส
		+ 73.32	+ 3.82	+ 12.20	UK4HTM40
	อุณหภูมิ 75 °C	L*	a*	b*	รหัส
		+ 78.70	+ 2.66	+ 14.51	UK4HTM70
	อุณหภูมิ 95 °C	L*	a*	b*	รหัส
		+ 75.10	+ 3.54	+ 15.84	UK4HTM90

รูปที่ 4.47 สีและผลการวัดสีด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ซ้อมน้ำซ้อมใบชวลีปดัสที่อุณหภูมิคงที่

4.4.4.2 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและการติดสี

การทดสอบความคงทนของสีที่ซ้อมได้ต่อการซักซึ่งวัดในเทอมการซีดของสีและการติดสีที่อุณหภูมิ 40 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C01:1989 และที่อุณหภูมิ 60 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C03:1989 และความคงทนของสีต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02:1994 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบความคงทนของสีที่ซ้อมได้จากใบชวลีปดัส

ลำดับ ที่	อัตราส่วน ใบชวลี น้ำ	ชนิด ของด้าย ฝ้าย	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)	มอร์แดนท์		ผลทดสอบเทา						Light
							การซีดของสีด้าย		การติดสีบนฝ้าย		ติดสีบนwool		Fastness
					ชนิด	%owf	40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	(Blue w.)
1	1:10	10/1	H ₂ O ₂	28-95	-	-	4	4	4	4	5	5	3
2	1:10	10/1	H ₂ O ₂	45	-	-	3/4	3/4	4	4	5	5	2 – 3
3	1:10	10/1	H ₂ O ₂	75	-	-	4/5	4/5	5-4	5-4	5	5	3
4	1:10	10/1	H ₂ O ₂	90	-	-	4/5	4/5	5-4	5-4	5	5	4

ผลการทดสอบ

การซีดของสีด้ายหลังการซัก การติดสีบนฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์ส่วนมากอยู่ใน

เกณฑ์ ดี ถึง ดีมาก แต่การใช้อุณหภูมิต่ำในการย้อมพบว่าสีเกาะติดไม่ดี (สเกลทาระดับ 3/4)

ผ้าที่ย้อมในน้ำย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์มีความคงทนต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง เทียบเท่า Blue wool No. 2-3 ถึง 4 การย้อมที่อุณหภูมิสูงมีแนวโน้มทำให้สีมีความคงทนต่อแสงดีขึ้น

4.4.5 สรุปผลการย้อมสีน้ำตาล

สีน้ำตาลจากสีย้อมธรรมชาติที่ศึกษานี้เกิดจากสารพวกแทนนินและสารฟีนอลิก ที่มีในพืช ส่วนประกอบที่แตกต่างกันทำให้สีน้ำตาลที่ได้มีเฉดสีแตกต่างกัน ส่วนมากสามารถย้อมติดได้โดยไม่ต้องใช้มอร์แดนต์ แต่สีจากพืชบางชนิดไม่ทนต่อแสงเช่น สะเดาและก้ามมะพร้าว (เทียบเท่ากับ Blue wool No. 1) การใช้โลหะมอร์แดนต์ช่วยย้อมทำให้เฉดสีเปลี่ยนไปและทำให้ความคงทนของสีต่อแสงดีขึ้น ส่วนสีจากใบหูกวางและใบยูคาลิปตัสทนต่อแสงดีกว่า (เทียบเท่ากับ Blue wool No. 2 ถึง 3) การใช้โลหะมอร์แดนต์ช่วยย้อมทำให้เฉดสีเปลี่ยนไปแต่ไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อแสง ผลโดยรวมกล่าวได้ว่าสีที่ได้มีความคงทนต่อการซักระดับปานกลางถึงดี (สเกลเทา 3 ถึง 3/4) การติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์อ่อนในเกณฑ์ดีถึงดีมาก (สเกลทาระดับ 4 ถึง 5) ส่วนผลความคงทนของสีต่อแสงเทียบเท่า Blue wool No. 1 ถึง 3 ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและมอร์แดนต์ที่ใช้ รวมถึงวิธีการย้อมมอร์แดนต์

น้ำย้อมจากใบสะเดาให้สีน้ำตาลแดงเมื่อใช้ Cu มอร์แดนต์ น้ำตาลออกเหลืองเมื่อใช้ Al มอร์แดนต์ และน้ำตาลดำเมื่อใช้ Fe มอร์แดนต์ น้ำย้อมจากก้ามมะพร้าวจะให้โทนสีแดงมากกว่า (ค่า a^* สูงกว่า) แต่จะมีโทนสีเหลืองน้อยกว่า (ค่า b^* ต่ำกว่า) สีที่ได้จากใบสะเดา สีที่ได้จะออกน้ำตาลแดงมากขึ้นเมื่อใช้ Al เป็นมอร์แดนต์ พบว่าน้ำย้อมจากก้ามมะพร้าวสามารถใช้ย้อมที่อุณหภูมิห้องหรือที่เรียกว่าย้อมเย็นได้ แต่สีที่ได้จะซีดจางกว่าการย้อมที่อุณหภูมิสูงมีโทนสีเหลืองมากกว่าและไม่ทนต่อแสง

สีที่ได้เมื่อย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์มีความแตกต่างกันมาก สีที่ย้อมได้จากก้ามมะพร้าวจะใกล้เคียงกันไม่ขึ้นกับอุณหภูมิการย้อม สีที่ได้จากใบสะเดาและใบหูกวางจะคล้ายกันคือให้โทนสีเหลืองมากกว่าเมื่อทำการย้อมที่อุณหภูมิต่ำ และสีออกน้ำตาลมากขึ้นเมื่อย้อมที่อุณหภูมิสูง ในขณะที่ใบยูคาลิปตัสจะได้สีน้ำตาลมากกว่าเมื่อย้อมที่อุณหภูมิต่ำ และสีที่ย้อมได้จะออกเหลืองมากขึ้นเมื่อย้อมที่อุณหภูมิสูง เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ปริมาณแทนนินและสารฟีนอลิกในบทที่ 3 แล้วเชื่อว่าความแตกต่างของสีนี้เกิดจากธรรมชาติของสารสีที่มีในพืชมากกว่าปริมาณของสารสี และเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดขั้นตอนของกระบวนการย้อมเพื่อให้ได้สีที่ต้องการ ซึ่งพบว่าการย้อมสีน้ำตาลจากพืชเหล่านี้มีขั้นตอนที่แตกต่างกันทั้งในแง่ของอุณหภูมิการย้อม มอร์แดนต์ที่ใช้ และวิธีการย้อมมอร์แดนต์ ตัวอย่างของผ้าที่ทอจากการทดสอบกระบวนการทั้งของโครงการวิจัยนี้และที่กลุ่มทอผ้าทำการย้อมได้รวบรวมไว้ในภาคผนวกที่ 3

4.5 การย้อมสีผ้า

การย้อมด้วยฝ้ายให้ได้สีค่านั้น ผลการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการพบว่า การย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติส่วนมากให้จะได้สีเทาถึงสีน้ำตาลแก่อมเทามากกว่า ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ดำเนินการทดลองย้อมสีผ้าด้วยวัสดุให้สีย้อมธรรมชาติหลายชนิด คือ เปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัส ใบสาบเสือ ใบสะเดา ใบหูขาว เปลือกต้นสมอไทย

4.5.1 การย้อมด้วยเปลือกต้นยูคาลิปตัส

ได้ทำการสกัดเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัสด้วยน้ำ โดยใช้ภาวะดังนี้

อัตราส่วน : เปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัสต่อน้ำ = 1 : 10 w/v

อุณหภูมิ : คัมเดือด ($\sim 95 - 98^{\circ}\text{C}$)

เวลา : 1 ชั่วโมง

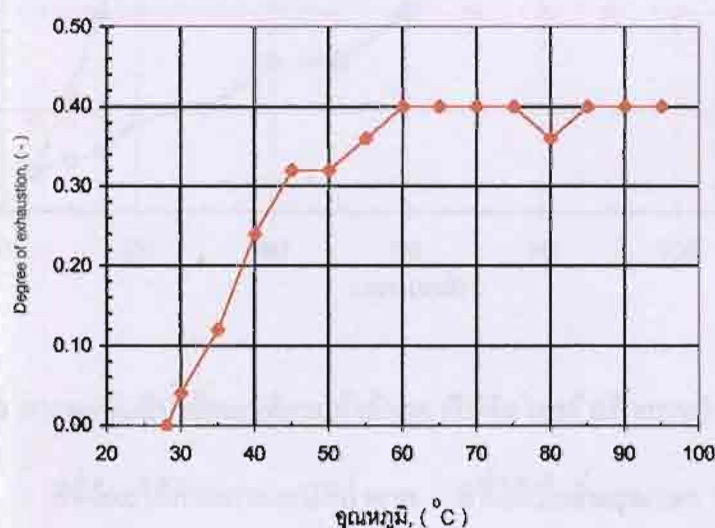
ผล : สารละลายที่ได้มีสีน้ำตาลแดง

: สารละลายให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 360 nm

4.5.1.1 การหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม

1.ก การหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

การติดตามปริมาณสีที่ถูกใช้ไป เมื่อทำการย้อมด้วยฝ้ายเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่และ Na_2CO_3 ก่อนทำการย้อมในน้ำย้อมสกัดจากเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัส (ใช้อัตราส่วนเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัส:น้ำ:ผ้า = 1:10:1) ทำการเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 2°C ต่อนาที จากอุณหภูมิห้องถึงจุดเดือด ได้ผลดังรูปที่ 4.48



รูปที่ 4.48 การดูดซับสีน้ำย้อมเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัสโดยเส้นด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

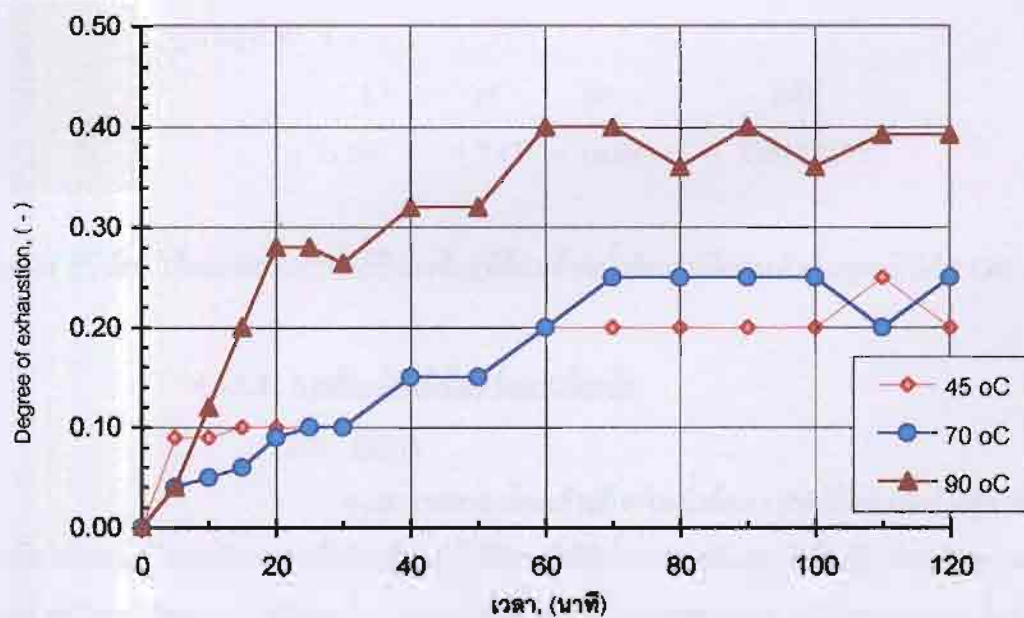
ผลการวิเคราะห์ การดูดซับสีมีแนวโน้มเข้าสู่ค่าคงที่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 55 °C ดังนั้น การช้อมด้วยน้ำช้อมเปลือกแห้งคันชูลิปดัสจึงกำหนดอุณหภูมิที่จะใช้ในการศึกษาไว้ 3 ค่า ดังนี้คือ

1. อุณหภูมิ 45 °C
2. 70 °C และ
3. 90 °C

เพื่อเปรียบเทียบผลต่อไป

1.๖ การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการช้อม

การดูดซับสีโดยการติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับไปที่เวลาต่างๆ กันจนถึง 120 นาที ที่อุณหภูมิคงที่ที่กำหนดข้างต้น สำหรับผ้าใยเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วย สบูและ Na_2CO_3 ก่อนทำการช้อมในน้ำช้อมจากเปลือกแห้งคันชูลิปดัสที่อุณหภูมิ 45, 70 และ 90 °C แสดงได้ดังรูปที่ 4.49



รูปที่ 4.49 การดูดซับสีน้ำช้อมเปลือกแห้งคันชูลิปดัสโดยผ้าใยเบอร์ 10/1 ที่เวลาต่างๆ

สีที่ช้อมได้ส่วนมากจะมีสีน้ำตาล สีที่ได้เมื่อสิ้นสุดเวลา 120 นาที และค่าผลการวิเคราะห์สีโดย CIELAB System 1976 ในเทอม L^* a^* b^* แสดงไว้ในรูปที่ 4.50 สีที่ช้อมได้ที่อุณหภูมิต่ำมีความสว่างมากกว่าสีที่ได้จากการช้อมที่อุณหภูมิสูง อุณหภูมิที่คิดว่าเหมาะสมน่าจะเป็นที่

70 °C อย่างไรก็ตามสีที่ข้อมได้ที่อุณหภูมิต่ำมีความเข้มระดับหนึ่งที่ดีว่าจะสามารถใช้ข้อมที่อุณหภูมิห้องได้ด้วย และจะได้ทำการศึกษาคต่อไป

สีที่ได้



อุณหภูมิ 28 °C - ต้มเค็ลค

L*	a*	b*	รหัส
+ 75.35	+ 6.20	+ 14.89	UB4S9U01



อุณหภูมิ 45 °C

L*	a*	b*	รหัส
+ 74.38	+ 7.60	+ 18.01	UB4S9T41



อุณหภูมิ 70 °C

L*	a*	b*	รหัส
+ 73.21	+ 7.23	+ 17.30	UB4S9T71



อุณหภูมิ 90 °C

L*	a*	b*	รหัส
+ 71.66	+ 7.41	+ 16.08	UB4S9T91

รูปที่ 4.50 สีที่ข้อมได้และผลวิเคราะห์สีของผ้าที่ข้อมด้วยน้ำข้อมเปลือกแห้งคันยูคาลิปตัส 120 นาที

4.5.1.2 การข้อมโดยใช้เมอร์แคนท์เหล็ก

2.ก. วิธีการ

ผลการทดลองข้อมผ้าฝ้ายในน้ำข้อมจากเปลือกแห้งคันยูคาลิปตัส โดยใช้เมอร์แคนท์โลหะอออนเหล็กในห้องปฏิบัติการ ได้สีน้ำตาลแก่ถึงเทาเข้มเป็นวัตถุดิบธรรมชาติ ชนิดหนึ่งที่น่าจะมีศักยภาพให้สีข้อมในโทนดำได้จึงได้ดำเนินการทดลองภายใต้ภาวะต่าง ๆ ดังนี้ คือ

- ใช้เมอร์แคนท์ Fe 1.0 % owf. โดยใช้ FeSO_4 ทำการข้อมเมอร์แคนท์ 3 แบบคือ
 - ก่อนการข้อมสี
 - พร้อมการข้อมสี และ
 - หลังการข้อมสี

ทำการข้อมสีที่อุณหภูมิ 70 °C

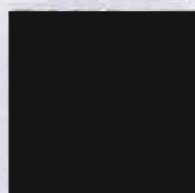
- ใช้มอร์แคนท์ Fe 0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 2.0 และ 3.0 % owf. ทำการซัอมมอร์แคนท์แบบซัอมก่อนการซัอมสี (Premordanting)
- ใช้มอร์แคนท์ Fe 3.0 % owf. ซัอมมอร์แคนท์ก่อนการซัอมสี น้ำซัอมที่ใช้แล้วนำไปทำการซัอมผ้าใหม่อีก 1 ครั้ง แล้วส่งผ้าทั้ง 2 ตัวออกไปทอเป็นผ้าผืน
- ใช้ผ้าฝ้าย เบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่
- การซัอมในน้ำซัอมเปลือกแห้งคันชูลิปดัส
 - ใช้อัตราส่วนเปลือกแห้งคันชูลิปดัส: น้ำ : ผ้า = 1 : 10 : 1
 - ให้ความร้อนแก่น้ำซัอมจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด ใส่ผ้าลงซัอม ทำการควบคุมอุณหภูมิและระดับของน้ำซัอมให้คงที่
 - เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำผ้าออก ล้างผ้าให้สะอาดผึ่งให้แห้งในร่ม ในกรณีซัอมมอร์แคนท์หลังซัอมสี บิดผ้าให้หมาดแล้วนำลงซัอมมอร์แคนท์เลยโดยไม่ต้องล้างผ้าให้สะอาด
 - นำผ้าไปทำการบันทึกสี วัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อไป

2.ข. สีที่ซัอมได้และผลการวัดสี

ผลการซัอมและผลการวัดสีแสดงไว้ในรูปที่ 4.51 และ 4.52

สำหรับวิธีการซัอมมอร์แคนท์ต่างกัน และความเข้มข้นของมอร์แคนท์ต่างกันตามลำดับ ดังต่อไปนี้

สีที่ได้



- ใช้มอร์แคนท์ Fe 1.0 %owf.

อุณหภูมิ 70 °C ซัอมมอร์แคนท์ก่อนซัอมสี

L*	a*	b*	รหัส
+ 33.10	+ 2.47	+ 4.51	UB4SF1P7



อุณหภูมิ 70 °C ซัอมมอร์แคนท์พร้อมซัอมสี

L*	a*	b*	รหัส
+ 48.15	+ 3.04	+ 7.79	UB4SF1S7



อุณหภูมิ 70 °C ซัอมมอร์แคนท์หลังการซัอมสี

L*	a*	b*	รหัส
+ 39.68	+ 2.21	+ 10.12	UB4SF1A7

รูปที่ 4.51 ผลของวิธีการซัอม Fe มอร์แคนท์ 1.0 %owf. ต่อสีที่ซัอมได้จากน้ำซัอมเปลือกคันชูลิปดัส

สีที่ได้

- อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดงที่ Fe ก่อนย้อมสี

มอร์แดงที่ Fe 0.25 %owf.

L*	a*	b*	รหัส
+ 42.97	+ 2.14	+ 2.59	UB4SFAP

มอร์แดงที่ Fe 0.50 %owf.

L*	a*	b*	รหัส
+ 34.70	+ 2.00	+ 2.34	UB4SFBP

มอร์แดงที่ Fe 0.75 %owf.

L*	a*	b*	รหัส
+ 37.32	+ 1.94	+ 2.49	UB4SFCP

มอร์แดงที่ Fe 1.0 %owf.

L*	a*	b*	รหัส
+ 33.10	+ 2.47	+ 4.51	UB4SF1P7

มอร์แดงที่ Fe 2.0 %owf.

L*	a*	b*	รหัส
+ 27.78	+ 1.64	+ 1.85	UB4SF2P

มอร์แดงที่ Fe 3.0 %owf.

L*	a*	b*	รหัส
+ 29.68	+ 1.99	+ 2.06	UB4SF3P

มอร์แดงที่ Fe 3.0 %owf. ย้อมครั้งแรก

L*	a*	b*	รหัส
+ 45.64	+ 1.55	+ 4.05	UB4SFW11

มอร์แดงที่ Fe 3.0 %owf. ใช้น้ำย้อมใช้แล้วย้อมด้วยใหม่ (ใช้น้ำย้อมครั้งที่สอง)

L*	a*	b*	รหัส
+ 63.19	+ 3.15	+ 15.08	UB4SFW12

รูปที่ 4.52 ผลของความเข้มข้น Fe มอร์แดงและวิธีย้อมต่อสีที่ได้จากน้ำย้อมเปลือกต้นยูคาลิปตัส

4.5.1.3 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก และต่อแสง

ได้ทำการทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้ต่อการซัก ซึ่งจะดูการซีดของสีและ การติดสีบนผ้าอื่นเมื่อทำการซักที่อุณหภูมิ 40 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C01:1989 และที่อุณหภูมิ 60 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C03:1989 และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02:1994 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้จากเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัส

ลำดับ ที่	อัตราส่วน เปลือกยูคา น้ำ	ชนิด ผ้า	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)	มอร์แดนท์			ผลสังเกต						light fastness Blue w.
					วิธี ย้อม	ชนิด	%owf	การซีดของสี		การติดสีบนผ้า		การติดสีบนwool		
								40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	
1	1:10	10/1	สบู่	28-95	-	-	-	4	2/3	5	5	5	5	1-2
2	1:10	10/1	สบู่	45	-	-	-	4	3	4	4-5	4	5	1-2
3	1:10	10/1	สบู่	70	-	-	-	3/4	3	5	4-5	5	5	2
4	1:10	10/1	สบู่	90	-	-	-	4/5	3	4-5	4-5	5	5	2
5	1:10	10/1	สบู่	70	ก่อน	Fe	1	3/4*	3*	5	5	5	5	2G
6	1:10	10/1	สบู่	70	พร้อม	Fe	1	3/4*	3/4*	5	4-5	5	5	1
7	1:10	10/1	สบู่	70	หลัง	Fe	1	4*	4*	5	5	5	5	2
8	1:10	10/1	สบู่	70	ก่อน	Fe	0.25	3/4*	3*	5	5	5	5	2
9	1:10	10/1	สบู่	70	ก่อน	Fe	0.50	3/4*	3*	5	4-5	5	5	2G
10	1:10	10/1	สบู่	70	ก่อน	Fe	0.75	3/4*	3*	4-5	4-5	4-5	5	1-2G
11	1:10	10/1	สบู่	70	ก่อน	Fe	2	3/4*	4*	5	5	5	5	2-3G
12	1:10	10/1	สบู่	70	ก่อน	Fe	3	4*	4*	5	5	5	5	2-3G
13	1:10	10/1	สบู่	70	ก่อน	Fe	3	3/4#	3/4	5	5	5	5	3
14	1:10	10/1	สบู่	70	ก่อน	Fe	3	3/4#	3/4	5	5	5	5	3

* = สีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำ

G = สีเปลี่ยนเป็นเขียวมากขึ้น

= ซีนงานเป็นผ้าทอ

ผลการทดสอบ

การดูดซับสีน้ำย้อมจากเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัส มีการดูดซับสีได้ดีที่อุณหภูมิสูง แต่สีที่ย้อมได้ไม่แตกต่างจากการย้อมที่อุณหภูมิต่ำ โดยให้สีน้ำตาลอ่อนเหมือนกัน เมื่อย้อมโดยไม่ใช้

มอร์แดนท์ และสีที่ได้จะเป็นสีเทาถึงดำเมื่อใช้เหล็กเป็นมอร์แดนท์ พบว่าการย้อมมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสีจะให้สีดำกว่าการย้อมมอร์แดนท์พร้อมและการย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมสี นอกจากนี้การย้อมมอร์แดนท์ก่อนย้อมสีมีแนวโน้มว่าสีจะดำมากขึ้นตามการเพิ่มความเข้มข้นของ Fe มอร์แดนท์ สำหรับอัตราส่วนที่ใช้พบว่าน้ำย้อมเปลี่ยนจากสีได้เพียงครั้งเดียว น้ำย้อมที่ใช้แล้วมีสีซีดจางมาก และเมื่อนำไปย้อมผ้าใหม่พบว่าสีที่ได้จะไม่ดำแต่จะออกเป็นสีน้ำตาลแทน

ผลการทดสอบการซักพบว่าการซีดของสีผ้าหลังการซัก อยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงดี สเกลทหาระหว่าง 3 ถึง 4 เป็นส่วนใหญ่ ไม่ขึ้นกับภาวะการย้อมที่ใช้ แต่หลายตัวอย่างที่ซักแล้วสีเปลี่ยนไปโดยสีออกน้ำตาลมากขึ้น โดยสีน้ำตาลค่านั้นกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ ทั้งนี้คาดว่าเกิดจากการที่ Fe^{2+} ที่ตกค้างอยู่ถูกออกซิไดซ์ไปเป็น Fe^{3+} การติดของสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์ส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ ดี ถึง ดีมาก สเกลทหาระหว่าง 4 ถึง 5 การใช้น้ำย้อมในการย้อมผ้า 2 ครั้งสีที่ได้ทั้ง 2 ครั้งมีความคงทนของสีที่ดัดเทียมกัน และผลทดสอบความคงทนต่อการขัดถูอยู่ในเกณฑ์ดีโดยมีผลสเกลทหาระดับ 4

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงพบว่าส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ต่ำโดยเทียบเท่ากับ Blue wool No. 1 ถึง 2-3 และในหลายตัวอย่างมีการเปลี่ยนของสีโดยที่สีของผ้าจะมีสีออกเขียวมากขึ้น

4.5.1.4 การย้อมเย็นด้วยน้ำย้อมเปลี่ยนแห่งต้นยูคาลิปตัส

พบว่าสีในน้ำย้อมที่ได้จากเปลี่ยนแห่งของต้นยูคาลิปตัสมีแนวโน้มที่จะเกาะติดบนเส้นด้ายฝ้ายได้ดีที่อุณหภูมิห้อง โดยจะให้สีเทาถึงดำเมื่อใช้ Fe มอร์แดนท์ แม้ว่าโทนสีที่ได้จะอ่อนกว่าการย้อมร้อน กลุ่มวิจัยจึงเห็นว่าการทดลองย้อมเย็นในน้ำย้อมเปลี่ยนแห่งของต้นยูคาลิปตัสอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการย้อมสีผ้าแบบย้อมเย็น จึงได้ทำการทดลองหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของเหล็กมอร์แดนท์ที่ต้องใช้โดยทำการย้อมที่เวลาคงที่ 60 นาที ทั้งนี้จะพิจารณาจากสีที่ได้ และความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงต่อไป

4.6 วิธีการ

- ย้อม Fe มอร์แดนท์ โดยใช้ $FeSO_4$ ที่ความเข้มข้นของ Fe 0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 2.0, และ 3.0 %owf. ตามลำดับ ทำการย้อมมอร์แดนท์แบบย้อมก่อนย้อมสี โดยมีวิธีการดังนี้
 - นำมอร์แดนท์ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนใส่ในน้ำกลั่น 250 cm^3 ให้ความร้อนพออุ่นคนให้ละลาย
 - นำด้ายเบอร์ 10/1 น้ำหนัก 25 กรัม ที่ทำความสะอาดด้วยสบู่ + Na_2CO_3 แล้วลงย้อมในสารละลายมอร์แดนท์ คนอย่างสม่ำเสมอ คำนาน 30 นาที นำด้ายขึ้น บิดพอหมาด

- นำตัวอย่างข้อมในน้ำข้อมเปลือกชุกาลิปดัส ปริมาตร 250 cm^3 แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที ในระหว่างนั้นหมั่นกลับตัวอย่างบ่อย ๆ นำตัวอย่างขึ้นล้างให้สะอาด
- นำตัวอย่างไปทำการบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อไป

4.ข สีที่ได้และผลการวัดสี

ผลการข้อมและผลการวัดสีแสดงไว้ในรูปที่ 4.53 ดังต่อไปนี้

สีที่ได้				
	- อุณหภูมิห้อง ข้อมมอร์แดนต์ Fe ก่อนข้อมสี			
	มอร์แดนต์ Fe 0.25 %owf.			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 41.95	+ 1.91	+ 3.40	UB4SFAPY
	มอร์แดนต์ Fe 0.50 %owf.			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 39.29	+ 2.44	+ 3.12	UB4SFBPY
	มอร์แดนต์ Fe 0.75 %owf.			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 36.81	+ 1.91	+ 2.89	UB4SFCPY
	มอร์แดนต์ Fe 1.0 %owf.			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 31.63	+ 2.20	+ 4.67	UB4SF1PY
	มอร์แดนต์ Fe 2.0 %owf.			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 33.90	+ 1.84	+ 3.13	UB4SF2PY
	มอร์แดนต์ Fe 3.0 %owf.			
	L*	a*	b*	รหัส
	+ 33.38	+ 1.55	+ 2.76	UB4SF3PY

รูปที่ 4.53 ผลของความเข้มข้น Fe มอร์แดนต์ที่มีต่อสีที่ข้อมได้จากน้ำข้อมเปลือกชุกาลิปดัสแบบข้อมเย็น

4.ค ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก และต่อแสง

ได้ทำการทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้ต่อการซักซึ่งจะดูการซีดของสีและการติดสี(Staining)บนผ้าอื่นเมื่อทำการซักที่อุณหภูมิ 40 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C01:1989 และที่อุณหภูมิ 60 °C ตามวิธีการมาตรฐาน .ISO 105-C03:1989 และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02:1994 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้จากเปลือกแห้งคันยูคาลิปตัสแบบย้อมเย็น

ลำดับ ที่	อัตราส่วน เปลือกยูคา น้ำ	ชนิด ผ้า	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)	มอร์แดนต์			ผลสเกลเทา						light
					วิธี ย้อม	ชนิด	%owf	การซีดของสี		การติดสีบนผ้า		การติดสีบน wool		fastness
								40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	Blue w.
1	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	ห้อง	ก่อน	Fe	0.25	3/4*	3*	5	5	5	5	2G
2	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	ห้อง	ก่อน	Fe	0.50	3/4*	3*	4-5	5	5	5	2G
3	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	ห้อง	ก่อน	Fe	0.75	3	3/4	5	5	4	5	2G
4	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	ห้อง	ก่อน	Fe	1	3/4*	3*	5	4-5	5	5	2-3G
5	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	ห้อง	ก่อน	Fe	2	3/4*	4*	5	5	5	5	2-3G
6	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	ห้อง	ก่อน	Fe	3	3/4*	4*	5	5	5	5	2-3G

* = สีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำ

G = สีเปลี่ยนเป็นเขียวมากขึ้น

ผลการทดสอบ

ผลการย้อมด้วยเปลือกแบบย้อมเย็นในน้ำย้อมเปลือกยูคาลิปตัสนี้ พบว่าให้ผลการย้อมเหมือนกับการย้อมที่อุณหภูมิ 70 °C ทั้งในแง่ของสีที่ย้อมได้ ความคงทนของสีต่อการซักไม่ว่าจะเป็นการซีดของสีหรือการติดสี และมีความคงทนต่อแสงระดับเดียวกัน การย้อมเย็นด้วยน้ำย้อมเปลือกคันยูคาลิปตัสเพื่อให้ได้สีเทาถึงสีดำซึ่งมีเฉดสีที่ต่างไปจากสีที่ย้อมได้จากมะเกลือจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะใช้ประโยชน์เชิงอุตสาหกรรมหากได้รับการพัฒนาให้สีมีความคงทนต่อแสงมากกว่านี้ และนอกจากนี้อาจใช้ทดแทนการย้อมด้วยผลมะเกลือซึ่งมีกระบวนการย้อมที่ใช้เวลายาวนานกว่า หากไม่คำนึงถึงโทนสีที่แตกต่างกัน

4.5.2 การย้อมด้วยใบสาบเสือ

ได้ทำการสกัดใบสาบเสียด้วยน้ำ โดยใช้ภาวะดังนี้

อัตราส่วน : ใบสาบเสือ ค่อน้ำ = 1 : 10 w/v

อุณหภูมิ : ต้มเคี้ยว (~ 95 - 98°C)

เวลา : 1 ชั่วโมง

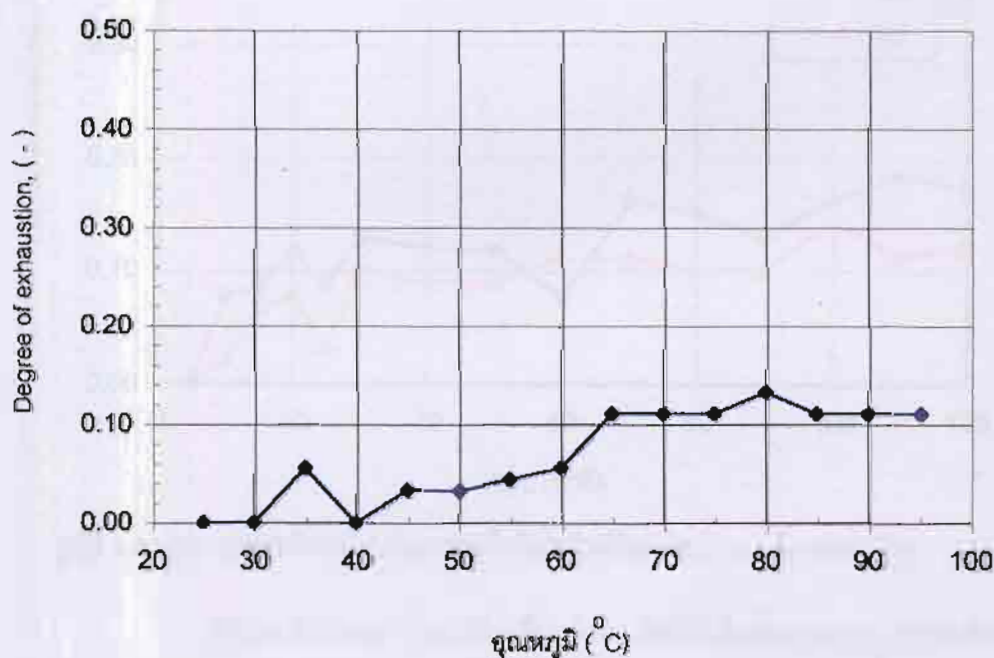
ผล : สารละลายที่ได้มีสีเหลืองอ่อน ขุ่น

: สารละลายให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 360 nm

4.5.2.1 การหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม

1.ก การหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

การติดตามปริมาณสีที่ถูกใช้ไปเมื่อทำการย้อมด้วยผ้าเชอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่และ Na_2CO_3 ก่อนทำการย้อมในน้ำย้อมสกัดจากใบสาบเสือ (ใช้อัตราส่วนใบ:น้ำ:ผ้าเชอร์ = 1:10:1) ทำการเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 2 °C ค่อนาที จากอุณหภูมิห้องถึงจุดเดือด ได้ผลดังรูปที่ 4.54



รูปที่ 4.54 การดูดซับสีน้ำย้อมใบสาบเสือโดยเส้นด้ายผ้าเชอร์ 10/1 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

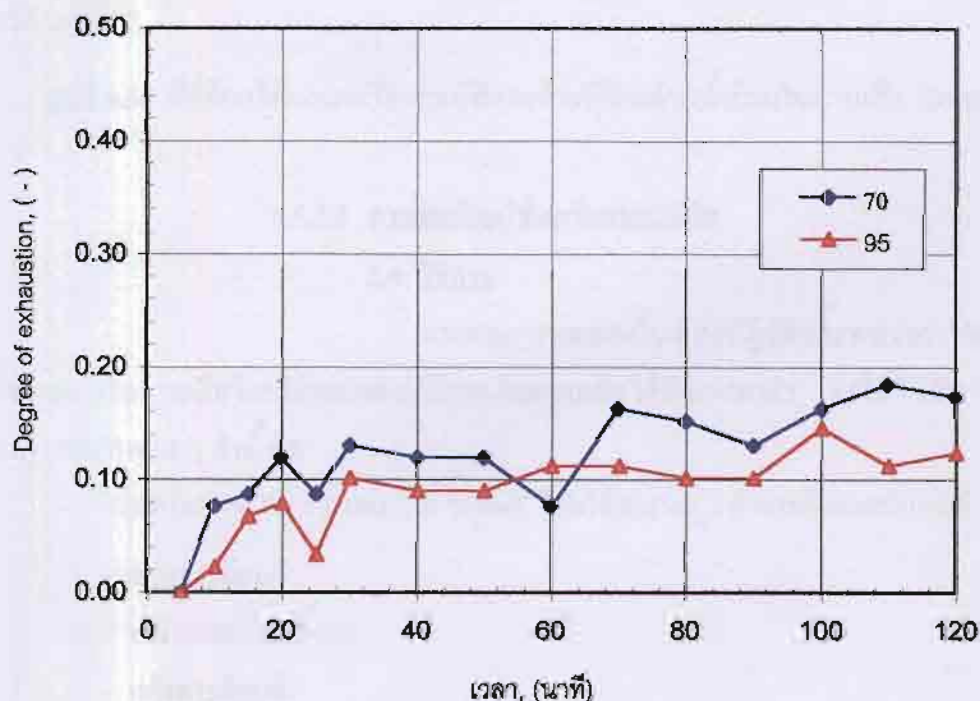
ผลการวิเคราะห์ การดูดซับสีมีแนวโน้มเข้าสู่ค่าคงที่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 65 °C ดังนั้น การข้อมด้ยด้วยน้ำข้อมใบสาบเสือจึงกำหนดอุณหภูมิที่จะใช้ในการศึกษาไว้ 2 ค่า ดังนี้คือ

1. อุณหภูมิ 70 °C และ
2. ภาวะต้มเดือด (อุณหภูมิ ~ 95 °C)

เพื่อเปรียบเทียบผลต่อไป

1.ข. การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการข้อม

การดูดซับสีโดยการติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับไปที่เวลาต่างๆ กันจนถึง 120 นาที ที่อุณหภูมิคงที่ที่กำหนดข้างต้น สำหรับด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่และ Na_2CO_3 ก่อนทำการข้อมในน้ำข้อมจากใบสาบเสือที่อุณหภูมิ 70 และ 95 °C แสดงได้ดังรูปที่ 4.55



รูปที่ 4.55 การดูดซับสีน้ำข้อมใบสาบเสือโดยด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ที่เวลาต่างๆ

สีที่ข้อมได้ส่วนมากจะมีสีเหลืองอ่อน สีที่ได้เมื่อสิ้นสุดเวลา 120 นาที และค่าผลการวิเคราะห์สีโดย CIELAB System 1976 ในเทอม L^* a^* b^* แสดงไว้ในรูปที่ 4.56 ด้ายฝ้ายที่ข้อมในน้ำข้อมจากใบสาบเสือโดยไม่ใช้เบรคแทนที่นั้นพบว่าการดูดซับสีน้อยมาก สีที่ได้มีสีเหลืองอ่อนปนน้ำตาลไม่ขึ้นกับอุณหภูมิที่ใช้ เมื่อพิจารณาจากการดูดซับสีและสีที่ได้จึงเห็นว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมน่าจะเป็นภาวะที่ 70 °C

สีที่ได้



อุณหภูมิ 28 °C - ดัมเคือด

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 77.78	+ 2.12	+ 20.27	SS4S9U01



อุณหภูมิ 70 °C

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 78.46	+ 1.59	+ 20.51	SS4S9T07



อุณหภูมิ 95 °C

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 74.27	+ 2.20	+ 22.03	SS4S9T09

รูปที่ 4.56 สีที่ข้อมได้และผลวิเคราะห์สีของผ้าที่ข้อมด้วยน้ำข้อมใบสาบเสือ 120 นาที

4.5.2.2 การข้อมโดยใช้มอร์แดนท์เหล็ก

2.ก วิธีการ

จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าการข้อมผ้าฝ้ายในน้ำข้อมจากใบสาบเสือโดยใช้มอร์แดนท์โลหะอินทรีย์ได้สีเทา-เทาดำ จึงได้ดำเนินการภายใต้ภาวะการทดลองต่าง ๆ ดังนี้ คือ

- ใช้มอร์แดนท์ Fe 1.0 และ 3.0 % owf. โดยใช้ $\text{Fe}(\text{SO}_4)$ ทำการข้อมมอร์แดนท์ 3 แบบ
 - ก่อนการข้อมสี
 - พร้อมการข้อมสี และ
 - หลังการข้อมสี
- ใช้ผ้าฝ้าย เบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่
- การข้อมในน้ำข้อมใบสาบเสือ
 - ใช้อัตราส่วนใบสาบเสือ: น้ำ : ผ้า = 1 : 10 : 1
 - ให้ความร้อนแก่น้ำข้อมจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด ใส่ผ้าลงข้อม ทำการควบคุมอุณหภูมิและระดับของน้ำข้อมให้คงที่

- เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำผ้าขออก ล้างผ้าให้สะอาดผึ่งให้แห้งในร่ม ในกรณีข้อมมอร์แดนท์หลังข้อมสี บิดผ้าให้หมาดแล้วนำลงข้อมมอร์แดนท์เลขโดยไม่ต้องล้างผ้าให้สะอาด
- นำผ้าไปทำการบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสี

2.ข สีที่ข้อมได้และผลการวัดสี

ผลการข้อมและผลการวัดสีแสดงไว้ในรูปที่ 4.57 ต่อไปนี้

สีที่ได้

อุณหภูมิ 70 °C ข้อมมอร์แดนท์ก่อนข้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 48.07	- 0.62	+ 9.40	SS4SF1P7

อุณหภูมิ 70 °C ข้อมมอร์แดนท์พร้อมข้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 47.67	- 0.94	+ 7.80	SS4SF1S7

อุณหภูมิ 70 °C ข้อมมอร์แดนท์หลังการข้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 60.08	+ 0.11	+ 14.30	SS4SF1A7

อุณหภูมิ 70 °C ข้อมมอร์แดนท์ Fe 3.0 % owf.หลังการข้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 58.83	+ 0.22	+ 12.83	SS4SF3A7

รูปที่ 4.57 ผลของวิธีการข้อม Fe มอร์แดนท์ ต่อการข้อมสีด้วยใบสาบเสือ

4.5.2.3 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก และต่อแสง

ได้ทำการทดสอบความคงทนของสีที่ข้อมได้ต่อการซัก ซึ่งจะดูการซีดของสีและการติดสี(Staining)บนผ้าอื่นเมื่อทำการซักที่อุณหภูมิ 40 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-

C01:1989 และที่อุณหภูมิ 60 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C03:1989 และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02:1994 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบความคงทนของสีที่ข้อมได้จากใบสาบเสือ

ลำดับ ที่	อัตราส่วน ใบสาบเสือ น้ำ	ชนิด ผ้า	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)	มอร์แคนท์			ผลสเกลเทา						light fastness Blue w
					วิธี ข้อม	ชนิด	%owf	การซีดของสี		การติดสีบนผ้าฝ้าย		การติดสีบนwool		
								40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	
1	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	28-95	-	-	-	1	1	5	5	5	5	1
2	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	70	-	-	-	1	1	5	5	5	5	1
3	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	90	-	-	-	1	1	5	5	5	5	1
4	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	70	ก่อน	Fe	1	3/4	2/3	5	5	5	5	3
5	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	70	พร้อม	Fe	1	2/3	3	5	5	5	5	2
6	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	70	หลัง	Fe	1	2/3	2/3	5	5	5	5	2
7	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	70	หลัง	Fe	3	2/3	2	5	4	5	5	2

ผลการทดสอบ

การข้อมด้วยผ้าในน้ำข้อมจากใบสาบเสือโดยไม่ใช้มอร์แคนท์นั้นพบว่าการดูดซับสีน้อยมาก สีที่ได้มีสีเหลืองอ่อนปนน้ำตาล โทนสีที่ได้ไม่ขึ้นอยู่กับการอุณหภูมิที่ใช้ในการข้อม แต่เมื่อใช้เหล็กเป็นมอร์แคนท์พบว่าให้สีเทาออกเขียวเมื่อข้อมมอร์แคนท์ก่อนหรือข้อมพร้อมกับการข้อมสี แต่จะให้สีน้ำตาลเทาหากข้อมมอร์แคนท์หลังการข้อมสี

หลังการซักสีด้วยจะซีดจางมากเมื่อข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์ สเกลเทาในระดับ 1 การซีดของสีด้วยหลังการซักลดลงเมื่อใช้มอร์แคนท์ โดยที่ผลสเกลเทาขึ้นไปอยู่ที่ระดับ 2 ถึง 3/4 ไม่ขึ้นกับชนิดของมอร์แคนท์และวิธีการข้อมมอร์แคนท์ การติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์ส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ ดีมาก ผลสเกลเทาในระดับ 5 เกือบทั้งหมด

ความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ต่ำที่สุด เทียบเท่ากับ Blue wool No. 1 เมื่อทำการข้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์ และจะดีขึ้นไปอยู่ในระดับ 2 ถึง 3 เมื่อทำการข้อมสีโดยมีการใช้มอร์แคนท์ ทั้งนี้จะไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของมอร์แคนท์และวิธีการข้อมมอร์แคนท์ที่ใช้ในการทดลองนี้

4.5.3 การย้อมด้วยเปลือกต้นสมอไทย

ได้ทำการสกัดเปลือกต้นสมอไทยด้วยน้ำ โดยใช้ภาวะดังนี้

อัตราส่วน : เปลือกต้นสมอไทย ต่อ น้ำ = 1 : 10 w/v

อุณหภูมิ : ต้มเดือด ($\sim 95 - 98^{\circ}\text{C}$)

เวลา : 1 ชั่วโมง

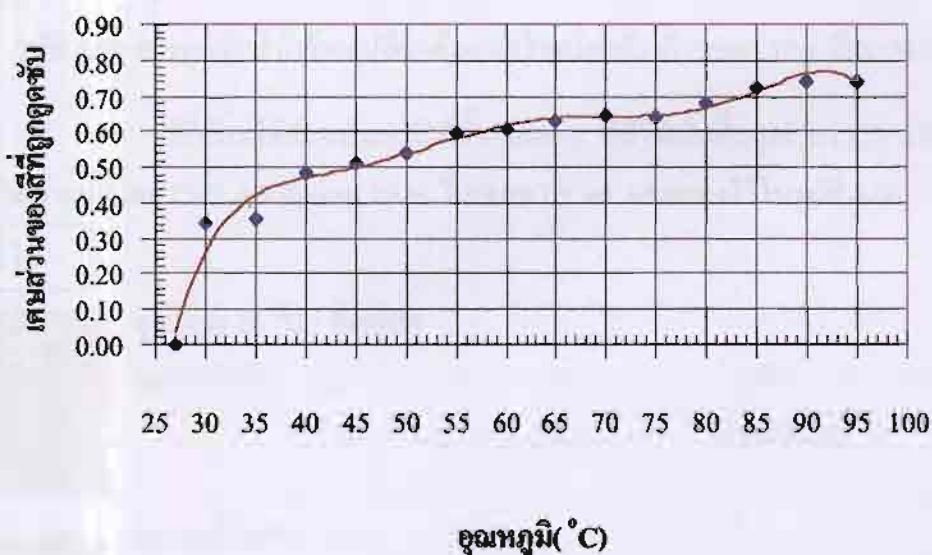
ผล : สารละลายที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อน ขุ่น

: สารละลายให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 360 nm

4.5.3.1 การหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม

1.ก การหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

การติดตามปริมาณสีที่ถูกใช้ไปเมื่อทำการย้อมด้วยผ้าขาวเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่และ Na_2CO_3 ก่อนทำการย้อมในน้ำย้อมสกัดจากเปลือกต้นสมอไทย (ใช้ อัตราส่วนใบ:น้ำ:ผ้า = 1:10:1) ทำการเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 2°C ต่อนาที จากอุณหภูมิห้องถึงจุดเดือด ได้ผลดังรูปที่ 4.58

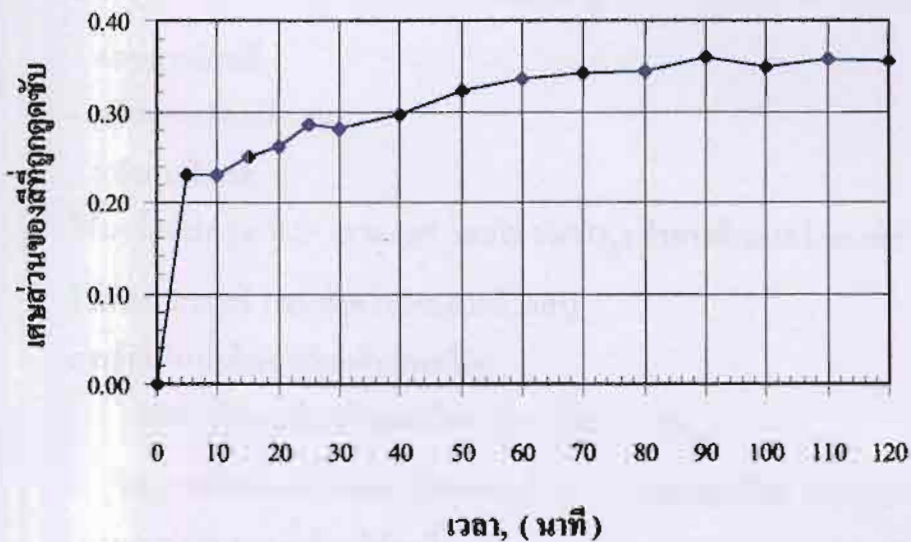


รูปที่ 4.59 การดูดซับสีน้ำย้อมเปลือกต้นสมอไทยโดยเส้นผ้าขาวเบอร์ 10/1 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ผลการวิเคราะห์ การดูดซับสีมีแนวโน้มเข้าสู่ค่าคงที่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 65°C ดังนั้นการย้อมด้วยน้ำย้อมเปลือกต้นสมอไทยจึงกำหนดอุณหภูมิที่จะใช้ในการศึกษาไว้ที่อุณหภูมิ 70°C

1.๗. การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อม

การดูดซับสีโดยการติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับไปที่เวลาต่างๆ กันจนถึง 120 นาที ที่อุณหภูมิคงที่ที่กำหนดข้างต้น สำหรับผ้าฝ้ายเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่และ Na_2CO_3 ก่อนทำการย้อมในน้ำย้อมจากเปลือกต้นสมอไทยที่อุณหภูมิ 70°C แสดงได้ดังรูปที่ 4.59



รูปที่ 4.59 การดูดซับสีน้ำย้อมเปลือกต้นสมอไทยโดยผ้าฝ้ายเบอร์ 10/1 ที่เวลาต่าง ๆ

สีที่ย้อมได้ส่วนมากจะมีสีน้ำตาลอ่อน สีที่ได้เมื่อสิ้นสุดเวลา 120 นาที และค่าผลการวิเคราะห์สีโดย CIELAB System 1976 ในเทอม L^* a^* b^* แสดงไว้ในรูปที่ 4.60

สีที่ได้				
	อุณหภูมิ 28°C - ดับเดือด			
	ผลการวัดสี	L^*	a^*	b^*
		+ 71.31	+ 8.72	+ 20.11
	อุณหภูมิ 70°C			
	ผลการวัดสี	L^*	a^*	b^*
		+ 71.95	+ 7.78	+ 19.82
		รหัส		
		MY4S9U01		
		MY4S9T07		

รูปที่ 4.60 สีที่ย้อมได้และผลวิเคราะห์สีของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำย้อมเปลือกต้นสมอไทย

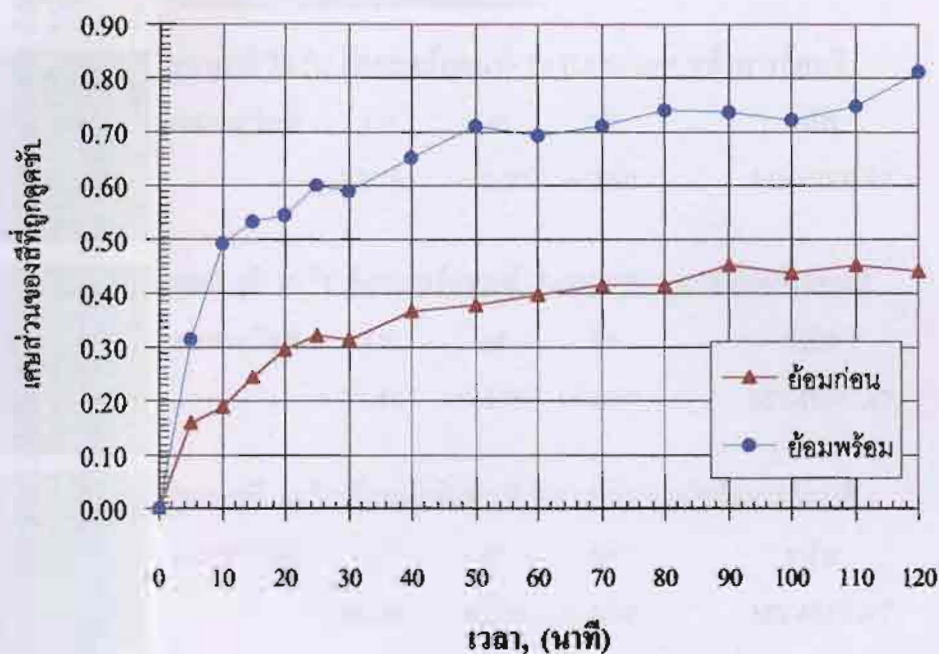
4.5.3.2 การย้อมโดยใช้มอร์แดนต์เหล็ก

2.ก วิธีการ

จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า การย้อมผ้าฝ้าย ในน้ำย้อมจากเปลือกต้นสมอไทยโดยใช้มอร์แดนต์โลหะอินทรีย์ได้สีเทา-เทาดำ จึงได้ดำเนินการ ภายใต้ภาวะการทดลองต่าง ๆ ดังนี้ คือ

- ใช้มอร์แดนต์ Fe 0.25 % owf. โดยใช้ $\text{Fe}(\text{SO}_4)$ ทำการย้อมมอร์แดนต์ 3 แบบ
 - ก่อนการย้อมสี
 - พร้อมการย้อมสี และ
 - หลังการย้อมสี
- ใช้มอร์แดนต์ Fe 0.25 -3 % owf. โดยใช้ $\text{Fe}(\text{SO}_4)$ ทำการย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสี
- ใช้ด้ายฝ้าย เบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่
- การย้อมในน้ำย้อมเปลือกต้นสมอไทย
 - ใช้อัตราส่วนเปลือกต้นสมอไทย: น้ำ : ด้าย = 1 : 10 : 1
 - ให้ความร้อนแก่น้ำย้อมจนถึงอุณหภูมิ 70 °C ใส่ด้ายลงย้อม ทำการควบคุมอุณหภูมิ และระดับของน้ำย้อมให้คงที่
 - เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำด้ายออก ล้างด้ายให้สะอาดผึ่งให้แห้งในร่ม ในกรณีย้อมมอร์แดนต์หลังย้อมสี บิดด้ายให้หมาดแล้วนำลงย้อมมอร์แดนต์เลยโดยไม่ต้องล้างด้ายให้สะอาด
 - นำด้ายไปทำการบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสี

การดูดซับสีน้ำย้อมที่ได้จากเปลือกต้นสมอไทยของด้ายฝ้าย ที่ผ่านการย้อม Fe มอร์แดนต์ความเข้มข้น 0.25 %owf. ก่อนย้อมสี เทียบกับกรณีย้อมมอร์แดนต์ พร้อมการย้อมสี ที่เวลาต่าง ๆ กัน ภายใต้ภาวะอุณหภูมิคงที่ 70°C แสดงได้ดังรูปที่ 4.61 เมื่อพิจารณากราฟทั้งคู่เปรียบเทียบกันและเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้มอร์แดนต์ในรูปที่ 4.59 จะเห็นว่าต้องใช้เวลาอย่างน้อย 50 นาที ก่อนที่การดูดซับจะเข้าสู่ภาวะสมดุล การใช้เวลา 60 นาทีจึงน่าจะเหมาะสม แต่หากจะให้ดีกว่าใช้เวลาไม่น้อยกว่า 90 นาที ซึ่งภาวะสุดท้ายนี้จะมีปัญหาเรื่องค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ต้องใช้



รูปที่ 4.61 ผลของวิธีการข้อมมอร์แคนท์ต่อการดูดซับสื่อน้ำข้อมเปลือกคั้นสมอไทย

2.ข สัตว์ข้อมได้และผลการวัดสี

ผลการข้อมและผลการวัดสีแสดงไว้ในรูปที่ 4.62 ต่อไปนี้

สีที่ได้

- ผลของวิธีการย้อมมอร์แคนท์

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แคนท์ Fe 0.25 % owf ก่อนย้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 40.24	+ 1.32	+ 3.74	MY4SFAP7

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แคนท์ Fe 0.25 % owf พร้อมย้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 38.41	+ 0.86	+ 3.84	MY4SFAS7

อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แคนท์ Fe 0.25 % owf หลังการย้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 44.20	+ 1.13	+ 4.85	MY4SFAA7

รูปที่ 4.62 ผลของวิธีข้อมและความเข้มข้น Fe มอร์แคนท์ต่อการข้อมสีด้วยเปลือกคั้นสมอไทย

สีที่ได้

- ผลของความเข้มข้นเมอร์แคปต์

อุณหภูมิ 70 °C ซีมเมอร์แคปต์ Fe 0.5 % owf. หลังการซีมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 32.76	+ 0.71	+ 2.60	MY4SFBA7

อุณหภูมิ 70 °C ซีมเมอร์แคปต์ Fe 0.75 % owf. หลังการซีมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 37.46	+ 1.06	+ 4.40	MY4SFCA7

อุณหภูมิ 70 °C ซีมเมอร์แคปต์ Fe 1.0 % owf. หลังการซีมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 34.43	+ 1.04	+ 4.59	MY4SF1A7

อุณหภูมิ 70 °C ซีมเมอร์แคปต์ Fe 2.0 % owf. หลังการซีมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 31.86	+ 0.95	+ 3.75	MY4SF2A7

อุณหภูมิ 70 °C ซีมเมอร์แคปต์ Fe 3.0 % owf. หลังการซีมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 31.66	+ 0.88	+ 3.99	MY4SF3A7

รูปที่ 4.62 (ต่อ)

4.5.3.3 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก และต่อแสง

ได้ทำการทดสอบความคงทนของสีที่ซีมได้ต่อการซัก ซึ่งจะดูการซีดของสีและการติดสีบนผ้าอื่นเมื่อทำการซักที่อุณหภูมิ 40 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C01:1989 และที่อุณหภูมิ 60 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C03:1989 และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02:1994 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้จากเปลือกต้นสมอไทย

ลำดับ ที่	อัตราส่วน เปลือกสมอ น้ำ	ชนิด ผ้า	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)	มอร์แคนท์			ผลสเกลเทา						light fastness Blue w
					วิธี ย้อม	ชนิด	%owf	การย้อมสี		การติดสีบนผ้า		การติดสีบนwool		
								40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	
1	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	28-95	-	-	-	4	4	4	4	5	5	2-3
2	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	70	-	-	-	4	3/4	4	5	5	5	3
3	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	70	ก่อน	Fe	0.25	2/3	2/3	4-5	4	5	5	1-2
4	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	70	พร้อม	Fe	0.25	3	2/3	4	4	5	5	1-2
5	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	70	หลัง	Fe	0.25	3/4	3	5	5	5	5	1-2
6	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	70	หลัง	Fe	0.5	3	3	4	4	5	5	2
7	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	70	หลัง	Fe	0.75	3	2/3	4	4	5	5	2
8	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	70	หลัง	Fe	1.0	3	3	4	4	4-5	4-5	2
9	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	70	หลัง	Fe	2.0	3	3	4	4	5	5	2
10	1:10	10/1	ญี่ปุ่น	70	หลัง	Fe	3.0	2/3	2/3	4	4	5	5	2

ผลการทดสอบ

การย้อมด้วยผ้าในน้ำย้อมจากเปลือกต้นสมอไทยโดยไม่ใช้มอร์แคนท์นั้นพบว่ามีการดูดซับสีปานกลาง สีที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อน โทนสีที่ได้ไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการย้อม แต่เมื่อใช้เหล็กเป็นมอร์แคนท์พบว่าให้สีเทาดำทั้งนี้สีที่ได้ไม่ขึ้นกับวิธีการย้อมมอร์แคนท์ที่ใช้ การย้อมมอร์แคนท์ที่เหมาะสมจึงควรเป็นการย้อมมอร์แคนท์หลังการย้อมสี

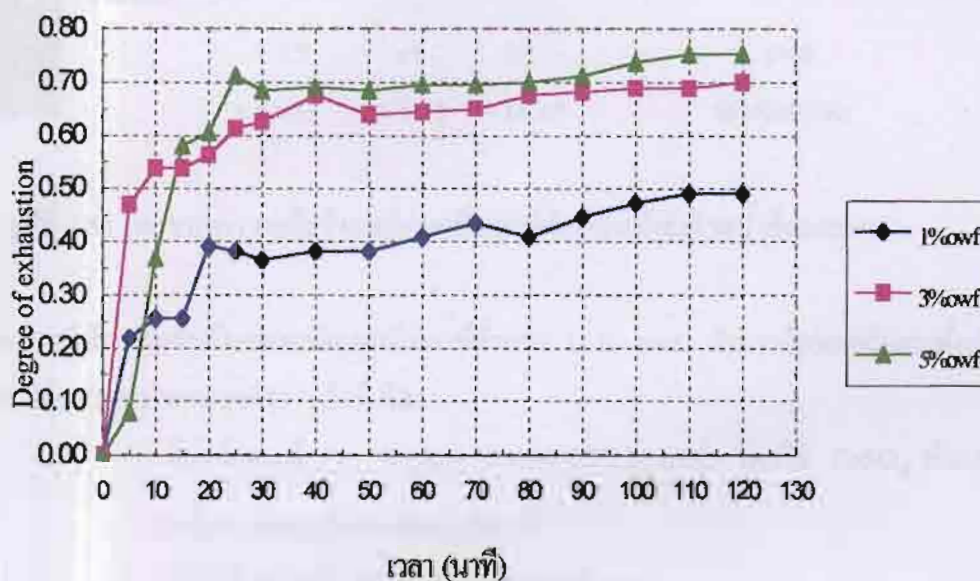
หลังการซักสีด้วยไม้ขีดจางมากนัยเมื่อย้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์โดยมีผลสเกลเทา ระดับ 4 เป็นส่วนมาก การย้อมสีด้วยผ้าหลังการซักกลับเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้มอร์แคนท์ โดยที่ผลของสเกลเทาลดลงไปอยู่ที่ระดับ 2/3 ถึง 3 ไม่ขึ้นกับชนิดของมอร์แคนท์และวิธีการย้อมมอร์แคนท์ การติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์ส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ ดีมาก ผลสเกลเทา ระดับ 5 เกือบทั้งหมด

ความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ต่ำเทียบเท่ากับ Blue wool No. 2-3 ถึง 3 เมื่อทำการย้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์ และจะลดลงไปอยู่ในระดับ 2 ถึง 1-2 เมื่อทำการย้อมสีโดยมีการใช้มอร์แคนท์ มีแนวโน้มว่าความคงทนของสีต่อแสงลดลงเมื่อความเข้มข้นของมอร์แคนท์ต่ำ แต่จะไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของมอร์แคนท์เมื่อใช้มอร์แคนท์ความเข้มข้น 0.5 %owf. ขึ้นไป

4.5.4 การย้อมด้วยใบสะเดา

4.5.4.1 การย้อมด้วยมอร์แคนท์เหล็ก

การย้อมด้วยฝ้ายในน้ำย้อมสกัดจากใบสะเดาด้วยน้ำ โดยใช้เหล็กเป็นมอร์แคนท์ย้อมพร้อมกับการย้อมสีในระดับห้องทดลองพบว่าจะได้สีน้ำตาลแก่ออกดำ สะเดาจึงอาจเป็นวัตถุดิบธรรมชาติสำหรับสีได้ และได้ดำเนินการศึกษาผลของความเข้มข้นของ Fe มอร์แคนท์ 1, 3, และ 5 %owf. ที่อุณหภูมิ 80 °C ย้อมพร้อมกับการย้อมสี โดยใช้ฝ้ายเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วย NaOH 6% และ H₂O₂ (35 %v) 5 % owf. เวลาในการย้อม 0-120 นาที ได้ค่าการดูดซับสีดังแสดงในรูปที่ 4.63 สีที่ได้และผลการวัดสีได้รวบรวมไว้ในรูปที่ 4.64



รูปที่ 4.63 ผลของความเข้มข้นของ Fe มอร์แคนท์ที่มีต่อการดูดซับสีน้ำย้อมใบสะเดา

ผลการทดลองย้อมด้วยฝ้ายในน้ำย้อมจากใบสะเดาโดยใช้มอร์แคนท์เป็นเหล็ก ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 %owf. ปรากฏว่าย้อมได้เฉดสีเทาออกดำที่เหล็ก 1%owf. แต่สีที่ได้กลับเป็นสีออกน้ำตาลเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเหล็ก นอกจากนี้พบว่าน้ำย้อมมีตะกอนของเหล็กเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของเหล็กที่ใช้ การย้อมมอร์แคนท์เหล็กพร้อมกับการย้อมสีภายใต้ภาวะอุณหภูมิสูงซึ่ง Fe^{2+} ถูกออกซิไดซ์เป็น Fe^{3+} ได้มากขึ้นจึงอาจมีปัญหาที่มอร์แคนท์ตกตะกอนร่วมกับสารสีโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าความเป็นกรดเบสของน้ำย้อมอยู่ในช่วงเป็นกลางถึงเบสซึ่งเหล็กตกตะกอนเป็นไฮดรอกไซด์ได้ง่าย จึงเห็นว่าน่าจะเปลี่ยนไปทดลองใช้วิธีย้อมมอร์แคนท์หลังการย้อมสีแทน

สีที่ได้



1% owf.

L*	a*	b*	รหัส
+ 56.21	+ 2.43	+ 10.24	SD4HFE10



3% owf.

L*	a*	b*	รหัส
+ 61.82	+ 3.50	+ 13.12	SD4HFE30



5% owf.

L*	a*	b*	รหัส
+ 58.33	+ 5.36	+ 16.17	SD4HFE50

รูปที่ 4.64 ผลของความเข้มข้นเหล็กมอร์แคนท์ต่อสีด้ายข้อมด้วยน้ำข้อมสะเคา

ได้ทดลองโดยใช้ความเข้มข้นของเหล็กมอร์แคนท์ต่ำกว่า 1 % owf. ทำการข้อมมอร์แคนท์หลังการข้อมสี ภายใต้ภาวะการทดลองต่าง ๆ ดังนี้ คือ

- ใช้มอร์แคนท์ Fe 0.25, 0.50 และ 0.75 % owf. โดยใช้ FeSO_4 ทำการข้อมมอร์แคนท์แบบข้อมหลังการข้อมสี
- ใช้ด้ายฝ้าย เบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่
- การข้อมในน้ำข้อมโบสะเคา
 - ใช้อัตราส่วนโบสะเคา: น้ำ : ด้าย = 1 : 10 : 1
 - ให้ความร้อนแก่น้ำข้อมจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด ใส่ด้ายลงข้อม ทำการควบคุมอุณหภูมิและระดับของน้ำข้อมให้คงที่
 - เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำด้ายออก บิดด้ายให้หมาด แล้วนำลงข้อมมอร์แคนท์ อุณหภูมิให้ร้อนประมาณ 50°C เวลา 30 นาที
 - นำด้ายไปทำการบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อไป

4.5.4.2 ผลการย้อมสีเทาและสีที่วัดได้

สีที่ได้และผลการวัดสีได้รวบรวมไว้ในรูปที่ 4.65 เทียบกับผลที่ได้จากการย้อมโดยใช้ Fe มอร์แคนท์ 1.0 %owf.

สีที่ได้



ย้อมมอร์แคนท์ *Fe 0.25 %owf* หลังการย้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 53.80	+ 0.90	+ 9.13	SD4SFAA



ย้อมมอร์แคนท์ *Fe 0.50 %owf* หลังการย้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 53.87	+ 1.30	+ 8.79	SD4SFBA



ย้อมมอร์แคนท์ *Fe 0.75 %owf* หลังการย้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 53.45	+ 0.88	+ 8.13	SD4SFCA



ย้อมมอร์แคนท์ *Fe 1 %owf* พร้อมการย้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 56.21	+ 2.43	+ 10.24	SD4HFE10

รูปที่ 4.65 ผลความเข้มข้นของ Fe มอร์แคนท์ต่อสีผ้าฝ้ายย้อมด้วยน้ำย้อมไบอะเคา

4.5.4.2 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสง

ได้ทำการทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้ต่อการซัก ซึ่งจะดูการซีดของสีและการติดสีบนผ้าอื่นเมื่อทำการซักที่อุณหภูมิ 40 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C01:1989 และที่อุณหภูมิ 60 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C03:1989 และทำการความคงทนของสีต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02:1994 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 การทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้จากใบสะเดาต่อการซักและต่อแสง

ลำดับ ที่	อัตราส่วน ใบสะเดา น้ำ	ชนิด ด้าย	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)	มอร์แดนท์			ผลสเกลเทว						light fastness Blue w
					วิธี ย้อม	ชนิด	%owf	การย้อมของสีด้าย		การติดสีบนผ้าฝ้าย		การติดสีบน wool		
								40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	
1	1:10	10/1	สบู	80	หลัง	Fe	0.25	3	3	5	5	5	5	2
2	1:10	10/1	สบู	80	หลัง	Fe	0.50	3	2/3	5	5	5	5	2
3	1:10	10/1	สบู	80	หลัง	Fe	0.75	3	2/3	5	5	5	5	2
4	1:10	10/1	H ₂ O ₂	80	พร้อม	Fe	1	3/4	3	5	5	5	5	1
5	1:10	10/1	H ₂ O ₂	80	พร้อม	Fe	3	3/4	3/4	5	5	5	5	2-3
6	1:10	10/1	H ₂ O ₂	80	พร้อม	Fe	5	2	2	5	5	5	5	2-3

ผลการทดสอบ

การใช้มอร์แดนท์เหล็กช่วยในการย้อมสีด้วยน้ำย้อมใบสะเดา ทำให้ได้สีเทาถึงเทาออกดำ ซึ่งพบว่าเมื่อเทียบกับการย้อมมอร์แดนท์ก่อนย้อมสีกล่าวได้ว่าโทนสีที่ย้อมได้นี้ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของ Fe ระหว่าง 0.25 ถึง 0.75 %owf. ที่ใช้ย้อมหลังการย้อมสี ผลการทดสอบการซัก พบว่าการย้อมของสีอยู่ในระดับปานกลาง คือผลสเกลเทวระดับ 2/3 ถึง 3 มีแนวโน้มจะซีดมากขึ้นเมื่อทำการซักที่อุณหภูมิสูง ส่วนผลการทดสอบการติดของสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์นั้น อยู่ในเกณฑ์ดีมาก คือไม่มีการติดของสีแต่อย่างใด

สำหรับการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงนั้น พบว่าสีที่ย้อมได้มีค่าความคงทนของสีต่อแสงต่ำ เทียบเท่ากับ Blue wool No. 2 ถึง 2-3 เท่านั้น ไม่ว่าจะทำการย้อมด้วยวิธีใดโดยไม่ใช้มอร์แดนท์ หรือใช้ Fe มอร์แดนท์ทำการย้อมมอร์แดนท์พร้อมหรือย้อมหลังการย้อมสีก็ตาม

4.5.5 การย้อมด้วยกาบมะพร้าว

4.5.5.1 การย้อมด้วยมอร์แดนท์เหล็ก

ผลการทดลองย้อมด้วยฝ้ายในน้ำย้อมจากกาบมะพร้าวโดยใช้มอร์แดนท์เหล็กในห้องปฏิบัติการปรากฏว่าย้อมได้สีน้ำตาลเทา จึงได้ดำเนินการทดลองใช้ความเข้มข้นของ Fe มอร์แดนท์ 1 %owf. ภายใต้ภาวะการทดลองต่าง ๆ ดังนี้ คือ

- ใช้มอร์แดนท์ Fe 1.0 % โดยใช้ FeSO₄ ทำการย้อมมอร์แดนท์ 3 แบบคือ
 - ก่อนการย้อมสี พร้อมการย้อมสี และ หลังการย้อมสี
- ใช้ด้ายฝ้าย เบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู

- การย้อมในน้ำย้อมกามมะพร้าว
 - ใช้อัตราส่วนกามมะพร้าว: น้ำ : ค่าย = 0.5 : 10 : 1
 - ให้ความร้อนแก่น้ำย้อมจนถึงอุณหภูมิ 65 °C ที่กำหนด ใส่ค้ายลงย้อม ทำการควบคุมอุณหภูมิและระดับของน้ำย้อมให้คงที่
 - เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำค้ายออก ล้างค้ายให้สะอาดผึ่งให้แห้งในร่ม ในกรณีย้อมมอร์แคนท์หลังย้อมสี บิดค้ายให้หมาดแล้วนำลงย้อมมอร์แคนท์เลยโดยไม่ต้องล้างค้ายให้สะอาด
 - นำค้ายไปทำการบันทึกสี ทำการวัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อไป

ผลการย้อมและผลการวัดสีแสดงไว้ในรูปที่ 4.66 ต่อไปนี้

สีที่ได้

- ผลของเกลือมอร์แคนท์

อุณหภูมิ 65 °C ย้อมมอร์แคนท์ก่อนย้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 54.24	+ 3.05	+ 12.60	CO4SF1P6

อุณหภูมิ 65 °C ย้อมมอร์แคนท์พร้อมย้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 58.87	+ 1.95	+ 8.78	CO4SF1S6

อุณหภูมิ 65 °C ย้อมมอร์แคนท์หลังการย้อมสี

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 51.98	+ 2.27	+ 7.85	CO4SF1A6

รูปที่ 4.66 ผลของวิธีการย้อมและความเข้มข้นของมอร์แคนท์ต่อสีที่ย้อมได้จากน้ำย้อมกามมะพร้าว

การทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้ต่อการซักซึ่งจะดูการซีดของสีและการติดสี (Staining) บนผ้าอื่น เมื่อทำการซักที่อุณหภูมิ 40 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C01:1989 และที่อุณหภูมิ 60 °C ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C03:1989 และทำการความคงทนของสีต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02:1994 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้จากกามมะพร้าว

ลำดับ ที่	อัตราส่วน กามมะพร้าว น้ำ	ชนิด ผ้า	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)	มอร์แดนท์			ผลสเกลเทา						light fastness Blue w
					วิธี ย้อม	ชนิด	%owf	การย้อมของสีผ้า		การติดสีบนผ้า		การติดสีบน wool		
								40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	
1	1:20	10/1	สบู่	65	-	-	-	3/4	3/4	4	5	5	5	1
2	1:20	10/1	สบู่	65	ก่อน	Fe	1.0	3	3	5	5	5	5	3
3	1:20	10/1	สบู่	65	พร้อม	Fe	1.0	3	2/3	5	5	5	5	2
4	1:20	10/1	สบู่	65	หลัง	Fe	1.0	3/4	2/3	5	5	5	5	3

ผลการทดสอบ

การใช้เหล็กเป็นมอร์แดนต์ช่วยในการย้อมปรากฏว่าย้อมได้สีเทาถึงสีเทาน้ำตาล

การย้อมของสีผ้าหลังการซักทั้งที่ 40 และที่ 60 °C อยู่ในช่วง ปานกลางถึงดี โดยผลสเกลเทามีค่าตั้งแต่ 2/3 ถึง 3/4 ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นมอร์แดนต์ที่ใช้ในการทดลองนี้ การติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์ส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ ดีมาก โดยให้ผลสเกลเทาอยู่ที่ระดับ 5

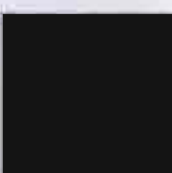
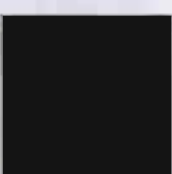
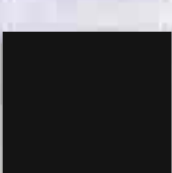
พบว่าสีที่ย้อมได้ไม่ทนต่อแสง คือ เทียบเท่ากับ Blue wool No. 2 ถึง 3 แต่เมื่อเทียบกับการย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์ซึ่งมีความทนต่อแสงน้อยที่สุด เทียบเท่ากับ Blue wool No. 1 เท่านั้น จะกล่าวได้ว่าการย้อมโดยใช้มอร์แดนต์นี้มีความทนต่อแสงเพิ่มขึ้นเป็น 1-2 เท่าตัว

4.5.6 การย้อมสีด้วยวัสดุอื่น

ได้ใช้ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้า ในการทดลองย้อมสีผ้าด้วยพืชอื่น ได้แก่ เปลือกต้นรูกฟ้า ลูกตะแบกสดนำมาผึ่งตากให้แห้งในที่ร่ม ลูกตะแบกแก่แห้งคั่วดิน เปลือกต้นกระโดน เปลือกและเนื้อผลมะกอก และใบหูกวางสด ผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าภาวะการย้อมสีผ้าด้วยวัสดุต่าง ๆ นั้นใช้อุณหภูมิใกล้เคียงกันในช่วง 65 ถึง 90 °C จึงเลือกใช้ภาวะอุณหภูมิสำหรับการย้อมด้วยน้ำย้อมจากเปลือกยูคาลิปตัสเป็นหลัก การทดสอบการย้อมนี้จึงใช้ภาวะการย้อมที่อุณหภูมิ 70 °C เวลา 1 ชั่วโมง ทำการย้อม Fe มอร์แดนต์ความเข้มข้น 3.0 %owf. หลังการย้อมสี ได้ผลการทดลอง การวัดสี ดังแสดงในรูปที่ 4.67 ผลการทดลองย้อมผ้าฝ้ายดิบไม่ฟอกขาวได้รวบรวมไว้ในรูปที่ 4.68 และผลการทดสอบความคงทนของสี ในตารางที่ 4.21

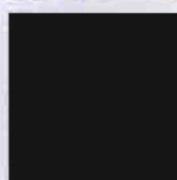
ผลการย้อมแสดงว่าขั้นตอนและวิธีการการย้อมสีผ้าโดยใช้มอร์แดนต์เหล็กย้อมหลังการย้อมสีนี้ สามารถใช้ย้อมได้กับวัสดุหลาย ๆ ชนิด เฉลี่ยที่ได้ใกล้เคียงกันต่างกันที่ความสว่างของสีคือ ค่าของ L* การย้อมผ้าฝ้ายดิบให้ผลในทำนองเดียวกันและผลการทดสอบ

ความคงทนของสีใกล้เคียงกัน ยกเว้นการข้อมด้วยเปลือกทุคาติปัสแห่งซึ่งเก็บทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง แล้วนั้นพบว่าสารสีจะลดลงค่อนข้างมาก ทำให้น้ำข้อมมีสีจางลงและเมื่อทำการข้อมผ้าฝ้ายจึงได้สีที่อ่อนลงไปจากเดิมมาก

สีที่ข้อมได้				
	เปลือกต้นรูกฟ้า			
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*
		+ 26.52	+ 1.77	+ 5.69
	ลูกตะแบกสดตากแห้ง			
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*
		+ 40.13	+ 0.81	+ 6.24
	ลูกตะแบกแก่แห้ง			
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*
		+ 38.74	+ 0.61	+ 4.31
	เปลือกต้นกระโดน			
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*
		+ 28.15	+ 2.63	+ 4.88
	เปลือกและเนื้อผลมะกอก			
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*
		+ 26.81	+ 0.83	- 2.49
	ใบหูกวางสด			
	ผลการวัดสี	L*	a*	b*
		+ 31.02	- 0.27	+ 0.91

รูปที่ 4.67 ผลการข้อมด้วยฝ้ายให้เป็นสีดำด้วยพืชชนิดต่าง ๆ

สีที่ข้อมได้



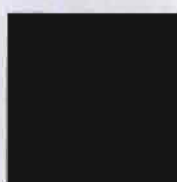
เปลี่ยนสีรูกฟ้า

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 25.96	+ 2.04	+ 1.01	RF7SFA3B



เปลี่ยนสีกระโดน

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 36.24	+ 2.96	- 0.85	KD7SFA3B



ใบหูกวาสด

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 30.77	- 0.57	+ 0.93	HW7SFA3B



เปลี่ยนสีแห้งดินยูคาลิปตัส(เก็บทิ้งไว้ 2-3 เดือน)

ผลการวัดสี	L*	a*	b*	รหัส
	+ 58.11	+ 2.03	+ 11.73	UB7SFA3B

รูปที่ 4.68 ผลการข้อมสีผ้าฝ้ายดิบไม่ฟอกขาวให้เป็นสีค่าด้วยพืชชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบความคงทนของสีค่าที่ข้อมได้จากพืชต่าง ๆ

ลำดับ ที่	อัตราส่วน วัสดุ น้ำ	ชนิด ผ้า	วิธีทำ ความ สะอาด	T (°C)	นอร์แดนท์			ผลสเกลเทา						light
					วิธี ซัก	ชนิด	%owf	การซีดของสีผ้า		การติดสีบนผ้า		การติดสีบนwool		fastness
								40°C	60°C	40°C	60°C	40°C	60°C	Blue w.
เปลี่ยนสีรูกฟ้า														
1	1:10	ผ้าฝ้าย	สบู่	70	-	-	-	3	3	5	5	5	5	2-3
เปลี่ยนสีกระโดน														
2	1:10	ผ้าฝ้าย	สบู่	70	หลัง	Fe	3.0	3	3	5	5	5	5	1
ใบหูกวาง														
3	1:10	ผ้าฝ้าย	สบู่	70	หลัง	Fe	3.0	3	2/3	5	5	5	5	3
เปลี่ยนสีแห้งดินยูคาลิปตัส (เก็บไว้ 2-3 เดือน)														
4	1:10	ผ้าฝ้าย	สบู่	70	หลัง	Fe	3.0	3/4	3/4	5	5	5	5	2

4.5.7 สรุปผลการย้อมสีค่า

สีค่าจากพืชให้สีย้อมธรรมชาติต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษานี้ พบว่าเกิดจากสารแทนนินและสารฟีนอลิกเช่นเดียวกับการย้อมสีน้ำตาล แต่การทำให้เกิดสีค่านั้นต้องใช้เหล็กเป็นมอร์แดนต์ ภาวะที่เหมาะสมในการย้อมจึงไม่สามารถใช้ภาวะหนึ่งเดียวได้เช่นเดียวกับการย้อมสีน้ำตาล อย่างไรก็ตามพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสามารถใช้ได้ในช่วง 65 ถึง 85 °C โดยไม่ต้องใช้วิธีต้มเดือดเหมือนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

พืชที่ทำการศึกษานี้หากย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์จะให้สีน้ำตาลที่มีโทนสีแตกต่างกัน เช่น เปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัส เปลือกต้นสมอไทย ให้สีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลแดง สาบเสือให้สีน้ำตาลออกเหลือง เป็นต้น โดยสีที่ได้มีความคงทนต่อการซักในระดับปานกลางถึงค่อนข้างดี ส่วนความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ต่ำสำหรับกาบมะพร้าว ใบสาบเสือและใบสะเดา (Blue wool No. 1) อยู่ในเกณฑ์ปานกลางของกลุ่มสีย้อมธรรมชาติ (Blue wool No. 2 ถึง 3) สำหรับสีจากเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัส และเปลือกแห้งต้นสมอไทย เป็นต้น

พบว่าการย้อม Fe มอร์แดนต์นั้น ถ้าย้อมมอร์แดนต์พร้อมกับการย้อมสีเมื่อความเข้มข้นของเหล็กสูง ๆ มีแนวโน้มที่เหล็กจะตกตะกอนและดูดซับสารสีลงไปด้วย ทำให้สีที่ย้อมได้อ่อนกว่าที่ควรจะเป็น การย้อม Fe มอร์แดนต์จึงควรย้อมก่อน หรือย้อมหลังการย้อมสีจะให้สีที่ดีกว่า และควรใช้ Fe มอร์แดนต์ความเข้มข้นสูง ถ้าต้องการให้สีค่ามากขึ้น

เปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัสให้สีเทาเข้มเมื่อย้อมโดยใช้ Fe มอร์แดนต์ ย้อมก่อนย้อมสี อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีควรใช้ 70 °C สีที่ย้อมได้จะมีเฉดค่ามากขึ้นตามความเข้มข้นของเหล็กที่ใช้ สีที่ได้มีความคงทนต่อการซักในเกณฑ์ปานกลางถึงดี (สเกลเทา 3 ถึง 4) การติดสีอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก (สเกลเทา 4-5 ถึง 5) แต่ความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (Blue wool No. 1 ถึง 2-3)

เปลือกต้นสมอไทยย้อมมอร์แดนต์หลังย้อมสีให้ผลคล้ายกับที่ได้จากเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัส แต่สีที่ได้จะดำน้อยกว่าและสีมีความคงทนน้อยกว่า

ใบสะเดา และกาบมะพร้าวควรย้อม Fe มอร์แดนต์หลังการย้อมสีเช่นเดียวกันแต่อุณหภูมิที่ใช้ในการย้อมสีจะเป็น 80 และ 65 °C ตามลำดับ สีที่ได้จะอ่อนกว่าที่ได้จากเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัส และสมอไทย แต่ผลความคงทนของสีหัดเทียมกัน ใบสาบเสือกลับพบว่าควรย้อมมอร์แดนต์ก่อนการย้อมสีจะให้ผลดีที่สุด สีที่ได้จะอ่อนกว่าสีที่ได้จากเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัส

ผลการทดสอบกระบวนการโดยใช้ภาวะของการย้อมด้วยเปลือกแห้งต้นยูคาลิปตัสในการย้อมสีค่าด้วยวัสดุอื่นหลายชนิดตามรูปที่ 4.67 และ 4.68 และตารางที่ 4.21 นั้น พบว่าสีค่าที่ได้มีโทนสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ ผลการทดสอบความคงทนของสีพบว่าอยู่ในเกณฑ์

เดียวกันกับพืชอื่น ๆ ที่ศึกษามาก่อนแล้ว เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วพบว่าวัตถุดิบพวกเปลือกไม้มีแนวโน้มจะให้สีที่มีเจดสีดำได้ดีกว่า วัตถุดิบที่น่าสนใจหนึ่งได้แก่ลูกตะแบกซึ่งแม้จะให้เจดสีเทามากกว่าดำ แต่มีข้อดีที่สามารถหาได้ง่ายและมีปริมาณมากเนื่องจากนิยมนปลูกเป็นไม้ให้ร่มริมทาง วัตถุดิบที่เป็นเปลือกและเนื้อผลมะกอกนั้นให้สีที่มีเจดสีมาก แต่จะมีปัญหาในด้านปริมาณวัตถุดิบและการจัดหา ใบหูกวางอาจเป็นทางเลือกที่ดีในการใช้เป็นวัตถุดิบให้สีดำเนื่องจากเป็นส่วนใบที่หาได้ง่ายเมื่อเทียบกับเปลือกต้นไม้อื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลองนี้

น้ำย้อมจากเปลือกแห้งคันยูคาลิปตัสสามารถใช้ย้อมผ้าฝ้ายที่อุณหภูมิห้องได้ (หรือย้อมเย็น) แม้สีที่ได้จะอ่อนกว่าที่ได้จากการย้อมร้อนแต่ความคงทนของสีจะหักเหียวกัน วิธีการย้อมนี้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการย้อมทดแทนการย้อมเย็นด้วยมะเกลือซึ่งต้องใช้เวลามากกว่า ยกเว้นกรณีที่ต้องการทั้งเจดสีและต้องการทั้งชนิดของวัตถุดิบให้สี

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การวิจัยเพื่อพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการย้อมสีธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรมครอบครัวนี้ เน้นหนักการย้อมสีเขียว สีน้ำตาล และสีดำ โดยเลือกศึกษาวัตถุดิบหลักบางชนิดจากผลการสำรวจข้อมูลทางสังคมศาสตร์เมื่อปี พ.ศ. 2539-40⁽¹⁾ ที่มีการย้อมในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย วัตถุดิบที่เลือกใช้ได้แก่ สีเขียวจากสะเดา (*Azadirachta indica*) และยูคาลิปตัส (*Eucalyptus sp.*) สีน้ำตาลจากहुआง (*Terminalia catappa*) และมะพร้าว (*Cocos nucifera*) สีดำจากมะเกลือ (*Diospyros mollis*) สาบเสือ (*Eupatorium odoratum*) และหมากกะหรือสมอไทย (*Terminalia chebula*) นอกจากนี้คาดว่าจะแสวงหาพืชอื่นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เป็นสีย้อมธรรมชาติต่อไป

โดยทั่วไปสีเขียวจากสีธรรมชาติมักเกิดจากสารสีประเภทคลอโรฟิลล์ หรือสีประเภทอินดิโกอยด์ สีน้ำตาลเกิดจากสารสีประเภทแทนนิน ฟลาโวนอยด์ แอนธราควิโนน หรืออินดิโกอยด์ สีดำเกิดจากสารสีประเภทแทนนิน อินดิโกอยด์ หรือฟลาโวนอยด์ ผลการตรวจสอบเอกสารเบื้องต้นได้พบว่า ในเปลือกหรือใบของต้นสะเดาหรือยูคาลิปตัสซึ่งใช้ย้อมสีเขียว ไม่มีสารสีประเภท อินดิโกอยด์ ในเปลือกและใบของต้นहुआงรวมทั้งในเปลือกของผลมะพร้าวมีสารแทนนิน ในเปลือกต้นहुआงมีสารฟลาโวนอยด์ ในผลมะเกลือมีสารฟีนอลิก ในใบสาบเสือนีมีแทนนิน ในเปลือกต้นเพกามีสารฟลาโวนอยด์ และในผลสมอไทยมีแทนนินและสารฟีนอลิก

ได้ทำการสกัดสารสีจากพืชวัตถุดิบด้วยน้ำร้อนและ/หรือด้วยเอธานอล ทำการทดลองแยกสารสีโดยวิธีโครมาโตกราฟีแผ่นบางและแยกสารปริมาณมากด้วยคอลัมน์โครมาโตกราฟี ได้ทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์หาแทนนินได้ใช้วิธีทดสอบด้วย FeCl_3 และวิธี Spot test ใช้ α, α' -dipyridyl และ FeSO_4 เป็นรีเอเจนต์ การวิเคราะห์สารฟลาโวนอยด์และสารแอนธราควิโนนใช้สารละลาย NaOH (Borntrager reaction) การวิเคราะห์สารฟีนอลิกใช้วิธีทดสอบต่างๆ คือ Ferric chloride test, Sodium tungstate test, Phosphotungstic-phosphomolybdic test, Millon's test และ Gibbs test ได้ทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ได้แก่ การหาปริมาณแทนนินโดยวิธี Hide powder และหาปริมาณสารฟีนอลิกด้วยวิธีอิเล็กโตรโคเอกกูเลชัน และการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์โดยใช้วิธีทางสเปกโตรสโกปี

การทดสอบการย้อมเพื่อดูเจดสี ได้ทำการย้อมผ้าฝ้ายดิบทั้งที่ไม่ได้ฟอกและที่ผ่านการฟอกขาวแล้วโดยขึ้นผ้าตัวอย่างที่ใช้ทดสอบมีทั้งที่ไม่ได้ทำความสะอาดก่อนย้อมและที่ทำทำความสะอาดด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ การใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต(โซดาแอช) 0.2 % ร้อน สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(โซดาไฟ) 0.5 % ร้อน หรือ สารละลายดีเทอร์เจนต์ 0.1 % ร้อนก่อนการย้อม ผ้าที่ทำ

ความสะอาดแล้วก่อนนำไปย้อมสีได้ทำการย้อมสารช่วยย้อมกรดแทนนิก 0.2 % ที่ภาวะคัมเดือด เพื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ย้อมสารช่วยย้อม การย้อมสีใช้เวลา 5 และ 60 นาที หลังการย้อมสีทำการย้อมมอร์แดนต์โลหะ ได้แก่ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeSO_4 , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, และ CuSO_4 ความเข้มข้น 1 หรือ 10 % ใช้เวลา 5 นาที เพื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้มอร์แดนต์ ผ้าที่ย้อมแล้วได้นำไปทำการบันทึกภาพโดยการสแกนด้วยเครื่องสแกนเนอร์ และทำการวัดสีด้วยเครื่องวัดและเปรียบเทียบสีระบบดิจิทัล แสดงผลในทอม L^* , a^* , และ b^* ตามระบบ CIELAB system 1976

ผลการทดลองสรุปได้ดังตารางที่ 5.1 ซึ่งนอกจากวัตถุดิบหลักที่กำหนดจำนวน 6 ชนิดแล้วได้ทำการศึกษาวัตถุดิบอื่นเป็นบางส่วนอีกจำนวน 15 ชนิด ความเป็นไปได้ที่จะใช้ประโยชน์วัตถุดิบในการย้อมได้แสดงไว้ในคอลัมน์ 2 คอลัมน์ขวามือสุดของตาราง ประกอบด้วยสีที่ได้และมอร์แดนต์ที่ใช้ ทั้งนี้ไม่ได้เลือกมอร์แดนต์ Cr และ Co เนื่องจากการใช้มอร์แดนต์โลหะโครเมียมจะมีปัญหาเรื่องความเป็นพิษ ส่วนการใช้โคบอลต์จะมีปัญหาด้านค่าใช้จ่ายและการจัดหา จากการพิจารณาสีที่ย้อมได้พบว่าการใช้โลหะ Cr และ Co เป็นมอร์แดนต์นั้นเจดสีจะเปลี่ยนไปในโทนเดียวกันกับการใช้ Al และ Cu เป็นมอร์แดนต์ แต่ไม่ได้ทำให้เจดสีเปลี่ยนไปเป็นพิเศษเมื่อเทียบกับการใช้ Al และ Cu ซึ่งจะจัดหาได้ง่ายกว่าและมีราคาถูกกว่า

พืชที่น่าจะสามารถใช้ย้อมสีเขียวได้ ได้แก่ ใบหญ้าหวาน ใบดิวแดง ใบสาบเสือ ใบจามจุรี ใบฟ้าทะลายโจร ใบขี้เหล็กฝรั่ง และใบกระพังโหมโดยใช้ทองแดงเป็นมอร์แดนต์ ยกเว้นใบสาบเสือที่อาจใช้ อลูมิเนียมมอร์แดนต์ได้แต่สีจะมีโทนสีน้ำตาลมากกว่า พืชที่ให้สีน้ำตาลส่วนมากจะใช้ย้อมสีน้ำตาลได้โดยไม่ต้องใช้มอร์แดนต์โลหะแต่สีที่ได้มักจะมีเจดสีน้ำตาลอ่อน สีจะเข้มขึ้นเมื่อใช้โลหะโครเมียม โคบอลต์ หรือ ทองแดงเป็นมอร์แดนต์ และส่วนมากสีจะสว่างมากขึ้นเมื่อใช้อลูมิเนียมเป็นมอร์แดนต์ สำหรับวัตถุดิบบางชนิดเช่น ใบหูกวาง พบว่าอลูมิเนียมมอร์แดนต์ทำให้เจดสีออกทางสีเหลืองมากขึ้น พืชที่ใช้ย้อมสีน้ำตาลสามารถย้อมให้ได้สีดำได้โดยใช้เหล็กเป็นมอร์แดนต์แต่สีที่ได้จะไม่ดำสนิท จะเป็นสีเทาดำหรือน้ำตาลเข้มปนดำมากกว่า พืชในกลุ่มนี้ได้แก่ ใบสะเดา ใบและเปลือกต้นหูกวาง เปลือกต้นยูคาลิปตัส เปลือกต้นรูกฟ้า เปลือกต้นสมอไทย และเปลือกต้นกระโดน พืชที่เหมาะสมสำหรับย้อมสีน้ำตาลได้แก่ กาบมะพร้าวแห้ง(ส่วนเปลือกผลและใบ) ผลสมอไทย(ส่วนเปลือกและเนื้อ) เปลือกต้นเพกา ผลตะแบก(ผลดิบ) และเปลือกผลมังคุด ทั้งนี้พืชหลายชนิดข้างต้นได้ทดสอบการย้อมเพียงบางส่วนจึงไม่อาจจะระบุแน่ชัดว่าสีที่ได้จะเป็นอย่างไรเมื่อใช้มอร์แดนต์ชนิดอื่น

การพัฒนาระบวนการย้อมได้ใช้เส้นด้ายฝ้าย 3 ประเภท ได้แก่

- ด้ายฝ้ายเบอร์ 40/2
- ด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ตราแมว และไม่มีตรา (ส่วนมากกลุ่มทอดผ้านิยมใช้)
- ด้ายปั่นมือ เรียกว่า ด้ายเมืองหรือด้ายพม่า

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์สารสี และสีที่ย้อมได้เมื่อใช้มอร์แดนต์ต่าง ๆ และสีที่น่าจะใช้ย้อมได้
สำหรับพืชต่าง ๆ ที่ได้ศึกษา

ชื่อพืช	ส่วนที่ใช้	คลอโรฟิลล์(%)		ร้อยละของ		สีเมื่อ ย้อมตรง	ใช้มอร์แดนต์		การใช้ย้อม	
		เอ	บี	แทนนิน	นอลิก		สีที่ได้	โลหะ	กลุ่มสี	มอร์แดนต์
หญ้าหวาน	ใบ	0.54	0.37	-	-	กากีอมเขียว	น้ำตาล-เขียว	Al, Cu	เขียว	Cu
		0.34	0.18				น้ำตาลดำ	Fe		
คิ้วแดง	ใบ	0.06	0.03	17.8	28.78	น้ำตาล	น้ำตาล-เขียว	Al, Cu	เขียว	Cu
					น้ำตาลเข้ม	Fe				
สาบเสือ	ใบ	0.13	0.05	10.29	23.72	เหลือง-น้ำตาล	เขียว-เหลือง	Al, Cu	เขียว	Al, Cu
					น้ำตาล	Fe	น้ำตาล	Fe		
จามจุรี	ใบ	0.11	0.11	-	-	เหลือง-เขียว	เขียวอ่อน	Al, Cu	เขียว	Cu
					น้ำตาล	Fe				
ฟ้าทะลายโจร	ใบ	0.11	0.11	-	-	-	เขียว-เหลือง	Cu	เขียว	Cu
		0.09	0.04				น้ำตาลอมเขียว	Fe		
กระพังโหม	ใบ	-	-	-	-	เขียวอ่อน	เขียว-น้ำตาล	Cu	เขียว	Cu
ขี้เหล็ก	ใบ	-	-	-	-	-	เขียวขี้ม้า	Cu	-	-
ขี้เหล็กฝรั่ง	ใบ	0.13	0.15	-	-		เขียว-เทา	Cu	เขียว	Cu
สะเดา	ใบ	-	-	2.56	13.16	น้ำตาล	น้ำตาล	Al, Cu	น้ำตาล	Cu
							น้ำตาล-ดำ	Fe		
	ใบ(ย้อมเย็น)		เขียว-น้ำตาล	Cu	เขียว	Cu				
หูกวาง	ใบ(สด,แห้ง)	-	-	2.85	6.24	น้ำตาล	น้ำตาล-เหลือง	Al	น้ำตาล	Al, Cu
							น้ำตาล-เขียว	Cu		
	เปลือกคั้น							น้ำตาล-ดำ	Fe	ดำ
ยูคาลิปตัส	เปลือกคั้น	-	-	4.8	12.44	น้ำตาล	น้ำตาล-แดง	Al, Cu	น้ำตาล	Cu
				4.0			น้ำตาล-ดำ	Fe	ดำ	Fe
มะพร้าว	กาบ	-	-	0.7	8.7	น้ำตาล-แดง	น้ำตาล-แดง	Al, Cu	น้ำตาล	Cu
							น้ำตาล-ดำ	Fe		
สมอไทย	ผล(เปลือก+เนื้อ)	-	-	6.35	13.44	น้ำตาลอมเหลือง-เขียว	น้ำตาล	Al, Cu	น้ำตาล	Cu
	เปลือกคั้น	-	-	-	-	น้ำตาลแดง	น้ำตาลดำ	Fe	ดำ	Fe
มะเกลือ	ผล	-	-	-	1.04	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอ่อน	Al, Cu	น้ำตาล	Cu
					1.00					
	ผล(ย้อมเย็น)						น้ำตาลดำ	Fe	ดำ	Fe

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

พร้อมการฟอกขาว โดยใช้ความเข้มข้นของเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 %owf. และสารฟอกขาวไฮโครเจนเปอร์ออกไซด์ชนิด 35%V ความเข้มข้น 5 %owf. ที่ภาวะต้มเดือด เวลา 30 นาทีหลังจากเติมเปอร์ออกไซด์ อย่างไรก็ตามสำหรับการย้อมระดับอุตสาหกรรมรอบครัวนี้ สามารถใช้วิธีการทำความสะอาดด้วยสบู่และโซดาแอชใช้อัตราส่วนด้าย : สบู่ : โซดาแอช : น้ำ = 100 : 10 : 16 : 1000 ที่ภาวะต้มเดือด เวลา 1 ชั่วโมงได้ แม้ว่าเส้นด้ายจะไม่ขาวเท่าแต่มีข้อเด่นที่มีความสะดวกกว่าในแง่ของการปฏิบัติ เว้นแต่การย้อมสีอ่อน ๆ ที่สีครีมของด้ายที่ยังเหลืออยู่สามารถรบกวนสีที่จะย้อมได้ กรณีดังกล่าวนี้ควรทำความสะอาดด้วยเบสพร้อมการฟอกขาวจะมีความเหมาะสมกว่า การทดสอบย้อมบางครั้งได้ใช้ผ้าฝ้ายดิบทอสำเร็จรูปจากโรงงานที่หาซื้อได้จากร้านค้าในท้องถิ่นในกรณีนี้การทำความสะอาดผ้าตัวอย่างได้ใช้วิธีการเดียวกันกับที่ใช้ทำความสะอาดด้าย

การเตรียมน้ำย้อมจากพืชวัตถุดิบนั้น กรณีที่เป็นพืชสดจะฉีก หั่น หรือสับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ก่อนต้มในน้ำ ส่วนกรณีที่เป็นวัตถุดิบแห้ง เช่น เปลือกไม้ ใบตากแห้ง หลังจากฉีก หั่น หรือสับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วต้องทำการแช่น้ำทิ้งไว้อย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนต้ม อัตราส่วนที่ใช้ส่วนมากใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำเป็น 1 : 10 เวลาในการต้ม 1 ชั่วโมง หลังต้ม กรองแยกกากออกก่อนนำไปใช้ย้อมด้ายหรือผ้าฝ้ายดิบต่อไป

การหาภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการย้อม ได้ใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำย้อมเท่ากับ 1 ต่อ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเป็นหลัก ทำการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมโดยใช้ค่าการดูดซับสีน้ำย้อมโดยด้ายฝ้ายเป็นเกณฑ์ จากนั้นทำการหาเวลาที่เหมาะสมเมื่อทำการย้อมที่อุณหภูมิคงที่ และใช้ภาวะอุณหภูมิและเวลาที่ได้ในการศึกษาผลของสารช่วยย้อมและของมอร์แดนต์ ภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการได้จากการพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ สีที่ต้องการ ความคงทนของสีต่อการซัก การติดสี ต่อการขัดถู และต่อแสง รวมถึงความสะดวก ความยากง่ายในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมรอบครัว

ด้ายและผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมแล้วนั้น ได้นำไปทำการบันทึกภาพโดยการสแกนด้วยเครื่องสแกนเนอร์เก็บไว้ในรูปของไฟล์ภาพและทำการวัดสีด้วยเครื่องวัดสีระบบดิจิทัลตั้งค่าให้แสดงผลในเทอม L^* , a^* , b^* ตามระบบ CIELAB system 1976 นำไปทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักที่อุณหภูมิ 40 °C และที่อุณหภูมิ 60 °C เพื่อดูการตกสีของสีและการติดสีบนผ้าฝ้ายและบนผ้าขนสัตว์แปรผลเป็นค่าของสเกลตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-C01: 1989 และ C03: 1989 ทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02: 1994 และในกรณีของผ้าฝ้ายได้ทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105

การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการย้อมได้ทำการย้อมด้ายฝ้ายในน้ำย้อมโดยไม่ใช้สารช่วยย้อมและไม่ใช้มอร์แดนต์ โดยใส่ด้ายฝ้ายในน้ำย้อมที่อุณหภูมิห้อง เพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 2 °C ต่อนาที จนถึงจุดเดือด ระหว่างนั้นทำการกวนด้ายฝ้ายอย่างต่อเนื่องและทำการติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมโดยวิธีการทางสเปกโตรสโกปี และแปรผลในเทอมการดูดซับสีของน้ำย้อมที่

อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าภายใต้ภาวะการทดลองที่ใช้และสำหรับพืชต่าง ๆ ที่ศึกษานี้ ค่าการดูดซับสีจะเพิ่มอย่างรวดเร็วตามอุณหภูมิในช่วงต้นก่อนที่จะเข้าสู่ค่าคงที่ที่อุณหภูมิสูง จากนั้นเลือกอุณหภูมิไว้ 3 ค่า คือ อุณหภูมิที่เหมาะสม อุณหภูมิที่ต่ำกว่าและที่อุณหภูมิที่สูงกว่าอีกอย่างละ 1 ค่า ในช่วง $\pm 25^{\circ}\text{C}$ เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อมต่อไป

การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อม ได้ทำการทดสอบการย้อมด้วยฝ้ายในน้ำย้อมโดยไม่ใช้สารช่วยย้อมและไม่ใช้มอร์แดนต์ โดยให้ความร้อนแก่น้ำย้อมจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด ก่อนใส่ด้ายฝ้ายลงไปและเริ่มทำการจับเวลา ทำการกวนด้วยฝ้ายอย่างต่อเนื่องและติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมโดยวิธีการทางสเปกโตรสโคปีและแปลผลในเทอมการดูดซับสีของน้ำย้อมที่เวลาต่าง ๆ กันระหว่าง 0 ถึง 120 นาที สำหรับพืชต่าง ๆ ที่ศึกษานี้พบว่าภายใต้ภาวะการทดลองที่ใช้ ค่าการดูดซับสีจะเพิ่มอย่างรวดเร็วในช่วงประมาณ 10 นาทีแรก ส่วนมากมีแนวโน้มจะเข้าสู่ค่าคงที่ที่เวลาประมาณ 30 ถึง 40 นาที ซึ่งช่วงเวลาหลังจากนั้นจะเป็นการแพร่ของสารสีจากผิวของเส้นใยลึกเข้าไปในเนื้อเส้นใย ทำให้ค่าการดูดซับสีเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก การใช้เวลานานเกินไปจึงไม่เกิดประโยชน์มากนักเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไป

ผลการทดลองพบว่า สำหรับน้ำย้อมสีธรรมชาติทุกชนิดที่ได้ศึกษานี้ การดูดซับสีโดยด้ายฝ้ายอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ส่วนมากเกิดการดูดซับได้ไม่เกิน 40 % ยกเว้นน้ำย้อมหญ้าหวาน ใบสะเดา และเปลือกต้นสมอไทยที่สามารถเกิดการดูดซับได้สูงถึง 70-80% พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมมีค่าต่ำกว่าจุดเดือดโดยจะมีค่าระหว่าง 60 ถึง 90°C ส่วนมากสามารถใช้อุณหภูมิ 70°C ได้ ภายใต้ภาวะการย้อมที่ใช้ในการศึกษานี้พบว่า อุณหภูมิการย้อมทั้ง 3 ค่าที่ใช้นั้นส่วนมากไม่มีผลต่อเจสีที่ย้อมได้ และไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงแต่อย่างใด พบว่าโดยรวมแล้วการย้อมสีโดยใช้เวลา 60 นาทีเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุด

การย้อมสารช่วยย้อมกรดแทนนิกใช้วิธีละลายกรดแทนนิกในน้ำ ส่วนกรณีที่ใช้ น้ำดัมโบยูคาลิปต์สั่น การเตรียมน้ำดัมโบยูคาลิปต์สั่นได้ใช้วิธีการเดียวกันกับการเตรียมน้ำย้อม กรณีที่ย้อมด้วยหรือฝ้ายตัวอย่างในสารช่วยย้อมก่อนการย้อมสี จะทำการต้มด้วยหรือฝ้ายในสารละลายให้เดือดนาน 1 ชั่วโมงก่อนนำฝ้ายออก ในกรณีที่ทำการย้อมพร้อมการย้อมสีใช้วิธีการเดิมหรือผสมโดยตรงลงไปในน้ำย้อมและทำการย้อมที่ภาวะเดียวกันกับการย้อมสี

การศึกษาผลของมอร์แดนต์ได้ใช้วิธีการย้อมมอร์แดนต์ก่อนการย้อมสี ย้อมพร้อมการย้อมสี และย้อมหลังการย้อมสี โดยใช้ความเข้มข้นของมอร์แดนต์ที่คิดเทียบเป็นโลหะไอออนความเข้มข้นระหว่าง 0.25 ถึง 5 %owf. ส่วนมากใช้อัตราส่วนด้ายต่อสารละลายมอร์แดนต์ เป็น 1 : 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร การย้อมมอร์แดนต์ก่อนและหลังการย้อมสีทำการย้อมที่อุณหภูมิ $40-50^{\circ}\text{C}$ และที่ภาวะต้มเดือด เวลา 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมงแล้วแต่กรณี ส่วนการย้อมพร้อมการย้อมสีนั้นใช้วิธีผสมมอร์แดนต์ใน

นำย้อมก่อนทำการย้อมสีภาวะการย้อมจึงเป็นภาวะเดียวกันกับการย้อมสี

การย้อมสีเขียวด้วยสีย้อมธรรมชาติจากพืช ขึ้นอยู่กับคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบให้สี และความยากง่ายในการสกัดหรือการละลายในน้ำที่ใช้เป็นตัวทำละลายสกัด การเกาะของคลอโรฟิลล์โดยตรงบนเส้นด้ายเกิดค่อนข้างยาก ต้องใช้สารพวกแทนนินช่วยในการติดสี นอกจากนั้นสีจากคลอโรฟิลล์เองไม่ทนต่อแสง มีแนวโน้มซีดจางง่าย สีที่ย้อมโดยไม่ใช้สารช่วยติด ส่วนมากมีความคงทนของสีต่อแสงเทียบเท่ากับ Blue wool No. 1 ถึง 1-2 และจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อใช้แทนนินและ/หรือใช้มอร์แดนท์โลหะช่วยในการย้อม ในบางกรณีทำให้ความคงทนเพิ่มขึ้นไปอยู่ในระหว่าง 3 ถึง 3-4 ได้ พืชที่มีแทนนินน้อยเช่นหญ้าหวานต้องย้อมรองพื้นด้วยแทนนินก่อนการย้อมสี พืชบางชนิดมีแทนนินมากพอเช่นใบต้วแดง ใบสาบเสือ ก็ไม่จำเป็นต้องย้อมผาครองพื้นก่อนย้อมสี การใช้มอร์แดนท์ทองแดงร่วมในกระบวนการย้อมสีทำให้สีเขียวเข้มขึ้นและความคงทนต่อแสงในระดับที่น่าพอใจ

ผลการศึกษาการพัฒนากระบวนการย้อมสีเขียวโดยใช้ใบหญ้าหวาน ใบต้วแดง ใบสาบเสือ และใบขี้เหล็กฝรั่งเป็นหลัก สรุปได้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ย้อมไม่จำเป็นต้องต้มให้เดือด อุณหภูมิประมาณ 70 °C น่าจะเป็นภาวะที่เหมาะสมและสะดวกสำหรับผู้ย้อมในระดับอุตสาหกรรมครอบครัว เนื่องจากจะสามารถสังเกตได้ง่ายจากการที่มีไอของน้ำลอยขึ้นมาเหนือหม้อย้อม การย้อมที่อุณหภูมิดังกล่าว นอกจากจะทำให้ประหยัดพลังงานความร้อนที่ต้องใช้แล้วยังลดความเสี่ยงในการที่จะย้อมแทนนินและสารฟีนอลิกมากเกินไปจนสีเปลี่ยนไปเป็นเฉดสีน้ำตาลแทน ปัญหาที่สำคัญของสีเขียวได้แก่ความคงทนของสีต่อแสงยังไม่เป็นที่น่าพอใจ การเพิ่มปริมาณของมอร์แดนท์ทองแดงไม่ช่วยแก้ปัญหานี้ แต่มีโอกาที่จะเพิ่มปัญหาปริมาณของทองแดงที่ติดอยู่บนเส้นใยมากเกินไปได้ ทำให้มีแนวโน้มที่ปริมาณของทองแดงที่สามารถสกัดได้จะเพิ่มมากขึ้น

ภาวะที่เหมาะสมในการย้อมสีเขียวมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำความสะอาดด้ายฝ้ายโดยการต้มในน้ำสบู่มผสมโซดาแอช(ด้ายต่อน้ำ=1:10)เวลา 1 ชั่วโมง
2. ย้อมผาครองพื้น(ถ้าจำเป็น)ด้วยสารที่มีแทนนินเช่นน้ำต้มใบยูคาลิปตัส เวลา 1 ชั่วโมง
3. ย้อมด้ายในน้ำย้อมสีเขียว(พืชให้สี:ด้าย :น้ำ=1:1:10) ที่อุณหภูมิ 70 °C เวลา 1 ชั่วโมง
4. ย้อมทับด้วยมอร์แดนท์ทองแดงความเข้มข้น 0.25 ถึง 1.0 %ของน.น.ด้าย ใช้อัตราส่วน

ด้าย:สารละลาย=1:10 ที่อุณหภูมิ 40-50 °C เวลา 30 นาที

5. นำด้ายขึ้น บิดให้หมาด นำด้ายไปซักน้ำหรือน้ำสบูให้สะอาด ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

ด้ายฝ้ายที่ย้อมภายใต้ภาวะดังกล่าวนี้นี้มีสมบัติความคงทนของสีดังแสดงในตารางที่ 5.2

ภาวะการย้อมนี้เมื่อนำไปทดสอบการย้อมสีจากใบขี้เหล็ก ใบมะลิ ใบจามจุรี และใบฟ้าทะลายโจรพบว่าให้ผลการย้อมในระดับที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตามสีที่ได้อาจแตกต่างกันไปเนื่องจาก

ปริมาณของสารสีที่ให้สีอื่นที่มีในวัตถุดิบจะแตกต่างกัน ที่สำคัญได้แก่สารพวกแทนนินและสารฟีนอลิกที่ให้สีเจดน้ำตาลซึ่งจะสามารถรบกวนสีเขียวของคลอโรฟิลล์ได้ง่าย การย้อมสีซ้ำ 2 ครั้งโดยใช้น้ำย้อมเดิมจะช่วยให้สีทนมากขึ้นแต่ก็มีข้อเสียที่ต้องใช้เวลามากขึ้นในการย้อม เนื่องจากต้องทิ้งผ้าให้แห้งก่อนทำการย้อมสีทับ แต่ถ้าใช้น้ำย้อมมีแทนนินอยู่มากการย้อมสีซ้ำไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำย้อมเดิมหรือการใช้น้ำย้อมใหม่จะให้สีออกโทนน้ำตาลมากขึ้น พบว่าการย้อมสีทับโดยใช้น้ำย้อมใหม่มีแนวโน้มที่ความคงทนของสีต่อแสงดีขึ้น

ตารางที่ 5.2 สรุปผลความคงทนของสีเขียวที่ย้อมได้

พืชวัตถุดิบ	การย้อมของสี*	การติดสี**	ความคงทนต่อแสง
ใบหญ้าหวาน	2/3 ถึง 4	4 ถึง 5	2-3
ใบต้วแดง	2 ถึง 3/4	4 ถึง 5	3 ถึง 3-4
ใบขี้เหล็กฝรั่ง	2/3 ถึง 3/4	5	2 ถึง 3-4
ใบสาบเสือ	2 ถึง 3/4	4 ถึง 5	1-2 ถึง 3
ใบขี้เหล็ก	2 ถึง 4	4 ถึง 5	1-2 ถึง 2
ใบมะลิ	1 ถึง 2	4 ถึง 5	3 ถึง 3-4
ใบจามจุรี	2 ถึง 3	5	2 ถึง 3-4
ใบฟ้าทะลายโจร	3 ถึง 3/4	4-5 ถึง 5	2-3

หมายเหตุ * = ผลสรุปรวมของการทดสอบการซักทั้งที่ 40 และ 60 °C

** = ผลสรุปรวมการติดสีบนผ้าฝ้ายและผ้าขนสัตว์จากการซักทั้งที่ 40 และ 60 °C

สีน้ำตาลจากสีเขียวธรรมชาติที่ศึกษานี้เกิดจากสารพวกแทนนินและสารฟีนอลิกที่มีในพืช ส่วนประกอบที่แตกต่างกันทำให้สีน้ำตาลที่ได้มีเจดสีแตกต่างกัน ส่วนมากสามารถย้อมติดได้โดยไม่ต้องใช้มอร์แดนต์ แต่สีจากพืชบางชนิดไม่ทนต่อแสงเช่น สะเดาและก้ามมะพร้าว การใช้โลหะมอร์แดนต์ช่วยย้อมทำให้เจดสีเปลี่ยนไปและทำให้ความคงทนของสีต่อแสงดีขึ้น ส่วนสีจากใบกุาวางและใบยูคาลิปตัสทนต่อแสงดี การใช้โลหะมอร์แดนต์ช่วยย้อมทำให้เจดสีเปลี่ยนไปแต่ไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อแสง

เมื่อย้อมที่อุณหภูมิต่างกันโดยไม่ใช้มอร์แดนต์เจดสีที่จะได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช สีที่ย้อมได้จากก้ามมะพร้าวจะใกล้เคียงกันไม่ขึ้นกับอุณหภูมิการย้อม สีที่ได้จากใบสะเดาและใบกุาวางจะคล้ายกันคือให้โทนสีเหลืองมากเมื่อย้อมที่อุณหภูมิต่ำและออกน้ำตาลมากขึ้นเมื่อย้อมที่อุณหภูมิสูง ในขณะที่ใบยูคาลิปตัสจะได้สีน้ำตาลเมื่อย้อมที่อุณหภูมิต่ำแต่จะออกเหลืองมากขึ้นเมื่อย้อมที่อุณหภูมิสูง ความแตกต่างของสีนี้เกิดจากธรรมชาติของสารสีที่มีในพืชมากกว่าปริมาณของสาร

สี และทำให้อุณหภูมิที่เหมาะสมแตกต่างกันระหว่างพืชชนิดต่าง ๆ อย่างไรก็ตามพบว่าเวลาการย้อมที่เหมาะสมคือ 60 นาทีเช่นเดียวกันกับการย้อมสีเขียว

น้ำย้อมจากใบสะเดาให้สีน้ำตาลแดงเมื่อใช้ Cu มอร์แดนท์ น้ำตาลออกเหลืองเมื่อใช้ Al มอร์แดนท์ และน้ำตาลดำเมื่อใช้ Fe มอร์แดนท์ น้ำย้อมจากก้ามมะพร้าวจะให้โทนสีแดงมากแต่จะมีโทนสีเหลืองน้อยกว่าสีที่ได้จากใบสะเดา (ค่า a* สูงกว่าและค่า b* ต่ำกว่า) สีที่ได้จะออกน้ำตาลแดงมากขึ้นเมื่อใช้ Al เป็นมอร์แดนท์ พบว่าน้ำย้อมจากก้ามมะพร้าวสามารถใช้ย้อมที่อุณหภูมิห้องหรือที่เรียกว่า ย้อมเย็นได้ แต่สีที่ได้จะซีดจางกว่าการย้อมที่อุณหภูมิสูง มีโทนสีเหลืองมากกว่า และไม่ทนต่อแสง ผลการทดสอบความคงทนของสีและชนิดของมอร์แดนท์ที่เหมาะสมสรุปได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 สรุปผลความคงทนของสีน้ำตาลที่ย้อมได้

พืชวัตถุดิบ	อุณหภูมิ ย้อม (°C)	มอร์แดนท์		การซีด*	การติดสี**	ความคงทน ของสีต่อแสง
		ชนิด	วิธีย้อม			
ใบสะเดา	80	Cu	ก่อน	2 ถึง 4	4 ถึง 5	2 ถึง 3
ก้ามมะพร้าว	65	Al	พร้อม	2/3 ถึง 3/4	4 ถึง 5	2
		Al	หลัง	1/2 ถึง 3/4	5	1
	ห้อง	Al	หลัง	3 ถึง 4	5	1
ใบหูกวาง	75 - 90	Al	พร้อม/หลัง	4 ถึง 4/5	4-5 ถึง 5	1 ถึง 2
		-	-	4 ถึง 4/5	3 ถึง 5	2
ใบยูคาลิปตัส	75 - 90	-	-	4/5	4-5 ถึง 5	3 ถึง 4

หมายเหตุ * = ผลสรุปรวมของการทดสอบการซักทั้งที่ 40 และ 60 °C

** = ผลสรุปรวมการติดสีบนผ้าฝ้ายและผ้าขนสัตว์จากการซักทั้งที่ 40 และ 60 °C

ภาวะการย้อมที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีน้ำตาลมีดังนี้

- อัตราส่วน ใบสะเดา:น้ำ: ด้าย = 1:10:1
- ต้มใบสะเดาในน้ำให้เดือดนาน 1 ชั่วโมง แยกกากออกก่อนนำไปย้อมด้าย
- ย้อมด้ายฝ้ายที่ทำความสะอาดแล้วด้วย Cu มอร์แดนท์ความเข้มข้นระหว่าง 0.25 – 1.0

%owf. อัตราส่วนด้ายต่อน้ำมอร์แดนท์ 1:10 ที่อุณหภูมิ 40-50 °C เวลา 30 นาที นำด้าย

จีน บิดให้หมาด

- นำด้ายฝ้ายที่ย้อมมอร์แดงแล้ว ลงย้อมในน้ำย้อมที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 60 นาที นำด้ายขึ้น ล้างให้สะอาดด้วยน้ำ ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

สำหรับกาบมะพร้าว อัตราส่วน กาบมะพร้าว:น้ำ: ด้าย = 0.5:10:1 อุณหภูมิย้อม 65°C ใช้ Al มอร์แดงแทน Cu มอร์แดง และย้อมมอร์แดงพร้อมการย้อมสี

สำหรับใบหูกวาง อัตราส่วน ใบหูกวาง:น้ำ: ด้าย = 1:10:1 อุณหภูมิย้อม 75°C ใช้ Al มอร์แดงแทน Cu มอร์แดง และย้อมมอร์แดงพร้อมการย้อมสีหรือหลังการย้อมสี

(หมายเหตุ ในแง่ของความคงทนของสี สามารถย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดงก็ได้ แต่สีค่อนข้างซีด)

สีได้จากพืชให้สีย้อมธรรมชาติต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษานี้ พบว่าเกิดจากสารแทนนินและสารฟีนอลิกเช่นเดียวกับการย้อมสีน้ำตาล แต่ต้องใช้เหล็กเป็นมอร์แดง ภาวะที่เหมาะสมในการย้อมจึงไม่สามารถใช้ภาวะหนึ่งเดียวได้เช่นเดียวกับการย้อมสีน้ำตาล อย่างไรก็ตามพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสามารถใช้ได้ในช่วง 65 ถึง 85°C โดยไม่ต้องใช้วิธีต้มเดือดเหมือนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

ผลการศึกษาวัตถุดิบให้สีดังนี้ เปลือกแห้งคันยูคาลิปตัส เปลือกคันสมอไทย ใบสะเดา ใบสาบเสือ และกาบมะพร้าว พบว่าเมื่อย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดงจะให้สีน้ำตาลที่มีโทนสีแตกต่างกัน เช่น เปลือกแห้งคันยูคาลิปตัส เปลือกคันสมอไทย ให้สีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลแดง สาบเสือให้สีน้ำตาลออกเหลือง เป็นต้น โดยสีที่ได้มีความคงทนต่อการซักในระดับปานกลางถึงค่อนข้างดี ส่วนความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ต่ำสำหรับกาบมะพร้าว ใบสาบเสือและใบสะเดา สำหรับสีจากเปลือกแห้งคันยูคาลิปตัส และเปลือกแห้งคันสมอไทยอยู่ในเกณฑ์ปานกลางของสีย้อมธรรมชาติ (Blue wool No. 2 ถึง 3)

พบว่าการย้อม Fe มอร์แดงพร้อมกับการย้อมสี เมื่อความเข้มข้นของเหล็กสูง ๆ มีแนวโน้มที่เหล็กจะตกตะกอนและดูดซับสารสีลงไปด้วย ทำให้สีที่ย้อมได้อ่อนกว่าที่ควรจะเป็น จึงควรย้อมก่อน หรือย้อมหลังการย้อมสีจะให้สีที่ดีกว่า และพบว่าสีจะดำมากขึ้นตามการเพิ่มความเข้มข้นของมอร์แดง

เปลือกแห้งคันยูคาลิปตัส และใบสาบเสือให้สีเทาดำเมื่อย้อมโดยใช้ Fe มอร์แดง ย้อมก่อนย้อมสี อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีควรใช้ 70°C สีที่ย้อมได้จะมีเฉดดำมากขึ้นตามความเข้มข้นของเหล็กที่ใช้ แต่ใบสาบเสือให้ผลของสีด้อยกว่าทั้งในแง่เฉดสีที่ดำน้อยกว่าและสีมีความคงทนน้อยกว่า

เปลือกคันสมอไทย ใบสะเดา และกาบมะพร้าวควรย้อม Fe มอร์แดงหลังการย้อมสี แต่อุณหภูมิที่ใช้ในการย้อมสีจะเป็น 70 , 80 และ 65°C ตามลำดับ สีที่ได้จะอ่อนกว่าที่ได้จากเปลือกแห้ง

ดัชนีคุณภาพดีแต่ผลความคงทนของสีหัดเทียมกัน

ผลการทดสอบกระบวนการโดยใช้ภาวะของการย้อมด้วยเปลือกแห้งดัชนีคุณภาพดีในการย้อมสีด้วยวัสดุอื่นได้แก่ เปลือกต้นรูกฟ้า ลูกตะแบก เปลือกต้นกระโดน ผลมะกอก และใบหูกวางพบว่าสีที่ได้มีโทนสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ ผลการทดสอบความคงทนของสีพบว่าอยู่ในเกณฑ์เดียวกันกับพืชอื่น ๆ ที่ศึกษามาก่อนแล้ว เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วพบว่าวัตถุดิบพวกเปลือกไม้มีแนวโน้มจะให้สีที่มีเจดสีได้ดีกว่า วัตถุดิบที่น่าสนใจหนึ่งได้แก่ลูกตะแบกซึ่งแม้จะให้เจดสีเทามากกว่าคำ แต่มีข้อดีที่สามารถหาได้ง่ายและมีปริมาณมากเนื่องจากนิยมปลูกเป็นไม้ให้ร่มริมทาง วัตถุดิบที่เป็นเปลือกและเนื้อผลมะกอกนั้นให้สีที่มีเจดสีมาก แต่จะมีปัญหาในด้านปริมาณวัตถุดิบและการจัดหามาเป็นทางเลือกที่ดีในการใช้เป็นวัตถุดิบให้สีคำเนื่องจากเป็นส่วนใบที่หาได้ง่ายเมื่อเทียบกับเปลือกต้นไม้อื่น ๆ ที่ใช้ในการทดสอบนี้

น้ำย้อมจากเปลือกแห้งดัชนีคุณภาพดีสามารถใช้ย้อมผ้าฝ้ายที่อุณหภูมิห้องได้ (หรือย้อมเย็น) แม้สีที่ได้จะอ่อนกว่าที่ได้จากการย้อมร้อนแต่ความคงทนของสีจะหัดเทียมกัน วิธีการย้อมนี้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการย้อมทดแทนการย้อมเย็นด้วยมะเกลือซึ่งต้องใช้เวลามากกว่า ยกเว้นกรณีที่ต้องการทั้งเจดสีและต้องการทั้งชนิดของวัตถุดิบให้สี

ผลสรุปความคงทนของสีคำที่ได้จากพืชต่าง ๆ แสดงได้ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 สรุปผลความคงทนของสีคำที่ย้อมได้

พืชวัตถุดิบ	อุณหภูมิ ย้อม (°C)	มอร์แดนต์		การซิด*	การติดสี **	ความคงทน ของสีต่อแสง
		ชนิด	วิธีย้อม			
เปลือกต้นยูคาล	70	Fe	ก่อน	3 ถึง 4	4-5 ถึง 5	1-2 ถึง 3
	ห้อง	Fe	ก่อน	3 ถึง 4	4-5 ถึง 5	2 ถึง 2-3
สาบเสือ	70	Fe	ก่อน	2/3 ถึง 3/4	5	3
เปลือกต้นสมอไทย	70	Fe	หลัง	2/3 ถึง 3/4	4 ถึง 5	1-2 ถึง 2
ใบสะเดา	80	Fe	หลัง	2/3 ถึง 3	5	2
กามมะพร้าว	65	Fe	หลัง	2/3 ถึง 3/4	5	3
เปลือกต้นรูกฟ้า	70	Fe	หลัง	3	5	2-3
เปลือกต้นกระโดน	70	Fe	หลัง	3	5	1
ใบหูกวาง	70	Fe	หลัง	2/3 ถึง 3	5	3

หมายเหตุ * = ค่าในตารางเป็นผลสรุปรวมของการทดสอบการซักทั้งที่ 40 และ 60 °C

** = ค่าในตารางเป็นผลสรุปรวมบนฝ้ายและขนสัตว์จากการซักทั้งที่ 40 และ 60 °C

ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีดำมีดังนี้

- อัตราส่วน วัตถุดิบ:น้ำ: ด้าย = 1:10:1 (ยกเว้นกาบมะพร้าวใช้อัตราส่วน 0.5:10:1)
- ต้มวัตถุดิบให้สีในน้ำ ให้เดือดนาน 1 ชั่วโมง กรองแยกกากออก ก่อนนำไปย้อมด้าย
- ย้อมในมอร์แดนต์หลักความเข้มข้นระหว่าง 0.25 – 3.0 %owf. โทนสีที่ได้จะมีสีดำนากขึ้นตามการเพิ่มความเข้มข้นของมอร์แดนต์ ใช้อัตราส่วนด้ายต่อมอร์แดนต์ 1:10 ที่อุณหภูมิ 40-50 °C เวลา 30 นาที นำด้ายขึ้น บิดให้หมาด นำไปย้อมในน้ำย้อมสีได้ทันที (ถ้าย้อมมอร์แดนต์หลังย้อมสี หลังจากนำด้ายขึ้น ล้างให้สะอาดด้วยน้ำ ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม)
- ย้อมด้ายฝ้ายที่ย้อมมอร์แดนต์ ในน้ำย้อมที่อุณหภูมิ 70 °C เวลา 60 นาที
- นำด้ายขึ้น ล้างให้สะอาดด้วยน้ำ ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

สำหรับกาบมะพร้าวใช้อุณหภูมิ 65 และสะเดาใช้ 80 °C การย้อมด้วยเปลือกต้นสมอไทย ใบสะเดา และกาบมะพร้าวให้ย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสี ส่วนสาบเสือและเปลือกต้นยูคาลิปตัส ถ้าย้อมมอร์แดนต์ก่อนย้อมสีจะได้สีเทาดำ ถ้าย้อมหลังย้อมสีจะได้สีน้ำตาลเทาถึงเทาน้ำตาลแทน

ได้ทำการถ่ายทอดกระบวนการย้อมให้กลุ่มทอผ้าร่วมโครงการรวม 2 ครั้ง ๆ ละ 5 กลุ่ม ๆ ละ ประมาณ 2 คน รวมประมาณ 10 คนต่อครั้ง ครั้งแรกเป็นการถ่ายทอดการย้อมสีเขียวและครั้งที่สอง การย้อมสีน้ำตาลและสีดำใช้เวลาครั้งละ 1 วันและได้มอบหมายให้แต่ละกลุ่มไปทดลองปฏิบัติต่อไป และประเมินผลการย้อมต่อไป นอกจากนี้ได้ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการย้อมทั้งหมดให้กลุ่มทอผ้าอื่นในเขตภาคเหนือตอนบน 2 ครั้ง ครั้งละประมาณ 10 กลุ่ม ๆ ละ 2 คนรวมทั้งหมด 40 คน ผลการถ่ายทอดพบว่าผู้รับการถ่ายทอดมีความพึงพอใจ และบางกลุ่มได้นำไปทดลองปฏิบัติแล้วและส่งผลงานบางส่วนให้โครงการวิจัยฯ ดูและใช้เป็นตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

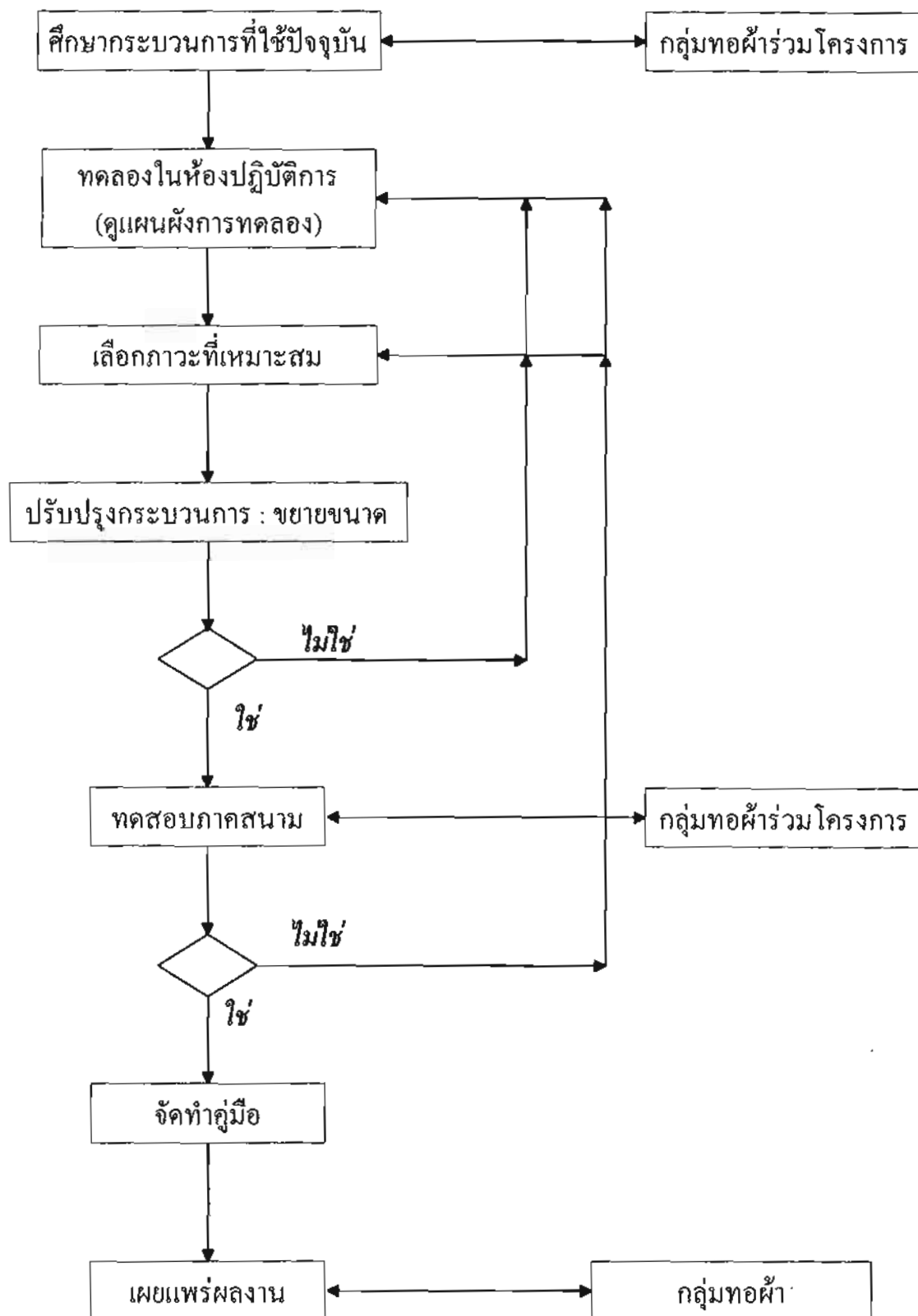
1. มนตรี กรรพุมมาลย์ และคณะ “รายงานการสำรวจกลุ่มทอผ้าย้อมสีธรรมชาติในภาคเหนือของประเทศไทย” พฤษภาคม พ.ศ. 2540
2. นภัส ศิริสัมพันธ์ กอร์คอน และคณะ “รายงานการสำรวจกลุ่มทอผ้าย้อมสีธรรมชาติในภาคกลางของประเทศไทย” กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540
3. อัมพร ศรีประสิทธิ์ และคณะ “รายงานการสำรวจกลุ่มทอผ้าย้อมสีธรรมชาติในภาคใต้ของประเทศไทย” กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540
4. สุนิตา สุจิตานนท์ และคณะ “รายงานการสำรวจข้อมูลพื้นฐานกลุ่มทอผ้าย้อมสีธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 12 จังหวัด” กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540
5. Rossbach, V. W., การบรรยายเรื่อง “วิกฤตการณ์ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์ของสิ่งทอและสีย้อมธรรมชาติ” ในการประชุมสัมมนา “การวิจัยสีย้อมธรรมชาติ” ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม
6. โครงการส่งเสริมหัตถกรรมและธุรกิจขนาดย่อม รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการ “เทคโนโลยีการย้อมสีสิ่งทอพื้นบ้าน” สำนักบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 14-15 มี.ค. 2539
7. Glover, B. and J. H. Pierce, *JSDC*, V.109 (1993) 5-7
8. Bayer AG, “Bayer Products for Eco Textiles: Modern Textile Finishing and Eco-standards”, Art. No. 1690698, 1995, pp 74
9. Taylor, G. W., *Rev. Prog. Coloration*, V. 16 (1986), 53 - 61
10. Wouters, J. and N. Rossario-chirinos, *JAIC*, 31 (1992), 237 - 255
11. Gittinger, M. and H. L. Lefferts, Jr., “Textiles and Tai Experience in South East Asia” The Textile Musium, Washington, DC., (1992), 243 - 256
12. Hall, A. R., *Quaternary Science Reviews*, 15 (1996), 635 - 640
13. Miliani, C., A. R. Mani, and G. Favaro, *Spectrochimica Acte Part A*, 54 (1998), 581 - 588
14. Smith, R. and S. Wagner, *American Dyestuff Reporter*, Sept. (1991), 32 - 34
15. Sewekow, U., *Melliland Textilberichle*, 69 (1988), 271 - 276
16. Lomas, M., *JSDC*, V.109 (1993), 10 - 12
17. Indo-German Expert Promotion Project, “A List of Safe Dyes and Dyestuffs”, New Delhi, 1995, pp 51
18. Ali, S.I., *JSDC*, V.109 (1993), 13 - 14
19. Dalby, G., *JSDC*, V.109 (1993), 8 - 9

20. Srivastava, M. G., "Natural Dyes - an Overview", Compendium of the First National Seminar on Natural Dyes, Jaipur, India, October 1989, 1 - 6
21. Cannon, J. and M. Cannon, "Dye Plants and Dyeing", The Herbert Press, London, 1994, pp. 128
22. Saxena, B. N., "Dye-yielding Flowering Plants of India: A partial Catalogue and Suggestion for a Taxonomic Review", Compendium of the First National Seminar on Natural Dyes, Jaipur, India, October 1989, 12 - 17
23. Gould, K., A.E. Howard, and G. Rodriguez, *For. Eco. Manage.*, 111 (1998), 69 - 82
24. Angelini, L. G., et.al., *Ind. Crops and Products*, 6 (1997), 303 - 311
25. Beltrame, P. L., et.al., *Dyes and Pigments*, 39(4) (1998), 335 - 340
26. Nashida, K., and K. Kobayashi, *American Dyestuff Reporter*, 81(9) (1992), 26 - 27, 82
27. Tsutsaroni, F., and M. Liakopoulou-Kyriakidis, *Dyes and Pigments*, 29(2) (1996), 203 - 209
28. Teli, M. D., et.al., *J. Text. Asson.*, 54(6) (1994), 297 - 299
29. จิราภรณ์ อรัณยะนาค *วารสารศิลปากร* 26 (ก.ค. 2525), 96 - 123
30. วณิดา สุพรรณเสนี สมควร ศวิตชาติ และ ประเชิญ สร้อยทองคำ "สีธรรมชาติจากพืชและสัตว์ในประเทศไทย" เอกสารโรเนียว ฝ่ายวิจัยของป่า กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เลขที่ ร. 288 (2531) 103 หน้า
31. Moeyes, M., "Natural Dyeing in Thailand" White Lotus, Bangkok, 1993, pp. 173
32. อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์ กาญจนนา เกตุอุ๊ด และ อนันต์แสวก หัวซึ้งเจริญ "การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติจากเปลือกกิ่งเพกา" การประชุมวิชาการ "วิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7" ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 23-25 ต.ค. 2540 หน้า 272-279
33. Lesch, A., "Vegetable Dyeing: 151 Color Recipes for Dyeing Yarns and Fabrics with Natural Materials", 3rd printing, Watson-Guptill Publications, (1972), pp 146
34. อนันต์แสวก หัวซึ้งเจริญ และคณะ "รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย ครั้งที่ 1" เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กันยายน พ.ศ. 2541
35. Sheet on "Herbal Medical Tradition in Northern Thailand. Chemical Part. I. Simple Tests for Gels, Tannins, Anthraquinones and Flavonoids" by T. Bjornland, Department of Biology, Section of Marine Botany, University of Oslo.
36. Feigell, F., "Spot Tests in Organic Analysis", Elsevier, Amsterdam, 1966, p.696.

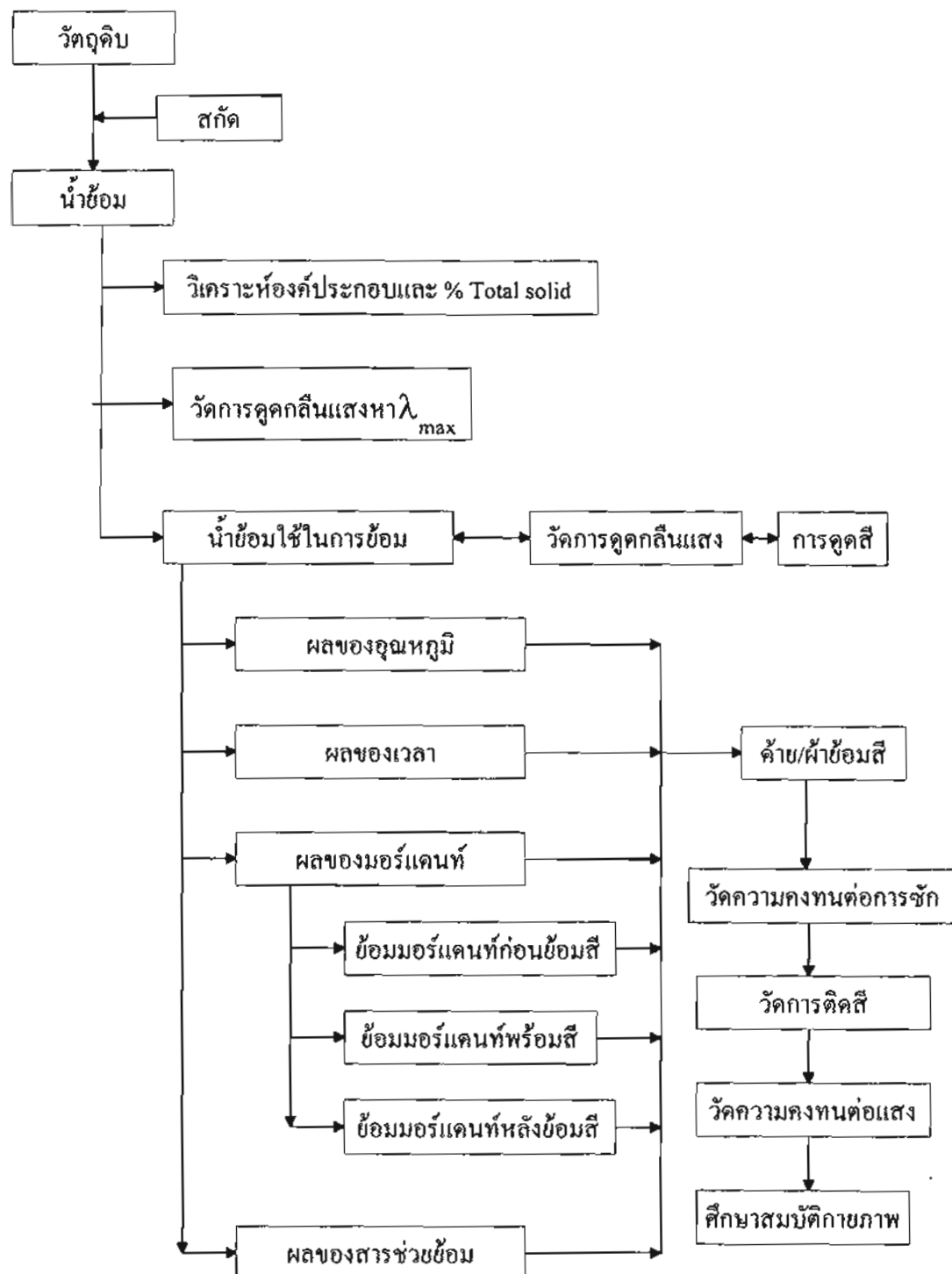
37. Browning, B.L., "Methods of Wood Chemistry", Vol. 1, Interscience, New York, 1967, p.228.
38. Harborne, J. B., "Phytochemical methods, a Guide to Modern Techniques of Plant Analysis", Chapman and Hall, London, 1973, p.205-6
39. Browning, B.L., "Methods of Wood Chemistry", Vol. 1, Interscience, New York, 1967, p.240.
40. ASTM Standard No. E308 - 90, "Standard Test Method for Computing the Colors of Objects by Using the CIE System", Annual Book of ASTM Standards, Vol 06.01, 1991, pp 736-762
41. ISO 105-C01:1989 Colour fastness to washing: Test 1, "Methods of Test for Colour Fastness of Textiles and Leather", Society of Dyers and Colourists, Oct. 1992
42. ISO 105-C03:1989 Colour fastness to washing: Test 3, "Methods of Test for Colour Fastness of Textiles and Leather", Society of Dyers and Colourists, Oct. 1992
43. ISO 105-B02:1994 Colour fastness to artificial light: Xenon arc fading lamp test., 4th. ed., 1994
44. วิทย์ เทียงบุญธรรม "สัตว์และพืชเมืองไทย" สำนักพิมพ์บำรุงสาส์น กรุงเทพฯ 2530 หน้า 389
45. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล "สมุนไพรสวนสิริรุกษชาติ" พิมพ์ครั้งที่ 1 บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊ป จำกัด กรุงเทพฯ 2535
46. T.F.Cheng and W.H.Chang, "Studies on the Non-Stevioside Components of Stevia Extracts", Natl. Sci. Counc. Monthly, ROC, 11(2), 96-108 (1983).
47. วีระชัย ณ นคร (บรรณาธิการ) "พรรณไม้ สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์" เล่ม 1 โอ เอส พริ้นติ้งเฮาส์ กรุงเทพฯ ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์ หน้า 31, 45
48. Kitanov, G., et.al., *Chemical Abstracts*, 110, 228618h (1989).
49. Dam, T.V., et. al., *Chemical Abstracts*, 107, 194972q (1987).
50. Dam, T.V., et. al., *Chemical Abstracts*, 110, 92137r (1989).
51. วิทย์ เทียงบุญธรรม "พจนานุกรม สมุนไพรไทย" พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์สุริยบรรณ กรุงเทพฯ 2536
52. วุฒิ วุฒิธรรมเวช "สารานุกรมสมุนไพรไทย; รวมหลักเภสัชกรรมไทย" พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์ โอเคียนสโตร์ กรุงเทพฯ 2540 626 หน้า
53. ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน "คู่มือปลูกป่า คามาตูลูเตนซิส" สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้ 2539
54. Windholz, M. (ed.), "The Merck Index", 10th ed., Merck & Co., Inc., Rahway, 1983, p.562

55. ภาควิชาพืชไร่นา “พืชเศรษฐกิจ” เล่ม 2 เอกสารโรเนียว ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2527
56. คณิตา เลขะกุล (บรรณาธิการ) “ไม้ดอกไม้ประดับ” พิมพ์ครั้งที่ 1 บ.ด้านสุทธาการพิมพ์ กรุงเทพฯ 2536 300 หน้า
57. Gaitonde, R. V., and S. P. Sapre, *Chemical abstracts*, 112, 3824p (1990)
58. Bose, P. K., and S. N. Bhattacharya, *Chemical abstracts*, 32, 90847 (1938)
59. จินดา อีเลกทรอนิกส์ พับลิชชิง “ป่าไม้เมืองไทย” (แผ่น ซีดี) ไม่ปรากฏปีที่จัดทำ
60. วีระชัย ณ นคร (บรรณาธิการ) “พรรณไม้ สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์” เล่ม 3 โอ เอส พริ้นติ้ง เฮาส์ กรุงเทพฯ 2539 หน้า 51-52
61. ภาควิชาเกษตรพฤกษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล “สยามไภษัชพฤกษ: ภูมิปัญญาของชาติ” พิมพ์ครั้งที่ 1 บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน) กรุงเทพฯ 2538

ภาคผนวก 1
แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน



แผนผังการทดลอง



ภาคผนวกที่ 2

ข้อมูลพืชที่ใช้ในงานวิจัย

1 หญ้าหวาน

1.1 ข้อมูลทั่วไป^(44,45)

หญ้าหวาน หรือ สตีเวีย (Stevia)

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Stevia rebaudiana* Bertoni วงศ์ : COMPOSITAE



มีถิ่นกำเนิดในประเทศบราซิลและประเทศปารากวัย เป็นพืชล้มลุก ระยะเวลาของอายุประมาณ 3 ปี มีลักษณะเป็นพุ่มเตี้ย เจริญงอกงามดีในอากาศเย็นใบเป็นใบเดี่ยว เรียงตรงข้าม รูปใบหอกกลับ ขอบใบหยักฟันเลื่อย มีรสหวาน ดอกช่อออกที่ปลายยอด กลีบดอกสีขาว ผลเป็นผลแห้ง ไม่แตก ใบมีสารหวานชื่อ สตีวิโอไซด์ (Stevioside) เริ่มปลูกในเมืองไทยตั้งแต่ปี 2520 ปลูกมากในภาคเหนือ เฉพาะที่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน การขยายพันธุ์ ใช้เมล็ดและการตัดกิ่งปักชำ

ประโยชน์ : ส่วนของใบให้ความหวาน จึงนำมาตากแห้งทำเป็นเครื่องคั้นสมุนไพรสามารถตัดกิ่งใบมาใช้ได้ถึงปีละ 6-7 ครั้ง

1.2 ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

Cheng และ Chang (1983)⁽⁴⁶⁾ รายงานว่า ใบหญ้าหวานมีรงควัตถุ ต่อไปในคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี แซนโทฟิลล์ เบต้าแคโรทีน และรงควัตถุอีก 2 ชนิดที่ไม่สามารถระบุได้

3 สาบเสือ

3.1 ข้อมูลทั่วไป (44,51-52)

สาบเสือ

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Eupatorium odoratum* Linn.

วงศ์ : COMPOSITAE



ชื่ออื่น: หญ้าเมืองวาช หญ้าเมืองช้าง(เหนือ); หญ้าคงร้าง(กลาง);
หญ้าดอกขาว(ทั่วไป); ฝรั่งเศสที่ ฝรั่งเศส (ตะวันตก);
มั่งกระต่าย หญ้าลิ้มเมือง หญ้าเหม็น(อีสาน); ร้าเคย
หญ้าฝรั่งเศส หมาหลง (ตะวันออก) ยี่สุนเครือ
(สุราษฎร์ฯ)



ลักษณะทั่วไป พรรณไม้ล้มลุกต่างประเทศ อายุปีเดียว เกิด
ตามที่รกร้างทั่วไป แตกกิ่งสาขามากมาย ก้านอาจสูงได้ถึง 1.5 เมตร
ใบเดี่ยว เรียงตรงข้าม รูปไข่ ผิวใบมีขน กว้าง 2-6.5 ซม. ยาว 5.5-11.5
ซม. ดอกช่อออกที่ปลายกิ่ง กลีบดอกสีขาวหรือขาวแกมม่วง ผลแห้ง
ไม่แตก ขยายพันธุ์ โดยใช้เมล็ด

ประโยชน์ : ส่วนของใบเป็นสมุนไพร ใช้รักษาแผลสด ตำใบให้ละเอียดมาปะคบแผลช่วยห้ามเลือด
ทั้งคัน รสฝาดหอมร้อน ใช้ทำเป็นยาฆ่าแมลง

4 ยูคาลิปตัส

4.1 ข้อมูลทั่วไป⁽⁵³⁾

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Eucalyptus* spp.

ชื่อสามัญ: Eucalyptus



มีถิ่นกำเนิดในทวีปออสเตรเลียเป็นส่วนใหญ่ มีมากกว่า 700 ชนิด ประเทศไทยเริ่มนำมาปลูก ประมาณปี พ.ศ. 2413 เป็นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูง 24 – 26 เมตร อาจสูงถึง 50 เมตร มีกิ่งก้านน้อยเปลือกมีลักษณะเรียบเป็นมัน มีสีเทาสลับสีขาวและน้ำตาลแดงเป็นบางแห่ง เปลือกนอกจะแตกร่อนเป็นแผ่นหลุดออกจากผิวของลำต้นเมื่อแห้งและลอกออกมาได้ง่าย

การขยายพันธุ์ : เพาะเมล็ด หรือตัดต้นแก่เพื่อให้แตกหน่อ

ประโยชน์ : ไม้ทำฟืน, เสาถ่าน, ทำเฟอร์นิเจอร์ปลูกเป็นส่วนป่าเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูงใบนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหย

4.1 ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

ในใบยูคาลิปตัสมีแทนนิน⁽⁵⁴⁾

5 มะพร้าว

5.1 ข้อมูลทั่วไป⁽⁵⁵⁾

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cocos nucifera* Linn. วงศ์ : PALMAE

ชื่อสามัญ : Coconut



ชื่ออื่น : หมากฮุน หมากฮูน (ทั่วไป), คอสำ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน), โพล (กะเหรี่ยง-กาญจนบุรี), เฮ็ดดุง (เพชรบูรณ์)

เป็นต้นไม้ตระกูลปาล์ม (Palme) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว พรรณไม้ยืนต้น มีต้นสูงชะลูด ไม่แตกกิ่งก้านสาขา ใบเป็นใบรวมกันหนึ่งยาวประมาณ 3-7 เมตร กว้าง 1-1.4 เมตร มีใบย่อยเรียงสลับกันเป็นรูปขนนก ผลมีลักษณะเป็นรูปทรงกลม หรือรูปรี ขนาดยาวประมาณ 8-14 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 -9.5 นิ้ว เปลือกนอกเรียบเกลี้ยง ผลอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่มีสีน้ำตาล เปลือกชั้นกลางเป็นเส้นใยนุ่ม เปลือกชั้นในแข็งเป็นกะลา มะพร้าวมีอยู่หลายชนิด เจริญได้ดีในแถบร้อนที่มีฝนตกชุก แทบทุกส่วนของมะพร้าวมีประโยชน์ต่อมนุษย์

ประโยชน์ : เนื้อมะพร้าวอ่อนใช้รับประทานและน้ำใช้เป็นเครื่องดื่ม เนื้อมะพร้าวแก่ใช้เป็นอาหาร น้ำมันที่สกัดได้ใช้ในการครัวและทำสบู่ กากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันใช้เป็นอาหารสัตว์ เส้นใยที่ได้จากเปลือกของผลนำมาทำเชือก พรหม ลำต้นและใบใช้ในการสร้างบ้าน เครื่องเรือน น้ำหวานที่ปาดจากชั้นใช้ทำน้ำตาล น้ำส้ม น้ำตาลเมา เป็นต้น ใช้ไม้ทำพื้น, เสาถ่าน, ทำเฟอร์นิเจอร์

6 พุทรวาง

6.1 ข้อมูลทั่วไป^(52,56)

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Terminalia Catappa* Linn.

วงศ์ : COMBRETACEAE



ชื่ออื่น: โคน(นราธิวาส) คัดมือ คัดมือ(ครัง) คาปิง
(พินธุโลก,สตูล) หลุมปีง(สุราษฎร์ฯ) Bengol
almond, Indian almond, Olive-bark tree, Sea

almond, Singapore almond, Tropical almond, Umbrella tree

ไม้ต้นผลัดใบสูง 8-28 เมตร เปลือกเรียบ กิ่งแตกรอบลำต้นตามแนวนอนเป็นชั้น ๆ ใบเป็นใบเดี่ยว รูปไข่ โคนสอบ กว้าง 8 – 15 ซม. ยาว 12 – 25 ซม. ปลายแหลมเป็นติ่งสั้น ๆ ดอกสีขาวนวลเล็ก ออกเป็นช่อตามซอกใบ ผลเป็นรูปไข่หรือรูปรีป้อม ๆ แบนเล็กน้อย กว้าง 2-5 ซม. ยาว 3-7 ซม. เมื่อแห้งสีจะคล้ำ ขึ้นทั่วไปออกดอก เดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน และสิงหาคมถึงตุลาคม ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด

ประโยชน์ : เปลือกและผลใช้แก้ท้องเสีย ช้อนหนังสือ ทำหมึก, ผลเมล็ดในของผลรับประทานได้

เปลือกต้น รสฝาดเผื่อน ใช้ขับลม แก้ท้องเสีย สมานแผล ฯลฯ

ทั้งต้น รสฝาดเผื่อน ใช้สมานแผล แก้ไข้ บิด ท้องร่วง ฯลฯ

7 สะเดา

7.1 ข้อมูลทั่วไป^(51-52,56)

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Azadirachta indica* Juss. var. *siamensis* Valetton

วงศ์ : MELIACEAE



ชื่ออื่น: สะเดาบ้าน, สะเลียม(เหนือ) เคา(ใต้) จะดง(ส่วย)

Holy tree

ไม้ยืนต้นสูง 8 – 15 เมตร ผลัดใบ ทุกส่วนมีรสขมเปลือกต้นสีเทาแตกเป็นร่องตามยาว ขอดอ่อนที่แตกใหม่มีสีน้ำตาลแดง ใบเป็นใบประกอบแบบขนนกเรียงสลับ ใบย่อยฐานใบไม่เท่ากัน รูปใบหอก ปลายสอบ ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย กว้าง 3 – 4 ซม. ยาว 4 – 7 ซม. ดอกออกเป็นช่อตามปลายกิ่งพร้อมใบอ่อน ดอกมีขนาดเล็ก กลีบดอกสีขาวมี 5 กลีบ ผลเป็นผลสด รูปกลมรี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 – 1.5 ซม. มีเมล็ดเดี่ยวแข็ง พบในทุกภาคยกเว้นภาคใต้ ออกดอกเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม

ประโยชน์: ช่อดอกนิยมนำใช้เป็นอาหาร, ก้านอ่อนและใบเป็นพืชสมุนไพรและมีฤทธิ์ฆ่าแมลงได้

ทุกส่วนของต้น(ยาง ราก เปลือก ราก แก่น กระพี้ เปลือกต้น ลูกอ่อน-แก่ ใบอ่อน-แก่) มีรสขม และมีสรรพคุณทางยา

8 มะเกลือ

8.1 ข้อมูลทั่วไป^(47,52)

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Diospyros mollis* Griff.

วงศ์ : EBENACEAE



ชื่ออื่น : มะเกลือ, มะเกีย(เหนือ) เกลือ(ใต้) มักเกลือ
(ตราด) มักเกลือ ผีเผา(เงี้ยว) Ebony tree

ไม้ต้นขนาดกลาง พบตามป่าเบญจพรรณแล้ง
ทั่วไป สูง 8- 15 เมตร เรือนยอดเป็นพุ่มกลม กิ่งอ่อนมี

ขนนุ่มทั่วไป เปลือกนอกเป็นสีดำ แตกเป็นสะเก็ดเล็ก ๆ ตามยาว ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปไข่หรือ
แกมขอบขนาน กว้าง 1.5-4 ซม. ยาว 4 -8 ซม. ดอกค้ำเพชอยู่ต่างด้น ออกดอกเดือน มกราคม ถึง
กันยายน ดอกเพศผู้ออกเป็นช่อสั้น ๆ ตามง่ามใบ ช่อหนึ่งมีประมาณ 3 ดอก ดอกเพศเมียออกเป็นดอก
เดี่ยว ๆ ก้านดอกยาว 1 - 3 มม. มีขนนุ่มปกคลุม เกสรผู้เทียม 8-10 อัน ติดผลระหว่างเดือนพฤษภาคม -
ธันวาคม ผลกลมเกลี้ยงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. มีกลีบรองดอกติดอยู่ที่ขั้วผล 4 กลีบ ผลแก่จัดสีดำ
เมื่อแห้งเปลือกเปราะ

ประโยชน์: เนื้อไม้ สีเข้มเป็นมัน นิยมทำไม้ถือกบไสไม้และเครื่องตกแต่งบ้าน เปลือก ใช้ผสมเครื่องคัม
พื้นเมืองเพื่อกันบูด ผล ใช้ย้อมผ้า และเครื่องมือประมง และใช้เป็นยาถ่ายพยาธิ

เมล็ด รสเฝื่อน ขี้บพยาธิในท้อง

เปลือกคั้น แก่น รสฝาดเมา มีสรรพคุณทางยา

9 สมอไทย

9.1 ข้อมูลทั่วไป^(45,47)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Terminalia chebula* Retz.

วงศ์ : COMBRETACEAE



ชื่ออื่น : มะนยะ หมากระ สมอ สมออัทยา

Myrobalan Wood

ไม้ยืนต้นสูง 10-20 เมตร พบทั่วไปตามป่าไม้เบญจพรรณ และป่าดิบแล้ง กิ่งอ่อนและยอดมักปกคลุมด้วยขนสีน้ำตาลแดง เปลือกต้นขรุขระ ใบเดี่ยวเรียงตรงข้ามหรือเกือบตรงข้ามแผ่นใบค่อนข้างหนา รูปรีกว้าง 6-10 ซม. ยาว 8 - 15 ซม. ดอกออกเป็นช่อตามปลายกิ่งหรือซอกใบ มี 3-5 ช่อดอก ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ กลีบสีเหลืองนวล ออกดอกเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม ผลเป็นผลสด รูปวงรีค่อนข้างกลม ขนาดกว้าง 1.5- 2.5 ซม. ยาว 2.5-4 ซม. ผิวเกลี้ยง ผลแก่ผิวขุ่นและเปลี่ยนเป็นสีดำ เมล็ดเดี่ยวแข็ง ผิวขรุขระรูปยาวรี ผลแก่ช่วงเดือน ตุลาคม-มกราคม

ประโยชน์ : เนื้อไม้สีเทาแดงใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ ผลทานสดได้ และใช้ผสมทำสีเหลือง ผลแห้งใช้ในกิจการฟอกหนัง ตำรายาไทยใช้ผลดิบเป็นยาระบาย ขับเสมหะ แก้บิด แก้ไข้ และสมานลำไส้

10 เพกา

10.1 ข้อมูลทั่วไป⁽⁵²⁾

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Oroxylum indicum* Vent.

วงศ์ : BIGNONIACEAE



ชื่ออื่น : มะลิคไม้ มะลิ้นไม้ ลิคไม้ (เหนือ), หมากลิ้นก้าง
หมากลิ้นช้าง (เงี้ยว-เหนือ), ลิ้นฟ้า (เลย), เบโก
(มลายู-นราธิวาส), กาโดโด้ง (กะเหรี่ยง-กาญจนบุรี),

ดอกกะ คือกกะ ดูแก (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน)

ไม้ยืนต้น ผลัดใบสูงประมาณ 4-20 เมตร ลำต้นและกิ่งก้านมีรูระบายอากาศ กระจัดกระจายทั่วไป ส่วนเปลือกจะเรียบเป็นสีเทา บางทีจะแตกเป็นรอยดั้น ๆ หรือมีรอยแผลเป็นขนาดใหญ่ที่เกิดจากก้านใบที่หลุดร่วงไป ใบเป็นช่อคล้ายขนนก ใบย่อยเป็นรูปไข่และรูปขอบขนาน กว้างประมาณ 3-9 ซม. ยาว 4-14 ซม. ดอกออกเป็นช่อใหญ่ตรงยอด กลีบดอกมีเนื้อแข็งมากและค่อนข้างหนา ภายนอกเป็นสีม่วงแดง หรือน้ำตาลคล้ำ ภายในมีสีเหลืองเปราะหรือสีชมพู ผลเป็นฝักแบนยาว คล้ายรูปดาบ กว้าง 4-6 ซม. ยาวประมาณ 40-120 ซม.

ประโยชน์ : เปลือกใช้เป็นยาสมานแผล เมล็ดใช้เป็นยาขับถ่าย เมล็ดแก่ใช้เป็นยาระบาย ฝักอ่อนเป็นยาบำรุงธาตุและใช้ขับพยาธิ รากใช้เป็นยาบำรุงธาตุ เจริญอาหาร

10.2 ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

ในเปลือกต้นเพกา⁽⁵⁷⁾ มี p-coumaric acid อยู่ 1.84% และมี⁽⁵⁸⁾สารจำพวกฟลาโวนอยด์ คือ Oroxylin, Baicalein, 6-methylbaicalein, และ Chrysin

11 จามจุรี

11.1 ข้อมูลทั่วไป⁽⁵²⁾

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Samanea saman* (Jacq.) Merr.

วงศ์ : LEGUMINOSAE



ชื่ออื่น : ก้ามปู, จำปา, ตังก๊ีบกะดาม(เขมร), ก้ามกราม, Rain tree, Monkey pod, East indian walnut
ไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ กิ่งก้านแผ่กว้าง เปลือกต้นสีดำเป็นเกล็ดโตแข็ง ใบประกอบแบบขนนกคล้ายใบ
แค สีเขียวเข้ม ดอกช่อ ก้านชูเกสรตัวผู้ โคนขาวปลายแดง ฝักยาวแบนหนา เมื่อแก่สีน้ำตาลอมดำ เป็น
ไม้ที่ปลูกง่ายโตเร็ว

ประโยชน์ : ใบ เมล็ด และเปลือกต้น มีสรรพคุณทางยา เนื้อไม้มีลายสวย ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์และงาน
แกะสลัก

12 ฟ้าทะลายโจร

12.1 ข้อมูลทั่วไป^(45,52)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Ness.

วงศ์ : ACANTHACEAE



ชื่ออื่น : น้ำลายพังพอน, หญ้าก้านงู, สามสิบดี (ร้อยเอ็ด), ฟ้าสะท้าน (พัทลุง), เมฆทะลาย (ยะลา), คีโปงอี, ขวงขิมน้อย, โข่งเช่า (จีน) The Creat, CREAT Root, Halviva, Kariyat, KREAT

ไม้ล้มลุก ลำต้นเป็นสี่เหลี่ยมตั้งตรง สูง 30-60 ซม.



ใบเดี่ยว เรียงตรงข้าม รูปไข่หรือรูปใบหอกเรียวปลายแหลม ดอกออกที่ปลายกิ่งและซอกใบ ขนาดเล็กสีขาวมีแต้มสีม่วง โคนกลีบดอกติดกันผลเป็นฝักสีเขียวอมน้ำตาล ปลายแหลม เมื่อผลแก่จะแตกเป็นสองซีก ตีคเมล็ดออกมา

ประโยชน์ : ทั้งต้น ใช้ทำชาขม ยาแก้เจ็บคอ แก้ท้องเสีย แก้ไข้ ใบมีรสขม บดผสมน้ำมันพืชทาแผลน้ำร้อนลวก แผลไฟไหม้ ใบสด นำมาเคี้ยวกลืนน้ำแก้คออักเสบ เจ็บคอ

13 กระพังโหม

13.1 ข้อมูลทั่วไป⁽⁵²⁾

เป็นไม้เถาขนาดเล็ก มีกลิ่นเหม็นเขียว ซึ่งจะระเหยไปเมื่อนำมาคั้น มีสองชนิด คือ กระพังโหมตัวผู้ และกระพังโหมตัวเมีย

กระพังโหมตัวผู้

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Paederia linearis* Hook. f.

วงศ์ : RUBIACEAE



ชื่ออื่น : คูคหนู, คคหนู (อีสาน), คำขานตัวผู้ (โคราช), คคหนูคคหมา (กลาง, อีสาน)

ไม้เถาขนาดเล็ก ใบเดี่ยวรูปหอก กว้างประมาณ 2 นิ้ว ปลายแหลม โคนรูปหัวใจ เถาและใบมีขนละเอียดปกคลุม เกิดตามที่รกร้างว่างเปล่าทั่วไป ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด

กระพังโหมตัวเมีย

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Paederia foetida* Linn.

วงศ์ : RUBIACEAE



ชื่ออื่น : คูคหมา, คคหมา (อีสาน), ข่านพาโหม (ใต้), คคหนูคคหมา (กลาง, อีสาน)

ไม้เถาขนาดเล็ก ใบเดี่ยวรูปหอกแคบเรียวเล็ก ปลายแหลม ดอกเล็ก ๆ สีชมพู ออกเป็นช่อ เถาและใบเรียบ เกิดตามที่รกร้างว่างเปล่าทั่วไป ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด

ประโยชน์ : กระพังโหมทั้งคู่มีสรรพคุณทัดเทียมกัน

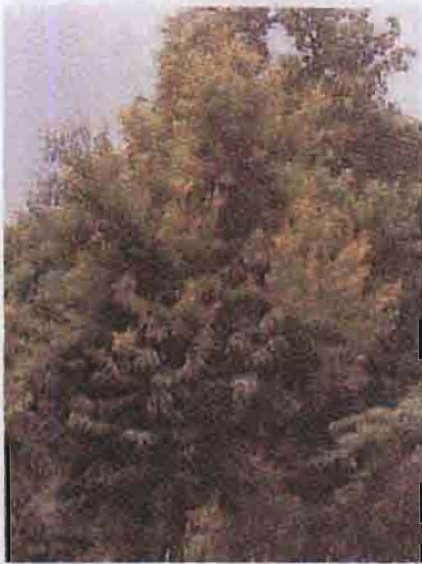
ทั้งต้น ใบและราก มีรสขม มีสรรพคุณทางยา

14 ขี้เหล็กบ้าน

14.1 ข้อมูลทั่วไป (52,59,60)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cassia siamea* (Britt.) Lamk..

วงศ์ : CAESALPINACEAE (LEGUMINOSAE)



ชื่ออื่น : ขี้เหล็ก, ขี้เหล็กแก่น, ขี้เหล็กหลวง, ขี้เหล็กใหญ่, จี้ลิ้, ยะหา (ปัตตานี), Thai Copper Pod, Capsod tree

ไม้ขึ้นต้น ขนาดกลางถึงใหญ่ เกิดตามป่าเบญจพรรณทั่วไป ใบประกอบแบบขนนก เรียงสลับ ใบย่อยมี 7 -10 คู่ รูปไข่ มนขนาดเล็ก ดอกช่อสีเหลือง ออกที่ปลายกิ่ง ผลเป็นฝักแบน อวบน้ำ ขาวประมาณ 15 ซม. ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด

ประโยชน์ : ปลูกเป็นไม้ให้ร่มเงา ใบอ่อนใช้เป็นอาหารและเป็นยาระบาย ดอกใช้เป็นยารักษาโรค

14.2 ข้อมูลวิทยาศาสตร์ (52)

ในใบและเมล็ด มี Toxic alkaloids ซึ่งออกฤทธิ์กดระบบประสาทส่วนกลาง สมองใบสันหลัง ในใบอ่อนและดอกมีสารพวก Chromone ชื่อ Barakol นอกจากนี้ในใบ เปลือก และ แก่น ยังมี สารอนุพันธ์ของ 2,2-dianthraquinone ชื่อ Casiamin และมี Rhein, Saponin

15 จี้เหล็กฝรั่ง

15.1 ข้อมูลทั่วไป⁽⁵⁶⁾

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Cassia floribunda* Hort.

วงศ์ : CAESALPINACEAE (LEGUMINOSAE)



ชื่ออื่น : จี้เหล็กอเมริกัน American cassia, Golden wonder

ไม้พุ่ม สูง 1-9 เมตร ใบเป็นใบประกอบ มีใบย่อย 10 – 15 คู่ รูปร่างรียาว ขาว 2.5 –5 ซม. ปลายใบแหลม มีต่อมอยู่ระหว่างใบย่อย ดอกสีเหลือง ขนาดประมาณ 1.25 –1.5 ซม. มีก้านดอกขาว ดอกออกเป็นช่อ ขาวประมาณ 30 ซม. กลีบดอก 5 กลีบ ขนาดไม่เท่ากัน เกสรตัวผู้ 10 อัน เป็นหมัน 3 อัน ผล เป็นฝักทรงกระบอกยาวประมาณ 15 ซม. เมื่อแก่แตกเป็น 2 ซีก เมล็ดสีน้ำตาลเป็นมัน

ประโยชน์ : ปลูกเป็นไม้ให้ร่มริมทาง

16 ตะแบก

16.1 ข้อมูลทั่วไป^(52,59-60)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Lagerstroemia calyculata* Kurz.

วงศ์ : LYTHRACEAE



ชื่ออื่น : ตะแบก, เปลือย, ปิวข (เหนือ), ตะแบกหนัง, ตะแบกใหญ่, เปลือยขาว, เปลือยคาง, เปลือยคู่ย, เปลือยน้ำ, อ้าย (สุราษฎร์ธานี)

ไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ เปลือกเกลี้ยง มีกระสีขาวทั่วไป เกิดตามป่าเบญจพรรณทั่ว ๆ ไป ใบเดี่ยวรูปขอบขนาน ดอกช่อ สีม่วงแดงเข้มขาว ผลรูปลูกข่างเป็นช่อ นิยมปลูกริมทาง ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด

ประโยชน์ : เปลือกต้น มีรสฝาด ใช้แก้บิด มูกเลือด แก้กษัย

17 รกฟ้า

17.1 ข้อมูลทั่วไป^(47,52)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Terminalia alata* Heyne ex Roth.

วงศ์ : COMBRETACEAE



ชื่ออื่น : สกฟ้า, กอง (เหนือ, สงขลา), คลี (ตัวข),
จะลึก จะลึก (เขมร), เชือก(อีสาน,
สุโขทัย), สะพิแคล (กะเหรี่ยง-เชียงใหม่),
ชะลึก, เชือก

ไม้ผลัดใบขนาดใหญ่ สูง 20-30 เมตร เส้นรอบวงถึง 200 ซม. เปลือกคันขรุขระ สีเทาถึงสีเทาดำ แตกเป็นร่องลึก เปลือกในสีแดง พบทั่วไปในป่าผลัดใบและป่าเต็งรัง ทั้งใบในช่วงเดือน มกราคม-เมษายน ผลัดใบใหม่ในเดือนมิถุนายนพร้อมดาดอก ใบเป็นใบเดี่ยว รูปขอบขนาน ขนาด 5-10 ซม. ยาว 10-15 ซม. ติดตรงข้ามหรือเยื้องกันเล็กน้อย ดอกเล็กกลีบฐานเหมือนพาน เป็นช่อออกตามง่ามใบ ดอกย่อยสีขาวหรือขาวอมเหลือง ผลกลมแข็งคล้ายลูกสะแก

ประโยชน์ : ไม้เนื้อแข็ง ชัดชักเงาได้ดี ใช้ทำพื้น คาน เฟอร์นิเจอร์ ค้ำเครื่องมือ

เปลือกคันมีรสฝาดฝื่อน ดมน้ำคั้นแก้ท้องร่วง อาเจียน ขับปัสสาวะ บำรุงหัวใจ ชะล้างบาดแผล ทาแผลห้ามเลือด

รากมีรสฝื่อน ใช้ขับเสมหะ

18 มะกอก**18.1 ข้อมูลทั่วไป^(52,59)**

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Spondias pinnata* Kurtz., *S. mangifera* Willd.

วงศ์ : ANACARDIACEAE



ชื่ออื่น : กอกก๊วก(เข็ชงราช), กอก(ใต้),
กอกหมอง(เงี้ยว), มะกอกบ้าน,
ไผ่ย(กะเหรี่ยง-กาญจนบุรี),
Hog plum, Wild mango

ไม้ยืนต้นขนาดกลาง ลำต้นกลมตั้ง
ตรง ใบประกอบรูปหอกปลายแหลม ดอก
ช่อสีขาว ผลกลมรูปไข่ เมื่อแก่สุกสีเหลือง

จอมเขียว เปลือกนํมเนื้อเปื่อย เมล็ดกลมโตแข็ง เกิดตามป่าดงดิบแล้งทั่วไป ปลูกเป็นอาหาร ขยายพันธุ์
ด้วยเมล็ด

ประโยชน์ : ใบ ราก ผล และเปลือกต้น มีรสฝาด ใช้ประโยชน์ทางยา

เมล็ดนำมาสุไฟ แห่น้ำคั้นแก้ร้อนใน แก้หอบ แก้สะอึก

19 ทะโล้

19.1 ข้อมูลทั่วไป^(47,52)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Schima wallichii* Choisy

วงศ์ : THEACEAE



ชื่ออื่น : สารภีคอย คายโซ่ มังกะตาล มังตาน

ไม้ต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ลำต้นตรง

สูง 15-25 เมตร ขนาดวัดรอบลำต้นได้ถึง 1.5 เมตร

เปลือกนอกขรุขระ มักแตกเป็นร่องลึกตามยาว สีเทาปนน้ำตาลอ่อน เปลือกในสีน้ำตาลอมแดง มีเส้นละเอียดสีขาว เป็นพืดต่อผิวหนัง พบมากในป่าดิบชื้น และป่าเบญจพรรณทั่วไปตามเขา มีมากทางภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ของประเทศ ใบเป็นใบเดี่ยวรูปหอก ออกตามปลายกิ่ง โคนและปลายใบสอบเรียว ขอบใบเรียบ หรือบางทีหยักคั่น ๆ ท้องใบและเส้นกลางใบมีขนขึ้นประปราย ดอกสีขาวหรือขาวนวล ออกเดี่ยว ๆ ตามง่ามใบ กลิ่นหอม ก้านดอกยาว ผลค่อนข้างกลม ผิวแข็ง โตประมาณ 2.5-3 ซม. เมื่อแก่เป็นสีน้ำตาลเข้มและจะแตกออกตามรอยประสานเป็น 4-5 เลี่ยง

ประโยชน์ : ไม้ได้จากเปลือกใช้เป็นยาสสมอาหาร เนื้อไม้สีน้ำตาลอมแดง ใช้ทำพื้น ฝา และกระดาน

20 กระโดน

20.1 ข้อมูลทั่วไป^(52,56,59, 61)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Careya sphaerica* Roxb.

วงศ์ : BARRINGTONIACEAE



ชื่ออื่น : ปลูก(ใต้เหนือ), ปลูกกระโดน(ใต้), ปลูกขาว, ผ้าฮาด (เหนือ), หูกวาง(จันทบุรี), พุช(ละว้า-เชียงใหม่) ขุข(กะเหรี่ยง-จันทบุรี), แสงจิแห่ สะเงื้อบะ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน), กะนอน(เขมร)

ไม้ยืนต้นขนาดกลาง ผลัดใบระยะต้น ๆ สูง 8-20 เมตร เปลือกหนาสีน้ำตาลปนเทาหรือน้ำตาลดำแตกเป็นสะเก็ดทั่วไป เรือนยอดเป็นพุ่มกลม พบในป่าเบญจพรรณ ป่าแพะ และตามชายห้วยในป่าโล่ง ทั่วทุกภาคของประเทศ ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปไข่กลับ กว้าง 6-12 ซม. ยาว 12-20 ซม. โคนใบสอบแคบเป็นรูปลิ้น เนื้อใบหนา เกือบทั้งสองด้าน ดอกเป็นดอกเดี่ยวตามปลายกิ่ง โต สีเขียวอ่อน ขอบกลีบสีชมพู เกสรตัวผู้สีขาวจำนวนมาก ผลสด รูปทรงกลม แข็ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-7 ซม.

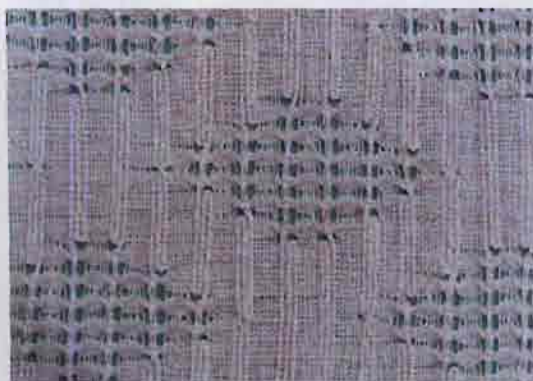
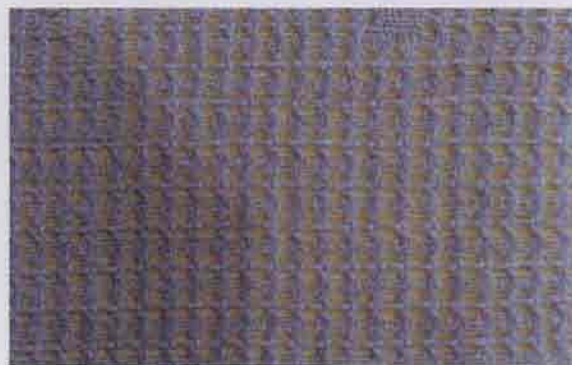
ประโยชน์ : ไม้ใช้ทำบ้านเรือน เรือขุด แฉว พาย ทำหมันอุดร่งไม้ เปลือกใช้ทำเชือก เป็นยาสมุนไพร แก้คลื่นไส้เมื่อย คอก ใช้เป็นยาบำรุงหลังคลอดบุตร ใบใช้รักษาแผลสด ผลช่วยย่อยอาหาร

ภาคผนวกที่ 3

ผ้าทอด้วยด้ายย้อมสีธรรมชาติของโครงการวิจัยฯ

ภาพตัวอย่าง ผ้าที่ทอด้วยด้ายฝ้ายย้อม
สีธรรมชาติจากการทดลองของโครงการ ฯ

การทอ - กลุ่มทอผ้าร่วมโครงการฯ และ
- กลุ่มทอผ้าที่เข้ารับการอบรมภายใต้
แผนงานของโครงการวิจัยนี้











หมายเหตุ : ค่ายลีซมพูที่ใช้ทำลวด
ลายเป็นค่าย้อมสีสังเคราะห์







หมายเหตุ : ด้ายสีต่าง ๆ ที่ใช้ทำจก เป็นด้ายข้อมสีสังเคราะห์ ด้ายจีน เป็นด้าย 10/1 ข้อมด้วยเปลือกแห้ง
 ต้นชูลาลิปดัส ด้ายที่ทำลวดลายบางส่วนเป็นด้ายที่ข้อมด้วยน้ำข้อมหญ้าหวานภาวะต่าง ๆ และด้ายที่ข้อม
 ด้วยน้ำข้อมใบสะเดา

ภาคผนวกที่ 4

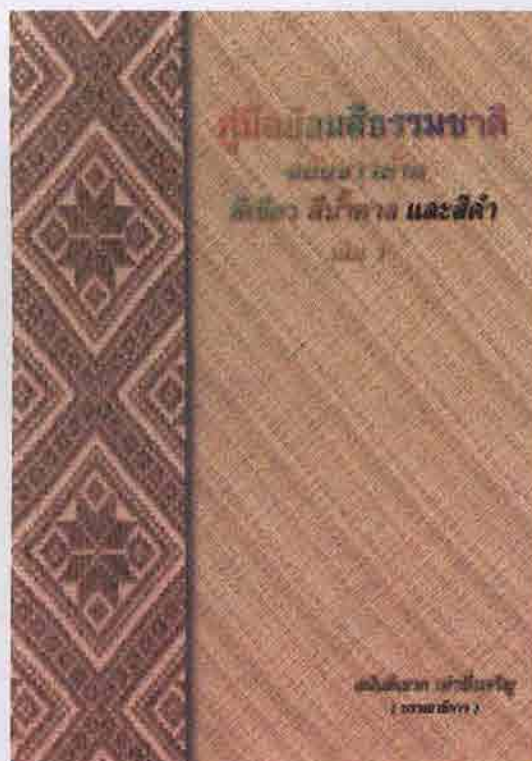
การเผยแพร่ผลงานวิจัย

คณะผู้วิจัยได้รวบรวมผลการวิจัยและจัดทำเป็นหนังสือเพื่อเผยแพร่ผลงานโดยใช้ชื่อหนังสือ
ดังนี้

คู่มือย้อมสีธรรมชาติฉบับชาวบ้าน: สีเขียว สีนํ้าตาลและสีดำ เล่ม 1

หมายเลข ISBN 974-657-285-7

พิมพ์ 4 สี จำนวนหน้า 56 หน้า



ภาคผนวกที่ 5

เปรียบเทียบวัตถุประสงค์กิจกรรมและผลที่ได้

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ทำ	ผลที่ได้
1. สืบค้นข้อมูลวิชาการ - หาข้อมูลเทคนิคเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการย้อมสีผ้า	1. สืบค้นข้อมูลจากตำรา วารสาร ในด้านต่างดังนี้ - ธรรมชาติของเส้นใย และของสี	1. สืบค้นข้อมูลจากตำรา วารสาร ในด้านต่างดังนี้ - ธรรมชาติของเส้นใย และของสี	1. ได้ข้อมูลทางวิชาการสำหรับการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการ
- หาข้อมูลวิธีการวิเคราะห์สารสีในน้ำย้อม	- มอร์แคนท์และสารช่วยอื่น ๆ - ปัจจัยที่มีผลต่อการย้อม - เทคโนโลยีและเทคนิคการย้อม - การทดสอบคุณภาพสี/เส้นใย	- มอร์แคนท์และสารช่วยอื่น ๆ - ปัจจัยที่มีผลต่อการย้อม - เทคโนโลยีและเทคนิคการย้อม - การทดสอบคุณภาพสี/เส้นใย	2. ได้ข้อสรุปและแนวทางในการทำการทดลอง การแก้ปัญหาและอุปสรรคของงานวิจัย
2 ศึกษากระบวนการย้อมปัจจุบัน	1. บันทึกขั้นตอนการย้อมปัจจุบันของกลุ่มทอผ้า 2. วิเคราะห์ข้อมูล หาจุดแข็งและจุดอ่อน 3. กำหนดความสำคัญของปัญหา	1. บันทึกขั้นตอนการย้อมปัจจุบันของกลุ่มทอผ้าร่วมโครงการ จำนวน 4 กลุ่ม ในเขต อ.ฮอด จ. เชียงใหม่	1. ได้ข้อมูลการย้อมปัจจุบัน 2. ได้จุดแข็งและจุดอ่อนของกระบวนการที่กลุ่มทอผ้าใช้อยู่
3. ทดลองหาภาวะที่เหมาะสม - ศึกษาเส้นใย	1. ตรวจสอบบัติกายภาพของเส้นใย 2. การดูดซับมอร์แคนท์	1. ตรวจสอบบัติกายภาพของเส้นใย 2. การดูดซับมอร์แคนท์	1. ค่าการทนแรงดึง 2. ความสามารถในการดูดซับ
- การสกัดวัสดุธรรมชาติให้สีย้อม	1. สกัดสารด้วยน้ำ	1. สกัดสารด้วยน้ำ / เอทานอล	1. ได้น้ำย้อม 2. ภาวะการสกัด
- วิเคราะห์ทางเคมี	1. แยกสารสี 2. วิเคราะห์เชิงปริมาณสารสี	1. แยกสารสี โดยวิธี TLC และวิธี column chromatography 2. วิเคราะห์เชิงปริมาณสารสี	1. ทราบว่ามีกลุ่มสารสีใด 2. ส่วนประกอบสารให้สี
- หาค่า λ_{max}	1. วัดการดูดกลืนแสงที่ λ ต่าง ๆ 2. ผลของอุณหภูมิต่อค่า λ_{max} , A	1. วัดการดูดกลืนแสงที่ λ ต่าง ๆ 2. ผลของอุณหภูมิต่อค่า λ_{max} , A	1. ได้สมบัติทางแสงของน้ำย้อม

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ทำ	ผลที่ได้
- ทดลองย้อมเส้นใยฝ้ายและ/หรือผ้าคีนด้วยสีย้อมธรรมชาติ	<u>วัตถุดิบธรรมชาติหลักที่เลือกใช้</u> สีเขียว: สะเดา, ยูคาลิปตัส สีน้ำตาล: พุทรา, มะพร้าว สีดำ: มะเกลือ, สาบเสือ, หมากนระ	สีเขียว: หญ้าหวาน, ตัวแดง, สาบเสือ สีน้ำตาล: สะเดา, ยูคาลิปตัส, มะพร้าว สีดำ: เปลือกต้นยูคาลิปตัส, มะเกลือ, สาบเสือ, หมากนระ, พุทรา	
ก. ผลของอุณหภูมิ	1. ทำการย้อมสีที่อุณหภูมิต่าง ๆ	1. ทำการย้อมสีที่อุณหภูมิต่าง ๆ	1. ได้อุณหภูมิที่เหมาะสม
	2. วิเคราะห์สีในน้ำย้อม	2. วิเคราะห์สีในน้ำย้อม	
	3. เก็บเส้นใยเพื่อการวิเคราะห์	3. เก็บเส้นใยเพื่อการวิเคราะห์	
ข. ผลของเวลา	1. ทำการย้อมสีที่เวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิคงที่	1. ทำการย้อมสีที่เวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิคงที่	1. ได้เวลาที่เหมาะสม
	2. วิเคราะห์สีในน้ำย้อม	2. วิเคราะห์สีในน้ำย้อม	
	3. เก็บเส้นใยเพื่อการวิเคราะห์	3. เก็บเส้นใยเพื่อการวิเคราะห์	
ค. ผลของมอร์แดนต์ - ชนิดของมอร์แดนต์ - วิธีการใช้	1. ทำการย้อมสีที่เวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิคงที่ โดยใช้มอร์แดนต์ต่างชนิดกันและใช้วิธีการต่าง ๆ	1. ทำการย้อมสีที่เวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิคงที่ โดยใช้มอร์แดนต์ต่างชนิดกันและใช้วิธีการต่าง ๆ	1. ได้มอร์แดนต์ที่เหมาะสมและวิธีการใช้มอร์แดนต์
	2. วิเคราะห์สีในน้ำย้อม	2. วิเคราะห์สีในน้ำย้อม	
	3. เก็บเส้นใยเพื่อการวิเคราะห์	3. เก็บเส้นใยเพื่อการวิเคราะห์	
ง. ผลของสารช่วยย้อม	1. ทำการย้อมสีที่เวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ และมอร์แดนต์คงที่	1. ทำการย้อมสีที่เวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ และมอร์แดนต์คงที่	1. ได้ผลของสารช่วยย้อมและปริมาณที่เหมาะสม (ทำเฉพาะหญ้าหวาน)
	2. วิเคราะห์สีในน้ำย้อม	2. วิเคราะห์สีในน้ำย้อม	
	3. เก็บเส้นใยเพื่อการวิเคราะห์	3. เก็บเส้นใยเพื่อการวิเคราะห์	
- การทดสอบสี	1. ทดสอบการซักและการติดสี	1. ทดสอบการซักและการติดสี	1. ได้ความคงทนของสี 2. ได้ข้อมูลกายภาพของเส้นใยย้อมสี
	2. ทดสอบความคงทนต่อแสง	2. ทดสอบความคงทนต่อแสง	
	3. ทดสอบความคงทนต่อการถู	3. ทดสอบความคงทนต่อการถู	
	4. วัดความทนแรงดึง	4. วัดความทนแรงดึง	
	5. วัดสีที่ได้	5. วัดสีที่ได้	
4. การขยายขนาดและการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาคุณภาพ	1. ขยายขนาด	1. ขยายขนาด	1. ได้ต้นแบบใช้งานจริง
	2. ทดสอบการย้อมและสีที่ย้อมได้	2. ทดสอบการย้อมและสีที่ย้อมได้	

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ทำ	ผลที่ได้
5. ทดสอบภาคสนาม	1. ถ่ายทอดเทคโนโลยี	1. ถ่ายทอดเทคโนโลยี	1. ได้ผลการใช้จริง
	2. ทดลองโดยกลุ่มทอผ้า	2. ทดลองโดยกลุ่มทอผ้า	2. ได้ปัญหาอุปสรรค
	3. ทดสอบสีและเปรียบเทียบผล	3. ทดสอบสีและเปรียบเทียบผล	ในเชิงปฏิบัติ
6. จัดทำเอกสารคู่มือ	1. จัดทำรายละเอียดขั้นตอน	1. จัดทำรายละเอียดขั้นตอน	1. ได้หนังสือ "คู่มือการ
	2. จัดพิมพ์และทำเป็นรูปเล่ม	2. จัดพิมพ์และทำเป็นรูปเล่ม	เยี่ยมชมธรรมชาติ
			ฉบับชาวบ้าน เล่ม 1"
7. การจัดอบรมและการถ่ายทอดเทคโนโลยี	1. จัดการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ	1. จัดการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ	1 จัดอบรม 2 ครั้ง
	2. ส่งเอกสารให้กลุ่มทอผ้าต่าง ๆ	2. ส่งเอกสารให้กลุ่มทอผ้าต่าง ๆ	รวม 42 คน 26 กลุ่ม 2. จัดส่งหนังสือคู่มือเยี่ยมชมให้แก่ - กลุ่มทอผ้า 90 กลุ่ม - ห้องสมุด โรงเรียนต่าง ๆ รวม 104 แห่ง - ห้องสมุดสถาบันราชภัฏ, วิทยาลัยเทคนิค สถาบัน เทคโนโลยีราชมงคล และ มหาวิทยาลัย รวม 100 แห่ง