



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์)

ปริญญา

คหกรรมศาสตร์

คหกรรมศาสตร์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การย้อมไหมด้วยสีแอซิดโดยใช้เครื่องย้อมใจ้าย มก.3

Dyeing Silk with Acid Dye by Using the KU.3 Yarn Dyer

นามผู้วิจัย นางสาวทัศนวลัย คำนวนสิน

ได้พิจารณาเห็นชอบ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุธีลักษณ์ ไกรสุวรรณ, ปร.ค. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิจรัส ภิรมย์ธรรมศิริ, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุธีลักษณ์ ไกรสุวรรณ, ปร.ค. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

สิงสิงณี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การย้อมไหมด้วยสีแอซิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3

Dyeing Silk with Acid Dye by Using the KU.3 Yarn Dyer

โดย

นางสาวทัศนวลัย คำนวนสิน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทัศนวลัย คำนวนสิน 2554: การข้อมใหม่ด้วยสีแอลคิดโดยใช้เครื่องข้อมใจด้าย มก.3  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์) สาขาหกรรมศาสตร์ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรฉัตรลักษณ์ ไกรสุวรรณ, ปร.ด. 45 หน้า

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ลักษณะสีของเส้นไหมที่ข้อมด้วยสีแอลคิด 2) ผลของปริมาณไหมที่ข้อมต่อสีของเส้นไหมที่ได้ 3) ความคงทนของสีต่อการซักของเส้นไหมที่ได้ และ 4) ผลของปริมาณไหมที่ข้อมต่อความคงทนของสีเส้นไหม ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มีปัจจัยในการทดลองคือ ปริมาณไหมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ทดลองข้อมโดยใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำข้อม 1: 30 ใช้สี 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไหม ข้อมที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 80 นาที ทำการวัดและวิเคราะห์ค่าสี และค่าความคงทนของสีต่อการซัก

ผลการศึกษาลักษณะสีของเส้นไหม พบว่า สีของไหมมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) อยู่ระหว่าง 38.55 – 39.38 ค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) อยู่ระหว่าง 2.43 – 2.62 ค่าความเป็นสีน้ำเงิน ( $b^*$ ) อยู่ระหว่าง (-34.10) – (-35.20) ค่าความสดใส ( $C^*$ ) อยู่ระหว่าง 34.94 - 35.29 และค่าสี ( $H^*$ ) อยู่ระหว่าง 274.03 – 274.22 แสดงว่าสีที่ได้เป็นสีน้ำเงินค่อนข้างเข้มและสดใส ปริมาณของไหมที่ใช้ข้อมไม่มีผลต่อค่าสี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สีของเส้นไหมมีความสม่ำเสมอดี ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม ระหว่างใจด้ายตัวอย่างในแต่ละการทดลองมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย การศึกษาความคงทนของสีต่อการซักของเส้นไหมที่ข้อมได้ พบว่าปริมาณของไหมที่ข้อมไม่มีผลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงสี และค่าการเปื้อนสี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระดับความคงทนของสีอยู่ที่ระดับดีมาก

ผลการศึกษาแสดงว่าเครื่องข้อมใจด้าย มก.3 มีประสิทธิภาพดีสามารถข้อมไหมได้ในทุกปริมาณ โดยให้ค่าสีที่ไม่แตกต่างกัน มีสีที่สม่ำเสมอ มีความคงทนของสีอยู่ในระดับดีมาก จึงเหมาะสำหรับนำไปใช้ในชุมชน เพื่อเป็นการพัฒนากระบวนการข้อมของกลุ่มผู้ผลิตสิ่งทอพื้นเมืองต่อไป

Tadsanawalai Kamnuansin 2011: Dyeing Silk with Acid Dye by Using the KU.3 Yarn Dyer. Master of Science (Home Economics), Major Field: Home Economics, Department of Home Economics. Thesis Advisor: Assistant Professor Suteeluk Kraisuwan, Ph.D. 45 pages.

The objectives of this research were to study 1) the color characteristics of acid dyed silk 2) the effects of silk quantity on the color values of the dyed silk 3) the colorfastness to washing of the dyed silk 4) the effects of silk quantity on the colorfastness of the dyed silk. Dyeing experiments were performed according to the Completely Randomized Design. The independent factor consisted of four different quantities of silk. Dyeing was performed with a liqo ratio of 1:30, dye concentration of 5 percent on weight of silk, temperature at 90 °C for 80 minutes. The color values, and colorfastness to washing were measured and analyzed.

It was found that the lightness (L\*) values of the dyed silk were between 38.55 -39.38 ; the redness (a\*) values were between 2.43 – 2.62 ; the bluness (b\*) values were between (-34.10) – (-35.20) ; the brightness (C\*) values were between 34.94 -35.29 ; and the hue (h\*) degrees were between 274.03 – 274.22. The color obtained was bright dark blue. And it was also found that the quantity of silk had no significant effect on the color values at .05 level. The total color difference values between each pair of the experimental silk skeins were low. The study on colorfastness to laundering of the dyed silk revealed that the quantity of silk had no significant effect on the color change and the color staining values at .05 level. The colorfastness was at a very good level.

The results of this study showed that the KU.3 yarn dyer had a good efficiency in dyeing silk yarn in any quantity. Moreover, it also provided a good levelness and colorfastness. It is therefore recommended to be used in communities to further improve the quality of dyeing silk of local silk producers.

---

Student's signature

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จากความอนุเคราะห์และความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสิทธิ์ ไรกรสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขจีจรัส ภิรมย์ธรรมศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี ไทยพานิช ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และ ดร. ศศิประภา รัตนคิดถน ภูเก็ต ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไขปรับปรุง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ อบรมสั่งสอนอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ขอขอบคุณบุคลากร เจ้าหน้าที่ และเพื่อนๆ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่าง ๆ จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด คุณประโยชน์และคุณค่าที่ได้รับจากการศึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตเวทิตาแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ทัศนวลัย คำนวนสิน

เมษายน 2554

## สารบัญ

## หน้า

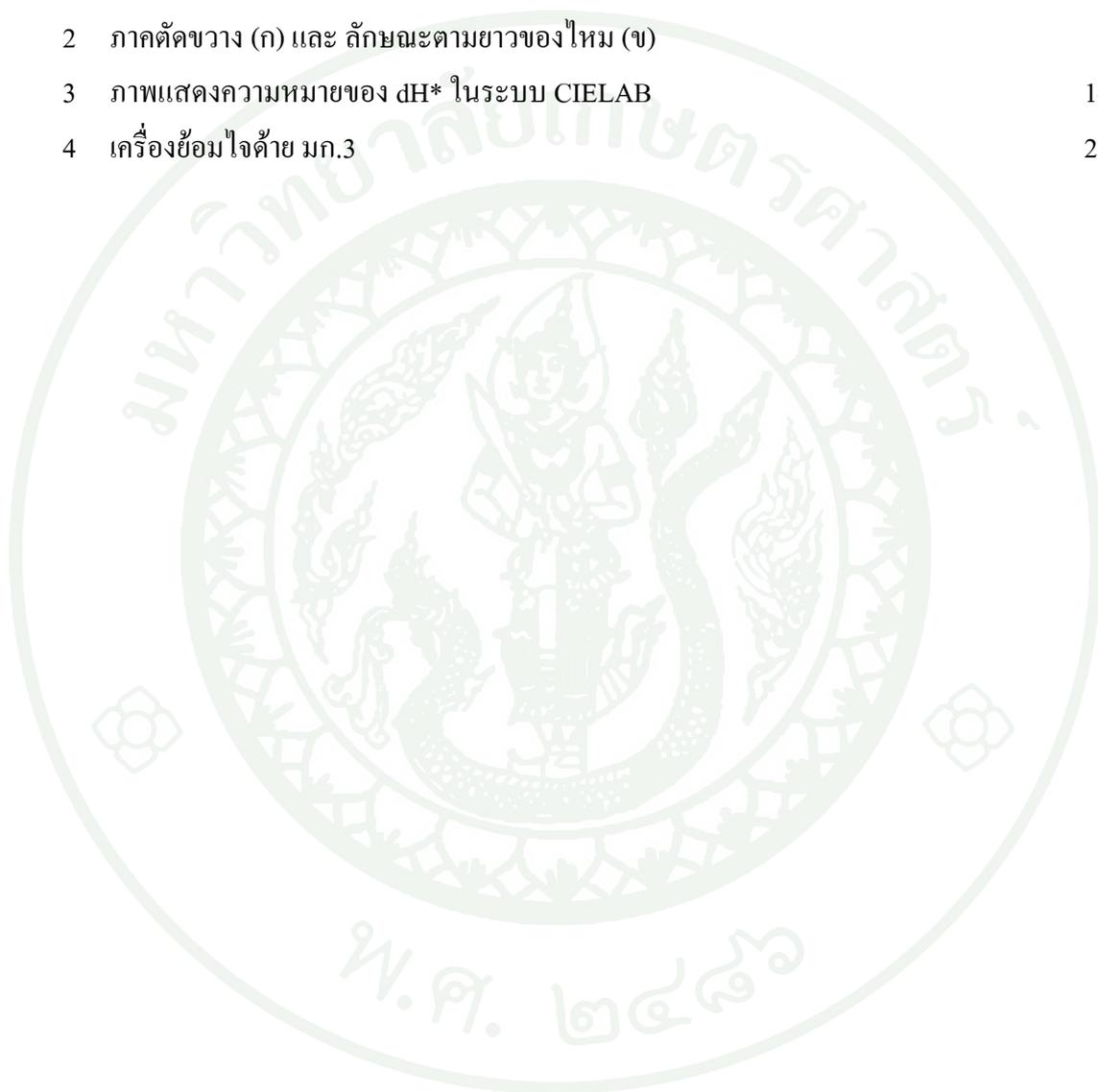
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	19
อุปกรณ์	19
วิธีการ	22
ผลและวิจารณ์	27
สรุปและข้อเสนอแนะ	37
สรุป	37
ข้อเสนอแนะ	40
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	42
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	45

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงสภาวะที่ใช้ในการทดสอบชัก	16
2 ค่าเฉลี่ย $L^*$ $a^*$ $b^*$ $C^*$ และ $h^*$ ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอตติคโดยใช้เครื่องย้อม ใจด้าย มก.3	27
3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า $L^*$ $a^*$ $b^*$ $C^*$ และ $h^*$ ของไหมทดลองย้อม ด้วยสีแอตติคโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3	29
4 ค่า $dE^*$ ของใจไหมตัวอย่างที่ย้อมโดยใช้ไหมหนัก 0.5 กิโลกรัม	32
5 ค่า $dE^*$ ของใจไหมตัวอย่างที่ย้อมโดยใช้ไหมหนัก 1.0 กิโลกรัม	32
6 ค่า $dE^*$ ของใจไหมตัวอย่างที่ย้อมโดยใช้ไหมหนัก 1.5 กิโลกรัม	33
7 ค่า $dE^*$ ของใจไหมตัวอย่างที่ย้อมโดยใช้ไหมหนัก 2.0 กิโลกรัม	33
8 ค่าเฉลี่ย $dE^*$ ของการเปลี่ยนสี และค่าเฉลี่ย $dE^*$ ของการเบือนสี ของไหมทดลอง ย้อมด้วยสีแอตติคโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3	34
9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า $dE^*$ ของการเปลี่ยนสี และค่า $dE^*$ ของ การเบือนสี ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอตติคโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3	35

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 การต่อตัวเป็นโซ่ยาวของโมเลกุลไหม	5
2 ภาคนัดขวาง (ก) และ ลักษณะตามยาวของไหม (ข)	5
3 ภาพแสดงความหมายของ $dH^*$ ในระบบ CIELAB	14
4 เครื่องมือวัดใยผ้า มก.3	20



## การย้อมไหมด้วยสีแอซิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3

### Dyeing Silk with Acid Dye by Using the KU.3 Yarn Dyer

#### คำนำ

ไหมเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มนุษย์รู้จักนำมาใช้ประโยชน์เป็นเวลานานนับพันปีมาแล้ว จัดอยู่ในกลุ่มของเส้นใยโปรตีน ที่เหมาะสำหรับการนำมาทำเสื้อผ้า เพราะเมื่อสวมใส่แล้วให้ความรู้สึกสบาย สวยงาม ดูหรูหรา และมีความทนทาน (มณฑา, 2541) ลักษณะโดยทั่วไปของเส้นใย มีความเงามัน ผิวเรียบ มีรูปร่างหน้าตัดเป็นรูปสามเหลี่ยมมน เส้นใยมีสีเหลืองจนถึงสีขาว ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ มีความเหนียวและยืดหยุ่นดี สามารถดูดความชื้นได้สูง (ขจีจรัส, 2551)

สีสันทันเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรกที่ต้องดูความสนใจของผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ (ภักดิ์, 2550) ดังนั้นการย้อมสีผ้าไหมจึงเป็นการเพิ่มความสวยงามและทำให้ผ้าไหมน่าใช้มากยิ่งขึ้น การย้อมสีไหมนิยมย้อมขณะที่เป็นเส้นด้าย ก่อนที่จะนำไปทอเป็นผืนผ้า หรืออาจจะทอเป็นผืนผ้าแล้วจึงนำมาย้อมก็ได้ สีย้อมที่นิยมนำมาย้อมเส้นไหมมีอยู่หลายประเภท ได้แก่ สีแอซิด สีรีแอคทีฟ และสีเบสิค สีแต่ละประเภทมีคุณสมบัติและความคงทนแตกต่างกัน (นฤมล, 2548) การย้อมสีเพื่อให้ไหมติดสีอย่างสม่ำเสมอ สวยงาม คงทนและใช้งานได้นาน จะต้องมีการควบคุมสภาวะการย้อม ได้แก่ เวลา อุณหภูมิ และการใช้สารช่วยย้อมให้เหมาะสม เพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดติดสีย้อมของเส้นไหม ซึ่งจำเป็นต้องมีมาตรฐานในการชั่ง ตวง วัด เพื่อให้ได้เจดสีตามต้องการและให้ผลการย้อมที่เหมือนเดิม (งามจิตร, 2548)

สีแอซิดเป็นสีที่มีกระบวนการย้อมที่ง่าย มีราคาถูก หาซื้อได้ง่ายและมีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป ดังนั้นกลุ่มผู้ผลิตสิ่งทอพื้นเมืองส่วนใหญ่จึงนิยมใช้สีแอซิดสำเร็จรูปในการย้อมไหม แต่เนื่องจากกลุ่มผู้ผลิตสิ่งทอพื้นเมืองยังมีปัญหาในการควบคุมสภาวะการย้อม มีวิธีการย้อมและอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม จึงทำให้สีผ้าไหมที่ได้ไม่มีคุณภาพ สีไม่ตรงตามความต้องการหรือย้อมได้สีไม่เหมือนเดิม

จากการศึกษาของ ขจีจรัส และคณะ (2553) เครื่องย้อมเส้นด้ายเพื่อการผลิตสิ่งทอพื้นเมือง มีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการพัฒนากระบวนการย้อมสีให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น จึงได้พัฒนาเครื่องย้อมใจด้ายขึ้นและมีการปรับปรุงแก้ไขจุดอ่อน จนได้เครื่องย้อมใจด้าย รุ่นที่ 3 (เครื่องย้อมใจด้าย มก.3)

จากการศึกษาของ Kasembunyakorn *et al.* (2010) ในการทดลองย้อมไหมด้วยเครื่องย้อมใจด้าย มก.2 ซึ่งเป็นเครื่องที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ค่อนข้างดี มีกึ่งใส่ใจด้ายที่หมุนโดยอัตโนมัติ และใช้แก๊สให้ความร้อน ย้อมไหมหนัก 2 กิโลกรัมด้วยสีแอตลิต โดยใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อม 1:30 ระยะเวลาในการย้อม 110 นาที อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส พบว่าค่าของสีที่ย้อมได้ใกล้เคียงกับสีไหมที่ย้อมด้วยเครื่องย้อมมาตรฐาน อย่างไรก็ตามเครื่องย้อมใจด้าย มก.2 ยังไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยอัตโนมัติ ขจีจรัสและคณะ (2553) จึงได้พัฒนาเครื่องย้อมใจด้าย มก.3 เพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้อัตโนมัติ

ดังนั้นการศึกษาย้อมไหมด้วยสีแอตลิตโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 ที่เพิ่มระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาลักษณะสีและความคงทนของสีต่อการซักของด้ายไหมที่ได้ อันเป็นหัวใจของการพัฒนาเครื่องย้อมใจด้ายให้สามารถย้อมเส้นด้ายไหมที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์สำหรับการย้อมเส้นด้ายไหมในระดับชุมชน และเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายระดับชุมชนต่อไป อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการพัฒนาและควบคุมคุณภาพสิ่งทอพื้นเมืองให้เป็นที่ยอมรับมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ได้ผ้าไหมที่มีคุณภาพและพัฒนาลิขสิทธิ์พื้นเมืองของไทยให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศมากยิ่งขึ้น อันจะนำไปสู่การสร้างรายได้ที่มั่นคงแก่ผู้ผลิตสิ่งทอพื้นเมืองต่อไป

## วัตถุประสงค์

การศึกษาการเชื่อมไหมด้วยสีแอตติคโดยใช้เครื่องเชื่อมใจด้าย มก.3 มีวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้

1. เพื่อศึกษาลักษณะสีของเส้นไหมที่เชื่อมด้วยสีแอตติค
2. เพื่อศึกษาผลของปริมาณไหมที่เชื่อมต่อสีของเส้นไหมที่เชื่อมได้
3. เพื่อศึกษาความคงทนของสีต่อการซักของเส้นไหมที่เชื่อมได้
4. เพื่อศึกษาผลของปริมาณไหมที่เชื่อมต่อความคงทนของสีเส้นไหม

## การตรวจเอกสาร

### ไหม

ไหม ได้รับการขนานนามว่าเป็น “ราชินีแห่งเส้นใย” เพราะไหมเป็นเส้นใยที่มีความสวยงาม ดูหรูหราและมีคุณค่า เนื่องจากไหมมีความเงามัน นุ่มนวล ทิ้งตัวดี ดูดซับความชื้นได้ดี และมีพื้นผิวเรียบ ทำให้ฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรกเปื้อนติดได้ยาก นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรงสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยธรรมชาติอื่น ๆ จึงทำให้ไหมได้รับความนิยมตลอดกาล อย่างไรก็ตาม ไหมมีการคืนตัวจากแรงอัดต่ำเมื่อเปียก (low wet resiliency) จึงทำให้ผ้าไหมยับง่ายเมื่อเปียกหรือเมื่อผ่านการซัก และดูแลรักษายาก (สถาบันวิจัยหม่อนไหม, 2535)

ไหมจัดเป็นเส้นใยโปรตีน มีโปรตีนที่เรียกว่า ไฟโบรอิน (fibroin) ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนประมาณ 15 ชนิด เช่น ไกลซีน (glycine) อะลานีน (alanine) เซรีน (serine) ไทโรซีน (tyrosine) เป็นต้น โดยจะเกาะเข้าด้วยกันเป็นโซ่โพลีเปปไทด์ (polypeptide chain) (นวลแข, 2542)

ไฟโบรอิน ประกอบไปด้วยธาตุที่สำคัญคือ C H O N และ S ซึ่งมีปริมาณน้อยมาก ลักษณะเป็นลูกโซ่โมเลกุลยาว (ภาพที่ 1) ไหมเป็นเส้นใยที่มีความยาวต่อเนื่อง มีความเงามัน ผิวเรียบแต่ไม่สม่ำเสมอ มีรูปร่างหน้าตัดเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมมน (ภาพที่ 2) มีความยาวโดยทั่วไปประมาณ 1,300-2,000 ฟุต มีสีตั้งแต่เหลืองไปจนถึงเทา เป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีความแข็งแรงมากที่สุด (วิระศักดิ์, 2543)



ปฏิกิริยาต่อกรด ไหมไม่ทนต่อกรดโลหะชนิดเข้มข้น เพราะการเรียงตัวของโมเลกุลของไหมจะดูดเอากรดเข้าไปอย่างรวดเร็ว และกรดจะเกาะตัวติดกันแน่น โดยกรดจะทำลายโปรตีนไฟโบรอิน ส่วนกรดอินทรีย์ไม่ทำลายไหม จึงนำมาใช้ในการตกแต่งผ้า ไหมมีความคงทนต่อน้ำยาซักแห้งและสารลบรอยเปื้อน (นวลแข, 2542)

ความคงทนต่อแสงแดดและอื่นๆ ไหมไม่ทนต่อแสงแดด จะทำให้เส้นใยเสื่อมคุณภาพ เนื่องจากออกซิเจนในอากาศจะทำให้ไหมแยกตัวและลดความเหนียวลง จึงควรเก็บไว้ให้มิดชิดไม่ให้อากาศเข้าไปได้ (นวลแข, 2542)

ไหมนำไฟฟ้าได้ไม่ดี จึงทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตได้ง่าย ไหมนำความร้อนได้น้อยกว่าใยเซลลูโลส เมื่อทอเป็นผืนผ้าแล้วสวมใส่ ไหมจะร้อนและอุนกว่าใยเซลลูโลส (นวลแข, 2542)

### การย้อมสี

การย้อมสีให้ติดทนสีดีไม่ตก สีจะต้องแทรกซึมเข้าไปในเนื้อของเส้นใยได้ดี เส้นใยที่ย้อมติดสีได้ง่ายจะมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นได้ดี เมื่อย้อมสี ความชื้นหรือความร้อนจะทำให้เส้นใยพองตัวจนมีช่องว่างให้สีแทรกเข้าไปอยู่ในเส้นใยได้มาก โดยสีจะเข้าไปจับกับโมเลกุลภายในเส้นใย เมื่อเส้นใยแห้งสีก็จะติดอยู่ภายใน (นวลแข, 2542)

### กระบวนการติดสีในเส้นใย

ขจีจรัส (2551) อธิบายการติดสีในเส้นใยว่า จะต้องประกอบไปด้วยกระบวนการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การดูดติดที่บริเวณผิวใยของโมเลกุลหรือไอออนสี (dye sorption) จะเกิดได้ดีเมื่อสีและผิวใยผ้ามีประจุตรงข้ามกัน สีและใยผ้ามีสมบัติเหมือนกัน และน้ำสีมีศักย์ภาพทางเคมีสูงกว่าในใยผ้า

2. การแทรกซึมของสีเข้าสู่ใยผ้า (dye diffusion) เกิดได้ดีเมื่อใยมีโครงสร้างภายในหลวม คือ มีส่วนที่ไร้ระเบียบมาก พองบวมด้วยน้ำ ขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนหรือความดัน ใยและสีมีความเข้ากันได้

3. การติดทนในเส้นใยของสี (dye retention) เกิดขึ้นเมื่อสีเกิดการเกาะติดกับพอลิเมอร์ของใยโดยแรงดึงดูดทางกายภาพ พันธะเคมีกับพอลิเมอร์ของใยผ้า การเปลี่ยนเป็นสีที่ไม่ละลายน้ำเมื่อข้อมเสร็จ และการถูกกักอยู่ในเส้นใย

### สีข้อม

ขนิษฐา (2550) อธิบายความหมายของสีข้อม (dyestuffs) ว่าเป็นสีชนิดหนึ่งที่ใช้ในการข้อมเส้นใยของผ้า อาจจะเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ มีลักษณะเป็นผลึกหรือผงละเอียด สีข้อมบางชนิดละลายน้ำได้ บางชนิดจะไม่สามารถละลายน้ำแต่จะละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ได้ เมื่อนำสีข้อมไปใช้ในกระบวนการข้อม จะทำให้โมเลกุลของสีข้อมซึมผ่านเข้าไปในโมเลกุลของเส้นใยโดยจะทำลายโครงสร้างผลึกของวัตถุนั้นชั่วคราว ซึ่งอาจเกิดพันธะไอออนิก (ionic bond) หรือพันธะโควาเลนต์ (covalent bond) กับวัตถุที่ต้องการข้อมโดยตรง สีที่เห็นจากสีข้อมนั้นเกิดจากอิเล็กตรอนในพันธะคู่ซึ่งอยู่ในโมเลกุลของสีข้อมนั้น มีความสามารถดูดกลืนพลังงานในช่วงสเปกตรัมต่างกัน พลังงานแสงที่สายตามองเห็นจะมีความยาวคลื่นช่วง 400 – 700 นาโนเมตร สีข้อมที่มีโครงสร้างทางโมเลกุลต่างกัน จะมีความสามารถในการดูดกลืนพลังงานแสงที่ช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ กันไป ซึ่งสายตาสถาสามารถรับภาพได้ จึงทำให้โมเลกุลสีข้อม ต่างโทนสีกันแสดงสีให้เราเห็นด้วยสายตาสถาออกมาต่างกันไป

ลักษณะของสีข้อมที่ดีควรมีความเข้มข้นสูง สามารถละลายน้ำได้ดีหรือสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ สามารถดึงดูดหรือยึดติดกับเส้นใย มีความคงทนต่อการซักเมื่อนำไปใช้งาน มีความคงทนต่อกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อ ๆ ไป มีความปลอดภัย สะดวกในการใช้งานและมีราคาที่เหมาะสม (ลิลี่, 2548)

### ประเภทของสีข้อม

ชนิดของสีข้อมแบ่งตามแหล่งที่มา แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. สีข้อมธรรมชาติ (natural dyestuffs) เป็นสีข้อมที่มาจากแหล่งธรรมชาติ โดยเฉพาะพืชและสัตว์ สีข้อมที่มาจากส่วนประกอบพืช เช่น ส่วนลำต้น ดอก เปลือก และใบ ตัวอย่างเช่น สีดำจากลูกมะเกลือ สีนํ้าเงินจากต้นคราม สีเหลืองจากเนื้อไม้ไผ่ สีแดงจากดอกกรรณิการ์ สีแดงจากราก

ต้นเข็ม ส่วนสีข้อมที่มาจากสัตว์ เช่น สีแดงของครั่ง และสีม่วงจากหอยสังข์หามาเป็นต้น (ขจิรัฐ, 2549)

2. สีข้อมสังเคราะห์ (synthetic dyestuffs) หรือที่เรียกกันว่าสีเคมี เป็นสีที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นจากสารเคมีเพื่อให้ได้สีที่มีคุณสมบัติตามต้องการ ดังนั้นสีสังเคราะห์จึงเป็นสีที่มีคุณสมบัติเหมาะสำหรับการใช้ข้อมเส้นใยแต่ละประเภท และมีคุณสมบัติแตกต่างกัน (ขจิรัฐ, 2549)

ชนิดของสีข้อมแบ่งตามคุณสมบัติการละลาย แบ่งออกเป็น 2 ชนิด (นวลแข, 2542) คือ

1. สีไม่ละลายน้ำ ได้แก่ สีพิกเมนต์ (pigment) เป็นสีไม่ละลายน้ำต้องใช้สารอื่นช่วย ข้อมได้ง่าย รวดเร็ว ราคาไม่แพง สีจะติดผ้า ด้วยกระบวนการเชิงกล ผ้าที่ข้อมได้เนื้อจะกระด้าง และสีจะหลุดออกได้ง่าย

2. สีละลายน้ำได้ ได้แก่ สีข้อมที่เรียกว่าได (dye) คือสีข้อมที่สามารถละลายน้ำได้ดีหรือละลายในสารละลายอื่นได้ ได้แก่ สีไครเร็กซ์ สีแวต สีอะโซอิก สีแอซิด สีมอร์แดนต์ สีแคตไอออนิก และสีดิสเพิร์ส เมื่อนำมาข้อมผ้า สีสามารถแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยได้ดี

ชนิดของสีข้อมแบ่งตามกรรมวิธีข้อม การจำแนกสีข้อมนิยมแยกตามการนำไปใช้ เพราะต้องมีความคงทนต่อการซัก มีความคงทนต่อแสงและยังต้องมีความคงทนต่อความร้อนโดยสีข้อมแต่ละประเภทจะมีสูตรโครงสร้างทางเคมี คุณสมบัติของสีข้อม และวิธีใช้ที่แตกต่างกันไป (ขนิษฐา, 2550ก) ดังนั้นการเลือกใช้สีข้อมจึงมีความสำคัญอย่างมากในการข้อมสี เพราะวัสดุที่ต้องการข้อมอาจสามารถข้อมด้วยสีข้อมเพียงชนิดเดียวหรือข้อมด้วยสีข้อมหลายชนิดที่ต่างชนิดกันได้ เช่น เส้นใยเซลลูโลสส่วนใหญ่จะข้อมด้วยสีไครเร็กซ์ เป็นต้น ในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมได้จำแนกสีข้อมตามวิธีใช้ออกเป็น 11 ประเภท (ขนิษฐา, 2550ก) คือ

1. สีแอซิด (acid dye) เกิดจากสารประกอบอินทรีย์ ละลายน้ำได้ดี เมื่อละลายน้ำมีประจุลบ กลไกในการติดสีเกิดเป็นพันธะไอออนิก ใช้ข้อมเส้นใยโปรตีน ข้อมได้ดีในสภาพเป็นกรดเจือจาง สีแอซิดบางสีสามารถนำไปใช้ข้อมเส้นใยเซลลูโลส เช่น ปอ ป่าน และไนลอนได้ วิธีการใช้จะนำสีข้อมที่เกิดจากสารประกอบอินทรีย์ไปละลายน้ำข้อมที่เป็นกรดหรือเป็นกลาง สีแอซิดไม่ทนต่อการซัก และเหม็น (ขนิษฐา, 2550ก)

2. สีไคเร็กต์ (direct dye) ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอะโซ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีหมู่กรดซัลโฟนิกที่ทำให้ตัวสีสามารถละลายน้ำได้ มีประจุลบ นิยมใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลส สีจะติดเส้นใยได้โดยโมเลกุลของสีจะจัดเรียงตัวแทรกอยู่ในระหว่างโมเลกุลเส้นใย และยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน สีไม่ทนต่อการซักน้ำ สีตกง่ายแต่ทนต่อแสงดี (ขนิงฐา, 2550ก)

3. สีเบสิก (basic or cationic dye) สีย้อมชนิดนี้เมื่อละลายน้ำจะมีประจุบวก นิยมใช้ย้อมเส้นใยโปรตีน ไนลอน และใยอะคริลิก ในขณะที่ย้อมโมเลกุลของสีส่วนที่มีประจุบวกจะยึดจับกับโมเลกุลของเส้นใย เป็นสีที่ติดทน ไม่ควรใช้ย้อมเส้นใยธรรมชาติเพราะจะไม่ทนการซักและแสง (ขนิงฐา, 2550ก)

4. สีดิสเพอร์ส (disperse dye) เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำแต่มีสมบัติการกระจายตัวได้ดี สามารถย้อมเส้นใยอะซิเตท โพลีเอสเตอร์ ไนลอน และอะคริลิกได้ดี การย้อมจะใช้สารนำพา (carrier) เพื่อช่วยเร่งอัตราการดูดซึมของสีเข้าไปในเส้นใยหรือย้อมโดยใช้อุณหภูมิ และความดันสูง สีดิสเพอร์สเป็นสีที่มีความคงทนต่อแสงและสารซักฟอกค่อนข้างดี แต่สีจะซีดถ้าถูกควันทันหรือแก๊สบางชนิด เช่น แก๊สไนตรัสออกไซด์ สีดิสเพอร์สแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม โดยพิจารณาจากหมู่เคมีในตัวสีย้อม ได้แก่ สีย้อมเอโซ (azo dyes) และสีย้อมแอมมิโน แอนทราควิโนน (amino anthraquinone) ซึ่งทั้ง 2 กลุ่ม ประกอบด้วยอนุพันธ์ของเอทานอลามีน (ethanolamine;  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ) หรืออนุพันธ์ที่คล้ายคลึงกัน (ขนิงฐา, 2550ก)

5. สีรีแอคทีฟ (reactive dye) เป็นสีที่ละลายน้ำได้ มีประจุลบ เมื่ออยู่ในน้ำจะมีสมบัติเป็นด่าง สีย้อมชนิดนี้เหมาะกับการย้อมเส้นใยเซลลูโลสมากที่สุด โมเลกุลของสีจะยึดจับกับหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ของเซลลูโลสและเชื่อมโยงติดกันด้วยพันธะโควาเลนต์ในสภาวะที่เป็นด่าง กลายเป็นสารประกอบเคมีชนิดใหม่กับเซลลูโลส สีรีแอคทีฟมี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ย้อมติดที่อุณหภูมิสูง 70-75 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ย้อมติดที่อุณหภูมิต่ำ สีรีแอคทีฟให้สีที่สดใส และสีติดทนในทุกสภาวะ (ขนิงฐา, 2550ก)

6. สีอะโซอิก (azoic dye) เป็นสีย้อมที่ไม่สามารถละลายน้ำ การที่สีจะติดอยู่ในเส้นใยต้องย้อมด้วยสารประกอบฟีนอลซึ่งละลายน้ำได้ก่อน แล้วย้อมทับด้วยสารไดอะโซคอมโปเนนท์จึงจะเกิดเป็นสีได้ ซึ่งเป็นกระบวนการรวมตัวของสี (coupling) สีอะโซอิกใช้ย้อมได้ทั้งเส้นใยเซลลูโลส ไนลอน หรืออะซิเตท สีอะโซอิกเป็นสีที่ทนต่อการซัก แต่ไม่ทนต่อการขัดถู (ขนิงฐา, 2550ก)

7. สีแวต (vat dye) เป็นสีที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ เมื่อทำการย้อมต้องเตรียมน้ำย้อมให้สีแวตละลายน้ำโดยทำปฏิกิริยากับสารรีดิวซ์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ สีแวตจะถูกรีดิวส์ให้กลายเป็นเกลือจึงซึมเข้าไปในเส้นใยได้ เมื่อนำผ้าไปผึ่งในอากาศ สีในเส้นใยจะถูกออกซิไดส์เป็นสีแวต สีย้อมชนิดนี้มีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญอยู่ 2 ชนิด คือ สีอินดิโก (indigoid) และ สีแอนทราควินอยด์ (antraquinoid) (ขนิษฐา, 2550ก)

8. สีมอร์แดนต์ หรือ โครม (mordant or chrome dye) สีย้อมชนิดนี้ต้องใช้สารช่วยติดเข้าไปช่วยเพื่อให้เกิดการติดสีบนเส้นใย สารช่วยติดที่ใช้คือ สารประกอบออกไซด์ของโลหะ เช่น โครเมียม ดิบุก เหล็ก อะลูมิเนียม เป็นต้น สีมอร์แดนต์เป็นสีที่มีโมเลกุลใหญ่ ซึ่งเกิดจากสีมอร์แดนต์หลายโมเลกุลจับกับโลหะแล้วละลายน้ำได้ จึงทำให้ย้อมได้ง่าย ซึ่งใช้ย้อมเส้นใยโปรตีนและเส้นใยพอลิเอไมด์ได้ดี (ขนิษฐา, 2550ก)

9. สีอินเกรน เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ โดยจะเกิดเป็นคอลลอยด์หลังจากเกิดปฏิกิริยากับน้ำ สีย้อมชนิดนี้ใช้สำหรับย้อมผ้า (ขนิษฐา, 2550ก)

10. สีออกซิเดชัน (oxidation dye) เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ จะเกิดเป็นคอลลอยด์หลังจากเกิดปฏิกิริยาในน้ำโดยสีจะติดแน่น อาศัยปฏิกิริยาการตกตะกอนผลึกภายในเส้นใย ใช้สำหรับย้อมผ้าและขนสัตว์ (ขนิษฐา, 2550ก)

11. สีซัลเฟอร์ (sulfur dye) เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อทำการย้อมต้องรีดิวซ์สีเพื่อให้โมเลกุลอยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้ แต่สีซัลเฟอร์บางชนิดที่ผลิตออกมาจำหน่ายในรูปที่ถูกรีดิวซ์จะละลายน้ำได้ นิยมนำสีซัลเฟอร์มาย้อมผ้า สีจะติดทน และมีราคาถูก แต่สีอ่อนจะไม่ทนต่อการซัก (ขนิษฐา, 2550ก)

## การวัดค่าสี

### ระบบการวัดสี

มนุษย์สามารถระบุลักษณะสีของวัตถุที่มองเห็น 3 ลักษณะ คือ

1. Hue หมายถึง สีที่ปรากฏให้เห็น เช่น สีแดง สีเขียว สีนํ้าเงิน เป็นต้น
2. Value (Lightness) หมายถึง ความสว่างของสี
3. Chroma (Saturation) หมายถึง ความสดใ ส ความเข้ม หรือความบริสุทธิ์ของสี

ระบบการวัดสีในระดับสากลที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ได้แก่

1. ระบบ Munsell มีพื้นฐานในการจัดลำดับสีโดยอาศัยคุณสมบัติการมองเห็นสี 3 ประการ คือ Hue Value และ Chroma โดยระบบ Munsell จะระบุสีของวัตถุโดยใช้ตัวเลขและตัวอักษรในลักษณะ Hue - Value / Chroma ระบบนี้ยังมีข้อบกพร่อง เนื่องจากการบอกลักษณะสียังคงใช้ความคิดประสบการณ์ของแต่ละบุคคล จึงอาจทำให้การบอกลักษณะสีอาจแตกต่างกัน (ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2540)

2. ระบบ CIE เป็นระบบที่ไม่ต้องอาศัยประสบการณ์หรือความคิดของมนุษย์ โดยวัดจากปัจจัยในการมองเห็นสีของมนุษย์ประกอบไปด้วย แหล่งกำเนิดแสง วัตถุมีสี และสายตามนุษย์ โดยวัดปัจจัยทั้ง 3 ออกมาเป็นตัวเลขจึงทำให้มีข้อดี คือ ไม่ขึ้นกับการมองเห็นของแต่ละบุคคล ทำให้ลดปัญหาความขัดแย้งได้ วัสดุออกมาเป็นตัวเลข แม้ขึ้นตัวอย่างจะซีดลง แต่ตัวเลขที่ปรากฏอยู่ก็ทำให้รู้ว่าสีเดิมเป็นสีอะไร ระบบสามารถคำนวณและทำนายสูตรการผสมสีได้ (ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2540)

ระบบ CIE แบ่งออกเป็น 3 ระบบย่อยดังนี้ (ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2540)

2.1 CIE Tristimulus Values เป็นการหาปริมาณการกระจายพลังงานของแหล่งกำเนิดแสง การสะท้อนแสงของวัตถุ และการตอบสนองของตามนุษย์ที่ไวต่อแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน สามารถคำนวณสีหรือระบุสีของวัตถุออกมาเป็นตัวเลข โดยนำค่าทั้งสามที่ได้จากความยาว

คลื่นเดียวกันคุณภาพ และนำมารวมกันตลอดความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ค่า X บอกความเป็นสีแดง ค่า Y บอกความเป็นสีเขียว และ Z บอกความเป็นสีน้ำเงิน

2.2 CIE Chromaticity Coordinates ระบบนี้ยังมีข้อบกพร่อง จึงไม่เป็นการเหมาะที่จะนำค่า Chromaticity Coordinates มาเป็นหลักในการประเมินคุณภาพหรือวัดความแตกต่างของสี

2.3 CIE  $L^* a^* b^*$  (CIELAB) ระบบการระบุสีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางคือ CIELAB 1976 โดยระบุค่าสีเป็นตัวเลข 2 ระบบ คือ ระบบระบุตัวเลขด้วยค่า CIE Tristimulus Values และ CIE Chromaticity Coordinates ดังนี้

$L^*$  ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness)

$L = 0$  หมายถึงสีดำ

$L = 100$  หมายถึงสีขาว

$a^*$  ใช้กำหนดค่าความเป็นสีแดง หรือสีเขียว

$a$  เป็นบวก วัตถุมีสีออกแดง

$a$  เป็นลบ วัตถุมีสีออกเขียว

$b^*$  ใช้กำหนดค่าความเป็นสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

$b$  เป็นบวก วัตถุมีสีออกเหลือง

$b$  เป็นลบ วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

นอกจากนี้ยังมีการเชื่อมค่า  $a$  และ  $b$  เข้ากับ hue และ chroma โดยกำหนด color term อีก 2 ตัวคือ hue angle ( $h^*$ ) และ chroma ( $c^*$ ) โดยค่า hue angle เป็นตัวเลขที่ระบุสีว่ามีสีอยู่ตำแหน่งใดบนกราฟ มีหน่วยเป็นองศา

$h^* = 0$  แสดงว่าเป็นสีแดง

$h^* = 90$  แสดงว่าเป็นสีเหลือง

$h^* = 180$  แสดงว่าเป็นสีเขียว

$h^* = 270$  แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน

ส่วน chroma ( $c^*$ ) เส้นตรงจากจุดกำเนิดที่  $a^* = h^* = 0$  ไปยังตำแหน่งของตัวอย่าง  $C^*$  จะบอกค่าความสดสีของสีที่มีค่าความสว่างหนึ่งๆ (ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2540)

### การวัดความแตกต่างของสี

การบอกความแตกต่างของสี (color differences) โดยใช้สายตามนุษย์ มีจุดอ่อนหลายประการ ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องวัดสีในการบอกความแตกต่างของสี จะทำให้ควบคุมคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ เทียบตรง ช่วยให้การตัดสินใจง่ายขึ้น และลดความขัดแย้งระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย เพราะเครื่องวัดสีสามารถบอกค่าความแตกต่างของสีเป็นตัวเลข การยอมรับและการบอกขนาดความแตกต่างของสีได้เหมือนกับการมองเห็นของมนุษย์ การวัดความแตกต่างของสี สามารถคำนวณได้จากความแตกต่างระหว่าง ค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง-เขียว และความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน ของสีตัวอย่างและตัวอย่างมาตรฐาน (ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2540)

$$dL^* = L^* \text{ ของตัวอย่าง} - L^* \text{ ของตัวอย่างมาตรฐาน}$$

ถ้า  $dL^* = +$  แสดงว่าตัวอย่างมีความสว่างมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (lighter)

ถ้า  $dL^* = -$  แสดงว่าตัวอย่างมีความมืดมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (darker)

$$da^* = a^* \text{ ของตัวอย่าง} - a^* \text{ ของตัวอย่างมาตรฐาน}$$

ถ้า  $da^* = +$  แสดงว่าตัวอย่างแดงกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (redder)

ถ้า  $da^* = -$  แสดงว่าตัวอย่างเขียวกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (greener)

$$db^* = b^* \text{ ของตัวอย่าง} - b^* \text{ ของตัวอย่างมาตรฐาน}$$

ถ้า  $db^* = +$  แสดงว่าตัวอย่างเหลืองกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (yellower)

ถ้า  $db^* = -$  แสดงว่าตัวอย่างน้ำเงินกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (bluer)

นอกจากบอกความแตกต่างด้วยค่า  $dL^*$ ,  $da^*$  และ  $db^*$  แล้ว ยังมีการกำหนดตัวเลขเพียงตัวเดียวที่บอกค่าความแตกต่างของสีระหว่างตัวอย่างและมาตรฐาน (total color difference,  $dE^*$ )

โดย

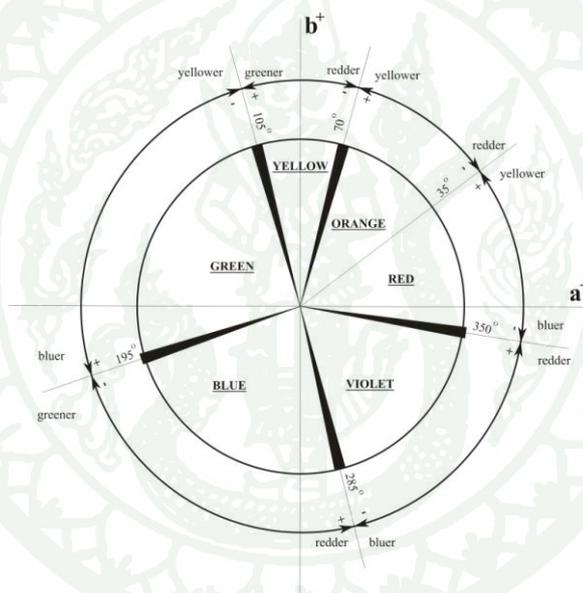
$$dE^* = (dL^{*2} + da^{*2} + db^{*2})^{1/2}$$

การบอกความแตกต่างของสีให้ใกล้เคียงกับที่ตามองเห็น การบอกสีที่ปรากฏ และความสดใสของสีได้จากค่า  $dH^*$  และ  $dC^*$  โดย

$$dH^* = (dE^{*2} + dC^{*2} + dL^{*2})^{1/2}$$

$dC^* = C^*$  ของตัวอย่าง -  $C^*$  ของตัวอย่างมาตรฐาน ถ้า  $dC^* = +$  แสดงว่าตัวอย่างมีความสดใสมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (brighter) ถ้า  $dC^* = -$  แสดงว่าตัวอย่างมีความตุ่นมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (duller)

ค่า  $dH^*$  จะแสดงความหมาย yellower redder bluer หรือ greener เท่านั้น โดย  $dH^*$  จะมีค่าเป็น + หรือ - และสีมีค่า hue angle อยู่ใน segment ที่เท่าใด (ภาพที่3)



ภาพที่ 3 ภาพแสดงความหมายของ  $dH^*$  ในระบบ CIELAB

ที่มา: ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ (2540)

โดยทั่วไปค่า  $dE^*$  ที่ด้านอุตสาหกรรมยอมรับ มีค่าประมาณ 1-2 หน่วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสีและทิศทางเบี่ยงเบนของสีด้วย (ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2540)

### การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

ขจีจรัส (2552) ได้อธิบายวิธีการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักโดยใช้วิธีทดสอบมาตรฐาน AATCC Test Method 61-1993 Colorfastness to Laundering, Home and Commercial : Accelerated ว่าเป็นการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของสิ่งทอ ที่คาดว่าจะต้องผ่านการซักบ่อย ๆ การซักด้วยเครื่องทดสอบซัก 1 ครั้ง เป็นเวลา 45 นาที จะเทียบเท่ากับการซักด้วยมือหรือด้วยเครื่องซักผ้าจำนวน 5 ครั้ง โดยแบ่งเป็นการทดสอบแต่ละสภาวะ ดังนี้

วิธีทดสอบ No.1A ใช้สำหรับทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของสิ่งทอที่คาดว่าจะซักด้วยมือที่อุณหภูมิต่ำ การทดสอบซัก 1 ครั้ง เทียบเท่ากับการซักด้วยมือที่อุณหภูมิ  $40\pm 3$  องศาเซลเซียส จำนวน 5 ครั้ง

วิธีทดสอบ No.2A ใช้สำหรับทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของสิ่งทอที่คาดว่าจะซักด้วยเครื่องที่อุณหภูมิต่ำ การทดสอบซัก 1 ครั้ง เทียบเท่ากับการซักด้วยเครื่องที่อุณหภูมิ  $38\pm 3$  องศาเซลเซียส จำนวน 5 ครั้ง

วิธีทดสอบ No.3A ใช้สำหรับทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของสิ่งทอที่คาดว่าจะซักโดยใช้สภาวะค่อนข้างรุนแรง การทดสอบซัก 1 ครั้ง เทียบเท่ากับการซักด้วยเครื่องซักทางการค้าที่อุณหภูมิ  $49\pm 3$  องศาเซลเซียส หรือซักด้วยเครื่องซักที่ใช้ในบ้านทั่วไปที่อุณหภูมิ  $60\pm 3$  องศาเซลเซียส จำนวน 5 ครั้ง

วิธีทดสอบ No.4A ใช้สำหรับทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของสิ่งทอที่คาดว่าจะซักด้วยสารซักฟอกที่มีสารฟอกขาวคลอรีน การทดสอบซัก 1 ครั้ง เทียบเท่ากับการซักทางการค้าที่อุณหภูมิ  $71\pm 3$  องศาเซลเซียส โดยใช้คลอรีน 1.9 ลิตร ต่อผ้า 45.4 กิโลกรัม หรือเท่ากับการซักด้วยเครื่องซักที่ใช้ในบ้านที่อุณหภูมิ  $63\pm 3$  องศาเซลเซียส โดยใช้สารฟอกขาวที่มีคลอรีน 5.0 เปอร์เซ็นต์จำนวน 3.74 กรัม/ลิตร ต่อผ้า 3.6 กิโลกรัม

วิธีทดสอบ No.5A ใช้สำหรับทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของสิ่งทอที่คาดว่าจะซักด้วยสารซักฟอกที่มีสารฟอกขาวคลอรีน การทดสอบซัก 1 ครั้ง เทียบเท่ากับการซักในบ้านที่อุณหภูมิ  $49\pm 3$  องศาเซลเซียส โดยใช้สารฟอกขาวที่มีคลอรีน  $0.0020\pm 0.001$  เปอร์เซ็นต์

โดยสรุปสภาวะในการทดสอบชัก ของการทดสอบ Test No. 1A, 2A, 3A, 4A และ 5A แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงสภาวะที่ใช้ในการทดสอบชัก

วิธีการทดสอบ	อุณหภูมิ	ปริมาณน้ำชัก	% สารชักฟอก	ปริมาณคลอรีน	จำนวนลูกบอล	ระยะเวลา
No. 1A	40 °C	200 มล.	0.37%	-	10	45 นาที
No. 2A	49 °C	150 มล.	0.2%	-	50	45 นาที
No. 3A	71 °C	50 มล.	0.2%	-	100	45 นาที
No. 4A	71 °C	50 มล.	0.2%	0.015%	100	45 นาที
No. 5A	49 °C	150 มล.	0.2%	0.027%	50	45 นาที

ที่มา: ขจีจรัส (2552)

หลังจากทำการทดสอบชักแล้วจึงนำชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบชักกับชิ้นตัวอย่างที่ไม่ผ่านการชัก มาประเมินการเปลี่ยนแปลงของสีด้วย Gray Scale for Color Change โดยแบ่งเป็นระดับดังนี้ (ขจีจรัส, 2552)

- ระดับ 5 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี เทียบได้กับ Gray Scale ระดับ 5 ดียอดเยี่ยม
- ระดับ 4.5 มีการเปลี่ยนแปลงของสี เทียบได้กับ Gray Scale ระดับ 4-5 ดีเลิศ
- ระดับ 4 มีการเปลี่ยนแปลงของสี เทียบได้กับ Gray Scale ระดับ 4 ดีมาก
- ระดับ 3.5 มีการเปลี่ยนแปลงของสี เทียบได้กับ Gray Scale ระดับ 3-4 ดี
- ระดับ 3 มีการเปลี่ยนแปลงของสี เทียบได้กับ Gray Scale ระดับ 3 เกือบดี
- ระดับ 2.5 มีการเปลี่ยนแปลงของสี เทียบได้กับ Gray Scale ระดับ 2-3 ดีพอใช้
- ระดับ 2 มีการเปลี่ยนแปลงของสี เทียบได้กับ Gray Scale ระดับ 2 พอใช้
- ระดับ 1.5 มีการเปลี่ยนแปลงของสี เทียบได้กับ Gray Scale ระดับ 1-2 แย่
- ระดับ 1 มีการเปลี่ยนแปลงของสี เทียบได้กับ Gray Scale ระดับ 1 แย่มาก

นำผ้าหลายเส้นใย (multifiber fabric) ที่ผ่านการทดสอบซักรแล้วมาเปรียบเทียบกับ ผ้าหลายเส้นใยที่ไม่ผ่านการซัก เพื่อประเมินค่าการเปื้อนสี โดยใช้ Gray Scale for Color Staining โดยมีระดับการเปื้อนดังนี้ (ขจีจรัส, 2552)

- ระดับ 5 ไม่มีการเปื้อนของสี เทียบได้กับ Gray Scale for Color Staining ระดับ 5
- ระดับ 4.5 มีการเปื้อนของสี เทียบได้กับ Gray Scale for Color Staining ระดับ 4-5
- ระดับ 4 มีการเปื้อนของสี เทียบได้กับ Gray Scale for Color Staining ระดับ 4
- ระดับ 3.5 มีการเปื้อนของสี เทียบได้กับ Gray Scale for Color Staining ระดับ 3-4
- ระดับ 3 มีการเปื้อนของสี เทียบได้กับ Gray Scale for Color Staining ระดับ 3
- ระดับ 2.5 มีการเปื้อนของสี เทียบได้กับ Gray Scale for Color Staining ระดับ 2-3
- ระดับ 2 มีการเปื้อนของสี เทียบได้กับ Gray Scale for Color Staining ระดับ 2
- ระดับ 1.5 มีการเปื้อนของสี เทียบได้กับ Gray Scale for Color Staining ระดับ 1-2
- ระดับ 1 มีการเปื้อนของสี เทียบได้กับ Gray Scale for Color Staining ระดับ 1

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kasembunyakorn (2007) ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องย้อมเส้นด้ายที่ ขจีจรัสและคณะ (2551) พัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มคุณภาพให้แก่การย้อมไหมในระดับชุมชน โดยศึกษาค่าสี  $L^*$   $C^*$  และ  $h^*$  ค่าความคงทนของสี  $\Delta E^*$  และค่าความแตกต่างระหว่างซ้ำ พบว่าผลที่ได้จากการย้อมในระดับชุมชนมีค่าความแตกต่างระหว่างซ้ำสูงกว่าการย้อมด้วยเครื่องย้อมใจด้าย มก.1 และ มก.2 เครื่องย้อมนี้ได้พัฒนาให้มีระบบควบคุมความร้อน กงคล่องใจด้ายหมุนอัตโนมัติ ใช้พลังงานจากแก๊ส จากการทดลองย้อมด้วยเครื่องย้อมใจด้าย มก.1 พบปัญหาที่ฝาปิดอ่างย้อม และการระบายความร้อน จึงพัฒนาเป็นเครื่องย้อมใจด้าย มก.2 ที่ให้ค่าสีได้ใกล้เคียงกับสีที่ย้อมด้วยเครื่องย้อมมาตรฐาน และค่าความคงทนของสีสูง

Kasembunyakorn *et al.* (2008) ศึกษาการย้อมสีสิ่งทอพื้นเมืองในประเทศไทย โดยศึกษากระบวนการย้อมไหมที่แตกต่างกันของผู้ผลิตในประเทศไทย กลุ่มตัวอย่างคือ กลุ่มผู้ผลิตผ้าไหมบ้านนาโพธิ์ อำเภอนาโพธิ์ และบ้านสนวนใน อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดบุรีรัมย์ และกลุ่มผู้ผลิตผ้าไหมบ้านโนนเมือง อำเภอนอนนั้ง จังหวัดหนองบัวลำภู ทั้ง 3 กลุ่ม ใช้สีย้อมป็นสีแอซิด สีแดง เหมือนกันแตกต่างกันที่อัตราส่วนน้ำย้อมต่อไหม ระยะเวลา กระบวนการ ผลการหาค่า  $\Delta E^*$  ของการเปลี่ยนสี พบว่าผ้าไหมของกลุ่มผู้ผลิตบ้านนาโพธิ์ มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด รองลงมา คือ บ้านโนนเมือง และบ้านสนวนใน ตามลำดับ การวิเคราะห์ค่า  $\Delta E^*$  ของการเปื้อนสี พบว่า ผ้าไหมของกลุ่มผู้ผลิต

บ้านนาโพธิ์ มีการเปื้อนของสีมากที่สุด รองลงมา คือ ผ้าไหมของกลุ่มผู้ผลิตบ้านสนวนโน และบ้านโนนเมือง ตามลำดับ

อิสริยะ (2552) ศึกษาความคงทนต่อการซักของสีสำเร็จรูปสำหรับย้อมไหม โดยทำการย้อมไหมด้วยสีสำเร็จรูปจำนวน 64 สี ใช้สี 1 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผ้า พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมโดยใช้สี 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนแปลงสีสูงกว่าผ้าที่ย้อมโดยใช้สี 5 เปอร์เซ็นต์ และการใช้สี 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนสีต่ำกว่า และยังพบว่า สีแอติคในกลุ่มนี้ที่มีความคงทนต่อการซักระดับดีมาก (ระดับ 4 ขึ้นไป) เมื่อย้อมที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ สีแดง เบอร์ 5 13 15 และ 48 สีชมพู เบอร์ 9 และ 37 สีม่วง เบอร์ 2 สีเหลือง เบอร์ 4 25 26 และ 36 สีนํ้าตาล เบอร์ 17 และ 38 สีนํ้าเงิน เบอร์ 8 14 21 และ 32 สีเขียว เบอร์ 18 27 31 33 41 53 และ เบอร์ 57 สีอื่นๆ เบอร์ 29 39 49 และ 58 เมื่อย้อมที่ระดับความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ สีม่วง เบอร์ 2 22 และ 30 สีเหลือง เบอร์ 4 25 26 และ 36 สีนํ้าตาล เบอร์ 17 และ 38 สีเขียว เบอร์ 27 31 67 และ 61 สีอื่นๆ เบอร์ 24 29 49 และ 58

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### เครื่องข้อมใจด้าย มก.3

ในการทดลองข้อมสีเส้นไหม ใช้เครื่องข้อมใจด้าย มก.3 ซึ่งเป็นเครื่องข้อมขนาดเล็กผลิตจากเหล็กปลอดสนิม มีกงคล่องใจด้ายที่สามารถปรับ เพิ่ม-ลด ขนาดให้เหมาะสมกับขนาดของใจด้าย โดยการคลายน็อตที่ยึดกับกงทั้ง 4 ปรับขึ้นลงตามขนาดที่ต้องการแล้วขันน็อตให้แน่น หัวแก๊สติดตั้งไว้ได้ถ้งข้อม และมีแผงกันความร้อนปิดกั้นไว้ ซึ่งช่วยให้ความร้อนกระจายตัวดีขึ้น และช่วยลดการสูญเสียความร้อน เครื่องข้อมใจด้าย มก.3 เป็นเครื่องข้อมระบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถปรับตั้งอุณหภูมิของน้ำข้อมและความเร็วของรอบการหมุนของกงคล่องใจด้ายให้คงที่ตามความต้องการได้ โดยการปรับตั้งอุณหภูมิ ทำได้โดยการหมุนที่หน้าปัดของเครื่องควบคุมอุณหภูมิไปยังอุณหภูมิที่ต้องการ เครื่องจะทำการตรวจจับอุณหภูมิภายในถังข้อม ถ้าอุณหภูมิยังต่ำอยู่เครื่องควบคุมอุณหภูมิจะส่งกระแสไฟไปเปิดวาล์วไฟฟ้า ให้ปล่อยแก๊สจากถังเข้าไปยังหัวเตาเพื่อเพิ่มความร้อนให้สูงขึ้น และเมื่ออุณหภูมิสูงถึงจุดที่ต้องการ วาล์วไฟฟ้าก็จะปิดแก๊ส หากอุณหภูมิลดต่ำลงวาล์วไฟฟ้าก็จะเปิดแก๊สอีก สำหรับความเร็วรอบของการหมุนงข้อมใจด้ายถูกควบคุมความเร็วโดยเครื่องปรับความถี่ไฟฟ้า ผู้ใช้เพียงกดเลือกระดับความถี่เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการ (ขจีรัส และคณะ, 2553) ลักษณะของเครื่องข้อมใจด้าย มก.3 แสดงในภาพที่ 4

#### วัสดุที่ใช้ในการทดลองข้อม มีดังนี้

1. ไหมเส้นพุ่งควบ 6 No. 27/29 D ที่ผ่านการขจัดทวนและฟอกขาวแล้ว ของบริษัทจุลไหมไทย
2. สีสังเคราะห์สำเร็จรูป ตราสิงโตติดกลอง สีน้ำเงินแก่ No.8 ของบริษัทพัวเทียมสิน
3. ผงสบู่เทียม ตราสิงโตติดกลอง
4. เกลือแกง

## 5. ผงกันสีก ตราสิงโตตีกลอง



ภาพที่ 4 เครื่องเชื่อมใจด้าย มก.3

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเชื่อม มีดังนี้

1. เครื่องเชื่อมใจด้าย มก.3
2. เครื่องชั่งละเอียด (Mettler Toledo PG503-S)
3. เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer)
4. บีกเกอร์ (beaker)
5. แห้งแก้วสำหรับคน

6. ซ้อนตักสาร

7. ราวสำหรับกระตุกไหม

### อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าสี

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าสี คือ เครื่องวัดสี Spectrophotometer Data Color 550

### วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก มีดังนี้

1. เครื่องทดสอบซัก (Launder-Ometer) รุ่น DWGA 11-4579, Atlas Electric Device
2. กระบอกโลหะไร้สนิม (stainless steel cylinders) ขนาดจุ 500 ml หรือ 7.5 × 12.5 เซนติเมตร
3. เม็ดบอลโลหะไร้สนิม (stainless steel balls)
4. เครื่องชั่งละเอียด (Mettler Toledo PG503-S)
5. บีกเกอร์ (beaker)
6. แท่งแก้วสำหรับคน
7. ผ้าหลายเส้นใย (multifiber fabric) ซึ่งเป็นผ้ามาตรฐานในการทดสอบซักของ AATCC
8. ผงซักฟอกมาตรฐาน AATCC

## วิธีการ

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมีปัจจัยในการทดลองปัจจัยเดียว คือน้ำหนักไหมที่ย้อมซึ่งแบ่งเป็น 4 ระดับ คือ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ

### การปรับเครื่องย้อม

การปรับจำนวนรอบในการหมุนของกงคล้อยใจด้าย

ในการทดลองย้อม ได้ปรับจำนวนรอบการหมุนของกงคล้อยใจด้ายไว้ที่ 10 รอบ ต่อนาที ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสม โดยตั้งระดับความถี่ไฟฟ้าที่ระดับ 16 เฮิร์ตซ์ (ทัศนวลัย, 2553)

การปรับระดับแก๊ส

เนื่องจากการย้อมไหมปริมาณต่างกัน จะใช้น้ำย้อมปริมาณต่างกัน จึงปรับปริมาณแก๊สให้เหมาะสมเพื่อให้การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำย้อมอยู่ในระยะเวลาที่กำหนด (ประมาณ 40 นาที) ดังนี้

ใช้ระดับแก๊ส 0.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับการย้อมไหมหนัก 0.5 กิโลกรัม

ใช้ระดับแก๊ส 1.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับการย้อมไหมหนัก 1.0 กิโลกรัม

ใช้ระดับแก๊ส 2.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับการย้อมไหมหนัก 1.5 กิโลกรัม

ใช้ระดับแก๊ส 2.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับการย้อมไหมหนัก 2.0 กิโลกรัม (ทัศนวลัย, 2553)

### การย้อม

การย้อมไหมมีขั้นตอน ดังนี้

1. แช่ไหมในน้ำเป็นเวลา 30 นาที
2. เตรียมน้ำย้อม สีและสารช่วยย้อม ดังนี้
  - 2.1 น้ำย้อมตามอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อม 1:30
  - 2.2 สีแอตีด 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไหม
  - 2.3 เกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไหม
  - 2.4 ผงสบู่เทียม 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไหม
  - 2.5 ผงกันสีตก 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไหม
3. ละลายสีและผงสบู่เทียมด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เทลงในถังย้อม
4. อุ้มน้ำย้อมในเครื่องย้อมใจด้าย มก.3 ให้ได้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส
5. นำไหมที่แช่น้ำไว้ขึ้น บิดให้หมาด ใส่ในกงคล้องใจด้ายและขันน็อตให้แน่น
6. ยกกงคล้องใจไหมลงเพื่อนำไหมลงย้อม ก่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิน้ำย้อมให้ได้ 90 องศาเซลเซียส ในเวลา 40 นาที
7. เมื่อน้ำย้อมมีอุณหภูมิถึง 90 องศาเซลเซียส ย้อมต่ออีก 40 นาที
8. ยกกงคล้องใจไหมขึ้น เดิมเกลือในน้ำย้อม คนให้เกลือละลายและย้อมต่ออีก 40 นาที
9. เมื่อครบกำหนดนำไหมออกจากเครื่องย้อม ล้างด้วยน้ำเปล่า ใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1: 20 ล้างจำนวน 5 ครั้ง
10. เตรียมน้ำสำหรับการย้อมกันสีตก อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1:30 เทใส่เครื่องย้อม
11. เพิ่มอุณหภูมิให้ได้ 60 องศาเซลเซียส
12. บีบไหมที่ล้างไว้ให้หมาด ใส่ในกงคล้องใจด้ายและขันน็อตให้แน่น

13. เติมผงกันสีตก ลงในถังย้อม คนให้ละลาย แล้วย้อมไหมเป็นเวลา 20 นาที

14. นำไหมขึ้น บิด กระทบและตากให้แห้ง

### การวัดค่าสี

นำไหมที่ย้อมแล้วไปวัดค่าสี โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer Data color 550 มีขั้นตอน ดังนี้

1. สุ่มไหมจำนวน 3 ใจ จากแต่ละการทดลอง และแต่ละซ้ำ รวมตัวอย่างไหมทั้งสิ้น 48 ใจ
2. นำไหมกรอเข้าหลอดด้าย
3. พันไหมรอบกระดาษแข็งขนาด 2×2 นิ้ว
4. วัดค่าสี  $L^*a^* b^*C^*$  และ  $h^*$  ของไหมทดลอง

### การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ดำเนินการตามวิธีทดสอบมาตรฐาน AATCC Test Method 61-1993 Colorfastness to Laundering, Home and Commercial : Accelerated โดยใช้เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก (Launder-Ometer) รุ่น DWGA 11-4579, Atlas Electric Device มีขั้นตอน ดังนี้

1. เตรียมตัวอย่างทดสอบจากไหมที่สุ่มทั้ง 48 ใจ โดยแต่ละใจใช้ไหมยาว 110 เมตร พันเป็นวงกว้าง 10 เซนติเมตร และนำไปเย็บติดบนผ้าฝ้ายมาตรฐานขนาด 5×10 เซนติเมตร โดยเกลี่ยให้เส้นไหมกระจายบนชิ้นทดสอบซัก
2. ตัดผ้าหลายเส้นใย No.1 ขนาด 5 เซนติเมตร 1 ชิ้น เย็บติดกับชิ้นทดสอบ โดยให้แถบของใยเรียงขนานกับความยาวของชิ้นทดสอบ และเส้นใยขนสัตว์อยู่ทางด้านขวา

3. เตรียมสารละลายสำหรับทดสอบชัก โดยใช้ความเข้มข้นของสารชักฟอก 0.37 เปอร์เซ็นต์ เทใส่ในกระบอก ปริมาณ 200 มิลลิลิตร
4. ใส่กระบอก ในเครื่องทดสอบชักที่ปรับอุณหภูมิไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที
5. ใส่ชิ้นทดสอบและเม็ดบอล จำนวน 10 เม็ด ลงในกระบอก
6. ตั้งเครื่องทดสอบชักที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที
7. เมื่อเครื่องหยุด นำชิ้นทดสอบขึ้นจากกระบอกแยกใส่บีกเกอร์ 1 ขึ้นต่อ 1 บีกเกอร์ ล้างด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ  $40 \pm 3$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ล้างจำนวน 3 ครั้ง
8. ผึ่งชิ้นทดสอบให้แห้ง
9. นำไหมที่ผ่านการชักแล้ว มาพันรอบกระดาษแข็งขนาด  $2 \times 2$  นิ้ว เพื่อนำไปวัดค่าสี ด้วยเครื่อง Spectrophotometer Data Color 550
10. ประเมินการเปลี่ยนแปลงของสี โดยเปรียบเทียบค่าสีของไหมที่ผ่านการทดสอบชักแล้วกับไหมที่ไม่ผ่านการทดสอบชัก
11. ประเมินการเปื้อนสีโดยเปรียบเทียบค่าสีของผ้าหลายเส้นใย ที่ผ่านการทดสอบชักแล้ว และที่ไม่ผ่านการทดสอบชัก

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่า  $L^*$   $a^*$   $b^*$   $C^*$  และ  $h^*$  โดยหาค่าเฉลี่ย (mean) ค่าความแปรปรวน โดยวิธี One way Analysis of Variance และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) (สุรพล, 2528)

ค่าความคงทนของสีเส้นใยไหมต่อการซัก ( $dE^*$  ของการเปลี่ยนสี และ  $dE^*$  ของการเปื้อนสี) วิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ย (mean) ค่าความแปรปรวนด้วยวิธี One way Analysis of Variance และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) (สุรพล, 2528)

### สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัยมีดังนี้

1. ปริมาณไหมที่ข้อมไม่มีผลต่อค่าสี
  - 1.1 ปริมาณไหมที่ข้อมไม่มีผลต่อค่า L\*
  - 1.2 ปริมาณไหมที่ข้อมไม่มีผลต่อค่า a\*
  - 1.3 ปริมาณไหมที่ข้อมไม่มีผลต่อค่า b\*
  - 1.4 ปริมาณไหมที่ข้อมไม่มีผลต่อค่า C\*
  - 1.5 ปริมาณไหมที่ข้อมไม่มีผลต่อค่า h\*
2. ปริมาณไหมที่ข้อมไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อการซัก
  - 2.1 ปริมาณไหมที่ข้อมไม่มีผลต่อค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนสี
  - 2.2 ปริมาณไหมที่ข้อมไม่มีผลต่อค่า  $dE^*$  ของการเปื้อนสี

## ผลและวิจารณ์

การศึกษาการข้อมใหม่ด้วยสีแอสิตโดยใช้เครื่องข้อมใจด้าย มก.3 แบ่งผลการวิจัยเป็น 4 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะสีของเส้นไหม

ตอนที่ 2 ผลของปริมาณไหมที่ข้อมต่อสีของเส้นไหมที่ข้อมได้

ตอนที่ 3 ความคงทนของสีต่อการซักของเส้นไหมที่ข้อมได้

ตอนที่ 4 ผลของปริมาณไหมที่ข้อมต่อความคงทนของสีของเส้นไหม

### ตอนที่ 1 ลักษณะสีของเส้นไหม

จากการทดลองข้อมใหม่ด้วยสีแอสิตโดยใช้เครื่องข้อมใจด้าย มก.3 โดยมีปัจจัยในการทดลอง คือ น้ำหนักไหม แบ่งเป็น 4 ระดับ คือ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม จากนั้นนำไปวัดค่าสี  $L^*$   $a^*$   $b^*$   $C^*$  และ  $h^*$  และได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย  $L^*$   $a^*$   $b^*$   $C^*$  และ  $h^*$  ของไหมทดลองข้อมด้วยสีแอสิตโดยใช้เครื่องข้อมใจด้าย มก.3

ปริมาณไหมที่ข้อม (กิโลกรัม)	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^*$
0.5	38.55	2.62	-34.10	35.16	274.22
1.0	39.31	2.48	-35.20	35.29	274.03
1.5	39.38	2.43	-35.06	35.15	274.05
2.0	39.01	2.47	-34.85	34.94	274.04

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าค่า  $L^*$  ของไหมทดลองข้อมด้วยสีแอสิตโดยใช้เครื่องข้อมใจด้าย มก.3 ที่ใช้น้ำหนักไหมในระดับที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และมีค่าไม่สูงนัก

แสดงว่าสีของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 มีความสว่างในระดับใกล้เคียงกันและมีสีค่อนข้างเข้ม โดยพบว่าการใช้ไหมหนัก 1.5 กิโลกรัม ให้ค่าความสว่างสูงสุด ขณะที่การใช้ไหมหนัก 0.5 กิโลกรัม ให้ค่าความสว่างต่ำสุด ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ที่เมื่อมีปริมาณไหมน้อย เส้นไหมเรียงตัวกันหลวมๆ ทำให้น้ำสีแทรกซึมเข้าเส้นไหมได้ง่ายขึ้นจึงติดสีได้ดีกว่า อย่างไรก็ตาม ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด มีความแตกต่างกันน้อยมาก (0.83) เมื่อมองดูด้วยสายตาความเข้มของสีจึงไม่แตกต่างกัน

ค่า a\* ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 ที่ใช้น้ำหนักไหมในระดับที่แตกต่างกัน มีค่าเป็นบวกทั้งหมด แสดงว่าไหมทดลองมีสีออกแดง แต่มีค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งแสดงว่ามีความเป็นสีแดงน้อยมาก และพบว่า การใช้ไหมหนัก 0.5 กิโลกรัม ให้ค่าความเป็นสีแดงสูงสุด ขณะที่การใช้ไหมหนัก 1.5 กิโลกรัม ให้ค่าความเป็นสีแดงต่ำที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันน้อยมาก (0.19) แสดงว่ามีความเป็นสีแดงแตกต่างกันน้อยมาก

ค่า b\* ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 ที่ใช้น้ำหนักไหมในระดับที่แตกต่างกัน มีค่าเป็นลบทั้งหมด แสดงว่าไหมทดลองมีสีออกน้ำเงิน และมีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งแสดงว่ามีความเป็นสีน้ำเงินมาก ซึ่งเป็นไปตามลักษณะสีที่มองเห็น การใช้ไหมหนัก 1.0 กิโลกรัม ให้ค่าความเป็นสีน้ำเงินสูงสุด ขณะที่การใช้ไหมหนัก 0.5 กิโลกรัม ให้ค่าความเป็นสีน้ำเงินต่ำสุด ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันน้อยมาก (1.1) แสดงว่ามีความเป็นสีน้ำเงินแตกต่างกันน้อยมาก

ค่า C\* ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 ที่ใช้น้ำหนักไหมในระดับที่แตกต่างกัน มีค่าใกล้เคียงกันมากและมีค่าค่อนข้างสูง แสดงว่าไหมทดลองย้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 มีสีค่อนข้างสดใส พบว่า การใช้ไหมหนัก 1.0 กิโลกรัม ให้ค่าความสดใสของสีสูงสุด ขณะที่การใช้ไหมหนัก 2.0 กิโลกรัม ให้ค่าความสดใสของสีต่ำที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันน้อยมาก (0.35) แสดงว่ามีความสดใสของสีแตกต่างกันน้อยมาก

ค่า h\* ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 ที่ใช้น้ำหนักไหมในระดับที่แตกต่างกัน มีค่าใกล้เคียงกันมาก อยู่ในช่วง 274.03 ถึง 274.22 องศา แสดงว่าสีของไหมทดลองเป็นสีน้ำเงิน และการใช้ไหม 0.5 กิโลกรัม ให้ค่า h\* สูงที่สุด ขณะที่การใช้ไหมหนัก 1.0 กิโลกรัม ให้ค่า h\* ต่ำที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันน้อยมาก (0.19) แสดงว่าเฉดสีของเส้นไหมทดลองมีสีใกล้เคียงกันมาก

ค่า  $L^*$   $a^*$   $b^*$   $C^*$  และ  $h^*$  ของไหมทอคลองข้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 ให้ค่าสีใกล้เคียงกับผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่อง LA-650 IR INFRA RED DYER (อิสริยะ, 2552) ซึ่งพบว่า มีค่า  $L^*$  เท่ากับ 31.14 ค่า  $a^*$  เท่ากับ 4.17 ค่า  $b^*$  เท่ากับ -32.92 ค่า  $C^*$  เท่ากับ 33.18 และ ค่า  $h^*$  เท่ากับ 277.23 องศา แสดงว่า เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 สามารถย้อมไหมโดยมีลักษณะสีใกล้เคียงกับการใช้เครื่องย้อม LA-650 IR INFRA RED DYER

## ตอนที่ 2 ผลของปริมาณไหมที่ย้อมต่อสีของเส้นไหมที่ย้อมได้

ผลต่อค่าสี

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $L^*$   $a^*$   $b^*$   $C^*$  และ  $h^*$  ของไหมทอคลองข้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3

ค่าสี	แหล่งความแปรปรวน	d.f.	SS	MS	F	p
$L^*$	Treatments	3	5.062	1.687	1.416	0.251
	Error	44	52.427	1.192		
	Total	47	57.489			
$a^*$	Treatments	3	0.240	0.080	0.271	0.846
	Error	44	12.999	0.295		
	Total	47	13.239			
$b^*$	Treatments	3	0.240	0.080	0.271	0.846
	Error	44	12.999	0.295		
	Total	47	13.239			
$C^*$	Treatments	3	0.733	0.244	0.292	0.831
	Error	44	36.791	0.836		
	Total	47	37.524			
$h^*$	Treatments	3	0.299	0.100	0.158	0.924
	Error	44	27.832	0.633		
	Total	47	28.131			

จากตารางที่ 3 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $L^*$   $a^*$   $b^*$   $C^*$  และ  $h^*$  ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอติคโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 พบว่า ปริมาณไหมที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $L^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นเป็นการยอมรับสมมติฐานข้อที่ 1.1 ที่ระบุว่า ปริมาณไหมที่ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $L^*$

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $a^*$  ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอติคโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 พบว่าปริมาณไหมที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $a^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นเป็นการยอมรับสมมติฐานข้อที่ 1.2 ที่ระบุว่าปริมาณไหมที่ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $a^*$

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $b^*$  ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอติคโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 พบว่าปริมาณไหมที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $b^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นเป็นการยอมรับสมมติฐานข้อที่ 1.3 ที่ระบุว่าปริมาณไหมที่ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $b^*$

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $C^*$  ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอติคโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 พบว่าปริมาณไหมที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $C^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นเป็นการยอมรับสมมติฐานข้อที่ 1.4 ที่ระบุว่าปริมาณไหมที่ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $C^*$

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $h^*$  ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอติคโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 พบว่าปริมาณไหมที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $h^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นเป็นการยอมรับสมมติฐานข้อที่ 1.5 ที่ระบุว่าปริมาณไหมที่ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $h^*$

จากการยอมรับสมมติฐานในข้อที่ 1.1 1.2 1.3 1.4 และ 1.5 แสดงว่า ปริมาณไหมที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $L^*$   $a^*$   $b^*$   $C^*$  และ  $h^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าเครื่องย้อมใจด้าย มก.3 มีประสิทธิภาพในแง่ของการย้อมแล้วได้สีเดิม ทั้งนี้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 มีกมลต้องใจด้ายที่สามารถหมุนได้โดยอัตโนมัติ ทำให้ใจด้ายสามารถเคลื่อนไปสัมผัสกับน้ำสีได้ทั่วถึง แม้ขณะที่ใจด้ายเคลื่อนพ้นจากน้ำสีขึ้นมาแล้วยังคงเปียกชุ่มด้วยน้ำสีตลอดเวลา แสดงว่าระดับน้ำสีในถังย้อมไม่มีผลต่อสีที่ได้

เนื่องจากปริมาณไหมที่ใช้ย้อมในการทดลองย้อมด้วยเครื่องย้อมใจด้าย มก.3 แตกต่างกัน ทำให้ปริมาณน้ำย้อมในถังย้อมมีระดับแตกต่างกัน แต่ก็ไม่มีผลต่อค่าสี เพราะกลไกการทำงานของเครื่องย้อมใจด้าย มก.3 มีกมลต้องใจด้ายซึ่งจะช่วยให้เส้นด้ายเรียงตัวเป็นระเบียบไม่พันกัน โดยมีแกนหมุนกมลต้องใจด้ายอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมออยู่ตลอดเวลาในการย้อม ทำให้น้ำสีสามารถสัมผัส

กับใหม่ได้อย่างทั่วถึง ทุกส่วนของไจ้ด้ายสามารถสัมผัสกับน้ำสีและไจ้ด้ายสามารถดูดซับน้ำสีไว้ได้โดยที่ไม่จำเป็นต้องแช่อยู่ในน้ำสีตลอดเวลา

จากการสังเกต พบว่าสีของเส้นไหมที่ข้อมได้มีสีที่สม่ำเสมอดี ซึ่งบ่งบอกถึงคุณภาพในการข้อม ทั้งนี้สอดคล้องกับ ศูนย์พัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอ (มปป) กล่าวว่าลักษณะการข้อมที่สำคัญคือ ไม่สามารถแต่งตัวให้ดูสวยงาม น่ารักกว่าสุนัขพันธุ์ใหญ่ และพาออกไปนอกบ้านได้ง่ายกว่าสุนัขพันธุ์ใหญ่อีกด้วยต่าง สีสม่ำเสมอและเหมือนกันตลอด ทั้งนี้จะข้อมได้ดีขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเคมีของสี และเส้นใย วิธีการข้อมและลักษณะของเครื่องจักร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมสีสิ่งทอพื้นเมืองที่ทำกันอยู่ในระดับชุมชน ปัจจุบันพบว่ายังไม่สามารถควบคุมกระบวนการบางขั้นตอนได้ เช่น การควบคุมอุณหภูมิ อุปกรณ์ที่ใช้ข้อม มาตรฐานการซั้ด ทวง วัตถุประสงค์ โดยส่วนใหญ่กลุ่มผู้ผลิตสิ่งทอพื้นเมืองจะเรียนรู้จากการสังเกต การสืบทอดภูมิปัญญาต่อ ๆ กันมา ซึ่งสอดคล้องกับ อนุรัตน์และคณะ (2548) ได้กล่าวไว้ว่า กระบวนการผลิตสิ่งทอพื้นเมืองเป็นงานเฉพาะบุคคล จึงทำให้ขาดมาตรฐานและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการพัฒนาเครื่องข้อม มก.3 จึงเป็นการช่วยพัฒนาให้กลุ่มผู้ผลิตสิ่งทอพื้นเมือง สามารถข้อมไหมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ต่อไป

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าเครื่องข้อมไจ้ด้าย มก.3 สามารถข้อมไหมด้วยสีแอตีดได้ในทุกปริมาณน้ำหนักไหม คือ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม และให้ค่าสีไม่แตกต่างกัน แสดงว่าเครื่องข้อมไจ้ด้าย มก.3 มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมสำหรับการข้อมไหมด้วยสีแอตีด และขั้นตอนการข้อมยังคงใช้กรรมวิธีในการข้อมแบบเดียวกันในทุกปริมาณ โดยไม่ต้องปรับกรรมวิธีในการข้อมตามน้ำหนักไหม

### ความสม่ำเสมอของสีเส้นไหมในแต่ละการทดลอง

ตารางที่ 4 ค่า dE\* ของไหมตัวอย่างที่ย้อมโดยใช้ไหมหนัก 0.5 กิโลกรัม

ซ้ำที่	dE*		
	ใจที่1 และ ใจที่2	ใจที่1 และ ใจที่3	ใจที่2 และ ใจที่3
1	3.66	3.82	0.16
2	1.39	0.91	0.48
3	3.26	2.52	0.74
4	0.84	1.02	1.86

จากตารางที่ 4 ซึ่งแสดงค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (dE\*) ระหว่างไหมตัวอย่าง 3 ใจของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอตีดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้ายมก.3 และใช้ไหม 0.5 กิโลกรัม พบว่าในการทดลองซ้ำที่ 1, 2, 3 และ 4 ค่า dE\* มีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงว่ามีความแตกต่างของสีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และจากการสังเกตสีของไหมทดลองย้อมที่ได้ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันแสดงว่าเครื่องย้อมใจด้าย มก.3 สามารถย้อมไหมหนัก 0.5 กิโลกรัมได้โดยให้สีที่มีความสม่ำเสมอดีมาก

ตารางที่ 5 ค่า dE\* ของไหมตัวอย่างที่ย้อมโดยใช้ไหมหนัก 1.0 กิโลกรัม

ซ้ำที่	dE*		
	ใจที่1 และ ใจที่2	ใจที่1 และ ใจที่3	ใจที่2 และ ใจที่3
1	0.75	0.38	0.37
2	0.97	1.36	0.39
3	2.35	3.18	0.83
4	0.70	0.49	1.19

จากตารางที่ 5 ซึ่งแสดงค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (dE\*) ระหว่างไหมตัวอย่าง 3 ใจของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอตีดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้ายมก.3 และใช้ไหม 1.0 กิโลกรัม พบว่าในการทดลองซ้ำที่ 1, 2, 3 และ 4 ค่า dE\* มีค่าต่ำมากแสดงว่ามีความแตกต่างของสีน้อยมาก และจากการสังเกตสีของไหมทดลองย้อมที่ได้ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันแสดงว่า เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 สามารถย้อมไหมหนัก 1.0 กิโลกรัม ได้โดยให้สีที่มีความสม่ำเสมอดีมาก

ตารางที่ 6 ค่า dE\* ของใจไหมตัวอย่างที่ย้อมโดยใช้ไหมหนัก 1.5 กิโลกรัม

ซ้ำที่	dE*		
	ใจที่1 และ ใจที่2	ใจที่1 และ ใจที่3	ใจที่2 และ ใจที่3
1	1.32	0.80	2.12
2	1.84	0.34	1.50
3	1.47	0.44	1.03
4	1.46	0.58	0.88

จากตารางที่ 6 ซึ่งแสดงค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (dE\*) ระหว่างไหมตัวอย่าง 3 ใจของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอตีดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 และใช้ไหม 1.5 กิโลกรัม พบว่าในการทดลองซ้ำที่ 1, 2, 3 และ 4 ค่า dE\* มีค่าต่ำมาก แสดงว่ามีความแตกต่างของสีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และจากการสังเกตสีของไหมทดลองย้อมที่ได้ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่า เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 สามารถย้อมไหมหนัก 1.5 กิโลกรัมได้โดยให้สีที่มีความสม่ำเสมอดีมาก

ตารางที่ 7 ค่า dE\* ของใจไหมตัวอย่างที่ย้อมโดยใช้ไหมหนัก 2.0 กิโลกรัม

ซ้ำที่	dE*		
	ใจที่1 และ ใจที่2	ใจที่1 และ ใจที่3	ใจที่2 และ ใจที่3
1	0.14	0.15	0.01
2	0.48	0.47	0.01
3	0.21	0.66	0.45
4	0.11	0.77	0.88

จากตารางที่ 7 ซึ่งแสดงค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (dE\*) ระหว่างไหมตัวอย่าง 3 ใจของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอตีดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 และใช้ไหม 2.0 กิโลกรัม พบว่าในการทดลองซ้ำที่ 1, 2, 3 และ 4 ค่า dE\* มีค่าต่ำมาก แสดงว่ามีความแตกต่างของสีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และจากการสังเกตสีของไหมทดลองย้อมที่ได้ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันของสีแสดงว่า เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 สามารถย้อมไหมหนัก 2.0 กิโลกรัมได้โดยให้สีที่มีความสม่ำเสมอดีมาก

### ตอนที่ 3 ความคงทนของสีต่อการซักของเส้นไหมที่ย้อมได้

การทดลองย้อมไหมด้วยสีแอสิคโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 มีปัจจัยในการทดลอง คือน้ำหนักไหม แบ่งเป็น 4 ระดับ คือ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม จากนั้นนำไปทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก โดยประเมินจากค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนแปลงสี และค่า  $dE^*$  ของการเปื้อนสี ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย  $dE^*$  ของการเปลี่ยนสี และค่าเฉลี่ย  $dE^*$  ของการเปื้อนสี ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอสิคโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3

ปริมาณไหม (กิโลกรัม)	การเปลี่ยนสี		การเปื้อนสี	
	$dE^*$	ระดับความคงทนของสี	$dE^*$	ระดับความคงทนของสี
0.5	2.39	4	5.68	4
1.0	1.57	4	5.64	4
1.5	2.05	4	6.26	4
2.0	2.41	4	6.35	4

จากตารางที่ 8 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ย  $dE^*$  ของการเปลี่ยนแปลงสี และระดับความคงทนของสี ที่ได้จากการทดลองย้อมไหมด้วยสีแอสิคโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 โดยใช้น้ำหนักไหมแตกต่างกัน พบว่า หลังการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนแปลงสีไม่สูงนัก แสดงว่ามีความคงทนของสีดี ไหมทดลองหนัก 2.0 กิโลกรัม ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีโดยรวมสูงที่สุด ขณะที่ไหมทดลองหนัก 1.0 กิโลกรัม ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสีต่ำที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย (0.84) เมื่อพิจารณาระดับความคงทนของสี พบว่า ไหมที่ทดลองย้อมด้วยสีแอสิคโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 ที่ใช้ปริมาณต่างกัน ล้วนมีความคงทนของสีอยู่ที่ระดับ 4 แสดงว่าสีของไหมที่ทดลองย้อมมีค่าความคงทนของสีต่อการซักดีมาก เมื่อเปรียบเทียบกับไหมที่ย้อมด้วยสีแอสิคโดยใช้เครื่อง LA-650 IR INFRA RED DYER ศึกษาโดย อิศริยะ (2552) ซึ่งพบว่า มีค่าความคงทนของการเปลี่ยนสีอยู่ในระดับ 4 เช่นเดียวกับการย้อมโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3

ผลการทดลองแสดงว่าเครื่องย้อมใจด้าย มก.3 มีประสิทธิภาพดีเช่นเดียวกับการย้อมด้วยเครื่อง LA-650 IR INFRA RED DYER

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย  $dE^*$  ของการเปื้อนสี และระดับความคงทนของสีใหม่ที่ได้จากการทดลอง พบว่า ค่า  $dE^*$  ของการเปื้อนของสีไม่สูงนัก แสดงว่ามีความคงทนของสีดี สีใหม่ทดลองหนัก 2.0 กิโลกรัม ให้ค่า  $dE^*$  ของการเปื้อนสีสูงที่สุด ขณะที่สีใหม่ทดลองหนัก 1.0 กิโลกรัม ให้ค่า  $dE^*$  ของการเปื้อนสีต่ำที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย (0.71) เมื่อพิจารณาระดับความคงทนของสี พบว่า สีใหม่ที่ทดลองย้อมด้วยสีแอตติคโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 ที่ใช้ปริมาณใหม่ต่างกัน ล้วนมีความคงทนของสีอยู่ที่ระดับ 4 แสดงว่าสีของใหม่ที่ทดลองย้อม มีความคงทนของสีต่อการซักดีมาก เมื่อเปรียบเทียบกับใหม่ที่ย้อมด้วยสีแอตติคโดยใช้เครื่อง LA-650 IR INFRA RED DYER ศึกษาโดย อิศริยะ (2552) ซึ่งพบว่า มีค่าความคงทนของการเปื้อนสีอยู่ในระดับ 4 – 5 กล่าวคือมีระดับความคงทนของสีสูงกว่าใหม่ที่ย้อมโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 เล็กน้อย

ผลการวิเคราะห์ค่า  $dE^*$  ของการเปื้อนสียืนยันว่าเครื่องย้อมใจด้าย มก.3 มีประสิทธิภาพในการย้อมดีใกล้เคียงกับเครื่องย้อม LA-650 IR INFRA RED DYER

#### ตอนที่ 4 ผลของปริมาณใหม่ที่ย้อมต่อความคงทนของสีเส้นใหม่ที่ย้อมได้

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนสี และค่า  $dE^*$  ของการเปื้อนสี ของใหม่ทดลองย้อมด้วยสีแอตติคโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3

ค่า $dE^*$	แหล่งความแปรปรวน	d.f.	SS	MS	F	p
การเปลี่ยนสี	Treatments	3	5.600	1.867	1.608	0.201
	Error	44	51.089	1.161		
	Total	47	56.689			
การเปื้อนสี	Treatments	3	4.997	1.666	1.610	0.201
	Error	44	45.508	1.034		
	Total	47	50.505			

จากตารางที่ 9 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนสี และ  $dE^*$  ของการเปื้อนสีของใหม่ทดลองย้อมด้วยสีแอตติคโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 พบว่าปริมาณใหม่ที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนสี และ  $dE^*$  ของการเปื้อนสี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น เป็นการยอมรับสมมติฐานข้อที่ 2.1 ที่ระบุว่าปริมาณใหม่ที่ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนสี และ 2.2 ที่ระบุว่าปริมาณใหม่ที่ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $dE^*$  ของการเปื้อนสี

จากการยอมรับสมมติฐานในข้อที่ 2.1 และ 2.2 แสดงว่า ปริมาณไหมที่ใช้ข้อมไม่มีผลต่อค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนแปลงสี และ  $dE^*$  ของการเปื้อนสี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการสังเกตค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนแปลงสี และ  $dE^*$  ของการเปื้อนสี มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่ามีระดับความคงทนของสีใกล้เคียงกัน หลังการซักจะมีสีตกเพียงเล็กน้อย และสีเปลี่ยนไปจากเดิมน้อยมาก ค่าความคงทนของสีเป็นการบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ และมาตรฐานในการผลิต ซึ่งปัจจุบันกลุ่มผู้ผลิตสิ่งทอพื้นเมืองยังไม่ค่อยให้ความสำคัญมากนัก ทั้งนี้สอดคล้องกับ สุชาดาและคณะ (2548) ที่กล่าวว่า คุณภาพผ้าไหมไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งผ้าไหมหัตถอุตสาหกรรมจำเป็นต้องปรับปรุงวิธีการข้อมสีให้มีความคงทนต่อการซักฟอก ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความสำคัญต่อการยกระดับคุณภาพของงานฝีมือ อันเป็นเอกลักษณ์ของไทยและเพื่อเพิ่มศักยภาพในการใช้ผ้าไหมในประเทศและการส่งออกไปตลาดต่างประเทศอีกด้วย จากการนำตัวอย่างผ้าไหมข้อมสีเคมีจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และ ภาคตะวันออกของประเทศไทย มาทดสอบความคงทนของสีต่อการซักฟอกตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 121 เล่ม 3 พบว่า ผ้าไหม ที่มีความคงทนต่อการซักระดับดีมาก (คะแนน = 5) มีเพียง 8.63 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

แสดงว่าเครื่องข้อม ใจด้าย มก.3 มีประสิทธิภาพดี ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องข้อม ใจด้าย มก.3 มีกงคล้องใจด้ายที่สามารถหมุนได้โดยอัตโนมัติ ทำให้ใจด้ายสามารถเคลื่อนไปสัมผัสกับน้ำสีได้ทั่วถึง กลไกของเครื่องไม่มีการขัดขวางการแทรกซึมของสี แม้ในขณะที่ใจด้ายเคลื่อนพื้่นน้ำสีขึ้นมา ก็ยังคงเปียกชุ่มด้วยน้ำสีตลอดเวลา แสดงว่าระดับน้ำสีในถังข้อมไม่มีผลต่อความคงทนของสีที่ได้

จากปริมาณไหมที่แตกต่างกัน ทำให้ปริมาณน้ำข้อมในถังข้อมมีระดับแตกต่างกัน แต่ก็ไม่มีผลต่อค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนแปลงสี และค่า  $dE^*$  ของการเปื้อนสี เนื่องจากกลไกการทำงานของเครื่องข้อม ใจด้าย มก.3 มีกงคล้องใจด้ายที่หมุนอย่างสม่ำเสมออยู่ตลอดเวลา ทำให้น้ำสีสามารถสัมผัสกับไหมได้อย่างทั่วถึง จึงแสดงว่าเครื่องข้อม ใจด้าย มก.3 มีประสิทธิภาพดี สามารถข้อมไหมด้วยสีแอสิดได้ในทุกปริมาณน้ำหนักไหม และให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสี และค่าการเปื้อนสีที่ไม่แตกต่างกัน และสีของไหมที่ทดลองข้อมมีค่าความคงทนของสีต่อการซักดีมาก คือหลังการซักสีเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และภายหลังการซักมีสีตกเพียงเล็กน้อย

การข้อมไหมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องข้อม ใจด้าย มก.3 ไม่ว่าจะข้อมไหมหนัก 0.5 1.0 1.5 หรือ 2.0 กิโลกรัม ยังคงให้ค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนแปลงสี และค่า  $dE^*$  ของการเปื้อนสีที่ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากกลไกการทำงานของเครื่องข้อม ใจด้าย มก.3 มีประสิทธิภาพที่ดีเหมาะสำหรับการข้อมไหมด้วยสีแอสิด และในการข้อมยังคงใช้กรรมวิธีเดียวกันในทุกปริมาณ โดยไม่ต้องปรับกรรมวิธีในการข้อมตามน้ำหนักไหม

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การศึกษาเรื่องการข้อมใหม่ด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องข้อมใจด้าย มก.3 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าสีและความคงทนของสีต่อการซัก ตลอดจนเปรียบเทียบสีและความคงทนของสีของเส้นไหมที่ข้อมโดยใช้ปริมาณไหมในระดับที่แตกต่างกัน จัดการทดลองแบบ Completely Randomized Design มีปัจจัยเพียงปัจจัยเดียว คือ น้ำหนักไหม โดยใช้ไหมหนัก 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม จากนั้นนำไหมทดลองไปวัดค่าสี และทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก โดยใช้วิธีทดสอบมาตรฐาน AATCC ประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ค่าการเปลี่ยนสี ด้วยเครื่อง Spectrophotometer จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย (mean) ของค่า  $L^*$   $a^*$   $b^*$   $C^*$   $h^*$  และหาค่าเฉลี่ยของค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนสีและค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนสี วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี One way Analysis of Variance และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ได้ผลดังต่อไปนี้

#### 1. ผลต่อค่าสี

จากการศึกษาพบว่า สีของไหมมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) อยู่ระหว่าง 38.55 - 39.38 ค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) อยู่ระหว่าง 2.43 - 2.62 ค่าความเป็นสีน้ำเงิน ( $b^*$ ) อยู่ระหว่าง (-34.10) – (-35.20) ค่าความสดไส ( $C^*$ ) อยู่ระหว่าง 34.94-35.29 และค่าสี ( $h^*$ ) อยู่ระหว่าง 274.03 – 274.22 แสดงว่าสีที่ได้เป็นสีน้ำเงินค่อนข้างเข้มและสดไส สีของเส้นไหมมีความสม่ำเสมอ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $L^*$  ของไหมทดลองข้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องข้อมใจด้าย มก.3 พบว่าปริมาณไหมที่ใช้ข้อมไม่มีผลต่อค่า  $L^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นการยอมรับสมมติฐานข้อที่ 1.1

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $a^*$  ของไหมทดลองข้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องข้อมใจด้าย มก.3 พบว่าปริมาณไหมที่ใช้ข้อมไม่มีผลต่อค่า  $a^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นการยอมรับสมมติฐานข้อที่ 1.2

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $b^*$  ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 พบว่าปริมาณไหมที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $b^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นการยอมรับสมมติฐานข้อที่ 1.3

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $C^*$  ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 พบว่าปริมาณไหมที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $C^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นการยอมรับสมมติฐานข้อที่ 1.4

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $h^*$  ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 พบว่าปริมาณไหมที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $h^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นการยอมรับสมมติฐานข้อที่ 1.5

ผลของค่า  $dE^*$  ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 ปริมาณไหม 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม ในการทดลองซ้ำที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่า ค่า  $dE^*$  มีความแตกต่างกันของสีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และจากการสังเกตสีของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 ปริมาณไหม 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างกันของสี ดังนั้นจึงแสดงว่า เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 สามารถย้อมได้ในทุกปริมาณน้ำหนักไหม และได้สีที่มีความสม่ำเสมอดี

โดยสรุปการย้อมไหมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 ไม่ว่าจะใช้ไหมหนัก 0.5 1.0 1.5 หรือ 2.0 กิโลกรัม ให้ค่าความเข้มของสี ค่าความเป็นสีแดง ค่าความเป็นสีน้ำเงิน ค่าความสดใสของสี และตำแหน่งของค่าสีที่ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าเครื่องย้อมใจด้าย มก.3 มีประสิทธิภาพสามารถย้อมไหมด้วยสีแอสิดได้ในทุกปริมาณน้ำหนักไหม และเหมาะสำหรับการนำไปใช้ย้อมในระดับชุมชน เพื่อการพัฒนากระบวนการย้อมให้มีประสิทธิภาพและสามารถเพิ่มคุณภาพของสินค้าให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ

## 2. ผลต่อความคงทนของสี

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนแปลงสี ของไหมทดลองย้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 พบว่า ปริมาณไหมที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $dE^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นการยอมรับสมมติฐานข้อที่ 2.1

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $dE^*$  ของการเปื้อนสี ของไหมทดลองย้อมด้วยสี แอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 พบว่า ปริมาณไหมที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า  $dE^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นการยอมรับสมมติฐานข้อที่ 2.2

ผลการประเมินระดับความคงทนของสี จากค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนสี พบว่าไหมที่ทดลองย้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 โดยใช้ไหมหนัก 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม มีค่าความคงทนของสีต่อการซักดีมาก มีความคงทนของสีอยู่ที่ระดับ 4 แสดงว่าหลังการซักสีของไหมจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

ผลการประเมินระดับความคงทนของสี จากค่า  $dE^*$  ของการเปื้อนสี พบว่าไหมที่ทดลองย้อมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 โดยใช้ไหมหนัก 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม มีความคงทนต่อการซักดีมาก มีความคงทนของสีอยู่ที่ระดับ 4 แสดงว่าหลังการซักไหมมีสีตกน้อยมาก

โดยสรุปการย้อมไหมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 ไม่ว่าจะใช้ไหมหนัก 0.5 1.0 1.5 หรือ 2.0 กิโลกรัม ให้ค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนแปลงสี และค่า  $dE^*$  ของการเปื้อนสีไม่แตกต่างกัน แสดงว่าเครื่องย้อมใจด้าย มก.3 มีประสิทธิภาพดี สามารถย้อมไหมด้วยสีแอสิดได้ในทุกน้ำหนักไหม อีกทั้งยังมีระดับความคงทนอยู่ที่ระดับดีมาก แสดงว่าไหมที่ซักแล้วมีการเปลี่ยนสีน้อยมากและมีสีตกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้น เครื่องย้อมใจด้าย มก.3 จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้ย้อมในระดับชุมชน เพื่อการพัฒนากระบวนการย้อมของกลุ่มผู้ผลิตสิ่งทอพื้นเมืองให้สามารถผลิตสินค้าที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าของสินค้า สร้างรายได้ให้แก่กลุ่มผู้ผลิตสิ่งทอพื้นเมืองมากยิ่งขึ้น

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับใช้

1. จากการศึกษาพบว่าค่า  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^*$  และ  $dE^*$  ของการเปลี่ยนสีและการเปื้อนสีของไหมปริมาณ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงใช้เครื่องย้อมใจ้าย มก.3 ย้อมไหมได้ทุกปริมาณน้ำหนัก ตั้งแต่ 0.5 ถึง 2.0 กิโลกรัม

2. ในการย้อมไหมด้วยสีแอติคโดยใช้เครื่องย้อมใจ้าย มก.3 ควรใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อม 1:30 โดยค่อย ๆ เพิ่มระดับอุณหภูมิจาก 40 องศาเซลเซียส เป็น 90 องศาเซลเซียส ในเวลา 40 นาที จากนั้นย้อมต่อที่ระดับอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 80 นาที รวมใช้ระยะเวลาในการย้อมทั้งหมด 120 นาที

3. ในการย้อมที่ต้องใช้ความร้อน ควรระมัดระวังในการใช้เครื่อง โดยเฉพาะขณะเปิดฝาครอบถังย้อม หากตั้งอุณหภูมิไว้สูง จะมีไอน้ำพุ่งออกมาจากเครื่องทำให้เกิดอันตรายได้ นอกจากนี้ยังควรเพิ่มช่องระบายความร้อนเพื่อให้ไอน้ำระเหยออกไปได้

### ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1. การศึกษาครั้งนี้เป็นการทดลองย้อมไหมเท่านั้น ควรศึกษาการย้อมด้วยเส้นใยชนิดอื่น ๆ เพิ่มเติม

2. การศึกษาครั้งนี้ใช้เฉพาะสีแอติคเท่านั้น ควรศึกษาการย้อมไหมด้วยสีชนิดอื่น

3. การศึกษาครั้งนี้ใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อม 1:30 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ค่อนข้างสูง ควรศึกษาการย้อมโดยใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อมน้อยกว่า 1:30

4. ควรศึกษาเปรียบเทียบการย้อมไหมโดยใช้เครื่องย้อมใจ้าย มก.3 นี้ กับวิธีการย้อมไหมของผู้ผลิตสิ่งทอพื้นเมืองทั่วไป

5. การศึกษาครั้งนี้ใช้สี 5 เปอร์เซนต์ ควรศึกษาการใช้เปอร์เซนต์สีที่แตกต่างกัน

6. การศึกษาการใช้เครื่องข้อมใจด้าย มก.3 โดยผู้ใช้ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย คือกลุ่มผู้ผลิตสิ่งทอพื้นเมือง และศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มผู้ผลิตสิ่งทอพื้นเมืองที่มีต่อเครื่องข้อมใจด้าย มก.3



## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ขจีจรัส ภิรมย์ธรรมศิริ. 2549. เอกสารประกอบการสอนวิชาพัฒนาการสิ่งทอพื้นเมือง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- \_\_\_\_\_. 2551. เอกสารประกอบการสอนวิชาพัฒนาการสิ่งทอ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- \_\_\_\_\_, บัญญัติ เศรษฐจิติ, ศักดา อินทวิชัย และศรัณยา เกษมบุญญากร. 2551. เครื่องย้อมเส้นด้ายเพื่อการผลิตสิ่งทอพื้นเมือง. เอกสารประกอบนิทรรศการ “นวัตกรรมงานวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2551”. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- \_\_\_\_\_. 2552. เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีสีย้อมธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- \_\_\_\_\_, บัญญัติ เศรษฐจิติ และศักดา อินทวิชัย. 2553. การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายเพื่อการผลิตสิ่งทอพื้นเมือง. รายงานความก้าวหน้าการดำเนินงาน โครงการวิจัย โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปีงบประมาณ 2551. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ขนิษฐา ชัยรัตนาวรรณ. 2550ก. ประเภทของสีย้อม. สยามคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). แหล่งที่มา:  
[http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php?passTo=925bb09fb493ae6349931312a4ca2ef6&pageid=3&bookID=370&read=true&count=true](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?passTo=925bb09fb493ae6349931312a4ca2ef6&pageid=3&bookID=370&read=true&count=true), 15 มีนาคม 2553.
- \_\_\_\_\_. 2550ข. สีย้อม. สยามคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). แหล่งที่มา:  
[http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php?passTo=925bb09fb493ae6349931312a4ca2ef6&pageid=6&bookID=370&read=true&count=true](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?passTo=925bb09fb493ae6349931312a4ca2ef6&pageid=6&bookID=370&read=true&count=true), 15 มีนาคม 2553.
- งามจิตร ถวัลยวิษจิต. 2548. ย้อมเส้นไหมตามวิถีชาวบ้าน. คัลเลอร์เวย์ 10(57): 70-71.

ทัศนวลัย คำนวนลิน. 2553. การย้อมไหมด้วยสีแอสิดโดยใช้เครื่องย้อมใจด้าย รุ่นที่ 3. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภักคณัย ทองทิวอำพร. 2550. การมองเห็นและการวัดสี. โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม. แหล่งที่มา: [www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/pep\\_7\\_2550\\_Color\\_Measurement.pdf](http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/pep_7_2550_Color_Measurement.pdf), 28 พฤษภาคม 2553.

มณฑา จันทร์เกตุเลียด. 2541. วิทยาศาสตร์สิ่งทอเบื้องต้น. ห้างหุ้นส่วนจำกัดหอรตันชัยการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

นวลแข ปาลิวณิช. 2542. ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใยฉบับปรับปรุงใหม่. ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

นฤมล ศิริทรงธรรม. 2548. การย้อมสีเส้นไหม. คัลเลอร์เวย์ 10(57): 32-33.

ลิลี่ โกศัยยานนท์. 2548. คู่มือวิชาการสิ่งทอ. สถาบันอุตสาหกรรมสิ่งทอ, กรุงเทพฯ.

วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. 2543. วิทยาศาสตร์เส้นใย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ศูนย์พัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอ. ม.ป.ป. ภาพรวมเทคโนโลยีฟอกย้อมและตกแต่งสำเร็จ ตอนที่ 2. สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. แหล่งที่มา : [http://www.thaitextile.org/tdc/?page\\_id=358](http://www.thaitextile.org/tdc/?page_id=358), 23 กุมภาพันธ์ 2554.

สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2535. ไหมไทย. ม.ป.ท.

ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ. 2540. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีการวัดสี. ศูนย์สภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ.

สุชาดา อุษชิน, รังสิมา ชลคุป, วนิดา ผาสุกดี และธีรชล รุ่งเรืองกิจไกร. 2548. **การย้อมสีไหมให้ทนต่อการซักในหัตถอุตสาหกรรม**. นิตรรศการวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. แหล่งที่มา: [http://www.rdi.ku.ac.th/exhibition/Year2548/01-KasetNational/Project/index\\_64.htm](http://www.rdi.ku.ac.th/exhibition/Year2548/01-KasetNational/Project/index_64.htm), 8 มีนาคม 2554

สุรพล อุปดิศสกุล. 2528. **สถิติการวางแผนการตลาดเบื้องต้น**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อนุรัตน์ สายทอง, สุกกมล มีปานสกุล, จุติรัตน์ เหมชัยจิตติ และอำนาจ สุนาพรหม. 2548. **การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อพัฒนาวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตให้ได้คุณภาพมาตรฐานชุมชนผ้าพื้นบ้าน กรณีศึกษา : บ้านวาใหญ่ อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนคร**. ศูนย์คราม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. แหล่งที่มา : <http://kram.snru.ac.th/UserFiles/File/kt4.pdf>, 23 กุมภาพันธ์ 2554.

อิสริยะ สติใหม่. 2552. **ความคงทนต่อการซักของสีสำเร็จรูปสำหรับย้อมไหม**. การศึกษาค้นคว้าอิสระ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Hollen, N., J. Saddler and A.L. Langford. 1979. **Textile**. Macmillan Publishing Co.,Inc., New York.

Kasembunyakorn, S. 2007. **The Development of a Dyeing Machine for Improving The Quality of Local Silk Dyeing**, Ph.D Thesis, Kasetsart University.

Kasembunyakorn, S., K. Piromthamsiri, B. Saitthite and P. Kongkachuichay. 2008. Local silk Dyeing in Thailand. **Journal of ARAHE** 15: 74-79.

Kasembunyakorn, S., K. Piromthamsiri, P. Kongkachuichay, B. Saitthite and S. Intharawichai 2010. Development of dyeing machines for improving the quality local thai silk dyeing. **Thai agricultural research journal** 28(1): 96-109.

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวทัศนวลัย คำนวนสิน
วัน เดือน ปี ที่เกิด	1 มกราคม พ.ศ.2522
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดตาก
ประวัติการศึกษา	ศิลปบัณฑิต(ศิลปะไทย) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักออกแบบเครื่องประดับ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัทพลัส 1 เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด

