การปรับสภาพผิวและการย้อมสีครามธรรมชาติบนเส้นใยป่านศรนารายณ์

นางสาว ธนัชชา เสือสุด
นางสาวจันทร์รัตน์ ทับทิมเขียว

รายงานโครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการในงานเคมีสิ่งทอตามหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
พ.ศ. 2561

การปรับสภาพผิวและการย้อมสีครามธรรมชาติบนเส้นใยป่านศรนารายณ์

นางสาว ธนัชชา เสือสุด
นางสาวจันทร์รัตน์ ทับทิมเขียว

รายงานโครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการในงานเคมีสิ่งทอตามหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
พ.ศ. 2561

SURFACE MODIFICATION AND NATURAL INDIGO DYEING OF SISAL FIBER

Miss Thanatcha Sueasud

Miss Jantarat Tubtimkiew

This Project Report Submitted in Partial Fulfillment of The Requirement for

The Degree of Bachelor of Technology Program in

Textile Chemical Technology Faculty of Industrial Textile and Fashion design

Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

2018

ชื่อโครงการ	การปรับสภาพผิวและการย้อมสีครามธรรมชาติบนเส้นใยป่านศรนารายณ์
ชื่อนักศึกษา	นางสาวธนัชชา เสือสุด
	นางสาวจันทร์รัตน์ ทับทิมเขียว
สาขาวิชา	เทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์

.....

สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับโครงการนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรเทคโนโลยีมหาบัณฑิต

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

ลิขสิทธิ์สาขาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น

ชื่อโครงการ	การปรับสภาพผิวและการย้อมสีครามธรรมชาติบนเส้นใยป่านศรนารายณ์		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวธนัชชา	เสือสุด	รหัส 135850602007-3
	นางสาวจันทร์รัตน์	ทับทิมเขียว	รหัส 135850602015-5
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์		
สาขาวิชา	เทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ		
ปีการศึกษา	2561		

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรับสภาพผิวและการย้อมสีครามธรรมชาติบนเส้นใยป่านศรนารายณ์ ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิ เวลา สภาวะการปรับสภาพผิวเส้นใยและการย้อมแบบไล่เฉดสีบนเส้นเปียป่านศรนารายณ์ สภาวะที่เหมาะสมของการปรับสภาพผิวเส้นใยบนเส้นเปียป่านศรนารายณ์คือปรับสภาพเส้นเปียป่านศรนารายณ์โดยใช้สารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นเข้มข้นอย่างละ 5 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ซึ่งสมบัติเชิงกายภาพความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดมีค่าน้อยกว่าเส้นเปียป่านศรนารายณ์ก่อนการปรับสภาพ จากนั้นนำมาย้อมด้วยสีครามจากธรรมชาติ 5 ความเข้มข้น ได้แก่ 20 30 40 100 และ 200 กรัมต่อลิตร ความคงทนของสีต่อน้ำอยู่ในระดับดีถึงดีมาก ค่าความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียมอยู่ในระดับดีเลิศ (ระดับที่ 8) และค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูในสภาวะแห้งของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และต้มด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร) อยู่ในระดับต่ำ และค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูในสภาวะเปียกของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และต้มด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร) อยู่ในระดับต่ำถึงพอใช้ จากผลการทดลองยืนยันได้ว่า สารปรับความนุ่มสามารถปรับสภาพเส้นใยป่านศรนารายณ์ให้มีผิวสัมผัสนุ่มขึ้น และสีย้อมจากครามธรรมชาติสามารถนำมาประยุกต์ใช้ย้อมบนเส้นใยป่านศรนารายณ์ได้

คำสำคัญ : ป่านศรนารายณ์, การย้อมสี, ครามธรรมชาติ, การปรับสภาพผิว, สารตกแต่งนุ่ม, สารตกแต่งลื่น

Title	Surface modification and natural indigo dyeing of sisal fiber		
Member	Miss Thanatcha	Sueasud	135850602007-3
	Miss Jantarat	Tubtimkiew	135850602015-5
Adviser	Asst. Prof. Rattanaphol	Mongkholrattanasit, Ph.D	
Department	Textile Chemistry Technology		
Academic Year	2018		

Abstract

This study aims to investigate on the adjustment of texture and indigo dye using natural substance on Sisal fibre. Temperature, time period, conditions of texture adjustment process and ombre dying techniques on braided Sisal fibre are used as focal factors of the study. To elaborate further, the proper condition to alter braided Sisal fibre is by using softening agent and Surfactant each for 5 grams per litre at the temperature of 50 degree Celsius for 30 minutes, as a result, the tensile strength of the processed fibre has been reduced compared to the pre-processed ones. After the adjustment process, the fabric will be dyed in natural indigo dye with 5 distinctive pigment concentrations of 20, 30, 40, 100 and 200 grams per litre respectively. The colour fastness to washing is at good to high level, while artificial light fastness is at an excellent level (level 8). The colour fastness to rubbing under dry condition of the deepest pigment (of 200 grams per litre) indigo-dyed braided Sisal fibre simmered with Sodium Hydroxide and boiled with softening agent and Surfactant is at low level and the colour fastness to rubbing under wet condition of the deepest pigment (of 200 grams per litre) indigo-dyed braided Sisal fibre simmered in Sodium Hydroxide and boiled with softening agent and Surfactant is relatively low to average. Thus, it indicates that the softening agent could adjust Sisal fibre and its texture to be smoother and natural indigo dye could be adapted to dying Sisal textile as well.

Keywords : Sisal Indigo dyeing Natural Indigo Surface modification Softener Silicone

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานในงานเคมีสิ่งทอเรื่องการปรับสภาพผิวและการย้อมสีครามธรรมชาติบนเส้นใยป่านศรนารายณ์ได้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลดังต่อไปนี้

ผศ.ดร.รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาได้กรุณาให้คำแนะนำ และข้อมูล อีกทั้งยังเป็นผู้ควบคุมดูแลดำเนินโครงงาน

อาจารย์พิชิตพล เจริญทรัพยานันท์ และอาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำ

ศูนย์เรียนรู้โครงการตามพระราชประสงค์หุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี ที่กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับเส้นใยป่านศรนารายณ์เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบคุณ บิดา มารดา ที่ให้ความเอาใจใส่คอยดูแลค่าใช้จ่าย ที่เกิดขึ้นในโครงการครั้งนี้ รวมทั้งบุคคลอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวมา ที่มีส่วนช่วยผลักดัน ให้การศึกษาโครงการนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

โครงการนี้ได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

นางสาวธนัชชา เสือสุด

นางสาวจันทร์รัตน์ ทับทิมเขียว

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตโครงงาน	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**3**
2.1 ป่านศรนารายณ์	3
2.2 ครามธรรมชาติ	6
2.3 การตกแต่งนุ่ม	12
2.4 ทฤษฎีการวัดค่าสี	15
2.5 การทดสอบความคงทนของสีและสมบัติเชิงกายภาพ	18
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง	26
3.1 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ	26
3.2 วิธีการทดลอง	27
3.3 การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ	28
3.4 การศึกษาการย้อมสีครามจากธรรมชาติแบบไล่เฉดสี	29
3.5 การทดสอบความคงทนของสี	30
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	**31**
4.1 ผลการศึกษาการปรับสภาพเส้นใย	31

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.2 ผลการศึกษาการตกแต่งนุ่ม	34
4.3 ผลการสำรวจความนุ่มของเส้นเปียป่านศรนารายณ์	60
4.4 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ	61
4.5 ผลการศึกษาการย้อมสีคราม	62
4.6 ผลการทดสอบความคงทนของสี	66
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	**71**
5.1 สรุปผลการทดลอง	71
5.2 ข้อเสนอแนะ	72
บรรณานุกรม	73
ภาคผนวก	78
ประวัติผู้เขียน	80

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยป่านศรนารายณ์	6
2.2 สมบัติทางกายภาพของเส้นใยป่านศรนารายณ์	6
3.1 อัตราส่วนผสมในการย้อมสีครามธรรมชาติ	29
4.1 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ก่อนการปรับสภาพ	31
4.2 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	32
4.3 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	33
4.4 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มด้วยสารปรับความนุ่ม	35
4.5 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแช่สารปรับความนุ่ม	41
4.6 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแช่สารปรับความนุ่ม	46
4.7 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มสารปรับความนุ่ม	51
4.8 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นลื่น	56
4.9 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นลื่น	58
4.10 ผลการประเมินการปรับสภาพเส้นเปียป่านศรนารายณ์ด้วยสารปรับความนุ่มจากกลุ่มชาวบ้าน ณ ศูนย์เรียนรู้โครงการตามพระราชประสงค์หุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี	60
4.11 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว	61

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.12 ผลการศึกษาการย้อมสีครามจากธรรมชาติบนเส้นเปียป่านศรนารายณ์	63
4.13 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ ย้อมสีครามจากธรรมชาติ	67
4.14 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ ย้อมสีครามจากธรรมชาติ	68
4.15 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม	69

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ป่านศรนารายณ์	4
2.2 ลักษณะทั่วไปของต้นคราม	8
2.3 กระบวนการหมักเนื้อครามธรรมชาติ	11
2.4 ระบบ CIE L*a*b* เป็นการวัดค่าสีที่ใช้ลักษณะของพื้นที่ของวงจรสี (color space)	16
3.1 ครามเปียก	26
3.2 สารตกแต่งนุ่มสำเร็จรูป	26
3.3 สารตกแต่งลื่นชนิดเข้มข้น	26
3.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์	26
3.5 ไธโอยูเรียไดออกไซด์	26
3.6 ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์	26

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ป่านศรนารายณ์เป็นเส้นใยพืชชนิดหนึ่งที่น่าสนใจและกำลังได้รับความนิยมอยู่ในขณะนี้ เนื่องจากป่านศรนารายณ์เป็นพืชที่มีเส้นใยเหนียวและคงทน จึงสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ได้อย่างมากมาย อาทิเช่น กระเป๋า หมวก รองเท้า ตะกร้า เป็นต้น แต่ก็ยังพบปัญหาบางอย่าง เช่น ผลิตภัณฑ์นั้นมีผิวสัมผัสที่กระด้างเนื่องจากเส้นใยป่านศรนารายณ์มีความกระด้างทำให้ระคายเคืองผิวเมื่อสัมผัส และส่งผลให้ผ้าเกิดเป็นขุยเมื่อสัมผัสหรือขัดถูกับผลิตภัณฑ์ป่านศรนารายณ์ คณะผู้วิจัยจึงต้องการนำเส้นใยป่านศรนารายณ์มาตกแต่งเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความนุ่ม และนำไปทำผลิตภัณฑ์ต่อไป นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นใยป่านศรนารายณ์ไม่มีการย้อมด้วยสีจากธรรมชาติแต่การย้อมด้วยสีเคมี เพื่อทำให้เส้นใยมีสีสันสวยงามมากยิ่งขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนการย้อมที่ไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อน หาง่าย และราคาถูก จึงมีผู้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายแต่เนื่องจากสีเคมีเหล่านี้มีอันตรายมาก

คณะผู้วิจัยจึงสนใจการนำป่านศรนารายณ์มาปรับสภาพผิวและได้ศึกษาสภาวะการย้อมสีครามจากธรรมชาติและทดสอบสมบัติความคงทนของสี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการตกแต่งนุ่มของเส้นใยป่านศรนารายณ์

1.2.2 เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกายภาพของเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการตกแต่งนุ่ม

1.2.3 เพื่อศึกษาสภาวะการย้อมสีครามธรรมชาติแบบไล่เฉดสีบนเส้นใยป่านศรนารายณ์

1.2.4 เพื่อศึกษาสมบัติความคงทนของสีของเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ย้อมครามธรรมชาติ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 เส้นใยป่านศรนารายณ์ที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้จะอยู่ในรูปเปีย

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

1.4.2 ทำการทดลอง

1.4.3 วิเคราะห์และอภิปรายผลการทดลอง

1.4.4 สรุปผลการทดลอง

1.4.5 นำเสนอโครงงาน

การดำเนินงาน	2561								2562							
	พฤศจิกายน				ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. การศึกษาและรวบรวมข้อมูล	←					→										
2. ทำการทดลอง					←			→								
3. วิเคราะห์และอภิปรายผลกาทดลอง								←			→					
4. สรุปผลการทดลอง											←		→			
5. นำเสนอโครงงาน													←			→

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบสภาวะการตกแต่งนุ่มบนเส้นใยป่านศรนารายณ์

1.5.2 ทราบสมบัติเชิงกายภาพของเส้นใยป่านศรนารายณ์หลังการตกแต่งนุ่ม

1.5.3 ทราบผลการย้อมสีครามธรรมชาติบนเส้นเปียป่านศรนารายณ์

1.5.4 ทราบสภาวะการย้อมสีครามธรรมชาติแบบไล่เฉดสี

1.5.5 ทราบสมบัติความคงทนของสีครามธรรมชาติบนเส้นใยป่านศรนารายณ์

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ป่านศรนารายณ์

2.1.1 ประวัติป่านศรนารายณ์ [1]

ป่านศรนารายณ์มีถิ่นกำเนิดบริเวณอเมริกากลาง และอเมริกาใต้ใช้คำเรียกว่า ไซซอล (Sisal) ตามชื่อท่าเรือในแคว้นยูคาตันเปอริลซัล ประเทศเม็กซิโก ที่เป็นแหล่งค้าป่านศรนารายณ์แห่งแรก

ในราว พ.ศ.2382 มีการนำป่านศรนารายณ์ไปปลูกบริเวณตอนใต้ของรัฐฟลอลิดา สหรัฐอเมริกา จากนั้นมีการขยายพันธุ์และนำไปปลูกในประเทศต่างๆ โดยเฉพาะประเทศในเขตร้อนและกึ่งร้อน ทั้งในทวีปอเมริกาใต้ แอฟริกา อินเดีย และเอเชียตะวันออกส่วนประเทศในยุโรปมีการปลูกป่านศรนารายณ์แห่งแรกในประเทศเยอรมนีในช่วงปี พ.ศ.2436 ส่วนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีการปลูกแห่งแรกในประเทศมาเลเซียในช่วงปี พ.ศ.2448 ณ สถานีการเกษตรกัวลาลัมเปอร์

หลวงอินทร์ชาติสังหาร เป็นผู้นำป่านศรนารายณ์มาปลูกในไทยเป็นคนแรก ก่อนสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 โดยปลูกบนที่ดินส่วนตัวในอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จากหน่อที่นำมาจากต่างประเทศ จากนั้นได้นำหน่อไปแจกจ่ายให้แก่ชาวบ้านรอบข้างปลูกเพื่อผลิตเป็นเส้นใยสำหรับใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ

ในปี พ.ศ.2480 มีการทดลองปลูกป่านศรนารายณ์ ณ สถานีทดลองและส่งเสริมเขต 3 จังหวัดนครราชสีมา

ในปี พ.ศ.2486 พ่อค้าชาวญี่ปุ่นได้เข้ามาตั้งโรงงานทำเชือกป่านขึ้นที่หมู่บ้านเขาตะเกียบ โดยรับซื้อวัตถุดิบป่านจากชาวบ้านในพื้นที่รอบข้าง แต่ไม่นานก็ล้มเลิกกิจการ หลังจากนั้นชาวบ้านหันไปปลูกพืชอย่างอื่นแทน

ต่อมาในปี พ.ศ.2505 กรมวิชาการเกษตรได้ทดลองปลูกป่านศรนารายณ์ที่สถานีทดลองพืชไร่โนนสูง อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมาในพื้นที่ 1 ไร่ ใช้หน่อพันธุ์ป่านประมาณ 1330 หน่อ ซึ่งพบว่าสามารถเก็บผลผลิตได้หลังปลูกประมาณปีที่ 3 และเก็บผลผลิตได้นานประมาณ 6 ปี (พ.ศ. 2513-2518)

ต่อมามีการปลูกป่านศรนารายณ์เพิ่มมากขึ้นจนมีการตั้งโรงงานผลิตเชือกป่านศรนารายณ์ขึ้นในปี พ.ศ. 2517 ชื่อโรงงานเบญจพรเกษตรกรรม จำกัด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีกำลังการผลิตประมาณ 960 ตันต่อปี

ในปี พ.ศ.2528 ได้มีการตั้งโรงงานผลิตเชือกป่านศรนารายณ์ ชื่อบริษัทสนเขียว จำกัด ที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีกำหลังการผลิตประมาณ 480 ตันต่อปี

2.1.2 ข้อมูลทั่วไปของป่านศรนารายณ์

ป่านศรนารายณ์ มีลำต้นกลมสั้น เป็นปล้องถี่ที่ถูกหุ้มด้วยใบเป็นวง มีความสูงของลำต้นและใบรวมกันสูงประมาณ 1 - 3 เมตร (ภาพที่ 2.1) โคนลำต้นแตกหน่อเป็นต้นใหม่ได้หลังลำต้นมีอายุ 1 ปี ส่วนระบบรากเป็นระบบรากฝอย ไม่มีรากแก้ว หยั่งลึกได้ประมาณ 30-40 เซนติเมตร และมีความยาวไปตามหน้าดินได้มากถึง 1.5-3 เมตร ป่านศรนารายณ์ เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว แตกใบสลับเวียนเป็นวงล้อมลำต้น ใบแตกออกตั้งแต่ระดับล่างของโคนต้นจนถึงยอด ใบแก่อยู่วงนอกด้านล่างสุด ใบอ่อนอยู่วงในด้านบน ไม่มีก้านใบ แผ่นใบแบนหนา อวบฉ่ำน้ำ เรียวยาว ริมขอบใบมีหนามขนาดเล็ก ปลายใบเป็นติ่งแหลมหรือหนามแหลมสีดำ ยาวประมาณ 1.5-3 เซนติเมตร แผ่นใบเรียบ สีเขียวสดถึงเขียวเข้ม มีไขปกคลุม กว้างประมาณ 10-15 เซนติเมตร ยาวประมาณ 1-2 เมตร ภายในประกอบด้วยเส้นใยจำนวนมากเรียงตามแนวยาวของใบแต่ละใบมีน้ำหนักประหนักประมาณ 200 กรัม และให้เส้นใยประมาณร้อยละ 2

ภาพที่ 2.1 ต้นป่านศรนารายณ์

2.1.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของป่านศรนารายณ์

ป่านศรนารายณ์ มีชื่อในทางวิทยาศาสตร์ คือ *Agave sisalana L* จัดอยู่ในวงศ์ Agavaceae เป็นชนิด Sisalana มีชื่อสามัญว่า Sisal และชื่อตามท้องถิ่นที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า ป่านศรนารายณ์ มีถิ่นกำเนิดบริเวณอเมริกากลาง และอเมริกาใต้ ใช้คำเรียกว่า ไซซอล (Sisal) ตามชื่อท่าเรือในแคว้นยูคาตัน เปอริลซัล ประเทศเม็กซิโกที่เป็นแหล่งค้าป่านศรนารายณ์แห่งแรก

2.1.4 การปลูกป่านศรนารายณ์

ป่านศรนารายณ์นิยมปลูกด้วยหน่อจากต้นแม่ซึ่งสามารถเก็บผลผลิตได้หลังปลูกประมาณ 3 ปี ส่วนหน่อที่เกิดจากฐานรองดอกไม่นิยมนำมาปลูก เพราะเติบโตช้า สามารถเก็บผลผลิตหลังปลูกประมาณ 4 ปี ทั้งนี้ ป่านศรนารายณ์ 1 ต้น จะให้หน่อได้ประมาณ 5-10 หน่อต่อปี สามารถให้หน่อได้สูงสุดเมื่ออายุประมาณ 2-3 ปี โดยการปลูกจะใช้หน่อปลูกลงหลุมระยะห่างระหว่างหลุมและแถวประมาณ 80-100 เซนติเมตร

ป่านศรนารายณ์ สามารถตัดใบได้หลังปลูกประมาณ 2-3 ปี ต่อเนื่องจนกว่าต้นจนตายประมาณ 4-5 ปี หรือจนกว่าต้นจะตาย ทั้งนี้การตัดใบครั้งแรกควรให้ใบป่านเหลือไม่น้อยกว่า 25 ใบ ครั้งต่อไปประมาณ 20 ใบ แต่ละครั้งของการตัดควรห่างกันประมาณ 10 เดือน ถึง 1 ปี

2.1.5 ประโยชน์ป่านศรนารายณ์

2.1.5.1 ทางด้านการผลิตในภาคอุตสาหกรรม ได้แก่การผลิตเชือก ผลิตถุงกระสอบ ใช้ผลิตเยื่อกระดาษใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ในงานก่อสร้าง อาทิ กระเบื้องมุงหลังคา หรือใช้เป็นส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ผลิตลูกขัดโลหะต่างๆ หรือใช้ขัดเงาโลหะให้เงางาม เพราะป่านศรนารายณ์มีสารพวกขี้ผึ้งเกาะอยู่จำนวนมาก นำมาหมักด้วยยีสต์เพื่อผลิตแอลกอฮอล์

2.1.5.2 การผลิตในภาคครัวเรือนผลิตเป็นเครื่องจักสานหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ หมวก รองเท้า เข็มขัด กระเป๋า ผ้าปูพรม และไม้กวาด เป็นต้น

2.1.5.3 ผสมในวัสดุก่อสร้างเพื่อเพิ่มความแข็งแรงแต่มีน้ำหนักเบา เช่น ฝ้า เพดาน และฝาผนัง ใช้ทำปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยพืชสดบำรุงดิน

2.1.5.4 ใช้สกัดสารสเตียรอยด์เพื่อใช้เป็นส่วนผสมของยาเม็ดคุมกำเนิด ครีมทาผิวเพื่อการแก้การอักเสบ ยาแก้แพ้ ยาปฏิชีวนะ และอื่นๆ นำมาสกัดสารอื่นๆ เช่น กรดออกซาลิค (Oxalic acid) ขี้ผึ้งคาร์นัวบา (Camauba wax)

2.1.5.5 ใช้เป็นอาหารสัตว์ ทั้งการให้สด หรือผสมกับอาหารหยาบชนิดอื่น

2.1.6 คุณสมบัติของเส้นใยป่านศรนารายณ์

เส้นใยป่านศรนารายณ์มีสมบัติเด่น คือ ไม่ลื่น มีการยืดหดตัวน้อย มีความทนทานมากเมื่อถูกน้ำ และมีความแข็งแรงเชิงกลดีกว่าเส้นใยจากพืชชนิดอื่น เช่น ปอกระเจา (jute) ปอลินิน (flax) กัญชง (hemp)และ ฝ้าย (cotton) โดยมีความทนต่อแรงดึง (tensile strength) 511-635 เมกะปาสคาล มีค่ามอดูลัสของยังก์ (Young's modulus) 9.4-22.0 กิโลปาสคาล และสามารถยืดได้ก่อนขาด (elongation at break) ร้อยละ 2.0 - 2.5 ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบทางกายภาพของเส้นใยป่านศรนารายณ์แสดงดังตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยป่านศรนารายณ์

องค์ประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
เซลลูโลส	65.8
เฮมิเซลลูโลส	12.0
ลิกนิน	9.9
เพกติน	0.8
องค์ประกอบที่ละลายน้ำ	1.2
แวกซ์	0.3
น้ำ	10.0

ตารางที่ 2.2 สมบัติทางกายภาพของเส้นใยป่านศรนารายณ์

สมบัติ	ค่า
ความถ่วงจำเพาะ	1.327
ความยาว (มิลลิเมตร)	1200-1500
เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	0.15-0.20
ความชื้น (ร้อยละ)	8.7-10
ความดูดซับน้ำ (ร้อยละ)	570

2.2 ครามธรรมชาติ

2.2.1 ประวัติของคราม [2]

คนสมัยโบราณนิยมนำกิ่งครามทั้งใบมาแช่น้ำด่างเพื่อหมักเอาน้ำครามมาย้อมผ้า สีที่ได้ คือ สีน้ำเงินเข้ม เรียกว่า สีคราม การย้อมสีจะต้องย้อมซ้ำหลายครั้ง ครั้งแรก ๆ อาจได้เป็นสีฟ้าเข้ม ในการหมักนั้นมีกรรมวิธีที่เรียกว่าการ “เลี้ยงคราม” หากทำไม่ถูกขั้นตอนครามจะไม่ให้สี เรียกว่า “ตาย” น้ำสีที่ยังไม่สมบูรณ์จะเห็นเป็นสีเขียวเข้ม เมื่อโดนอากาศจะเข้มขึ้นจนเป็นสีน้ำเงิน ถึงสีครามในที่สุด ชาวอีสานเรียกสีครามว่าสีนิล สีหม้อ หรือสีหม้อนิล ชาวอีสานตอนบนนิยมนำไปย้อมผ้า และมัดเป็นลาย เรียกว่า ผ้าย้อมคราม แหล่งผลิตผ้าทอมือย้อมครามที่มีคุณภาพมากที่สุดแห่งหนึ่ง คือ จังหวัดสกลนครเนื่องจากเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นของชาวผู้ไทและมีการต่อยอด ออกแบบสีและลวดลายให้มีความประณีตสวยงามสีน้ำเงินของครามเป็นสีย้อมจากธรรมชาติที่มีประวัติยาวนานกว่า 1000 ปี ได้รับสมญานามว่าเป็นเจ้าแห่งสีย้อม “the king of dyes” ในสมัยโบราณ

กษัตริย์เท่านั้นที่มีสิทธิ์ใส่ผ้าย้อมคราม ในศตวรรษที่ 8 มีการนำต้นครามจากทางใต้ของจีนเข้ามาเพาะปลูกในญี่ปุ่น มีการเพาะปลูกกันอย่างแพร่หลาย จนกลายเป็นวัตถุดิบในการทำสีย้อมผ้าที่สามารถหาได้ง่ายและมีการทำสีย้อมจากต้นครามในหมู่บ้านชนบทของญี่ปุ่นอย่างแพร่หลาย ในศตวรรษที่ 16 มีการปลูกครามอย่างมากในอินเดีย เอเชียใต้ อเมริกากลางและอเมริกาใต้ ส่งเป็นสินค้าออกไปยังยุโรปจนกระทั่งมีการสังเคราะห์สีครามในปีพ.ศ.2440 การใช้สีครามจากต้นครามจึงลดลงเหลือเพียง ร้อยละ 4 ของทั่วโลกในปีพ.ศ.2457 แต่ต้นครามยังปลูกกระจายอยู่เล็กน้อยในอินเดีย แอฟริกา และอเมริกากลาง และยังมีอยู่มากในชนบทของชวา สำหรับเอเชียมีหลักฐานและร่องรอยการทำสีครามอยู่ทุกประเทศ เช่น ไทย ลาว พม่า ญี่ปุ่น และอินเดีย ฯลฯ ในประเทศไทยมีการทำสีครามในภาคเหนือและภาคอีสานมาตั้งแต่บรรพบุรุษ ดังหลักฐานการกล่าวถึงเผ่าต่าง ๆ เช่น ผู้ไทยขาว ผู้ไทยดำ และผู้ไทยแดง ตั้งชื่อตามสีของเสื้อผ้าที่นุ่ง ปัจจุบันยังมีบุคคลบางกลุ่มสืบทอดวิธีการทำสีครามเช่น ที่บ้านนาดี อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร กลุ่มอนุรักษ์ภูมิปัญญาไทย วัดพระโบราณเป็นที่รู้กันว่า ต้นครามเป็นวัตถุที่ให้สีสำคัญชนิดหนึ่งเป็นใบไม้อย่างหนึ่งที่มีกันอย่างกว้างขวางเป็นพืชกลุ่มจำพวกถั่ว ซึ่งมีสารพิเศษในการให้น้ำเงินจากสาร อินดิแคน เมื่อพุทธศตวรรษ 3000 มีการค้นพบว่าในธิเบตมีการใช้สีคราม สำหรับเป็นสีย้อมเสื้อผ้าสตรี ในอดีตยังถือว่าต้นครามและเปลือกไม้เป็นวัตถุที่ให้สีที่มีความสำคัญมาก จนกระทั่งศตวรรษที่ 19 ก็ได้มีการทำสีย้อมผ้าสังเคราะห์และสีครามสังเคราะห์ขึ้นมา มีการจำหน่ายแทนสีย้อมธรรมชาติ โดยที่สีครามธรรมชาติไม่สามารถแข่งขันได้เลย จึงนำไปสู่จุดจบของการผลิตสีครามธรรมชาติ โดยมีความร่ำรวยเป็นพื้นฐานของโลกแห่งการค้าขายเข้ามาเป็นตัวดึงดูด

2.2.2 ลักษณะทั่วไปของต้นคราม [3]

ต้นคราม จัดเป็นพรรณไม้พุ่มขนาดเล็ก แตกกิ่งก้านสาขามาก บ้างว่าแตกกิ่งก้านน้อยมีความสูงของต้นประมาณ 4-6 ฟุต หรือสูงประมาณ 1-2 เมตร ลำต้นมีลักษณะกลมสีเขียว มักพาดเกาะตามสิ่งที่อยู่ใกล้กับลำต้น ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเมล็ด โดยเป็นพรรณไม้ที่ชอบแสงแดด ทนทานต่ออากาศร้อน ฝน และดินเค็มได้ดี พบขึ้นได้ตามป่าโปร่งทางภาคอีสานและทางภาคเหนือจะนิยมปลูกต้นครามกันไว้เพื่อใช้สำหรับทำสีย้อมผ้า และมักขึ้นเป็นวัชพืชทั่วไปตามสวน

ใบคราม ใบมีลักษณะคล้ายกับใบก้างปลาแต่จะมีขนาดเล็กกว่าโดยใบเป็นใบประกอบแบบขนนก เรียงสลับกัน ลักษณะของใบย่อยเป็นรูปวงรีแกมรูปขอบขนาน หรือเป็นรูปไข่กลับ ปลายใบมน โคนใบสอบ ส่วนขอบใบเรียบ ใบมีขนาดกว้างประมาณ 0.8-1 เซนติเมตร และยาวประมาณ 1.5-3.5 เซนติเมตร แผ่นใบสีเขียวมีลักษณะบาง ดังภาพที่ 2.2 (ก)

ผลคราม ผลมีลักษณะเป็นฝักกลมขนาดเล็ก ยาวประมาณ 5-8 เซนติเมตร โดยออกเป็นกระจุก ฝักมีลักษณะคล้ายฝักถั่ว ภายในฝักมีเมล็ดสีครีมอมสีเหลืองขนาดเล็ก ดังภาพที่ 2.2 (ค)

ใบคราม (ก)

(ข)ดอกคราม

ฝักคราม (ค)

ภาพที่ 2.2 ลักษณะทั่วไปของต้นคราม [3]

2.2.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นคราม [3]

ครามหรืออินดิโก ชื่อวิทยาศาสตร์ *indigofera tinctoria* อยู่ในวงศ์ leguminosae เป็นไม้พื้นเมืองในเอเชีย เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ฝักตรงหรือโค้งงอเล็กน้อย ใบประกอบแบบขนนก ดอกช่อ ใช้ทำสีย้อม ต้นครามมีกลูโคไซด์อินดิแคน เมื่อนำต้นไปแช่น้ำ สารถูกเปลี่ยนเป็นอินดอกซิลและเมื่อถูกอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นอินดิโกบลู ให้สีคราม ใช้เป็นยารักษาอาการทางประสาท บรรเทาอาการปวดแผลที่เกิดในบริเวณเยื่ออ่อน

2.2.4 การปลูก ดูแล และเก็บเกี่ยวครามธรรมชาติ [3]

ครามชอบแดดจัด น้ำไม่ท่วมขัง อายุเพียง 3-4 เดือน ก็ให้สีคราม ได้ผู้ปลูกต้องศึกษาธรรมชาติของคราม เพื่อการบำรุง ดูแล ให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดีที่สุดกระทำได้ดังนี้

2.2.4.1 การปลูก ครามชอบดินร่วน น้ำไม่ท่วมขัง แดดจัด การเลือกพื้นที่ปลูกต้องเป็นที่ดอน โล่งมีแสงแดดเพียงพอ เช่น เชิงป่า ชายทุ่งนา คูบ่อปลา และสันคลอง โดยเตรียมดินด้วยการไถพรวนและเก็บเศษไม้ให้หมด ถ้าพื้นที่ค่อนข้างต่ำควรยกร่อง ประมาณเดือนเมษายน หว่านเมล็ดและเกลี่ยดินกลบป้องกันมดหรือแมลง โดยเกลี่ยดินบางๆให้ต้นอ่อนแทงดินขึ้นมาได้ หรือปลูกโดยวิธีหยอดหลุมเป็นแถวหลุมละ 3-4 เมล็ดแต่ละแถวห่างกันประมาณ 50-60 เซนติเมตร เมื่อได้น้ำฝนเมล็ดครามจะเริ่มงอ

2.2.4.2 การดูแล เมื่อครามงอกเป็นต้นอ่อนเล็ก ๆ ค่อนข้างบอบบางต้องถอนต้นครามที่ใกล้กันเกินไปและไม่แข็งแรงทิ้งไปการดูแลที่สำคัญคือการดายหญ้าตลอด ไม่ให้มีวัชพืชบดบังแสงแดด เมื่อต้นครามห่างกันพอดีจะได้รับปุ๋ยน้ำฝน และแสงแดดจากธรรมชาติอย่างเพียงพอกิ่งก้านกางออก ใบหนา เขียวเข้ม จนเมื่อต้นครามอายุ 3-4 เดือน หรือสังเกตจากการออกดอก เติบโตเป็นฝักเล็ก ๆ หากเป็นชนิดฝักตรงจะสังเกตเห็นยอดครามแก่หงิก แสดงว่าครามแก่พอให้สีครามได้แล้ว ถ้าน้ำฝนน้อยมากเช่นช่วงเดือนเมษายน ควรรดน้ำต้นครามสัปดาห์ละครั้ง

2.2.4.3 การเก็บเกี่ยว เก็บเกี่ยวโดยวิธีตัดหรือเกี่ยวกิ่งและใบครามให้เหลือตอสูงประมาณ 20 เซนติเมตร หากเป็นชนิดฝักโค้งงอจะแตกกิ่งและใบได้อีก เมื่อกิ่งรุ่นใหม่งอกใบออกดอกออกฝัก จะเก็บใบแก่ได้อีกเรื่อย ๆ จนกว่าครามจะตายซึ่ง 2 - 3 ปี หากเป็นครามฝักตรงเกี่ยวได้ครั้งเดียว ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บใบครามคือตอนเช้ามืด เพื่อให้ได้ใบครามสดที่สุด ให้สีครามมากที่สุด หากเก็บตอนสายแดดจัดใบครามจะแห้ง เมื่อนำไปแช่น้ำจะให้สีครามน้อย อีกเรื่องหนึ่งที่ควรระวังคือ ควรสวมใส่เสื้อผ้ามิดชิดไปเก็บใบครามเพราะครามมีขนเล็ก ๆ มองไม่เห็นแต่ทำให้ระคายเคืองและคันทั่วร่างกาย

2.2.4.4 การเก็บเมล็ดพันธุ์ ฝักครามอ่อนมีสีเขียว เมื่อเริ่มแก่จะเป็นสีเหลือง น้ำตาลและดำ ควรเก็บฝักครามในช่วงที่เป็นสีน้ำตาล นำมาผึ่งแดดให้แห้งและเก็บในที่ร่มอากาศถ่ายเทได้ดี อาจเก็บทั้งฝักหรือบุบให้ฝักแตกเก็บเมล็ดก็ได้ครามฝักตรง 1 ฝักมี 9-10 เมล็ด 100 กรัมมี 16,800 เมล็ด ส่วนพันธุ์ฝักงอ 1 ฝัก มี 4-5 เมล็ด 100 กรัม จะมีประมาณ 15,900 เมล็ด ไม่ควรปล่อยไว้ให้ฝักครามเป็นสีดำคาต้น เพราะจะทำให้เมล็ดงอกยาก ก่อนนำไปปลูกให้โขลกฝักครามเบา ๆ ให้ฝักแตก แล้วจึงนำไปหว่านหรือหยอดหลุม

2.2.5 สีคราม [3]

สีครามเป็นสีแวตที่เก่าแก่ที่สุดมีทั้งสีครามธรรมชาติและสีครามสังเคราะห์ มีชื่อทางเคมีว่า 2-(1,3-dihydro-3-oxo-2h-idol-2-ylid-ene)-1,2-dihydro-3h-indol-3-one หรือเรียกทั่วไปว่า indigo blue หรือ indigotin เป็นผลึกเข็มสีม่วงหรือสีน้ำเงิน ระเหิดที่ 170 องศาเซลเซียสมีสมบัติไม่ละลายในน้ำ แอลกอฮอล์ อีเทอร์และกรดเจือจาง แต่ละลายได้ดีมากในสารละลายอะนีลีน และ พิริดีน ขณะเดือด ละลายได้ดีพอควรในกรดแอซิติกแคลเซียมต้มเดือด ถ้าละลายในตัวทำละลายไม่มีขั้วจะปรากฏสีม่วงแดง แต่ถ้าละลายในตัวทำละลายมีขั้วจะปรากฏสีน้ำเงิน

2.2.6 กระบวนการผลิตครามธรรมชาติ [4]

2.2.6.1 การเตรียมสีครามธรรมชาติจากใบครามสด

ประมาณร้อยละ 90 ของผู้ทำสีครามธรรมชาติ จะทำสีครามจากใบครามสด ผู้ทำสีครามต้องระมัดระวัง ตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บใบครามจากต้นต้องเก็บในเวลาเช้ามืดก่อนที่พระอาทิตย์ขึ้นหรือชาวเกาหลีจะเก็บใบครามจากต้นมาแล้วพักไว้ใกล้น้ำแข็ง แม้การแช่ใบครามก็แช่ในน้ำแข็ง เมื่อได้ของเหลวสีเขียวสดแล้วใช้ย้อมฝ้ายได้ทันที นอกจากนี้ชาวเกาหลียังมีวิธีทำสีครามที่น่าสนใจ อีก 2 วิธีดังนี้ แช่ใบครามสดในหม้อน้ำหมักไว้นาน 1-3 วัน จึงแยกกากใบครามออกเติมน้ำขี้เถ้าในน้ำครามทันทีในอัตราส่วนน้ำคราม : น้ำขี้เถ้า 1:1 กวนแรงๆ ด้วยพายไม้ไผ่จนกระทั่งเกิดฟองโตขนาดผลมะกอก จึงหยุดกวนพักของเหลาวผสมไว้ 1 สัปดาห์ จะได้สีครามสำหรับย้อมผ้า แยกกากใบครามออกเติมปูนขาวที่ทำจากการเผาเปลือกหอยในน้ำคราม อัตราส่วนน้ำคราม : ปูนขาว 10 : 1

ปั่นของผสมด้วยไม้ไผ่รูปตัวทีจนกระทั่งเกิดฟองและแตกอย่างเร็วพักของเหลวผสมไว้ให้ของเหลวส่วนบนใสจึงแยกที่ใสออกแล้วเติมน้ำขี้เถ้าในตะกอนครามหมักไว้จนได้สีครามสำหรับย้อมผ้า

การทำสีครามของชาวชนบทอินโดนีเซียใช้ใบครามสดเช่นเดียวกัน ต่างจากชาวเกาหลีบ้างเล็กน้อย โดยการแช่ใบครามสดน้ำราว 1 สัปดาห์ให้ใบครามเปื่อยจึงแยกกากออก เติมกากน้ำตาล (molasses) และปูนขาว เพื่อเป็นตัวทำให้เนื้อครามเปลี่ยนเป็นสีคราม จึงย้อมผ้าบาติกด้วยวิธีการจุ่มผ้าในหม้อน้ำคราม 15 นาที แล้วนำออกผึ่งในที่ร่ม 15 นาที และจุ่มย้อมซ้ำหลาย ๆ ซ้ำ จนกระทั่งได้สีน้ำเงินเข้มตามต้องการ ซึ่งอาจต้องย้อม 20 - 30 ซ้ำ จึงล้างด้วยน้ำสะอาด เพื่อกำจัดสิ่งสกปรก เช่น ฟองและเศษปูนขาว ถ้าต้องการผ้าสีเข้มขึ้นอีกให้ผสมเนื้อครามกับปูนขาวและกากน้ำตาล แล้วพักไว้ 1 คืน จึงทำการย้อมซ้ำอีกและทำอย่างเดิมอีก 3 วัน แหล่งผ้าบาติกที่มีชื่อของอินโดนีเซีย อยู่ที่เมือง Kerek ซึ่งภูมิประเทศเป็นภูเขาหินปูน ชาวบ้านใช้โคลนที่นี่ผสมในหม้อน้ำครามทำให้การเกาะติดสีของผ้าแน่นขึ้นและให้สีน้ำเงินเข้มเป็นพิเศษ “a batik Kerek” จึงเป็นผลิตภัณฑ์มีชื่อเสียงดึงดูดนักท่องเที่ยวต่างชาติให้แก่ท้องถิ่นแห่งนี้ ชาวอิหร่านจะใช้แอมโมเนียหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์อย่างใดอย่างหนึ่งแทนปูนขาว โดยเติมน้ำครามเพื่อให้เนื้อครามตกตะกอนจึงรินของเหลวใสทิ้งในการเตรียมสีครามจะใช้โซดาไฟ 7 กรัม กับครามผง 60 กรัม เติมน้ำแล้วกวนให้เข้ากันเติมน้ำอีกจนครบ 3 ลิตร พักของเหลวไว้ครึ่งชั่วโมงจะได้ของเหลวสีเหลืองอ่อน ถ้าหยดของเหลวนี้บนแผ่นกระจกมันจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ย้อมผ้าในของเหลวสีเหลืองนั้น สำหรับอินเดียซึ่งถือเป็นแหล่งผลิตสีครามแหล่งใหญ่ในศตวรรษที่ 16 ทำสีครามจากครามผงผสมน้ำเย็นพักไว้ 1 คืน จึงเติมโซดาไฟคนให้เข้ากันแลเติมไฮโดรซัลไฟล์ คนให้เข้ากันดีแล้วกรองเอาของเหลวไปย้อมผ้า หลาย ๆ ซ้ำจึงล้างด้วยน้ำและตากให้แห้ง

2.2.6.2 การเตรียมน้ำครามและเนื้อคราม

นำกิ่งใบครามสดในภาชนะ ใช้มือกดใบครามให้แน่นเติมน้ำให้ท่วมหลังมือแช่ไว้ 10-12 ชั่วโมง จึงกลับใบครามข้างล่างขึ้นทับส่วนบนแช่ต่อไปอีก 10 - 12 ชั่วโมง จึงแยกกากใบครามออก ได้น้ำครามใสสีฟ้าจางเติมปูนขาว 20 กรัมต่อน้ำคราม 1 ลิตร ถ้าชั่งใบครามสด 10 กิโลกรัม ใช้น้ำแช่ 20 ลิตร จะใช้ปูน 400 กรัม หรือเติมทีละน้อยจนฟองครามเป็นสีน้ำเงินจึงกวนจนกว่าฟองครามจะยุบ พักไว้ 1 คืน รินน้ำใสทิ้ง ถ้าเป็นสีเขียวแสดงว่าใส่ปูนน้อย ยังมีสีครามเหลืออยู่ในน้ำคราม ถ้าใส่ปูนพอดีน้ำใสเป็นสีชา หากใส่ปูนมากเกินไปจะใช้ไม่ได้ เนื้อครามดีต้องเนื้อเนียนละเอียด สีน้ำเงินสดใสและเป็นเงาซึ่งอาจเก็บเป็นเนื้อครามเปียกหรือเนื้อครามผงก็ได้ขึ้นอยู่กับการใช้งานในขั้นตอนก่อหม้อ การแช่ครามเป็นเวลานานไม่มีผลต่อสีครามเพราะผลการวิจัยปรากฏชัดว่าเมื่ออุณหภูมิคงที่ สีครามตั้งต้นในใบครามจะถูกสลาย (hydrolysis) ให้สีคราม (indoxyl) ออกมาอยู่ในน้ำครามได้มากที่สุดในเวลาที่เหมาะสมเท่านั้น การแช่ใบครามที่ใช้เวลาน้อยหรือมากจนเกินไป จะ

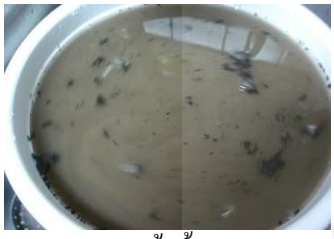
ได้สีครามเร็วให้แช่ใบครามในน้ำอุ่นไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส หรือโขลกใบครามสดในครกกระเดื่องและแช่ในน้ำที่อุณหภูมิปกติเพียง 12 ชั่วโมง ดังภาพที่ 2.

ใบคราม(ก)

(ข)การหมักใบคราม

การใส่ปูนขาว (ค)

สด



การใส่น้ำขี้เถ้า (ง)

การหมักเนื้อคราม (จ)

เนื้อคราม (ฉ)

ภาพที่ 2.3 กระบวนการหมักเนื้อครามธรรมชาติ [4]

2.2.7 การย้อมสีครามธรรมชาติ [5]

สีครามในน้ำย้อม (indigo white) แทรกเข้าไปอยู่ภายในโครงสร้างของเส้นใยฝ้ายได้ดี เมื่อยกเส้นใยพ้นน้ำย้อม สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ สีครามจะถูกออกซิไดส์เป็นสีน้ำเงิน (indigo blue) ขังอยู่ภายในเส้นใย เส้นใยที่ย้อมติดสีครามได้ดีจึงเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่มีหมู่ -OH ในโครงสร้าง โดยเฉพาะใยฝ้าย ดังนั้นก่อนย้อมต้องทำความสะอาดฝ้ายและทำให้ฝ้ายเปียกด้วยน้ำสะอาด หากล้างฝ้ายไม่สะอาด เมื่อนำไปย้อมจะทำให้สีครามในน้ำย้อมเปลี่ยนไป ย้อมไม่ติด หรือหม้อหนี หากทำด้ายเปียกน้ำไม่ทั่วเมื่อนำไปย้อมสีครามแทรกเข้าเส้นฝ้ายไม่สม่ำเสมอทำให้เกิดรอยด่าง เส้นใยเรยอนที่โรงงานอุตสาหกรรมนำเศษฝ้ายและเศษไม้มาปรับแต่งเป็นเส้นใยขนาดเล็กสม่ำเสมอ นุ่ม มันวาว ย้อมติดสีครามได้ดี ให้สีน้ำเงินเข้ม สวยงาม แต่ทนต่อการนุ่งห่มน้อยกว่าใยฝ้าย

นอกจากสีครามในน้ำย้อมและเส้นใยแล้ว น้ำย้อมที่เย็นจะย้อมติดสีครามได้ ดีกว่า ดังนั้นจึงควรใช้โอ่งดินทำหม้อคราม เพราะน้ำที่ซึมจากโอ่งดินจะช่วยระบายความร้อน ทำให้อุณหภูมิของน้ำย้อมเย็นกว่าปกติ หรือตอนเช้าและตอนเย็นเป็นเวลาที่เหมาะสมในการย้อมคราม เมื่อจะย้อมครามให้ตักน้ำย้อมประมาณ 1 ลิตร ออกไว้ก่อน จึงนำฝ้ายหมาดน้ำลงย้อม ขณะย้อมต้องระวังให้อากาศสัมผัสน้ำย้อมน้อยที่สุด นั่นคือค่อย ๆ กำเส้นฝ้ายใต้น้ำย้อมให้แน่นแล้วคลายมือให้สีครามแทรกเข้าไปในทุกอณูของเส้นฝ้าย กำและคลายไล่เรียงไปตามวงเส้นฝ้าย สังเกตน้ำย้อมสีเหลืองจาง

ไป สีน้ำเงินเข้มมาแทน ความข้นหนืดลดลงจึงหยุดย้อม บิดเส้นฝ้ายให้หมาด กระตุกให้ฝ้ายเรียงเส้น และสัมผัสอากาศ แล้วเก็บฝ้ายชิ้นนั้นในภาชนะปิด ถ้าตากฝ้ายที่ย้อมทันทีจะเกิดรอยด่างในเส้นฝ้าย หากต้องการสีเข้มต้องย้อมซ้ำในหม้อครามอื่น ต่อไปพักไว้ 3-5 นาที จึงล้างให้สะอาดจนน้ำล้างใส ไม่มีสี ตากให้แห้งนำไปใช้งานต่อไป น้ำย้อมที่ตักไว้ใช้เป็นเชื้อสามารถเทกลับคืนหม้อครามเดิม และเติมเนื้อครามอีกได้

2.3 การตกแต่งนุ่ม (Softening finishes) [6]

ผ้าผืน เสื้อผ้าต่างๆที่มีผิวสัมผัสที่นุ่ม ลื่น ยืดหยุ่น น่าใช้และสวมใส่ เป็นคุณสมบัติสำคัญๆ แรก ที่ผู้บริโภคทั่วไปให้การพิจารณาเพื่อซื้อผ้าในปัจจุบัน การตกแต่งผ้าให้นุ่ม ถือเป็นกระบวนการ ตกแต่งสำเร็จทางเคมีสิ่งทอพื้นฐานที่โรงงานฟอกย้อมตกแต่งสำเร็จ ของจะต้องมีในกระบวนการ โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ผ้าหรือสิ่งทอที่ผ่านกระบวนการย้อมหรือกระบวนการต่างๆ มีคุณสมบัติ ดังที่กล่าวมาข้างต้น การตกแต่งผ้าให้นุ่มก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาผ้าแข็งได้

การตกแต่งผ้าให้นุ่มนั้นมี 2 วิธี คือ การตกแต่งผ้าให้นุ่มเชิงกล และ การตกแต่งผ้าให้นุ่มเชิงเคมี ในส่วนนี้เราจะกล่าวถึงการตกแต่งผ้าให้นุ่มเชิงเคมีเท่านั้น

2.3.1 กลไกการยึดติดผ้าของสารช่วยให้ผ้านุ่ม (Softener) เชิงเคมี

สารช่วยให้ผ้านุ่ม (Softener) จะแสดงผลโดยตรงที่ผิวของเส้นใยในผืนผ้าที่จะทำให้ผ้านุ่ม ลื่น น่าสัมผัส โดยโมเลกุลเล็กๆของของสารนุ่มจะซึมเข้าไปในช่องว่างในโมเลกุลของโพลิเมอร์ ของเส้นใย โดยการลดอุณหภูมิแก้ว (Tg) และลักษณะการเรียงตัวของโมเลกลุของสารช่วยให้ผ้านุ่ม บนผืนผ้า ซึ่งแสดงไว้ด้านล่างนี้ โดยขึ้นอยู่กับไอออนของโมเลกุลของสารนุ่มและส่วนที่ไม่ชอบน้ำ ของผิวเส้นใย

สารช่วยให้ผ้านุ่ม (Softener) ประเภทประจุบวก ส่วนที่เป็นประจุบวกจะยึดกับผ้าที่มีส่วน เป็นประจุลบ เกิดพื้นผิวที่ไม่ชอบน้ำที่มีความนุ่มลื่นที่ดีมาก ส่วนสารช่วยให้ผ้านุ่ม (Softener) ที่เป็น ประจุลบจะหันส่วนที่เป็นประจุลบออกจากตัวผ้าและปลายของโมเลกุลมายึดติดกับผ้า ซึ่งจะทำให้ ความนุ่มจะน้อยกว่าสารช่วยให้ผ้านุ่มประจุบวกซึ่งมีส่วนที่ชอบมากสูงกว่าส่วนสารช่วยให้ผ้านุ่มที่ ไม่มีประจุจะยึดติดกับผิวเส้นใยโดยส่วนที่ชอบน้ำจะยึดติดกับส่วนที่ชอบน้ำส่วนที่ไม่ชอบน้ำจะยึด ติดกับส่วนที่ไม่ชอบน้ำ

2.3.2 ชนิดของสารเคมีตกแต่งนุ่มที่ใช้ในสิ่งทอ

สารช่วยให้ผ้านุ่ม (Softener) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมตกแต่งสิ่งทอในปัจจุบันมีหลาย ชนิด โดยแต่ละชนิดจะมีความเหมาะสมกับชนิดของเส้นใยและชนิดสีที่ย้อมเส้นใย บางครั้งในการ ตกแต่งนุ่มนั้นยังต้องคำนึงถึงโครงสร้างและความละเอียดของผ้า ด้วย การตกแต่งผ้านุ่มนี้อาจจะ

ส่งผลให้คุณสมบัติอื่นๆของผ้าเปลี่ยนแปลงได้เช่น ทำให้เฉดสีของผ้าเปลี่ยนแปลงไปได้อาจจะเข้มหรืออ่อนลง ประสิทธิภาพการคงทนต่อแสงและความคงทนต่อการขัดถูลดลง หรือสารปรับผ้านุ่มบางชนิดมีผลให้เกิดการเหลืองของผ้าได้เมื่ออยู่ในสภาวะ ที่มีความร้อนอยู่ตลอดเวลา (Phenollic yellowing)

สารช่วยให้ผ้านุ่ม (Softeners) จะประกอบด้วยโมเลกุลที่มีส่วนชอบน้ำ (Hydrophilic part) และไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic part) สามารถแบ่งได้หลายชนิด ตามโครงสร้างเคมีหรือ แบ่งตามประจุของโมเลกุล โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์สารช่วยให้ผ้านุ่มที่ขายกันในท้องตลาดนั้นจะ เป็นแบบอิมัลชั่นชนิดน้ำมันในน้ำ (oil in water emulsions) ซึ่งจะมี solid content ประมาณ 20 -30 % โดยในสายโซ่โมเลกุลนั้นจะมีอะตอมคาร์บอนอยู่ประมาณ 16 - 22 อะตอม ยกเว้นในโครงสร้างโมเลกุลของสารช่วยให้ผ้านุ่มชนิดที่เป็นซิลิโคน พาราฟิน และโพลีเอททิลลีน ส่วนใหญ่สารช่วยให้ผ้านุ่ม (Softeners)ในปัจจุบันจะเป็นชนิดซิลิโคน

2.3.2.1 สารช่วยให้ผ้านุ่มประจุบวก (Cationic Softeners)

สารนุ่มชนิดนี้จะให้ผลความนุ่มดีที่สุด และมีความคงทนต่อการซักได้ดี สามารถประยุกต์ใช้ได้กระบวนการตกแต่งแบบดูดซึม (Exhaustion) สารนุ่มชนิดนี้จะทำให้ผืนผ้านั้นมีสมบัติสะท้อนน้ำและไม่ดูดซึมน้ำ สารนุ่มชนิดไม่สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ที่เป็นประจุลบอื่นๆได้ เพราะอาจจะจะเกิดการจับแล้วเกิดการตกตะกอนได้ แต่สารนุ่มประจุบวกที่สามารถละลายน้ำได้ เนื่องจากตัวของ Cation active softenner จะอยู่ในรูปของ amine salt หรือ quaternary ammonium salt ที่ทำให้มันมีคุณสมบัติที่สามารถละลายน้ำได้ สารช่วยให้ผ้านุ่มส่วนใหญ่เป็นชนิดแคทไอออนิกเช่น ซิลิโคน หรืออีมัลชันของโพลีเอทิลีน ดังนั้น กลุ่มนี้จึงจัดเป็นกลุ่มที่มีปริมาณการใช้มากที่สุดตัวหนึ่ง

ข้อดีของสารช่วยให้ผ้านุ่มประจุบวก ได้แก่ ให้ความนุ่มดีมากสามารถทำได้ทั้งกระบวนการแบบดูดซึม (Exhaustion) และกระบวนการแบบจุ่มอัด (Padding) ได้ช่วยในการปรับปรุงการเกิดไฟฟ้าสถิตย์สามารถรวมตัวกับการตกแต่งด้วยเรซิ่นบางชนิดได้โดยไม่เกิดตะกอน และราคาไม่แพง

ข้อเสียสารช่วยให้ผ้านุ่มประจุบวก ได้แก่ไม่สามารถใช้รวมกับสารที่มีประจุได้ ทำให้เฉดสีเปลี่ยน และสารช่วยให้ผ้านุ่มประจุบวกบางตัวอาจทำให้ผ้าซึมน้ำได้ไม่ดี ทำให้เกิดการเหลืองของผ้า (Phenollic yellowing) เมื่อผ้าอยู่ภายใต้อุณหภูมิสูงนานๆ และอาจจะทำให้ความคงทนต่อแสงของสีไดเรกซ์และสีรีแอคทีฟลดลงได้ เป็นต้น

2.3.2.2 สารช่วยให้ผ้านุ่มประจุลบ (Anionic Softeners)

สารนุ่มชนิดนี้จะทนต่อความร้อนได้ดีเมื่อใช้ในกระบวนการตกแต่งสำเร็จผ้า และสามารถเข้ากันได้ดีโดยไม่ทำปฏิกิริยากับสารประกอบอื่นๆที่ใช้ในการย้อม และฟอกผ้า มีคุณสมบัติในการต้านไฟฟ้าสถิตย์ ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารนุ่มชนิดนี้สามารถซึมน้ำได้ดี สารประเภทนี้จะประกอบด้วยโซ่ยาว (Long chain) ของกรดไขมัน (Fatty acid) ทำให้สามารถละลายน้ำได้ ซึ่งอยู่ในรูปของเกลือโซเดียม

ข้อดีของสารช่วยให้ผ้านุ่มประจุลบ ได้แก่ไม่ทำให้ผ้าเหลือง และสามารถใช้ในสภาวะด่างได้

ข้อเสียสารช่วยให้ผ้านุ่ม ได้แก่ราคาค่อนข้างแพง และให้ประสิทธิภาพความนุ่มต่ำกว่าสารนุ่มประเภทอื่นๆ

2.3.2.3 สารช่วยให้ผ้านุ่มไม่มีประจุ (Nonionic Softeners)

เป็นสารที่มีบทบาทและมีการนำมาใช้มากในการตกแต่งนุ่ม ซึ่งในองค์ประกอบของสารกลุ่มนี้จะประกอบด้วย hydrophilic ที่เป็น Polyglycolesther chain และ hydrophilic ที่เป็น Fatty-Rest ซึ่งตัวที่เหมาะที่สุดในการนำมาใช้งานคือ Alkyl-Rest ที่ประกอบด้วย Carbon atom 15 หรือมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบสารช่วยให้ผ้านุ่มไม่มีประจุกับสารช่วยให้ผ้านุ่มประจุลบ และสารช่วยให้ผ้านุ่มประจุบวกแล้วสารช่วยให้ผ้านุ่มไม่มีประจุจะมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีกว่า สารช่วยให้ผ้านุ่มประจุลบ และสารช่วยให้ผ้านุ่มประจุบวก

ข้อดีของสารช่วยให้ผ้านุ่มประจุไม่มีประจุ ได้แก่ไม่ทำให้ผ้าเหลือง และสามารถใช้ร่วมกับสารเคมีตกแต่งประเภทอื่นได้ดี โดยไม่ทำให้เกิดการตกตะกอน

ข้อเสียสารช่วยให้ผ้านุ่มไม่มีประจุ ได้แก่ ไม่ทนการซักผ้าที่ผ่านการตกแต่งจะซึมน้ำไม่ดี และใช้วิธีการตกแต่งในระบบแบบดูดซึมให้ผลที่ไม่ดี

2.3.2.4 สารช่วยให้ผ้านุ่มประเภทอิมัลชันจะมี hydrophilic group ที่ทำให้สามารถละลายน้ำได้ ดังนั้นสารประเภทนี้จึงไม่สามารถละลายน้ำได้ ในการนำมาใช้ในการตกแต่งจะใช้ในรูปของอิมัลชัน

2.3.3 การเลือกใช้สารนุ่มในการตกแต่งผ้านั้น ต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆดังนี้

2.3.3.1 จะต้องเป็นอยู่ในรูปที่เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenous form)

2.3.3.2 สามารถละลายน้ำได้ดีไม่ตกตะกอนหรือแยกชั้น

2.3.3.3 ไม่ระเหยง่าย ไม่มีสีในตัวเอง และไม่ทำปฏิกิริยากับสีที่อยู่ในผ้า

2.3.3.4 ไม่ทำให้ผ้าเกิดการเหลือง (phenollic yellowing) เมื่อวัสดุสิ่งทอผ่านความร้อนสูงๆ หรือทิ้งวัสดุที่ผ่านการตกแต่งเอาไว้เป็นเวลานานๆ

2.3.4. การตกแต่งผ้าให้นุ่มนั้นมีวิธีที่นิยมกัน 2 วิธี คือ

2.3.4.1 การตกแต่งโดยวิธีจุ่มแช่ (Exhaustion method) ส่วน ใหญ่วิธีนี้จะทำในเครื่องย้อม และ rotary วิธีนี้จะใช้วิธีการแช่ผ้าลงในเครื่องย้อมที่มีสารนุ่มละลายอยู่ โดยใช้ปริมาณความเข้มข้นตามเอกสารข้อมูลความปลอดภัย (MSDS) ของสารนุ่มนั้น ใช้เวลาประมาณ 20 - 40 นาที ตั้งอุณหภูมิ 40 - 70 องศาเซลเซียส เสร็จแล้วนำไปอบแห้งโดยไม่ต้องผ่านน้ำอีก

2.3.4.2 การตกแต่งโดยวิธีจุ่มบีบอัดสารนุ่มเข้าไปในผ้า (Padding method) ส่วนใหญ่วิธีนี้จะทำในเครื่องตกแต่งผ้า โดยการผ่านผ้าลงในอ่างที่มีสารนุ่มที่มีความเข้มข้นละลายอยู่ โดยใช้ปริมาณความเข้มข้นตามเอกสารข้อมูลความปลอดภัย (MSDS) ของสารนุ่มนั้น ซึ่งส่วนใหญ่จะเข้มข้นกว่าวิธีจุ่มแช่ (Exhaustion method) โดยบีบด้วยลูกกลิ้ง เพื่อควบคุมเปอร์เซ็นต์การบีบอัด (% Pick up) ให้สารนุ่มคงอยู่ในผ้าในปริมาณที่เราต้องการ จากนั้นจึงนำไปอบแห้งต่อไป

2.4 ทฤษฎีการวัดค่าสี [7]

2.4.1 การวัดค่าของสี (L*, a*, b*)

สีเป็นคุณสมบัติเชิงแสงที่สามารถใช้บรรยายคุณลักษณะของวัสดุได้ง่ายที่สุดวิธีหนึ่ง ในการอธิบายสีของวัตถุด้วยคำพูด การมองเห็นสีของมนุษย์เกิดจากการที่แสงที่สะท้อนจากวัตถุนั้นๆ มากระทบตาเราและส่งไปสมองแปลออกมาเป็นสีที่เห็น ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนอยู่มากและแปรค่าไปตามประสบการณ์ ความชำนาญของผู้สังเกตวัดเปรียบเทียบสีจึงก่อให้เกิดการใช้เครื่องวัดสีในการบอกความแตกต่างของสีตัวอย่างกับสีมาตรฐานทำให้สามารถควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีมาตรฐานและเป็นการช่วยให้การตัดสินใจง่ายขึ้น ความแตกต่างของสีจะถูกแสดงออกมาในรูปแบบของตัวเลขใกล้เคียงกับสายตาของมนุษย์

2.4.1.1 ปัจจัยที่ทำให้เกิดสีมีอยู่ 3 ประเภท

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source) มีผลอย่างมากในการบรรยายสีของวัตถุ แหล่งกำเนิดแสงสำหรับการมองเห็นมาจาก 2 แหล่งคือ

- แหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติ ได้แก่แสงจากดวงอาทิตย์หรือแสงแดดในตอนกลางวัน (daylight) ส่องมายังพื้นผิวโลกเป็นแสงสีขาว และเมื่อผ่านปริซึมแสงสีขาวนี้จะแยกออกเป็นแถบสีต่างๆกัน 7 สี โดยแต่ละสีจะมีความยาวคลื่นต่างกันซึ่งอยู่ระหว่าง 400-780 นาโนเมตร แต่แสงแดดในแต่ละท้องที่ของประเทศต่างๆจะพบว่ามีการกระจายพลังงาน (spectral energy distribution, sed) ที่แตกต่างกันไปตามภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ฤดูและช่วงเวลา ดังนั้น การมองเห็นสีที่มีแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติในช่วงเวลา สถานที่หรือสภาพอากาศที่ต่างกันแล้ว ก็เป็นสาเหตุให้การมองเห็นสีต่างกันไปด้วย

- แหล่งกำเนิดแสงที่ประดิษฐ์ขึ้น มีอยู่ด้วยกันหลายแบบ ได้แก่ หลอดไฟ Incandescence, หลอดไฟทังสเตน, หลอดฟลูออเรสเซนต์, หลอดไฟซีนอนอาร์ต

2. วัตถุที่มอง (specimen) วัตถุที่ทึบแสง (opaque) จะให้การสะท้อนของแสงเพื่อเกิดสีแตกต่างจากวัตถุโปร่งแสง (translucent) และโปร่งแสง (transparent)

3. ผู้สังเกตการณ์ (observer) เป็นปัจจัยสุดท้ายของการมองเห็นเมื่อแสงตกกระทบบนวัตถุที่มีสีและสะท้อนเข้าตาผู้สังเกตการณ์แล้วส่งไปยังเรตินาที่มีส่วนไวต่อแสงแตกต่างกันอยู่ 2 ชนิดคือ ส่วนที่จะแยกความแตกต่างระหว่างความมืดและความสว่างที่เรียกว่า rods และส่วนที่สามารถแยกสีที่เรียกว่า cones แบ่งออกอีก 3 ชนิดคือ ส่วนที่ไวต่อแสงสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน

2.4.1.2 การมองเห็นด้วยตาจะบ่งบอกลักษณะของวัตถุได้ 3 ลักษณะ คือ

1. สีที่ปรากฏในการมองเห็น เช่น สีแดง สีเขียวหรือสีน้ำเงิน เรียกว่า hue

2. ความสว่างของสี ซึ่งเป็นการสะท้อนของแสงที่มีค่าต่างกัน เรียกว่า lightness

3. ความสดใส ความเข้มและความบริสุทธิ์ของสี เรียกว่า Chroma

2.4.1.3 เครื่องมือที่ใช้วัดสี เรียกว่า สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ที่สามารถวัดสีของวัตถุออกมาเป็นตัวเลขได้ ซึ่งจะวัดปริมาณการสะท้อนแสงของวัตถุเทียบกับมาตรฐานอ้างอิงที่เป็นกราฟการสะท้อนแสง (reflectance curve) วัตถุที่มีสีแตกต่างกันจะมีกราฟการสะท้อนแสงต่างกัน วัตถุที่มีสีต่างกันเมื่อสะท้อนแสงของสีนั้นออกมาก็จะมีความยาวคลื่นต่างกัน โดยที่ สีน้ำเงินมีความยาวคลื่นที่ 430 - 460 นาโนเมตร สีเขียว มีความยาวคลื่นที่ 500 - 580 นาโนเมตร สีแดง มีความยาวคลื่นที่ 620 - 780 นาโนเมตร

ภาพที่ 2.4 ระบบ CIE L*a*b* เป็นการวัดสีที่ใช้ลักษณะของพื้นที่ของวงจรสี)color space) โดยกำหนดให้ L* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0-100

แกน a* ที่เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีแดง

แกน a* ที่เป็น - สีจะเป็นไปในทิศทางสีเขียว

แกน b* ที่เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีเหลือง

แกน b* ที่เป็น - สีจะเป็นไปในทิศทางสีน้ำเงิน

และในการหาค่าความแตกต่างของสีที่เป็นตัวเลขนั้นเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 2.4 จะพบว่าจุดๆหนึ่งในพื้นที่ (space) นั้น เป็น $L_1*a_1*b_1*$ และเมื่อสีมีการเปลี่ยนเฉดสีไปจะได้อีกจุดในพื้นที่ (space) เป็น $L_2*a_2*b_2*$ ซึ่ง 2 จุดนี้จะมีระยะห่างกันในพื้นที่ (space) เท่าไร ก็จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความแตกต่างของสี ดังสมการที่ 2.1

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2} \qquad \text{(สมการที่ 2.1)}$$

โดย ΔE คือ ค่าความแตกต่างของสี

กล่าวได้ว่าการมองเห็นสีของมนุษย์และการวัดสีจากเครื่องวัดจะต้องอาศัยปัจจัย 3 อย่าง คือ แหล่งกำเนิดแสง วัตถุมีสีและการอ่านค่าสี แต่กับการมองเห็นสีของมนุษย์นั้นจะพบว่าแต่ละคนอาจจะอ่านค่าสีแตกต่างกันไปสำหรับเครื่องวัดสีนั้นจะให้ค่าที่ได้จากการวัดสีในทางอุตสาหกรรมเป็นไปตามมาตรฐานสากลรวมทั้งยังสามารถที่จะวัดค่าความแตกต่างของสีที่มีเฉดสีต่างออกไปเพียงเล็กน้อยได้เป็นผลให้ในทางอุตสาหกรรมสามารถกำหนดให้ค่าความแตกต่างของสีได้

2.4.2 ค่าความเข้มของสี (K/S)

ค่าความเข้มของสีของวัสดุซึ่งวัดจากค่าการสะท้อนแสง (R : Reflectance) ของวัสดุ ถ้าสะท้อนออกหมดค่า R จะเท่ากับ 1 และดูดกลืนหมดค่า R จะเท่ากับ 0 โดยที่ความสัมพันธ์ของค่า R จะมีผลของความเข้มสี คือ ค่า K/S โดยที่ค่า

K เป็นค่าการดูดกลืนแสง (absorption coefficient) ของวัสดุ

S เป็นค่าการกระเจิงของแสง (scattering coefficient) ของวัสดุ

ซึ่งทั้ง K และ S ไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่สามารถที่จะหาอัตราส่วนของ K และ S เป็นค่า K/S (หรือเป็นค่าบอกความเข้มของสี ถ้าเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย ค่า K/S ของวัสดุทึบก็จะมีค่าคล้ายๆกับค่าดูดกลืนคลื่นแสง (Absorbance) ของสารละลาย จากสมการที่ 2.2

$$K/S = [(1-R)^2]/2R \qquad \text{(สมการที่ 2.2)}$$

และค่า K/S ของแต่ละความยาวคลื่นแสงก็ไม่เท่ากัน ดังนั้น ค่านี้จึงเป็นค่าเฉพาะของแต่ละความยาวคลื่นด้วย โดยมากแล้วก็มักวัดกันที่ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงมากที่สุด (Lambda max) ของสีแต่ละสี ซึ่งสีแต่ละสีก็จะมีค่าการดูดกลืนคลื่นแสงมากที่สุดที่ตำแหน่งแตกต่างกันไป ในทางวิทยาศาสตร์สีมักจะกำหนดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงมากที่สุดของแต่ละแม่สีไว้ ดังนี้

1. Yellow ค่า Lambda max ของ K/S จะอยู่ที่ 420 นาโนเมตร

2. Red ค่า Lambda max ของ K/S จะอยู่ที่ 520 นาโนเมตร

3. Blue ค่า Lambda max ของ K/S จะอยู่ที่ 620 นาโนเมตร

ซึ่งค่าความเข้มสี (K/S) ทั้ง 3 ความยาวคลื่นนี้เราสามารถที่จะนำมาทำนายอัตราส่วนของสีทั้ง 3 ที่ผสมออกมาเป็นสีที่ต้องการได้โดยการวัดค่าแบบระบบไตรสติมูลัส ดังนั้นจึงเรียกวิธีการนี้ว่าระบบไตรสติมูลัส ถ้ารู้ค่าความเข้มสี (K/S) ของสีที่นำมาเป็นแม่สีที่เมื่อทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้วก็สามารถคำนวณหาปริมาณของแต่ละสีที่ใช้เพื่อที่จะผสมได้เป็นสีที่ต้องการ

2.5 ความคงทนของสีและสมบัติทางกายภาพ

2.5.1 การทดสอบความคงทนของวัสดุสิ่งทอเชิงเคมี [8]

2.5.1.1 การทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ (Color fastness to water) มาตรฐาน ISO 105-E01: 1994 [8] โดยมีหลักการทดสอบดังต่อไปนี้

ชิ้นทดสอบจะถูกเป็นติดกับผ้าแนบติดเส้นใยเดี่ยว (Single fiber adjacent fabric) หรือผ้าแนบติดหลายเส้นใยนำไปแช่ในน้ำรีดน้ำออกแล้ววางไว้ระหว่างแผ่นอะคริลิค (Acrylic resin plate) ในเครื่องทดสอบภายใต้แรงกดทับและทดสอบที่อุณหภูมิ 37±2 องศาเซลเซียสโดยใช้เวลาทดสอบนาน 4 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นทดสอบและผ้าแนบติดมาทำให้แห้ง นำไปประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบและการติดเปื้อนสีของผ้าแนบติด

2.5.1.2 ความคงทนของสีต่อการขัดถู (Color fastness to rubbing) มาตรฐาน ISO 105- X12: 2001 โดยมีหลักการทดสอบดังต่อไปนี้

ชิ้นทดสอบจะถูกนำมาขัดถูกับผ้าขาวแห้งและผ้าขาวเปียก (Dry rubbing cloth and wet rubbing cloth) รูปแบบของตัวแกนกลางสำหรับน้ำผ้าขาวมาสวมใส่ (rubbing finger) จะถูกกำหนดขึ้นมา 2 แบบคือแบบหนึ่งสำหรับผ้าขน (Pile fabric) และอีกแบบหนึ่งสำหรับวัสดุสิ่งทอที่มีสีหรือผ้าพิมพ์ที่มีรายพิมพ์ขนาดใหญ่ชิ้นงานหลังจากทดสอบเสร็จจะถูกนำไปประเมินผลด้วยเกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการติดเปื้อนสี (Grey Scale for color staining)

2.5.1.3 ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม (Color fastness to light) มาตรฐาน ISO 105: B02-1994 โดยมีหลักการทดสอบดังต่อไปนี้

วิธีการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงโดยทั่วไปจะประกอบด้วยการนำตัวอย่างทดสอบมาอาบแสงพร้อมกับผ้าตัวอย่างมาตรฐานซึ่งเป็นผ้ามาตรฐานขนสัตว์สีน้ำเงิน (Blue wool reference) ซึ่งเป็นผ้าใยขนสัตว์ที่ย้อมด้วยสีที่มีความคงทนต่อแสงแตกต่างกันออกไป ตั้งแต่ระดับ 1 ถึง 8 ภายใต้สภาวะที่กำหนดเพื่อทำให้ผ้าเกิดการซีดจางหลังจากนั้นก็จะเปรียบเทียบความคงทนของสีย้อมต่อแสงของผ้าตัวอย่างทดสอบกับผ้ามาตรฐานขนสัตว์สีน้ำเงิน (Blue wool reference) และกำหนดระดับคุณภาพความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม

ตามผลการเปรียบเทียบที่ได้สำหรับสีย้อมที่ใช้กับวัสดุสิ่งทอนั้น โดยทั่วไปแล้วว่าความคงทนของสีต่อแสงตามมาตรฐาน ISO จะมีด้วยกัน 8 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 ต่ำมาก (Very poor)	ระดับ 5 ดี (Good)
ระดับ 2 ต่ำ (Poor)	ระดับ 6 ดีมาก (Very good)
ระดับ 3 พอใช้ (Moderate)	ระดับ 7 ดีเยี่ยม (Excellent)
ระดับ 4 พอใช้ (Fairly good)	ระดับ 8 ดีเลิศ (Outstanding)

ถ้าสีย้อมตัวใดมีความคงทนต่อแสงในช่วงระหว่างระดับที่กำหนดให้เขียนเป็นค่าระหว่างทั้งสองเช่นระดับ 1-2 หรือ 1.5 หมายถึง ค่าความคงทนของสีที่ไม่ถึงระดับ 2 แต่สูงกว่าระดับ 1 โดยทั่วไปแล้วสีย้อมควรมีค่าความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียมตั้งแต่ระดับ 4 ขึ้นไป

2.5.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ [9]

2.5.2.1 ความแข็งแรงของผ้าทอต่อแรงดึงขาด (Tensile Strength) มาตรฐานการทดสอบ มอก.121 เล่ม 8-2553 โดยมีหลักการทดสอบดังนี้

ชิ้นทดสอบขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 200 - 250 มิลลิเมตรถูกใส่ลงในตัวจับ และให้แรงดึงจนกระทั่งผ้าขาดอ่านค่าแรงดึงขาดและการยืดตัวจากจอแสดงผล ซึ่งให้ ความเร็ว300 ±10 มิลลิเมตรต่อนาที (12±0.5 นิ้วต่อนาที) หรือสามารถปรับความเร็วให้ชิ้นทดสอบขาดภายในเวลา 20±3 วินาที ซึ่งตัวจับควรจะเรียบ (หน้าสัมผัส) ทำด้วยโลหะและตัวจับ ทั้งคู่จะต้องขนานกันและมีศูนย์กลางตรงกัน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฤตพร ชูเส้ง สุวดี ประดับ และเกศทิพย์ กรี่เงิน [11] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ป่านศรนารายณ์มัดย้อมสำหรับกลุ่มสหกรณ์การเกษตรหุบกะพง จำกัด มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากป่านศรนารายณ์มัดย้อมสำหรับกลุ่มสหกรณ์การเกษตรหุบกะพงเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำผลิตภัณฑ์จากป่าศรนารายณ์มัดย้อม เพื่อติดตามผลความสำเร็จของโครงการ โดยการวิจัยในปีที่ 1 (ปีงบประมาณ พ.ศ. 2551) แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ระยะ โดยระยะที่ 1 การทดลองเพื่อคัดเลือกความเหมาะสมของลักษณะเต้นใยป่านศรนารายณ์ที่จะใช้มัดย้อม ระยะที่ 2 การทดลองวิธีการมัดและย้อมสีเพื่อความเหมาะสมลับลักษณะของเส้นใย ระยะที่ 3 การออกแบบลวดลายเพื่อนำไปจัดทำผลิตภัณฑ์กระเป๋า และหมวกออกแบบประเภทละ 15 รูปแบบ และ ให้ผู้เชี่ยวชาญคัดเลือกเพียงประเภทละ 3 รูปแบบ จัดทำเป็นผลิตภัณฑ์นำไปสอบถามความพึงพอใจ ส่วนการวิจัยในปีที่ 2 (ปีงบประมาณ พ.ศ. 2552) เป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ต้นแบบกระเป๋าและหมวกจากป่านศรนารายณ์ที่ได้จัดทำขึ้นสู่ชุมชนกลุ่มสหกรณ์การเกษตรหุบ

กะพง สอบถามความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรม จำนวน 30 คน ได้ผลการศึกษาดังนี้ ผลการเลือกลักษณะของเต้นใยที่เหมาะสมกับการมัดย้อมในครั้งนี้ พบว่า เส้นใยแบบถักเปีย สามารถนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้เลย ส่วนการทดลองวิธีการมัดและย้อมสีเพื่อความเหมาะสมกับ ลักษณะของเส้นใย พบว่าการมัดทึบแล้วย้อมด้วยวิธีการย้อมร้อน โดยใช้สีไดเร็กท์เหมาะสมที่สุด การออกแบบลวดลายเพื่อนำไปจัดทำผลิตภัณฑ์หมวกและกระเป๋า ในครั้งนี้ใช้ลวดลายธรรมชาติประเภทพืช และสัตว์ ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ตอบแบบในเรื่องของกระเป๋าและหมวก ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจ ด้านรูปแบบ และด้านสีที่ใช้ในการย้อม ของกระเป๋าและหมวก อยู่ในระดับมากที่สุด ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์กระเป๋าและหมวกจากป่านศรนารายณ์มัดย้อม ผู้เข้ารับการอบรมมีความพึงพอใจ ด้านวิทยากรมีความเหมาะสมด้านการดำเนินการอบรม ด้านกิจกรรมการอบรม ด้านเนื้อหาสาระของหลักสูตร ด้านวัตถุประสงค์ของหลักสูตร และด้านสิ่งอำนวยความสะดวกอยู่ในระดับมาก

คุณาวรรณ อารยะนรากูล [12] ได้ทำการศึกษาชนิดและความเข้มข้นของกรดที่มีผลต่อผิวสัมผัสของเส้นใยป่านศรนารายณ์ซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติที่จัดอยู่ในกลุ่มของเส้นใยเซลลูโลส โดยในการทดลองจะนำเส้นใยป่านศรนารายณ์ไปแช่ในกรด 4 ชนิด ได้แก่ กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) กรดอะซิติก (CH_3COOH) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) และกรดฟอร์มิก (CH_20_2) ที่ความเข้มข้นในช่วงร้อยละ 0.1-1.0 จากการทดลองพบว่า เส้นใยป่านศรนารายณ์ไม่สามารถทนกรดแก่หรือกรดซัลฟิวริก และกรดไฮโดรคลอริกได้ เนื่องจากกรดแก่จะส่งผลทำให้พันธะไฮโดรเจนของกลูโคสเกิดการแตกพันธะ และเกิดการสลายตัวของพันธะเส้นใยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลแดง และสามารถใช้กรดอะซิติก และกรดฟอร์มิกที่เป็นกรดอ่อนในการปรบปรุงผิวสัมผัสของเส้นใยได้ โดยกรดฟอร์มิกมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการปรับปรุงผิวสัมผัสของเส้นใยมากที่สุดซึ่งความเข้มข้นที่ใช้ คือร้อยละ 0.5 และเวลาในการแช่ 2 วัน ถ้าทำการแช่เส้นใยในกรดที่มีความเข้มข้นและเวลาในการแช่นานเกินไปจะส่งผลทำให้เส้นใยเกิดการเปลี่ยนสี เปราะ ขาดง่าย และความแข็งแรงของเส้นใยลดลง

ปิยะนุช เขียวอร่าม [13] ได้ทำการศึกษาถึงผลของอุณหภูมิในการอบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ายังมอดูลัสของเส้นใยป่านศรนารายณ์ ซึ่งถูกรีดมาจากส่วนใบของต้นป่านศรนารายณ์ที่มีอายุ 2-3 ปี จากหมู่บ้านหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี ตัวอย่างเส้นใยป่านศรนารายณ์ถูกตัดให้มีความยาว 15.00 ± 0.01 เซนติเมตร และคัดเลือกเส้นใยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 0.19 – 0.23 มิลลิเมตร ตัวอย่างที่ได้มี 3 กระบวนการ ได้แก่ ก) เส้นใยที่ไม่ผ่านความร้อน ข) เส้นใยที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิ 50 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ค) เส้นใยที่ตากแดดเป็นเวลา 1 วัน ค่ายังมอดูลัสของเส้นใยก่อนและหลังการผ่านกระบวนการทางความร้อนถูกวัดโดยอุปกรณ์ที่สร้าง

ขึ้น ผลการทดลองพบว่าค่ายังมอดูลัสเฉลี่ยของเส้นใยป่านศรนารายณ์ลดลงเมื่ออุณหภูมิในการอบเพิ่มขึ้น ค่ายังมอดูลัสของเส้นใยที่ไม่ผ่านความร้อนมีค่าสูงสุดที่ 9.6 กิโลปาสคาล นอกจากนี้ค่ายังมอดูลัสเฉลี่ยของเส้นใยที่ไม่ผ่านความร้อนยังลดลงเมื่อเส้นใยถูกจุ่มในสารละลายที่มีค่า pH ต่างกัน ได้แก่ pH3 (น้ำส้มสายชู) และ pH12 (สารละลายผงซักฟอก) เป็นเวลา 30 นาที เส้นใยป่านศรนารายณ์เป็นเส้นใยที่นิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์หัตถกรรม เช่น เครื่องจักสานและสิ่งทอ ดังนั้นผลจากการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเลือกใช้อุณหภูมิในการอบที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต

สมภพ สุกช่วง นิภาเพชรสมเชิดชัย ธุระแพง และคณะ [14] ได้ทำการศึกษาประวัติความเป็นมาที่เกี่ยวข้องกับป่านศรนารายณ์ ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของภูมิปัญญาท้องถิ่นในการพัฒนาวัตถุดิบ กระบวนการผลิตภัณฑ์จากป่านศรนารายณ์ กำหนดแนวทางในการบริหารจัดการ ช่องทางการจำหน่ายโดยวิธีการสร้างเครือข่ายนำแนวทางการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์มาจัดทำคู่มือการพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์จากป่านศรนารายณ์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นสมาชิกกลุ่มสตรีสหกรณ์ศิลปาชีพพิเศษจักสานป่านศรนารายณ์ จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม การสนทนากลุ่ม (Focus Group) การสังเกตแบบมีส่วนร่วม และการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า 1) ประวัติความเป็นมาที่เกี่ยวข้องกับป่านศรนารายณ์ กลุ่มสตรีสหกรณ์ศิลปาชีพพิเศษจักสานป่านศรนารายณ์ได้รู้จักและนำมาทำผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ปี 2515 โดยพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวและสมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถเป็นผู้แนะนำ ทำให้ประชาชนมีรายได้จากการประกอบอาชีพการจัดทำผลิตภัณฑ์จากป่านศรนารายณ์เพิ่มขึ้น 2) ผลจากการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของภูมิปัญญาท้องถิ่น กลุ่มสตรีสหกรณ์ศิลปาชีพจักสานป่านศรนารายณ์ ทำให้สมาชิกกลุ่ม สตรีสหกรณ์ศิลปาชีพพิเศษจักสานป่านศรนารายณ์ เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้จนสามารถทำให้เกิดการ พัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน 3) ผลจากการที่คณะผู้วิจัยได้เข้าไปมีส่วนร่วมในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ป่านศรนารายณ์ ทำให้สมาชิกกลุ่มสตรีสหกรณ์ศิลปาชีพพิเศษจักสานป่านศรนารายณ์ เกิดแนวคิดในการสร้างรูปแบบผลิตภัณฑ์ และการจัดทำบรรจุภัณฑ์ใหม่ๆ เกิดขึ้น 4) ผลจากการจัดทำคู่มือการพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์จากป่านศรนารายณ์กลุ่มสตรีสหกรณ์ศิลปาชีพพิเศษจักสานป่านศรนารายณ์จังหวัดเพชรบุรีทำให้นักศึกษาผู้สนใจและสมาชิกกลุ่มสตรีสหกรณ์ศิลปาชีพพิเศษจักสานป่านศรนารายณ์ได้มีโอกาสศึกษาทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์จากป่านศรนารายณ์มากขึ้น

พันธุทิพย์ ทิมสุกใส อติภา โทรัตน์ และอุไรวรรณ นาคดี [15] ได้ทำการศึกษาสารช่วยติดสีในกระบวนการฟอกย้อมป่านศรนารายณ์จากเปลือกต้นกระโดนเพื่อนำเส้นใยป่านศรนารายณ์ซึ่งเป็นพืชในท้องถิ่นที่มีจำนวนมากมาทำผลิตภัณฑ์เป็นรายได้เสริมหลังฤดูทำนาจึงขอความร่วมมือ

มายังมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาให้ศึกษาสีน้ำย้อมจากเปลือกต้นกระโดนที่เป็นพืชท้องถิ่น จากการศึกษาพบว่าน้ำย้อมเปลือกกระโดนแทรกซึมในเนื้อเยื่อป่านศรนารายณ์ได้ดีแต่ไม่ยึดติดจึงเกิดการตกสี ดังนั้นจึงสนใจศึกษาหาสารช่วยติดสี โดยเลือกสารช่วยติดสีจากน้ำขี้เถ้าจากงวงตาลและน้ำสนิม วิธีทดลองได้เตรียมน้ำย้อมโดยใช้เปลือกกระโดนแห้ง 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 4 ลิตร ได้น้ำย้อม วัดค่าพีเอชเฉลี่ย 4.46 น้ำย้อมเส้นป่านศรนารายณ์ 1 กิโลกรัม สุ่มเลือกใช้อัตราส่วนสารช่วยติดสีต่อน้ำ 1:2 วัดพีเอชเฉลี่ยมีค่า 10.45 และ 7.50 ตามลำดับ ได้การย้อม 3 แบบ ระหว่างน้ำย้อมกับสารช่วยติดสีได้แก่ ก่อนใช้สารช่วยติดสี พร้อมใช้สารช่วยติดสี และหลังใช้สารช่วยติดสี เปรียบเทียบเวลาเป็นนาที 30 60 และ 90 ทดสอบความคงทนกับแสงแดด โดยการเทียบสีกับ PANTONE ผลการศึกษาพบว่าค่าความเป็นด่างของสารช่วยติดสีมีผลต่อการติดสีของเส้นใยป่านศรนารายณ์ และผลของการย้อมในแต่ละแบบและแต่ละช่วงเวลาจะได้โทนสีแตกต่างกัน ซึ่งโทนสีที่ได้จะอยู่ในช่วงสีน้ำตาลแกมแดงช่วงของสี ได้แก่ 12-0714 Comhusk (สีอ่อนสุด) ไปจนถึง 10-1160 Sudan Brown (สีเข้มสุด) โทนสีที่มีความโดดเด่น ได้แก่การย้อมแบบหลังใช้สารช่วยติดสีโดยใช้น้ำขี้เถ้าจากงวงตาลเป็นสารช่วยติดสีย้อมที่เวลา 90 นาที ในส่วนของการศึกษาค่าความชื้นของเส้นใยป่านศรนารายณ์ในการย้อมแต่ละแบบพบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ได้จะอยู่ที่ 5.20 – 7.09 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความชื้นที่วัดได้นั้นถือว่ายังมีความชื้นน้อย เส้นใยป่านศรนารายณ์ที่มีความชื้นสูงเป็นตัวบอกได้ว่าเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ย้อมแล้วนั้นมีโอกาสที่เกิดเชื้อราจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้น

พจนีย์ จันทร์บางยาง [16] ได้ทำการศึกษาการป้องกันยูวีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามโดยวิธีการจุ่มอัดทั้งสองเทคนิค ได้แก่เทคนิคการจุ่มอัด - หมัก และเทคนิคการจุ่มอัด - อบแห้ง ภายใต้สภาวะที่ต่างกัน สภาวะการละลายสีที่เหมาะสมที่สุดคือใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ผ้าไหมที่ย้อมสีจากครามจะได้สีน้ำเงินแต่ถ้าใช้จุนสีเป็นสารมอร์แดนท์จะให้สีน้ำเงินเข้ม ผ้าไหมที่ผ่านการย้อมสีจากครามจะมีความคงทนของสีต่อการซักล้าง น้ำ เหงื่อ แสง และการขัดถูอยู่ในระดับที่ดีถึงดีมาก ในขณะที่ความคงทนของสีในการป้องกันรังสียูวีอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง จากผลการทดลองยืนยันได้ว่าสีย้อมจากครามสามารถนำมาประยุกต์ใช้ย้อมบนผ้าไหมได้ด้วยวิธีจุ่มอัด - หมัก และ จุ่มอัด - อบแห้ง

พสธร เรือนมา ณัฐพงษ์ บุญเกิด และนัทมน สง่าแพทย์ [17] ได้ศึกษาการพิมพ์และการเพนท์ผ้าไหมและผ้าฝ้ายโดยใช้สีครามจากธรรมชาติร่วมกับสารข้นจากแป้งบอนดัดแปร ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ปริมาณของสีครามจากธรรมชาติ สารข้นไธโอยูเรียไดออกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และน้ำ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาอุณหภูมิและเวลาแตกต่างกันของการผนึกสี รวมทั้งได้ทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง แสง เหงื่อ การขัดถู และน้ำโดยใช้มาตรฐาน ISO ในการทดสอบ

ผ้าที่พิมพ์เสร็จแล้วจะถูกนำมาประเมินความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด ความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาด ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ และความกระด้างของผ้า สูตรที่เหมาะสมของการพิมพ์ผ้าฝ้ายและผ้าไหมโดยใช้สีครามจากธรรมชาติแบบเปียกประกอบด้วยสีครามธรรมชาติแบบเปียกร้อยละ 50 สารข้นร้อยละ 5 ไธโอยูเรียไดออกไซด์ร้อยละ 6 โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 0.2 และน้ำร้อยละ 38.8 สูตรที่เหมาะสมของการพิมพ์ผ้าฝ้ายและผ้าไหม โดยใช้สีครามจากธรรมชาติแบบผงร้อยละ 20 สารข้นร้อยละ 5 ไธโอยูเรียไดออกไซด์ร้อยละ 9 โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 0.2 และน้ำร้อยละ 50 การพิมพ์และเพนท์อุณหภูมิและเวลาการผนึกสีสำหรับผ้าไหมและผ้าฝ้ายที่เหมาะสมคือ 60 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ลวดลายการพิมพ์และเพนท์ผ้าไหมและผ้าฝ้ายที่สีครามจากธรรมชาติมีคุณภาพที่ดี ค่าความคงทนของสีอยู่ในระดับดีถึงดีมาก

ศศิธร สุขใจ และกิติยาพร ทิมาไชย [18] ได้ทำการศึกษาศึกษาการพิมพ์ลอกสีบนผ้าฝ้ายย้อมสีครามจากธรรมชาติ ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ เวลา ความเข้มข้นของแป้งพิมพ์ สารลอกสีและโครงสร้างผ้า สภาวะที่เหมาะสมของการพิมพ์ลอกสีบนผืนผ้า คือใช้แป้งพิมพ์ร้อยละ 70 และสารลอกสี (ด่างทับทิม) ร้อยละ 30 สภาวะที่เหมาะสมของการทำให้แห้งคืออุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที สภาวะการกำจัดสารลอกสีคือใช้อุณหภูมิห้องนาน 10 นาทีโดยใช้สารละลายสำหรับล้างสารลอกสี (โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์) เข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร ลวดลายบริเวณที่พิมพ์ลอกสีมีความคมชัดและมีสีขาว ความคงทนของสีต่อการซักล้าง ต่อเหงื่อ ต่อน้ำ และต่อการขัดถูอยู่ในระดับดีถึงดีมาก ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุต่อแรงดึงขาด และต่อแรงฉีกขาดมีค่าน้อยกว่าผ้าก่อนการพิมพ์ งานวิจัยนี้ได้ถูกนำไปถ่ายทอดองค์ความรู้สู่วิสาหกิจชุมชนขนาดกลางและขนาดย่อย (SME) ตลอดจนเป็นการเพิ่มมูลค่าผ้าย้อมคราม

สุปราณี อำจุพา และนวรัตน์ ปัจฉิมาเอกพล [19] ได้ทำการศึกษาการพิมพ์ฟอกสีผ้าม่อฮ่อม ซึ่งผ้าม่อฮ่อมเป็นผ้าพื้นเมืองที่ทำมาจากผ้าฝ้ายย้อมด้วยต้นฮ่อมมีสีน้ำเงิน ปัจจุบันการสร้าง ลวดลายบนผ้าม่อฮ่อมใช้เทคนิคการมัดย้อมและพัฒนามาเป็นการเขียนเทียนหรือบาติกซึ่งมีขอบเขตจำกัดในการสร้างลวดลาย โครงการนี้จึงศึกษาการสร้างลวดลายบนผ้าม่อฮ่อมด้วยเทคนิคการพิมพ์ฟอกสี โดยหาสภาวะที่เหมาะสมในการพิมพ์ฟอกสีบนผ้าม่อฮ่อม ผลการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมของการพิมพ์ฟอกสีบนผ้าม่อฮ่อม คือ สารข้นปริ้นกัม 12 ร้อยละ 30 สารฟอกสีลองกาไลท์ซี (โซเดียมฟอลมัลดีไฮด์ซัลฟอกซิเลท) ร้อยละ 50 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 4 และโซเดียมคาร์บอเนตร้อยละ 49 วิธีการทำให้เกิดการฟอกสีคือการอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที เนื่องจากให้ลวดลายขาวคมชัด และสวยงามเมื่อสังเกตด้วยตา สารฟอกสีส่งผลต่อความแข็งแรงของผ้าเพียงเล็กน้อย คือ ความคงทนต่อแรงดึงแนวด้ายยืนลดลงร้อยละ 9.85 ด้ายพุ่งลดลงร้อยละ 7.18 ความคงทนต่อแรงฉีกขาด แนวด้ายยืนลดลงร้อยละ 3.80 ด้ายพุ่งลดลง

ร้อยละ 3.31 ความคงทนต่อการขัดถูลดลงร้อยละ 4 โดยเทคนิคการพิมพ์ฟอกสีสามารถสร้างลวดลายบนผ้ามอ่อมได้หลากหลายกว่าเทคนิคที่ใช้กันอยู่ทั่วไป

กนกวรรณ อรกูล และ สุพรรษา อธิลาภ [20] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการย้อมเส้นด้ายอะคริลิก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วนิยมใช้สีเบสิค เนื่องจากเป็นสีที่มีประจุบวกมีความสามารถในการย้อมเส้นด้ายอะคริลิกซึ่งมีประจุลบได้ดีและให้สีที่มีความสดใส มีความคงทนต่อแสงและการซักล้างดี แต่ในกระบวนการย้อมสีเบสิคนั้นต้องการให้เกิดการติดสีอย่างช้าๆ เนื่องจากสีเบสิคมีปัญหาเรื่องการด่างมากจึงจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิให้ดีและสม่ำเสมอในโครงการทางเทคโนโลยีจึงได้จัดทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสีเบสิคบนเส้นด้ายอะคริลิกด้วยสารตกแต่งนุ่มประจุลบ โดยใช้กระบวนการแบบดูดซึมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 45 นาที และความเข้มสีร้อยละ 0.5 โดยมีตัวแปรในการศึกษา คือ ปริมาณสารตกแต่งนุ่มประจุลบ ปริมาณกรด อุณหภูมิ และเวลา และทำการประเมินค่าเพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติความคงทนของสีต่อการขัดถู และความคงทนของสีต่อการซักล้าง จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นด้ายอะคริลิกโดยตกแต่งด้วยสารตกแต่งนุ่มประจุลบ คือ ปริมาณสารตกแต่งนุ่มประจุลบ 5 กรัมต่อลิตร ปริมาณกรดร้อยละ 0 อุณหภูมิ 50 - 60 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ซึ่งมีความคงทนต่อการซักล้างและความคงทนของสีต่อการขัดถูดีเหมาะสมกับการใช้งาน

A.Teangluma S. Teangluma และ A. Saithongb [21] ได้ทำการศึกษาพันธุ์พืชสีครามทั้ง 4 ชนิดและพืชชนิดอื่นที่ให้สีย้อมคราม ได้แก่ พันธุ์นครพนม พันธุ์สกลนคร พันธุ์มุกดาหาร พันธุ์กาฬสินธุ์ ผลการวิจัยพบว่าพันธุ์นครพนมให้ผลผลิตสูงสุด 5520 บาท/กก. ความหลากหลายนี้ให้ปริมาณสีย้อมครามสูงสุด 100 กรัมต่อใบคราม 0.022 พันธุ์มุกดาหารพันธุ์สกลนครและพันธุ์นครพนมมีค่าเท่ากับ 0.017, 0.015 และ 0.015 กรัมของครามตามลำดับ จากการศึกษาพืชที่สามารถทำได้ ถูกนำมาใช้เพื่อเสริมพืชครามเป็น Marsdenia tinctoria R. Br. ซึ่งให้ปริมาณ 0.025 กรัมต่อ 100 กรัม ที่ 40 องศาซลเซียส ในขณะที่ Memecylin edule Roxb มีความเป็นกรดสูงและไม่ให้สีย้อมคราม

Fernando R. Oliveira และคณะ [22] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติการถ่ายเทความร้อนของเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์เส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการเคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) มีอนุภาคนาโนเป็นทางกายภาพและทางเคมีที่โดดเด่นและผ่านการทดสอบสำหรับการรักษาปฏิกิริยาของน้ำเสียสิ่งทอ การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) พบว่าอนุภาคนาโนมีความสม่ำเสมอในอนุภาคอะตอมและมีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาคนาโน 2 อนุภาค (XRD), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (AFM) 32 นาโนเมตร ซีโอไลต์ต่อไทเทเนียมมากกว่า 2 นาโนคอมโพสิต

แสดงผลการสลายตัวของด้วยแสงสีน้ำเงินเมทิลีน (ร้อยละ 92) ให้ประสิทธิภาพที่ดีแม้ใน 5 รอบของการล้าง (ร้อยละ 70) นอกจากนี้นาโนคอมโพสิตยังแสดงให้เห็นถึงการเกิดไฮโดรฟิลิกซิตี้ที่เกิดจากการถ่ายภาพที่รวดเร็วทำให้มุมการสัมผัสลดลงจาก 140 องศาเซลเซียส ถึง 6 องศาเซลเซียส หลังจากได้รับรังสียูวีนาน 7 นาที เส้นใยป่านศรนารายณ์เป็นสารตั้งต้นที่น่าสนใจสำหรับไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) มากกว่า 2 นาโนคอมโพสิต ในการบำบัดน้ำเสียเนื่องจากมีต้นทุนต่ำความหนาแน่นต่ำความแข็งแรงและโมดูลัสเฉพาะสูงไม่มีความเสี่ยงด้านสุขภาพความพร้อมใช้งานและความสามารถในการทดแทนได้ง่าย

Jongmyoung Choi และ Sookhyun Kim [23] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวางแผนสำหรับผลิตภัณฑ์งานแฟชั่นที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับตลาดต่างประเทศ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายนี้จึงได้ทำการคัดเลือกผ้าแบบดั้งเดิมของเกาหลี (Mosee และ Myungjoo) ด้วยการย้อมครามธรรมชาติและได้รับการประเมินจากความรู้สึกเกี่ยวกับสีโดยกลุ่มวัฒนธรรมสองกลุ่มคือนักศึกษาเกาหลีและนักศึกษาชาวอเมริกัน นอกจากนี้การคาดคะเนความชอบสีของผ้าย้อมสีธรรมชาติตามแต่ละกลุ่มวัฒนธรรมตามสมบัติของสี และความรู้สึกเกี่ยวกับสี ผ้าสีฟ้าส่วนใหญ่ย้อมด้วยสีครามธรรมชาติมีแนวโน้มที่จะให้ความรู้สึกที่เย็นและแข็งแรง ความรู้สึกสีแตกต่างจากผ้าหกชนิด ความรู้สึกสีของผ้าย้อมตามธรรมชาติถูกแบ่งออกเป็น 3 ปัจจัยคือ คลาสสิค โรแมนติก และ ไม่ซ้ำ ปัจจัยด้านความรู้สึกสีคลาสสิคเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการย้อมสีธรรมชาติด้วยสีคราม มีความแตกต่างทางวัฒนธรรมในด้านความรู้สึกสีและความรู้สึกสีระหว่างนักศึกษามหาวิทยาลัยของเกาหลีและชาวอเมริกัน ความชอบสีของผ้าย้อมด้วยครามตามธรรมชาติพบว่าอิทธิพลส่วนใหญ่มาจากปัจจัยด้านความรู้สึกสีด้านคุณสมบัติของสีและความรู้สึกเกี่ยวกับสี

บทที่ 3
การทดลอง

3.1 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 วัสดุและสารเคมี

3.1.1.1 เส้นเปียป่านศรนารายณ์ ซื้อมาจากศูนย์การเรียนรู้ตามพระราชประสงค์หุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี

3.1.1.2 สารตกแต่งนุ่มสำเร็จรูป,เกรดการค้า บริษัท สตาร์เทค จำกัด

3.1.1.3 สารแต่งลื่นชนิดเข้มข้น (Silicone) ,เกรดการค้า บริษัท สตาร์เทค จำกัด

3.1.1.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide),เกรดการค้า บริษัท สตาร์เทค จำกัด

3.1.1.5 ไธโอยูเรียไดออกไซด์ (Thioureadioxide), เกรดการค้า บริษัท สตาร์เทค จำกัด

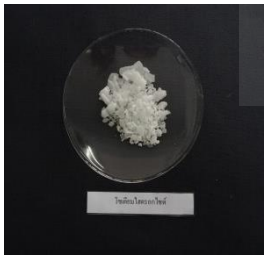
3.1.1.6 ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ เกรดการค้า บริษัท สตาร์เทค จำกัด

3.1.1.7 เนื้อครามเปียกโดยซื้อมาจากจังหวัดนครพนม

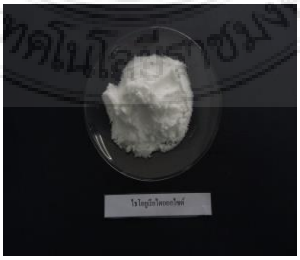
ภาพที่ 3.1 ครามเปียก

ภาพที่ 3.2 สารตกแต่งนุ่มสำเร็จรูป

ภาพที่ 3.3 สารแต่งลื่นชนิดเข้มข้น



ภาพที่ 3.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์



ภาพที่ 3.5 ไธโอยูเรียไดออกไซด์

ภาพที่ 3.6ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

3.1.2 อุปกรณ์

3.1.2.1 บีกเกอร์

3.1.2.2 แท่งแก้วคนสาร

3.1.2.3 ช้อนตักสาร

3.1.2.4 เทอร์โมมิเตอร์

3.1.2.5 กรรไกร

3.1.2.6 ถุงมือยาง

3.1.3 เครื่องมือ

3.1.3.1 เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง (Chyo ELECTIONIC BALANCE)

3.1.3.2 เครื่องอบความร้อน (Oven) Memmert GmbH+Co.KG ยี่ห้อ Memmert

3.1.3.3 เตาไฟฟ้าให้ความร้อน (Hotpate stirrer)

3.1.3.4 เครื่องถ่ายภาพกำลังขยายสูง

3.1.3.5 เครื่องทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาด (Tensild Testing Machine) บริษัท SDL ATLAS TEXTILE TESTING SOLUTIONG

3.1.3.6 เครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer Color Maching) บริษัท คัลเลอโกลโบล จำกัด รุ่น Colour QuestXe ยี่ห้อ Hunter Lab

3.1.3.7 เครื่องทดสอบความคงทนต่อการขัดถู (Rubbing) James H.Heal Sumeth Lab test Ltd.Part

3.1.3.8 เครื่องทดสอบความคงทนต่อแสง (Light Fastness Tester) Shirley Developments Limited ยี่ห้อ Solarbox Zenon

3.1.3.9 เครื่องทดสอบความคงทนต่อน้ำ (Perspiration Tester) Jamer H. Heal Sumeth Lab test Ltd.Part

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การศึกษากระบวนการปรับสภาพเส้นใยมีวิธีการดังนี้

3.2.1.1 นำเส้นเปียป่านศรนารายณ์มาทำการแช่และต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ใช้อุณหภูมิต้มเดือด เป็นเวลา 60 นาทีโดยใช้ความเข้มข้นที่ 5 10 15 20 และ 25 กรัมต่อลิตร

3.2.1.2 ล้างเส้นเปียและปรับสภาพเส้นเปียป่านศรนารายณ์ให้เป็นกลางด้วยน้ำเปล่าหลายๆครั้ง

3.2.1.3 นำเส้นเปียมาตากให้แห้งและบันทึกผลการทดลอง

3.2.2 การศึกษาการตกแต่งนุ่มบนเส้นเปียป่านศรนารายณ์ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.2.2.1 นำเส้นเปียที่ได้จากการทดลองที่ 3.2.1 มาทดลองด้วยสารปรับความนุ่มทั้งหมด 5 สภาวะ ทำการต้มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ดังนี้

(1) นำเส้นเปียที่ผ่านการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการต้มด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 5 10 และ 20 กรัมต่อลิตร

(2) นำเส้นเปียที่ผ่านการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการแช่ด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 5 10 และ 20 กรัมต่อลิตร

(3) นำเส้นเปียที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการแช่ด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 5 10 และ 20 กรัมต่อลิตร

(4) นำเส้นเปียที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการต้มด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 5 10 และ 20 กรัมต่อลิตร

(5) นำเส้นเปียที่ผ่านการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มาทำการต้มด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นเข้มข้นอย่างละ 5 กรัมต่อลิตร

3.2.2.2 นำเส้นเปียที่ได้จากการทดลองที่ 3.2.1 มาทดลองด้วยสารปรับความนุ่มทั้งหมด 5 สภาวะ ทำการแช่ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที

(1) นำเส้นเปียที่ผ่านการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการต้มด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 5 10 และ 20 กรัมต่อลิตร

(2) นำเส้นเปียที่ผ่านการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการแช่ด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 5 10 และ 20 กรัมต่อลิตร

(3) นำเส้นเปียที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการแช่ด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 5 10 และ 20 กรัมต่อลิตร

(4) นำเส้นเปียที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการต้มด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 5 10 และ 20 กรัมต่อลิตร

(5) นำเส้นเปียที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มาทำการต้มด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นเข้มข้นอย่างละ 5 กรัมต่อลิตร

3.2.2.3 ล้างเส้นเปียป่านศรนารายณ์ด้วยน้ำเปล่าหลายๆครั้ง

3.2.2.4 นำเส้นเปียมาตากให้แห้งและบันทึกผลการทดลอง

3.3 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นเปียที่ผ่านการปรับสภาพผิว

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์นั้นจะทำการเลือกเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้วทั้ง 5 สภาวะ ใช้อุณหภูมิห้องในการทำให้แห้งมาทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

3.3.1 ภาพถ่ายกำลังขยายสูง

3.3.2 การทดสอบความแข็งแรงของเส้นเปียต่อแรงดึงขาด (Tensile Strength) มาตรฐานการทดสอบ มอก.121 เล่ม 8 – 2553

3.3.3 การวัดค่าสีโดยใช้เครื่องสเปคโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer Color Maching) บริษัท คัลเลอ โกลโบล จำกัด รุ่น Colour QuestXe ยี่ห้อ Hunter Lab

3.4 การศึกษาการย้อมสีครามจากธรรมชาติแบบไล่เฉดสี

การศึกษาผลของปริมาณความเข้มข้นของสีครามสำหรับการย้อมสีเส้นเปียป่านศรนารายณ์ ซึ่งมีการใช้ปริมาณความเข้มข้นของสีครามเป็น 20 30 40 100 และ 200 กรัมต่อลิตร โดยมีตัวแปรอื่น ๆ คงที่ และมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1 และมีขั้นตอนดังนี้

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมในการย้อมสีครามธรรมชาติ [10]

เฉด / สารเคมี	เฉดที่ 1	เฉดที่ 2	เฉดที่ 3	เฉดที่ 4	เฉดที่ 5
โซดาไฟ (2 กรัมต่อลิตร)	2 กรัม	2 กรัม	2 กรัม	2 กรัม	2 กรัม
ไธโอยูเรียไดออกไซด์ (60 กรัมต่อลิตร)	60 กรัม	60 กรัม	60 กรัม	60 กรัม	60 กรัม
ครามเปียก (200 กรัมต่อลิตร)	20 กรัม	30 กรัม	40 กรัม	100 กรัม	200 กรัม
น้ำ	1 ลิตร	1 ลิตร	1 ลิตร	1 ลิตร	1 ลิตร

3.4.1 ตวงน้ำใส่ภาชนะสเตนเลสหรือพลาสติกตามสัดส่วนดังตารางที่ 3.1

3.4.2 ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ตามสัดส่วนดังตารางที่ 3.1 และเทลงในภาชนะข้อ 3.4.1 พร้อมกวนสารให้ละลาย

3.4.3 ชั่งไธโอยูเรียไดออกไซด์ตามสัดส่วนดังตารางที่ 3.1 และเทลงในภาชนะข้อ 3.4.1 พร้อมกวนสารให้ละลาย

3.4.4 ชั่งครามเปียกตามสัดส่วนดังตารางที่ 3.1 และเทลงในภาชนะข้อ 3.4.1 พร้อมกวนสารให้ละลาย

3.4.5 ทิ้งไว้ประมาณ 20-30 นาทีและรอให้สารละลายมีสีเหลือง และฟองที่ได้ต้องเป็นสีน้ำเงิน

3.4.6 นำเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านปรับสภาพด้วยสารตกแต่งนุ่มมาใส่ลงในน้ำย้อมคราม

3.4.7 ใส่ถุงมือเพื่อป้องกันสีติดเปื้อนมือ จากนั้นบีบให้สีเข้าไปด้านในของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ประมาณ 10-15 นาที จะสังเกตเห็นว่าเส้นเปียเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

3.4.8 นำเส้นเปียป่านศรนารายณ์จากข้อ 3.4.7 มาแช่ลงในสารไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร จะสังเกตเห็นเส้นเปียป่านศรนารายณ์เปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำเงิน ทำการแช่เป็นเวลา 15-20 นาที

3.4.9 นำเส้นเปียป่านศรนารายณ์ไปทำการล้างน้ำหลายๆครั้ง จนกระทั่งสีส่วนเกินหลุดออกไปและตากแห้ง

3.5 การทดสอบความคงทนของสี

การศึกษาสมบัติความคงทนของสีของเส้นเปียป่านศรนารายณ์นั้นจะทำการเลือกเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้วทั้ง 5 สภาวะที่ย้อมด้วยสีครามจากธรรมชาติเฉดเข้มที่สุดมาทำการทดสอบสมบัติความคงทนของสี ดังนี้

3.5.1 เครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer Color Maching) บริษัท คัลเลอ โกลโบล จำกัด รุ่น Colour QuestXe ยี่ห้อ Hunter Lab

3.5.2 การทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ (Color fastness to water) มาตรฐาน ISO 105-E01: 1994

3.5.3 การความคงทนของสีต่อการขัดถู (Color fastness to rubbing) มาตรฐาน ISO 105-X12:2001

3.5.4 การความคงทนของสีต่อแสง (Color fastness to light) มาตรฐาน ISO 105: B02-1994

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

การปรับสภาพผิวและการย้อมสีครามธรรมชาติบนเส้นเปียป่านศรนารายณ์ ได้ทำการศึกษากระบวนการในการปรับสภาพเส้นใย สารเคมีที่ใช้ อุณหภูมิ และอิทธิพลที่เกี่ยวข้อง และทำการศึกษาการย้อมครามธรรมชาติแบบไล่เฉดสี ตลอดจนมีการทดสอบสมบัติทางกายภาพและมีการทดสอบความคงทนของสีโดยมีผลการทดลองและการอภิปรายผลดังนี้

4.1 ผลการศึกษาการปรับสภาพผิวของเส้นใย

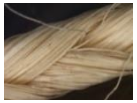
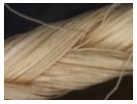
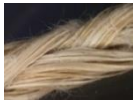
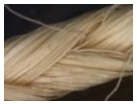
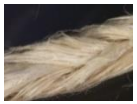
การศึกษาการปรับสภาพผิวของเส้นใยได้มีการกำหนดตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และอุณหภูมิ ผลการทดลองได้ปรากฏดังตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 โดยมีลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ก่อนการปรับสภาพดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ก่อนการปรับสภาพ

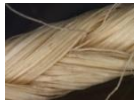
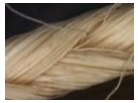
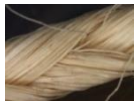
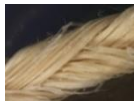
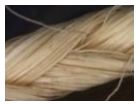
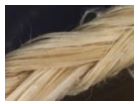
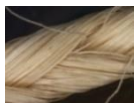
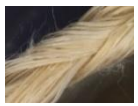
ตัวอย่างเส้นเปียป่านศรนารายณ์ (ก่อนปรับสภาพ)	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)	ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
	3580.00	0.18	9.44	L*	a*	ค่า b*	K/S
				79.83	2.50	19.30	1.43

จากตารางที่ 4.2 จะสังเกตได้ว่า ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ใน 5 ความเข้มข้นแสดงให้เห็นว่าเส้นเปียทุกกระบวนการมีสีเข้มขึ้น มีขนาดที่เล็กลง และเกิดขนที่บริเวณเส้นเปียในปริมาณเล็กน้อย และมีเส้นเปียที่ต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตรมีสีเข้มขึ้นกว่าเส้นเปียเส้นอื่น

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ลำดับ	ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
1	5			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลงและมีขนเล็กน้อย	2966.67	0.18	0.15	7.73	55.13	2.95	18.44	5.92
2	10			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลงและมีขนเล็กน้อย	3466.67	0.18	0.13	8.31	55.09	3.07	18.90	6.54
3	15			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลงและมีขนเล็กน้อย	2913.33	0.18	0.13	8.35	59.68	3.04	17.00	4.11
4	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง และมีขนเล็กน้อย	2933.33	0.18	0.11	7.92	64.52	1.27	14.90	2.77
5	25			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงและมีขนเล็กน้อย	3286.67	0.18	0.12	9.59	79.26	2.23	-8.84	2.35

ตารางที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ลำดับ	ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
1	5			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลง	3166.67	0.18	0.12	9.24	61.01	0.65	18.66	6.43
2	10			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลง	3526.67	0.18	0.11	8.71	62.91	2.10	21.71	5.58
3	15			สีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง	3266.67	0.18	0.12	10.02	66.42	1.41	17.98	3.63
4	20			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลง	3540.00	0.18	0.10	8.82	63.77	1.54	19.44	4.77
5	25			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลง	3220.00	0.18	0.11	8.14	60.11	1.08	19.57	7.60

จากตารางที่ 4.3 จะสังเกตได้ว่า ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ใน 5 ความเข้มข้นแสดงให้เห็นว่าเส้นเปียในทุกกระบวนการมีขนาดที่เล็กลง และมีการเปลี่ยนแปลงของสีที่เข้มขึ้น

4.2 ผลการศึกษาการตกแต่งนุ่ม

การศึกษาการตกแต่งนุ่มได้มีการกำหนดตัวแปรได้แก่ ปริมาณความเข้มข้น อุณหภูมิของสารปรับความนุ่ม 4 สภาวะ ดังนี้

(1) เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มด้วยสารปรับความนุ่ม ผลการทดลองได้ปรากฏดังตารางที่ 4.4

(2) เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแช่ด้วยสารปรับความนุ่ม ผลการทดลองได้ปรากฏดังตารางที่ 4.5

(3) เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และแช่ด้วยสารปรับความนุ่ม ผลการทดลองได้ปรากฏดังตารางที่ 4.6

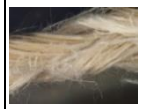
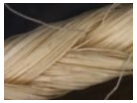
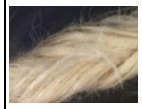
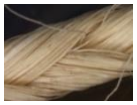
(4) เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และต้มด้วยสารปรับความนุ่ม ผลการทดลองได้ปรากฏดังตารางที่ 4.7

การศึกษาการตกแต่งนุ่มได้มีการกำหนดตัวแปรได้แก่ ปริมาณความเข้มข้น อุณหภูมิของสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นเข้มข้นอย่างละ 5 กรัมต่อลิตร 2 สภาวะ ดังนี้

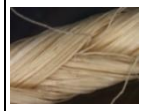
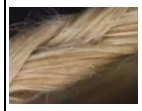
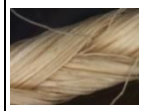
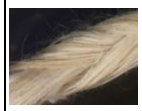
(1) เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และต้มด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่น ผลการทดลองได้ปรากฏดังตารางที่ 4.8

(2) เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และต้มด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่น ผลการทดลองได้ปรากฏดังตารางที่ 4.9

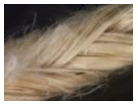
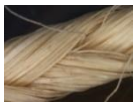
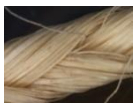
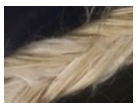
ตารางที่ 4.4 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มด้วยสารปรับความนุ่ม

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
5	5			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลง และมีเศษขนปานกลาง	2793.33	0.18	0.12	7.21	58.76	2.43	16.42	4.10
	10			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนปานกลาง	2613.33	0.18	0.11	7.29	56.69	1.39	12.73	3.50
	20			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลง และมีเศษขนเล็กน้อย	2680.00	0.18	0.11	7.29	59.11	3.40	21.66	5.44

ตารางที่ 4.4 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มด้วยสารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
10	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย ไม่มีขน	2626.67	0.18	0.11	8.70	62.18	2.48	18.04	3.53
	10			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนปานกลาง	2420.00	0.18	0.13	6.53	66.57	1.98	18.00	2.85
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงมาก และมีเศษขนปานกลาง	2720.00	0.18	0.10	6.99	57.36	1.83	14.89	3.78

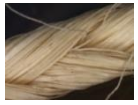
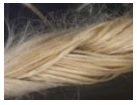
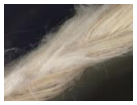
ตารางที่ 4.4 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มด้วยสารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
15	5			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลงและมีเศษขนเล็กน้อย	3026.67	0.18	0.11	8.95	60.45	1.91	17.70	4.03
	10			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงและมีเศษขนเล็กน้อย	2933.33	0.18	0.50	7.91	63.00	1.76	16.77	3.48
	20			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อยและมีเศษขนเล็กน้อย	3166.67	0.18	0.11	8.93	62.01	2.24	20.15	4.90

ตารางที่ 4.4 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มด้วยสารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
20	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงและมีเศษขนเล็กน้อย	2893.33	0.18	7.99	0.11	65.32	1.33	14.62	2.40
	10			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อยและมีเศษขนเล็กน้อย	3046.67	0.18	8.20	0.10	60.21	1.58	17.67	4.38
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงและมีเศษขนเล็กน้อย	2906.67	0.18	7.88	0.10	61.77	2.20	16.47	3.46

ตารางที่ 4.4 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มด้วยสารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
25	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และมีเศษขนมาก	2646.67	0.18	7.30	0.10	57.93	1.75	14.57	3.74
	10			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลงปานกลาง และมีเศษขนปานกลาง	2780.00	0.18	7.29	0.1181	56.96	2.05	17.28	5.20
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง และมีเศษขนปานกลาง	2766.67	0.18	8.32	0.09	59.88	2.39	15.81	3.48

จากตารางที่ 4.4 จะสังเกตได้ว่าผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มด้วยสารปรับความนุ่มใน 5 สภาวะแสดงให้เห็นว่าเส้นเปียใน 5 สภาวะมีขนาดที่เล็กลง และมีการเปลี่ยนแปลงของสีเล็กน้อย และเส้นเปียที่เกิดเส้นขนมากคือ เส้นเปียที่แช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 25 กรัมต่อลิตร และต้มด้วยสารปรับความนุ่มที่ 5 กรัมต่อลิตร

จากตารางที่ 4.5 จะสังเกตได้ว่าผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแช่ด้วยสารปรับความนุ่มใน 5 สภาวะแสดงให้เห็นว่าเส้นเปียในทุกกระบวนการมีขนาดที่เล็กลง เส้นเปียมีการเปลี่ยนแปลงของสีเล็กน้อย และเส้นเปียที่เกิดเส้นขนมากคือ เส้นเปียที่แช่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 25 กรัมต่อลิตร และต้มด้วยสารปรับความนุ่มที่ 20 กรัมต่อลิตร

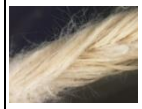
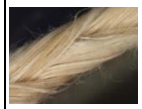
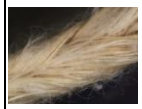
จากตารางที่ 4.6 จะสังเกตได้ว่าผลการศึกษาผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแช่ด้วยสารปรับความนุ่มใน 5 สภาวะแสดงให้เห็นว่าเส้นเปียในทุกกระบวนการมีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย มีขนาดที่เล็กลงและเส้นใยไม่มีขนเกิดขึ้น

จากตารางที่ 4.7 จะสังเกตได้ว่าผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มด้วยสารปรับความนุ่มใน 5 สภาวะ แสดงให้เห็นว่าเส้นเปียในทุกกระบวนการมีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย มีขนาดที่เล็กลงเล็กน้อย และเส้นใยไม่มีขนเกิดขึ้น

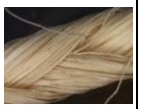
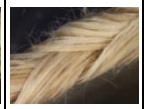
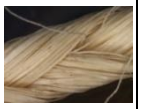
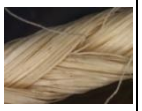
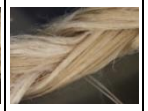
จากตารางที่ 4.8 จะสังเกตได้ว่าผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และแช่ด้วยสารปรับความนุ่มลื่น พบว่า เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย เส้นใยเกิดเศษขนขึ้นปานกลาง และพบว่าเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 25 กรัมต่อลิตร แช่ด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นเข้มข้นอย่างละ 5 กรัมต่อลิตร สีของเส้นเปียมีความสว่างขึ้นเล็กน้อย

จากตารางที่ 4.9 จะสังเกตได้ว่าผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แช่สารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นเข้มข้นอย่างละ 5 กรัมต่อลิตร พบว่าเส้นเปียป่านศรนารายณ์มีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย ขนาดเล็กลงเล็กน้อย และเกิดเศษขนขึ้นปานกลาง

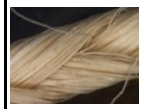
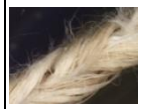
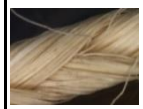
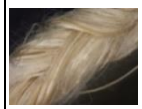
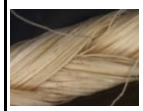
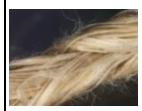
ตารางที่ 4.5 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแช่สารปรับความนุ่ม

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสาปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
5	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนปานกลาง	3140.00	0.18	0.12	7.83	57.09	2.58	16.31	4.17
	10			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนเล็กน้อย	3060.00	0.18	0.12	37.14	65.01	2.51	18.59	3.28
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนปานกลาง	2753.00	0.18	0.11	7.62	55.05	2.43	16.67	5.48

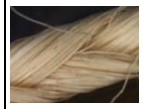
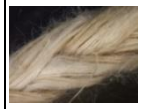
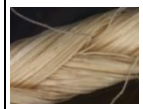
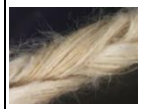
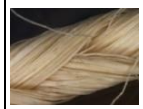
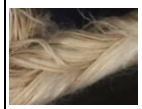
ตารางที่ 4.5 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแช่สารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
10	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง และมีเศษขนเล็กน้อย	2346.67	0.18	0.13	6.84	61.37	2.64	17.01	3.66
	10			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนเล็กน้อย	3093.33	0.18	0.12	6.83	60.71	1.62	15.49	3.63
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง และมีเศษขนปานกลาง	2753.33	0.18	0.11	8.20	60.00	1.64	15.72	3.52

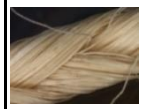
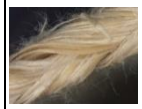
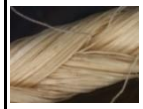
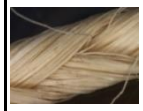
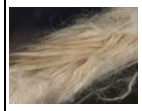
ตารางที่ 4.5 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มสารละลายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และแช่สารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		คL*	a*	b*	K/S
15	5			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนเล็กน้อย	3366.67	0.18	0.13	8.00	56.77	2.85	19.23	6.32
	10			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนปานกลาง	3440.00	0.18	0.11	9.97	53.60	2.42	18.65	7.63
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนเล็กน้อย	3480.00	0.18	0.12	10.86	62.36	2.46	18.33	3.99

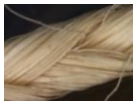
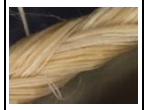
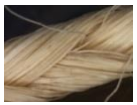
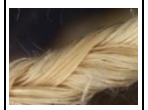
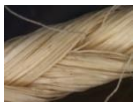
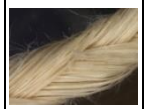
ตารางที่ 4.5 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแช่สารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ค่าขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
20	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนปานกลาง	3333.33	0.18	0.14	8.79	65.66	2.14	19.72	3.67
	10			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง และมีเศษขนเล็กน้อย	2660.00	0.18	0.14	48.10	63.65	1.91	15.45	2.65
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง และมีเศษขนปานกลาง	2973.33	0.18	0.13	1.01	67.25	2.26	19.73	2.95

ตารางที่ 4.5 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแช่สารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
25	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนปานกลาง	3460.00	0.18	0.13	12.86	60.43	1.62	16.53	3.88
	10			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนปานกลาง	3126.67	0.18	0.13	8.37	63.89	1.77	17.12	3.40
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง และมีเศษขนมาก	2926.67	0.18	0.10	8.19	66.13	1.94	18.49	3.42

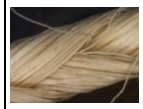
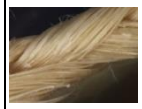
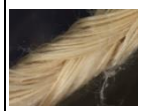
ตารางที่ 4.6 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแช่สารปรับความนุ่ม

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
5	5			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3286.67	0.18	0.11	10.62	58.33	0.95	17.8	6.49
	10			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3386.67	0.18	0.10	9.72	64.78	1.06	18.90	3.90
	20			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3506.67	0.18	0.12	9.10	63.59	0.60	17.30	4.04

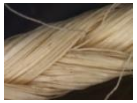
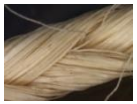
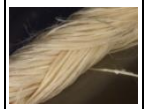
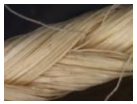
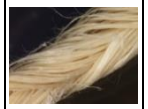
ตารางที่ 4.6 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแช่สารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
10	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และไม่มีขน	3380.00	0.18	0.12	8.74	66.15	0.74	16.70	3.54
	10			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และไม่มีขน	3246.67	0.18	0.11	10.13	60.34	1.74	17.74	5.08
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และไม่มีขน	3513.33	0.18	0.13	8.94	66.89	0.97	18.31	3.51

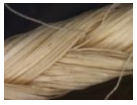
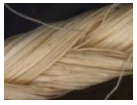
ตารางที่ 4.6 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแช่สารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
15	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3566.67	0.18	0.12	8.85	67.92	0.72	16.83	3.23
	10			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3273.33	0.18	0.12	9.26	68.13	0.27	15.30	2.50
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3220.00	0.18	0.12	8.63	67.00	1.44	17.45	3.01

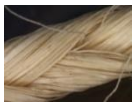
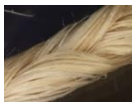
ตารางที่ 4.6 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแช่สารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเทกซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
20	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3553.33	0.18	0.12	10.39	65.02	0.29	18.96	4.76
	10			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3500.00	0.18	0.13	9.16	66.56	0.79	17.20	3.83
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3453.33	0.18	0.12	8.95	67.44	0.88	18.55	3.73

ตารางที่ 4.6 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแช่สารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
25	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และไม่มีขน	3306.67	0.18	0.12	9.28	68.03	0.53	18.25	3.72
	10			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และไม่มีขน	3033.33	0.18	0.10	8.72	59.73	1.83	20.25	7.58
	20			สีเข้มขึ้น เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และไม่มีขน	3493.33	0.18	0.10	9.36	63.93	0.76	19.43	5.00

ตารางที่ 4.7 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มสารปรับความนุ่ม

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
5	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3313.33	0.18	0.12	8.77	64.03	1.19	17.36	4.38
	10			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3086.67	0.18	0.11	55.50	57.47	2.23	18.82	6.93
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3506.67	0.18	0.12	9.44	63.86	1.27	17.94	4.14

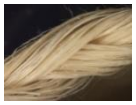
ตารางที่ 4.7 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มสารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
10	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3466.67	0.18	0.11	10.58	66.23	1.18	17.58	3.55
	10			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3240.00	0.18	0.12	7.51	65.63	1.05	15.29	3.05
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3503.33	0.18	0.11	9.11	64.69	1.14	16.80	3.51

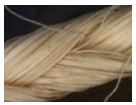
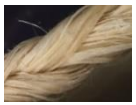
ตารางที่ 4.7 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มสารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
15	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3360.00	0.18	0.12	9.09	62.77	1.17	16.40	3.76
	10			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3553.33	0.18	0.28	9.11	60.44	1.42	17.27	4.84
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3500.00	0.18	0.11	8.07	66.93	1.21	18.67	3.44

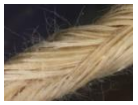
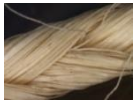
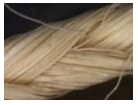
ตารางที่ 4.7 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มสารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
20	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3346.67	0.18	0.22	9.66	62.38	0.77	16.06	3.62
	10			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3240.00	0.18	0.11	8.46	64.06	0.82	18.20	4.18
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3480.00	0.18	0.12	8.58	53.53	1.30	14.45	5.72

ตารางที่ 4.7 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และต้มสารปรับความนุ่ม (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
25	5			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3213.33	0.18	0.11	8.46	58.88	1.29	18.56	6.17
	10			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	2806.67	0.18	0.12	8.44	57.93	1.34	18.83	7.75
	20			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลง เล็กน้อย และไม่มีขน	3566.67	0.18	0.08	8.30	63.20	1.00	15.70	4.39

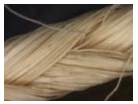
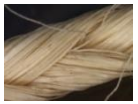
ตารางที่ 4.8 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แช่สารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่น

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
5	5 กรัมต่อลิตร + 5 กรัมต่อลิตร			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนเล็กน้อย	2846.67	0.18	0.39	6.82	65.14	1.86	18.56	3.36
10				สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนปานกลาง	2933.33	0.18	0.10	7.26	68.28	2.58	19.77	2.72
15				สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนปานกลาง	3100.00	0.18	0.11	8.64	66.02	1.92	19.18	3.38

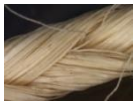
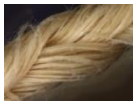
ตารางที่ 4.8 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แช่ด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่น (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
20	5 กรัมต่อลิตร + 5 กรัมต่อลิตร			สีไม่เปลี่ยนแปลง เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนเล็กน้อย	3206.67	0.18	0.09	7.49	71.24	0.69	12.78	1.46
25				สีมีความสว่างขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนเล็กน้อย	2680.00	0.18	0.10	6.71	71.09	-0.83	1.30	0.86

ตารางกาที่ 4.9 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แช่ด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่น

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
5	5 กรัมต่อลิตร + 5 กรัมต่อลิตร			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนปานกลาง	3313.33	0.18	0.12	9.64	61.40	1.46	19.13	5.13
10				สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนปานกลาง	3513.33	0.18	0.11	9.78	69.24	0.80	20.17	3.84
15				สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนปานกลาง	3526.67	0.18	0.11	8.93	63.97	1.28	19.26	4.32

ตารางกาที่ 4.9 ลักษณะทางกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แช่ด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่น (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารปรับความนุ่ม (กรัมต่อลิตร)	เส้นเปียก่อนปรับสภาพ	เส้นเปียหลังปรับสภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ขนาดเส้นเปีย (เท็กซ์)	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)		ร้อยละการยืดตัว	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี
						ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ		L*	a*	b*	K/S
20	5 กรัมต่อลิตร + 5 กรัมต่อลิตร			สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนปานกลาง	3533.33	0.18	0.14	10.41	65.11	1.56	18.82	4.12
25				สีเข้มขึ้นเล็กน้อย เส้นเปียมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย และมีเศษขนปานกลาง	3273.33	0.18	0.10	8.72	64.31	1.25	18.99	4.39

4.3 ผลการสำรวจความนุ่มของเส้นเปียป่านศรนารายณ์

การศึกษาการปรับสภาพเส้นเปียป่านศรนารายณ์โดยใช้สารปรับความนุ่ม การทดลองนี้ได้มีการกำหนดตัวแปรเป็นความเข้มข้นของสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นโดยแสดงผลการสำรวจจากการสัมผัสจากกลุ่มชาวบ้าน 20 คน โดยมีผลการทดลองและการอภิปรายผลดังตารางที่ 4.10 ดังนี้

ตารางที่ 4.10 ผลการประเมินการปรับสภาพเส้นเปียป่านศรนารายณ์ด้วยสารปรับความนุ่มจากกลุ่มชาวบ้าน ณ ศูนย์เรียนรู้โครงการตามพระราชประสงค์หุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี

สภาวะการปรับสภาพเส้นเปียป่านศรนารายณ์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
สภาวะที่ 1	5	25
สภาวะที่ 2	4	20
สภาวะที่ 3	2	10
สภาวะที่ 4	1	5
สภาวะที่ 5	8	40

หมายเหตุ * :

สภาวะที่ 1 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร และต้มด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร

สภาวะที่ 2 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร และแช่ด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร

สภาวะที่ 3 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร และแช่ด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร

สภาวะที่ 4 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร และต้มด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร

สภาวะที่ 5 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร ต้มด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นเข้มข้นอย่างละ 5 กรัมต่อลิตร

จากตารางที่ 4.10 จะสังเกตได้ว่าผลการสำรวจการปรับสภาพเส้นเปียป่านศรนารายณ์ด้วยสารปรับความนุ่มจากกลุ่มชาวบ้าน ณ ศูนย์เรียนรู้โครงการตามพระราชประสงค์หุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี แสดงให้เห็นว่าเส้นเปียป่านศรนารายณ์ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร ต้มด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นเข้มข้นอย่างละ 5 กรัมต่อลิตรเป็นเส้นเปียที่มีความนุ่มที่สุด

4.4 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ การทดลองนี้ได้นำเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้วทั้ง 5 สภาวะ ใช้อุณหภูมิห้องในการทำให้แห้ง และนำมาทดสอบความแข็งแรงของเส้นเปียต่อแรงดึงขาด (Tensile strength) มาตรฐานการทดสอบ มอก.121 เล่ม 8-2553 โดยมีผลการทดลองและการอภิปรายผลดังตารางที่ 4.11 ดังนี้

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบความแข็งแรงของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้วต่อแรงดึงขาด (Tensile strength) มาตรฐานการทดสอบ มอก.121 เล่ม 8 - 2553

ชิ้นงานทดสอบ	ความแข็งแรงของเส้นเปีย (นิวตันต่อเท็กซ์)	แรงดึงขาด (นิวตัน)	ร้อยละการยืดตัว
ป่านศรนารายณ์ก่อนปรับสภาพ	0.1657	593.00	8.46
เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว สภาวะที่ 1	0.1143	306.40	7.29
เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว สภาวะที่ 2	0.1171	322.48	7.62
เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว สภาวะที่ 3	0.1090	369.38	9.72
เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว สภาวะที่ 4	0.1146	371.22	8.46
เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว สภาวะที่ 5	0.0910	291.76	7.49

หมายเหตุ* :

สภาวะที่ 1 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร และต้มด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร

สภาวะที่ 2 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร และแช่ด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร

สภาวะที่ 3 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร และแช่ด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร

สภาวะที่ 4 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร และต้มด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร

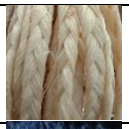
สภาวะที่ 5 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร ต้มด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นเข้มข้นอย่างละ 5 กรัมต่อลิตร

จากตารางที่ 4.11 จะสังเกตได้ว่าผลการศึกษาผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้วในสภาวะที่ 4 มีแรงดึงขาดเท่ากับ 371.22 นิวตัน เป็นเส้นเปียที่มีความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดมากที่สุดตามด้วยสภาวะที่ 3 2 1 และ 5 ตามลำดับ

4.5 ผลการศึกษาการย้อมสีครามจากธรรมชาติ

การศึกษาการย้อมสีครามจากธรรมชาติทั้งหมด 5 ความเข้มข้น โดยการทดลองนี้มีการกำหนดตัวแปรในการทดสอบเป็นการย้อมแบบไล่เฉด และมีการวัดค่าของสี (CIE L* a * b*) และค่าความเข้มสี (K/S) โดยมีผลการทดลองและการอภิปรายผลดังตารางที่ 4.12 ดังนี้

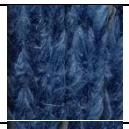
ตารางที่ 4.12 ผลการศึกษาการย้อมสีครามจากธรรมชาติบนเส้นเปียป่านศรนารายณ์

การปรับสภาพเส้นเปียป่านศรนารายณ์	ความเข้มข้นของสีครามจากธรรมชาติ (กรัมต่อลิตร)	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี	ตัวอย่างเส้นเปียป่านศรนารายณ์
		L*	a*	b*	K/S	
เส้นเปียป่านศรนารายณ์ (ก่อนการปรับสภาพ)		79.83	2.50	19.30	1.43	
สภาวะที่ 1	20	33.25	-4.10	-14.43	10.64	
	30	31.13	-3.99	-13.88	12.61	
	40	28.22	-3.17	-13.82	15.20	
	100	24.03	-2.91	-13.30	21.08	
	200	20.11	-1.80	-11.90	26.10	
สภาวะที่ 2	20	36.77	-4.94	-14.26	8.53	
	30	29.51	-3.18	-14.45	13.55	
	40	30.55	-3.73	-14.47	13.42	
	100	26.27	-3.09	-13.87	17.68	
	200	23.39	-2.10	-11.88	19.01	

ตารางที่ 4.12 ผลการศึกษาการย้อมสีครามจากธรรมชาติบนเส้นเปียป่านศรนารายณ์ (ต่อ)

การปรับสภาพเส้นเปียป่านศรนารายณ์	ความเข้มข้นของสีครามจากธรรมชาติ (กรัมต่อลิตร)	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี	ตัวอย่างเส้นเปียป่านศรนารายณ์
		L*	a*	b*	K/S	
สภาวะที่ 3	20	32.79	-3.86	-17.13	11.94	
	30	27.61	-2.21	-16.69	16.19	
	40	26.28	-1.20	-15.61	16.25	
	100	20.65	-0.54	-11.15	21.92	
	200	18.58	-0.79	-8.14	24.80	
สภาวะที่ 4	20	29.21	-2.53	-17.13	14.57	
	30	25.56	-1.43	-15.04	17.23	
	40	22.89	-0.78	-13.63	19.65	
	100	19.61	-0.99	-8.91	23.46	
	200	18.90	-1.24	-7.65	23.94	

ตารางที่ 4.12 ผลการศึกษาการย้อมสีครามจากธรรมชาติบนเส้นเปียป่านศรนารายณ์ (ต่อ)

การปรับสภาพเส้นเปียป่านศรนารายณ์	ความเข้มข้นของสีครามจากธรรมชาติ (กรัมต่อลิตร)	ค่าของสี			ค่าความเข้มสี	ตัวอย่างเส้นเปียป่านศรนารายณ์
		L*	a*	b*	K/S	
สภาวะที่ 5	20	35.19	-4.64	-14.87	9.96	
	30	33.05	-4.04	-14.96	11.56	
	40	28.79	-3.25	-14.74	15.46	
	100	25.60	-3.11	-13.82	19.27	
	200	19.57	-1.42	-12.64	27.63	

หมายเหตุ* :

สภาวะที่ 1 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร และต้มด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร

สภาวะที่ 2 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร และแช่ด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร

สภาวะที่ 3 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร และแช่ด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร

สภาวะที่ 4 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร และต้มด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร

สภาวะที่ 5 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร ต้มด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นเข้มข้นอย่างละ 5 กรัมต่อลิตร

จากตารางที่ 4.12 ผลการศึกษาการย้อมสีครามจากธรรมชาติบนเส้นเปียป่านศรนารายณ์ 5 ความเข้มข้น ผลการวัดค่าของสี (CIE L* a* b*) และค่าความเข้มของสี (K/S) บนเส้นเปียป่านศรนารายณ์ พบว่าค่าความเข้มสี (K/S) ของความเข้มข้นของสีครามจากธรรมชาติ 20 กรัมต่อลิตร ใน 5 สภาวะมีค่าอยู่ระหว่าง 8.53 ถึง 14.57 ค่าความเข้มสี (K/S) ของความเข้มข้นของสีครามจากธรรมชาติ 30 กรัมต่อลิตรใน 5 สภาวะมีค่าอยู่ระหว่าง 11.56 ถึง 17.23 ค่าความเข้มสี (K/S) ของความเข้มข้นของสีครามจากธรรมชาติ 40 กรัมต่อลิตรใน 5 สภาวะมีค่าอยู่ระหว่าง 8.53 ถึง 14.57 ค่าความเข้มสี (K/S) ของความเข้มข้นของสีครามจากธรรมชาติ 100 กรัมต่อลิตรใน 5 สภาวะมีค่าอยู่ระหว่าง 17.68 ถึง 23.46 ค่าความเข้มสี (K/S) ของความเข้มข้นของสีครามจากธรรมชาติ 200 กรัมต่อลิตรใน 5 สภาวะมีค่าอยู่ระหว่าง 19.01 ถึง 27.63

จากผลการศึกษาการย้อมสีครามจากธรรมชาติ 5 ความเข้มข้น พบว่าเส้นเปียป่านศรนารายณ์มีการไล่เฉดสีตามปริมาณความเข้มข้นที่กำหนด โดยในสภาวะที่ 2 มีผลการติดสีมากที่สุดตามด้วยสภาวะที่ 4 3 1 และ 5 ตามลำดับ

4.6 ผลการทดสอบความคงทนของสี

ทดสอบเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่น นำมาทำการย้อมด้วยสีครามธรรมชาติ โดยใช้ครามเปียกจำนวน 200 กรัมต่อลิตร ไธโอยูเรียไดออกไซด์จำนวน 60 กรัมต่อลิตร โซเดียมไฮดรอกไซด์จำนวน 2 กรัมต่อลิตร ใช้อุณหภูมิห้องในการทำให้แห้ง

การทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ (colour fastness to water) ใช้มาตรฐานการทดสอบ ISO 105-E01 : 1994 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Colour fastness to rubbing) ใช้มาตรฐานการทดสอบ ISO 105-X12 : 2001 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม (color fastness to artificial light: xenon arc fading lamp test) ใช้มาตรฐานการทดสอบ ISO 105-B02: 1994

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ย้อมสีครามจากธรรมชาติ (Color Fastness to water) มาตรฐาน ISO 105-E01: 1994

เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติ	ระดับความคงทนของสี						
	ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (Color change)	ความคงทนต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว (Color staining)					
		อะซิเตท (acetate)	ฝ้าย (cotton)	ไนลอน (nylon)	พอลิเอสเตอร์ (polyester)	อะคริลิค (acrylic)	ขนสัตว์ (wool)
สภาวะที่ 1	4/5	4	4/5	4/5	4	4	4
สภาวะที่ 2	4	4	4	4	4	4	4
สภาวะที่ 3	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
สภาวะที่ 4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5
สภาวะที่ 5	4/5	4	4/5	4/5	4	4	4

หมายเหตุ* :

สภาวะที่ 1 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และต้มด้วยสารปรับความนุ่มที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร)

สภาวะที่ 2 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และแช่ด้วยสารปรับความนุ่มที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร)

สภาวะที่ 3 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และแช่ด้วยสารปรับความนุ่มที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร)

สภาวะที่ 4 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และต้มด้วยสารปรับความนุ่มที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร)

สภาวะที่ 5 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ต้มด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร)

หมายเหตุ** : ระดับ 5 ดีที่สุด ระดับ 1 แย่ที่สุด

จากตารางที่ 4.13 จะสังเกตได้ว่าผลการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำแสดงให้เห็นว่าระดับความคงทนของสีและการเปลี่ยนแปลงของสี (Color change) เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมครามสภาวะที่ 1 3 4 และ5 อยู่ในระดับดีถึงดีมาก เส้นเปียป่านศรนารายณ์สภาวะที่ 2 อยู่ในระดับดี สำหรับค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว (Color staining) เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมครามสภาวะที่ 1 2 และ 5 อยู่ในระดับดี เส้นเปียป่านศรนารายณ์สภาวะที่ 3 และ 4 อยู่ในระดับดีถึงดีมาก

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ย้อมสีครามธรรมชาติ (Color fastness to rubbing) มาตรฐาน ISO 105- X12: 2001

เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับความนุ่มลื่น	ความคงทนของสีต่อการติดเปื้อน (Color staining)	
	สภาวะแห้ง	สภาวะเปียก
สภาวะที่ 1	3	2/3
สภาวะที่ 2	4/5	4
สภาวะที่ 3	3	3/4
สภาวะที่ 4	2/3	2
สภาวะที่ 5	2	2/3

หมายเหตุ* : สภาวะที่ 1 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และต้มด้วยสารปรับความนุ่มที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร)

สภาวะที่ 2 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และแช่ด้วยสารปรับความนุ่มที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร)

สภาวะที่ 3 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และแช่ด้วยสารปรับความนุ่มที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร)

สภาวะที่ 4 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และต้มด้วยสารปรับความนุ่มที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร)

สภาวะที่ 5 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ต้มด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร)

หมายเหตุ** : ระดับ 5 ดีที่สุด ระดับ 1 แย่ที่สุด

จากตารางที่ 4.14 จะสังเกตได้ว่าผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูแสดงให้เห็นว่าระดับความคงทนต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว (Color staining)

สภาวะแห้ง เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมครามสภาวะที่ 1 และ 3 อยู่ในระดับพอใช้ เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมครามสภาวะที่ 2 อยู่ในระดับดีถึงดีมาก เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมครามสภาวะที่ 4 อยู่ในระดับต่ำถึงพอใช้ เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมครามสภาวะที่ 5 อยู่ในระดับต่ำ

สภาวะเปียก เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมครามสภาวะที่ 1 อยู่ในระดับต่ำถึงพอใช้ เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมครามสภาวะที่ 2 อยู่ในระดับดี เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมครามสภาวะที่ 3 อยู่ในระดับพอใช้ถึงดี เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมครามสภาวะที่ 4 อยู่ในระดับต่ำ เส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมครามสภาวะที่ 5 อยู่ในระดับต่ำถึงพอใช้

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม (Color fastness to artificial light: xenon arc fading lamp test) มาตรฐาน ISO 105: B02-1994

เส้นเปียป่านศรนารายณ์ (สภาวะที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติ)	ระดับความคงทนของสี (Grade)
1	5
2	4
3	8
4	8
5	8

หมายเหตุ* :

สภาวะที่ 1 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และต้มด้วยสารปรับความนุ่มที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร)

สภาวะที่ 2 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และแช่ด้วยสารปรับความนุ่มที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร)

สภาวะที่ 3 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และแช่ด้วยสารปรับความนุ่มที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร)

สภาวะที่ 4 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และต้มด้วยสารปรับความนุ่มที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร)

สภาวะที่ 5 คือเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ต้มด้วยสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่นที่ผ่านการย้อมสีจากครามธรรมชาติเฉดเข้มที่สุด (200 กรัมต่อลิตร)

หมายเหตุ** : ระดับ 8 ดีที่สุด ระดับ 1 แย่ที่สุด

จากตารางที่ 4.15 จะสังเกตได้ว่าผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียมแสดงให้เห็นว่าระดับความคงทนของสี (Grade)) เส้นเปียป่านศรนารายณ์สภาวะที่ 1 อยู่ในระดับดี (ระดับที่ 5) เส้นเปียป่านศรนารายณ์สภาวะที่ 2 อยู่ในระดับดีพอใช้ (ระดับที่ 4) เส้นเปียป่านศรนารายณ์สภาวะที่ 3 4 และ 5 มีค่าความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียมอยู่ในระดับดีเลิศ (ระดับที่ 8)

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการตกแต่งนุ่มของเส้นใยป่านศรนารายณ์ โดยตัวแปรที่ได้ทำการศึกษา คือปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณความเข้มข้นของสารปรับความนุ่มและสารปรับความลื่น ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพเส้นใยป่านศรนารายณ์คือ การต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 20 กรัมต่อลิตรในการปรับสภาพให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง ต้มด้วยสารปรับความนุ่มเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตรและสารปรับความลื่นเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ใช้อุณหภูมิห้องในการตากเส้นเปียให้แห้ง โดยผลสำรวจจากกลุ่มชาวบ้านพบว่ามีความนุ่มที่สุด

การศึกษาสมบัติทางกายภาพความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารปรับความนุ่ม พบว่าค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารปรับความนุ่มอยู่ระหว่าง 291.76 - 371.22 นิวตัน ความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดมีค่าความแข็งแรงลดลงเมื่อเทียบกับเส้นเปียป่านศรนารายณ์ก่อนการปรับสภาพซึ่งมีค่าอยู่ที่ 593.00 นิวตัน เนื่องจากการปรับสภาพเส้นใยบนเส้นเปียป่านศรนารายณ์มีสภาวะเป็นด่างและใช้อุณหภูมิความร้อนทำให้เส้นใยเกิดการหดตัวจึงทำให้ความแข็งแรงลดลง

การศึกษาสภาวะการย้อมสีครามธรรมชาติแบบไล่เฉดสีบนเส้นเปียป่านศรนารายณ์ โดยตัวแปรที่ได้ทำการศึกษา คือ ปริมาณความเข้มข้นของครามเปียก 20 30 40 100 และ 200 กรัมต่อลิตร และสภาวะการปรับสภาพเส้นใยป่านศรนารายณ์ด้วยสารปรับความนุ่ม ผลการศึกษาการย้อมสีครามจากธรรมชาติ 5 ความเข้มข้น พบว่าเส้นเปียป่านศรนารายณ์มีการไล่เฉดสีตามปริมาณความเข้มข้นที่กำหนด โดยในสภาวะที่ 2 มีผลการติดสีมากที่สุดตามด้วย สภาวะที่ 4 3 1 และ 5 ตามลำดับ

การศึกษาสมบัติความคงทนของสีของเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ย้อมสีครามจากธรรมชาติได้ทำการศึกษาการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม พบว่าค่าความคงทนของสีต่อน้ำของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมสีครามจากธรรมชาติอยู่ในระดับดีถึงดีมาก ค่าความคงทนของสีต่อ

แสงแดดเทียมของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมสีครามจากธรรมชาติ พบว่า สภาวะที่ 3 4 และ 5 มีค่าความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียมอยู่ในระดับดีเลิศ (ระดับ 8) และค่าความคงทนของสีต่อการขัดถู ในสภาวะแห้งของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมสีครามจากธรรมชาติสภาวะที่ 5 อยู่ในระดับต่ำ และค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูในสภาวะเปียกของเส้นเปียป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการย้อมสีครามจากธรรมชาติสภาวะที่ 5 อยู่ในระดับต่ำถึงพอใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาการสร้างแบบผลิตภัณฑ์จากการย้อมสีครามจากธรรมชาติบนเส้นเปียป่านศรนารายณ์

2. ศึกษาอิทธิพลตัวแปรการย้อมสีครามลงบนเส้นใยประเภทอื่นๆ

3. ศึกษาอิทธิพลตัวแปรการปรับสภาพผิวลงบนเส้นใยประเภทอื่นๆ

บรรณานุกรม

[1] เพื่อนเกษตร, **ป่านศรนารายณ์ (Sisal) ประโยชน์ และการปลูกป่านศรนารายณ์** (ออนไลน์), 2560. สืบค้นจาก: https://puechkaset.com (2 พฤศจิกายน 2561).

[2] อนุรัตน์ สายทอง, **ประวัติความเป็นมาคราม** (ออนไลน์), 2543. สืบค้นจาก: http://jakkaphong-ladda.blogspot.com/2014/01/blog-post_8693.htm1 (2 พฤศจิกายน 2561).

[3] **ผ้าย้อมคราม** (ออนไลน์), สืบค้นจาก: https://sites.google.com/site/sinkhaotopthatea/pra-wat/tn-khram (2 พฤศจิกายน 2561).

[4] ศศิธร สุขใจ และกิติยาพร ทิมาไชย, **การพิมพ์ลอกสีบนผ้ายย้อมสีครามจากธรรมชาติ**, ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2560

[5] **การย้อมสีครามธรรมชาติ** (ออนไลน์), สืบค้นจาก: http://puparn.rid.go.th/industry/PDF/19-19.pdf (16 พฤศจิกายน 2561).

[6] Thai Textile Academy, **การตกแต่งนุ่ม (Softening finishes)** (ออนไลน์), 2016. สืบค้นจาก: http://www.thaitextileacademy.com (5 พฤศจิกายน 2561).

[7] **สี** (ออนไลน์), สืบค้นจาก: http://cms2.swu.ac.th/Portals.pdf (6 พฤศจิกายน 2561).

[8] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, **เอกสารประกอบการสอน การทดสอบความคงทนของวัสดุสิ่งทอเชิงเคมี**, คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[9] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, **เอกสารประกอบการสอน การทดสอบสิ่งทอเชิงกายภาพ**, คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[10] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, **เอกสารประกอบการสอน การย้อมสีครามจากธรรมชาติ**, คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[11] กฤตพร ชูเส้ง กฤตพร ชูเส้ง สุวดี ประดับ และเกศทิพย์ กรี่เงิน, **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ป่านศรนารายณ์มัดย้อมสำหรับกลุ่มสหกรณ์การเกษตรหุบกะพง**, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ออนไลน์), 2551-2552, สืบค้นจาก: https://tci-taijo.org/index.php/RMUTP/article/view/4525 (20 พฤศจิกายน 2561).

[12] คุณาวรรณ อารยะนรากูล, **การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของกรดที่มีผลต่อผิวสัมผัสของเส้นใยป่านศรนารายณ์**, ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ออนไลน์).2549. สืบค้นจาก: www.tnrr.in.th/?page=result_ search& search&record_id=124495 (20 พฤศจิกายน 2561).

[13] ปิยะนุช เขียวอร่าม, **การศึกษาถึงผลของอุณหภูมิในการอบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ายังมอดูลัสของเส้นใยป่านศรนารายณ์**, ระดับปริญญาตรีสาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2555

[14] สมภพ สุกช่วง นิภาเพชรสม เชิดชัย ธุระแพง และจริยา รัชตโสตถิ์, **การพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์จากป่านศรนารายณ์ กลุ่มสตรีสหกรณ์ศีลปาชีพพิเศษจักสานป่าน ศรนารายณ์ จังหวัดเพชรบุรี**, ระดับปริญญาตรีคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัย ราชภัฏเพชรบุรี. 2547

[15] พันธุทิพย์ ทิมสุกใส อติภา โทรัตน์ อุไรวรรณ นาคดี, **การศึกษาสารช่วยติดสีในกระบวนการฟอกย้อมป่านศรนารายณ์จากเปลือกต้นกระโดน**, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏนครราชสีมา (ออนไลน์), 2551, สืบค้นจาก: http://newtdc.thailis.or.th/docview.aspx?tdcid=2336 (20 พฤศจิกายน 2561).

[16] พจนีย์ จันทร์บางยาง, **คุณสมบัติป้องกันรังสียูวีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามโดยใช้วิธีการจุ่มอัด** ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2556

[17] พสธร เรือนมา ณัฐพงษ์ บุญเกิด และนัทมน สง่าแพทย์, **ศึกษาการพิมพ์และการเพนท์ผ้าไหมและผ้าฝ้ายโดยใช้สีครามจากธรรมชาติร่วมกับสารข้นจากแป้งบอนดัดแปร,** ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2559

[18] ศศิธร สุขใจและกิติยาพร ทิมาไชย, **การพิมพ์ลอกสีบนผ้าฝ้ายย้อมสีครามจากธรรมชาติ,** ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2560

[19] สุปราณี อำจุพา และนวรัตน์ ปัจฉิมาเอกพล, **การพิมพ์ฟอกสีผ้าม่อฮ่อม**, ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2557

[20] กนกวรรณ อรกูล และ สุพรรษา อธิลาภ, **การเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมเส้นด้ายอะคริลิคด้วยสีเบสิคโดยใช้สารตกแต่งนุ่มด้วยสารประจุลบ**, ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2550

[21] A.Teangluma S.Teangluma And A.Saithongb, **Selection of Indigo Plant Varieties and Other Plants that Yield Indigo Dye,** pp.184-190, (Online), 2012 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705812012866 (8 December 2018).

[22] Fernando R. Oliveiraa Felipe M.F. Galvãoa José Heriberto O. do Nascimentoa Kesia Karina O. S. Silvaa José Ivan Medeirosa and Andrea Zilleb, **Photocatalytic Properties of Sisal Fiber Coated with Nano Titanium Dioxide,** vol.2, pp.41-48 **(**Online).2015 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785315000073 (8 Decembe 2018)**.**

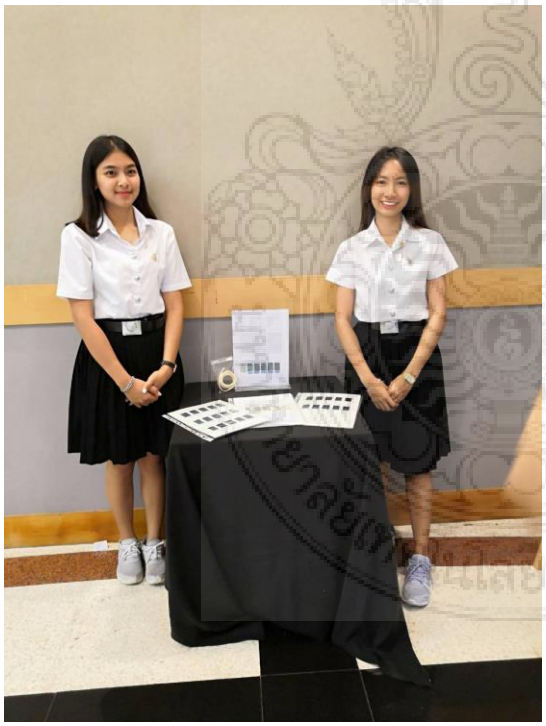
[23] Jongmyoung Choi and Sookhyun Kim, **Cross-Cultural Study of Color Sensation and Sensibility for Korean Traditional Fabrics with Natural Indigo Dyeing** , vol.14 pp.138–145 (Online), 2013 Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s12221-013-0138-z (8 Decembe 2018).

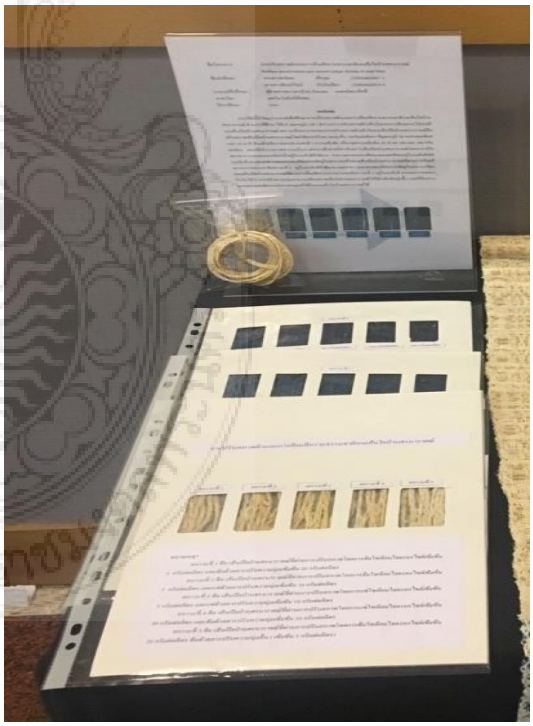
ภาคผนวก

ภาคผนวก

การถ่ายทอดความรู้ ณ หอศิลป์วัฒนธรรมแห่งกรุงเทพมหานคร งาน The Debut Project ครั้งที่ 9 โครงการเผยแพร่นวัตกรรมของนักศึกษาคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ภายใต้แนวคิด “HOUSE OF NANGLOENGW” บ้านนางเลิ้ง

การถ่ายทอดความรู้ ณ หอศิลป์วัฒนธรรมแห่งกรุงเทพมหานคร งาน The Debut Project ครั้งที่ 9 ภายใต้ชื่อ “HOUSE OF NANGLOENGW” บ้านนางเลิ้ง





ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล	นางสาวธนัชชา เสือสุด
วันเดือนปีเกิด	23 พฤษภาคม 2540
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลบางพลี อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	102 หมู่ 7 ตำบลห้วยงู อำเภอหันคา จังหวัดชัยนาท 17160

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2555	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชัยนาทพิทยาคม
พ.ศ. 2558	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนชัยนาทพิทยาคม
พ.ศ.2561	ระดับอุดมศึกษา เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อ สกุล	นางสาวจันทร์รัตน์ ทับทิมเขียว
วันเดือนปีเกิด	2 กันยายน 2539
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลนครปฐม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	113/200 หมู่ 4 หมู่บ้านกาญจนาการ์เด้นท์ ตำบลสามกระบือเผือก อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2555	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
พ.ศ. 2558	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
พ.ศ. 2561	ระดับอุดมศึกษา เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร