การลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารสะลายด่างเพื่อการผลิตเส้นด้ายพิเศษ

DEGUMMING OF ERI SILK WITH ALKALINE SOLUTION FOR NOVELTY YARNS PRODUCTION

ธีรธัช อาภรณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารสะลายด่างเพื่อการผลิตเส้นด้ายพิเศษ

ธีรธัช อาภรณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายด่างเพื่อการผลิตเส้นด้ายพิเศษ Degumming of Eri Silk with Alkaline Solution for Novelty Yarns Production
ชื่อ – นามสกุล	นายธีรธัช อาภรณ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาคร ชลสาคร, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, Ph.D.
ปีการศึกษา	2563

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, ปร.ด.)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์สุทัศนีย์ บุญโญภาส, M.A.)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, Ph.D.)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาคร ชลสาคร, Ph.D.)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาคร ชลสาคร, Ph.D.)
วันที่ 14 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายด่างเพื่อการผลิตเส้นด้ายพิเศษ
ชื่อ – นามสกุล นายธีรธัช อาภรณ์
สาขาวิชา เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาคร ชลสาคร, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, Ph.D.
ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการลอกกาวรังไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ 2) ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ 3) ศึกษาการปั่นเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ด้วยเทคนิคการปั่นมือ และ 4) ทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่

วางแผนการทดลองแฟคทอเรียลแบบสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in CRD) มีปัจจัยการทดลองคือ 1) ชนิดของสารละลายคือ ขี้เถ้าและสบู่ 2) ค่าพีเอชที่ 8, 9, และ 10 และ 3) ระยะเวลา 3, 6, และ 9 วัน ลอกกาวด้วยวิธีการแช่รังไหมในอุณหภูมิห้อง ล้างทำความสะอาดและอบให้แห้ง และนำเส้นใยมาศึกษาสมบัติทางกายภาพโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เพื่อคัดเลือกเส้นใยไหมอีรี่ที่ดีที่สุดมาปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษด้วยเทคนิคการปั่นมือ และทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษ เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมต่อการใช้งานด้านสิ่งทอ

ผลการลอกกาวรังไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้า พบว่า ค่าพีเอช 10 ระยะเวลา 9 วัน มีเซอริซินสลายออกมากที่สุด ผลของสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่หลังลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้า พบว่า ค่าพีเอช 10 ระยะเวลา 9 วัน มีค่าร้อยละของน้ำหนักเส้นใยลดลงมากที่สุด 67.6 กรัม ค่าความเข้มสี (K/S) น้อยที่สุด 5.59 และขนาดเส้นใยเล็กที่สุด 10.39 ไมโครเมตร ซึ่งมีสมบัติทางกายภาพดีกว่าการลอกกาวด้วยสบู่ที่ค่าพีเอชและระยะเวลาเท่ากัน และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการปั่นเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ด้วยเทคนิคการปั่นมือ พบว่า เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายเดี่ยวแบบสลับ สามารถนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมได้ 3 แบบ คือ เส้นด้ายเกลียว เส้นด้ายปม และเส้นด้ายแกน ผลของสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ พบว่า เส้นด้ายสลับมีเบอร์เส้นด้าย 311.27 เท็กซ์ จำนวนเกลียว 10 เกลียวต่อนิ้ว ค่าความแข็งแรงต่อเบอร์เส้นด้าย 0.09 นิวตันต่อเท็กซ์ และค่าการยืดตัวก่อนขาดร้อยละ 14.49 เส้นด้ายเกลียวและเส้นด้ายแกนมีความแข็งแรงต่อขนาดเส้นด้ายมากที่สุด 0.04 นิวตันต่อเท็กซ์ ซึ่งเส้นด้ายแกนมีจำนวนเกลียวมากที่สุด 24 เกลียวต่อนิ้ว เส้นด้ายปมมีสมบัติด้านความเหนียว ที่ค่าร้อยละของการยืดตัวก่อนขาดมากที่สุด 19.97 และมีเบอร์เส้นด้ายมากที่สุด 1,593.55 เท็กซ์

คำสำคัญ: ไหมอีรี่ การลอกกาว สารละลายขี้เถ้า สบู่ เส้นด้ายพิเศษ

Thesis Title	Degumming of Eri Silk with Alkaline Solution for Novelty Yarns Production
Name – Surname	Mr. Theerathuch Arporn
Program	Home Economics Technology
Thesis Advisor	Assistant Professor Sakorn Chonsakorn, Ph.D.
Thesis Co – advisor	Assistant Professor Rattanaphol Mongkholrattanasit, Ph.D.
Academic Year	2020

ABSTRACT

The objectives of this research were: 1) to study the degumming process of Eri silk using ash solution and soap, 2) to study the physical properties of Eri silk obtained from the degumming process, 3) to study special Eri silk spinning using hand spinning techniques, and 4) to test the physical properties of Eri silk yarns.

A completely randomized factorial experiment (Factorial in CRD) was set. The experimental factors were: 1) solution types: ash and soap, 2) pH value: 8, 9, and 10, and 3) time duration: 3, 6, and 9 days. Degumming was carried out by soaking silk cocoons at room temperature, washing, cleaning, and then drying. The fibers gained were then examined for their physical properties. Duncan's New Multiple Range Test was used to analyze Variance (ANOVA) and difference in means in order to select the best Eri silk fibers. Next, those were spun into novelty yarns using hand spinning techniques. The physical properties of the novelty yarns were then examined in order to analyze suitability for textile use.

Results from the analysis of degumming Eri silk cocoons with ash solution showed that degumming with pH 10 for 9 days resulted in the most sericin decay. Additionally, results from the analysis of the physical properties of Eri silk fibers after the degumming with ash solution at pH 10 for 9 days revealed the highest percentage reduction of the fiber's weight at 67.6 grams, the lowest color intensity (K/S) at 5.59, and the smallest fiber's size of 10.39 micrometer. These results revealed better physical properties than degumming with soap at the same pH value and time duration. The results also showed a statistically significant difference at a reliability level of 95%. In addition, the results of using spinning Eri silk yarns with hands

techniques showed that novelty yarns such as slub yarns were able to be spun into 3 types of complex ply yarns: spiral yarns, knot yarns, and core yarns. Also, the results of Eri silk physical properties showed that slub yarns had a yarn number at 311.27 tex. The number of threads was 10 threads per inch. Strength value per thread number was at 0.09 Newton per tex. Elongation before breaking was 14.49%. The spiral yarns and the knot yarns had the greatest strength per yarn thread size at 0.04 Newton per tex. The spiral yarns had the highest number of threads at 24 per inch. The knot yarns had the greatest properties of toughness with the percentage of elongation before breaking at 19.97 and had the most number of yarns at 1,593.55 tex.

Keywords: Eri silk, degumming, ash solution, soap, novelty yarns

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร ชลสาคร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ในการให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางเค้าโครงการเขียนเนื้อหา การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ผลของงานวิจัย และเป็นผู้ผลักดันให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ อีกทั้งยังสละเวลาอันมีค่าเพื่อตรวจสอบวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องเรียบร้อยเป็นอย่างดี ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณ และขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์สุทัศนีย์ บุญโญภาส ผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ ทำให้เกิดการพัฒนาแนวความคิด และไตร่ตรองปัญหาได้อย่างรอบคอบ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความครบถ้วนสมบูรณ์ของเนื้อหายิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงไหมอีรี่ บ้านแผ่นดินเย็น ตำบลแซร์ออ อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว ที่ให้ความอนุเคราะห์รังไหมอีรี่ และคุณลั่นทม เงินกระแชง เกษตรกรผู้ปลูกกล้วยน้ำว้านวล ตำบลคลอง 7 อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเตรียมวัตถุดิบขี้เถ้าจากใบกล้วยสำหรับทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลองและการเขียนงานวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกระหว่างดำเนินการวิจัย

ท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบคุณบิดา มารดา ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู ส่งเสริมปัจจัยทางการศึกษา กัลยาณมิตรทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา อีกทั้งขอขอบคุณเจ้าของผลงาน เอกสาร และงานวิจัยทุกท่าน ที่ให้ผู้เขียนได้ค้นคว้านำมาอ้างอิงในวิทยานิพนธ์จนกระทั่งสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ธีรธัช อาภรณ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (4)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (5)

กิตติกรรมประกาศ..... (7)

สารบัญ..... (8)

สารบัญตาราง..... (10)

สารบัญรูป..... (11)

บทที่ 1 บทนำ..... 13

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 13

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย..... 14

1.3 สมมติฐานงานวิจัย..... 14

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 14

1.5 คำจำกัดความในการวิจัย..... 15

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 15

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 16

2.1 ไหมอีรี่..... 17

2.2 การลอกกาวไหม..... 23

2.3 สภาพความเป็นด่าง..... 25

2.4 เส้นด้ายพิเศษ..... 32

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 38

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 42

3.1 วัตถุดิบ..... 42

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี..... 42

3.3 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย..... 45

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 54

3.5 ระยะเวลาในการทดลอง..... 55

3.6 สถานที่ในการวิจัย..... 55

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์ 56
4.1 ผลการศึกษาการลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ 56
4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ 62
4.3 ผลการศึกษาการปั่นเส้นด้ายพิเศษด้วยเทคนิคการปั่นมือ 69
4.4 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ 71
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 75
5.1 สรุปผลการศึกษาการลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ 75
5.2 สรุปผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ 75
5.3 สรุปผลการศึกษาการปั่นเส้นด้ายพิเศษด้วยเทคนิคการปั่นมือ 76
5.4 สรุปผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ 76
5.5 ข้อเสนอแนะ 77
บรรณานุกรม 78
ภาคผนวก 84
ภาคผนวก ก รายงานผลการทดสอบ 85
ภาคผนวก ข การเผยแพร่งานวิจัย 87
ประวัติผู้เขียน 89

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 อินดิเคเตอร์ที่ใช้สำหรับวัดค่าพีเอชของน้ำ..... 25
ตารางที่ 2.2 ลักษณะของสบู่ที่ผลิตจากไขมันแต่ละชนิด..... 30
ตารางที่ 2.3 ค่าซาพอนนิฟิเคชันของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยากับไขมัน และน้ำมัน หนัก 1 กรัม..... 31
ตารางที่ 2.4 มาตรฐานการทดสอบเส้นด้าย..... 38
ตารางที่ 3.1 การลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่..... 46
ตารางที่ 4.1 ลักษณะรังไหมอีรี่หลังการลอกกาว..... 57
ตารางที่ 4.2 ค่าร้อยละของน้ำหนักเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้า และสบู่..... 62
ตารางที่ 4.3 ค่าความเข้มสี (K/S) ของการติดสีไดเร็กท์ของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาว.... 64
ตารางที่ 4.4 ขนาดของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่..... 65
ตารางที่ 4.5 ลักษณะรูปตามยาว รูปตัดขวางของเส้นใยไหมอีรี่หลังการลอกกาวด้วยสาร ละลายขี้เถ้าและสบู่..... 66
ตารางที่ 4.6 ค่าเบอร์เส้นด้าย จำนวนเกลียว และทิศทางของเกลียวเส้นด้าย..... 72
ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด ความแข็งแรงต่อเบอร์เส้นด้าย และการยืด ตัวก่อนขาดของเส้นด้าย..... 73

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 วงจรชีวิตของไหมอีรี่..... 18
รูปที่ 2.2 ผลกล้วยน้ำว้านวล..... 27
รูปที่ 3.1 เครื่องปั่นเส้นด้ายกึ่งอัตโนมัติเมเดลรีจักรา..... 43
รูปที่ 3.2 เครื่องกรอกลุ่มเส้นด้ายยี่ห้อรอยเยิล (Royal) ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น..... 44
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการผลิตเส้นด้ายพิเศษจากเส้นใยไหมอีรี่..... 45
รูปที่ 3.4 ลักษณะการลอกกาวไหมอีรี่ด้วยวิธีการแช่รังไหมในสภาวะต่างๆ..... 48
รูปที่ 3.5 ลักษณะรังไหมแห้งที่ผ่านการลอกกาวก่อนและหลังการตีเส้นใย (ก) รังไหมแห้งที่ผ่านการลอกกาวก่อนการตีเส้นใย และ (ข) รังไหมแห้งหลังการตีเส้นใย..... 50
รูปที่ 3.6 ลักษณะการเตรียมเส้นด้ายชนิดเส้นด้ายเดี่ยวแบบเส้นด้ายสลับ (ก) เส้นด้ายผูกกับหลอดแกนด้ายของเครื่องปั่นด้าย (ข) เส้นด้ายอยู่ในร่องส่งด้าย และผ่านช่องสอดเส้นใย (ค) เส้นใยถูกพันกับปลายเส้นด้าย และ (ง) เหยียบแป้นเหยียบพร้อมกับการดึงเส้นใยให้ได้ระยะของการเกิดเกลียว..... 51
รูปที่ 3.7 ลักษณะตำแหน่งการวางเส้นด้าย และเส้นด้ายที่ผ่านการกรอด้าย (ก) 1 เส้นด้ายถูกนำเข้าห่วงบังคับเส้นด้าย และ 2 ติดเส้นด้ายกับแกนของเครื่องกรอด้าย และ (ข) เส้นด้ายหลังจากการหมุนเข้ากลุ่มจนเต็ม..... 52
รูปที่ 3.8 ลักษณะตำแหน่งการผูกติดเส้นด้ายบนเครื่องปั่นด้าย และเส้นด้ายเกลียวหลังการปั่นด้าย (ก) ลักษณะเส้นด้ายสลับ 2 เส้นผูกติดกับส่วนของช่องสอดเส้นด้าย และ (ข) ลักษณะเกลียวเส้นด้ายสลับทั้ง 2 เส้น เป็นเส้นด้ายเกลียว..... 52
รูปที่ 3.9 ลักษณะของด้ายเส้นที่ 2 พันบนด้ายเส้นที่ 1 และเส้นด้ายปมหลังการปั่นด้าย (ก) ลักษณะด้ายเส้นที่ 2 พันรอบด้ายเส้นที่ 1 และ (ข) ลักษณะเส้นด้ายปมหลังการปั่นด้าย..... 53
รูปที่ 3.10 ลักษณะของด้ายเส้นที่ 2 พันบนด้ายเส้นที่ 1 และเส้นด้ายแกนหลังการปั่นด้าย (ก) ลักษณะด้ายเส้นที่ 2 พันรอบด้ายเส้นที่ 1 และ (ข) ลักษณะเส้นด้ายแกนหลังการปั่นด้าย..... 53
รูปที่ 4.1 (ก) ลักษณะรังไหมอีรี่ก่อนการอบ และ (ข) รังไหมอีรี่หลังการอบ..... 56

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.2 (ก) ลักษณะเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายเดี่ยวแบบเส้นด้ายสลับ และ (ข) ลักษณะกลุ่มเส้นด้าย..... 69
รูปที่ 4.3 ลักษณะเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายเกลียว..... 70
รูปที่ 4.4 ลักษณะเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายปม..... 70
รูปที่ 4.5 ลักษณะเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายแกน..... 71

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไหมอีรี่ (Eri Silk) เป็นไหมที่ได้รับความสนใจ และส่งเสริมให้มีการเลี้ยงอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นการเลี้ยงไหมแบบเกษตรสีเขียว (Green Agriculture) ซึ่งมีกระบวนการเลี้ยงที่ลดการใช้สารเคมีอันตราย ประหยัดทรัพยากร และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สามารถเลี้ยงได้ง่าย ทนทานต่อโรค แมลง และสภาพอากาศร้อนได้ดี แหล่งอาหารของหนอนไหมอีรี่ ได้แก่ ใบละหุ่ง และใบมันสำปะหลัง ซึ่งมีปริมาณเพียงพอต่อการเลี้ยง ระยะเวลาในการเลี้ยงต่อรุ่นใช้เวลาสั้น ประมาณ 45–60 วัน [1] จึงสามารถเลี้ยงได้ 4–5 รุ่นต่อปี เมื่อปาดรังไหมนำเส้นใยไปใช้ประโยชน์ โดยตัวดักแด้ที่ได้สามารถนำไปใช้ขยายพันธุ์ หรือนำไปบริโภค ได้เส้นใยไหมอีรี่มีคุณลักษณะสีขาวนวล นุ่ม มันวาว คล้ายขนแกะผสมฝ้าย [2] เหมาะแก่การนำไปผลิตเครื่องนุ่งห่มหรือผลิตภัณฑ์เคหะสิ่งทอ [3] อีกทั้งยังสามารถนำมาสกัดโปรตีนไฟโบรอิน (Fibroin) และเซอริซิน (Sericin) เพื่อใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และอาหารเสริมเพื่อเพิ่มมูลค่าได้ [4] ในกระบวนการผลิตเส้นใยไหมอีรี่ โดยการลอกกาวเซอริซิน เพื่อให้เส้นใยมีความนุ่ม กระจายตัว สะดวกต่อการนำไปปั่นเป็นเส้นด้าย ซึ่งปัจจุบันเป็นการลอกกาวด้วยวิธีการแช่และต้มกับสารเคมี [5] ได้แก่ โซดาแอส ผงซักฟอก และสบู่เหลว ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของเส้นใย และส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อน้ำเสียจากการลอกกาวด้วยสารเคมีถูกปล่อยลงสู่ดินและน้ำ อีกทั้งยังสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ในการต้ม ทำให้มีต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น ซึ่งปัจจุบันนอกจากการนำสารเคมีมาใช้ลอกกาวแล้ว ยังสามารถใช้ด่างจากธรรมชาติ เช่น ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาพืช ได้แก่ ใบกล้วย พะยอม มะขาม ตะโก และผักโขม เป็นต้น มาสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายได้สารละลายขี้เถ้า ที่สามารถให้ค่าพีเอช (pH) ที่ 10-12 [6] เพื่อใช้ในการลอกกาวได้เช่นเดียวกัน

การผลิตเส้นด้ายจากไหมอีรี่ นิยมนำเส้นใยมาปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษใยสั้น เรียกว่า สปันซิลค์ (Spun Silk) ทั้งการปั่นเส้นด้ายในเชิงอุตสาหกรรม และการปั่นเส้นด้ายด้วยมือ ซึ่งมีวิธีการที่ไม่ยุ่งยาก โดยนำเส้นใยที่ผ่านการลอกกาวมาทำการกระจายเส้นใย และลำเลียงเข้าสู่เครื่องปั่นเส้นด้าย เส้นด้ายหลังการปั่นจะมีลักษณะเป็นด้ายพิเศษ ให้ผิวสัมผัสนุ่มฟู ไม่ยับง่าย อีกทั้งยังมีคุณสมบัติในการช่วยรักษาสมดุลของอุณหภูมิ ช่วยต้านรังสียูวีและดูดซับความชื้นได้ดี [7]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิด ในการลอกกาวรังไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) ที่สามารถทำได้ง่าย และสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าการลอกกาวด้วยวิธีการต้ม และนำเส้นใยที่ผ่านการลอกกาวมาปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวม (Novelty Yarn) หรือ (Complex Ply Yarn) 3 ชนิด ได้แก่ เส้นด้ายเกลียว (Spiral Yarn) เส้นด้ายปม (Knot Yarn) เส้นด้ายแกน (Core Yarn) ด้วยวิธีการปั่นมือ

เพื่อสร้างเอกลักษณ์แก่ผลิตภัณฑ์เส้นด้ายไหมอีรี่ให้เกิดคุณค่า ในด้านการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ปลอดภัยต่อทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในงานด้านสิ่งทอได้หลากหลาย อีกทั้งยังเป็นการกระจายความรู้ และวิธีการที่แปลกใหม่สู่เกษตรกร เพื่อการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนของไทยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการลอกกาวรังไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่

1.2.2 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่ ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่

1.2.3 เพื่อศึกษาการปั่นเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ด้วยเทคนิคการปั่นมือ

1.2.4 เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่

1.3 สมมติฐานงานวิจัย

เส้นด้ายพิเศษจากเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ ที่มีค่าพีเอชและระยะเวลาต่างกัน มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ไหมอีรี่ปาดรัง จากพันธุ์ไหมอีรี่เลี้ยง (*Philosamia Ricini*) ที่กินใบมันสำปะหลังเป็นอาหาร จากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงไหมอีรี่บ้านแผ่นดินเย็น ตำบลแซร์ออ อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว

1.4.2 การลอกกาวไหมอีรี่ ได้แก่ การลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าจากขี้เถ้าใบกล้วย พันธุ์กล้วยน้ำว้านวล (Musa : ABB Group) การลอกกาวด้วยสารละลายสบู่มาตรฐาน ใบรับรองเลขที่ 1958 จากบริษัท เอสดีซี เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด (SDC Enterprises Limited)

1.4.3 เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมจำนวน 3 แบบ ได้แก่ เส้นด้ายเกลียว เส้นด้ายปม และเส้นด้ายแกน จากการปั่นมือ

1.4.4 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่ จากการลอกกาวรังไหมด้วยสารละลายขี้เถ้าและสารสบู่ ที่ค่าพีเอช เท่ากับ 8 9 และ 10 ในระยะเวลาการลอกกาว 3 6 และ 9 วัน

1.4.5 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษ จากเส้นใยที่ได้จากสิ่งทดลองที่มีประสิทธิภาพในการลอกกาวดีที่สุด

1.5 คำจำกัดความในการวิจัย

1.5.1 การลอกกาว หมายถึง การนำรังไหมอีรี่มาแช่ในสารละลายขี้เถ้า และสบู่ ที่ค่าพีเอช 8 9 และ 10 ในระยะเวลาการลอกกาว 3 6 และ 9 วัน

1.5.2 เส้นด้ายพิเศษ หมายถึง เส้นด้ายที่มีลักษณะไม่เรียบ มีขนาดต่างกันตลอดทั้งเส้น ปั่นขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านสิ่งทอที่หลากหลาย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ทราบการลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้า สารละลายสบู่ และวิธีการลอกกาวแบบเดิม เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

1.6.2 ได้ทราบระยะเวลาการลอกกาวรังไหมอีรี่ที่เหมาะสมต่อการลอกกาวไหมอีรี่

1.6.3 ได้ทราบสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่ที่เหมาะสม จากเส้นใยหลังการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ ที่ค่าพีเอช และระยะเวลาการลอกกาวที่ต่างกัน เพื่อนำไปปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษต่อไป

1.6.4 ได้ทราบการผลิตเส้นด้ายพิเศษ ด้วยวิธีการปั่นเส้นด้ายด้วยมือ เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ในงานสิ่งทอต่อไป

1.6.5 ได้ทราบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษ เพื่อการนำเส้นด้ายพิเศษดังกล่าวไปใช้งานอย่างเหมาะสม

1.6.6 สร้างมูลค่าเพิ่มแก่ผลิตภัณฑ์เส้นด้ายไหมอีรี่ จากการผลิตที่ลดการใช้สารเคมี ที่เป็นอันตรายต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพอีกด้วย

1.6.7 เป็นทางเลือกให้แก่ผู้ผลิตไหมอีรี่ในระดับชุมชน เพื่อการประยุกต์ใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติในงานสิ่งทอ

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายด่างเพื่อการผลิตเส้นด้ายพิเศษ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลอกกาวรังไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ ศึกษาการปั่นเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ด้วยเทคนิคการปั่นมือและทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษา รวบรวมเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.1 ไหมอีรี่
- 2.1.1 ความหมายและที่มาของไหมอีรี่
- 2.1.2 วงจรชีวิตและการเลี้ยงไหมอีรี่
- 2.1.3 การปั่นเส้นด้ายไหมอีรี่
- 2.1.4 การย้อมสีเส้นด้ายไหมอีรี่และการใช้ประโยชน์จากไหมอีรี่

2.2 การลอกกาวไหม
- 2.2.1 ความหมายของการลอกกาวไหม
- 2.2.2 การลอกกาวไหมอีรี่

2.3 สภาพความเป็นด่าง
- 2.3.1 ความหมายของสภาพด่าง
- 2.3.2 ด่างขี้เถ้า
- 2.3.3 ด่างขี้เถ้ากล้วย
- 2.3.4 ด่างสบู่

2.4 เส้นด้ายพิเศษ
- 2.4.1 ความหมายและประเภทของเส้นด้ายพิเศษ
- 2.4.2 การปั่นเส้นด้าย
- 2.4.3 การทดสอบเส้นด้าย

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไหมอีรี่

2.1.1 ความหมายและที่มาของไหมอีรี

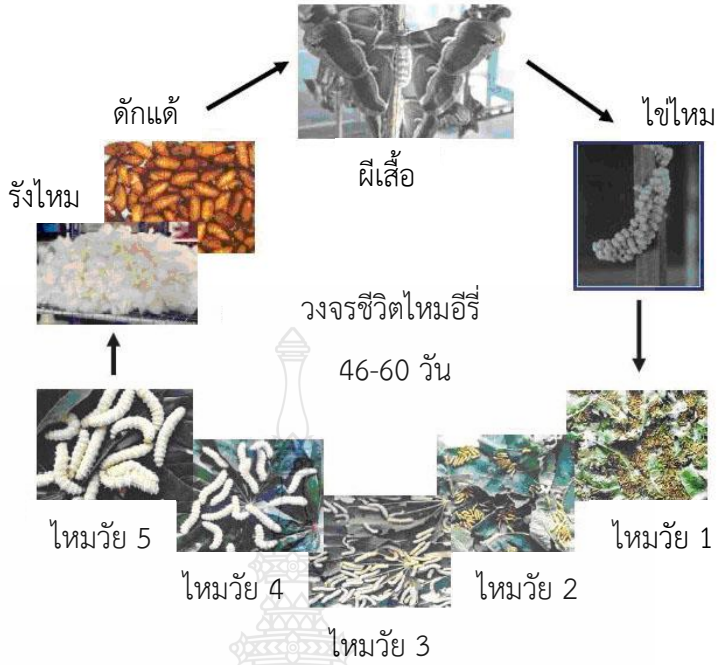
ไหมอีรี่ (Eri Silk) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ ฟิโลซาเมีย ริซีนี (*Philosamia Ricini*) [8] จัดอยู่ในกลุ่มไหมป่า (Wild Silk) ซึ่งเป็นผีเสื้อกลางคืนในอันดับเลฟิดอพเทอร่า (Lepidoptera) อยู่ในวงศ์สัทเทอร์นิอิดี้ (Saturnidae) [1] เป็นเส้นใยโปรตีนธรรมชาติ ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนจับพันธะกันเป็นโซ่ ในรูปของโพลิเปปไทด์ (Polypeptide Chains) [9] ประกอบด้วยธาตุหลักในโมเลกุล ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน [10] สามารถจำแนกเป็น 2 สายพันธุ์ [11] ได้แก่

2.1.1.1 ไหมอีรี่ป่าพันธุ์ดั้งเดิม มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ ฟิโลซาเมีย อีเออเดีย (*Philosamia Eyirthia*) พบมากในประเทศจีน ญี่ปุ่นและอินเดีย สามารถเก็บรังไหมได้ 2-8 ครั้งต่อปี รังมีขนาดใหญ่และมีเส้นใยที่หยาบกว่าไหมเลี้ยง [12]

2.1.1.2 ไหมอีรี่เลี้ยง กินใบละหุ่งเป็นอาหาร มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ ฟิโลซาเมีย ริซีนี (*Philosamia Ricini*) เป็นพันธุ์ที่นิยมเลี้ยงในท้องถิ่น รังไหมที่ได้จะมีลักษณะเป็นรังเปิด ทำให้เส้นใยมีความยาวไม่ต่อเนื่อง และมีขนาดเส้นใยไม่สม่ำเสมอ จึงนิยมนำเส้นใยมาปั่นเป็นเส้นด้ายใยสั้น หรือ สปันซิลค์ (Spun Silk) [13]

2.1.2 วงจรชีวิต และการเลี้ยงไหมอีรี่

2.1.2.1 วงจรชีวิตของไหมอีรี่จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างสมบูรณ์ (Complete Metamorphosis) ตั้งแต่ระยะไข่ไหมจนถึงตัวเต็มวัย มีอายุรวม 45-60 วัน [14] มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจำแนกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่ไหม 9-10 วัน ระยะหนอนไหม 18-25 วัน ระยะดักแด้ 12-13 วัน และระยะผีเสื้อ 7-10 วัน [15] ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วงจรชีวิตของไหมอีรี่
ที่มา : [14]

ลักษณะประจำพันธุ์ของไหมอีรี่ [15] ได้แก่

1) ไข่ไหม แม่ผีเสื้อวางไข่รวมกันเป็นกลุ่ม จำนวนไข่ไหมเฉลี่ย 550-600 ฟอง ต่อกรัม ไข่ไหมมีลักษณะรูปร่างกลม สีขาวครีม

2) หนอนไหม จำแนกเป็น 5 ระยะช่วงวัย ได้แก่

(1) ระยะหนอนไหมแรกฟัก ส่วนหัวมีสีน้ำตาลดำ ส่วนลำตัวเป็นปล้องสีเหลืองอ่อน แต่ละปล้องจะมีขนสีดำ

(2) ระยะหนอนไหมวัย 3 ส่วนลำตัวจะเปลี่ยนเป็นสีขาวนวล ขนบนลำตัวเปลี่ยนเป็นสีขาว

(3) ระยะหนอนไหมวัย 4 ส่วนหัวมีสีเหลืองอ่อน ส่วนลำตัวมีสีขาวนวล ขนบนลำตัวเปลี่ยนเป็นหนามสีขาว

(4) ระยะหนอนไหมวัย 5 ส่วนลำตัวมีสีขาวนวล ขนบนลำตัวมีขนาดยาวขึ้น เมื่อโตเต็มที่จะมีขนาดลำตัวยาว 5.5-6.5 เซนติเมตร

(5) ระยะหนอนไหมวัยสุก ส่วนของลำตัวจะเล็กกว่าหนอนไหมวัย 5 ผิวมีสีเหลืองใส พร้อมที่จะพัฒนาเป็นดักแด้

3) รังไหม รูปร่างแบนรี มีขนาดของรังเฉลี่ย 2.1×4.4 เซนติเมตร มีสีขาว เส้นใยหลวมฟู ปลายรังมีช่องเปิดด้านหนึ่ง

4) ดักแด้ มีขนาดเฉลี่ย 1.2×2.4 เซนติเมตร มีสีน้ำตาล เพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้เล็กน้อย

5) ผีเสื้อ จัดเป็นผีเสื้อกลางคืน มีปีกสีน้ำตาลปนเทา ตรงกลางปีกคู่หน้ามีรูปพระจันทร์เสี้ยวสีขาว 1 จุด ปลายปีกมีแถบสีขาวพาดกลาง

2.1.2.2 การเลี้ยงไหมอีรี่

ไหมอีรี่สามารถเลี้ยงได้ 4-5 รุ่นต่อปี ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ [3] ในประเทศไทยนิยมเลี้ยงในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดชัยภูมิ ขอนแก่น และร้อยเอ็ด เนื่องจากมีการปลูกต้นละหุ่งและมันสำปะหลังเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นแหล่งอาหารของไหมอีรี่ ส่วนในภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดอุทัยธานี ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ และเชียงราย เป็นต้น [16] ระยะเวลาในการเลี้ยงต่อรุ่น 18-25 วัน ขึ้นอยู่กับฤดูกาล ส่วนใหญ่จะเลี้ยงได้ดีในฤดูฝน โดยเริ่มเลี้ยงรุ่นแรกประมาณเดือนมิถุนายนของรอบปี จำนวนไข่ไหมต่อแม่พันธุ์ 250-300 ฟอง ปริมาณไข่ไหมอีรี่ 1 กล่อง 35-40 กิโลกรัม จำนวน 20,000 ฟอง รังสด 1 รังมีน้ำหนัก 2.5 กรัม น้ำหนักเปลือกรัง 1 รังเฉลี่ยร้อยละ 23 เปลือกรังร้อยละ 11-12 จะต้องใช้ใบมันสำปะหลัง 600-700 กิโลกรัม หรือควรมีแปลงมันสำปะหลังอย่างน้อย 2 ไร่ โดยมีวิธีการเลี้ยง [15] ได้แก่

1) การเตรียมไข่ไหม ไหมอีรี่จะฟักออกเป็นตัว หลังจากแม่ผีเสื้อวางไข่ 9-10 วัน เมื่อนำไข่ไปกกที่อุณหภูมิ 24-26 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณร้อยละ 85 มีการฟักอยู่ที่ร้อยละ 90-100 และจะต้องให้อาหารหนอนไหมทันทีหลังจากไข่ไหมฟักออกเป็นตัวหนอน โดยเกษตรกรผู้เลี้ยงจะสั่งจองไข่ไหม จากแหล่งผลิตไข่ล่วงหน้าอย่างน้อย 2 เดือน

2) การเตรียมใบมันสำปะหลัง ใบมันสำปะหลังที่จะเริ่มเก็บมาเลี้ยงไหมอีรี่ต้องมีอายุการปลูกประมาณ 3 เดือน หรือมีความสูงจากโคนถึงยอด 50 เซนติเมตรขึ้นไป

3) การเตรียมโรงเรือนและอุปกรณ์ ในการเลี้ยงไหมอีรี่ 1 กล่อง ได้แก่

(1) โรงเรือนสำหรับเลี้ยงขนาดพื้นที่ 20 ตารางเมตร

(2) ชั้นเลี้ยง 2 ชั้นต่อชุดขนาด 1.5×4.0×1.5 เมตร 2 ชุด

(3) จ่อพลาสติกขนาด 0.9×1.0 เมตร หรือจ่อกระด้งเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เมตร

(4) ผ้าฝ้ายดิบ 10 เมตร

(5) กระดาษหนังสือพิมพ์ 10 กิโลกรัม

(6) ตาข่ายสำหรับถ่ายมูลไหม 10 อัน

(7) ตะกร้า 5 ใบ

(8) เข่งขนาดใหญ่ 5 ใบ

(9) ผงซักฟอก 1 กิโลกรัม

(10) สบู่ 1 ก้อน

4) การเลี้ยงไหม สามารถแบ่งเป็น 2 ระยะ [15] ได้แก่

(1) ระยะไหมวัยอ่อน (วัย 1-3) เลี้ยงในกระด้งหรือภาชนะที่กักเก็บความชื้นได้ดีเตรียมใบมันสำปะหลังที่อ่อน และมีความสด ประมาณ 10 ใบ ต่อไข่ไหมอีรี่ 1 กล่องต่อมื้อ โดยนำกล่องไหมแรกฟักวางบนชั้นเลี้ยง แล้วนำใบมันสำปะหลังทั้งใบวางบนตัวไหม ทิ้งไว้ 2-3 ชั่วโมง ยกใบมันสำปะหลังที่มีตัวหนอนไหมเกาะติดอยู่วางบนชั้นเลี้ยง คลุมกระด้งด้วยกระดาษพาราฟิน ผ้า หรือพลาสติกเพื่อควบคุมความชื้นในกระด้ง ควรให้อาหารอย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง ในตอนเช้าและตอนเย็น การให้อาหารควรเพิ่มตามความเหมาะสม โดยการสังเกตปริมาณใบมันสำปะหลัง หากเหลือมากก็ควรลดปริมาณลงในครั้งต่อไป ใช้เวลาในการเลี้ยง 9-12 วัน ปริมาณใบมันสำปะหลังทั้งหมดประมาณ 20 กิโลกรัมต่อกล่อง

(2) ระยะไหมวัยแก่ (วัย 4-5) ควรเลี้ยงบนชั้นเลี้ยงที่ทำด้วยตาข่ายเขียว พื้นที่ประมาณ 30 ตารางเมตรต่อกล่อง ให้กินใบมันสำปะหลังในปริมาณมากขึ้น สำหรับหนอนไหมวัย 4 วันแรก ใช้ใบมันสำปะหลังประมาณ 20 กิโลกรัมต่อวันต่อกล่อง และเพิ่มปริมาณเป็น 30 กิโลกรัมต่อวันต่อกล่อง ส่วนไหมวัย 5 จะเพิ่มปริมาณขึ้นประมาณ 60 กิโลกรัมต่อวัน โดยจะให้อาหารวันละ 3 ครั้ง คือ เวลาประมาณ 7.00 11.00 และ 17.00 นาฬิกา หลังจากนั้นหนอนไหมจะเริ่มสุกและกินน้อยลง ใช้เวลาในการเลี้ยง 13 วัน

5) การถ่ายมูลไหม หากเลี้ยงในกระด้งควรถ่ายมูลทุกวัน ส่วนการเลี้ยงแบบชั้นควรถ่ายมูล 3 ครั้ง ได้แก่ ช่วงไหมตื่นนอนวัย 4 และวันที่ 3 และ 5 ของไหมวัย 5

6) การเก็บไหมสุกเข้าจ่อ หนอนไหมจะเริ่มสุกในวันที่ 5-7 ของการเลี้ยงไหมวัย 5 ตัวหนอนจะเริ่มหยุดกินใบมันสำปะหลัง ลำตัวหดสั้น ผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองใส รอให้หนอนไหมสุกเต็มที่แล้วถ่ายมูลครั้งสุดท้าย แล้วจึงเก็บหนอนไหมสุกเข้าจ่อในปริมาณจ่อกระด้ง 500 ตัวต่อจ่อ หรือจ่อพลาสติก 250 ตัวต่อจ่อ คลุมจ่อให้มิดชิดด้วยผ้ามุ้งที่สามารถถ่ายเทอากาศได้ดี

7) การเก็บรังไหม หลังจากหนอนไหมสุกที่ทำรังในจ่อประมาณ 5 วัน ไม่ควรเก็บรังไหมออกจากจ่อเร็วเกินไป เพราะดักแด้อาจยังอ่อนอยู่ และอาจแตกทำให้รังเปื้อนได้ โดยการเก็บรังออกจากจ่อเพื่อจำหน่ายเป็นรังสด หรือนำมาแยกรังไหมและดักแด้โดยใช้กรรไกรตัดรัง น้ำหนักรังไหมสด 15 กิโลกรัม สามารถแยกเป็นส่วนของรังไหมได้ 2 กิโลกรัม และส่วนของดักแด้ 13 กิโลกรัม [5]

8) การอบรังไหม เพื่อต้องการฆ่าดักแด้ และหนอนแมลงวัน อีกทั้งยังช่วยเก็บรักษาให้รังไหมให้นานขึ้น การอบรังไหมสามารถทำได้ 2 วิธี [17] ได้แก่

(1) การอบด้วยแสงแดด โดยนำรังไหมสดมาเกลี่ยบนกระบะตาข่ายขนาด 90×200 ตารางเซนติเมตร วางแผ่นสังกะสีปิดทับกระบะ ใช้เวลาในการผึ่งแดด 1-2 วัน

(2) การอบด้วยตู้อบ โดยอบรังไหมสดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสใช้เวลาในการอบ 2 ชั่วโมง หรือ อุณหภูมิประมาณ 50-120 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบประมาณ 23-27 องศาเซลเซียส การซ้อนทับของรังไหมในตู้อบสูงไม่เกิน 15 เซนติเมตร

2.1.3 การปั่นเส้นด้ายไหมอีรี่

เส้นด้ายจากไหมอีรี่ที่มีวิธีการปั่นเส้นด้ายแบบพื้นบ้าน 2 วิธี ได้แก่

2.1.3.1 การปั่นเส้นด้ายเพื่อผลิตเป็นเส้นด้ายใยยาวรวม [18] เป็นวิธีการเข้าเกลียวเส้นด้ายก่อนการลอกกาว โดยใช้รังไหมสดมาต้มในน้ำ มีวิธีการดังนี้

1) เตรียมหม้อสำหรับต้ม เป็นหม้อทรงสูง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 19-22 เซนติเมตร ใส่น้ำสะอาดที่มีค่าพีเอชของน้ำ ประมาณ 6.5-7.5 อุณหภูมิของน้ำ 82-89 องศาเซลเซียส

2) นำรังไหมสดใส่ลงในหม้อ ประมาณ 120-150 รัง ต่อการต้มแต่ละครั้ง ใช้ไม้คีบกดรังไหมให้จมน้ำ 4-5 ครั้ง เป็นเวลา 1-2 นาที

3) ใช้ไม้คีบเกลี่ยให้รังไหมให้ลอยอยู่ระดับผิวน้ำ เมื่อยกไม้คีบขึ้นจะมีเส้นใยไหมติดขึ้นมา ให้ทำการพันเกลียวเส้นใยไหม แล้วสอดผ่านรูตรงกลางพวงสาวไหม นำเส้นด้ายขึ้นไปพันกับลูกรอกของพวงสาวไหม 7-9 รอบ แล้วดึงเส้นด้ายที่ผ่านพวงสาวไหมมาใส่ในภาชนะ ทำเช่นนี้จนเส้นไยไหมเปลือกนอกหมดจากรัง

4) นำเส้นด้ายมาทำการกรอ (Re-Reeling) เพื่อให้เป็นวงเส้นด้ายหรือเข็ดไหม เส้นรอบวง 135-155 เซนติเมตร โดยด้าย 1 เข็ด จะมีปลายเส้นด้าย 2 อัน คือ ปลายส่วนที่เริ่มกรอ และปลายส่วนที่กรอเสร็จ ให้ผูกปลายของเส้นด้ายทั้ง 2 กับกลุ่มเส้นด้าย และแบ่งกลุ่มเส้นด้ายออกเป็น 4 ช่วง สำหรับผูกด้วยเชือก เพื่อโอบกลุ่มเส้นด้ายไม่ให้กระจาย

2.1.3.2 การปั่นเส้นด้ายเพื่อผลิตเป็นเส้นด้ายใยสั้น เป็นวิธีที่นิยมที่สุด เนื่องจากเส้นใยไหมอีรี่ส่วนใหญ่ เป็นใยสั้นที่เกิดจากการปาดรังเอาดักแด้ออก โดยนำรังไหมที่ผ่านการลอกกาวมาปั่นกับน้ำผสมน้ำยาปรับผ้านุ่มในเครื่องซักผ้า เพื่อให้เส้นใยฟู จากนั้นนำไปผึ่งลมให้แห้ง แล้วจึงนำมาปั่นเส้นด้าย [5] นิยมปั่นเส้นด้ายโดยใช้เครื่องเข็นฝ้าย เครื่องเมเดลรีจักรา หรือเครื่องปั่นด้วยมือ (Hand Spinning Machine) [2] ซึ่งลักษณะเส้นด้ายจะเป็นเส้นด้ายพิเศษ

2.1.4 การย้อมสีเส้นด้ายไหมอีรี่และการใช้ประโยชน์จากไหมอีรี่

2.1.4.1 การย้อมสีเส้นด้ายไหมอีรี่และไหมทั่วไป แบ่งเป็น 2 ประเภท [19] ได้แก่

1) การย้อมสีธรรมชาติจากส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่ แก่นของลำต้นฝาง แก่นของลำต้นเข ผลจากต้นกระบก ผลจากต้นคนทา เปลือกจากผลเงาะ รากต้นยอบ้าน และใบจากต้นเทียนกิ่ง เป็นต้น ซึ่งการเตรียมน้ำย้อมสีและวิธีการย้อมสีจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับส่วนต่างๆ ของพืชแต่ละชนิดที่นำมาใช้ในการย้อม โดยจำเป็นต้องใช้สารช่วยติดสี (Mordant) [20] ได้แก่ สารส้ม จุนสี โซเดียมคาร์บอเนต เฟอรัสซัลเฟต น้ำมะขาม น้ำต้มใบยูคาลิปตัส และน้ำโคลน เป็นต้น

2) การย้อมสีเคมี ได้แก่ การย้อมร้อนด้วยสีแอสิต (Acid) และสีรีแอคทีฟ (Reactive) ซึ่งเป็นสีที่ได้รับความนิยม เนื่องจากความละเอียดของเนื้อสี ที่สามารถนำมาผสมเพื่อให้ได้สีในระดับที่ต้องการ และมีการติดสีที่ดีได้

2.1.4.2 การใช้ประโยชน์จากไหมอีรี่ ซึ่งมีประโยชน์หลายด้าน ได้แก่ ด้านสิ่งทอ ด้านอาหาร และด้านการแพทย์ การใช้ประโยชน์จากไหมอีรี่ [14] มีดังนี้

1) การใช้ประโยชน์จากหนอนไหมอีรี่ จากหนอนไหมวัย 3 และ 4 ที่ถูกคัดทิ้งมาผลิตเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ เป็ด ไก่ หมูและปลา โดยใช้สำหรับเร่งสีในปลาสวยงาม อีกทั้งยังใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงแมลง ได้แก่ แตนเบียนไข่ ในสกุล อานาซาทัส (Anastatus) และ โอเวนเซอทัส (Ooencyrtus) ที่ใช้ในการกำจัดมวนลำไยและลิ้นจี่ ใช้เลี้ยงมวนพิฆาต (Ecocanthecona Furcellata) ซึ่งใช้กำจัดหนอนคืบละหุ่ง หนอนกระทู้ หนอนแก้วส้ม หนอนร่าน หนอนบุ้ง ในสวนมะนาว มะม่วง ส้ม และส้มโอ

2) การใช้ประโยชน์จากดักแด้ไหมอีรี่ เพื่อเป็นอาหารสำหรับมนุษย์ ซึ่งจากรายงานองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ระบุถึงวิกฤติการขาดแคลนอาหารในปี 2560 จึงได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะเลี้ยง และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากไหมอีรี่ให้มากขึ้น [16] โดยนำดักแด้ไหมอีรี่มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป เนื่องจาก มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีนที่สูงถึงร้อยละ 54 มีไขมัน (Fatty Acid) ร้อยละ 26 อีกทั้งยังมีรสชาติที่ดี และมีปริมาณไซยาไนด์ตกค้างในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค ดักแด้ไหมอีรี่ยังสามารถนำมาสกัดเลซิติน (Lecithin) กึ่งบริสุทธิ์ ที่มีส่วนช่วยดักจับไขมัน และคอเลสเตอรอลในกระแสเลือด [21] เพื่อใช้เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ และสกัดสารลดแรงตึงผิว (Emulsifier) ที่มีความคงตัวของอิมัลชัน (Emulsion) สูงในผลิตภัณฑ์ชีวะการแพทย์เพื่อยืดระยะเวลาการสลายตัวของยา และลดการต่อต้านระบบภูมิคุ้มกันในผู้ป่วยมะเร็งเม็ดเลือดขาว [22] อีกทั้งยังสามารถสกัดโปรตีนไฮโดรไลเสท (Hydrolysate Protein) จากการไฮโดรไลซิสโปรตีนด้วยเอนไซม์โปรตีเนสที่เป็นกรด หรือด่าง โดยตัดพันธะโมเลกุลของโปรตีนให้มีขนาดเล็กลงเป็นเปปไทด์ หรือกรด

อมิโนอิสระ เพื่อลดอาการแพ้โปรตีน [23] ในผลิตภัณฑ์เวชสำอาง ได้แก่ สบู่ ยาสระผม และครีมบำรุงผิว เป็นต้น [22]

3) การใช้ประโยชน์จากเส้นใยไหมอีรี่ จากการจำหน่ายรังไหมที่นำดักแด้ออก ซึ่งตลาดมีความต้องการเป็นอย่างมาก จากเดิมราคากิโลกรัมละ 50 บาท เพิ่มขึ้นเป็น 220-280 บาท ด้วยคุณสมบัติของเส้นใยไหมอีรี่ที่มีความแข็งแรงสูง ละเอียด ยืดหยุ่น ไม่เปียกน้ำง่าย เส้นใยมีลักษณะเป็นรูเล็กๆ (Porous) จึงสามารถนำมาผลิตเป็นกระดาษกรอง เพื่อใช้ในงานด้านวิทยาศาสตร์ได้ เส้นใยไหมอีรี่สามารถนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายใยสั้น ผสมกับเส้นใยฝ้ายหรือขนแกะ [7] เพื่อใช้เป็นเส้นด้ายยืนสำหรับผลิตเป็นผ้าเนื้อหนา [24] ในระดับอุตสาหกรรม ส่งผลให้ราคาเส้นด้ายเพิ่มสูงขึ้น [16] โดยเส้นด้ายไหมอีรี่สามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ [25] ได้แก่

(1) ผลิตภัณฑ์เคหะสิ่งทอ ได้แก่ ปลอกหมอน พรมเช็ดเท้า (Table Runner) และผ้าทอประดับผนัง (Wall Hanging) เป็นต้น

(2) ผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่มสำเร็จรูป ได้แก่ เสื้อคลุม กางเกง และเครื่องนุ่งห่มในสปา (Spa) เป็นต้น

(3) ผลิตภัณฑ์หัตถสิ่งทอ ได้แก่ ผ้าพันคอ ผ้าคลุมไหล่ และผ้าขัดตัว เป็นต้น นอกจากผลิตภัณฑ์ด้านสิ่งทอ รังไหมอีรี่ยังสามารถนำมาผลิต เป็นผลิตภัณฑ์งานฝีมือ เช่น งานดอกไม้ประดิษฐ์ หรือใช้ทำวัสดุตกแต่งเพื่อความสวยงาม

2.2 การลอกกาวไหม

2.2.1 ความหมายของการลอกกาวไหม

การลอกกาว (Degumming) หมายถึง การแยกเซอริซินหรือกาวไหมออกจากเส้นใยไหม เช่น การต้มในสารละลายด่างอ่อน จะกระทำหลังการเตรียมเส้นไหม ซึ่งเป็นไหมชนิดเดียวกัน มีขนาด สีน้ำหนัก และเส้นรอบวงของเข็ดไหมสม่ำเสมอ หรือใกล้เคียงกัน โดยมีการเตรียมวัตถุดิบ วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และขั้นตอนการลอกกาวไหม [26] ดังนี้

2.2.1.1 การเตรียมวัตถุดิบ วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

1) เส้นไหมดิบที่ตีเกลียวโดยไม่ผ่านการควบเส้นด้าย
2) น้ำสะอาด
3) ห่วงคล้องเส้นด้าย
4) ไม้แขวนห่วง
5) หม้อสแตนเลส
6) ไม้พาย

7) กะละมัง

8) ถังหรือกระบอกตวง

9) กระดาษลิตมัส

10) เทอร์โมมิเตอร์

11) อุปกรณ์ให้ความร้อน เช่น เตาฟืน เตาแก๊ส หรือเตาไฟฟ้า

12) สบู่ก้อน

13) สบู่เทียม

14) โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate)

2.2.1.2 ขั้นตอนการลอกกาวไหม

1) กำหนดอัตราส่วน โดยใช้เข็ดไหมมาชั่งน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ต่อปริมาตรน้ำ 30 ลิตร สบู่ 240 กรัม และโซเดียมคาร์บอเนต 30 กรัม

2) ใส่น้ำลงในหม้อ จากนั้นจึงใส่โซเดียมคาร์บอเนต และสบู่ แล้วคนให้ส่วนผสมเข้ากัน

3) ยกหม้อขึ้นตั้งเตาที่อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส และควบคุมอุณหภูมิของน้ำให้คงที่

4) วัดค่าพีเอชของน้ำในหม้อต้ม ให้อยู่ในค่าที่เป็นกลาง (7±1)

5) คล้องห่วงเข็ดไหม แล้วใส่ลงในหม้อต้มให้เข็ดไหมจมอยู่ใต้สารละลาย

6) ยกห่วงเข็ดไหมทุกๆ 5 นาที จากนั้นให้จมเข็ดไหมในสารละลาย 30-45 นาที

7) ยกห่วงคล้องเข็ดไหมขึ้นจากหม้อต้ม บิดเข็ดไหมให้สารละลายออกจากนั้นจึงนำมาล้างในน้ำอุ่น 2-3 ครั้ง แล้วนำมาล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องจนเส้นไหมสะอาด

8) กระตุกเส้นไหมให้เรียงเส้นกัน แล้วนำมาผึ่งในที่ร่มจนเส้นไหมแห้ง

2.2.2 การลอกกาวไหมอีรี่

การลอกกาวไหมอีรี่ นิยมลอกกาวรังไหมที่ปาดเอาดักแด้ออก [5] มีวิธีการดังนี้

2.2.2.1 แช่รังไหม 100 กรัม ในน้ำ 1,000 มิลลิลิตร เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

2.2.2.2 เค้นน้ำออกจากรังไหม จากนั้นจึงนำรังไหมมาต้มในสารละลายสบู่เหลว 10 กรัม โซเดียมคาร์บอเนต 10 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 1,000 มิลลิลิตร โดยทำการผสมสารละลายในหม้อต้มให้เข้ากัน แล้วจึงนำขึ้นตั้งบนเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จึงค่อยใส่รังไหมลงไป พร้อมทั้งทำการคนให้รังไหมกระจาย สม่ำเสมอ และจมอยู่ในสารละลายทั่วทุกรัง

2.2.2.3 คีบรังไหมขึ้นจากหม้อต้ม จากนั้นจึงนำมาล้างในน้ำ 3,000 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง แล้วนำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เพื่อนำไปปั่นเป็นเส้นด้ายในขั้นตอนต่อไป

2.3 สภาพความเป็นด่าง

2.3.1 ความหมายของสภาพด่าง

สภาพด่าง (Alkalinity) หมายถึง ความสามารถของน้ำในการสะเทินกรด หรือต้านไม่ให้พีเอชลดต่ำ ซึ่งหากน้ำทำให้กรดเป็นกลางได้มาก แสดงว่ามีสภาพเป็นด่างมาก และหากน้ำทำให้กรดเป็นกลางได้น้อย แสดงว่าน้ำที่มีสภาพเป็นด่างต่ำ ดังนั้นน้ำจึงต้องมีสภาพเป็นด่างคืออยู่ในช่วง 0-14 เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ น้ำที่เป็นกลางในธรรมชาติจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7 น้ำที่เป็นกรดจะมีค่าพีเอชน้อยกว่า 7 ส่วนน้ำที่เป็นด่างจะมีค่าพีเอชมากกว่า 7 ซึ่งการวัดค่าพีเอชของน้ำมี 2 วิธี [27] ได้แก่

2.3.1.1 วิธีการวัดค่าพีเอชโดยการเทียบสี สามารถวัดได้โดยเปรียบเทียบกับสีของสารละลายอินดิเคเตอร์ (Indicator) ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อินดิเคเตอร์ที่ใช้สำหรับวัดค่าพีเอชของน้ำ

อินดิเคเตอร์	สีของกรด	สีของด่าง	ช่วงพีเอช
Methyl Violet	เหลือง	ม่วง	0-2
Malachite Green (กรด)	เหลือง	เขียวแกมน้ำเงิน	0-1.8
Thymol Blue	แดง	เหลือง	1.2-2.8
Bromphenol Blue	เหลือง	น้ำเงิน	3.0-4.6
Methyl Orange	แดง	ส้มแกมเหลือง	3.1-4.6
Bromcresol Green	เหลือง	น้ำเงิน	3.8-5.4
Methyl Red	แดง	เหลือง	4.4-6.2
Litmus	แดง	น้ำเงิน	4.5-8.3
Bromthymol Blue	เหลือง	น้ำเงิน	6.0-7.6
Phenol Red	เหลือง	แดง	6.8-8.4
Matacresol Purple	เหลือง	ม่วง	7.6-9.2
Thymol Blue (ด่าง)	เหลือง	น้ำเงิน	8.0-9.6
Phenolphthalein	ไม่มีสี	แดง	8.2-9.8
Thymolphthalein	ไม่มีสี	น้ำเงิน	9.3-10.5
Alizarin Yello	เหลือง	สีไลแลค (ม่วง)	10.1-11.1
Malachite Green (ด่าง)	เขียว	ไม่มีสี	11.4-13.0

ที่มา : [27]

2.3.1.2 วิธีการวัดค่าพีเอชโดยใช้อุปกรณ์พีเอชมิเตอร์ (pH Meter) วัดความเข้มข้นของ H+ โดยการวัดความต่างศักย์ที่เกิดจาก H+ เปรียบเทียบกับความต่างศักย์มาตรฐาน

2.3.2 ด่างขี้เถ้า

2.3.2.1 ขี้เถ้า หรือ เถ้า ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide) สูตรเคมี (KOH) [28] หมายถึง สารที่มีลักษณะเป็นผงละเอียด จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง [29] ปฏิกิริยาการเผาไหม้ หรือ ปฏิกิริยาการออกซิไดซ์ (Oxidizing Agent) ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและสมบูรณ์ โดยมีตัวทำปฏิกิริยา และอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม [30] ได้แก่ เชื้อเพลิง อากาศ และแหล่งให้ความร้อนเมื่อจุด (Ignition Source)

2.3.2.2 ขี้เถ้าจากพืช ส่วนใหญ่เป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากของเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมการเกษตร อุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องดื่ม ได้แก่ แกลบ ฟางข้าว ขุยมะพร้าว กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม เปลือกถั่ว ซังข้าวโพด และชานอ้อย เป็นต้น ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถนำมาใช้ให้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตเป็นพลังงานไอน้ำได้ ตัวอย่างเช่น การใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อไอน้ำในโรงงานน้ำตาล และการใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไอน้ำในโรงสีข้าว [30] ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาไหม้ดังกล่าวจะมีส่วนประกอบประเภทซิลิกา (Silica) และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide) เมื่อละลายน้ำจะทำให้เป็นสารละลายที่มีค่าพีเอชเป็นด่าง (pH>7) [31] เพราะพืชมีสารประกอบของโลหะ ได้แก่ โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม และโลหะหนักบางชนิด เป็นต้น ที่อยู่ในรูปของเกลือคาร์บอเนต เมื่อพืชถูกเผา เกลือคาร์บอเนตจะให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และออกไซด์ของโลหะต่างๆ เมื่อนำออกไซด์ของโลหะซึ่งอยู่ในรูปของขี้เถ้าไปละลายน้ำ สารประกอบออกไซด์จะกลายเป็นสารประกอบไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นสารละลายด่าง [32]

2.3.3 ด่างขี้เถ้ากล้วย

2.3.3.1 ความหมายและที่มาของกล้วย

กล้วย จัดอยู่ในวงศ์มูซาเซีย (Musaceae) เป็นต้นไม้ที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเป็น 1 ใน 8 วงศ์ (Family) [33] ได้แก่

1) วงศ์แคนนาเซีย (Cannaceae) เช่น พุทธรักษา
2) วงศ์สเตอเลทเซีย (Strelitziaceae) เช่น ปักษาสวรรค์ และกล้วยพัด
3) วงศ์เฮลิคอเนียเซีย (Heliconiaceae) เช่น ธรรมรักษา และก้ามกุ้ง
4) วงศ์โลวาเซีย (Lowiaceae) ไม่พบในประเทศไทย
5) วงศ์คอสเตเซีย (Costaceae) เช่น เอื้องหมายนา
6) วงศ์ซิงกาบาเรเซีย (Zingiberaceae) เช่น ขิง ข่า กระชาย ขมิ้น ดอกกระเจียว และปทุมมา

7) วงศ์มาเรนเทเซีย (Marantaceae) เช่น คล้า สาคู และแววมยุรา

8) วงศ์มูซาเซีย (Musaceae) เช่น กล้วย และกล้วยผา

2.3.3.2 กล้วยน้ำว้านวล

กล้วยน้ำว้านวล (PisangAwak) จัดอยู่ในกลุ่มของกล้วยน้ำว้า (Cultivated Banana) ชื่อวิทยาศาสตร์ (*Musa* : ABB Group) วงศ์มูซาเซีย (Musaceae) ประเภทกล้วยแตกกอ (Genus Musa) มีชื่อเรียกอื่นๆ เช่น กล้วยน้ำว้าเงิน กล้วยน้ำว้านวลจันทร์ และกล้วยน้ำว้าหนัง [34] มีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศอินเดียและประเทศมาเลเซีย [35] ในประเทศไทยพบที่จังหวัดนครสวรรค์ นนทบุรี นครปฐม เพชรบุรี และเขตจังหวัดในภาคกลาง โดยเรียกชื่อตามลักษณะผิวของผลกล้วย เนื่องจากมีนวลคล้ายแป้งสีขาวที่บริเวณเปลือกผล [34] ดังแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 ผลกล้วยน้ำว้านวล
ที่มา : [36]

2.3.3.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกล้วยน้ำว้านวล [34] จำแนกได้ดังนี้

1) ลำต้น โผล่จากเหง้าเหนือพื้นดิน หรือลำต้นเทียมสูง 2.5-3.5 เมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร ส่วนของโคนลำต้นเทียมมีสีชมพู มีจุดสีดำเล็กน้อย กาบลำต้นมีสีเขียวเข้ม ด้านในสีขาวหรือสีเขียวนวล มีจุดหรือแถบสีแดง

2) ใบ ลักษณะโค้งมน ความยาวประมาณ 2.6 เมตร ความกว้างประมาณ 60 เซนติเมตร โคนก้านใบมีปีก สีชมพู ขอบก้านใบปิด เส้นกลางใบสีเขียวอ่อน

3) ดอก หรือปลีกล้วย(Male Bud) ลักษณะก้านช่อดอกห้อยลงพื้นดิน มีใบประดับ (Bract) รูปไข่ทรงป้อม ปลายแหลมม้วนเข้าหากัน ด้านนอกมีสีม่วงหรือสีแดงแกมเทา มีนวลเล็กน้อย

กลีบด้านในมีสีแดง การเรียงของใบประดับซ้อนกันจนแน่น กลุ่มของช่อดอกมีก้านยาว แทรกอยู่ระหว่างชั้นของใบประดับ

4) ผล มีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับกล้วยน้ำว้าชนิดอื่น มีผลประมาณ 18-20 ผลต่อหวี มีหวีกล้วยประมาณ 10-15 หวีต่อเครือ ผลรูปทรงกระบอก ป้อม ปลายผลแหลม ผลยาว 14-16 เซนติเมตร ความยาวรอบผล 12-14 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียว มีเหลี่ยมตามแนวยาวของผล ผลสุกมีสีเหลือง เหลี่ยมผลจะหายไป และมีนวลสีขาวปกคลุมทั่วทั้งผล [35] เนื้อผลแน่น สีขาวอมชมพู รสชาติหวาน มีกลิ่นหอมอ่อนๆ และอาจมีเมล็ดในเนื้อผล

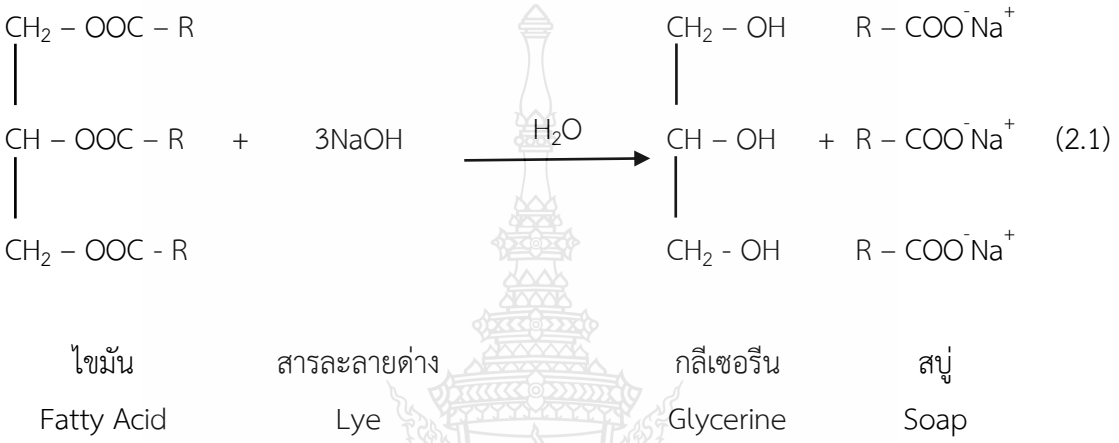
2.3.3.4 การปลูกกล้วยน้ำว้านวล ควรปลูกในช่วงฤดูฝน ประมาณเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม [37] โดยการขุดหลุมขนาด 30×30×30 เซนติเมตร วางหน่อกล้วยกลางหลุม กลบดินรอบหน่อกล้วยให้แน่น หลังจากปลูก 1 เดือนกล้วยจะเริ่มมีราก ให้ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 และใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 สลับกับปุ๋ยอินทรีย์ทุก 3 เดือน ให้เกษตรกรทำการตัดแต่งใบกล้วย เนื่องจากใบกล้วยมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง เมื่อใบใหม่ออกมาใบเก่าจะแห้งติดลำต้น เกษตรกรจึงต้องลอกกาบและตกแต่งใบกล้วยจนกว่ากล้วยจะออกเครือ การตัดแต่งใบกล้วยแก่ ควรให้มีใบติดต้น 7 ถึง 12 ใบต่อต้น ตัดให้ชิดลำต้นอย่าให้เหลือก้าน เพราะเมื่อเวลาเหี่ยวจะทำให้ก้านรัดลำต้น และลำต้นส่วนกลางไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร การปล่อยให้มีใบกล้วยมากเกินไปจะทำให้ปกคลุมดิน และคลุมโคนต้น ทำให้แสงแดดส่องไม่ถึงดิน ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ดินเกิดเชื้อรา เนื่องจากมีความชื้นที่มากเกินไป [38]

2.3.3.5 การใช้ประโยชน์จากด่างขี้เถ้ากล้วย โดยสามารถนำส่วนของกล้วยที่เหลือทิ้ง ได้แก่ เปลือกผล และใบ เป็นต้น มาเผาเป็นขี้เถ้า เพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตสารทำความสะอาด เช่น การผลิตสบู่เหลวจากขี้เถ้าเปลือกกล้วย ซึ่งพบว่าในเปลือกกล้วยมีสารแทนนิน ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื่อแบคทีเรีย [39] อีกทั้งยังสามารถนำขี้เถ้าจากใบกล้วยมาใช้ในการลอกกาวไหม ซึ่งจากการศึกษาของสุชาดา อุชชิน และทักษิณ ฤกษ์สำราญ [40] ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลอกกาวเซอริซินไหมเหลือง จากสารละลายด่างขี้เถ้าจากการเผาเปลือกต้นโกงกาง และสารละลายด่างขี้เถ้าจากใบกล้วย พบว่าขี้เถ้าจากใบกล้วยที่พีเอช 9-12 อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที สามารถลอกกาวไหมได้ดีกว่าขี้เถ้าจากเปลือกต้นโกงกาง ซึ่งการนำขี้เถ้าจากกล้วยมาใช้ประโยชน์ดังกล่าว สามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่กล้วยได้เป็นอย่างมาก

2.3.4 ด่างสบู่

2.3.4.1 ประวัติของสบู่ (Soap) มีการค้นพบโดยมนุษย์มาตั้งแต่ 2,800 ปี ก่อนคริสตกาล คำว่าสบู่ (Soap) มาจากชื่อของภูเขา (Sapo) ในสมัยโรมัน ซึ่งเป็นสถานที่ทำพิธีบูชายัญสัตว์ เมื่อเกิดฝนตกได้ชะล้างเอาไขมันสัตว์ที่ถูกฆ่า ไหลมารวมกับขี้เถ้าลงสู่แม่น้ำ และเมื่อนำเสื้อผ้าไปซักในแม่น้ำก็พบว่าเสื้อผ้าสามารถซักออกได้อย่างง่ายดาย สบู่ในยุคแรกจึงมีไว้เพื่อใช้ทำความสะอาด ต่อมาจึงเริ่มมีการคิดค้น

สบู่เพื่อใช้ในการชำระล้างร่างกาย [41] เนื่องจากสบู่จัดเป็นเกลือของกรดไขมัน ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างด่างกับไขมัน หรือค่าซาพอนนิฟิเคชัน (Saponification) ความหมายของสบู่ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมายถึง เกลือโซเดียม (Sodium Salt) เกลือโพแทสเซียม (Potassium Salt) เกลือแอมโมเนียม (Ammonium Salt) และเกลือเอมีน (Amine Salt) ของกรดไขมัน (Fatty Acid) ในน้ำมันจากพืชหรือสัตว์ เมื่อทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างกันจะเกิดเป็นสบู่และกลีเซอรีน (Glycerin) ดังแสดงในสมการที่ 2.1



ที่มา : [42]

2.3.4.2 โครงสร้างของสบู่ ประกอบด้วยสาร 2 เฟส (Phase) ที่ไม่รวมตัวเป็นเฟสเดียวกันอย่างสมบูรณ์ ได้แก่ ส่วนที่ละลายน้ำได้ (Hydrophilic Head) มีสภาพของขั้วไฟฟ้า (Polarity) เช่นเดียวกับน้ำ และส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (Hydrophobic Tail) ที่ไม่มีสภาพของขั้วไฟฟ้า (Nonpolar) ซึ่งจะละลายในไขมันหรือน้ำมัน จึงสามารถใช้สบู่มาทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่อยู่ในรูปของคราบไขมันได้ โดยการละลายรวมกับน้ำ และใช้เป็นสารลดแรงตึงผิว (Surface-Active Agents or Surfactants) หรืออิมัลซิฟายอิง (Emulsifying Agent) ได้ [43]

2.3.4.3 ลักษณะของสบู่จำแนกตามชนิดของด่าง และไขมัน หรือน้ำมันที่นำมาผลิต [40] ได้แก่

1) จำแนกตามชนิดของด่าง

(1) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide: NaOH) สำหรับผลิตสบู่ก้อน

(2) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide: KOH) สำหรับผลิตสบู่เหลว

2) จำแนกตามชนิดของไขมัน และน้ำมัน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ลักษณะของสบู่ที่ผลิตจากไขมันแต่ละชนิด

ไขมัน และน้ำมัน	เนื้อสบู่	สี	ลักษณะฟอง	การทำความสะอาด	ความนุ่มนวลต่อผิว
ไขมันวัว	แข็ง	ขาวนวล	คงรูปอยู่นาน	ดีมาก	น้อย
น้ำมันมะพร้าว	แข็งกรอบ	ขาว	คงรูปอยู่นาน	ดีมาก	น้อย
น้ำมันปาล์ม	แข็ง	ขาวนวล	คงรูปอยู่นาน	ดีมาก	น้อย
น้ำมันมะกอก	นุ่ม	เหลือง	ครีมละเอียด	ดี	มาก
น้ำมันละหุ่ง	นุ่มมาก	ขาว เหลือง	ละเอียด	พอใช้	มาก
น้ำมันถั่วเหลือง	นุ่ม	ขาว เหลือง	ละเอียด	พอใช้	พอใช้
น้ำมันรำข้าว	นุ่ม	ขาว เหลือง	ละเอียด	พอใช้	พอใช้
น้ำมันดอกทานตะวัน	นุ่ม	ขาว เหลือง	ละเอียด	พอใช้	พอใช้
น้ำมันข้าวโพด	นุ่ม	ขาว เหลือง	ละเอียด	พอใช้	พอใช้
น้ำมันงา	นุ่ม	ขาวนวล	ละเอียด	ดี	มาก

ที่มา : [42]

2.3.4.4 การผลิตสบู่เกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1790 ในระดับอุตสาหกรรมที่ประเทศฝรั่งเศส การผลิตสบู่ เป็นการนำไขมันหรือน้ำมันมาผสมกับน้ำด่าง โดยใช้ความร้อนในการเร่งปฏิกิริยา [41] มีขั้นตอนการผลิต [42] ดังนี้

1) ชั่งน้ำหนักหาปริมาณด่าง และน้ำที่ใช้ละลายด่าง ดังนี้

(1) ปริมาณด่างที่ใช้จะขึ้นอยู่กับค่าซาพอนนิฟิเคชัน (Saponification) ของไขมันหรือน้ำมันหนัก 1 กรัม ที่ถูกสลายพันธะเอสเทอร์ด้วยด่าง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์คือ กลีเซอรอลและเกลือของกรดไขมัน หรือสบู่ [23] ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่าซาพอนนิฟิเคชันของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ทำปฏิกิริยากับไขมันและน้ำมันหนัก 1 กรัม

ไขมัน และน้ำมัน (1 กรัม)	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัม)
ไขมันวัว	0.1292
น้ำมันมะพร้าว	0.1692
น้ำมันปาล์ม	0.1306
น้ำมันมะกอก	0.1246
น้ำมันละหุ่ง	0.1183
น้ำมันถั่วเหลือง	0.1246
น้ำมันรำข้าว	0.1233
น้ำมันดอกทานตะวัน	0.1256
น้ำมันข้าวโพด	0.126
น้ำมันงา	0.1266

ที่มา : [42]

การคำนวณหาปริมาณด่างที่ใช้ สามารถคำนวณได้จากตัวอย่าง ดังแสดงในสมการที่ 2.2

ปริมาณด่างที่ใช้ (กรัม) = ค่าซาพอนนิฟิเคชัน × จำนวนกรัม (2.2)

ตัวอย่างที่ 1 น้ำมันมะพร้าว 300 กรัม ต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ = 0.169 × 300 = 50.7 กรัม
ตัวอย่างที่ 2 น้ำมันปาล์ม 300 กรัม ต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ = 0.13 × 300 = 39 กรัม

ที่มา : [42]

(2) ปริมาณน้ำที่ใช้ละลายด่าง ซึ่งน้ำที่ใช้ละลายด่าง ได้แก่ น้ำประปา น้ำกรอง และน้ำฝน ไม่ควรใช้น้ำบาดาล และน้ำกระด้าง เป็นต้น โดยปริมาณน้ำที่ใช้สามารถคำนวณได้ ดังแสดงในสมการที่ 2.3

ปริมาณน้ำ = (น้ำหนักด่าง × 3.33) – น้ำหนักด่าง (2.3)

ที่มา : [42]

2) เทด่างลงในน้ำใส่ภาชนะแก้ว ใช้ช้อนสเตนเลสคนจนด่างละลายตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของสารละลายด่างลดลง ประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส

3) เตรียมน้ำมันตามน้ำหนักที่ต้องการ ใส่ในภาชนะสเตนเลส และนำไปอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส

4) เทสารละลายด่างในน้ำมันอย่างช้าๆ ใช้ไม้พายคนส่วนผสมให้เข้ากัน ประมาณ 30 นาที สบู่จะเริ่มข้นหนืด

5) หากต้องการเติมน้ำหอมหรือสมุนไพร ให้เติมลงไปประมาณร้อยละ 1-2 ของน้ำหนักสบู่ อาจเติมสารพวกไกลคอลหรือสารกันหืน ได้แก่ วิตามินอี และวิตามินซี เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันประมาณร้อยละ 0.5-1.0 [41]

6) เทสบู่ลงในแม่พิมพ์ตามแบบที่ต้องการ

2.4 เส้นด้ายพิเศษ

2.4.1 ความหมาย และประเภทของเส้นด้ายพิเศษ

2.4.1.1 เส้นด้ายพิเศษ (Novelty Yarn) หรือ (Complex Yarn) หมายถึง เส้นด้ายที่มีลักษณะผิวตามยาวไม่เรียบ มีขนาดที่ไม่เท่ากันตลอดทั้งเส้น ผลิตขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการโดยเฉพาะ เช่น ด้านผิวสัมผัส ด้านความสวยงาม เป็นต้น เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผืนผ้า

2.4.1.2 ประเภทของเส้นด้ายพิเศษ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท [44] ได้แก่

1) เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายเดี่ยว (Complex Single Yarn) ได้แก่

(1) เส้นด้ายสลับ มีลักษณะเป็นเส้นใยสั้นที่รวมกันเป็นเส้นด้าย โดยเส้นใยบางช่วงอาจซ้อนกันอยู่ที่เดียว ทำให้เส้นด้ายในช่วงนั้นๆ เกิดปุ่มปม ทึบ และใหญ่ ส่วนที่ซ้อนกันอยู่ดังกล่าวมักจะไม่มีเกลียว หรือมีเกลียวน้อย ซึ่งหากต้องการให้เส้นด้ายมีความแข็งแรงขึ้น อาจเพิ่มจำนวนเกลียวของเส้นด้ายได้ [45] เมื่อนำไปผลิตเป็นผืนผ้าจะได้ผ้าลักษณะผิวไม่เรียบ ซึ่งมีลักษณะแบบเฉพาะที่ให้คุณค่าด้านความสวยงามเป็นหลัก แต่จะมีความแข็งแรงน้อยกว่าผืนผ้าที่ทำจากเส้นด้ายธรรมดา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ที่เป็นองค์ประกอบในผืนผ้า เช่น ชนิดของเส้นใย ขนาดของเส้นด้าย และวิธีการทอ เส้นด้ายสลับนิยมนำไปผลิตเป็นผ้าชานตุง ผ้าบุชเชอร์ ผ้าเรยอน และผ้าลินินบางชนิด เส้นด้ายจะมีความหนาและบางเป็นระยะๆ ตลอดทั้งเส้น เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการปั่นเส้นใยและเส้นด้าย ขณะที่ฉีดสารละลายที่เป็นส่วนผสมของเส้นใยออกจากหัวฉีดหรือสปินเนอร์เรต ด้วยแรงกดที่ไม่สม่ำเสมอกัน จึงทำให้เส้นด้ายหนาและหนัก รวมทั้งมีความบางและเบาสลับกันเป็นระยะ

(2) เส้นด้ายฟลอค (Flock Yarn) มีลักษณะคล้ายเส้นด้ายสลับ แต่จะมีปุยเส้นใยอื่นผสมอยู่ตลอดทั้งเส้น นิยมนำมาตัดชุดสูท

(3) เส้นด้ายลักษณะพองฟู (Bulk Yarn) มีลักษณะหยิกเป็นคลื่น คล้ายฟันเลื่อย หรือเป็นห่วงวงกลม

(4) เส้นด้ายยืด (Stretch Textured Yarn) มีลักษณะขดคล้ายสปริง หรือเป็นคลื่น สามารถยืดออกและหดกลับขนาดเดิมได้อย่างรวดเร็ว

2) เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวม (Complex Ply Yarn) ได้แก่

(1) เส้นด้ายเกลียว (Spiral or Corkscrew Yarn) มีลักษณะเป็นเส้นด้ายที่พันรอบเส้นด้ายอีกเส้นหนึ่ง ที่มีขนาด สี หรือชนิดของเส้นใยที่แตกต่างกัน โดยด้ายเส้นหลักจะมีความแข็งแรงกว่าเส้นด้ายที่มาพันทับ ทำให้เกิดเส้นด้ายที่สวยงาม

(2) เส้นด้ายห่วง (Loop or Curl Yarn) มีลักษณะบิดเป็นเกลียวหลวมๆ เป็นคลื่นรอบเส้นแกนประกอบด้วยเส้นด้ายอย่างน้อย 3 พลาย ได้แก่ เส้นด้ายหลัก (Core Yarn) เส้นด้ายที่ทำให้เกิดห่วง (Effect Yarn) เส้นด้ายพันยึด (Binder Yarn) เมื่อนำมาทอเป็นผืนผ้าจะให้สัมผัสที่นุ่มอบอุ่น คล้ายผ้าขนสัตว์

(3) เส้นด้ายปม (Knot Knop Nub or Spot Yarn) เป็นเส้นด้ายที่พันอยู่บนเส้นด้ายหลัก มีลักษณะเป็นปุ่มปมหนาเป็นระยะๆ ในช่วงหนึ่ง และพันห่างสลับกันตลอดเส้น

(4) เส้นด้ายแกน (Core Yarn) มีลักษณะเป็นเส้นด้ายที่พันห่อหุ้มอยู่บนเส้นด้ายหลักจนหมด ซึ่งเส้นด้ายที่นำมาพันอาจมีความแข็งแรงน้อยกว่าเส้นด้ายหลัก เมื่อนำมาผลิตเป็นผืนผ้า จะให้ความยืดหยุ่น และสวมใส่สบาย

(5) เส้นด้ายคอร์สปัน (Core Spun Yarn) มีลักษณะเป็นเส้นด้ายที่พันสานกันบนแกนเส้นด้ายหลัก โดยเส้นด้ายแกนหลักจะเป็นเส้นด้ายยืด เช่น เส้นด้ายสแปนแดกส์

2.4.2 การปั่นเส้นด้าย

2.4.2.1 การปั่นเส้นด้ายมีวิวัฒนาการมาประมาณ 10,000 ปี มนุษย์รู้จักวิธีปั่นเส้นด้ายมาตั้งแต่ก่อนสมัยประวัติศาสตร์ โดยค้นพบหลักฐานบริเวณทะเลสาบสวิสสมัยยุคหิน และภาพเขียนฝาผนังแสดงวิธีเข้าเกลียวเส้นด้าย ภายในพีระมิดประเทศอียิปต์ ที่มีอายุกว่า 6,000 ปี ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในสมัยแรกเป็นพืชใยยาว เช่น หญ้า เป็นต้น ต่อมาเริ่มมีการใช้เส้นใยจากฝ้าย ลินิน ป่าน และเส้นใยจากสัตว์ โดยใช้อุปกรณ์ที่ทำด้วยไม้รูปร่างคล้ายกระสวย มีแกนหมุน (Spindle) เป็นลักษณะการนำเส้นใยสั้นหลายเส้นมาตีเกลียวรวมกัน ต่อมาในคริสต์ศตวรรษที่ 19 มีการสร้างเครื่องจักรสำหรับปั่นเส้นด้ายขึ้น โดยนักประดิษฐ์ชื่อ อาร์ควไรท์ (Arkwright) ได้สร้างเครื่องเข้าเกลียวเส้นด้ายโดยใช้กำลังน้ำ (Water Frame or Throstle Spinning) [46] การปั่นเส้นด้ายสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) การปั่นเส้นด้ายในยุคแรก เป็นการปั่นด้วยมือ โดยมีเครื่องปั่นด้ายที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย [24] ได้แก่

(1) เครื่องปั่นเส้นด้ายแบบปีก (Flyer Spinning) เป็นเครื่องที่มีแกนปั่นมีปีก 2 ข้าง เหมาะสำหรับการปั่นเส้นใยขนแกะ ด้ายลินิน โดยการป้อนเส้นใยผ่านร่องของปีก ขณะที่ปีกหมุนหลอดด้ายจะพันเส้นด้ายเข้าสู่แกนหมุน

(2) เครื่องปั่นเส้นด้ายฝ้าย (Mule Spinning) เหมาะกับเส้นใยทั้งสั้น โดยเครื่องจะแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกทำหน้าที่ลดขนาดของกลุ่มเส้นใยที่ป้อนเข้าเครื่อง ส่วนต่อมาจะทำหน้าที่ม้วนเกลียว

(3) เครื่องปั่นเส้นด้ายแบบหมุนต่อเนื่อง (Cap Spinning) เหมาะสำหรับเส้นใยขนสัตว์ การทำงานคล้ายกับเครื่องปั่นเส้นด้ายแบบปีก แต่จะเป็นการพันเส้นด้ายที่ปั่นแล้วไปพร้อมกับการเข้าเกลียว

2) การปั่นเส้นด้ายในระบบอุตสาหกรรม อาศัยหลักการจากการปั่นในระบบวงแหวน และพัฒนามาเป็นระบบปลายเปิด ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการผลิต 7 ขั้นตอน [46] ได้แก่

(1) การเปิด การผสม และการทำความสะอาดเส้นใย (Opening Blending and Cleaning) เป็นการเปิดเส้นใยจากเบล (Bale) ให้เส้นใยคลายตัว พร้อมทั้งทำความสะอาดสิ่งสกปรก ในขั้นตอนนี้จะได้แผ่นเส้นใย หนาประมาณ 1 นิ้ว เรียกว่าแผ่นม้วน หรือ แลป (Lap)

(2) การสางใย (Carding) เป็นการจัดเรียงเส้นใยตามความยาวในทิศทางเดียวกับเครื่องสาง เพื่อให้เส้นด้ายหลังการเข้าเกลียวมีความละเอียด ในขั้นตอนนี้จะได้แผ่นเส้นใยที่เรียกว่า เว็บ (Web) จากนั้นจึงรวมกันเป็นหลอดเรียกว่า สไลเวอร์ (Sliver)

(3) การรีดปุย (Drawing) เป็นการเหยียดเส้นใยให้เรียงตัวดีขึ้น โดยการรีด และดึงให้สไลเวอร์มีขนาดเล็กลง อีกทั้งยังเป็นการเข้าเกลียวด้วยจำนวนเกลียวที่น้อย เรียกขั้นตอนนี้ว่า ปั่นหนึ่ง

(4) การหวี (Combing) เป็นการคัดเลือกเฉพาะเส้นใยที่มีความยาวเหมาะสม โดยการหวีเส้นใยที่สั้นเกินไปออก เพื่อให้เส้นด้ายหลังการปั่นมีความแข็งแรง เรียบ และละเอียด

(5) การโรฟวิง (Roving) เป็นการลดขนาดสไลเวอร์ให้เส้นใยขนานกันมากขึ้น มีการตีเกลียวเล็กน้อย เรียกขั้นตอนนี้ว่า ปั่นสอง

(6) การปั่นเส้นด้าย (Spinning) เป็นการวางโรฟวิงบนแกนปั่นด้าย ซึ่งอาจมีหลายแกนเพื่อปั่นเส้นด้าย และพันเส้นด้ายเข้าหลอดด้ายอย่างต่อเนื่อง เรียกขั้นตอนนี้ว่า ปั่นสาม

(7) การกรอด้าย (Winding) เป็นการเตรียมเส้นด้าย โดยการรวมเส้นด้ายจากหลายหลอดมาเป็นหลอดเดียว เรียกว่า ลูกด้าย (Package) เพื่อนำไปใช้งานได้อย่างสะดวก

2.4.2.2 เกลียวเส้นด้าย (Yarn Twist) เกิดจากการเข้าเกลียว เพื่อจัดเรียงเส้นใยให้บิดพันรอบแกนของเส้นด้ายหลักการทั่วไปคือ การหมุนปลายหนึ่งของมัดเส้นใยขณะที่ปลายหนึ่งถูกยึดให้คงที่ไว้ เกลียวจะทำหน้าที่ยึดเกาะเพื่อสร้างความแข็งแรงให้เส้นด้าย โดยจำนวนเกลียวของเส้นด้ายจะแปรผันตามความยาวของเส้นใย ขนาดของเส้นด้าย และวัตถุประสงค์ในการใช้งาน การเพิ่มจำนวนเกลียวที่มากขึ้นจะเป็นการเพิ่มจุดสัมผัสระหว่างผิวของเส้นใย เพิ่มการเสียดทาน ทำให้เส้นด้ายแข็งแรงขึ้น เช่น เส้นด้ายควบสอง (Twofold Yarn) เส้นด้ายควบสาม (Threefold Yarn) เส้นด้ายควบสี่ (Fourfold Yarn) เส้นด้ายควบรวม (Multifold Yarn) และเส้นด้ายเคเบิล เป็นต้น [47] การที่จำนวนเกลียวมากเกินไปจะทำให้เส้นใยถูกบิดตัวมากเกินไป แรงเฉือนจะถูกกระทำในทิศที่ออกจากแกนเส้นใยในแนวตั้งฉาก ทำให้ความแข็งแรงของเส้นด้ายลดลง โดยสามารถวัดจำนวนเกลียวได้จากหน่วย คือจำนวนรอบต่อความยาวเส้นด้าย 1 นิ้ว

1) จำนวนเกลียวของเส้นด้าย จะขึ้นอยู่กับชนิดของผ้าที่จะนำไปใช้ประโยชน์ [46] ดังนี้

(1) จำนวนเกลียวน้อย เส้นด้ายจะไม่มีความแข็งแรง ใช้ผลิตผ้าที่ต้องการผิวสัมผัสที่นุ่ม

(2) จำนวนเกลียวมาก ใช้ผลิตผ้าที่ต้องการความแข็งแรง ความเรียบของผิวสัมผัส การยืดหยุ่นตัวดีและทนต่อการยับ

(3) จำนวนเกลียวมากเป็นพิเศษ เส้นด้ายจะมีความละเอียด ใช้สำหรับผลิตผ้าเครป

2) ทิศทางของเกลียวเส้นด้าย แบ่งเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะตัวอักษร [48] ได้แก่ ตัวอักษรแสดงทิศทางจากซ้ายไปขวา (S-Turn) นิยมผลิตเป็นด้ายขนแกะ และตัวอักษรแสดงทิศทางจากขวาไปซ้าย (Z-Turn) นิยมผลิตด้ายลินินและฝ้าย ซึ่งทิศทางทั้ง 2 ชนิดจะไม่มีผลต่อความแข็งแรงของเส้นด้าย

2.4.2.3 ขนาดเส้นด้าย (Yarn Numbers) ที่เป็นมาตรฐาน แบ่งออกเป็น 2 ระบบ [49] ได้แก่

1) ระบบขนาดแปรผันตามเบอร์ของเส้นด้าย (Direct System) โดยตรงกับเบอร์ของเส้นด้าย ซึ่งกำหนดเป็นค่าเดนเยอร์และเทกซ์

(1) เดนเยอร์ (Denier) ใช้สำหรับวัดขนาดเส้นด้ายใยยาว ที่แสดงน้ำหนักเป็นกรัมของเส้นด้ายยาว 9,000 เมตร เช่น ด้าย a หนัก 1 กรัม ยาว 9,000 เมตร เส้นด้าย a จะมีขนาด 1 เดนเยอร์ ถ้าด้าย a หนัก 10 กรัม ยาว 1,000 เมตร ด้าย a จะมีขนาด 10 เดนเยอร์ โดยค่าน้ำหนักยิ่งมากเส้นด้ายจะยิ่งมีขนาดใหญ่

(2) เทกซ์ (Tex) ใช้สำหรับวัดขนาดของด้ายเส้นใยยาวหรือเส้นใยสั้น ที่แสดงน้ำหนักเป็นกรัมของเส้นด้ายยาว 1,000 เมตร เช่นเดียวกับเส้นด้ายที่มีค่าเทกซ์สูง จะมีขนาดใหญ่กว่าเส้นด้ายที่มีค่าเทกซ์ต่ำ

2) ระบบขนาดแปรผกผันกับเบอร์ของเส้นด้าย (Indirect System) โดยเส้นด้ายที่มีขนาดใหญ่จะมีเบอร์ที่เล็กลง ถ้าเส้นด้ายขนาดเล็กเบอร์จะเพิ่มขึ้น ระบบนี้จะใช้กับการวัดขนาดของเส้นด้ายใยธรรมชาติ โดยเฉพาะเส้นใยฝ้ายและเส้นใยขนแกะ ซึ่งแบ่งเป็นหน่วยวัดต่างๆ ได้แก่

(1) หน่วยวัดขนาดเส้นด้ายระบบอังกฤษ (English) หรือ (Cotton Count) ใช้วัดขนาดเส้นด้ายฝ้าย โดยขนาดจะคิดจากจำนวนเท่าของความยาว 1 แฮงค์มาตรฐาน หรือ 840 หลา เมื่อด้ายนั้นมีน้ำหนัก 1 ปอนด์ ซึ่งหากเบอร์เส้นด้ายมากขึ้นขนาดของเส้นด้ายจะเล็กลง และเมื่อเบอร์เส้นด้ายน้อยลงขนาดของเส้นด้ายจะใหญ่ขึ้น โดยสามารถกำหนดเบอร์ด้ายดังนี้

ก. ด้ายเบอร์ 1 ’S หมายถึง ด้ายที่ยาว 480 หลา (1 แฮงค์) หรือ 756 เมตร หนัก 1 ปอนด์

ข. ด้ายเบอร์ 2 ’S หมายถึง ด้ายที่ยาว 2 x 840 หลา (2 แฮงค์) หนัก 1 ปอนด์

ค. ด้ายเบอร์ 40 ’S หมายถึง ด้ายที่ยาว 40 x 480 หลา (40 แฮงค์) หนัก 1 ปอนด์

(2) หน่วยวัดขนาดเส้นด้ายไหมพรม (Worsted Count) ใช้สำหรับวัดขนาดของเส้นด้าย ที่ทำจากใยขนแกะหรือลินิน โดยมีหลักในการคิดเช่นเดียวกับระบบอังกฤษ แต่จำนวนเท่าของความยาวแตกต่างกัน คือจำนวนเท่าของความยาวเป็น 560 หลา หนัก 1 ปอนด์

(3) หน่วยวัดขนาดเส้นด้ายขนสัตว์ (Woolen Count) ใช้สำหรับกำหนดขนาดของเส้นด้ายขนแกะ (Woolen Yarn) โดยกำหนดขนาดเส้นด้าย ดังนี้

ก. รัน (Run) ใช้แทนขนาดเส้นด้ายความยาว 1,600 หลา หนัก 1 ปอนด์

ข. คัท (Cut) ใช้แทนขนาดเส้นด้ายความยาว 300 หลา หนัก 1 ปอนด์

การเรียกชื่อเส้นด้ายนอกจากจะใช้ขนาดแล้ว ยังมีการบอกลักษณะของเส้นด้าย และการเขียนชื่อด้ายรวมที่ทำจากด้ายใยสั้น คือเบอร์ด้ายต่อจำนวนพลายส์ เช่น 30/2 แสดงว่าด้ายรวมนี้มีเบอร์ 30’S จำนวน 2 พลายส์ ถ้านำเส้นด้ายรวมขนาดดังกล่าวจำนวน 3 เส้น มารวมกันแล้วบิดเกลียวแนว S เป็นเชือก (Cord) สามารถเขียนได้ดังนี้ 30/2/3S ถ้าเป็นการเขียนแสดงลักษณะด้ายรวมที่ทำจากเส้นใยยาว 300/50/10S แสดงว่าด้ายรวมนี้มีขนาด 300 เดนเยอร์ จำนวน 50 เส้น รวมกันบิดเกลียว 10 รอบต่อ 1 นิ้วในแนว S

2.4.3 การทดสอบเส้นด้าย

2.4.3.1 มาตรฐานการทดสอบเส้นด้าย มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ทราบถึงสมบัติของเส้นด้ายแต่ละประเภท ทั้งเส้นด้ายใยสั้น และเส้นด้ายใยยาว ในด้านกายภาพด้วยเครื่องมือเฉพาะ ซึ่งนำไปสู่การใช้ประโยชน์จากเส้นด้ายแต่ละประเภทได้อย่างเหมาะสม การทดสอบเส้นด้ายตามมาตรฐานการทดสอบ ของสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ [50] ซึ่งการทดสอบจะต้องเป็นมาตรฐานและเป็นที่ยอมรับ โดยแบ่งประเภทของมาตรฐานได้ [51] ดังนี้

1) มาตรฐานข้อตกลงของผู้ใช้ (Voluntary Standard) เป็นมาตรฐานระหว่างผู้ผลิต และผู้บริโภค ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนข้อตกลงได้ตามความต้องการของทั้งสองฝ่าย

2) มาตรฐานของรัฐบาล (Mandatory Standard) เป็นมาตรฐานพระราชบัญญัติควบคุมการผลิตสิ่งทอ ซึ่งรัฐบาลเท่านั้นที่จะมีสิทธิ์เปลี่ยนแปลงข้อกำหนดต่างๆ ได้ เช่น พระราชบัญญัติจำแนกชนิดผลิตภัณฑ์เส้นใยสิ่งทอ (Textile Fiber Products Identification Act) และพระราชบัญญัติป้ายผลิตภัณฑ์ขนสัตว์ (Wool Products Labeling Act) เป็นต้น โดยมาตรฐานของแต่ละประเทศ ได้แก่

(1) มาตรฐานสมาคมเคมีภัณฑ์และเครื่องสำอางของประเทศสหรัฐอเมริกา (American Association of Textile Chemists and Colorists : AATCC)

(2) มาตรฐานการทดสอบ และวัดผลของประเทศสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials : ASTM)

(3) มาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standards : JIS)

(4) มาตรฐานของประเทศอังกฤษ (British Standards : BS)

(5) มาตรฐานการรับรององค์การระหว่างประเทศ (International Organization for Standardization : ISO)

(6) มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.)

2.4.3.2 มาตรฐานการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้าย มีรายละเอียดมาตรฐานการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานการทดสอบเส้นด้าย

ประเภทของการทดสอบเส้นด้าย	มาตรฐานการทดสอบ (Standard Test Methods)
ขนาดของเส้นด้าย	ผ้าทอ ASTM D1059 ISO 7211/5 JIS L 1096
	ผ้าถัก ASTM D1059 JIS L 1018
	ผ้าไม่ถักทอ ASTM D1907 ASTM D6717
	BS EN ISO 2060 ISO 2060
	JIS L1013 JIS L1095 TIS 121 book 6
จำนวนเกลียวของเส้นด้าย	ASTM D1422 1423 BS EN ISO 2061 JIS L1013
	JIS L1095 ISO 2061 ISO 7211/4 TIS 121 Book 7
ความไม่สม่ำเสมอของเส้นด้าย	ASTM D1425 ISO 16549
ความแข็งแรงจำเพาะ	ASTM D2256 ISO 2062 JIS L1013 JIS L1095
ความยืดหยุ่น	JIS L1013 JIS L1095
การหดตัวในน้ำร้อน	ASTM D2259 JIS L1013 JIS L1095
การหดตัวในที่แห้ง	ASTM D2259 JIS L1013 JIS L1095
จำนวนเส้นควบ	In-House Method
จำนวนฟิลาเมนต์	In-House Method
ทิศทางการเข้าเกลียว	ISO 2061
ชนิดของเส้นด้าย	In-House Method
ความยาวของเส้นด้าย	JIS L 1095

ที่มา : [51]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 อุไรวรรณ บุญศรีทุม [6] ศึกษาอิทธิพลของน้ำด่างขี้เถ้าจากพืชพื้นบ้าน 20 ชนิด ได้แก่ จิก กระโดน พะยอม ประดู่ แสลงใจ ส้มโมง มะค่าแต้ มะม่วง มะขาม น้อยหน่า กระบก ผักโขม เหมือดแอ กระทุ่มโคก นุ่น สะแบง ตะโก งวงตาล กล้วยน้ำว้า และติ้วขาว ที่มีผลต่อการติดสีย้อมเปลือกประดู่สด ซึ่งใช้วิธีย้อมโดยตรง และย้อมโดยการแช่ในน้ำด่างขี้เถ้า ปริมาณ 10 20 และ 30 กรัม ที่ละลายในน้ำ 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นนำเส้นไหม 20 กรัม จำนวน 60 ใจ แช่เป็นเวลา 15 และ

30 นาที ทดสอบความคงทนโดยการผึ่งแดด 5 และ10 วัน และการซักล้างโดยใช้น้ำเปล่า และผงซักฟอก ผลการศึกษาพบว่า เส้นไหมที่ย้อมโดยการแช่น้ำด่าง มีการติดสีได้ดีกว่าเส้นไหมที่ย้อมสีโดยตรง และความคงทนของเส้นไหมที่ผึ่งในที่ร่มจะมีสีที่สดใสมากกว่าเส้นไหมที่ผึ่งแดด ความคงทนของสีที่ซักด้วยผงซักฟอกจะน้อยกว่าการซักด้วยน้ำเปล่า

2.5.2 กนกพร พลเยี่ยม และสินีนาฏ ศิริ [25] ศึกษาวิธีการสกัดเซอริซินจากรังไหม 2 ชนิด ได้แก่ รังไหม *B. mori* และ รังไหมอีรี่ ด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต และการสกัดด้วยน้ำกลั่น โดยการสกัดเซอริซินจากรังไหม บี มอรี่ (B. Mori) ด้วยสารสะลายโซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ใช้เวลา 30 นาที เปรียบเทียบอุณหภูมิที่ 60 และ 80 องศาเซลเซียส และการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 60 80 และ90 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 10 นาที ผลการศึกษาพบว่า การสกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตสามารถสกัดโปรตีนได้ดีกว่าการสกัดด้วยน้ำประมาณ 4 เท่า ซึ่งเซอริซินที่สกัดได้จะอยู่ในช่วง 15 ถึง 210 กิโลดาลตัน ในส่วนของรังไหมอีรี่ ใช้การสกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ใช้เวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และการสกัดด้วยน้ำกลั่น ใช้เวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่า ขนาดของเซอริซินอยู่ในช่วง 20 ถึง 170 กิโลดาลตัน มีปริมาณการสกัดโปรตีนเช่นเดียวกันกับการสกัดรังไหม *B. mori*

2.5.3 สุชาดา อุชชิน และทักษิณ ฤกษ์สำราญ [40] ศึกษาการลอกกาวไหมเหลืองจากน้ำด่างขี้เถ้าจากการเผาเปลือกต้นโกงกาง และขี้เถ้าจากการเผาใบกล้วย ในปริมาณขี้เถ้า 64 กรัม แช่ในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร นาน 12 ชั่วโมง โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลอกกาวไหมของน้ำด่างทั้ง 2 ชนิด ในระดับค่าความเป็นด่างที่แตกต่างกัน 6 ตัวอย่าง คือ ขี้เถ้าเปลือกต้นโกงกางที่ พีเอช 9 11 และขี้เถ้าใบกล้วยที่พีเอช 9 10 11 และ 12 โดยใช้อัตราส่วนไหมต่อน้ำด่าง เท่ากับ 1 ต่อ 30 ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ผลการศึกษาพบว่าขี้เถ้าจากใบกล้วยที่พีเอช 9-12 อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที สามารถลอกกาวไหมได้ดีกว่าขี้เถ้าจากเปลือกต้นโกงกาง เมื่อนำเส้นไหมที่ผ่านการลอกกาวมาย้อมสีด้วยสีย้อมธรรมชาติ คือ สีแดงจากครั่ง และสีเหลืองจากดอกดาวเรือง แล้วตรวจดูค่าสีจากระบบ (CIE Lab) การติดสี (K/S) ของเส้นไหม และค่าความคงทนต่อการซักฟอก พบว่าได้ผลที่ใกล้เคียงกัน

2.5.4 เกียรติชัย ดวงศรี [52] ศึกษาการใช้สารสกัดจากด่างขี้เถ้าแกลบ และด่างขี้เถ้าผักโขมหนาม เพื่อศึกษาความสามารถในการสกัดโปรตีนเซอริซิน ให้ได้ร้อยละสูงสุด โดยนำรังไหมเสียสีขาวและสีเหลือง ทดลองตัวอย่างละ 10 รัง มาต้มสกัดในน้ำด่างขี้เถ้าแกลบ และน้ำด่างขี้เถ้าผักโขมหนามปริมาตร 100 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบที่ระยะเวลา 30 60 และ 90 นาที จากนั้นนำไปทดสอบหาปริมาณโปรตีน โดยวิธีการวิเคราะห์โปรตีนในอาหาร ด้วยการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ตามระบบคเจลดาห์ล (Kjeldahl System) ผลการศึกษาพบว่าในการสกัดโปรตีนรังไหมสีขาว โปรตีนที่สกัดจากขี้เถ้าผักโขมหนามมีร้อยละของโปรตีนสูงสุดที่ 1.21 รองลงมาเป็นโปรตีนที่

สกัดจากขี้เถ้าแกลบร้อยละ 1.15 ตามลำดับ มีร้อยละของโปรตีนต่ำสุดจากการสกัดของน้ำกรองและน้ำกลั่นอยู่ที่ 0.97 และ 0.95 ตามลำดับ ส่วนการสกัดโปรตีนรังไหมสีเหลืองจากขี้เถ้าแกลบ มีร้อยละของโปรตีนที่สกัดสูงสุดที่ ร้อยละ 1.41 รองลงมาเป็นโปรตีนที่สกัดจากผักโขมหนามร้อยละ 1.26 ตามลำดับ มีร้อยละของโปรตีนต่ำสุดจากการสกัดของน้ำกรองและน้ำกลั่นอยู่ที่ 1.01 และ 0.85 ตามลำดับ โดยระยะเวลาในการสกัดโปรตีนจากรังไหมสีขาวและรังไหมสีเหลือง ที่ระยะเวลา 90 นาที มีร้อยละของโปรตีนที่สกัดได้สูงสุด รองลงมาคือระยะเวลา 60 และ 30 ตามลำดับ ในทุกตัวอย่าง ผลการเปรียบเทียบระหว่างรังไหมสีขาวและรังไหมสีเหลืองพบว่า ปริมาณโปรตีนเซอริซินที่ได้ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.5.5 สุชาดา อุชชิน และจันทร์ทิพย์ ซื่อสัตย์ [53] ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการลอกกาวไหมเหลืองดิบ หนักใจละ 5 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ ด้วยสาร (Miltopan SE) โดยศึกษาตัวแปร ได้แก่ ระยะเวลา 5 ระดับ ที่ 30 40 50 60 และ 70 นาที ตามลำดับ อุณหภูมิ 5 ระดับ ที่ 75 80 85 90 และ 95 องศาเซลซียส ตามลำดับ อัตราส่วนน้ำหนักไหมต่อน้ำ (LR) ที่เหมาะสมในการลอกกาวไหมของ (Miltopan SE) ได้แก่ 1 ต่อ 20 1 ต่อ 30 1 ต่อ 40 และ 1 ต่อ 50 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการลอกกาวด้วยวิธีแบบดั้งเดิม คือการใช้ไหมเหลืองดิบน้ำหนักเข็ดละ 5 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ ลอกกาวโดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต 2 กรัมต่อลิตร สบู่ 5 กรัมต่อลิตร อัตราส่วนไหมต่อปริมาตรน้ำ เท่ากับ 1 ต่อ 30 ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที จากนั้นจึงนำมาบิดให้หมาดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80 และ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วยน้ำเย็น 2 ครั้ง กระตุกและตากในที่ร่ม ผลจากการวิจัยพบว่าการใช้สาร (Miltopan SE) สามารถลดเวลาในการลอกกาว การให้ค่าความขาว ประสิทธิภาพการลอกกาว และความคงทนต่อแรงดึงขาด ดีกว่าวิธีแบบดั้งเดิม และเมื่อนำเส้นไหมจากการลอกกาวทั้ง 2 วิธี มาย้อมสีแอซิด และสีรีแอคทีฟ พบว่าการลอกกาวไหมด้วยสาร (Miltopan SE) ให้ค่าการติดสี และร้อยละการดูดซึมสีทั้ง 2 ชนิด ได้ดีกว่าการลอกกาวด้วยวิธีแบบดั้งเดิมเล็กน้อย ส่วนค่าความคงทนต่อการซักฟอกของการลอกกาวไหมทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

2.5.6 นงนุช ศศิธร และคณะ [54] ศึกษาการลอกกาวไหมด้วยเอนไซน์ปาเปนจากยางมะละกอ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการลอกกาวไหม โดยมีปัจจัยในการศึกษา ได้แก่ ความเข้มข้นของยางมะละกอร้อยละ 0 1 2 3 และ 4 ใช้อัตราส่วนสารละลายต่อน้ำหนักไหม เท่ากับ 25 ต่อ 1 อุณหภูมิที่ใช้ลอกกาว คือ 55 65 75 และ 85 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ลอกกาว 10 20 30 และ 40 นาที นำเส้นไหมที่ผ่านการลอกกาวมาล้างทำความสะอาดในน้ำเย็น และน้ำอุ่น จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบความทนต่อแรงตึงขาด ประสิทธิภาพในการลอกกาว ลักษณะสัณฐาน และค่าการติดสีของเส้นใย ซึ่งผลการศึกษาสรุปได้ว่า ความทนต่อแรงตึงขาดที่ความเข้มข้นของยางมะละกอร้อยละ 4 มีความเหมาะสมที่สุด ส่วนอุณหภูมิและเวลายังไม่สามารถระบุผลการศึกษาได้ชัดเจน

2.5.7 เปรมวดี วงษ์แสงจันทร์ [55] ได้รวบรวมข้อมูลการนำเอนไซม์โปรติเอส มาใช้เร่งปฏิกิริยาการสลายพันธะเปปไทด์ในโปรตีนด้วยน้ำในการลอกกาวไหม ซึ่งมีแนวทางการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะได้แก่ ศึกษาความจำเพาะต่อการย่อยโปรตีนเซอริซิน และไม่ทำลายโปรตีนไฟโบรอิน หาวิธีควบคุมการผลิตเอนไซม์จากยีนของโปรติเอสในเชื้อแบคทีเรีย กำหนดปริมาณเอนไซม์ โปรติเอสที่เหมาะสม เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการลอกกาว เพื่อช่วยลดอุณหภูมิที่ใช้ในการต้ม อีกทั้งยังเป็นการป้องกันเส้นใยไหมจากการถูกทำลาย ได้ดีกว่าการใช้สารเคมี อันจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ไหม

2.5.8 รุจิรา ปิ่นแก้ว [56] ศึกษาการสกัดโปรตีนเซอริซินจากไหมเหลือง ที่มาจากจังหวัดนานและจังหวัดเชียงใหม่ ทำการลอกกาวโดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต สารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต และสารละลายโซเดียมโดเดซิลซัลเฟต เข้มข้นร้อยละ 2 โดยการต้มรังไหมกันสารละลายแต่ละชนิด ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 30 นาที ผลการศึกษาพบว่า รังไหมเหลืองจากจังหวัดน่านและจังหวัดเชียงใหม่ มีปริมาณเซอริซินที่ได้จากการสกัดด้ายสารละลายทั้ง 3 ชนิด ภายใต้อุณหภูมิและเวลาดังกล่าว มีผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2.5.9 ธำรงค์ เมฆโหรา และปรเมศร์ อัศวเรืองพิภพ [57] ศึกษากระบวนการผลิตไหมอีรี่ด้วยวิธีการลอกกาวแบบพื้นบ้านที่สัมพันธ์กับต้นทุนการผลิต โดยการลอกกาวจากรังไหม 1,000 กรัม จะได้เส้นใย 700 กรัม ซึ่งมีต้นทุนในการผลิต 508.96 บาท ได้แก่ น้ำสำหรับต้มรังไหมลิตรละ 0.012-0.013 บาท โซดาแอสกิโลกรัมละ 45-70 บาท สบู่กิโลกรัมละ 45-70 บาท น้ำยาปรับผ้านุ่มถุงละ 20 บาท ค่าเชื้อเพลิง และค่าแรงงานเป็นต้น การจำหน่ายรังไหมและผลิตภัณฑ์จากไหมอีรี่จึงยังคงมีราคาสูง เนื่องจากต้นทุนการผลิตสูง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายด่างเพื่อการผลิตเส้นด้ายพิเศษ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลอกกาวรังไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ ศึกษาการปั่นเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ด้วยเทคนิคการปั่นมือและทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ โดยผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 รังไหมอีรี่ จากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงไหมอีรี่บ้านแผ่นดินเย็น ตำบลแซร์ออ อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว

3.1.2 สารละลายขี้เถ้า จากการเผากล้วยพันธุ์น้ำว้านวล ตำบลคลองเจ็ด อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

3.1.3 สารละลายสบู่ จากสบู่มาตรฐาน (Standard Soap) บริษัท เอสดีซี เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด (SDC Enterprises Limited)

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

3.2.1 วัสดุ อุปกรณ์ในการวิจัย

3.2.1.1 ถาดอลูมิเนียมเคลือบสารกันติด ขนาด 42.5×28.5×5 เซนติเมตร

3.2.1.2 ภาชนะสแตนเลส ขนาด 45 เซนติเมตร

3.2.1.3 บีกเกอร์ ขนาด 2,000 มิลลิลิตร

3.2.1.4 ขวดวัดปริมาตร ขนาด 2,000 มิลลิลิตร

3.2.1.5 แท่งแก้วคนสาร ขนาดความยาว 12 นิ้ว

3.2.1.6 ช้อนตักสารสแตนเลส ขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 21 เซนติเมตร

3.2.1.7 ปากคีบสแตนเลส ขนาดยาว 30 เซนติเมตร

3.2.1.8 มีด ขนาด 8 นิ้ว

3.2.1.9 เขียงพลาสติกสีขาว ขนาด 24.5×40.5×1.5 เซนติเมตร

3.2.1.10 กระชอนพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว

3.2.1.11 กรวยกรอง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร

3.2.1.12 กระดาษกรอง ยี่ห้อวอทแมน (Whatman) ขนาดเบอร์ 4

3.2.1.13 ฟิล์มยืดห่ออาหาร ยี่ห้อแอโร (Aro) ขนาด 12 นิ้ว×30 เมตร

3.2.1.14 กรรไกร ขนาด 8 นิ้ว

3.2.1.15 ถุงพลาสติกซิปล็อค ขนาด 9×14 นิ้ว

3.2.1.16 ถุงมือผ้ากันความร้อน ขนาดฟรีไซส์ (Free Size)

3.2.1.17 ถุงมือยางเอนกประสงค์สีขาว ยี่ห้อวีแท็คซ์

3.2.2 เครื่องมือในการวิจัย

3.2.2.1 เครื่องชั่งไฟฟ้า 3 ตำแหน่ง ยี่ห้อเมทเลอ โทลีเดอร์ (Mettler Toledo) รุ่น PG603-S

3.2.2.2 เครื่องชั่งวิเคราะห์ความชื้น ยี่ห้อโอเฮส (Ohaus) รุ่น MB25

3.2.2.3 เตาให้ความร้อนแบบฮอทเพลท (Hotplate) รุ่น 18715 ยี่ห้อ EGO

3.2.2.4 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด ด่าง ชนิดปาก (Digital pH) รุ่น pH-009(I)

3.2.2.5 เครื่องอบยี่ห้อแมมเมิท (Memmert) รุ่น UL30

3.2.2.6 กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM)

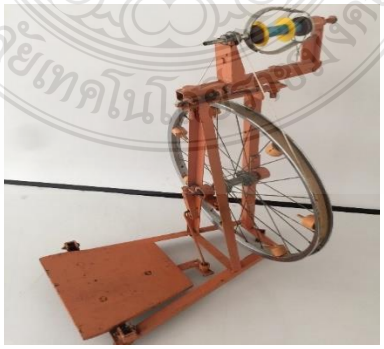
3.2.2.7 กล้องจุลทรรศน์ บริษัทนิคอนอินสเทคจำกัด (Nikon Instech Co.,Ltd) รุ่น SMZ1500

3.2.2.8 เครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer) รุ่น Color Quest XE

3.2.2.9 เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้าย (Tensile Testing Machine Instron Model 5566)

3.2.2.10 เครื่องทดสอบหาเกลียวเส้นด้าย (Simple Twist Tester)

3.2.2.11 เครื่องปั่นด้ายกึ่งอัตโนมัติเมเดลรีจักรา หรือเครื่องเอ็มซี (MC) ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เครื่องปั่นเส้นด้ายกึ่งอัตโนมัติเมเดลรีจักรา

3.2.2.12 เครื่องกรอกลุ่มเส้นด้าย ยี่ห้อ (Royal) ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น ดังแสดงในรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 เครื่องกรอกลุ่มเส้นด้ายยี่ห้อรอยเยิล (Royal) ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น

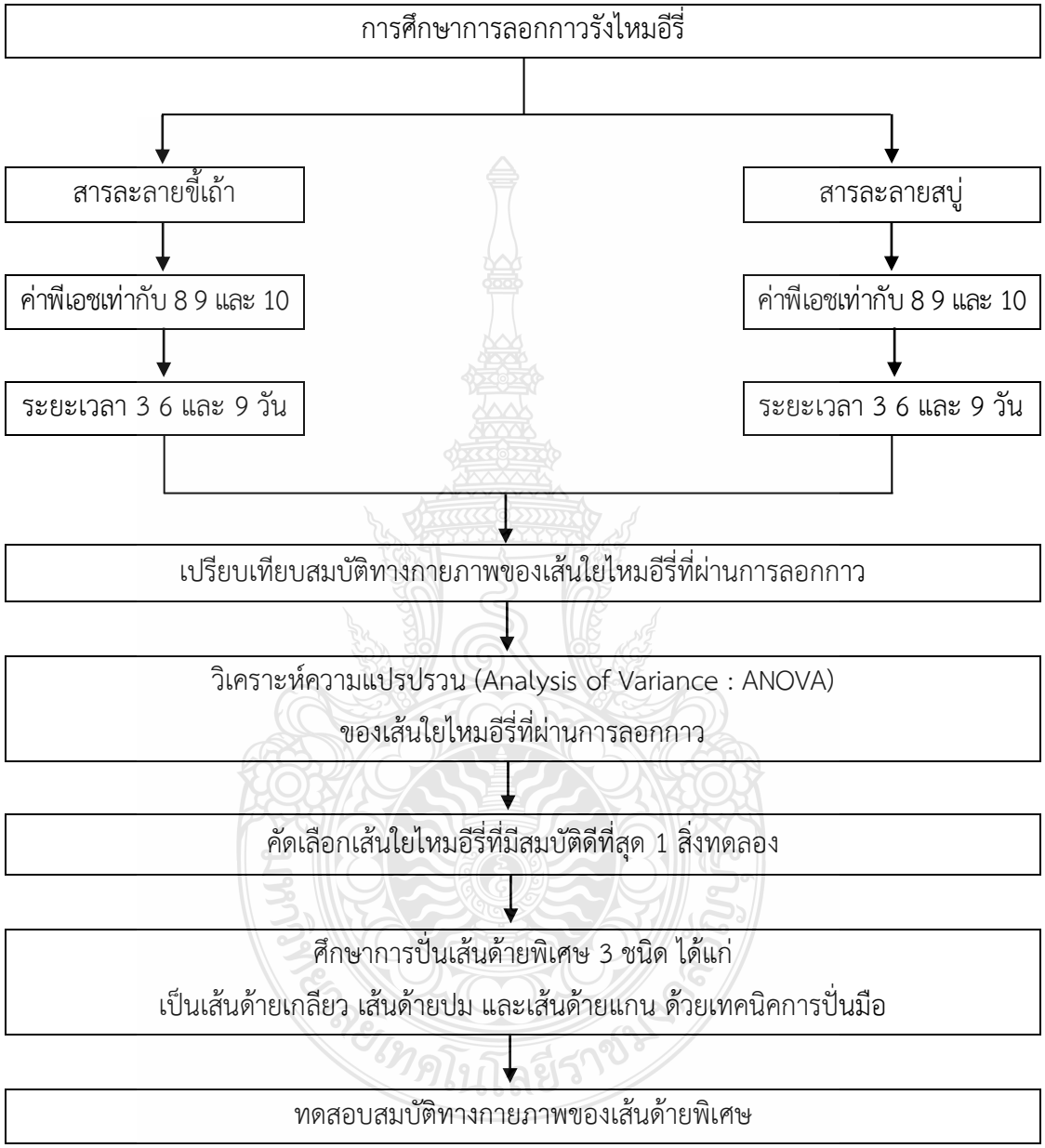
3.2.3 สารเคมีในการวิจัย

3.2.3.1 น้ำกลั่น

3.2.3.2 สีไดเร็กท์ (C.I. Direct Red 80)

3.3 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 4 มีขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการผลิตเส้นด้ายพิเศษจากเส้นใยไหมอีรี่

3.3.1 การศึกษาการลอกกาวไหมอีรี่ โดยมีปัจจัยในการศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดของสารละลาย คือ สารละลายขี้เถ้า และสารละลายสบู่ ระดับค่าพีเอชที่ค่า 8 9 และ 10 และระยะเวลาในการลอกกาว คือ 3 6 และ 9 วัน ซึ่งมีสิ่งทดลองทั้งหมด 18 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้า และสบู่

สิ่งทดลองที่	ชนิดของสารละลาย	ค่าพีเอช	ระยะเวลา (วัน)
1	ขี้เถ้า	8	3
2	ขี้เถ้า	9	3
3	ขี้เถ้า	10	3
4	ขี้เถ้า	8	6
5	ขี้เถ้า	9	6
6	ขี้เถ้า	10	6
7	ขี้เถ้า	8	9
8	ขี้เถ้า	9	9
9	ขี้เถ้า	10	9
10	สบู่	8	3
11	สบู่	9	3
12	สบู่	10	3
13	สบู่	8	6
14	สบู่	9	6
15	สบู่	10	6
16	สบู่	8	9
17	สบู่	9	9
18	สบู่	10	9

3.3.1.1 การเตรียมรังไหมอีรี่ มีขั้นตอนดังนี้

1) นำรังไหมที่ผ่านการปาดรังเอาดักแด้ออก มาคีบเศษมูลไหม และเศษขยะต่างๆ ออก คัดแยกรังไหมเลอะ และรังไหมเน่าออก

2) ทำการอบรังไหมที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาใส่โถดูดความชื้น (Desiccator) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำออกมาชั่งด้วยเครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักที่ได้ ดำเนินการทดลองซ้ำจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ ดัดแปลงจาก สมหญิง ชูประยูร และคณะ [58]

3) จัดเก็บรังไหมหลังการอบในถุงพลาสติกซิปล็อค

3.3.1.2 การเตรียมสารละลายขี้เถ้า มีขั้นตอนดังนี้

1) คัดเลือกใบกล้วยจากต้นกล้วยที่มีอายุการปลูก 8 เดือน ที่ได้จากการตัดแต่งทิ้งของเกษตรกร จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาด และผึ่งแดดให้แห้งจนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ ดัดแปลงจาก เกียรติชัย ดวงศรี [52]

2) เผาใบกล้วยในภาชนะสแตนเลส แล้วจึงนำขี้เถ้าที่ได้มาพักไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง เพื่อให้ขี้เถ้าเย็นตัวลง จากนั้นจึงนำขี้เถ้าที่ได้มาร่อนผ่านกระชอน เพื่อคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออก

3) เตรียมสารละลายขี้เถ้า ความเข้มข้น 0.25 กรัมต่อลิตร โดยการชั่งขี้เถ้าน้ำหนัก 0.25 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร กวนให้สารละลายผสมกัน และพักไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำมากรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 4 ดัดแปลงจาก สุชาดา อุชชิน และทักษิณ ฤกษ์สำราญ [40]

4) เตรียมสารละลายขี้เถ้าเข้มข้น 25 กรัมต่อลิตร เพื่อไว้ใช้สำหรับการปรับค่าพีเอช โดยการชั่งขี้เถ้า 25 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร และพักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 4 นำสารละลายขี้เถ้าที่ผ่านการกรองไปใช้สำหรับการปรับค่าพีเอช

5) เตรียมสารละลายขี้เถ้าที่ระดับพีเอช 8 9 และ 10 โดยการวัดค่าพีเอชของสารละลายขี้เถ้า (ข้อ 3) จากนั้นดำเนินการปรับค่าพีเอชของสารละลายขี้เถ้าด้วยน้ำกลั่น สำหรับกรณีที่ค่าพีเอชมีค่ามากเกินกว่าค่าที่กำหนด หรือ ใช้สารละลายขี้เถ้าที่เตรียมได้จากข้อ 4 สำหรับกรณีที่ค่าพีเอช มีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนด

3.3.1.3 การเตรียมสารละลายสบู่ มีขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมสารละลายสบู่เข้มข้น 1.15 กรัมต่อลิตร โดยการชั่งสบู่มาตรฐาน 1.15 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร กวนให้สารละลายผสมกัน นำมากรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 4 ดัดแปลงจาก สุชาดา อุชชิน และจันทร์ทิพย์ ซื่อสัตย์ [53]

2) เตรียมสารละลายสบู่ เข้มข้น 25 กรัมต่อลิตร เพื่อไว้ใช้สำหรับการปรับค่าพีเอชโดยการชั่งสบู่ 25 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร นำมากรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 4 นำสารละลายสบู่ที่ผ่านการกรองไปใช้สำหรับการปรับค่าพีเอช

3) เตรียมสารละลายสบู่ที่ระดับพีเอช 8 9 และ 10 โดยการวัดค่าพีเอชของสารละลายสบู่ (ข้อ 1) จากนั้นดำเนินการปรับค่าพีเอชของสารละลายสบู่ด้วยน้ำกลั่น สำหรับกรณีที่ค่าพีเอชมีค่ามากเกินกว่าค่าที่กำหนด หรือ ใช้สารละลายสบู่ที่เตรียมได้จากข้อ 2 สำหรับกรณีที่ค่าพีเอช มีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนด

3.3.1.4 การลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ มีขั้นตอนดังนี้

1) นำรังไหมอีรี่ที่ผ่านการอบไล่ความชื้นมาแช่สารละลายขี้เถ้าและสบู่ของแต่ละสภาวะ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยใช้อัตราส่วนระหว่างรังไหมอีรี่ต่อสารละลายด่างเท่ากับ 1:10 โดยใช้รังไหมอีรี่ 100 กรัม ในสารละลายด่าง 1,000 มิลลิลิตร ลักษณะของรังไหมอีรี่ที่แช่ลงในสารละลายด่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.4

2) นำมาล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 ครั้ง จนเส้นใยสะอาด

3) นำรังไหมไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาใส่โถดูดความชื้น (Dessicator) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำออกมาชั่งด้วยเครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักที่ได้ ดำเนินการทดลองซ้ำจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่

รูปที่ 3.4 ลักษณะการลอกกาวไหมอีรี่ด้วยวิธีการแช่รังไหมในสภาวะต่างๆ

3.3.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ มีขั้นตอนดังนี้

3.3.2.1 การหาค่าร้อยละของน้ำหนักเส้นใยที่ลดลงหลังการลอกกาว ที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ดังแสดงในสมการที่ 3.1

$$W = \frac{(M - d)}{M} \times 100 \qquad (3.1)$$

ที่มา : [59]

โดยที่

W หมายถึง ร้อยละของน้ำหนักคงที่

M หมายถึง น้ำหนักรังไหมก่อนอบ

d หมายถึง น้ำหนักรังไหมหลังอบ

3.3.2.2 การหาค่าความเข้มสี (K/S) โดยพิจารณาจากการติดสีของเส้นใยไหมอีรี่ภายหลังการลอกกาว ซึ่งค่าความเข้มสีจากการติดสีไดเร็กท์จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของกาวเซอริซินที่ติดบนเส้นใย ถ้าเส้นใยมีค่าความเข้มสี (K/S) มาก แสดงว่ามีปริมาณกาวเซอริซินติดบนเส้นใยไหมมาก ซึ่งหมายถึงกาวไหมยังถูกกำจัดไม่หมดด้วยสารละลายด่าง การหาค่าความเข้มสีบนเส้นไหมดำเนินการ โดยเตรียมสารละลายสีไดเร็กท์ที่ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร จากนั้นนำเส้นใยไหมที่ผ่านการลอกกาวแช่ลงในสารละลายสีไดเร็กท์ที่อุณหภูมิห้อง ใช้เวลา 2 นาที โดยใช้อัตราส่วนเส้นใย ต่อปริมาณสารละลายสีไดเร็กท์เป็น 1:200 จากนั้นจึงนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่งไม่มีสีตกออกมา และผึ่งให้แห้ง นำเส้นใยที่แห้งไปวัดค่าความเข้มสี (K/S) ด้วยเครื่องวัดสี (Datacolor 850) และบันทึกค่าที่ได้ สำหรับค่าความเข้มสี (K/S) คำนวณได้จากสมการของ (Kubelka-Munk) ดังแสดงในสมการที่ 3.2

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} \qquad (3.2)$$

ที่มา : [55]

โดยที่

K หมายถึง สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (Absorption Coefficient)

S หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การกระเจิงแสง (Scattering Coefficient)

R หมายถึง ค่าร้อยละการสะท้อนแสง (Reluctance Factor)

3.3.2.3 การหาค่าขนาดของเส้นใย โดยพิจารณาจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยในหน่วยไมครอน (1 micron เท่ากับ 10^{-6} เมตร) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่เชื่อมต่อกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยการนำเส้นใยชิ้นทดสอบ มาวางบนกระจกสไลด์ ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์ ปรับกำลังขยายภาพให้มองเห็นได้ชัดเจน จากนั้นจึงถ่ายภาพผ่านโปรแกรม (ACT) เพื่อวัดขนาดเส้นใยลงบนภาพที่ถ่ายไว้ [60]

3.3.2.4 การศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยไหมภายหลังการลอกกาว ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) เพื่อศึกษาลักษณะภาพตามความยาว (Longitudinal View) และลักษณะภาพตัดขวาง (Cross Section) ของเส้นใยไหม

3.3.2.5 การคัดเลือกเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ โดยการคัดเลือกเส้นใย 1 ตัวอย่าง จากการพิจารณาค่าร้อยละของน้ำหนักเส้นใยที่ลดลง ค่าความเข้มสี (K/S) ของเส้นใย ขนาดของเส้นใย และสัณฐานวิทยาของเส้นใย เพื่อให้ได้เส้นใยที่มีสมบัติดีที่สุด และนำเส้นใยที่ได้ไปปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษในขั้นตอนต่อไป

3.3.3 การศึกษาการปั่นเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ด้วยเทคนิคการปั่นมือ

การปั่นเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ในครั้งนี้ ใช้เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายเดี่ยวแบบเส้นด้ายสลับมาปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายเกลียว เส้นด้ายปม และเส้นด้ายแกน มีขั้นตอนดังนี้

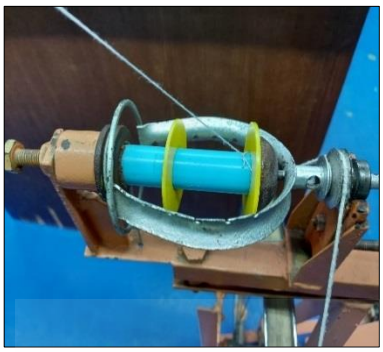
3.3.3.1 การเตรียมเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายเดี่ยวแบบเส้นด้ายสลับ มีขั้นตอนดังนี้

1) นำรังไหมแห้งที่ผ่านการลอกกาวมาตีให้เส้นใยมีความฟู เพื่อให้สะดวกต่อการส่งเส้นใยเข้าสู่เครื่องปั่นด้าย ดังแสดงในรูปที่ 3.5

(ก) (ข)

รูปที่ 3.5 ลักษณะรังไหมแห้งที่ผ่านการลอกกาวก่อนและหลังการตีเส้นใย (ก) รังไหมแห้งที่ผ่านการลอกกาวก่อนการตีเส้นใย และ (ข) รังไหมแห้งหลังการตีเส้นใย

2) การเตรียมเส้นด้ายชนิดเส้นด้ายเดี่ยวแบบเส้นด้ายสลับ โดยนำเส้นด้ายมาผูกเข้ากับหลอดแกนด้ายที่หัวเครื่องปั่นด้าย แล้วสอดเส้นด้ายผ่านร่องส่งด้ายออกสู่ช่องสอดเส้นใยของเครื่อง นำเส้นใยที่ผ่านการดึงให้เกิดความฟูมาพันกับปลายเส้นด้าย และเหยียบแป้นเหยียบเพื่อให้วงล้อหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา พร้อมกับการดึงเส้นใยให้ได้ระยะของการเกิดเกลียว จนเส้นด้ายถูกเข้าเกลียวสู่หลอดแกนด้ายจนเต็มหลอด ดังแสดงในรูปที่ 3.6



(ก)

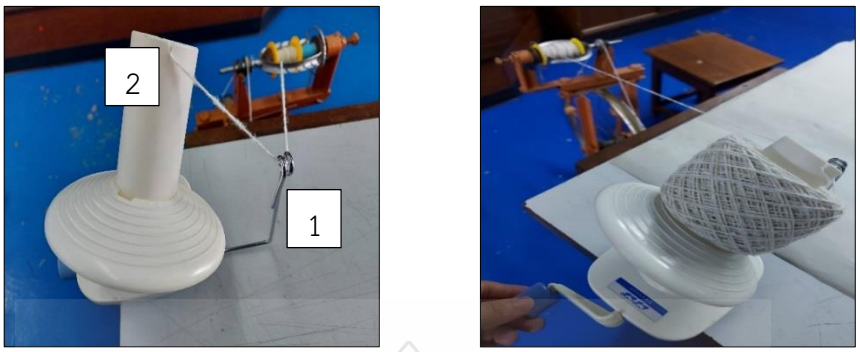
(ข)

(ค)

(ง)

รูปที่ 3.6 ลักษณะการเตรียมเส้นด้ายชนิดเส้นด้ายเดียวแบบเส้นด้ายสลับ (ก) เส้นด้ายผูกกับหลอดแกนด้ายของเครื่องปั่นด้าย (ข) เส้นด้ายอยู่ในร่องส่งด้าย และผ่านช่องสอดเส้นใย (ค) เส้นใยถูกพันกับปลายเส้นด้าย และ (ง) เหยียบแป้นเหยียบพร้อมกับการดึงเส้นใยให้ได้ระยะของการเกิดเกลียว

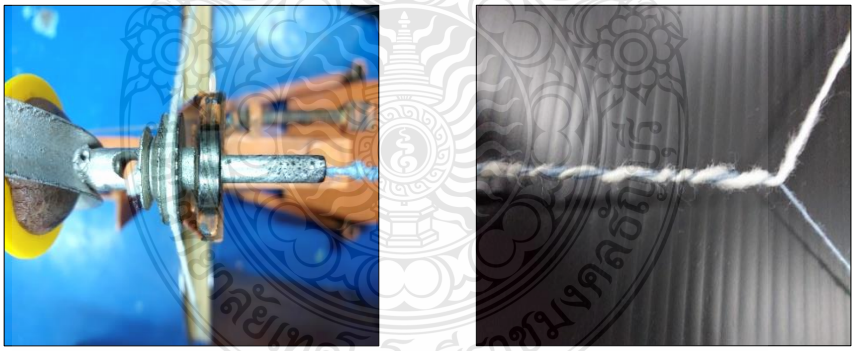
3.3.3.2 การกรอเส้นด้าย โดยการติดตั้งสกรูของเครื่องกรอกลุ่มเส้นด้าย จากนั้นนำปลายของเส้นด้ายที่อยู่ในหลอดแกนของเครื่องปั่นด้ายนำเข้าห่วงบังคับเส้นด้าย และเสียบติดกับแกนของเครื่องกรอด้าย และทำการหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ให้เครื่องกรอด้ายเกิดการเหวี่ยงแกนกลางหลอดด้าย เพื่อให้เส้นด้ายหมุนเข้ากลุ่มจนเต็ม ดังแสดงในรูปที่ 3.7



(ก) (ข)

รูปที่ 3.7 ลักษณะตำแหน่งการวางเส้นด้าย และเส้นด้ายที่ผ่านการกรอด้าย (ก) 1 เส้นด้ายถูกนำเข้าห่วงบังคับเส้นด้าย และ 2 ติดเส้นด้ายกับแกนของเครื่องกรอด้าย และ (ข) เส้นด้ายหลังจากการหมุนเข้ากลุ่มจนเต็ม

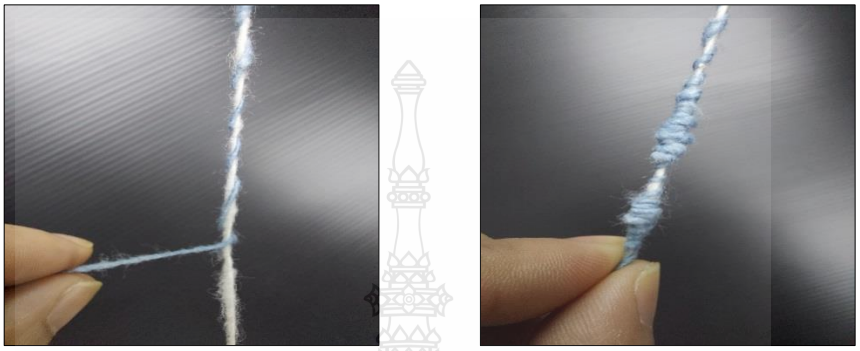
3.3.3.3 การปั่นเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายเกลียว โดยใช้เส้นด้ายสลับ 2 เส้นที่มีสีต่างกัน ผูกปลายเส้นด้ายทั้ง 2 เส้น ติดกับส่วนของช่องสอดเส้นด้าย จากนั้นเหยียบแป้นเหยียบเพื่อให้วงล้อหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยควบคุมเส้นด้ายสลับทั้ง 2 เส้น ให้ปั่นเกลียวให้สม่ำเสมอกันตลอดทั้งเส้น ดังแสดงในรูปที่ 3.8



(ก) (ข)

รูปที่ 3.8 ลักษณะตำแหน่งการผูกติดเส้นด้ายบนเครื่องปั่นด้าย และเส้นด้ายเกลียวหลังการปั่นด้าย (ก) ลักษณะเส้นด้ายสลับ 2 เส้นผูกติดกับส่วนของช่องสอดเส้นด้าย และ (ข) ลักษณะเกลียวเส้นด้ายสลับทั้ง 2 เส้น เป็นเส้นด้ายเกลียว

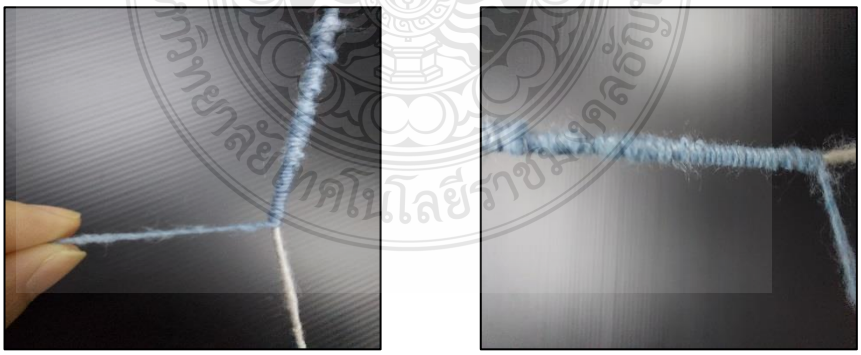
3.3.3.4 การปั่นเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายปม โดยใช้เส้นด้าย 2 เส้น นำด้ายเส้นที่ 1 มาผูกติดกับส่วนของช่องสอดเส้นด้ายเช่นเดียวกับเส้นด้ายเกลียว จากนั้นนำด้ายเส้นที่ 2 พันรอบเส้นด้ายเส้นที่ 1 ทำการเหยียบแป้นเหยียบเพื่อให้วงล้อหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ให้ได้ความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ทำการรูดด้ายเส้นที่ 2 ขึ้นให้ชิดกันจนเกิดปุ่มบนด้ายเส้นที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.9



(ก) (ข)

รูปที่ 3.9 ลักษณะของด้ายเส้นที่ 2 พันบนด้ายเส้นที่ 1 และเส้นด้ายปมหลังการปั่นด้าย (ก) ลักษณะด้ายเส้นที่ 2 พันรอบด้ายเส้นที่ 1 และ (ข) ลักษณะเส้นด้ายปมหลังการปั่นด้าย

3.3.3.5 การปั่นเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายแกน โดยใช้เส้นด้าย 2 เส้น นำด้ายเส้นที่ 1 มาผูกติดกับส่วนของช่องสอดเส้นด้าย เพื่อให้เป็นเส้นด้ายหลัก จากนั้นนำด้ายเส้นที่ 2 มาพันรอบด้ายเส้นที่ 1 ให้ปิดทับด้ายเส้นที่ 1 ทำการเหยียบแป้นเหยียบเพื่อให้วงล้อหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เพื่อให้ด้ายเส้นที่ 1 หมุนนำด้ายเส้นที่ 2 พันทับเต็มตลอดทั้งเส้น ดังแสดงในรูปที่ 3.10



(ก) (ข)

รูปที่ 3.10 ลักษณะของด้ายเส้นที่ 2 พันบนด้ายเส้นที่ 1 และเส้นด้ายแกนหลังการปั่นด้าย (ก) ลักษณะด้ายเส้นที่ 2 พันรอบด้ายเส้นที่ 1 และ (ข) ลักษณะเส้นด้ายแกนหลังการปั่นด้าย

3.3.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษ มีขั้นตอนดังนี้

3.3.4.1 การทดสอบหาเบอร์เส้นด้าย ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 1059-2001 Standard Test Method for Yarn Number Based Short-Length Specimens โดยใช้ระบบตรง (Direct System) หมายถึง การคำนวณขนาดแปรเป็นสัดส่วนโดยตรงกับเบอร์เส้นด้าย ในระบบเท็กซ์ (Tex) ดังแสดงในสมการที่ 3.3

$$\text{เท็กซ์ (Tex)} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นด้าย (กรัม)} \times 1{,}000}{\text{ความยาวเฉลี่ยของเส้นด้าย (เมตร)}} \qquad (3.3)$$

ที่มา : [61]

3.3.4.2 การทดสอบหาจำนวนเกลียวและทิศทางของเกลียวเส้นด้าย โดยการพิจารณาว่าเกลียวของเส้นด้ายมีทิศทางจากซ้ายไปขวา (S-Turn) หรือจากขวาไปซ้าย (Z-Turn) ต่อความยาวของเส้นด้าย 1 นิ้ว การทดสอบนี้จะปฏิบัติตามมาตรฐานในการทดสอบ ASTM D 1423-02 Standard Test Method for Twist in Direct-Counting ด้วยเครื่องทดสอบจำนวนเกลียว (Simple Twist Tester)

3.3.4.3 การทดสอบความแข็งแรงของเส้นด้ายต่อแรงดึงขาด ซึ่งแสดงออกมาในรูปของความแข็งแรงต่อเบอร์เส้นด้าย (Tenacity) และหาค่าการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย การทดสอบนี้จะปฏิบัติตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 2256-2002 Standard Test Method for Tensile Properties of Yarn by the Single-Strand Method ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงขาด (Test Strength Tester)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูล จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่จากการลอกกาวรังไหม 100 กรัม ด้วยสารละลายขี้เถ้า และสบู่ ที่มีค่าพีเอช และระยะเวลาการลอกกาวแตกต่างกัน วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวทั้ง 2 แบบ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in Completely Randomized Design : CRD) มีปัจจัยในการศึกษา ได้แก่ ชนิดของสารละลาย คือ สารละลายขี้เถ้า และสารละลายสบู่ ระดับค่าพีเอชที่ 8 9 และ 10 และระยะเวลาในการลอกกาว คือ 3 6 และ 9 วัน ซึ่งมีสิ่งทดลองทั้งหมด 18 สิ่งทดลอง ได้แก่ 8:3 8:6 8:9 9:3 9:6 9:9 10:3 10:6 และ 10:9 เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) เพื่อทดสอบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีการ Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) และคัดเลือกเส้นใยที่มีสมบัติดีที่สุดจากการ

ลอกกาวด้วยสารละลาย 1 ตัวอย่าง มาปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษ พร้อมทั้งทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษ

3.5 ระยะเวลาในการทดลอง

ระยะเวลาในการทดลองตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563

3.6 สถานที่ในการวิจัย

3.6.1 ห้องปฏิบัติการเคมีสิ่งทอ และห้องควบคุมอุณหภูมิ สาขาวิชาสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.6.2 ห้องปฏิบัติการทดสอบเส้นใย และเส้นด้าย สาขาวิชาเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.6.3 ห้องทดสอบลักษณะเส้นด้าย บริษัทธารา บิสเนส จำกัด (Tara Business Co.,Ltd) หมู่บ้านพฤกษา 12 ตำบลคลองสาม อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

3.6.4 อุตสาหกรรมพัฒนามูลนิธิ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซอยตรีมิตร ถนนพระราม 4 แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิจารณ์

การวิจัยเรื่อง การลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายด่างเพื่อการผลิตเส้นด้ายพิเศษ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลอกกาวรังไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ ศึกษาการปั่นเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ด้วยเทคนิคการปั่นมือและทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ โดยผู้วิจัยมีผลการทดลองและการวิจารณ์ผลดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาการลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่

ผลการศึกษาการลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ ที่ค่าพีเอช 8 9 และ 10 ระยะเวลาในการลอกกาว 3 6 และ 9 วัน มีผลการศึกษาตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการเตรียมรังไหมอีรี่ก่อนการลอกกาว มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.1

(ก) (ข)

รูปที่ 4.1 (ก) ลักษณะรังไหมอีรี่ก่อนการอบ และ (ข) รังไหมอีรี่หลังการอบ

จากรูปที่ 4.1 พบว่า ค่าความชื้นคงที่หลังการอบเท่ากับร้อยละ 6.60 ลักษณะและสีของรังไหมอีรี่ก่อนการอบและหลังการอบไม่มีความแตกต่างกัน

4.1.2 ผลการลอกกาวไหมอีรี่ในสภาวะต่างๆ ด้วยวิธีการแช่ พบว่า ในขณะลอกกาว รังไหมจะลอยอยู่ใต้ผิวด้านบนของสารละลาย แสดงว่าค่าความหนาแน่นของรังไหมมีค่าน้อยกว่าสารละลายด่าง เส้นใยชั้นนอก

ของรังไหมมีการดูดซึมสารละลายได้ดีกว่าเส้นใยชั้นใน และจะดูดซึมสารละลายได้ดียิ่งขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น โดยสาเหตุเกิดจากกาวเซอริซินบนเส้นใยไหมจากรังไหมอีรี่ชั้นนอกถึงรังชั้นใน มีปริมาณที่แตกต่างกัน [62] ทำให้เส้นใยดูดซึมสารละลายในระยะเวลาที่ต่างกัน โดยลักษณะ และสีของรังไหมอีรี่หลังการลอกกาวมีลักษณะดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะรังไหมอีรี่หลังการลอกกาว

ชนิดของสารละลาย	ค่าพีเอช	ระยะเวลา (วัน)	รังไหมอีรี่หลังการลอกกาว	ลักษณะรังไหมอีรี่หลังการลอกกาว
ขี้เถ้า	8	3		รังไหมมีรูปทรงไม่เปลี่ยนแปลง มีสัมผัสกระด้าง และมีสีขาวครีม
ขี้เถ้า	8	6		รังไหมมีรูปทรงไม่เปลี่ยนแปลง มีสัมผัสกระด้าง และมีสีขาวครีม
ขี้เถ้า	8	9		รังไหมมีการกระจายตัวออกของเส้นใยชั้นนอกเล็กน้อย มีสัมผัสนุ่มขึ้น และมีสีขาวครีม

ตารางที่ 4.1 ลักษณะรังไหมอีรี่หลังการลอกกาว (ต่อ)

ชนิดของสารละลาย	ค่าพีเอช	ระยะเวลา (วัน)	รังไหมอีรี่หลังการลอกกาว	ลักษณะรังไหมอีรี่หลังการลอกกาว
ขี้เถ้า	9	3		รังไหมมีรูปทรงไม่เปลี่ยนแปลง มีสัมผัสกระด้าง และมีสีขาวครีม
ขี้เถ้า	9	6		รังไหมมีการกระจายออกของเส้นใยชั้นนอกเล็กน้อย มีสัมผัสนุ่มขึ้น และมีสีขาวขึ้นเล็กน้อย
ขี้เถ้า	9	9		รังไหมมีการกระจายออกของเส้นใยเพิ่มขึ้น มีสัมผัสนุ่มและมีสีขาว
ขี้เถ้า	10	3		รังไหมมีเส้นใยชั้นนอกกระจายออก มีสัมผัสนุ่ม และมีสีขาว

ตารางที่ 4.1 ลักษณะรังไหมอีรี่หลังการลอกกาว (ต่อ)

ชนิดของสารละลาย	ค่าพีเอช	ระยะเวลา (วัน)	รังไหมอีรี่หลังการลอกกาว	ลักษณะรังไหมอีรี่หลังการลอกกาว
ขี้เถ้า	10	6		รังไหมมีลักษณะพองฟู เส้นใยกระจายออก มีสัมผัสนุ่ม และมีสีขาว
ขี้เถ้า	10	9		รังไหมมีลักษณะพองฟู มีการกระจายออกของเส้นใยจนเกาะกลุ่มกันเป็นก้อน มีสัมผัสนุ่ม และมีสีขาว
สบู่	8	3		รังไหมมีรูปทรงไม่เปลี่ยนแปลง มีสัมผัสกระด้าง และมีสีขาวขึ้นเล็กน้อย
สบู่	8	6		รังไหมมีการกระจายออกของเส้นใยชั้นนอกเล็กน้อย มีสัมผัสนุ่ม และมีสีขาว

ตารางที่ 4.1 ลักษณะรังไหมอีรี่หลังการลอกกาว (ต่อ)

ชนิดของสารละลาย	ค่าพีเอช	ระยะเวลา (วัน)	รังไหมอีรี่หลังการลอกกาว	ลักษณะรังไหมอีรี่หลังการลอกกาว
สบู่	8	9		รังไหมมีการกระจายออกของเส้นใยชั้นนอกเล็กน้อย มีสัมผัสนุ่ม และมีสีขาว
สบู่	9	3		รังไหมมีการกระจายออกของเส้นใยชั้นนอกเล็กน้อย มีสัมผัสนุ่ม และมีสีขาว
สบู่	9	6		รังไหมมีการกระจายออกของเส้นใยเพิ่มขึ้น มีสัมผัสนุ่ม และมีสีขาว
สบู่	9	9		รังไหมมีลักษณะพองฟู เส้นใยกระจายออกได้ดี มีสัมผัสนุ่ม และมีสีขาว

ตารางที่ 4.1 ลักษณะรังไหมอีรี่หลังการลอกกาว (ต่อ)

ชนิดของสารละลาย	ค่าพีเอช	ระยะเวลา (วัน)	รังไหมอีรี่หลังการลอกกาว	ลักษณะรังไหมอีรี่หลังการลอกกาว
สบู่	10	3		รังไหมมีการกระจายออกเส้นใยชั้นนอกเล็กน้อย มีสัมผัสนุ่มขึ้น และมีขาว
สบู่	10	6		รังไหมมีลักษณะพองฟู เส้นใยกระจายออกเพิ่มขึ้น มีสัมผัสนุ่ม และมีสีขาว
สบู่	10	9		รังไหมมีลักษณะพองฟู เส้นใยกระจายออกทั้งรัง มีสัมผัสนุ่ม และมีสีขาว

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ลักษณะรังไหมอีรี่หลังลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ที่ค่าพีเอช และระยะเวลาเพิ่มขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือ เส้นใยจะเริ่มกระจายตัวออก ทำให้รังไหมมีลักษณะฟู นุ่ม และมีสีขาวมากขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายด่างและระยะเวลา จะส่งผลต่อการกัดขนาดของอนุภาคในระดับจุลภาคของเส้นใยไหมอีรี่ [63] ซึ่งในการลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าที่

ค่าพีเอช 10 ระยะเวลา 9 วัน เส้นใยจะมีการเปลี่ยนแปลงตามลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นชัดเจนที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการลอกกาวไหมอีรี่ในสภาวะอื่นๆ

4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่

4.2.1 ค่าร้อยละของน้ำหนักเส้นใยที่ลดลง ของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าร้อยละของน้ำหนักเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่

ชนิดของสารละลาย	ค่าพีเอช	ระยะเวลา (วัน)	ร้อยละของน้ำหนัก (ร้อยละ)*
ขี้เถ้า	8	3	43.7^{d}
ขี้เถ้า	8	6	53.0^{b}
ขี้เถ้า	8	9	53.9^{b}
ขี้เถ้า	9	3	48.3^{c}
ขี้เถ้า	9	6	53.3^{b}
ขี้เถ้า	9	9	65.6^{a}
ขี้เถ้า	10	3	48.7^{c}
ขี้เถ้า	10	6	54.8^{b}
ขี้เถ้า	10	9	67.6^{a}
สบู่	8	3	36.9^{e}
สบู่	8	6	26.1^{g}
สบู่	8	9	16.5^{i}
สบู่	9	3	35.1^{ef}
สบู่	9	6	21.9^{h}
สบู่	9	9	20.7^{h}
สบู่	10	3	34.9^{ef}
สบู่	10	6	23.3^{gh}
สบู่	10	9	32.7^{f}

หมายเหตุ : ^{abc}ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าร้อยละของน้ำหนักเส้นใยที่ลดลงของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยขี้เถ้าที่ค่าพีเอช 10 ระยะเวลา 9 วัน และพีเอช 9 ระยะเวลา 9 วัน มีค่ามากที่สุดร้อยละ 67.6 และ 65.6 ตามลำดับ ซึ่งค่าร้อยละของน้ำหนักเส้นใยที่ลดลงมีค่ามากที่สุด ประสิทธิภาพในการลอกกาว เซอริซิน ออกจากเส้นใยดีที่สุด เนื่องจากค่าพีเอช 10 และพีเอช 9 มีความเป็นด่างสูง สอดคล้องกับ สุชาดา อุชชิน และทักษิณ ฤกษ์สำราญ [40] กล่าวว่า ร้อยละของน้ำหนักเส้นใยไหมที่ลดลงจะผันแปรตามความเป็นด่างที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งระยะเวลาในการลอกกาว 9 วันใช้เวลานานที่สุด จึงส่งผลให้ค่าร้อยละของน้ำหนักเส้นใยที่ลดลงมีค่ามากที่สุด สอดคล้องกับ เกียรติชัย ดวงศรี [52] กล่าวว่า ระยะเวลาที่นานขึ้นมีผลทำให้สามารถสกัดโปรตีนเซอริซินได้ในร้อยละที่สูงขึ้น โดยค่าร้อยละของน้ำหนักเส้นใยที่ลดลง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.2.2 ค่าความเข้มสี (K/S) ของการติดสีไดเร็กท์ของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าความเข้มสี (K/S) ของการติดสีไดเร็กท์ของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาว

ชนิดของสารละลาย	ค่าพีเอช	ระยะเวลา (วัน)	ค่าความเข้มสี (K/S)*
ขี้เถ้า	8	3	10.72^{a}
ขี้เถ้า	8	6	8.44^{d}
ขี้เถ้า	8	9	7.02^{m}
ขี้เถ้า	9	3	9.56^{c}
ขี้เถ้า	9	6	7.52^{i}
ขี้เถ้า	9	9	6.42^{p}
ขี้เถ้า	10	3	9.69^{b}
ขี้เถ้า	10	6	7.32^{j}
ขี้เถ้า	10	9	5.59^{q}
สบู่	8	3	6.59^{o}
สบู่	8	6	7.17^{l}
สบู่	8	9	7.68^{g}
สบู่	9	3	6.81^{n}
สบู่	9	6	7.21^{k}
สบู่	9	9	7.85^{f}
สบู่	10	3	7.03^{m}
สบู่	10	6	7.58^{h}
สบู่	10	9	8.15^{e}

หมายเหตุ : ^{abc}ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ค่าความเข้มสี (K/S) ของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าที่พีเอช 10 ระยะเวลา 9 วัน มีค่าความเข้มสี (K/S) น้อยที่สุดเท่ากับ 5.59 ซึ่งประสิทธิภาพในการลอกกาวเซอริซินที่ดีจะต้องมีค่าความเข้มสี (K/S) น้อยที่สุด เนื่องจากสีไดเร็กท์จะย้อมติดกาวเซอริซินบนผิวเส้นใยได้ดี ซึ่งหากมีกาวเซอริซินบนผิวเส้นใยน้อยสีก็จะย้อมติดน้อย [54] ค่าความเข้มสี (K/S) ก็จะน้อยลงด้วย

โดยค่าความเข้มสี (K/S) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.2.3 ขนาดของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ขนาดของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่

ชนิดของด่าง	ค่าพีเอช	ระยะเวลา (วัน)	ขนาด (ไมโครเมตร)*
ขี้เถ้า	8	3	21.55^{a}
ขี้เถ้า	8	6	17.65^{b}
ขี้เถ้า	8	9	15.56^{bc}
ขี้เถ้า	9	3	13.78^{cd}
ขี้เถ้า	9	6	12.81^{de}
ขี้เถ้า	9	9	12.64^{de}
ขี้เถ้า	10	3	11.45^{de}
ขี้เถ้า	10	6	11.21^{e}
ขี้เถ้า	10	9	10.39^{e}
สบู่	8	3	17.79^{b}
สบู่	8	6	16.82^{b}
สบู่	8	9	16.86^{b}
สบู่	9	3	17.12^{b}
สบู่	9	6	17.45^{b}
สบู่	9	9	17.79^{b}
สบู่	10	3	18.19^{b}
สบู่	10	6	18.11^{b}
สบู่	10	9	18.20^{b}

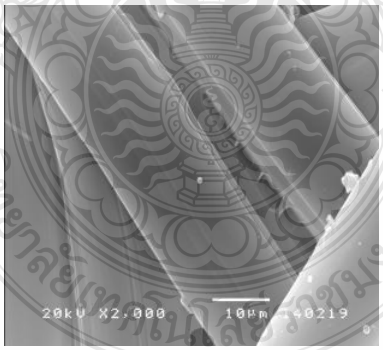
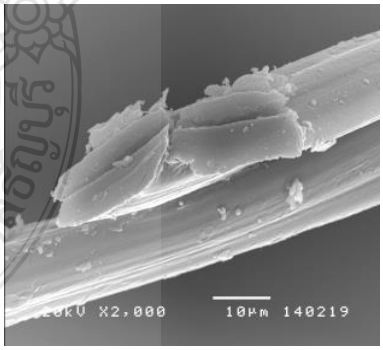
หมายเหตุ : ^{abc}ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ขนาดของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าที่ค่าพีเอช 10 ระยะเวลา 9 วัน พีเอช 10 ระยะเวลา 6 วัน พีเอช 10 ระยะเวลา 3 วัน พีเอช 9 ระยะเวลา 9 วัน และพีเอช 9 ระยะเวลา 6 วัน มีขนาดเส้นใยเล็กที่สุดเท่ากับ 10.39 11.21 11.45 12.64 และ 12.81

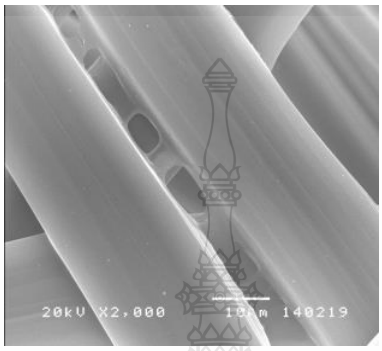
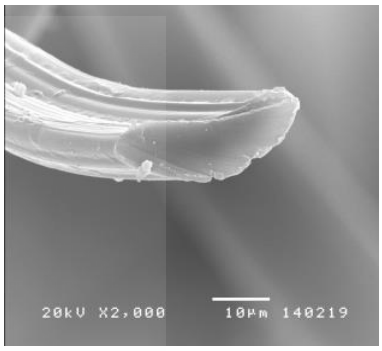
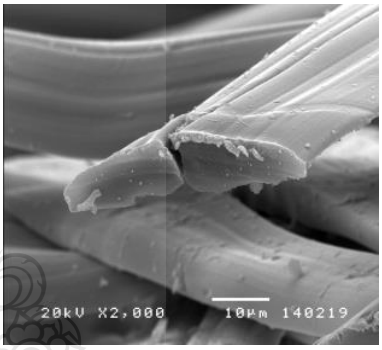
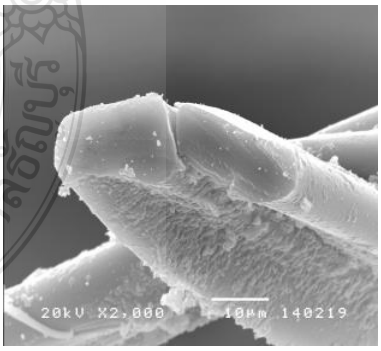
ไมโครเมตร ตามลำดับ ซึ่งโดยขนาดเส้นใยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งการลอกกาวไหมด้วยสารละลายขี้เถ้าที่ค่าพีเอชและระยะเวลาที่มากขึ้น จะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการลอกกาวไหมดีขึ้น เส้นใยจึงมีขนาดเล็กลงเนื่องจากกาวเซอริซินสลายออกไปมาก โดยเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้ามีขนาดเล็กกว่าเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสบู่ เนื่องจากการลอกกาวด้วยวิธีการแช่รังไหม ไม่มีการใช้อุณหภูมิและสารลดความกระด้างของสารละลาย จึงส่งผลให้มีสบู่ส่วนเกินตกค้างอยู่บนเส้นใย [62] เส้นใยจึงมีขนาดใหญ่และไม่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามขนาดของเส้นใยไหมอีรี่หลังการลอกกาว อาจเป็นผลจากการซ้อนทับกันของเส้นใยภายในรังไหม ที่สามารถดูดซึมสารละลายได้ไม่เท่ากัน โดยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยจะลดลง ตามลำดับจากเส้นใยชั้นนอกถึงชั้นใน [64]

4.2.4 ผลการศึกษาสัณฐานของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่จากรูปตามยาว และรูปตัดขวาง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 2,000 เท่า ดังแสดงในตารางที่ 4.5

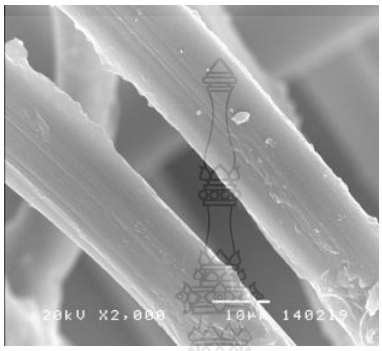
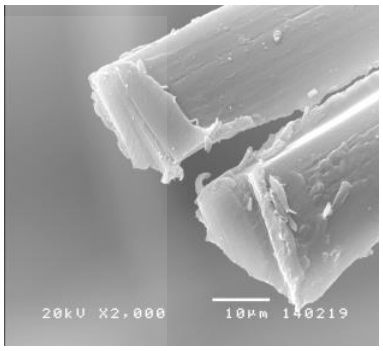
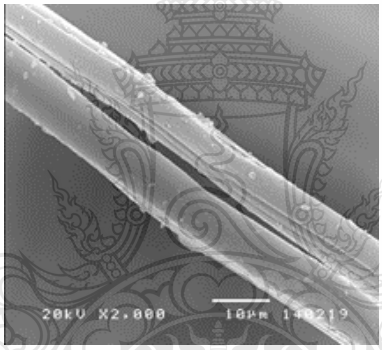
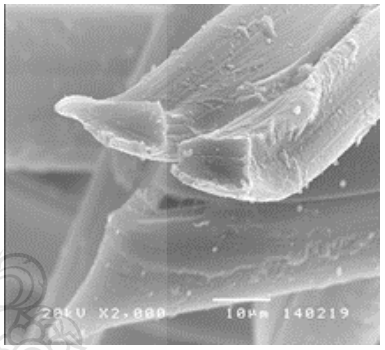
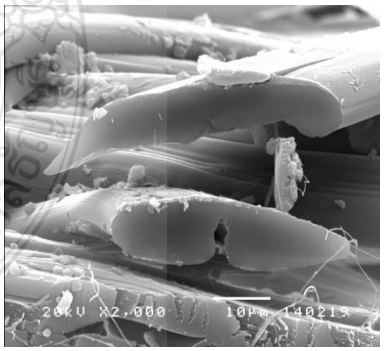
ตารางที่ 4.5 ลักษณะรูปตามยาว และรูปตัดขวางของเส้นใยไหมอีรี่หลังการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่

ชนิดของสารละลาย	ค่าพีเอช	ระยะเวลา (วัน)	รูปตามยาว	รูปตัดขวาง
ขี้เถ้า	8	9		

ตารางที่ 4.5 ลักษณะรูปตามยาว และรูปตัดขวางของเส้นใยไหมอีรี่หลังการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ (ต่อ)

ชนิดของสารละลาย	ค่าพีเอช	ระยะเวลา (วัน)	รูปตามยาว	รูปตัดขวาง
ขี้เถ้า	9	9		
ขี้เถ้า	10	9		
สบู่	8	9		

ตารางที่ 4.5 ลักษณะรูปตามยาว และรูปตัดขวางของเส้นใยไหมอีรี่หลังการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ (ต่อ)

ชนิดของสารละลาย	ค่าพีเอช	ระยะเวลา (วัน)	รูปตามยาว	รูปตัดขวาง
สบู่	9	9		
สบู่	10	9		
ไหมอีรี่ที่ไม่ผ่านการลอกกาว				

จากตารางที่ 4.5 พบว่า เส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าที่ค่าพีเอช 10 ระยะเวลา 9 วัน มีการลอกกาวดีที่สุด เนื่องจากสามารถมองเห็นผิวของเส้นใยมีลักษณะเรียบสม่ำเสมอ ในส่วนของรูปตัดขวาง พบว่า เส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าที่ค่าพีเอช 10 ระยะเวลา 9 วัน มีการลอกกาวดีที่สุด เนื่องจากบริเวณขอบพื้นที่หน้าตัดไม่สังเกตเห็นกาวเซอริซินหลงเหลืออยู่ และเส้นใย

แยกออกจากกันอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับการลอกกาวไหมอีรี่ในสภาวะอื่นๆ ที่สภาวะในการลอกกาวเท่ากัน พบว่าบริเวณผิวระหว่างเส้นใยไม่สม่ำเสมอ มีลักษณะของการเคลือบ หรือมีเม็ดตะกอน สิ่งเหล่านี้คือกาวเซอริซิน [64] ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับเส้นใยไหมอีรี่ที่ไม่ผ่านการลอกกาว

4.2.5 การคัดเลือกสิ่งทดลองที่ดีที่สุด ได้คัดเลือกเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าที่ค่าพีเอช 10 ระยะเวลา 9 วัน เนื่องจากค่าร้อยละของน้ำหนักเส้นใยที่ลดลงมีค่ามากที่สุด ค่าความเข้มสี (K/S) น้อยที่สุด ขนาดเส้นใยเล็กที่สุด สัณฐานวิทยาของเส้นใยทั้งรูปตามยาว และรูปตามขวางสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนที่สุด เหมาะสมที่จะนำเส้นใยมาปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษในขั้นตอนต่อไป

4.3 ผลการศึกษาการปั่นเส้นด้ายพิเศษด้วยเทคนิคการปั่นมือ

การปั่นเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ด้วยเทคนิคการปั่นมือ ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.3.1 การเตรียมเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายเดี่ยวแบบเส้นด้ายสลับ จากการนำรังไหมแห้งมาตีเส้นใย จะได้เส้นใยสีขาว มีลักษณะฟู นุ่ม เนื่องจากเส้นใยแยกออกจากกัน จากนั้นนำเส้นใยมาปั่นเป็นเส้นด้ายเดี่ยวแบบเส้นด้ายสลับ และนำเส้นด้ายมากรอเป็นกลุ่ม มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.2

(ก) (ข)

รูปที่ 4.2 (ก) ลักษณะเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายเดี่ยวแบบเส้นด้ายสลับ และ (ข) ลักษณะกลุ่มเส้นด้าย

จากรูปที่ 4.2 พบว่า เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายเดี่ยวแบบเส้นด้ายสลับ มีขนาดเส้นด้ายที่ไม่เท่ากันตลอดทั้งเส้น [45] เนื่องจากการป้อนเส้นใยเข้าเครื่องปั่นด้ายในปริมาณไม่เท่ากัน และบางช่วงเกิดการบิดเป็นเกลียว เนื่องจากจำนวนเกลียวที่มาก ซึ่งเกิดจากการเหยียบแป้นเหยียบที่เร็วเกินไป ซึ่งเป็นลักษณะปกติของเส้นด้ายชนิดนี้ ในส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นด้ายหลังการกรอเป็นทรงกระบอกมีช่องอยู่ตรงกลางกลุ่มเพื่อเตรียมเส้นด้ายไว้สำหรับปั่นเส้นด้ายพิเศษในขั้นตอนต่อไป

4.3.2 ผลการปั่นเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายเกลียว มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 ลักษณะเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายเกลียว

จากรูปที่ 4.3 พบว่า ลักษณะเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายเกลียว มีเกลียวที่สังเกตได้ชัด เนื่องจากการควบเส้นด้าย 2 เส้น ตลอดทั้งเส้น เส้นด้ายที่นำมาควบอาจมีขนาดเท่ากันหรือแตกต่างกัน ส่วนสีของเส้นด้ายจะนิยมสีที่แตกต่างกัน [44] ซึ่งเส้นด้ายชนิดนี้เป็นเส้นด้ายที่เน้นความสวยงามเป็นหลัก

4.3.3 ผลการปั่นเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายปม มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 ลักษณะเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายปม

จากรูปที่ 4.4 พบว่า ลักษณะเส้นด้ายปม มีขนาดเส้นด้ายที่ไม่เท่ากันตลอดทั้งเส้นอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากเกิดปมเป็นระยะๆ ตลอดทั้งเส้น [44] เพื่อให้เกิดคุณลักษณะเส้นด้ายด้านผิวสัมผัส และเกิดความสวยงามเมื่อนำไปผลิตเป็นงานด้านสิ่งทอ

4.3.4 ผลการปั่นเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายแกน มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 ลักษณะเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายแกน

จากรูปที่ 4.5 พบว่า ลักษณะเส้นด้ายแกน มีด้ายเส้นที่ 2 พันรอบด้ายเส้นที่ 1 ซึ่งเส้นด้ายจะมีความหนาขึ้น ชนิดนี้เป็นเส้นด้ายที่ให้ความสวยงาม โดดเด่นด้วยการย้อมสีเส้นด้ายเส้นนอกที่นำมาพันทับ ซึ่งอาจมีสีเดียวหรือหลายสี หรืออาจเป็นเส้นด้ายต่างชนิดกันก็ได้ [44]

4.4 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ทั้ง 3 ชนิด ที่ได้จากเส้นด้ายสลับ 2 เส้น โดยศึกษาเบอร์เส้นด้าย จำนวนเกลียว ทิศทางของเกลียว ดังแสดงในตารางที่ 4.6 ความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด ความแข็งแรงต่อเบอร์เส้นด้าย และการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้ายพิเศษ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ที่สภาวะอุณหภูมิของชิ้นทดสอบ 21±1 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65±2 ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.6 ค่าเบอร์เส้นด้าย จำนวนเกลียว และทิศทางของเกลียวเส้นด้าย

ชนิดเส้นด้าย	เบอร์เส้นด้าย (เท็กซ์)	จำนวนเกลียว (เกลียวต่อนิ้ว)	ทิศทางของเกลียว (Turn)
เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายเดี่ยวแบบเส้นด้ายสลับ	311.27	10	Z
เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายเกลียว	954.54	4	Z
เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายปม	1,593.55	18	Z
เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายแกน	500.00	24	Z

จากตารางที่ 4.6 พบว่า เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายเดี่ยวแบบเส้นด้ายสลับ มีค่าเบอร์เส้นด้ายเท่ากับ 311.27 เท็กซ์ มีจำนวนเกลียวต่อนิ้วเท่ากับ 10 เกลียวต่อนิ้ว และมีทิศทางของเกลียวแบบ Z-Turn ในส่วนของเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมทั้ง 3 แบบ ได้แก่ เส้นด้ายเกลียว เส้นด้ายปม และเส้นด้ายแกน พบว่า เส้นด้ายปมเป็นเส้นด้ายที่มีขนาดใหญ่ที่สุด เท่ากับ 1,593.55 เท็กซ์ เนื่องจากเบอร์ของเส้นด้ายมีค่ามากที่สุด ซึ่งเบอร์เส้นด้ายในระบบตรงจะบ่งบอกถึงขนาดของเส้นด้าย [10] ในขณะที่เส้นด้ายเกลียวมีขนาดเล็กที่สุด

ในส่วนของเส้นด้ายแกนจะมีจำนวนเกลียวมากที่สุด เท่ากับ 24 เกลียวต่อนิ้ว แสดงให้เห็นว่าเส้นด้ายแกนจะมีลักษณะเส้นด้ายที่แน่น และมีผิวสัมผัสที่กระด้างกว่าเส้นด้ายชนิดอื่น สอดคล้องกับ นวลแข ปาลิวนิช [44] กล่าวว่า เส้นด้ายที่เข้าเกลียวแน่น หรือมีจำนวนเกลียวสูง ด้ายจะมีเนื้อแน่น ในขณะที่เส้นด้ายเกลียวจะมีลักษณะนุ่มกว่า เนื่องจากมีจำนวนเกลียวน้อยที่สุด

ทิศทางของเส้นด้ายพิเศษทั้ง 3 ชนิด มีทิศทางการเข้าเกลียวเหมือนกัน คือการเข้าเกลียวแบบ Z-Turn

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด ความแข็งแรงต่อเบอร์เส้นด้าย และการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย

ชนิดเส้นด้าย	ความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด (นิวตัน)	ความแข็งแรงต่อเบอร์เส้นด้าย (นิวตันต่อเท็กซ์)	การยืดตัวก่อนขาด (ร้อยละ)
เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายเดี่ยวแบบเส้นด้ายสลับ	27.54	0.09	14.49
เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายเกลียว	37.73	0.04	13.90
เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายปม	36.93	0.02	19.97
เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมแบบเส้นด้ายแกน	21.68	0.04	11.60

จากตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพบว่า เส้นด้ายสลับมีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด เท่ากับ 27.54 นิวตัน ค่าความแข็งแรงต่อเบอร์เส้นด้าย เท่ากับ 0.09 นิวตันต่อเท็กซ์ และค่าการยืดตัวก่อนขาดเท่ากับร้อยละ 14.49 ตามลำดับ ในขณะที่เส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมทั้ง 3 แบบ ได้แก่ เส้นด้ายเกลียว เส้นด้ายปม และเส้นด้ายแกน พบว่า เส้นด้ายเกลียว และเส้นด้ายแกนมีความแข็งแรงมากที่สุด เนื่องจากค่าความแข็งแรงต่อขนาดเส้นด้ายมากที่สุดเท่ากับ 0.04 นิวตันต่อเท็กซ์ ซึ่งค่าความแข็งแรงต่อเบอร์เส้นด้ายจะบ่งบอกถึงการทนต่อแรงดึง และความเหนียวของ เส้นด้ายไหม [8] ในส่วนของเส้นด้ายปมจะมีความเหนียวมากที่สุด โดยพิจารณาจากค่าร้อยละของการยืดตัวก่อนขาดที่มากที่สุดเท่ากับ 19.97 เนื่องจากการพันกันของปมบนเส้นด้าย ส่งผลให้แรงในการยืดออกเพิ่มมากขึ้น ค่าความเหนียว หรือแรงเครียด (Load Strain) [8] จึงมากขึ้น

การทดสอบสมมติฐานงานวิจัย พบว่าผลของเบอร์เส้นด้าย จำนวนเกลียว ความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด ความแข็งแรงต่อเบอร์เส้นด้าย และการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้ายพิเศษทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกัน ซึ่งสาเหตุเกิดจากลักษณะการปั่นเส้นด้ายที่แตกต่างกัน และผิวสัมผัสระหว่างเส้นใย สอดคล้องกับ วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา [46] กล่าวว่า ความแข็งแรงของเส้นด้ายปั่นจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับผิวสัมผัสระหว่างเส้นใยกับเส้นใย การที่ผิวเส้นใยขรุขระและไม่เรียบ จะทำให้เพิ่มจุดสัมผัส

ระหว่างผิวมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานงานวิจัย กล่าวคือ เส้นด้ายพิเศษจากเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้า และสบู่ ที่มีค่าพีเอช และระยะเวลาต่างกัน มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน เนื่องจากการลอกกาวไหมอีรี่ที่ค่าพีเอช และระยะเวลาแตกต่างกัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการลอกกาวเซอริซินหลุดออกไม่เท่ากัน ทำให้เส้นใยไหมอีรีหลังลอกกาวมีผิวของเส้นใยมีลักษณะแตกต่างกัน เมื่อนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายจึงทำให้สมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายแตกต่างกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายด่างเพื่อการผลิตเส้นด้ายพิเศษ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลอกกาวรังไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ ศึกษาการปั่นเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ด้วยเทคนิคการปั่นมือ และทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ สามารถสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษาการลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่

จากการศึกษาการลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้า และสารละลายสบู่มาตรฐาน เป็นการเตรียมรังไหมก่อนการลอกกาว เพื่อให้ได้รังไหมที่มีลักษณะและค่าความชื้นคงที่เหมือนกันในทุกสิ่งทดลอง เมื่อทำการลอกกาวไหมอีรี่ด้วยวิธีการแช่ พบว่า รังไหมหลังการลอกกาวที่ค่าความชื้นคงที่ จะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกันทุกสิ่งทดลอง คือ ลักษณะเส้นใยจะกระจายออกจากรังมากขึ้น จากการสลายออกของกาวเซอริซินในขณะลอกกาว ทำให้เส้นใยแยกออกจากกัน รังไหมจึงเกิดความฟูและนุ่มขึ้น โดยเฉพาะการลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าที่ค่าพีเอช 10 ระยะเวลา 9 วัน จะมีลักษณะที่กล่าวมาชัดเจนที่สุด

5.2 สรุปผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมอีรี่ ที่ผ่านการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าและสบู่ โดยการพิจารณาจากค่าร้อยละของน้ำหนักเส้นใยที่ลดลง ค่าความเข้มสี (K/S) ขนาดของเส้นใย และสัณฐานของเส้นใยจากรูปตามยาว และรูปตัดขวาง สามารถสรุปได้ว่าเส้นใยไหมอีรี่ที่ลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าที่ค่าพีเอช 10 มีการลอกกาวไหมดีที่สุด เนื่องจากสารละลายขี้เถ้าที่ได้จากใบกล้วยมีความเป็นด่างสูง และใช้ระยะเวลาในการย้อมที่ 9 วัน ซึ่งเป็นเวลานานที่สุด ส่งผลให้กาวเซอริซินสลายออกในปริมาณมาก เมื่อพิจารณาจากค่าร้อยละของน้ำหนักเส้นใยที่ลดลงมากที่สุดที่ร้อยละ 67.6 ค่าความเข้มสี (K/S) น้อยที่สุดเท่ากับ 5.60 ขนาดเส้นใยเล็กที่สุด 10.39 ไมโครเมตร อีกทั้งเมื่อพิจารณาลักษณะเส้นใยไหมอีรี่หลังการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าที่ค่าพีเอช 10 ระยะเวลา 9 วัน เส้นใยจะมีความเรียบสม่ำเสมอ ซึ่งดีกว่าการลอกกาวในทุกสภาวะ ดังนั้นจึงเลือกเส้นใยไหมอีรี่ที่ลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้าที่ค่าพีเอช 10 ระยะเวลา 9 วัน เพราะมีความ

เหมาะสมที่จะนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษ เนื่องจากมีสมบัติกาวเซอริซินหลุดออกมากที่สุดตามที่กล่าวมาข้างต้น

5.3 สรุปผลการศึกษาการปั่นเส้นด้ายพิเศษด้วยเทคนิคการปั่นมือ

จากการศึกษาการปั่นเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ด้วยเทคนิคการปั่นมือ โดยเริ่มจากการนำเส้นใยมาปั่นเป็นเส้นด้ายชนิดเส้นด้ายเดี่ยวแบบสลับ ซึ่งจะต้องมีความสม่ำเสมอของการเหยียบแป้นเหยียบ และการส่งเส้นใยในประมาณเท่าๆ กัน จะทำให้เส้นด้ายมีความเรียบและมีขนาดใกล้เคียงกันมากขึ้น เมื่อนำเส้นด้ายสลับมาปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวม 3 แบบ จะส่งผลให้เส้นด้ายดังกล่าวมีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามวัตถุประสงค์การใช้งาน กล่าวคือ 1) เส้นด้ายพิเศษแบบเส้นด้ายเกลียว มีลักษณะการควบของเส้นด้ายและมีขนาดเส้นที่สม่ำเสมอตลอดทั้งเส้น ซึ่งเน้นความสวยงามเป็นหลัก 2) เส้นด้ายปมมีลักษณะปุ่มปมเป็นระยะๆ เป็นเส้นด้ายที่ให้ความสำคัญในด้านผิวสัมผัสเป็นหลัก และ 3) เส้นด้ายแกนมีลักษณะเรียบ มีขนาดใหญ่เท่ากันตลอดทั้งเส้น ซึ่งให้ความสำคัญในด้านความสวยงามและความเข็งแรงเป็นหลัก

5.4 สรุปผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่

จากผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ พบว่า สมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายพิเศษ มีความสอดคล้องกับลักษณะเส้นด้ายแต่ละชนิด โดยเส้นด้ายเดี่ยวแบบเส้นด้ายสลับมีค่าความแข็งแรงต่อเบอร์เส้นด้าย 0.09 นิวตันต่อเท็กซ์ และค่าการยืดตัวก่อนขาดร้อยละ 14.49 ซึ่งแสดงถึงความแข็งแรงที่เหมาะสม ที่จะนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษชนิดเส้นด้ายรวมทั้ง 3 แบบ กล่าวคือ เมื่อนำเส้นด้ายสลับมาปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษแบบเส้นด้ายเกลียว จะมีค่าความแข็งแรงต่อเบอร์เส้นด้าย 0.04 นิวตันต่อเท็กซ์ แสดงให้เห็นว่าการควบเกลียวทีสม่ำเสมอช่วยให้เส้นด้ายเกิดความแข็งแรงมากขึ้น เมื่อนำเส้นด้ายสลับมาปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษแบบเส้นด้ายปม มีเบอร์เส้นด้าย 1,593.55 เท็กซ์ และค่าการยืดตัวก่อนขาดร้อยละ 19.97 แสดงให้เห็นว่าการเกิดปุ่มปมบนเส้นด้ายส่งผลให้เส้นด้ายมีขนาดใหญ่และมีความเหนียวมากขึ้น และเมื่อนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายสลับมาปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษแบบแกนจะมีจำนวนเกลียว 24 เกลียวต่อนิ้ว และค่าความแข็งแรงต่อเบอร์เส้นด้าย 0.04 นิวตันต่อเท็กซ์ แสดงให้เห็นว่าเส้นด้ายชนิดนี้มีจำนวนเกลียวสูงจากการพันแกนด้ายเส้นหลัก ซึ่งส่งผลให้เกิดความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย

5.5 ข้อเสนอแนะ

5.5.1 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งนี้

5.5.1.1 ในกระบวนการเตรียมสารละลายขี้เถ้าจากใบกล้วย ควรระมัดระวังความแปรปรวนของค่า pH ค่อนข้างมาก เนื่องจากผงขี้เถ้ามีค่าความเป็นด่างสูง อีกทั้งยังมีสารประกอบหลายชนิด ซึ่งส่งผลต่อการควบคุมสภาวะต่างๆ ในขณะแปรค่าพีเอช

5.5.1.2 กระบวนการลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าด้วยวิธีการแช่ ควรคำนึงถึงความเหมาะสมในเรื่องระยะเวลาในการแช่รังไหม เนื่องจากไหมอีรี่เป็นเส้นใยโปรตีนที่ไม่ทนต่อสภาพด่าง และเมื่อเส้นใยมีความชื้นจะส่งผลให้ความแข็งแรงลดลง ดังนั้นการแช่รังไหมในสารละลายด่างนานเกินไปอาจส่งผลต่อคุณภาพของเส้นใยได้

5.5.1.3 ในกระบวนการปั่นเส้นด้ายสลับพิเศษทั้ง 3 ชนิดด้วยเทคนิคการปั่นมือ ควรคำนึงถึงคุณภาพของเส้นด้ายแต่ละชนิด ซึ่งส่งผลต่อการความแปรปรวนของผลการทดสอบสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้าย ดังนั้น เส้นด้ายพิเศษที่ดีควรมีลักษณะเหมือนกันตลอดทั้งเส้น และมีกระบวนการปั่นเส้นด้ายด้วยบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน และมีการเตรียมเส้นใยไหมอีรี่ในสภาวะที่เหมาะสมก่อนการปั่นเส้นด้าย

5.5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

5.5.2.1 การลอกกาวไหมอีรี่ด้วยวิธีการแช่ อาจนำไปประยุกต์ใช้กับสารละลายด่างชนิดอื่นเพื่อเป็นแนวทางในการลอกกาวไหม โดยไม่ใช้อุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

5.5.2.2 การพัฒนาเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ชนิดอื่นๆ เช่น เส้นด้ายห่วง (Loop and Curl Yarn) เป็นต้น

5.5.2.3 ควรนำเส้นด้ายพิเศษไหมอีรี่ด้วยเทคนิคการปั่นมือ มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอชนิดอื่น เช่น ผืนผ้า ที่ให้ความสำคัญในด้านผิวสัมผัส หรืองานออกแบบสิ่งทอที่แปลกใหม่ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์จากไหมอีรี่

5.5.2.4 เส้นใยไหมอีรี่ที่ได้จากการลอกกาวด้วยสารละลายขี้เถ้า อาจนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายด้วยวิธีการ และเครื่องมืออื่นๆ ได้ เช่น การปั่นกับหลาปั่นฝ้าย เป็นต้น

บรรณานุกรม

[1] พูนศักดิ์ สาราญวงศ์, *ข่าวหม่อนไหม ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ (อุบลราชธานี) กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ออนไลน์)*, 2558, สืบค้นได้จาก: https://www.qsds.go.th/qssc_ubn/file_upload/2016-06-14-3.pdf, (6 พฤษภาคม 2561).

[2] E.O. Oduor, L. Ciera, V. Adolkar and O. Pido, "Eri Silkworm Rearing Practices in Kenya", *Journal of Entomology and Zoology Studies*, vol 4, No. 5, pp. 197-201, 2016.

[3] *รายละเอียดกิจกรรมจังหวัดสระแก้ว*, (*ออนไลน์*), 2557, สืบค้นได้จาก: http://www.sakaeo.go.th/websakaeo/activity/activity_detail.php?anid=1153, (6 พฤษภาคม 2561).

[4] นางอุษณีย์ จูฑะศิลป์, *ไหมอีรี่ แมลงเศรษฐกิจที่น่าจับตามอง (ออนไลน์)*, ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://www.stou.ac.th/study/sumrit/10-58/page2-10-58.html, (6 พฤษภาคม 2561).

[5] ธำรงค์ เมฆโหรา และปรเมศร์ อัศวเรืองพิภพ, "การศึกษากระบวนการผลิต กิจกรรมเพิ่มมูลค่าและต้นทุนการผลิตรังไหมและเส้นไหมอีรี่ในระดับฟาร์ม," (รายงานวิจัย), สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพมหานคร, 2551.

[6] อุไรวรรณ บุญศรีทุม, "อิทธิพลของน้ำด่างจากพืชพื้นบ้านบางชนิดต่อการติดสีของไหม," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีศึกษา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม, 2549.

[7] "เส้นด้ายจากไหมอีรี่ (Eri Silk) จากบริษัท สปัน ซิลค์ เวิล์ด จำกัด," *Textile Digest*, ปีที่ 25, ฉบับที่ 207, หน้า 37, เดือน พฤศจิกายน-ธันวาคม 2559.

[8] วรพจน์ รักสังข์, *เอกสารวิชาการเทคโนโลยีการผลิตเส้นไหม*, กรุงเทพมหานคร : กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ม.ป.ป.

[9] สมนึก สังข์หนู และปิยนุช จริงจิตร, "การศึกษาสมบัติของเส้นใยแมงมุมในเขตปริมณฑล และการนำไปใช้ในงานสิ่งทอ," (รายงานวิจัย), ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2554.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[10] วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา, *วิทยาศาสตร์เส้นใย*, ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

[11] เทคนิคการผลิตไข่ไหมเชิงคุณภาพ, ใน *เอกสารประกอบการฝึกอบรม*, สำนักวิจัยและพัฒนาหม่อนไหม ร่วมกับ ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ สระบุรี กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร, ม.ป.ป.

[12] รังสิมา ชลคุป วีรศักดิ์ สมิทธิพงศ์ และกล้าณรงค์ ศรีรอด, *วัสดุชีวภาพรักษ์โลก*, กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัดมณัสฟิล์ม, 2552.

[13] *ความรู้การผลิตหม่อนไหม*, กรุงเทพมหานคร : กรมหม่อนไหม, ม.ป.ป.

[14] สฤษดิพร ชูประยูร, *Gotoknow* (*ออนไลน์*), 2554, สืบค้นได้จาก: https://www.gotoknow.org/posts/441496, (6 พฤษภาคม 2561)

[15] วิโรจน์ แก้วเรือง และสุทธิสันต์ พิมพะสาลี, *เก็บไหมป่ามาเลี้ยง* (*ออนไลน์*), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: https://www.qsds.go.th/newqsds/file_upload/2013-12-19-SilkWermQ2013.pdf, (6 พฤษภาคม 2561).

[16] หนังสือพิมพ์ไทยโพสต์, *พัฒนา "ไหมอีรี่" เป็นไหมการค้าเพื่อการส่งออก* (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://library.dip.go.th/multim6/edoc/2556/21922.pdf, (6 พฤษภาคม 2561).

[17] ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์, *การปลูกหม่อนและการเลี้ยงไหม จากรังไหมสู่ผ้าทออันสวยงาม*, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์เพชรกะรัตจำกัด, 2537.

[18] ศิริพร บุญชู และนันทวรรณ รักพงษ์, *ภูมิปัญญาการผลิตเส้นไหมไทยพื้นบ้านอีสาน*, กรุงเทพมหานคร : กรมหม่อนไหม, 2555.

[19] กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, *มาตรฐานหม่อนไหม*, กรุงเทพมหานคร: ม.ป.ป.

[20] *ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ เชียงใหม่* (ออนไลน์), 2554, สืบค้นได้จาก: https://qsscmi.wordpress.com/about/, (20 พฤษภาคม 2561).

[21] Medium Coporation, เลซิติน (Lecithin) *ช่วยจับไขมัน และคอเลสเตอรอลในกระแสเลือดได้นะ* (ออนไลน์), 2559, สืบค้นได้จาก: https://medium.com/arincare-com/, (6 พฤษภาคม 2561).

[22] ฐติกุล ไชยวรรณ์ ยุวลักษณ์ จิวะกิดาการ สมพิศ ทองปาน และศรีสุดา แซ่ลี้, "การเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์สิ่งทอพื้นบ้านโดยใช้เส้นใยไหมอีรี่เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจให้กับครอบครัวและชุมชน," สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, ม.ป.ป.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[23] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, *Food Network Solution ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร* (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/, (6 พฤษภาคม 2561).

[24] อัจฉราพร ไศละสูต, *ความรู้เรื่องผ้า*, ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สร้างสรรค์วิชาการ, 2539.

[25] กนกพร พลเยี่ยม และสินีนาฏ ศิริ, "การสกัดเซอริซินจากรังไหม *Bombyx mori* and Samia *Cynthia ricini*," ใน *การประชุมหาดใหญ่วิชาการ ครั้งที่ 4*, สงขลา, 2556, หน้า 43-46.

[26] สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, *การปฏิบัติที่ดีสำหรับการลอกกาวและย้อมสีเส้นไหม*, กรุงเทพมหานคร : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2561.

[27] มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์, *เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย*. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 2545.

[28] *ฉันรักแปล I Love Translation* (ออนไลน์), 2561, สืบค้นได้จาก: https://th49.ilovetranslation.com/TJMz0MINCIS=d/, (21 พฤษภาคม 2561).

[29] ธนะรัตน์ ทับทิมไทย, *สาระรอบรั้ว ศูนย์สุพรรณบุรี* (*ออนไลน์*), 2557, สืบค้นได้จาก: http://suphanburicampus.dusit.ac.th/report/tanarat/11057.pdf, (21 พฤษภาคม 2561).

[30] กัญจนา บุญยเกียรติ, *เชื้อเพลิงและการเผาไหม้*, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย, 2554.

[31] Prasit, *ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี* (*ออนไลน์*), 2559, สืบค้นได้จาก: http://www.chemtrack.org/Board-Detail.asp?TID=0&ID=5299, (21 พฤษภาคม 2561).

[32] จินดา แต้มบรรจง, *Teacher Professional Development* (*ออนไลน์*), 2559. สืบค้นเจาก: http://teacherpd.ipst.ac.th/index.php/component/guru/, (21 พฤษภาคม 2561).

[33] ดวงแก้ว ศรีลักษณ์, *มหัศจรรย์พันธุ์กล้วยในไทย*, กรุงเทพมหานคร : พงศ์วรินทร์การพิมพ์, 2544.

[34] *รวบรวมสายพันธุ์กล้วย* (*ออนไลน์*), 2558, สืบค้นได้จาก: https://bananacenterkp.weebly.com/358536213657362336183609365736353623365736343609362336 21.html, (13 พฤษภาคม 2561).

[35] อภิชาติ ศรีสอาด และจันทรา อู่สุวรรณ, *คู่มือการเพาะปลูกกล้วยเศรษฐกิจเงินล้าน*, กรุงเทพมหานคร : นาคา อินเตอร์มีเดีย, 2556.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[36] Kamin, *เกษตรพอเพียง.คอม* (*ออนไลน์*), 2555, สืบค้นได้จาก: http://www.kasetporpeang.com/forums/index.php?topic=9646.320, (21 พฤษภาคม 2561).

[37] *กรมอุตุนิยมวิทยา* (*ออนไลน์*), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=53, (13 พฤษภาคม 2561).

[38] อภิชาติ ศรีสอาด, *กล้วยน้ำว้าสายพันธุ์ยักษ์*, กรุงเทพมหานคร : นาคา อินเตอร์มีเดีย, 2559.

[39] *สบู่เหลวจากขี้เถ้าเปลือกกล้วย* (*ออนไลน์*), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: https://sites.google.com/site/sbuhelwcaknakhitheapeluxkklwy/, (13 พฤษภาคม 2561).

[40] สุชาดา อุชชิน และทักษิณ ฤกษ์สำราญ, "อิทธิพลขี้เถ้าเปลือกต้นโกงกางและใบกล้วยที่มีต่อการลอกกาวและย้อมสีไหม," หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีสิ่งทอ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2556.

[41] อลิสรา คูประสิทธิ์, *เพื่อนวิทย์ Think Tank* (ออนไลน์), 2552, สืบค้นได้จาก: http://www.tistr.or.th/tistrblog/?p=426, (21 พฤษภาคม 2561).

[42] คมสัน หุตะแพทย์, *สะอาดและสวยด้วยสบู่ธรรมชาติ*, ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ, 2551.

[43] ดำรง คงสวัสดิ์, *สารละลาย*, กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2544.

[44] นวลแข ปาลิวนิช, *ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใย (ฉบับปรับปรุงใหม่)*, กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2542.

[45] สถาบันฝึกอบรมด้านอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มของฮ่องกง, *กระบวนการผลิตเสื้อถัก*, กรุงเทพมหานคร: มูลนิธิพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทย, 2541.

[46] วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา, *อุตสาหกรรมสิ่งทอไทย*, กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

[47] สมประสงค์ ภาษาประเทศ, เอกสารประกอบการสอนวิชา 04-510-320 วิศวกรรมสิ่งทอ1, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี, ม.ป.ป.

[48] มณฑา จันทร์เกตุเลี้ยด, *วิทยาศาสตร์สิ่งทอเบื้องต้น*, กรุงเทพมหานคร : หอรัตนชัยการพิมพ์, 2541.

[49] สุภา จุฬคุปต์, "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ฟิงเกอร์นิตติ้งจากเชือกฝ้าย," (รายงานการวิจัย), ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2553.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[50] *สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ* (ออนไลน์), 2557, สืบค้นได้จาก: http://www.thaitextile.org/textiletesting/service-condition, (21 พฤษภาคม 2561).

[51] *การทดสอบสิ่งทอ 06-121-418 Textile Testing 3 (2-3-3)* (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://www.het.rmutt.ac.th/wp-content/uploads/2012/01/, (9 กรกฎาคม 2561).

[52] เกียรติชัย ดวงศรี, "การใช้สารสกัดเซอริซินจากรังไหมเสีย," (รายงานการวิจัย), ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2550.

[53] สุชาดา อุชชิน และจันทร์ทิพย์ ซื่อสัตย์, "อิทธิพลของกระบวนการลอกกาวด้วยสาร Miltopan SE ที่มีผลต่อการติดสีย้อมไหม," (รายงานการวิจัย), หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีสิ่งทอ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2556.

[54] นงนุช ศศิธร, กาญจนา ลือพงษ์, จำลอง สาริกานนท์, วิโรจน์ ผดุงทศ, พิชิตพล เจริญทรัพยานันท์และไพรัตน์ ปุญญาเจริญนนท์, "การลอกกาวไหมด้วยยางมะละกอ," (รายงานการวิจัย), คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพมหานคร, 2550.

[55] เปรมวดี วงษ์แสงจันทร์, "การฟอกกาวไหมด้วยเอนไซม์ ความท้าทายของกระบวนการ เพื่อยกระดับคุณภาพไหมไทย," (รายงานการวิจัย), ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพมหานคร, 2559.

[56] รุจิรา ปิ่นแก้ว, "การแยกไฟโบรอิน เซริซิน และสารสี ออกให้หมดจากรังไหมไทยสีเหลือง," ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2554.

[57] ธำรงค์ เมฆโหรา และปรเมศร์ อัศวเรืองพิภพ, "การศึกษากระบวนการผลิต กิจกรรมเพิ่มมูลค่า และต้นทุนการผลิตรังไหมและเส้นไหมอีรีในระดับฟาร์ม," (รายงานการวิจัย), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร, 2551.

[58] สมหญิง ชูประยูร, พรทิพย์ สุคนธสิงห์ และอัญชลี พัดมีเทศ, กรมหม่อนไหม, *สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน* (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://eto.ku.ac.th/neweto/e-book/other/other9.pdf, (21 พฤษภาคม 2561).

[59] ศุภชัย แก้วจันทร์, ชูชาติ พะยอม และเอกราช นาคนวล, "การพัฒนาตู้อบรังไหมแบบเลนส์ขยายความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบ," *วารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัม*, ปีที่ 12 ฉบับที่ 4, หน้า 15, 2560.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[60] ธัญลักษณ์ จงมี, “การนำเศษเส้นใยธรรมชาติกลับมาใช้เป็นฉนวนกันความร้อน,” ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2553.

[61] พรศิริ หลงหนองคูณ, “การพัฒนาเส้นด้ายผสมปั่นมือจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย,” ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2560.

[62] อมรรัตน์ พรหมบุญ, “เซอริซินวัสดุเหลือทิ้งมูลค่าสูงจากรังไหม,” *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว*, ปีที่ 31 ฉบับที่ 2, หน้า 2-12, 2558.

[63] R. Rajkhowa, L. Wang, J.R. Kanwar and X. Wang, “Molecular Weight and Secondary Structure Change in Eri Silk During Alkali Degumming and Powdering”, *Journal of Applied Polymer Science*, vol 119, pp. 1339-1347, 2011.

[64] E.O. Oduor, L. Ciera, V. Adolkar and O. Pido, “Physical Characterization of Eri Silk Fibers Produced in Kenya”, *Journal of Natural Fibers*, vol 18, No. 1, pp. 1-12, 2019.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายงานผลการทดสอบ

THAILAND TEXTILE INSTITUTE
สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakanong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.
Tel: (66) 2713 5492-9 Fax: (66) 2712 4527 www.thaitextile.org

รายงานผลการทดสอบ

ผู้ขอรับบริการ :	ธีรธัช อาภรณ์	หมายเลขรายงานผล :	G 5516/63
	วิทยาลัยอาชีวศึกษาเสาวภา 377 ถนนบ้านหม้อ	หมายเลขใบคำขอทดสอบ :	-
	แขวงวังบูรพาภิรมย์ เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200	วันที่ออกรายงาน :	02/09/63
วันที่รับตัวอย่าง :	26/08/63	หน้า :	1/1
วันที่ทดสอบ :	26/08/63-02/09/63		

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อ/รายละเอียดตัวอย่าง (ตามที่ผู้ขอรับบริการระบุ)
G 5516-1/63	เส้นด้ายไหมอีรี่ (SLUB YARN) สีน้ำตาลอ่อน FIBER CONTENT: ERI SILK

	G 5516-1/63
ความแข็งแรง : ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 2256: 2002	
แรงดึงสูงสุด (นิวตัน)	27.54
TENACITY (N/DENIER)	0.0098
TENACITY (N/Ne)	14.49
การยืดตัวขณะขาด (ร้อยละ)	10.83

หมายเหตุ:
- เครื่องทดสอบ : TENSILE TESTING MACHINE (INSTRON MODEL 5566)
- ความเร็วในการทดสอบ : 300 มิลลิเมตรต่อนาที
- ระยะทดสอบ : 250 มิลลิเมตร
- TESTING CONFIGULATION : CONFIGULATION A, STRAIGHT SPECIMEN
- สภาวะชิ้นของทดสอบ : อุณหภูมิ 21±1°C, ความชื้นสัมพัทธ์ 65±2%

ขนาดเส้นด้าย : ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 1059 : 2001	
ขนาดเส้นด้าย (Ne)	1.9
ขนาดเส้นด้าย (ดีเนียร์)	2,801.4

.....

ผู้อนุมัติ

พรพิมล เงาแสงธรรม

(นางสาวพรพิมล เงาแสงธรรม)
(ผู้จัดการห้องทดสอบสิ่งทอ)

204247

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"

This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/ goods. The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

ภาคผนวก ข

การเผยแพร่งานวิจัย

หนังสือรับรองการตีพิมพ์บทความ
วารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ขอรับรองว่าบทความวิจัย

เรื่อง ประสิทธิภาพการลอกกาวไหมอีรี่ด้วยสารละลายขี้เถ้าจากใบกล้วยและสบู่มาตรฐาน

โดย ธีรธัช อาภรณ์, สาคร ชลสาคร, รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์

ได้ผ่านการประเมินจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
และตีพิมพ์ในวารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ
ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2563)

(นายสุธรรม ศิวาวุธ)
บรรณาธิการวารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ประวัติผู้เขียน

ประวัติผู้เขียน	นายธีรธัช อาภรณ์
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 14 เมษายน พ.ศ. 2535
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 10 หมู่ 2 ตำบลเสวียด อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี รหัสไปรษณีย์ 84150
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2558 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาคหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาออกแบบแฟชั่นและการจัดการสินค้า คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2562 ตำแหน่งครูพิเศษสอน แผนกแฟชั่นและสิ่งทอ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1-3 วิทยาลัยอาชีวศึกษาเสาวภา
อีเมล์	1159706060111@mail.rmutt.ac.th