การศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงกิเบนตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) กับกระบวนการลอกกาวไหมด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ

A Comparison Study of Silk Degumming Process between Two Steps Method using Zingibain Enzyme Followed by Dilute Na_2CO_3 versus Normal Na_2CO_3 Degumming Process

กฤษฎาพร สีหะวงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งทอ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2558

สิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงกิเบนตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) กับกระบวนการลอกกาวไหมด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ

กฤษฎาพร สีหะวงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งทอ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2558

สิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) กับ กระบวนการลอกกาวไหมด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ A Comparative Study of a Two-Step Zingibain Enzyme and Na_2CO_3 Dilution Process and a Normal One-step Na_2CO_3 Process in the Silk Degumming Process
ชื่อ - นามสกุล	นางสาวกฤษฎาพร สีหะวงษ์
สาขาวิชา	สิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาติ สนธิสมบัติ, Ph.D.
ปีการศึกษา	2558

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมประสงค์ ภาษาประเทศ, Ph.D.)

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

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมนึก สังข์หนู, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาติ สนธิสมบัติ, Ph.D.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)
วันที่ 5 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) กับกระบวนการลอกกาวไหมด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ
ชื่อ – นามสกุล	นางสาวกฤษฎาพร สีหะวงษ์
สาขาวิชา	สิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาติ สนธิสมบัติ, ปร.ด.
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบสภาวะของกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์จากขิง (ซิงกิเบน) ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) เทียบกับกระบวนการลอกกาวไหมขั้นตอนเดียวด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ

โดยงานวิจัยนี้ใช้ขิงสดแก่อายุ 8-12 เดือน นำมาสกัดเป็นเอนไซม์ขิงผงเสถียร จากนั้นนำมาลอกกาวเส้นใยไหม กับเส้นไหมพันธุ์ต่างประเทศสีขาว ขนาด 100/120 ดีเนียร์

จากการทดลองพบว่า สภาวะเหมาะสมที่สุด คือ สารละลายเอนไซม์ขิงผงเสถียร ร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักเส้นใย ที่ pH 4.0 อุณหภูมิ 60^0C เวลา 60 นาที จากนั้นล้างเส้นใยด้วยน้ำสะอาด ต่อด้วยการเตรียมอ่างใหม่โดยการใช้โซเดียมคาร์บอเนต 0.2 กรัมต่อลิตร ผสมสบู่สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 5 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 85^0C เวลา 60 นาที เมื่อครบเวลาล้างด้วยน้ำร้อน จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดและปรับ pH ให้เป็นกลางด้วยกรดอะซิติก สามารถลอกกาวไหมได้ร้อยละ 23.75 อีกทั้งเส้นใยไหมมีความนุ่มเพิ่มขึ้นจากการทดลองสัมผัส ความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหมลดลงร้อยละ 12.89 เมื่อทดสอบประสิทธิภาพการลอกกาวด้วยสีไดเร็กท์ (C.I. Direct Red 80) มีค่าการติดสี 0.17 และค่าการย้อมติดสีแอซิดของเส้นใยไหม (K/S) มีค่าการติดสี 9.6 เมื่อเปรียบเทียบกับการลอกกาวไหมด้วยขั้นตอนเดียวด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 2 กรัมต่อลิตรผสมสบู่สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร pH 11.5 อุณหภูมิ 98^0C เวลา 60 นาที เมื่อครบเวลาล้างด้วยน้ำร้อน จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด พร้อมกับปรับ pH ให้เป็นกลางด้วยกรดอะซิติก สามารถลอกกาวไหมได้ร้อยละ 22.10 ของน้ำหนักเส้นใยไหม และความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหมลดลงร้อยละ 21.11 ทดสอบประสิทธิภาพการลอกกาวด้วยสีไดเร็กท์ (C.I. Direct Red 80) มีค่าการติดสี 0.55 และค่าการย้อมติดสีแอซิดของเส้นใยไหม (K/S) มีค่าการติดสี 8.96 ซึ่งส่งผลเสียคือเส้นใยไหมมีลักษณะแตกฟู และ

หงิกงอ ไม่เหมาะสมกับกระบวนการทอผ้า สรุปว่ากระบวนการลอกกาวไหมใหม่ แบบ 2 ขั้นตอนให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบขั้นตอนเดียว

คำสำคัญ : เอนไซม์ซิงกิเบน ขิง การลอกกาวไหม

Thesis Title	A Comparative Study of a Two-Step Zingibain Enzyme and Na_2CO_3 Dilution Process and a Normal One-step Na_2CO_3 Process in the Silk Degumming Process
Name – Surname	Miss Kritsadaporn Seehawong
Program	Textiles
Thesis Advisor	Assistant Professor Apichart Sonthisombati, Ph.D.
Academic Year	2015

ABSTRACT

The purpose of this research was to compare the two silk degumming processes as follows: 1) the two-step process using Zingibain enzyme (a protease enzyme) from ginger and a dilution of Sodium Carbonate and 2) the one-step process using the normal Sodium Carbonate solution.

In the two-step process, fresh gingers, aged 8 to 12 months, were extracted and dried through freeze-drying process into a stable Zingibain enzyme powder to degum White Thai silk fibers (100/120 denier yarn count). The Zingibain enzyme at 0.6% of the fiber weight was added in the first bath at pH 4.0 at 60°C for 60 minutes. After that, the fibers were rinsed with fresh water and bathed in 0.2 g/l Na_2CO_3 with nonionic detergent of 5 g/l at 85°C for 60 minutes. Finally, the fibers were washed with hot water, rinsed with fresh water and neutralized with diluted acetic acid. In the second process, the fibers were bathed in 2 g/l Na_2CO_3 solution with nonionic detergent 10 g/l at 98°C for 60 minutes. Then, the fibers were washed with hot water and rinsed with fresh water and neutralized with diluted acetic acid.

The result of this study revealed that the two-step process using the Zingibain enzyme from ginger and a dilution of Sodium Carbonate gave better result than the one-step process. In addition, the Zingibain enzyme from ginger at 0.6% of the fiber weight and a dilution of Sodium Carbonate at 0.2 g/l Na_2CO_3 with nonionic detergent of 5 g/l was a suitable mixture composition. The weight loss of the fibers, using the two-step method, was at 23.75% which was higher than 22.10% of that the one-step process. However, the fibers of the two-step process were softer than

that of the one-step process. Likewise, the tensile strength of the fibers treated by the two-step process was decreased by 12.89% while the tensile strength of the fibers treated by the one-step process was decreased by 21.11%. Finally, the fibers treated by the one-step process were crimped which were not suitable for weaving process.

Keywords: Silk degumming, Ginger, Zingibain Enzyme

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณา และความอนุเคราะห์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ สนธิสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้ทำการศึกษาวิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมนึก สังข์หนู ประธานกรรมการสอบและกรรมการสอบผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมประสงค์ ภาษาประเทศ ที่ได้ให้ความกรุณาในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของงานวิจัย รวมทั้งเสียสละเวลาในการเป็นกรรมการสอบในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ดร.จิราภรณ์ บุราคร กรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการสกัดเอนไซม์ซิงกิเบนจากขิง อาจารย์พิชิตพล เจริญทรัพยานันท์ และภาควิชาสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ นครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือทดสอบในการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานค้นคว้าฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขาดตกบกพร่อง หรือไม่สมบูรณ์ประการใด ผู้วิจัยกราบขอภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

กฤษฎาพร สีหะวงษ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (5)
กิตติกรรมประกาศ ..... (7)
สารบัญ ..... (8)
สารบัญตาราง ..... (10)
สารบัญภาพ ..... (11)
สารบัญกราฟ ..... (12)
บทที่ 1 บทนำ 13
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 13
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 14
1.3 ขอบเขตงานวิจัย 14
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 14
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15
2.1 ประวัติไหม 15
2.2 วงจรชีวิตและประเภทของไหม 15
2.3 เส้นใยไหม 16
2.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเส้นใยไหม 18
2.4 กาวไหม 19
2.5 ขนาดเส้นใยไหม 21
2.6 การสาวเส้นไหม 22
2.7 ขิง (Ginger) 23
2.8 การลอกกาวไหม 23
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 31
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ 31
3.2 ขั้นตอนการทดลอง 32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง 39
4.1 ผลการทดลองที่ 1 กระบวนการสกัดเอนไซม์โปรติเอส 39
4.2 ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาหาสภาวะการลอกกาวไหม (pH อุณหภูมิ เวลา ความเข้มข้น) ที่เหมาะสม 40
4.3 ผลการทดลองที่ 3 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการลอกกาวไหม 54
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 60
5.1 ข้อเสนอแนะ 61
บรรณานุกรม 62
ภาคผนวก 66
ภาคผนวก ก ค่าของ pH ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม 67
ภาคผนวก ข ค่าของอุณหภูมิต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม 72
ภาคผนวก ค การนำเสนอผลงานวิจัย 76
ประวัติผู้เขียน 87

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของโปรตีนเซริซินและไฟโบอิน 19
ตารางที่ 2.2 แอคติวิตี้ของเอนไซม์ดิบและเอนไซม์ผงเมื่อผ่านกระบวนการเพิ่มความเสถียรภาพ 24
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลอิทธิพลของ pH ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม..... 39
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลของ pH ต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม 40
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลของอุณหภูมิ ต่อความแข็งแรงของเส้นใยไหม 43
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลของอุณหภูมิต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม..... 44
ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลของเวลาต่อความแข็งแรงของเส้นไหม 47
ตารางที่ 4.6 แสดงผลของเวลาต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม..... 48
ตารางที่ 4.7 แสดงผลของความเข้มข้น (ร้อยละ) ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม 50
ตารางที่ 4.8 แสดงผลของความเข้มข้น (ร้อยละ) ต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของ
เส้นใยไหม 51
ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงผลของการทดสอบประสิทธิภาพการลอกกาวด้วยสีไดเร็กท์ 56
ตารางที่ 4.10 แสดงผลของการติดสี (K/S) ของเส้นใยไหมโดยการย้อมด้วยสีแอซิด..... 58

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 วงจรไหม 15
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของเส้นใยไหม 16
ภาพที่ 2.3 ภาพตัดขวางและภาพตัดตามยาวของเส้นใยไหมทั้งสองชนิด 17
ภาพที่ 2.4 ภาพตัดขวางเส้นใยไหม 18
ภาพที่ 3.1 โครงสร้างทางเคมีของสีไดเร็กท์ (C.I. Direct Red 80) 36
ภาพที่ 4.1 เอนไซม์ขิงผง 38
ภาพที่ 4.2 เอนไซม์ขิงผงที่มีความเสถียร 38
ภาพที่ 4.3 เส้นใยไหมดิบ 53
ภาพที่ 4.4 เส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วยเอนไซม์ขิง 53
ภาพที่ 4.5 เส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วย Na_2CO_2 53
ภาพที่ 4.6 เส้นใยไหมดิบ 54
ภาพที่ 4.7 เส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วยเอนไซม์ขิง 54
ภาพที่ 4.8 เส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วย Na_2CO_2 54
ภาพที่ 4.9 เส้นใยไหมดิบหลังย้อมสีไดเร็กท์ 55
ภาพที่ 4.10 เส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วยเอนไซม์ขิงหลังย้อมสีไดเร็กท์ 55
ภาพที่ 4.11 เส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วย Na_2CO_2 หลังย้อมสีไดเร็กท์ 55
ภาพที่ 4.12 แสดงระบบ C.I.E.Lab (L*,a*,b*) 56
ภาพที่ 4.13 เส้นใยไหมดิบหลังย้อมสีแอซิด 57
ภาพที่ 4.14 เส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วยเอนไซม์ขิงหลังย้อมสีแอซิด 57
ภาพที่ 4.15 เส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วย Na_2CO_2 หลังย้อมสีแอซิด 57

สารบัญกราฟ

หน้า

กราฟที่ 4.1 แสดงผลของ pH ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม 41
กราฟที่ 4.2 แสดงผลของ pH ต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม 41
กราฟที่ 4.3 แสดงผลของอุณหภูมิ ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม 45
กราฟที่ 4.4 แสดงผลของอุณหภูมิ ต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม 45
กราฟที่ 4.5 แสดงผลของเวลา ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม 49
กราฟที่ 4.6 แสดงผลของเวลา ต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม 49
กราฟที่ 4.7 แสดงผลของความเข้มข้น ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม 52
กราฟที่ 4.8 แสดงผลของความเข้มข้น ต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม 52

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เส้นใยไหมเป็นเส้นใยโปรตีนชนิดเดียวที่มาจากธรรมชาติ และเป็นเส้นใยยาว (Filament) ที่มีองค์ประกอบของกรดอะมิโนหลายชนิด รวมเป็นพอลิเมอร์ ประกอบด้วยส่วนที่จัดเรียงตัวเป็นระเบียบ (Crystalline Region) และส่วนที่จัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ (Amorphous Region) โดยหนอนไหมจะมีต่อมส่วนหน้าจะผลิตกาวไหม (Sericin) ออกมาเคลือบอยู่รอบๆ สารไฟโบรอิน เพื่อทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่น และกาวยึดเส้นใยไหมทั้งสองเส้นเข้าด้วยกัน จนประกอบกันเป็นรังไหม

การใช้งานรังไหม ส่วนใหญ่นำมาทอเป็นผืนผ้า โดยนำรังไหมหลายๆรังมาต้มด้วยน้ำร้อน โดยน้ำร้อนจะทำให้กาวไหมบางส่วนละลาย สามารถสาวออกเป็นเส้นใยไหมได้ จากนั้นนำเส้นใยไหมมาทำการลอกกาวไหม ฟอกขาวเส้นใยไหม ย้อมสี และนำมาทอเป็นผืนผ้า ซึ่งกระบวนการในการผลิตผืนผ้านั้นมีหลายขั้นตอน แต่กระบวนการลอกกาวไหมนับว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญอีกกระบวนการหนึ่ง เนื่องจากการลอกกาวเป็นการกำจัดกาวไหม และกำจัดสิ่งเจือปนอื่นๆ ที่อาจปะปนอยู่ในเส้นไหม

การลอกกาวไหม (Degumming) หรือการย่อยพันธะเปปไทด์ของกาวไหมให้มีโมเลกุลเล็กลงสามารถละลายน้ำได้ ทำได้หลายวิธี เช่น ใช้กรด ด่าง เอนไซม์ หรือการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงภายใต้ความดัน หรือผสมกับสบู่ หรือสบู่สังเคราะห์ สามารถลอกกาวไหมได้เช่นกัน แต่การลอกกาวไหมที่ชาวบ้านในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมใช้ส่วนมาก มักใช้ด่างในการลอกกาวไหม เพราะสามารถลอกกาวไหมได้อย่างรวดเร็วใช้เวลาในการลอกกาวไหมน้อย แต่มีข้อเสียคือการใช้ด่างถ้าใช้ในปริมาณที่มากเกินความจำเป็นจะส่งผลต่อเส้นใยไหม ทำให้ไฟโบรอินสูญเสียความแข็งแรง ลดความมันเงา มีสภาพเปื่อยง่าย ไม่เหมาะกับกระบวนการทอผ้า อีกทั้งทำลายสิ่งแวดล้อมและเป็นพิษกับผิวหนังผู้ลอกกาวไหม

เนื่องจากผู้วิจัยปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพผ้าไหม จากการลงพื้นที่เพื่อตรวจกระบวนการผลิตผ้าไหม แล้วพบว่าผ้าที่เกษตรกรผลิตมีการลอกกาวไหมโดยใช้ด่างการลอกกาวไหมหากใช้สภาวะในการลอกไหมที่ไม่เหมาะสม จะกระทบกับคุณภาพเส้นไหม ดังนั้นผู้วิจัยจึงหาสิ่งทดแทนสารเคมีที่เหมาะสมกับกระบวนการลอกกาวไหมที่รุนแรงน้อยกว่า และทำปฏิกิริยาเฉพาะที่มากกว่าการใช้ด่าง ซึ่งเอนไซม์ (Enzyme) เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมกับกระบวนการลอกกาวไหม

มากกว่ากระบวนการอื่นๆ อีกทั้งเอนไซม์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ใช้สภาวะการลอกกาวไหมที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า เป็นปฏิกริยาย่อยสลายที่ไม่รุนแรง ไม่ใช้สารเคมีที่รุนแรง (ไม่ทำลายเส้นใยหากควบคุมปริมาณ และสภาวะการใช้ที่เหมาะสม) เมื่อทิ้งสารเหล่านี้สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ จากการศึกษาข้อมูลที่หลากหลายพบว่า เอนไซม์ที่ได้จากขิงแก่ มีชื่อเอนไซม์ซิงกิเบน (Zingibain) สามารถย่อยสลายโปรตีนได้ดี โดยเฉพาะขิงแก่ได้นำมาใช้การทำอาหารมายาวนาน จึงมีแนวคิดที่จะนำขิงมาสกัดเป็นเอนไซม์ เพื่อย่อยสลายสารโปรตีนจากกาวไหม โดยย่อยสลายให้กลายเป็นสายโซ่ของพอลิเปบไทด์สั้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสภาวะของกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (กระบวนการลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) เทียบกับกระบวนการลอกกาวไหมขั้นตอนเดียวด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ (สูตรที่ชาวบ้านใช้งาน)

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. สกัดเอนไซม์ซิงกิเบนจากขิงสด อายุ 8 – 12 เดือน
2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสม (pHอุณหภูมิเวลา) ในการลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์ซิงกิเบนที่สกัดจากขิง
3. เปรียบเทียบสภาวะของกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (กระบวนการลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) เทียบกับกระบวนการลอกกาวไหมขั้นตอนเดียวด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ (สูตรที่ชาวบ้านใช้งาน) และทดสอบประสิทธิภาพการลอกกาวเส้นใยไหม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเปรียบเทียบสภาวะของกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน กระบวนการลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) เทียบกับกระบวนการลอกกาวไหมขั้นตอนเดียวด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ (สูตรที่ชาวบ้านใช้งาน)ได้
2. ได้เส้นไหมที่มีคุณภาพมากขึ้นในแง่ของความแข็งแรง และประสิทธิภาพการดูดติดสีย้อมที่ดีขึ้น
3. สามารถนำผลการวิจัยไปเผยแพร่ และใช้งานกับกระบวนการทอผ้าไหม

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติไหม [1-2]

ณ ประเทศจีน เมื่อประมาณ 4,500 ปี พระนางง่วนสุย พระมเหสีของพระเจ้าอึ้งตี่ ได้ค้นพบหนอนไหมในอุทยานโดยบังเอิญ ซึ่งตัวหนอนไหมที่บนต้นหม่อน ชักใยพันรอบตัวกลายเป็นรังไหม พระนางง่วนสุยจึงหยิบรังไหมมาพิจารณา และรังไหมตกลงไปในถ้วยน้ำชาทำให้เส้นใยไหมสามารถเมื่อดึงออกมาจะเป็นเส้นใยได้ และเส้นใยไหมที่มีความเหนียว พระนางทรงดำริว่า ถ้านำเส้นใยไหมมาทอเป็นผืนผ้าคงดีกว่าแต่ก่อนที่ใช้ปอ ป่านนำมาใช้ทอเป็นเครื่องนุ่งห่ม เมื่อพระนางสามารถเลี้ยงไหม ควบเส้นใยไหม ทอเป็นผืนผ้าสำเร็จ จึงได้รับการถวายพระฉายาว่า “ นางพญาแห่งหัตถกรรมไหม”

ต่อจากนั้นมีนักสำรวจชาวยุโรป มาเปิดเส้นทางสายไหม (Silk Road) เป็นเส้นทางการค้าเส้นใยไหมยุคโบราณ ซึ่งเริ่มมีมายาวนานถึงสองร้อยกว่าปีก่อนคริสตกาลในยุคของราชวงศ์ฮั่นของประเทศจีน โดยเริ่มต้นจากเมืองฉางอัน หรือซีอานในประเทศจีน ผ่านไปยังฝั่งตะวันตกของประเทศจีน เข้าสู่ประเทศอัฟกานิสถาน และประเทศอิหร่านเข้าสู่ประเทศในแถบเอเชียกลางและยุโรป ซึ่งสิ้นสุดที่ประเทศแถบชายฝั่งทะเลเมดิเตอเรเนียนในทวีปยุโรป

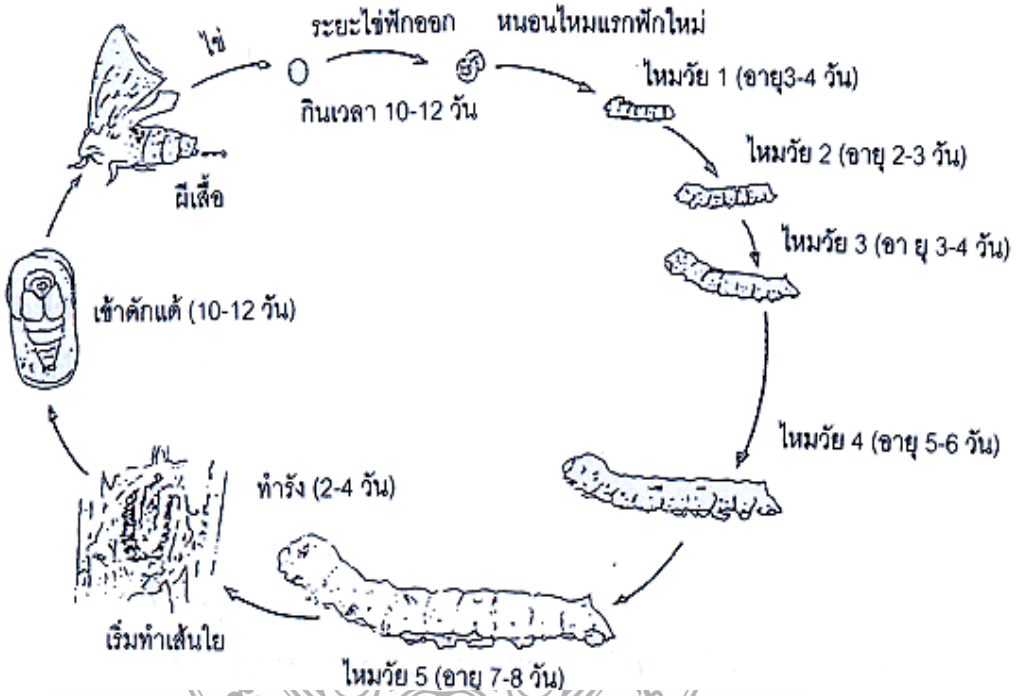
2.2 วงจรชีวิตและประเภทของไหม [3-6]

หนอนไหมเป็นตัวอ่อนของผีเสื้อชนิดหนึ่ง มีการเจริญเติบโต 4 ระยะได้แก่ ไข่ (Egg) หนอน ((Larvae) ดักแด้ (Pupae) และตัวเต็มวัย (Moth) โดยที่ระยะเวลาของไข่จนถึงตัวเต็มวัย มีระยะเวลาประมาณ 6 - 8 สัปดาห์ ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะของสายพันธุ์ และสภาพลมฟ้าอากาศ
การแบ่งประเภทไหมตามการฟักตัว (จำนวนครั้งต่อปี)

Monovoltine เป็นหนอนไหมที่มีการฟักไข่ปีละ 1 ครั้ง อยู่แถบอากาศหนาว อายุยาวกว่าพันธุ์อื่น หนอนไหมมีขนาดใหญ่ ทำให้มีขนาดรังใหญ่ และให้เส้นใยไหมมีคุณภาพดี เส้นใยไหมมีความยาวต่อรัง ประมาณ 1,200-1,500 เมตร

Bivoltine เป็นหนอนไหมที่มีการฟักไข่ปีละ2 ครั้ง อยู่แถบอากาศอบอุ่น อายุของหนอนไหมสั้นและมีความแข็งแรงกว่าประเภท Monovoltine แต่คุณภาพเส้นใยไหมด้อยกว่า Monovoltine จึงนิยมนำมาผสมกับ Monovoltine เพื่อให้ได้เส้นใยไหมที่มีคุณภาพดีขึ้น ความยาวเส้นใยไหมต่อรังประมาณ 1,000-1,200 เมตร

Polyvoltine เป็นหนอนไหมที่มีการฟักไข่ปีละหลายครั้ง อยู่ในแถบอากาศร้อนชื้น หนอนไหมมีอายุสั้นกว่าทั้ง 2 สายพันธุ์ข้างต้น มีความแข็งแรงมาก มีทั้งสีขาวและสีเหลือง รังไหมมีขนาดเล็ก ทำให้สาวเป็นเส้นใยไหมได้ปริมาณน้อย เส้นใยไหมมีความมันเงาสูง แต่จะมีปุ่มปมมาก ความยาวเส้นใยไหมต่อรังประมาณ 200-400 เมตร



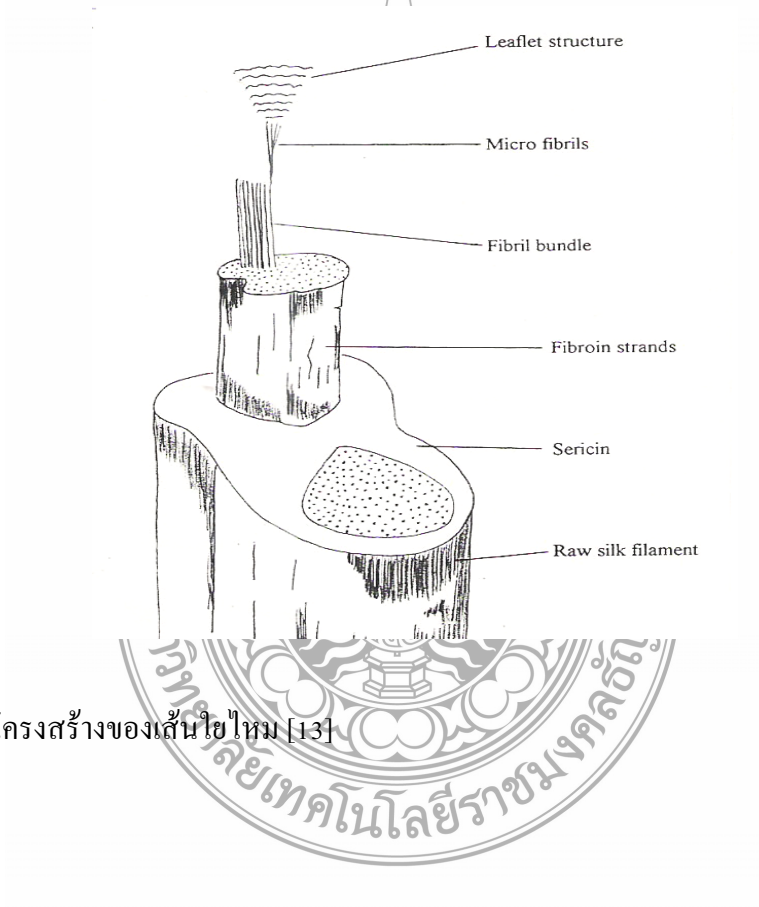
ภาพที่ 2.1 วงจรไหม [6]

2.3 เส้นใยไหม (Silk Fibers) [7-14]

เส้นใยไหมเป็นเส้นใยโปรตีนที่มีองค์ประกอบของกรดอะมิโนหลายชนิด และเป็นเส้นใยยาว (Filament) ชนิดเดียวที่มาจากธรรมชาติ กันรวมเป็นพอลิเมอร์ ประกอบด้วยส่วนที่จัดเรียงตัวเป็นระเบียบ (Crystalline Region) และส่วนที่จัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ (Amorphous Region) โดยที่

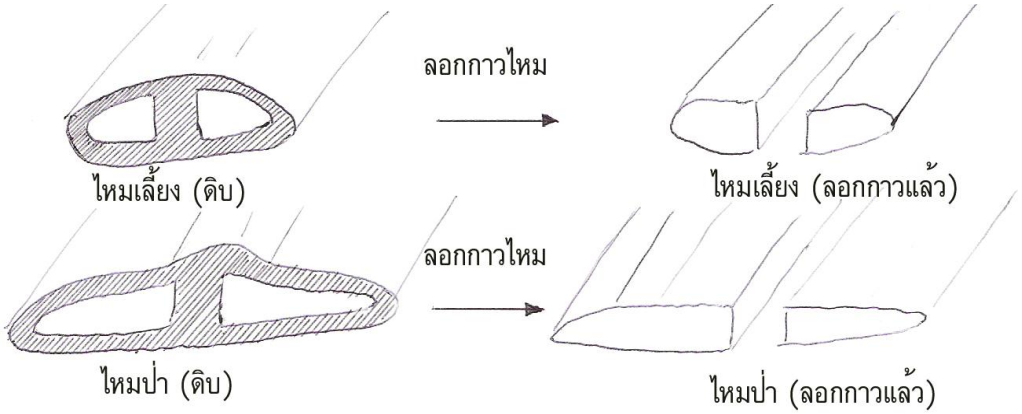
ส่วนที่จัดเรียงตัวเป็นระเบียบเป็นส่วนที่มีบทบาทที่จะทำให้ไหมเกิดความเหนียวมากหรือน้อยโดย ส่วนที่จัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบมีผลต่อการติดสีของเส้นใยไหม

เส้นใยไหมประกอบด้วยโปรตีนหลัก 2 ชนิดคือ เส้นใย (ไฟโบรอิน (Fibroin)) และกาวไหม (เซริซิน (Sericin)) ไฟโบรอินประกอบด้วยกรดอะมิโนที่สำคัญ ได้แก่ Glycine ประมาณร้อยละ 38 Alanine ประมาณร้อยละ 22 Serine ประมาณร้อยละ 15 และ Tyrosine ประมาณร้อยละ 9 กรดอะมิโนที่พบในเส้นใยไหมมีโครงสร้างที่เป็นผลึกมาก มีการจัดเรียงตัวที่เป็นระเบียบ และสายโซ่โมเลกุลยึดติดกันด้วยพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงระหว่างหมู่คาร์บอกซิลและหมู่อะมิโนจึงทำให้ไฟโบรอินไม่ละลายน้ำ



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของเส้นใยไหม [13]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



ภาพที่ 2.3 ภาพตัดขวางและภาพตัดตามยาวของเส้นใยไหมทั้งสองชนิด [14]

2.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเส้นใยไหม

2.3.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพเส้นใยไหม

ลักษณะของใยไหมดิบเป็นเส้นใย 2 เส้นที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ เมื่อลอกกาวออกแล้วจะแยกออกเป็นเส้นใยเดี่ยวเรียบสม่ำเสมอ 2 เส้น มีลักษณะโปร่งแสง มีรูปร่างภาคตัดขวางเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมมน มีขนาดต่างๆ กันขึ้นกับพันธุ์ของไหม

ลักษณะ และรูปร่าง เส้นใยไหมเป็นเส้นใยที่มียาวต่อเนื่องโดยประมาณ 900-1,700 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 9-11 ไมครอน สีของเส้นใยไหมดิบจะมีสีเหลือง-สีครีม สำหรับเส้นใยไหมป่าจะมีความหยาบกระด้าง ไม่เรียบ ค่อนข้างจะไม่มันเงา เมื่อเทียบกับเส้นใยไหมเลี้ยง

ธรรมชาติของการดูดความชื้น สามารถดูดความชื้นโดยเฉลี่ยร้อยละ11 ซึ่งมากกว่าฝ้ายที่ถูกเมอร์เซอร์ไรซ์แล้ว(ร้อยละ 10.5)

ความแข็งแรง ค่าความเหนียวจะอยู่ในช่วง 2.4-5.1 กรัมต่อดีเนียร์ และเมื่อเปียกน้ำจะมีความแข็งแรงลดลงประมาณร้อยละ 80-85

การยืดตัวและหดกลับ ยืดตัวได้สูงสุดร้อยละ 15 ถ้ายืดตัวออกไปร้อยละ 2 จะหดกลับได้ร้อยละ 90

ความคงรูป ทนต่อการยืดหดได้ดี เมื่อผ่านการซักผ้าจะหด แต่เมื่อดึงและรีดก็จะกลับคืนเข้าสู่ขนาดเดิม

การคืนตัว การยืดตัวออกก่อนขาดของเส้นใยจะอยู่ประมาณร้อยละ 20-25 ในสภาวะปกติ

ความถ่วงจำเพาะ ความถ่วงจำเพาะอยู่ในระหว่าง 1.32-1.33 อย่างไรก็ตามเส้นใยไหมที่เพิ่มน้ำหนักจะมีค่าประมาณ 1.60

2.3.1.2 คุณสมบัติทางเคมี

สารฟอกขาว ไม่ควรใช้สารฟอกขาวชนิดที่มีคลอรีนเป็นส่วนประกอบกับไหมเพราะทำให้เส้นใยลดความเหนียวเข็งแรง ควรใช้สารฟอกขาวที่ไม่แรง เช่น ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ และเพอร์บอเรต

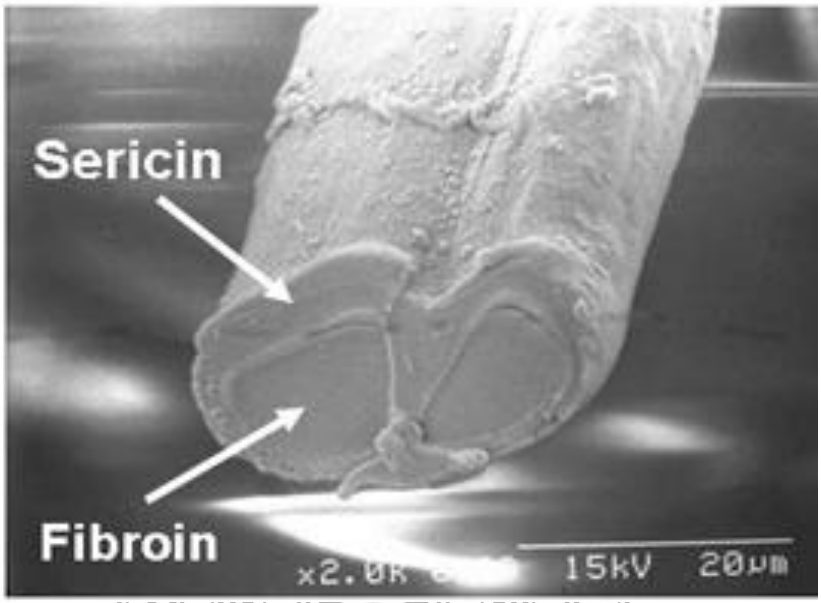
กรด-ด่าง กรดแร่เข้มข้นและด่างเข้มข้นจะละลายไหมได้กรดไนตริกจะทำให้ไหมสีเหลือง

สารทำละลายอินทรีย์ ทนต่อสารทำละลายอินทรีย์ทุกชนิดได้

แสงแดดและความร้อนสูง จะทำให้เส้นใยลดความเหนียวลงเนื่องจากทำให้โปรตีนสลายตัวได้เร็วขึ้น

รอยเปื้อน เมื่อเปียกเหงื่อจะเห็นรอยเปียกได้ง่ายและเมื่อเหงื่อแห้งจะเห็นรอยคราบเหงื่อได้ง่าย

2.4 กาวไหม (Sericin) [15-20]



ภาพที่ 2.4 ภาพตัดขวางเส้นใยไหม [14]

กาวไหม (Sericin) คือโปรตีนที่หนอนไหมพ่นออกมาเคลือบอยู่รอบๆ เส้นใยไหม (Fibroin) หน้าที่ของเซริซินคือเป็นตัวห่อหุ้มและเป็นตัวยึดให้เส้นใยไหม (Fibroin) 2 เส้นรวมกัน องค์ประกอบหลักทางเคมีของเซริซินประกอบด้วยกรดอะมิโนที่มีขั้วในอัตราส่วนที่สูง นอกจากไกลซีน อะลามีนและเซอรีนแล้ว เซริซินยังประกอบด้วยกรดกลูตามิก ทรีโอนีนและไทโรซีน

เนื่องจากโซ่โมเลกุลของพอลิเปปไทด์มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าไฟโบรอิน จึงทำให้เซริซินละลายได้ในน้ำร้อน นอกจากนี้ละลายได้เมื่อต้มด้วยสบู่ สารซักฟอกสังเคราะห์ หรือกรดอินทรีย์ เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของโปรตีนเซริซินและไฟโบอิน [19]
(กรดอะมิโนเป็นกรัม ในโปรตีน 100 กรัม)

กรดอะมิโน		กาวไหมเซริซิน	ไฟโบรอิน
	Glycine	8.66	41.25
	Alanine	3.51	28.87
Non-polar Amino-acid	Valine	3.14	2.63
	Leucine	1.02	0.32
	Isoleucine	0.77	0.44
	Praline	0.66	-
	Phenylalanine	0.50	0.58
Acidic-amino acid	Aspartic acid	17.03	0.76
	Glutamic acid	7.46	0.69
	Arginine	6.07	0.86
Basic-amino acid	Histidine	1.88	-
	Lysine	4.95	0.17
Oxy-amino acid	Serine	27.32	13.22
	Threonine	7.48	0.81
	Tyrosine	4.43	10.96
Sulfur-complex	Methionine	-	-
Amino acid	Cysteine	0.20	-
	รวม	95.80	101.56

2.4.1 สมบัติของเซริซิน

1) สารแข็งสีเหลืองทึบแสง ขณะที่มีเซริซินจะรู้สึกหยาบ และไม่มีความมันเงา

2) ไม่ละลายในอีเทอร์ แอลกอฮอล์ เบนซิน อะซิโตน และตัวทำละลายอื่นๆ แต่สามารถละลายได้ในน้ำ และสารละลายของกรดและด่าง ความสามารถในการละลายน้ำของเซริซินจะแตกต่างกับไฟโบรอินเนื่องจากมีโครงสร้างทางเคมีที่มีหมู่ช่วยในการละลายน้ำได้สูง มีความเป็นระเบียบในการจัดเรียงตัวต่ำและโมเลกุลภายในมีปฏิกิริยาต่อกันต่ำ นอกจากนี้ความสามารถในการละลายน้ำของเซริซินยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่อุณหภูมิต่ำกว่า 90 องศาเซลเซียส เซริซินจะเกิดการพองตัวได้ โดยไม่ต้องใช้สารเคมีที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะเกิดการลอกกาวอย่างสมบรูณ์ของไหมเมื่อต้มหลายๆ ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส อัตราการละลายจะเพิ่มขึ้น และที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส สามารถลอกกาวไหมออกจากเส้นใยได้โดยใช้เวลาต้ม 1 ชั่วโมง

3) เซริซินละลายได้ดีในสารละลายของกรดและด่าง เพราะเซริซินจัดเป็นโปรตีนที่มีทั้งความเป็นกรดและด่าง จึงมีความสามรถในการจับตัวเป็นเกลือกับสารละลายกรดหรือด่างโดยการใช้สารละลายด่างอ่อนๆ pH 9.5-10 เส้นใยไหมจะถูกลอกอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 95 -100 องศาเซลเซียส

4) เซริซินไม่ทนต่อการเน่าเปื่อยและจะเกิดการแตกตัวได้ง่ายโดยใช้ จุลินทรีย์

2.5 ขนาดเส้นใยไหม (ดีเนียร์) [21]

ดีเนียร์ (Denier) เป็นระบบเบอร์ด้ายที่มีความยาวคงที่ โดยน้ำหนักเปลี่ยนไปตามเบอร์ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น ในระบบนี้เบอร์ด้ายยิ่งสูง ขนาดเส้นยิ่งใหญ่ ถ้าเบอร์ต่ำเส้นจะเล็ก นิยมใช้กับเส้นด้ายสังเคราะห์ใยยาวเช่น พอลิเอสเตอร์, ไนลอน เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้กับไหมซึ่งเป็นใยยาวจากธรรมชาติด้วย เนื่องจากเส้นใยไหมเป็นเส้นใยจากธรรมชาติความสม่ำเสมอจะน้อยกว่า เส้นใยที่ผลิตจากเครื่องจักร ดังนั้นเส้นใยไหมจะไม่กำหนดขนาดที่ตายตัว แต่กำหนดขนาดเป็นช่วงแทน

การกำหนดเบอร์ดีเนียร์ คือ

เบอร์	1 ดีเนียร์(D)	หนัก	1	กรัม ยาว	9,000	เมตร
เบอร์	100 ดีเนียร์(D)	หนัก	100	กรัม ยาว	9,000	เมตร
เบอร์	150 ดีเนียร์(D)	หนัก	150	กรัม ยาว	9,000	เมตร

เส้นไหม 1 ดีเนียร์ หมายถึง เส้นไหมยาว 9,000 เมตร หนัก 1 กรัม

เขียนเป็นสูตร ได้ดังนี้

เบอร์ (D) = น้ำหนัก (กรัม) x 9,000 / ความยาว (เมตร)

การกำหนดเบอร์ดีเนียร์ของเส้นใยไหม เช่น

เบอร์	20/22	ดีเนียร์(D)	หนักในช่วง	20 – 22	กรัม	ยาว 9,000	เมตร
เบอร์	100/120	ดีเนียร์(D)	หนักในช่วง	100 -120	กรัม	ยาว 9,000	เมตร
เบอร์	150/200	ดีเนียร์(D)	หนักในช่วง	100 - 120	กรัม	ยาว 9,000	เมตร

2.6 การสาวเส้นไหม (Silk Reeling) [22-23]

การสาวไหม เป็นการดึงเอาเส้นใยออกจากรังไหมที่ต้มแล้วรวมกันหลายๆ รัง ให้รวมตัวเกาะกันเป็นเส้นใยไหมตามขนาดและลักษณะที่ต้องการ โดยมีทั้งการสาวไหมโดยใช้แรงคน อุปกรณ์สาวแบบพื้นบ้าน อุปกรณ์สาวแบบปรับปรุง และสาวด้วยเครื่องจักร

การต้มรังไหม มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้กาวไหม (Sericin) ละลาย และอ่อนตัว เพื่อง่ายแก่การดึงเส้นใยไหมออกจากรังไหม ทำให้สาวเส้นใยไหมออกได้ง่าย น้ำสำหรับต้มรังไหมต้องเป็นน้ำสะอาด มีค่าความเป็น กรด-ด่าง อยู่ในระดับที่เป็นกลาง และต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อน้ำเปลี่ยนเป็นสีคล้ำหรือสกปรก เพื่อควบคุมคุณภาพสีของเส้นใยไหม

2.6.1 เทคนิคการสาวไหม

1. คัดคุณภาพรังไหม โดยคัดแยกรังดีและรังเสียออกจากกัน เพื่อแยกสาวเส้นใยไหมตามคุณภาพของรังไหม เส้นใยไหมที่ได้จากรังไหมดีจึงเป็นไหมที่มีคุณภาพดี ส่วนเส้นใยไหมที่ได้จากรังไหมเสียจะเป็นเส้นใยไหมที่คุณภาพด้อยกว่า

2. การต้มรังไหม เตรียมน้ำต้มสาวที่สะอาด มีสภาพความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 6.8-7.5

3. ต้มน้ำให้ร้อน 85-90 องศาเซลเซียส

4. ใส่รังไหมลงในหม้อต้มสาว จำนวนรังไหมที่ใส่ลงในหม้อต้มสาวครั้งแรกจะขึ้นอยู่กับขนาดความโตเส้นใยไหมโดยทั่วไปการสาวไหมน้อยจากพันธุ์ไทยพื้นบ้านเท่ากับ130 รังโดยประมาณ ส่วนไหมพันธุ์ไทยลูกผสม 110 รังโดยประมาณ ทั้งนี้ผู้สาวไหมจะต้องพยายามรักษาจำนวนรังไหมในการสาวให้อยู่ในระดับที่เท่ากับการเริ่มต้น ด้วยการทยอยเติมรังเพิ่ม เมื่อมีรังที่สาวหมดไป

5. การสาวไหม การดึงเส้นจากรังไหมที่อยู่ในหม้อต้มสาวให้ดึงด้วยแรงอย่างสม่ำเสมอ อาจจะดึงลงกระบุง ดึงเข้าอัก หรือดึงเข้าเหล่งก็ได้ ในขณะที่ทำการสาวให้รักษาระดับอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส

6. การเหล่งไจไหม เป็นกรรมวิธีในการจัดเรียงเส้นใยไหมเป็นไจหรือเข็ดไหม โดยให้จัดเรียงเป็นแบบสานตาข่าย หรือที่เรียกว่าไดมอนด์ครอส น้ำหนักไจประมาณ 80-100 กรัม ทำไพจำนวนอย่างน้อย 6 ไพ นำไจไหมผึ่งตากแห้ง

2.7 ขิง (Ginger) [24-26]

ขิงเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย และหมู่เกาะแปซฟิก ปัจจุบันมีการปลูกขิงกันทั่วไปในทวีปเอเชีย แอฟริกาตะวันออก หมู่เกาะอินเดียตะวันออก เกาะคาร์ริบบอน ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา และจาไมกา ขิงจัดอยู่ในตระกูล Zingiberaceae วงศ์ Zingiberales มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Zingiberofficinale Roscoe และมีชื่อเรียกในแต่ละท้องถิ่นแตกต่างกันไป เช่น ขิงแดง (จันทบุรี) ขิงเผือก (เชียงใหม่) หรือ สะเอ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) เป็นต้น สำหรับในต่างประเทศ มีชื่อเรียกขิงที่แตกต่างกันไป เช่น Juhe (อินโดนีเซีย) Luya (ฟิลิปปินส์) Shoga (ญี่ปุ่น) เป็นต้น ขิงเป็นตระกูลเดียวกับขมิ้น ข่า และกระชาย มีลำต้นหรือเหง้าอยู่ใต้ดิน ซึ่งเป็นส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์ทั้งทางด้านอาหารและด้านการแพทย์

2.7.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [27-29]

ขิงจัดเป็นพืชที่มีส่วนของลำต้นแท้จริงอยู่ใต้ดิน (Underground Stem) เรียกว่า “เหง้าหรือแง่ง” ขิง (rhizome) เช่นเดียวกับพืชเศรษฐกิจบางชนิด เช่น กล้วย ไผ่ และอ้อย แง่งขิงมีลักษณะเป็นแท่งสั้น แข็ง สีขาว หรือสีเหลืองอ่อน มีเยื่อและเกล็ดห่อหุ้ม ซึ่งบริเวณนี้เป็นตำแหน่งที่เกิดของรากฝอยจำนวนมาก การแตกแขนงของแง่งขิงมีลักษณะคล้ายนิ้วมือ แง่งอันแรกจะเจริญและแตกแง่งย่อยต่อๆ กันไป แง่งขิงขณะอ่อนจะมีสีเขียว ต่อมาจึงเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาลเมื่อแก่ ส่วนลำต้นที่อยู่เหนือพื้นดินนั้นถือเป็นลำต้นเทียม (Pseudo Stem) ที่เกิดจากกาบใบซ้อนทับและอัดแน่นกันเป็นชั้นๆ เหนือดินโดยเจริญเติบโตมาจากตาขิงที่ปรากฏอยู่บริเวณข้อบนของแง่งขิง ลักษณะตั้งฉากกับผิวดินมีสีเขียวอ่อนระยะแรก ต่อมาจึงเปลี่ยนเป็นสีเขียวแก่มีอายุเพียงฤดูกาลเดียวเมื่อถึงฤดูเก็บเกี่ยว หรือมีอายุประมาณ 8-12 เดือน หลังจากนั้นจะเหี่ยวและตายไปในที่สุด ขิงเป็นพืชที่มีแผ่นใบบาง ยาวประมาณ 15 -27 เซนติเมตร ออกดอกและติดเมล็ดน้อยมาก โดยดอกของขิงเป็นช่อยาวประมาณ 5- 7 เซนติเมตร

2.7.2 การเก็บเกี่ยวขิง [30-31]

อายุการเก็บเกี่ยวขิงขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ประโยชน์ กล่าวคือ ขิงอ่อนเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 4 – 6 เดือน ซึ่งเป็นระยะที่ขิงมีเนื้ออ่อน เสี้ยนน้อย เหมาะสำหรับรับประทานสด หรือแปรรูปขิงดอง ส่วนการเก็บเกี่ยวขิงแก่ให้มีคุณภาพดี ควรเก็บเกี่ยวเมื่อขิงมีอายุ 8 -12 เดือน โดยขิงที่เจริญเติบโตเต็มที่เหมาะต่อการเก็บเกี่ยวนั้น ส่วนของลำต้นและใบจะเริ่มเหี่ยวเฉาและแห้ง

2.7.3 สมบัติของเอนไซม์โปรติเอสที่สกัดจากขิง [32-34]

สมบัติของเอนไซม์โปรติเอสจากขิง พบว่า แง่งขิงแก่จะมีปริมาณเอนไซม์ที่สูงกว่าขิงอ่อน ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง(pH) ที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ คือ 5.0–5.6 0 และ 6.5-7. ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์คือ 40-60 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่ทำให้เอนไซม์ดังกล่าวมีกิจกรรมสูงสุดคือ 60 องศาเซลเซียส ขณะที่การใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์จะลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งสมบัตินี้มีความคล้ายคลึงกับเอนไซม์ย่อยโปรตีนจากพืชชนิดอื่น เช่น ปาเปน (papain) โบรมิเลน (bromelain) ฟีซิน (ficin) เป็นต้น

2.7.4 กระบวนการผลิตเอนไซม์จากขิง [35] (ดัดแปลงจาก US patent 4,842,758)

นำขิงแก่ 1 กิโลกรัม ปอกเปลือก หั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำไปปั่นในโถปั่น แล้วนำไปแยกเอนไซม์ดิบ (Crude Enzyme) ออกจากส่วนของแข็งโดยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง ความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จะได้ส่วนสารละลายแยกออกมาเป็นส่วนเอนไซม์ดิบ จากนั้นนำไปผลิตเอนไซม์ผง โดยนำเอนไซม์ดิบปริมาณ 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดก้นกลมขนาด 500 มิลลิลิตร แช่แข็งตัวอย่าง (Pre Freeze) ที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเอนไซม์ดิบกลายเป็นเกล็ดน้ำแข็งแล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบอบแห้งแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิห้องและลดความดันลง จะได้เอนไซม์ผงบริสุทธิ์

การทำให้เอนไซม์มีความเสถียร

- ชั่งเคซีน 20 กรัม ผสมกับ 0.17 นอร์มอล โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 80 กรัม กวนให้เข้ากัน ให้ความร้อน 50 องศาเซลเซียส เพื่อละลายเคซีน จากนั้นเติมเอนไซม์ 10 กรัม ได้สารละลายผสมเคซีนเอนไซม์ จากนั้นเติม 1M Ascorbic acid 3 มิลลิลิตร

-โบรอก 113 กรัม ผสมกับ สารละลายกรดแลกติกเข้มข้น 253 กรัม แล้วทำเป็นกลาง (Neutralized) ด้วย 12 N NaOH 115 กรัม ได้สารละลายผสมโบรอกกรดแลกติก จากนั้นนำสารผสมโบรอกและแลกติกมา 5 มิลลิลิตร ผสมกับ 1 M Ascorbic Acid 5 มิลลิลิตร

- นำสารละลายข้อ 1) (สารละลายผสมเคซีนเอนไซม์) 24 กรัม ผสมกับสารละลาย ข้อ 2) (สารละลายผสมโบรอกกรดแลกติก) 33 กรัม จะได้เอนไซม์ที่มีความเสถียร (Stabilized enzyme)

ตารางที่ 2.2 แอคติวิตี้ของเอนไซม์ดิบ และเอนไซม์ผงเมื่อผ่านกระบวนการเพิ่มความเสถียรภาพ [35]

ตัวอย่าง	Enzyme activity (Unit/m/min) ± SD	โปรตีน (mg)	Specific activity (Unit/mg protein)
เอนไซม์ดิบ	15.48±0.25	0.041	377.56
เอนไซม์ดิบเพิ่มความเสถียร	0.76±0.24	0.013	58.46
เอนไซม์ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	30.87±1.14	0.140	220.50
เอนไซม์ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเพิ่มความเสถียร	12.30±1.81	0.012	1,025.00

2.7.5 กลไกการทำงานของเอนไซม์โปรติเอส [36-37]

กลไกการทำงานของเอนไซม์โปรติเอส แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มแรกเป็นกลุ่มที่มีการสร้าง Covalent Enzyme Complexเป็นกลุ่มที่มีการสร้าง Covalent Enzyme Complex ในช่วงที่เอนไซม์อยู่ในสภาวะทรานซิชัน (Transition State) หรือภาวะของเอนไซม์ที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงที่พร้อมจะทำปฏิกิริยา ที่บริเวณ Catalytic Site จะมีกรดอะมิโนอยู่ที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางในการทำงาน มีความเป็น Nucleophilic สูง เพื่อสร้างพันธะโควาเลนท์กับสับสเตรทกลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อน เอนไซม์ในกลุ่มนี้ได้แก่พวก Serine และ Cysteine Proteases

กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่ไม่สร้าง Covalent Enzyme Complexเป็นกลุ่มที่ไม่สร้าง Covalent Enzyme Complex แต่จะใช้ปฏิกิริยาบางอย่าง เช่น น้ำ หรือโลหะเข้ามาเกี่ยวข้องกับเอนไซม์เอนไซม์ในกลุ่มนี้ได้แก่ Aspartic Peptidases และ Metallopeptidases

กลไกการทำงานของเอนไซม์ซิงกิเบนที่สกัดจากขิงเอนไซม์ซิงกิเบนที่สกัดจากขิงเป็นเอนไซม์ประเภท Cysteine Endopeptidases คือ มีการสร้าง Covalent Enzyme Complex และมีการสร้าง Tetrahedral Complex เพื่อตัดพันธะเปปไทด์ของสับสเตรท โดยตัวอย่างเอนไซม์นี้ คือ ปาเปนอิน (Papain) ซึ่งอะตอมที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอนหรือใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน คือ ซัลเฟอร์ ซึ่งอยู่ใน Histidine Side Chain ซึ่งมี His 25 (ระบบการจัดตำแหน่งของ papain) จากนั้น Side Chain ของ His 159 จะทำหน้าที่เป็นตัวรับ ไฮโดรเจน ส่วน –NH-group ของกลูตามิน และ His 25 จะเข้ามาทำปกิกิริยาด้วยกลายเป็น Tetrahedral Enzyme Complex และกลายเป็น Thioacyl-Enzyme Intermediate

2.8 การลอกกาวไหม (Degumming) [38-39]

การลอกกาวไหม (Degumming) การกำจัดกาวไหม และกำจัดสิ่งเจือปนอื่นๆ ที่อาจปะปนอยู่ในเส้นใยไหม เป็นการทำลายพันธะเปปไทด์ของกาวไหมให้มีโมเลกุลเล็กๆที่สามารถละลายน้ำได้ โดยกาวไหม (Sericin) สามารถสลายได้ในสารละลายกรด หรือเบส หรือเอนไซม์ย่อยโปรตีน น้ำร้อน โดยใช้คุณสมบัติความสามารถในการละลายที่แตกต่างกันระหว่างกาวไหม (Sericin) และเส้นใยไหม (Fibroin)ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี

2.8.1 การลอกกาวไหมด้วยน้ำภายใต้ความดันสูง (High Pressure Water Degumming)

การลอกกาวไหมพันธุ์ต่าง ๆ ให้ความร้อน 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และทำซ้ำแบบ เดียวกันนี้ 3-4 ครั้ง การต้มไหมในน้ำเป็นเวลานานๆ จะค่อยๆ ทำให้เส้นใยไหมเกิดการเสื่อมสลายและ ไฮโดรซิสอย่างช้าๆ ในกรณีนี้หากใช้อุปกรณ์ความดันสูงจะทำให้เส้นใยไหมเสื่อมสลายหรือถูก ทำลาย น้อยที่สุด

2.8.2 การลอกกาวไหมด้วยสบู่ (Soap Degumming)

จุ่มเส้นใยไหมดิบลงในน้ำอุ่น 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที กาวไหม (Sericin) จะอ่อนตัว แล้วให้ความร้อนเพิ่มขึ้นมากกว่า 90 องศาเซลเซียส โดยใช้สารละลายสบู่ 15-20 % ต่อน้ำหนักวัสดุ (30-50 เท่าของน้ำหนักไหมดิบ) เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ก็จะลอกเซริซินออกเกือบหมด และนำมาตกแต่งการลอกกาวอีก โดยใช้สบู่ใหม่ 10-15 % ต่อน้ำหนักวัสดุ ให้ความร้อนมากกว่า 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงหลังจากแยกสารละลายออกแล้ว นำมาล้าง 2-3 ครั้ง ที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส ด้วยสารละลายโซดาซักผ้า 0.1 % และล้างน้ำอีกหลายครั้ง การควบคุมอุณหภูมิน้ำเป็นเรื่องสำคัญ เพราะว่าถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส คุณภาพการล้างจะลดลง การลอกกาวซึ่งใช้สบู่มีคุณภาพดีจะให้เส้นใยไหมที่มันเงาและเรียบสวย แต่การลอกกาวด้วยสบู่ทำให้เกิดการลอกกาวที่ไม่สม่ำเสมอง่ายและเกิดการหมองคล้ำ อันเกิดจากไคลสบู่ที่เกิดจากอิออน บวก (Cation) ในน้ำ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก แล้วทำให้เกิดการย้อมสีต่างได้ง่าย การขจัดสบู่ด้วยการล้างทำได้ยาก จึงทำให้เกิดสีเหลือง และมีปัญหามลภาวะน้ำเสีย

2.8.3 การลอกกาวไหมด้วยสารซักล้างสังเคราะห์ (Detergent Degumming)

สารซักล้างสังเคราะห์มีบทบาทสำคัญในกระบวนการลอกกาวไหมเพราะมีข้อได้เปรียบบางกว่าสบู่ เช่น การลดเวลา ของการรักษา และการทำลายเส้นใยน้อย Shukla อธิบายว่าสารซักล้างสังเคราะห์ประเภทไม่มีประจุ (Non-ionic Detergent) ช่วยกำจัดกาวไหมและสิ่งเจือปนอื่นๆบนเส้นไหม โดยไม่มีผลต่อความต้านทานแรงดึงของเส้นใย โดยใช้สารซักล้างสังเคราะห์ประเภทไม่มีประจุ

(Non-ionic Detergent) 2.5 กรัม/ลิตร ที่ pH 11.5 เวลา 30 นาทีเป็นสภาวะลอกกาวที่เหมาะสมลอกกาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัญหาของกระบวนการนี้ก็ คือจะดำเนินการที่อุณหภูมิสูง (เช่น ที่ 98°C) และค่าความเป็นด่างสูง ดังนั้นเวลาของการรักษาและปริมาณของสารซักล้างสังเคราะห์ที่ใช้ต้องได้รับการควบคุมอย่างถูกต้องเพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายให้กับไฟโบรอิน

2.8.4 การลอกกาวไหมด้วยกรด (Acid Degumming)

กรดบางอย่าง เช่น กำมะถัน ไฮโดรคลอริก กรดทาร์ทาริก และกรดซิตริก ที่สามารถใช้ลอกกาวกระบวนการนี้ยังไม่ได้รับความสนใจมากในอุตสาหกรรมผ้าไหม เพราะความคิดที่ว่าลอกกาวในสารละลายด่างมีความปลอดภัยสำหรับไฟโบรอินกว่าในสารละลายกรด จะพบว่าการลอกกาวที่สมบูรณ์ของผ้าไหมกับกรดแร่ไม่สามารถทำได้ไม่เป็นอันตรายต่อไฟโบรอิน

2.8.5 การลอกกาวด้วยโปรติเอส (Protease Degumming)

วิธีการลอกกาววิธีนี้ ได้มีการนำมาใช้โดยอาศัยพวกเอนไซม์จากธรรมชาติที่มาจากสัตว์และพืช เช่น ทริพซิน (Trypsin) และไครโมทริพซิน (Chymotrypsin) ซึ่งได้จากตับอ่อนของหมูและวัว แต่ในปัจจุบันการลอกกาววิธีนี้ใช้เอนไซม์จากจุลชีพ เช่น Bacillus และ Actinomyces fungi ซึ่งเป็นเชื้อราชนิดที่ผลิตขึ้นได้ โดยเฉพาะการลอกกาวของผ้าที่มีไหมผสมกับขนแกะและเรยอน ซึ่งไม่ทนต่อด่าง เมื่อใช้เอนไซม์จะลอกกาวได้ผลดี

โปรติเอสมีผลต่อโปรตีนและเปปไทด์ และเร่งให้เกิดการแยกตัวของพันธะเปปไทด์ แต่โปรติเอสไม่มีผลกับใยโปรตีนที่มีความเป็นระเบียบของโมเลกุลสูงในเส้นใยไหมและขนแกะ ในทางกลับกันโปรติเอสมีผลกับใยโปรตีนที่จัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบของโมเลกุลของเซริซินที่หุ้มเส้นใยไหมอยู่ โดยทำให้โมเลกุลเล็กลงและยังช่วยเพิ่มการละลายน้ำ และช่วยเพิ่มผลการลอกกาวของสบู่และเกลือด่าง

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ichikawa ศึกษาถึงคุณสมบัติของเอนไซม์ย่อยโปรตีนจากขิง พบว่า pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์คือ 6.5 - 7.0 โดยจุดไอโซอิเลคตริคของเอนไซม์ย่อยโปรตีนจากขิงมีค่าเท่ากับ 4.5 - 4.8 ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์คือ 40-60 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่ทำให้เอนไซม์ ดังกล่าวมีกิจกรรมสูงสุดคือ 60 องศาเซลเซียส ขณะที่การใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์จะลดลงอย่างซึ่งมีสมบัติที่คล้ายคลึงกับเอนไซม์ย่อยโปรตีนจากพืชชนิดอื่น

Shukla อธิบายว่าสารซักล้างสังเคราะห์ประเภทไม่มีประจุ (Non-ionic Detergent) ช่วยกำจัดของเซริซินโดยไม่มีผลต่อความต้านทานแรงดึงของเส้นใย นอกจากนี้ยังบอกว่ากระบวนการลอกกาวที่ใช้ 2.5 กรัม/ลิตร สารซักล้างสังเคราะห์ประเภทไม่มีประจุ (Non-ionic Detergent) ที่ pH 11.5 เป็นเวลา 30 นาทีให้ผลลอกกาวไหมที่มีประสิทธิภาพ

ศรันยา ศึกษาเรื่อง“การลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์ธรรมชาติ” ด้วย เอนไซม์ปาเปน จากมะละกอดิบ กับ เอนไซม์โบรมิเลน จากน้ำสับปะรด โดยวิธีการแช่หมักและการแช่หมักและเติม Wetting agent พร้อมกับนำไปเปรียบเทียบกับ การใช้สารเคมี โดยนำไหมดิบไปลอกกาวด้วย มะละกอดิบ และ น้ำสับปะรด ใช้ อัตราส่วนน้ำ : ไหม เท่ากับ 10 : 1 ใส่มะละกอดิบหรือน้ำสับปะรด 2 เท่าของน้ำหนักไหม แช่หมักรวมกันพร้อมกับขยำทำความสะอาดเป็นระยะๆ ในเวลานาน 30 นาที 60 นาที และ 90 นาที ก่อนจะล้างไหมด้วยน้ำให้สะอาด 5 ครั้ง และผึ่งบนราวให้แห้งสนิท ส่วนวิธีการลอกกาวโดยใช้สารเคมี ใช้อัตราส่วน น้ำ : ไหม เท่ากับ 30 : 1 โซเดียมคาร์บอเนต 5% ของน้ำหนักไหม Wetting agent 1% ของน้ำหนักไหม นำไหมดิบลงต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ล้างไหมด้วยน้ำให้สะอาด 5 ครั้ง ผึ่งไหมให้แห้งสนิท หาน้ำหนักไหมหลังการลอกกาวด้วยวิธีการเดียวกับการหาน้ำหนักก่อนการลอกกาว พบว่าการลอกกาวไหมด้วยน้ำสับปะรดได้ผลดีกว่าใช้มะละกอ ซึ่งจะให้ผลดีกว่าเมื่อใช้ Wetting agent และการใช้เวลาที่นานกว่าจะให้ผลที่ดีมากขึ้น ทั้งนี้ ผลการลอกกาวด้วยสารเคมี น้ำสับปะรดและมะละกอดิบ โดยมี Wetting agent ได้ค่าเฉลี่ยร้อยละน้ำหนักที่สูญหาย 22.480 10.803 และ 13.820 ตามลำดับ

นงนุช ศึกษาการลอกกาวไหมโดยใช้เอนไซม์ปาเปนจากยางมะละกอแห้งเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการลอกกาวไหมและสัณฐานวิทยาของเส้นใยไหม ทำการศึกษาในช่วงอุณหภูมิ 55-85 องศาเซลเซียส เวลา 10-40 นาที และความเข้มข้นของสารละลายยางมะละกอแห้งตั้งแต่ 0-4 % ต่อน้ำหนักวัสดุ จากนั้นประเมินประสิทธิภาพของการลอกกาวใยไหม โดยทดสอบความแข็งแรงเส้นใยไหมและทดสอบการติดสีไดเร็กท์ (C.I. Direct Red 80) ผลการติดสีจะแปรผกผันกับประสิทธิภาพของการลอกกาวไหม ลักษณะสัณฐานของเส้นเส้นใย จากการศึกษาพบว่าภาวะที่เหมาะสมกับ การลอกกาวไหมด้วยยางมะละกอแห้ง คือ ทำการลอกกาวที่ 75 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ความเข้มข้นของสารละลายยางมะละกอแห้ง 4 % ต่อน้ำหนักวัสดุ มีประสิทธิภาพในการลอกกาวไหมอยู่ในเกณฑ์ดี เส้นใยไหมที่ได้มีความมันเงา ผิวสัมผัสนุ่ม ผิวของเส้นใยไม่ถูกทำลาย และไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของเส้นใยไหม

จันทิมา และเปรมวดี ศึกษาเกี่ยวกับการลอกกาวไหมไทยโดยใช้เอนไซม์โปรติเอสจากเชื้อแบคทีเรีย ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ LC_1_1 และ LC_1_6 ซึ่งสามารถผลิตเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนกาวไหม (Sericin) ได้ดีกว่าโปรตีนเส้นใยไหม (Fibroin) และโปรตีนจากนม โดยวิเคราะห์จาก Zymographic pattern ที่ได้จากการแยกเอนไซม์ให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี Electrophoresis แล้วนำไหมที่ผ่านการลอกกาวแล้วมาทดสอบความสามารถในการย่อยสับสเตรตต่างๆ ของเอนไซม์ด้วยการย้อมเส้นใยด้วยสีไดเร็กซ์และตรวจสอบสัณฐานวิทยาของเส้นใยด้วยกล้องอิเลคตรอนแบบส่องกราด พบว่าเอนไซม์จากเชื้อ LC_1_6 มีประสิทธิภาพที่ดีในการลอกกาวไหม นอกจากจะทำให้เส้นใยไหมนุ่มขึ้นแล้ว ยังทำให้ขาวกว่าการลอกกาวไหมด้วยสารซักล้างทางการค้า เช่น Alcalase silk o blanc และโซเดียมคาร์บอเนต

เอกสิทธิ์ แบคทีเรียสายพันธุ์ C4 คัดแยกได้จากน้ำทิ้งของโรงงานผลิตเส้นใยไหม สามารถสร้างเอนไซม์โปรติเอสที่ลอกกาวไหมได้สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ผลิตโปรติเอสได้ดีจำนวน 205 ไอโซเลต โดยพบว่าสายพันธุ์ C4 เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างเซลล์เป็นท่อนที่สร้างสปอร์ เมื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางชีวเคมี และผลวิเคราะห์ลำดับ นิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA พบว่าแบคทีเรียดังกล่าว คือ Bacillus Subtilis เมื่อศึกษาการลอกกาวเส้นใยไหมโดยเอนไซม์โปรติเอสจากแบคทีเรียสายพันธุ์ C4 ที่ pH 7.5 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่รุนแรง สามารถลอกกาวหรือเซอริซิน ซึ่งคิดเป็นน้ำหนักไหมดิบที่หายไป 20.21 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 2 ชม. เปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิมที่ลอกกาวโดยการแช่ในสารละลายด่างหรือน้ำสบู่ร้อน สามารถลอกกาวได้ร้อยละ 27 และเมื่อตรวจดูลักษณะเส้นใยไหมที่ลอกด้วยเอนไซม์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่าเส้นใยไหมมีความสะอาดและเรียบ ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของเอนไซม์พบว่าสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ pH 8.0 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แต่มีความคงตัวที่ pH 8.0 ถึง 11.0 และทนอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ โดยเมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 120 นาที ทำให้เหลือกิจกรรมร้อยละ 65 ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวนี้ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เอนไซม์โปรติเอสจากแบคทีเรียสายพันธุ์ C4 ในการลอกกาวไหม เพื่อต้องการใช้สภาวะที่ไม่รุนแรง โดยการลด pH และอุณหภูมิให้ต่ำลงกว่าวิธีดั้งเดิม

จิราภรณ์ ได้ศึกษาการผลิตครีมขัดผิวเอนไซม์ขิง เมื่อนำขิงมาสกัดเอนไซม์โปรติเอสด้วยวิธีการปั่นแยก พบว่าเอนไซม์มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ (Enzyme Activity) 15 หน่วยเอนไซม์ต่อมิลลิลิตรต่อนาทีและมีค่ากิจกรรมจำเพาะ (Specific Activity) เท่ากับ 377 หน่วยเอนไซม์ต่อมิลลิกรัมโปรตีน เมื่อนำเอาเอนไซม์ดิบมาทำให้เป็นผงแห้งด้วยวิธีอบแห้งแช่เยือกแข็งแล้วนำผงเอนไซม์มาเพิ่มความเสถียรด้วยการเติมเคซีนและโบรอกเป็นส่วนประกอบ พบว่ามีค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 1,025 หน่วย

เอนไซม์ต่อมิลลิกรัมโปรตีน นำไปเป็นส่วนผสมในครีมขัดผิวหน้าผสมเอนไซม์จากขิง ซึ่งมีส่วนประกอบที่เป็นเอนไซม์โปรติเอสจากขิงร้อยละ 20 พบว่ามีค่ากิจกรรมเอนไซม์ 9.9 หน่วยเอนไซม์ต่อมิลิลิตรต่อนาที นำครีมขัดผิวหน้าเอนไซม์จากขิงไปทดสอบเปรียบเทียบพบว่าครีมขัดหน้าผสมเอนไซม์จากขิงและครีมขัดผิวหน้าตัวอย่างควบคุมมีค่าความยืดหยุ่นของผิว ค่าความเข้มของสีผิว ค่าการแดงของผิวไม่แตกต่างกัน ไม่พบการระคายเคือง และจากภาพถ่ายผิวหน้าอาสาสมัครที่ใช้ครีมขัดผิวเอนไซม์ขิง พบว่าเม็ดสีเข้มที่กระจายเป็นจุดด่างดำบนผิวหน้าลดลงอย่างชัดเจน ผิวมีความเรียบเนียน กระจ่างใส มีความชุ่มชื่น การลดริ้วรอยของผิวได้ดี

Freddi ศึกษาการใช้อัลคาไลน์ (3374-L, GC 897-H), นิวทรัล (3273-C) และแอซิดโปรติเอส (EC 3.4 23.18) ในการย่อยกาวไหมจากเส้นใยไหม โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ และใช้ปริมาณเอนไซม์อยู่ในช่วงระหว่าง 0.05 ถึง 2.00 หน่วยต่อกรัมของเส้นใยไหม และระยะเวลาที่ใช้ย่อยอยู่ในช่วงระหว่าง 5 ถึง 240 นาที พบว่าเซริซินถูกลอกออกจากเส้นใยไหมโดยใช้เอนไซม์อัลคาไลน์ (3374-L, GC 897-H), นิวทรัล (3273-C) และแอซิดโปรติเอส (EC3.4 23.18) เท่ากับ 17.6, 24 และ 19 wt.% ตามลำดับ ซึ่งใช้อัตราส่วนปริมาณเอนไซม์ต่อกรัมของเส้นใยไหม ดังนี้ 2 1 และ 0.1 หน่วยต่อกรัมของเส้นใยไหม ตามลำดับ โดยใช้ระยะเวลา 1 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าแอซิดโปรติเอส (EC 3.4 23.18) มีประสิทธิภาพในการลอกกาวไหมสูงที่สุด

ดวงกมล และ เปรมวดี ทำการคัดแยกแบคทีเรียที่สามารถผลิตเอนไซม์โปรติเอสในการย่อยเซริซิน โดยใช้วิธี Radial Diffusion and Thin-Layer Enzyme Assay (RD-TEA) ที่ใช้หลักการซึมผ่านวุ้นของเอนไซม์ไปยังพื้นผิวที่ฉาบไว้ด้วยโปรตีนเซริซินหรือไฟโบรอิน พบว่าแบคทีเรีย GR-5-4, 4TS9-001 และ HIC-13-8 สามารถผลิตเอนไซม์โปรติเอสในการย่อยเซริซินและการทำไซโมแกรม (Zymogram) ของเอนไซม์จากเชื้อเหล่านี้ แสดงให้เห็นว่า มีเอนไซม์โปรติเอสบริสุทธิ์ที่สามารถย่อยเซริซินได้ดีกว่าไฟโบรอิน

Vaithanomsat ทำการคัดแยกจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์โปรติเอส จากน้ำทิ้งจากกระบวนการลอกกาวไหม พบว่า B. Licheniformis TISTR 1010 และ A. Flavus TISTR3130, TISTR 3366, TISTR 3135 และ TISTR 3041 สามารถเจริญและผลิตเอนไซม์โปรติเอสได้ซึ่ง B.Licheniformis TISTR 1010 มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์โปรติเอสได้สูงที่สุด (6.34units/ml) ค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงเท่ากับ 10 เป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง ซึ่งสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์โปรติเอส คือ โปรตีนที่ได้จากน้ำทิ้งจากกระบวนการลอกกาวไหม 6% (v/v) Malt Extract 1% (w/v) Polypeptone 1% (w/v) และ Na_2CO_3 1% (w/v)

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. เส้นใยไหมดิบสีขาวพันธุ์ต่างประเทศ ขนาดดีเนียร์ 100/120 (บริษัทจุลไหมไทย จำกัด) ขิงแก่ อายุ 8-12 เดือน (อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบรูณ์)
2. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate (Na_3CO_3)) (Commercial Grade)
3. โซเดียมซัลเฟต (Sodium Sulphate (Na_2SO_4)) (Commercial Grade)
4. กรดอะซิติก (Acetic Acid (CH_3COOH)) (Commercial Grade)
5. บอแร็กซ์ (Borax) ($Na_2B_4O_7.10H_2O$)
6. กรดแลกติก (Lactic Acid) ($C_3H_6O_3$)
7. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric Acid) (HCl)
8. เคซีน (Casein)
9. กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic Acid) ($C_6H_8O_6$)
10. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide) (NaOH)
11. เครื่องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกวาด(SEM)
12. เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)
13. โถปั่นผสมอาหาร ยี่ห้อ Panasonic รุ่น MJ-68M
14. เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที
15. เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Dried Machine)
16. เครื่องทดสอบแรงดึงชนิดอัตราการเคลื่อนที่คงที่ (Constant Rate of Travel (CRT) Tensile Strength Testing Machine รุ่น LR5K
17. เครื่องเขย่าแบบอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Oscillating Dyeing Machine)
18. กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกวาด (SEM) ณ บริษัท DOSEM จำกัด คลองสาม อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี
19. สีไดเร็กท์ (C.I. Direct Red 80)
20. เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ColorQest XE
21. สีแอซิดสีแดง (Nylosan Red F-GS)

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

3. 2.1 การทดลองที่ 1 กระบวนการสกัดเอนไซม์โปรติเอส (ซิงกิเบน) จากขิงแก่

วัตถุประสงค์

1.เพื่อสกัดเอนไซม์โปรติเอส (ซิงกิเบน) จากขิงแก่ ให้อยู่ในลักษณะผง (เอนไซม์ที่มีความเสถียร (Stabilized Enzyme))

2.เพื่อทำให้การทดลองต่อไป มีความถูกต้องจากปริมาณเอนไซม์ที่มีความเสถียร (Stabilized Enzyme) ที่ใช้ทดลองทุกครั้ง

การสกัดเอนไซม์โปรติเอส (ซิงกิเบน) จากขิงแก่

วิธีการผลิตเอนไซม์ดิบนำขิงสดอายุ 8 เดือนน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ปอกเปลือก หั่นให้เป็นลูกเต๋าชิ้นเล็กๆ นำไปปั่นในโถปั่นอาหารแบบแยกกาก ยี่ห้อ Panasonic รุ่น MJ-68M ปั่น แล้วนำเอาน้ำขิงสด ไปแยกเอนไซม์ดิบ (Crude Enzyme) ออกจากส่วนของแข็งโดยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง ความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะได้ส่วนของเหลวเหนือตะกอน (Supernatant) แยกออกมาเป็นส่วนเอนไซม์ดิบ (Crude Enzyme) ซึ่งเรียกว่า “เอนไซม์โปรติเอส” ซึ่งส่วนที่เป็นของแข็งประกอบด้วยแป้ง และเศษสิ่งเจือปนนำไปทิ้งไม่ได้นำมาใช้งาน

วิธีการผลิตเอนไซม์ขิงผงนำของเหลวเหนือตะกอนของเอนไซม์ดิบปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดก้นกลมขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Dried Machine) ที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเอนไซม์ดิบกลายเป็นเกล็ดน้ำแข็งแล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ที่อุณหภูมิห้อง และลดความดันลงเรื่อยๆ จนได้เอนไซม์ผง

การทำให้เอนไซม์ผงมีความเสถียร (ดัดแปลงจากเอกสารอ้างอิง]

1) ชั่งเคซีนจำนวน 20 กรัม ผสมกับ 0.17 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปริมาตร 80 กรัมกวนให้เข้ากัน ให้ความร้อน 50 องศาเซลเซียส เพื่อละลายเคซีน จากนั้นเติมเอนไซม์ผงจำนวน 10 กรัม ได้สารละลายผสมเคซีนเอนไซม์ จากนั้นเติม 1M กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic Acid) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร

2) ชั่งบอแร็กซ์จำนวน 113 กรัม ผสมกับ สารละลายกรดแลกติกเข้มข้น จำนวน 253 กรัม แล้วทำเป็นกลาง (Neutralized) ด้วย 12 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน 115 กรัม ได้สารละลายผสม บอแร็กซ์กรดแลกติก จากนั้นนำสารผสมบอแร็กซ์กรดแลกติก ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมกับ 1 M กรดแอสคอร์บิก (AscorbicAcid) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร

3) นำสารละลายข้อ 1) (สารละลายผสมเคซีนเอนไซม์) จำนวน 24 กรัม ผสมกับสารละลายข้อ 2) (สารละลายผสมบอแร็กซ์กรดแลกติก) จำนวน 33 กรัม จะได้เอนไซม์ที่มีความเสถียร (Stabilized Enzyme)

3.2.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาหาสภาวะการลอกกาวไหม (pH อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ที่มีความเสถียร (Stabilized Enzyme) ที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาหาสภาวะการลอกกาวไหม (pH อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ที่มีความเสถียร (Stabilized Enzyme) ที่เหมาะสมสำหรับการทดลองถัดไป

3.2.2.1 การศึกษาหา pH การลอกกาวเส้นใยไหมที่เหมาะสม

นำเส้นใยไหมดิบที่ผ่านกระบวนการหาร้อยละของน้ำหนักการลอกกาวเส้นใยไหม (ดังอธิบายกระบวนการหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม ตามข้อ 3.2.2.1) มาลอกกาวไหมโดยใช้ปริมาณสารละลายของผงเอนไซม์ขิง 1 % ต่อน้ำหนักวัสดุ ปรับค่า pH ของสารละลายให้มีค่า 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 และ 9.0 ใช้อัตราส่วน ปริมาณน้ำ : น้ำหนักไหม เท่ากับ 25 : 1 นำเข้าเครื่องเขย่าแบบอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็วสปีดระดับ 3 เวลาที่ใช้ในการลอกกาวไหม 180 นาที จากนั้นนำเส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการแรก มาทำปฏิกิริยาอีกครั้งด้วยโซเดียมคาร์บอเนต 0.2 กรัมต่อลิตร สบู่สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 5 กรัมต่อลิตร นำเข้าเครื่องเขย่าแบบอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็วสปีดระดับ 3ใช้เวลา 60 นาที หลังจากนั้นล้างเส้นใยไหมด้วยน้ำประปาให้สะอาด และทำให้เป็นกลางด้วยกรดอะซิติก และล้างออกด้วยน้ำประปาให้สะอาดอีกรอบ ทำให้เส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหม 2 ขั้นตอนแห้งสนิทด้วยวิธีอบแห้งโดยตากในที่ร่มให้ลมพัดผ่าน

จากนั้นเตรียมเส้นใยไหมดิบที่ลอกกาวด้วยวิธีกระบวนการแบบดั้งเดิม โดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 2 กรัมต่อลิตร ผสมสบู่สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร pH 11.5 ใช้อัตราส่วนน้ำ : เส้นใยไหมเท่ากับ 25 : 1 นำเข้าเครื่องเขย่าแบบอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็วสปีดระดับ 3ใช้เวลา 60 นาที หลังจากนั้นล้างเส้นใยไหมด้วยน้ำประปาให้สะอาด และทำให้เป็นกลางด้วยกรดอะซิติก และล้างออกด้วยน้ำประปาให้สะอาดอีกรอบ ทำให้เส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหม 2 ขั้นตอนแห้งสนิทด้วยวิธีอบแห้งที่โดยตากในที่ร่มให้ลมพัดผ่าน

นำเส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหม2 ขั้นตอน และเส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหมแบบดั้งเดิม มาทดสอบประสิทธิภาพในการลอกกาวเส้นใยไหม โดยหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม และทดสอบหาค่าความคงทนต่อแรงดึงของเส้นใยไหมด้วยเครื่อง

ทดสอบแรงดึงชนิดอัตราการเคลื่อนที่คงที่ (Constant Rate of Travel (CRT) Tensile Strength Testing Machine รุ่น LR5K

<u>กระบวนการหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม</u> นำเส้นใยไหมดิบ เส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหม 2 ขั้นตอน และเส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหมแบบดั้งเดิม โดยเก็บที่ห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส ที่ความคุมความชื้นสัมพัทธ์ 65$\pm$ 2% จนอยู่สภาวะสมดุล คือ น้ำหนักของเส้นใยไหมที่ต้องการ ในช่วงเวลาที่ห่างกัน 2 ชั่วโมง เปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 0.25 หรือเก็บที่ 25 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 65$\pm$ 2% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นใยไหมดิบ–น้ำหนักเส้นใยไหมหลังลอกกาว}}{\text{น้ำหนักเส้นใยไหมดิบ}} \times 100$$

<u>การทดสอบความคงทนของเส้นใยต่อแรงดึงขาด</u> ทดสอบเส้นใยไหมดิบ เส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหม 2 ขั้นตอน และเส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหมแบบดั้งเดิม ตามมาตรฐาน ASTM E-4 เรื่องการทดสอบแรงดึงและการยืดตัวที่ทำให้เส้นใยขาด โดยเตรียมชิ้นตัวอย่างมีความยาว 20 เซนติเมตร แล้วนำชิ้นตัวอย่างเก็บไว้ในห้องควบคุมสภาวะอุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ที่ความคุมความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 2% เป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความคงทนต่อแรงดึง

3.2.2.2 การศึกษาหาอุณหภูมิ (°C) การลอกกาวเส้นใยไหมที่เหมาะสม

นำเส้นใยไหมดิบที่ผ่านกระบวนการหาร้อยละของน้ำหนักการลอกกาวเส้นใยไหม (ดังอธิบายกระบวนการหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม ตามข้อ 3.2.2.1) มาลอกกาวไหมโดยอุณหภูมิที่ใช้ 30 40 50 60 70 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส ปริมาณสารละลายของผงเอนไซม์ขิง 1 % ต่อน้ำหนักวัสดุ (ตัวแปรคงที่ จากผลการทดลอง 3.2.2.1) ปรับค่า pH ของสารละลายให้มีค่า pH ที่เหมาะสมที่สุด (ตามผลการทดลองที่ 3.2.2.1) ใช้อัตราส่วน ปริมาณน้ำ : น้ำหนักไหม เท่ากับ 25 : 1 นำเข้าเครื่องเขย่าแบบอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ อุณหภูมิแปรตามที่กำหนดขั้นต้น เขย่าด้วยความเร็วสปีดระดับ 3เวลาที่ใช้ในการลอกกาว 180 นาที จากนั้นนำเส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการขั้นต้นมาทำปฏิกิริยาลอกกาวไหมอีกครั้งด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.2 กรัมต่อลิตร สบู่สังเคราะห์ 5 กรัมต่อลิตร นำเข้าเครื่องเขย่าแบบอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็วสปีดระดับ 3 ใช้เวลา 60 นาที หลังจากนั้นล้างเส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหม

ด้วยน้ำประปาให้สะอาด และทำให้เป็นกลางด้วยกรดอะซิติก และล้างออกด้วยน้ำประปาให้สะอาด จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับเส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วยวิธีดั้งเดิม โดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 2 กรัมต่อลิตร ผสมสบู่สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร pH 11.5 ใช้อัตราส่วนน้ำ : เส้นใยไหมเท่ากับ 25 : 1 นำเข้าเครื่องเขย่าแบบอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็วสปีดระดับ 3 ใช้เวลา 60 นาที หลังจากนั้นล้างเส้นใยไหมด้วยน้ำประปาให้สะอาด และทำให้เป็นกลางด้วยกรดอะซิติก และล้างออกด้วยน้ำประปาให้สะอาดอีกรอบ ทำให้เส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหม 2 ขั้นตอนแห้งสนิทด้วยวิธีตากในที่ร่มให้ลมพัดผ่าน

กระบวนการหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม และการทดสอบความคงทนของเส้นใยต่อแรงดึงขาด ทดสอบเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.2.2.1

3.2.2.3 การศึกษาหาเวลา (นาที) การลอกกาวเส้นใยไหมที่เหมาะสม

นำเส้นใยไหมดิบที่ผ่านกระบวนการหาร้อยละของน้ำหนักการลอกกาวเส้นใยไหม (ดังอธิบายกระบวนการหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม ตามข้อ 3.2.2.1) โดยใช้เวลาในการลอกกาวไหมที่ 20 40 60 80 100 120 140 160 และ 180 นาที ใช้ปริมาณสารละลายของเอนไซม์ซิง 1 % ต่อน้ำหนักวัสดุ (ตัวแปรคงที่ จากผลการทดลอง 3.2.2.1) ปรับค่า pH ของสารละลายให้มีค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดตามการทดลองที่ 3.2.2.1 ใช้อัตราส่วนปริมาณน้ำ : น้ำหนักไหม เท่ากับ 25 : 1 นำเข้าเครื่องเขย่าแบบอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมตามการทดลองที่ 3.2.2.2 (อุณหภูมิ 60 ^{o}C) จากนั้นนำเส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหมมาทำปฏิกิริยาอีกครั้งด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.2 กรัมต่อลิตร สบู่สังเคราะห์ 5 กรัมต่อลิตร นำเข้าเครื่องเขย่าแบบอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็วสปีดระดับ 3 ใช้เวลา 60 นาที หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำประปาให้สะอาด และทำให้เป็นกลางด้วยกรดอะซิติก และล้างออกด้วยน้ำประปาให้สะอาด จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับเส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วยวิธีดั้งเดิม โดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 2 กรัมต่อลิตร ผสมสบู่สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร pH 11.5 ใช้อัตราส่วนน้ำ : เส้นใยไหมเท่ากับ 25 : 1 นำเข้าเครื่องเขย่าแบบอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 98 องศาเขย่าด้วยความเร็วสปีดระดับ 3 ใช้เวลา 60 นาที หลังจากนั้นล้างเส้นใยไหมด้วยน้ำประปาให้สะอาด และทำให้เป็นกลางด้วยกรดอะซิติก และล้างออกด้วยน้ำประปาให้สะอาดอีกรอบ ทำให้เส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหม 2 ขั้นตอนแห้งสนิทด้วยวิธีตากในที่ร่มให้ลมพัดผ่าน

กระบวนการหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม และการทดสอบความคงทนของเส้นใยต่อแรงดึงขาด ทดสอบเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.2.2.1

3.2.2.4 การศึกษาหาความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ขิงในการลอกกาวเส้นใยไหมที่เหมาะสม

นำเส้นใยไหมดิบที่ผ่านกระบวนการหาร้อยละของน้ำหนักการลอกกาวเส้นใยไหม (ดังอธิบายกระบวนการหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม ตามข้อ 3.2.2.1) โดยใช้สารละลายของเอนไซม์ขิงที่มีความเข้มข้นที่ 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1 % ของน้ำหนักวัสดุ ปรับค่า pH ของสารละลายให้มีค่าที่เหมาะสมตามการทดลองที่ 3.2.2.1 ใช้อัตราส่วน ปริมาณน้ำ : น้ำหนักไหม เท่ากับ 25 : 1 เวลาที่ใช้ในการลอกกาวไหมเลือกจากการทดลองที่ 3.2.2.3 (…นาที) นำเข้าเครื่องเขย่าแบบอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดตามการทดลองที่ 3.2.2.2 (....^{o}C)จากนั้นนำมาทำปฏิกิริยาอีกรอบ ด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.2 กรัมต่อลิตร สบู่สังเคราะห์ 5 กรัมต่อลิตร นำเข้าเครื่องเขย่าแบบอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็วสปีดระดับ 3 ใช้เวลา 60 นาที หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำประปาให้สะอาด และทำให้เป็นกลางด้วยกรดอะซิและล้างออกด้วยน้ำประปาให้สะอาด จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับเส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วยวิธีดั้งเดิม โดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 2 กรัมต่อลิตร ผสมสบู่สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร pH 11.5 ใช้อัตราส่วนน้ำ : เส้นใยไหมเท่ากับ 25 : 1 นำเข้าเครื่องเขย่าแบบอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็วสปีดระดับ 3ใช้เวลา 60 นาที

หลังจากนั้นล้างเส้นใยไหมด้วยน้ำประปาให้สะอาด และทำให้เป็นกลางด้วยกรดอะซิติกและล้างออกด้วยน้ำประปาให้สะอาดอีกรอบ ทำให้เส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหม 2 ขั้นตอนแห้งสนิทด้วยวิธีตากในที่ร่มให้ลมพัดผ่าน

กระบวนการหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม และการทดสอบความคงทนของเส้นใยต่อแรงดึงขาดทดสอบเช่นเดียวกับหัวข้อ3.2.2.1

3.2.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการลอกกาวไหมที่เหมาะสม

(เปรียบเทียบระหว่างเส้นใยไหมดิบ เส้นใยไหมที่ผ่านการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) กับกระบวนการลอกกาวไหมด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ)

วัตถุประสงค์

1.เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของการลอกกาวไหมที่เหมาะสม (เปรียบเทียบระหว่างเส้นใยไหมดิบ เส้นใยไหมที่ผ่านการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) กับกระบวนการลอกกาวไหมด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ)

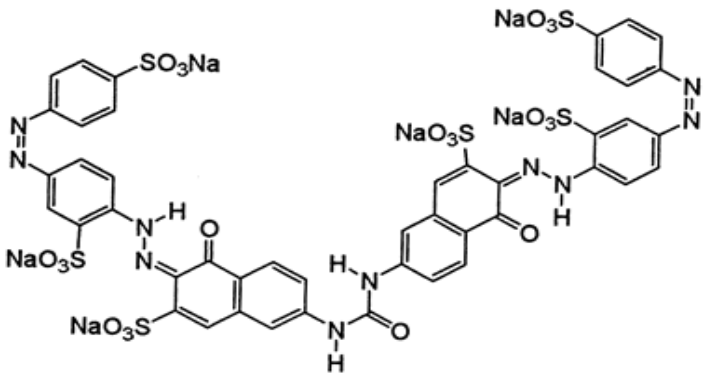
2. เพื่อยืนยันประสิทธิภาพการลอกกาวไหมทั้ง 2 วิธีว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร

3.2.3.1 การตรวจสอบสัณฐานวิทยาของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกวาด (SEM)

นำเส้นใยไหมดิบ เส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหม 2 ขั้นตอน และเส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหมด้วยสารละลายโซดาแอชปกติวิธีดั้งเดิม ตามสภาวะที่กำหนด มาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกวาด (SEM) ณ บริษัท DOSEM จำกัด คลองสาม อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี โดยการเตรียมชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการลอกกาวไหม ในสภาวะเส้นใยไหมดิบ เส้นใยไหมที่ผ่านการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) ที่ สภาวะ ด้วยเอนไซม์ขิง 0.6 % o.w.f. ที่ 60 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที pH 4.0 กับกระบวนการลอกกาวไหมด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ) ที่สภาวะ ด้วย โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 2 กรัมต่อลิตร ผสมสบู่สังเคราะห์ไม่มีประจุ10 กรัมต่อลิตร 98 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที pH 11.5 มาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกวาด (Scanning electron microscope) ที่ 10 kV กำลังขยาย 2,000 เท่า เพื่อตรวจสอบลักษณะความแตกต่างของเส้นใยไหมแต่ละสภาวะของกระบวนการลอกกาวไหม

3.2.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพการลอกกาวด้วยสีไดเร็กท์ (C.I. Direct Red 80)

สีไดเร็กท์ (C.I. Direct Red 80) เป็นสีที่นิยมใช้ทดสอบหาประสิทธิภาพการลอกกาวไหม โดยเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยไหมดิบ และเส้นใยไหมที่ผ่านการลอกกาวไหม จะติดสีชมพูเฉพาะส่วนที่เป็นกาวไหม และไม่ติดสี (สีขาว) ในส่วนที่เป็นไฟโบรอิน ซึ่งหากกาวไหมยังหลงเหลืออยู่จำนวนมากจะติดสีบานเย็น แต่ถ้ากาวไหมหลงเหลืออยู่น้อยจะติดสีชมพูอ่อน (เฉดสีสีเข้มหรืออ่อนที่ติดบนเส้นใยไหม ขึ้นอยู่กับปริมาณของกาวไหมที่หลงเหลือมากหรือน้อยตามลำดับ)



ภาพที่ 3.1 โครงสร้างทางเคมีของสีไดเร็กท์ (C.I. Direct Red 80) [40]

ขั้นตอนการทดสอบ นำเส้นใยไหมดิบ เส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหม 2 ขั้นตอน และเส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหมวิธีดั้งเดิม ตามสภาวะที่กำหนด มาย้อมด้วยสีไดเร็กท์ (C.I. Direct Red 80) โดยเตรียมสารละลายสีไดเร็กท์ที่มีความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตรและใช้อัตราส่วนปริมาณน้ำ : น้ำหนักวัสดุเท่ากับ 200 : 1 ย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที หลังจากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำให้สะอาดและผึ่งไว้ให้แห้ง แล้วจึงสังเกตลักษณะการติดสีด้วยตาเปล่าในตู้ไฟเทียบสีมาตรฐาน และวัดค่าการติดสีของเส้นใยไหม (K/S) ตาม Kubelka-Munk Equation ด้วยเครื่อง สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ColorQest XE

3.2.3.3 การทดสอบค่าการติดสีของเส้นใยไหม (K/S)

นำเส้นใยไหมดิบ เส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหม 2 ขั้นตอน และเส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการลอกกาวไหมวิธีดั้งเดิม ตามสภาวะที่กำหนด มาย้อมด้วยสีแอซิดสีแดง (Nylosan Red F-GS) 2 % ของน้ำหนักวัสดุ โซเดียมซัลเฟต 20 กรัมต่อลิตร และกรดอะซิติก 2% ของน้ำหนักวัสดุ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และนำเส้นใยที่ได้ไปทำการวัดค่าการติดสี ตามสมการ Kubelka-Munk Equation ด้วยเครื่อง สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ColorQest XE

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

K : สัมประสิทธิ์การดูดกลืน

S : สัมประสิทธิ์การกระเจิงแสง

R : ร้อยละของการสะท้อนแสง

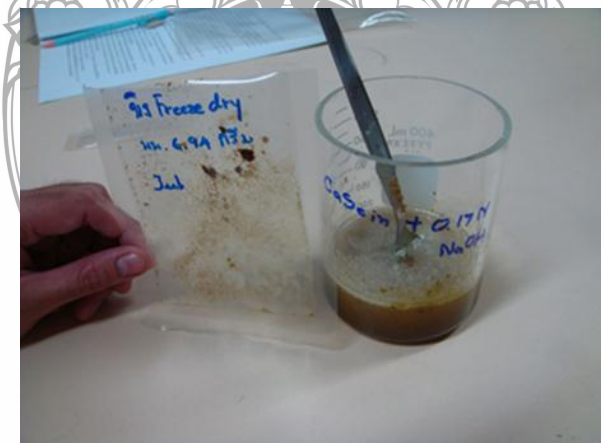
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองที่ 1 กระบวนการสกัดเอนไซม์โปรติเอส (ซิงกิเบน) จากขิงแก่

ภาพที่ 4.1 เอนไซม์ขิงผง



ภาพที่ 4.2 เอนไซม์ขิงผงที่มีความเสถียร

เอนไซม์ที่สกัดโปรติเอสที่สกัดจากขิงแก่อายุ 8 – 12 เดือนจะมีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาล เมื่อนำมาเพิ่มความเสถียรจะเป็นของเหลวสีน้ำตาล มีค่า pH 9 -11

4.2 ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาหาสภาวะการลอกกาวไหม (pH อุณหภูมิ เวลา ความเข้มข้น) ที่เหมาะสม

4.2.1 ผลการทดลอง หาสภาวะ pH ที่เหมาะสมต่อการลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์ซิงกิเบนจากขิงได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลอิทธิพลของ pH ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม

ชิ้นตัวอย่าง/สภาวะ	แรงที่รับได้สูงสุด (Maximum Load) (kgf)	ความแข็งแรงต่อแรงดึง Tensile Strength (gf/den-25)	ร้อยละการยืดตัว Elongation (%)
เส้นใยไหมดิบ	11.13	4.87	19.79
เอนไซม์ pH 3.0	10.57	3.77	23.82
เอนไซม์ pH 3.5	9.61	3.55	18.45
เอนไซม์ pH 4.0	9.87	3.82	19.53
เอนไซม์ pH 4.5	10.72	3.97	19.81
เอนไซม์ pH 5.0	9.40	3.88	18.24
เอนไซม์ pH 5.5	10.11	4.02	21.75
เอนไซม์ pH 6.0	10.84	4.15	21.11
เอนไซม์ pH 6.5	10.69	4.17	21.59
เอนไซม์ pH 7.0	10.99	4.65	19.41
เอนไซม์ pH 7.5	11.09	4.75	20.46
เอนไซม์ pH 8.0	10.92	4.46	20.27
เอนไซม์ pH 8.5	10.99	3.82	19.99
เอนไซม์ pH 9.0	9.61	3.88	17.23
โซดาแอช (pH11.5)[2]	9.74	3.55	16.36

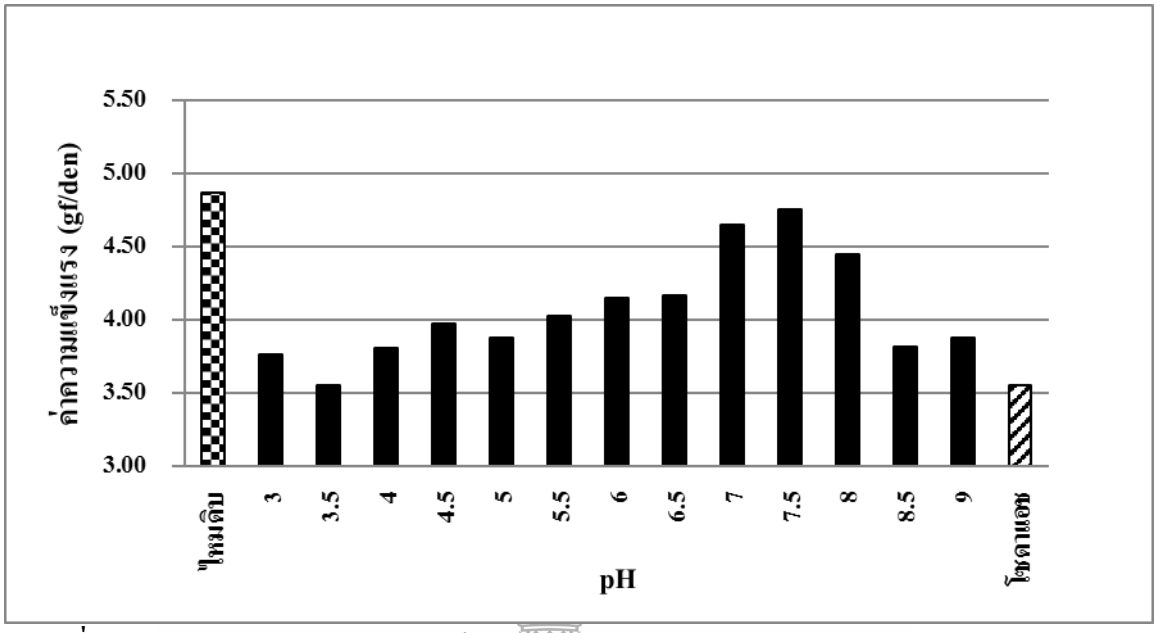
หมายเหตุ [1]เอนไซม์ pH 3 – 9 หมายถึง กระบวนการลอกกาวไหม 2 ขั้นตอน (ขั้นแรกเอนไซม์ซิงกิเบน 1 % o.w.f pH 3-9 ที่อุณหภูมิ 60°C x 180 นาที ตามด้วยสารละลายโซดาแอช 0.2 % ที่อุณหภูมิ 85°C x 60 นาที)
โซดาแอช (pH 11.5) หมายถึง กระบวนการลอกกาวไหมด้วยโซดาแอชแบบดั้งเดิม (สารละลายโซดาแอช 2 กรัม/ลิตร+ สบู่สังเคราะห์ไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 98°C x 60 นาทีที่ pH 11.5)

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลของ pH ต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม

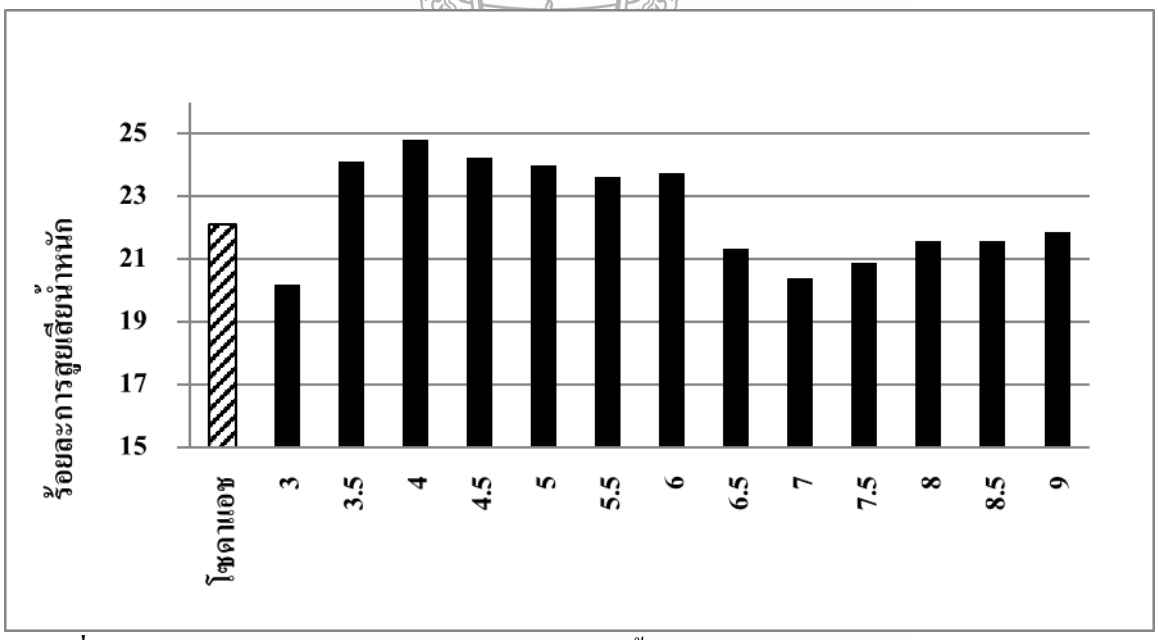
ชิ้นตัวอย่าง/สภาวะ	ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม (% Weight Loss)
โซดาแอช	21.10
เอนไซม์ pH 3.0	20.17
เอนไซม์ pH 3.5	24.13
เอนไซม์ pH 4.0	24.81
เอนไซม์ pH 4.5	24.22
เอนไซม์ pH 5.0	23.99
เอนไซม์ pH 5.5	23.62
เอนไซม์ pH 6.0	23.76
เอนไซม์ pH 6.5	21.31
เอนไซม์ pH 7.0	20.37
เอนไซม์ pH 7.5	20.87
เอนไซม์ pH 8.0	21.59
เอนไซม์ pH 8.5	21.58
เอนไซม์ pH 9.0	21.86

หมายเหตุ กาวไหมที่ปรากฏในเส้นใย มีปริมาณประมาณร้อยละ 25 ของน้ำหนักไหมดิบ [7]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



กราฟที่ 4.1 แสดงผลของ pH ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม



กราฟที่ 4.2 แสดงผลของ pH ต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม

ผลการทดลองหาค่าของ pH ของสารละลายเอนไซม์ซิงกิเบนระหว่าง pH 3.0 - 9.0 ความเข้มข้น 1 % ของน้ำหนักผ้า (o.w.f) อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (°C) x 180 นาที ตามด้วยสารละลายโซดาแอช 0.2 % ของน้ำหนักผ้า (o.w.f) ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส (°C) x 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับการลอกกาวด้วยสารละลายโซดาแอช pH 11.5 ความเข้มข้น 5 %ของน้ำหนักผ้า(o.w.f) อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส (°C) x 60นาที วิธีดั้งเดิม จากกราฟที่ 4.1 พบว่า เมื่อ pH เพิ่มขึ้นจาก 3.0 - 7.5 ความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เมื่อค่า pH เท่ากับ 8.0 ขึ้นไป ความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหมมีแนวโน้มลดน้อยลงเรื่อยๆ

จากกราฟที่ 4.2 ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก เมื่อ pH อยู่ระหว่าง pH 3.0 – 4.0 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อ pH อยู่ระหว่าง 5.0 ถึง 7.0 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมีค่าลดลง และเมื่อ pH อยู่ระหว่าง 8.0 – 9.0 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากข้อมูลพื้นฐานของเอนไซม์ ซิงกิเบน [30] สามารถทำงานได้ในสภาวะ pH 4 -7 ดีที่สุด ดังนั้นหากเกินสภาวะ pH 4 -7 เอนไซม์จะหยุดการทำงาน ส่งผลต่อประสิทธิภาพการลอกกาวเส้นใยไหมลดน้อยลง ซึ่งสภาวะ pH ที่เหมาะสมสำหรับการลอกกาวเส้นใยไหม คือ pH 4.0 โดยพิจารณาจากผิวสัมผัสของเส้นใยไหม ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม ประกอบกัน พบว่ากระบวนการลอกกาวไหม ณ สภาวะนี้เหมาะสมที่สุดสำหรับเอนไซม์ซิงกิเบน

4.2.2 ผลการทดลองหาอุณหภูมิ ที่เหมาะสมต่อการลอกกาวเส้นใยไหมด้วยเอนไซม์ซิงกิเบนจากขิงได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลของอุณหภูมิ ต่อความแข็งแรงของเส้นใยไหม

ชิ้นตัวอย่าง/สภาวะ	แรงที่รับได้สูงสุด (Maximum Load) (kgf)	ความแข็งแรงต่อแรงดึง Tensile Strength (gf/den-25)	ร้อยละการยืดตัว Elongation (%)
เส้นใยไหมดิบ	11.13	4.87	19.79
เอนไซม์ 30°C	10.90	4.65	19.62
เอนไซม์ 40°C	10.69	4.17	21.59
เอนไซม์ 50°C	10.72	3.97	19.81
เอนไซม์ 60°C	10.57	3.90	23.61
เอนไซม์ 70°C	10.13	4.02	22.74
เอนไซม์ 80°C	9.61	3.88	17.23
เอนไซม์ 90°C	9.40	3.88	18.24
เอนไซม์ 100°C	9.87	3.82	19.53
โซดาแอช (pH 11.5)	9.24	3.55	18.45

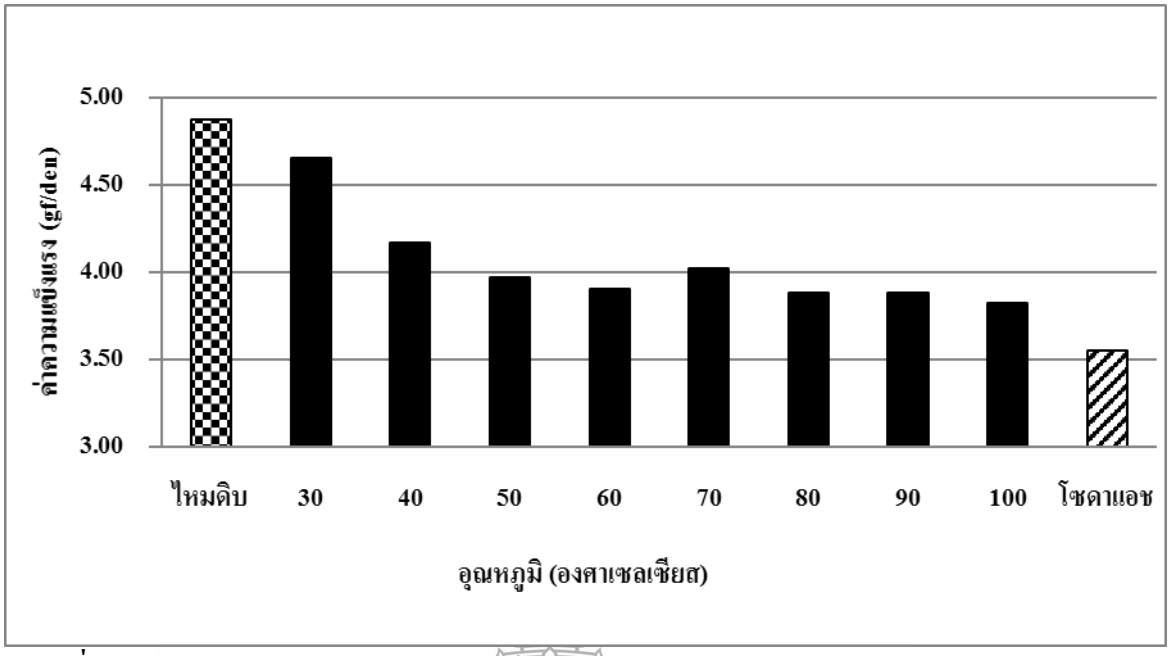
หมายเหตุ เอนไซม์ pH… หมายถึง กระบวนการลอกกาวไหม 2 ขั้นตอน (ขั้นแรกเอนไซม์ซิงกิเบน 1 % o.w.f pH 4 ที่อุณหภูมิ 60°C x 180 นาที ตามด้วยสารละลายโซดาแอช 0.2 % ที่อุณหภูมิ 85°C x 60 นาที)
โซดาแอช (pH 11.5) หมายถึง กระบวนการลอกกาวไหมด้วยโซดาแอชแบบดั้งเดิม (สารละลายโซดาแอช 2 กรัม/ลิตร+ สบู่สังเคราะห์ไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 98°C x 60 นาทีที่ pH 11.5)

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลของอุณหภูมิต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม

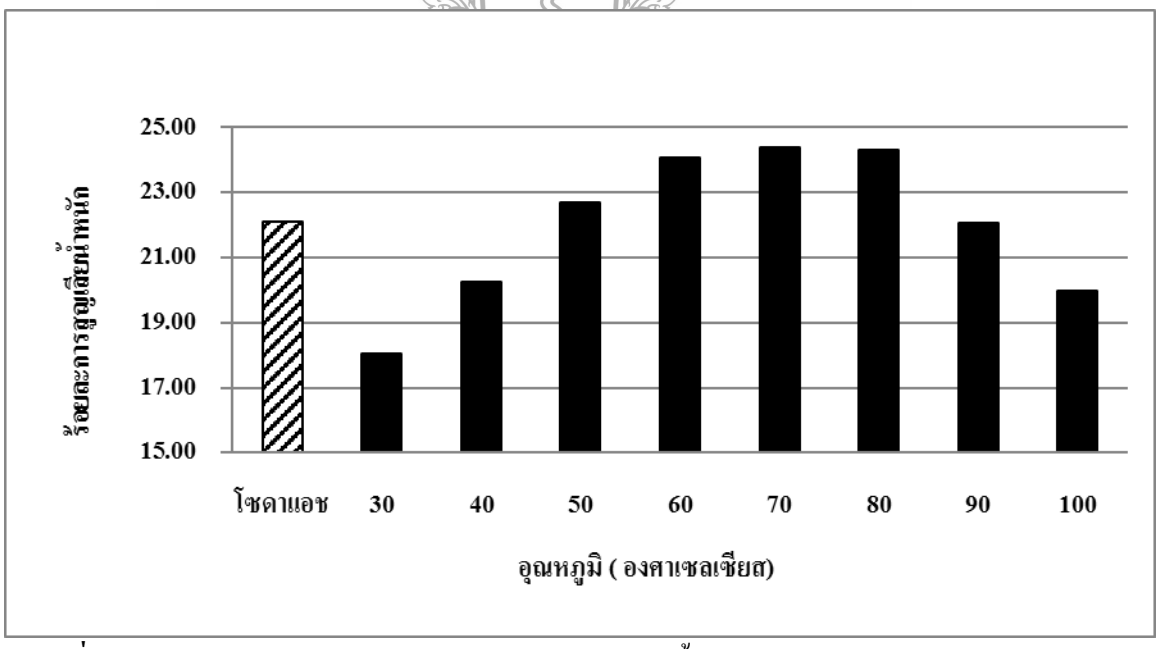
ชิ้นตัวอย่าง/สภาวะ	ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม (% Weight Loss)
โซดาแอช pH 11.5	21.10
เอนไซม์ 30°C	18.03
เอนไซม์ 40°C	20.26
เอนไซม์ 50°C	22.68
เอนไซม์ 60°C	24.07
เอนไซม์ 70°C	24.37
เอนไซม์ 80°C	24.29
เอนไซม์ 90°C	22.06
เอนไซม์ 100°C	19.96

หมายเหตุ กาวไหมที่ปรากฏในเส้นใย มีปริมาณประมาณร้อยละ 25 ของน้ำหนักไหมดิบ [7]
เอนไซม์ 1% อุณหภูมิ 60°C เวลา 180 นาที ที่สภาวะ pH 4.0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



กราฟที่ 4.3 แสดงผลของอุณหภูมิ ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม



กราฟที่ 4.4 แสดงผลของอุณหภูมิต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม

ผลการทดลองหาค่าของอุณหภูมิการลอกกาวไหม ของสารละลายเอนไซม์ซิงกิเบน ความเข้มข้น1% ของน้ำหนักผ้า (o.w.f) อุณหภูมิระหว่าง 30-100 องศาเซลเซียส (^{o}C) เวลา 180 นาที สภาวะ pH 4.0 ตามด้วยสารละลายโซดาแอช 0.2 %ของน้ำหนักผ้า (o.w.f) ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส (^{o}C) เวลา 60นาที เมื่อเปรียบเทียบกับการลอกกาวด้วยสารละลายโซดาแอช pH 11.5 ความเข้มข้น 5 % ของน้ำหนักผ้า (o.w.f) อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (^{o}C) 60 นาที วิธีดั้งเดิม จากกราฟที่ 4.3 พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จาก 30 – 100 องศาเซลเซียส (^{o}C) พบว่าค่าความแข็งแรงของเส้นใยไหมมีแนวโน้มลดลง จากกราฟที่ 4.4 เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 30 – 80 องศาเซลเซียส (^{o}C) พบว่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นไปอีกจาก 90 และ 100 องศาเซลเซียส (^{o}C) พบว่า ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเส้นไหมมีค่าลดลง (ประสิทธิภาพการลอกกาวไหมลดลง) จากผลการศึกษา พบว่าอุณหภูมิช่วง 60 – 80 องศาเซลเซียส (^{o}C) มีประสิทธิภาพการลอกกาวไหมดีกว่า เมื่อเทียบกับการลอกกาวด้วยสารละลายโซดาแอชแบบวิธีดั้งเดิม เนื่องจากอุณหภูมิในช่วงนี้เป็นช่วงที่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์ แต่หากใช้อุณหภูมิที่สูงกว่านี้ ตามทฤษฎีจะทำให้เอนไซม์หยุดการทำงาน ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการลอกกาวไหมลดลง ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการลอกไหม คือ อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 60 – 80 องศาเซลเซียส (^{o}C) โดยพิจารณาจากผิวสัมผัสของเส้นใยไหม ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม ประกอบกันพบว่ากระบวนการลอกกาวไหม ณ สภาวะอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (^{o}C) เหมาะสมที่สุดสำหรับเอนไซม์ซิงกิเบน โดยพิจารณาจากผิวสัมผัสของเส้นใยไหม ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม ประกอบกันพบว่ากระบวนการลอกกาวไหม ณ สภาวะนี้เหมาะสมที่สุดสำหรับเอนไซม์ซิงกิเบน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

4.2.3 ผลการทดลองหาเวลา ที่เหมาะสมต่อการลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์ซิงกิเบนจากขิง ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลของเวลาต่อความแข็งแรงของเส้นไหม

ชิ้นตัวอย่าง/สภาวะ	แรงที่รับได้สูงสุด (Maximum Load) (kgf)	ความแข็งแรงต่อแรงดึง Tensile Strength (gf/den-25)	ร้อยละการยืดตัว Elongation (%)
เส้นใยไหมดิบ	11.13	4.87	19.79
เอนไซม์ 60°Cx 20 นาที	10.69	4.17	21.59
เอนไซม์ 60°Cx 40 นาที	10.70	4.00	23.86
เอนไซม์ 60°Cx 60 นาที	10.69	4.17	21.59
เอนไซม์ 60°Cx 80 นาที	10.11	4.02	21.75
เอนไซม์ 60°Cx 100 นาที	10.72	3.97	19.81
เอนไซม์ 60°Cx 120 นาที	10.63	3.86	2.37
เอนไซม์ 60°Cx 140 นาที	9.61	3.88	17.23
เอนไซม์ 60°Cx 160 นาที	10.35	3.79	23.37
เอนไซม์ 60°Cx 180 นาที	10.32	3.57	21.91
โซดาแอช pH 11.5 98°C 60 นาที	9.74	3.55	16.36

<u>หมายเหตุ</u> เอนไซม์ 1% o.w.f อุณหภูมิ 60°C เวลา 20 – 180 นาที ที่สภาวะ pH 4.0

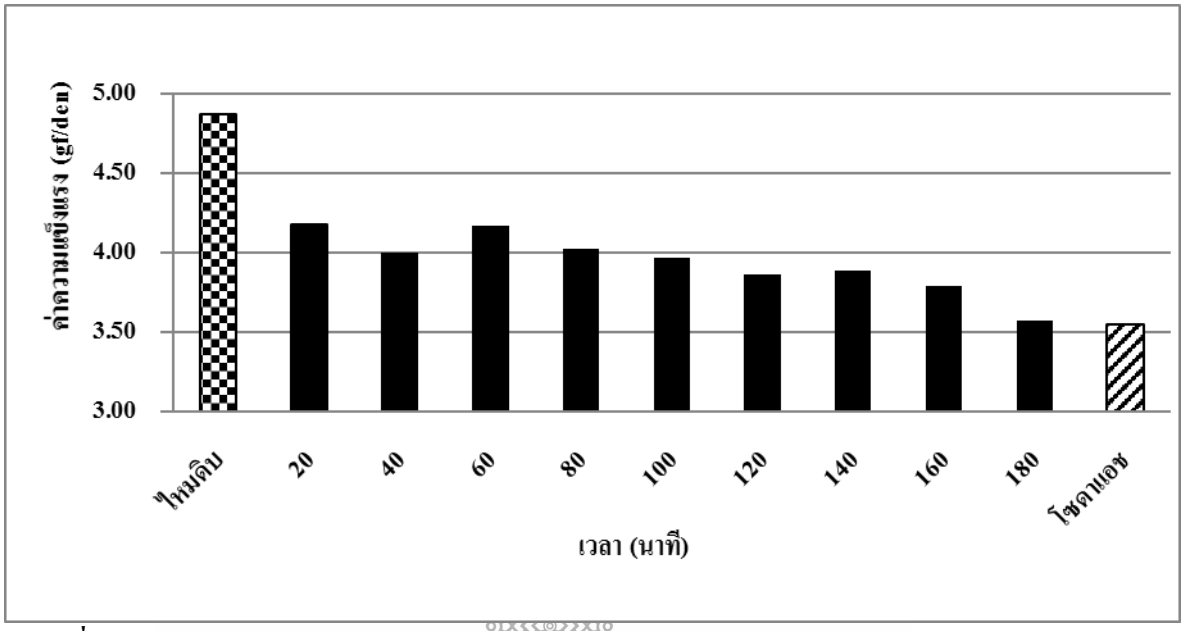
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

ตารางที่ 4.6 แสดงผลของเวลาต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม

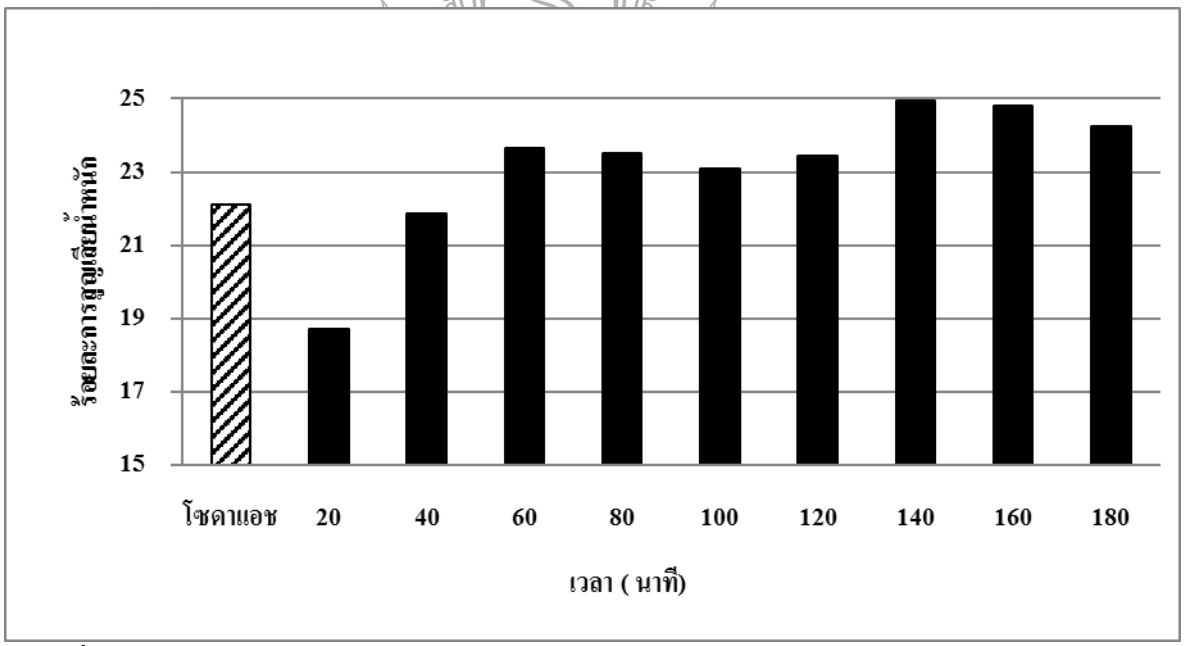
ชิ้นตัวอย่าง/สภาวะ	ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม (% Weight Loss)
โซดาแอช pH 11.5 98^{0}C x 60 นาที	22.10
เอนไซม์ 60^{o}Cx 20 นาที	18.73
เอนไซม์ 60^{o}Cx 40 นาที	21.88
เอนไซม์ 60^{o}Cx 60 นาที	23.65
เอนไซม์ 60^{o}Cx 80 นาที	23.52
เอนไซม์ 60^{o}Cx 100 นาที	23.09
เอนไซม์ 60^{o}Cx 120 นาที	23.43
เอนไซม์ 60^{o}Cx 140 นาที	24.94
เอนไซม์ 60^{o}Cx 160 นาที	24.81
เอนไซม์ 60^{o}Cx 180 นาที	24.24

หมายเหตุ กาวไหมที่ปรากฏในเส้นใย มีปริมาณประมาณร้อยละ 25 ของน้ำหนักไหมดิบ [7]
เอนไซม์ 1 % o.w.f อุณหภูมิ 60^{o}C เวลา 180 นาที ที่สภาวะ pH 4.0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



กราฟที่ 4.5 แสดงผลของเวลาต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นไหม



กราฟที่ 4.6 แสดงผลของเวลาต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม

จากกราฟที่ 4.5 เมื่อเพิ่มเวลาระหว่าง 20-180 นาที ในการลอกกาวเส้นใยไหม พบว่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหมมีแนวโน้มลดลง และค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก จากกราฟที่ 4.6 มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ต้องใช้เวลา และอุณหภูมิในการเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อการเพิ่มเวลานานขึ้นจึงทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการลอกกาวไหมดีขึ้น ซึ่งเวลาของการลอกกาวไหมที่เหมาะสมที่สุด คือ 60 นาที (หากใช้เวลานานเกินไป จะไม่เหมาะสมกับกระบวนการที่จะนำไปแนะนำให้เกษตรกรใช้)โดยพิจารณาจากผิวสัมผัสของเส้นใยไหม ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม ประกอบกันพบว่ากระบวนการลอกกาวไหม ณ สภาวะนี้เหมาะสมที่สุดสำหรับเอนไซม์ซิงกิเบน

4.2.4 ผลการทดลองหาความเข้มข้น (ร้อยละ) ที่เหมาะสมต่อการลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์ซิงกิเบนจากขิงได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงผลของความเข้มข้น (ร้อยละ) ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม

ชิ้นตัวอย่าง/สภาวะ	แรงที่รับได้สูงสุด (Maximum Load) (kgf)	ความแข็งแรงต่อแรงดึง Tensile Strength (gf/den-25)	ร้อยละการยืดตัว Elongation (%)
เส้นใยไหมดิบ	11.13	4.87	19.79
เอนไซม์ 0.2 % o.w.f.	10.69	4.17	21.59
เอนไซม์ 0.4 % o.w.f.	10.42	3.97	22.45
เอนไซม์ 0.6 % o.w.f.	10.72	3.88	20.87
เอนไซม์ 0.8 % o.w.f.	10.92	3.65	18.01
เอนไซม์ 1.0 % o.w.f.	9.77	3.60	17.76
โซดาแอช 5.0% o.w.f.	9.74	3.55	16.36

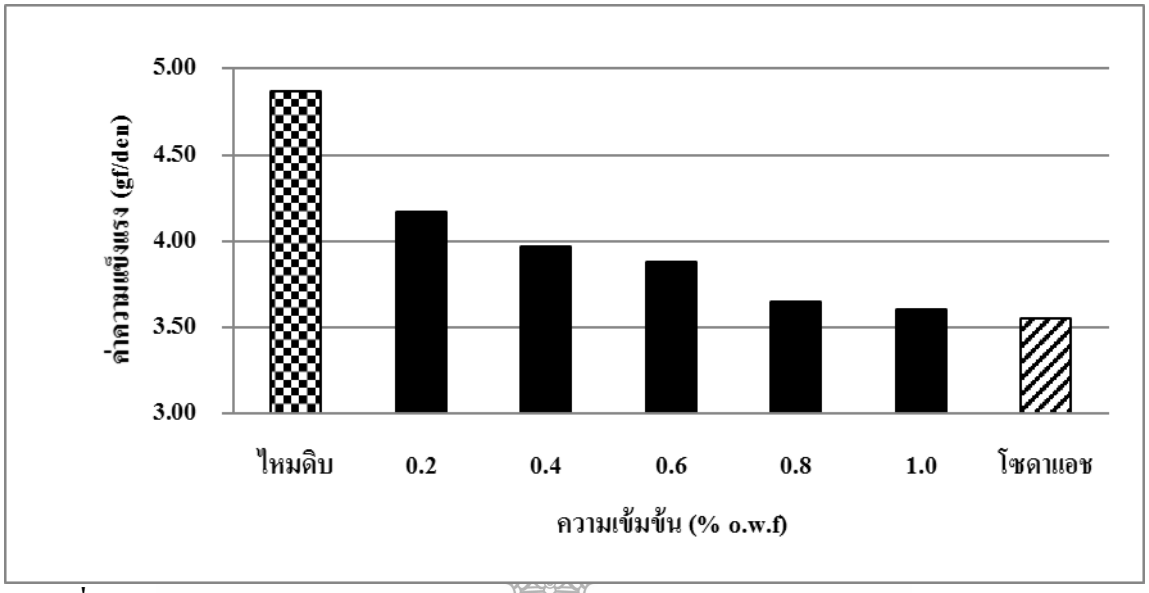
<u>หมายเหตุ</u> เอนไซม์ 1 % o.w.f อุณหภูมิ 60°C เวลา 60 นาที ที่สภาวะ pH 4.0

ตารางที่ 4.8 แสดงผลของความเข้มข้น (ร้อยละ) ต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม

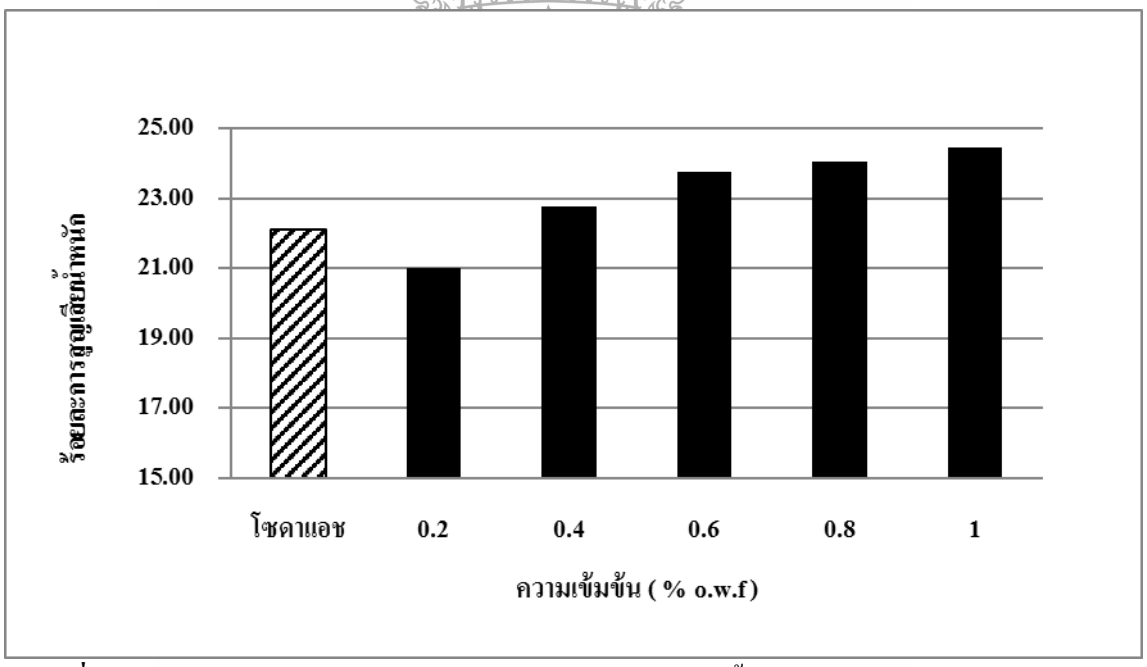
ชิ้นตัวอย่าง/สภาวะ	ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม (% Weight Loss)
โซดาแอช 5.0 % o.w.f.	22.10
เอนไซม์ 0.2 % o.w.f.	21.02
เอนไซม์ 0.4 % o.w.f.	22.78
เอนไซม์ 0.6 % o.w.f.	23.75
เอนไซม์ 0.8 % o.w.f.	24.06
เอนไซม์ 1.0 % o.w.f.	24.46

หมายเหตุ กาวไหมที่ปรากฏในเส้นใย มีปริมาณประมาณร้อยละ 25 ของน้ำหนักไหมดิบ [7]
เอนไซม์ 1% o.w.f อุณหภูมิ 60°C เวลา 60 นาที ที่สภาวะ pH 4.0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



กราฟที่ 4.7 แสดงผลของความเข้มข้นต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม



กราฟที่ 4.8 แสดงผลของความเข้มข้น ต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม

จากกราฟที่ 4.7 เมื่อเพิ่มปริมาณร้อยละความเข้มข้นของเอนไซม์ขิงจากร้อยละ 0.2 – 1.0 ของหนักเส้นใยไหม (o.w.f) ค่าความแข็งแรงของเส้นไหมมีแนวโน้มลดลง กราฟที่ 4.8 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มมากขึ้น เนื่องจากเอนไซม์จากขิงมีความสามารถในการย่อยสลายโปรตีน ทำให้ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้นแปรผันตรงตามปริมาณการใช้เอนไซม์ ดังนั้นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการลอกไหม คือ ร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักเส้นใยไหมไหม โดยพิจารณาจากผิวสัมผัสของเส้นใยไหม ค่าความแข็งแรงของเส้นใยไหม และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม

4.3 ผลการทดลองที่ 3 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการลอกกาวไหมที่เหมาะสม (เปรียบเทียบระหว่างเส้นใยไหมดิบ เส้นใยไหมที่ผ่านการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงกิเบนด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) กับกระบวนการลอกกาวไหมด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ

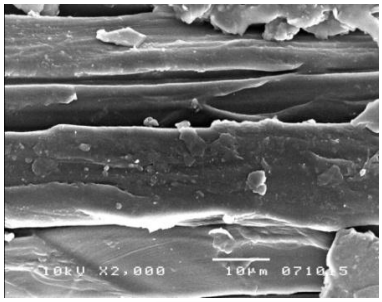
4.3.1 ผลการตรวจสอบสัณฐานวิทยาของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกวาด (SEM)

โดยการเตรียมชิ้นตัวอย่างเส้นใยไหมดิบ เส้นใยไหมที่ผ่านการลอกกาวเส้นใยไหมด้วยสารละลายเอนไซม์ร้อยละ 0.6 อุณหภูมิ 60°C เวลา 60 นาที ที่ pH 4.0 ตามด้วยสารละลายโซดาแอช และเส้นใยไหมที่ผ่านการลอกกาวเส้นใยไหม ด้วยสารละลายโซดาแอช 2 กรัมต่อลิตร ผสมสบู่สังเคราะห์ไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร 98°C x 60 นาที ที่ pH 11.5 ตรวจสอบสัณฐานโดยการเลือกตัวอย่างที่มีผลการทดลองดีที่สุด มาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกวาด (Scanning electron microscope) ที่ 10 kV กำลังขยาย 2,000 เท่า

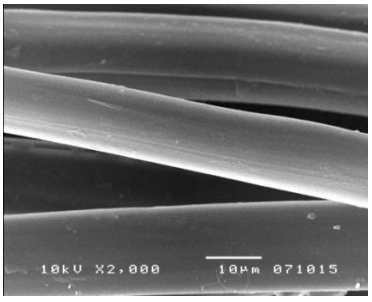
ภาพที่ 4.3 เส้นใยไหมดิบ

ภาพที่ 4.4 เส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วยเอนไซม์ขิง 0.6 % o.w.f. ที่ 60°C x 60 นาที pH 4.0

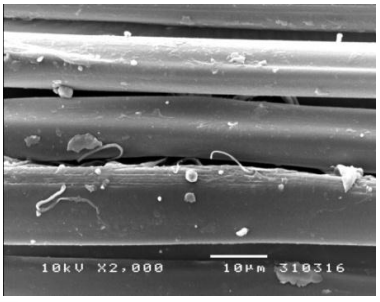
ภาพที่ 4.5 เส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วย Na_2CO_3 2 กรัมต่อลิตร + สบู่สังเคราะห์ไม่มีประจุ10 กรัมต่อลิตร 98°C x 60 นาที pH 11.5



ภาพที่ 4.6 เส้นใยไหมดิบ



ภาพที่ 4.7 เส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วยเอนไซม์ขิง 0.6 % o.w.f. ที่ 60°C x 60 นาที pH 4.0



ภาพที่ 4.8 เส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วย Na_2CO_3 2 กรัมต่อลิตร + สบู่สังเคราะห์ไม่มี10 กรัมต่อลิตร ประจุ 98°C x 60 นาที pH 11.5

การเปรียบเทียบสัณฐานวิทยา จากภาพที่ 4.3 และ 4.6 เป็นเส้นใยไหมดิบ (ไม่ผ่านการลอกกาวไหม) ซึ่งมีผิวสัมผัสที่แข็งกระด้าง เมื่อนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนส่องกราด (SEM) พบว่าพื้นผิวเส้นใยไหมมีลักษณะขรุขระ เนื่องจากมีกาวไหมเซริซินเกาะอยู่ที่ผิวเส้นไหมในปริมาณมาก รูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.7 เป็นเส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วยเอนไซม์ขิง ความเข้มข้นสารละลายเอนไซม์ร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักเส้นใยไหม อุณหภูมิ 60°C เวลา 60 นาที ที่ pH 4.0 เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนส่องกราด (SEM) พบว่าพื้นผิวเส้นใยไหมมีลักษณะเรียบเนียน เส้นใยไหมมีการรวมตัวกันดีไม่แตกตัว หรือฟู มีความมันเงา และมีผิวสัมผัสที่นุ่มเมื่อสัมผัส ภาพที่ 4.5 และภาพที่ 4.8 เป็นเส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วย โซเดียมคาร์บอเนต 2 กรัมต่อลิตร สบู่สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร ที่ 98°C เวลา 60 นาที ที่ pH 11.5 เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนส่องกราด (SEM) พบว่ายังมีเซริซินหลงเหลืออยู่บนผิวหน้าของเส้นใยไหมบ้าง จากการสัมผัสมีผิวสัมผัสที่นุ่ม มีความมันเงา แต่เส้นมีลักษณะที่หยิกงอและแตกฟู สรุปว่ากระบวนการลอกกาวไหมแบบสองขั้นตอน ด้วยเอนไซม์ ตามด้วยโซดาแอชปกติ มีประสิทธิภาพในการลอกกาวไหมดี อีกทั้งไม่ทำลายเส้นใยไหม เพราะภาพจากกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนส่องกราด (SEM) แสดงให้เห็นว่าผิวหน้าของเส้นใยไหมไม่ถูกทำลาย หรือกัดเซาะเป็นร่องด้วยสารลอกกาวไหม

4.3.2 ทดสอบประสิทธิภาพการลอกกาวด้วยสีไดเร็กท์ (C.I. Direct Red 80)

ภาพที่ 4.9 เส้นใยไหมดิบ
หลังย้อมสีไดเร็กท์
(C.I.Direct Red 80)

ภาพที่ 4.10 เส้นใยไหมที่ลอกกาว
ด้วยเอนไซม์ชิง 0.6 % o.w.f.
ที่ 60°C x 60 นาที pH 4.0
หลังย้อมสีไดเร็กท์
(C.I.Direct Red 80)

ภาพที่ 4.11 เส้นใยไหม
ที่ลอกกาวด้วย Na_2CO_3
2 กรัมต่อลิตร + สบู่
สังเคราะห์ไม่มีประจุ
10 กรัมต่อลิตร
98°C x 60 นาที pH 11.5
หลังย้อมสีไดเร็กท์
(C.I.Direct Red 80)

จากการศึกษาเปรียบเทียบสภาวะของกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ชิงเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) เทียบกับกระบวนการลอกกาวไหมขั้นตอนเดียวด้วยสารละลายโซดาแอชปกติทดสอบประสิทธิภาพในการลอกกาวด้วยสีไดเร็กท์ (C.I. Direct Red 80) โดยการเตรียมชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการลอกกาวไหมในสภาวะ pH 4.0 อุณหภูมิ 60°C เวลา 60 นาที ความเข้มข้น 0.6 % o.w.f. ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงผลของการทดสอบประสิทธิภาพการลอกกาวด้วยสีไดเร็กท์ (C.I.Direct Red 80)

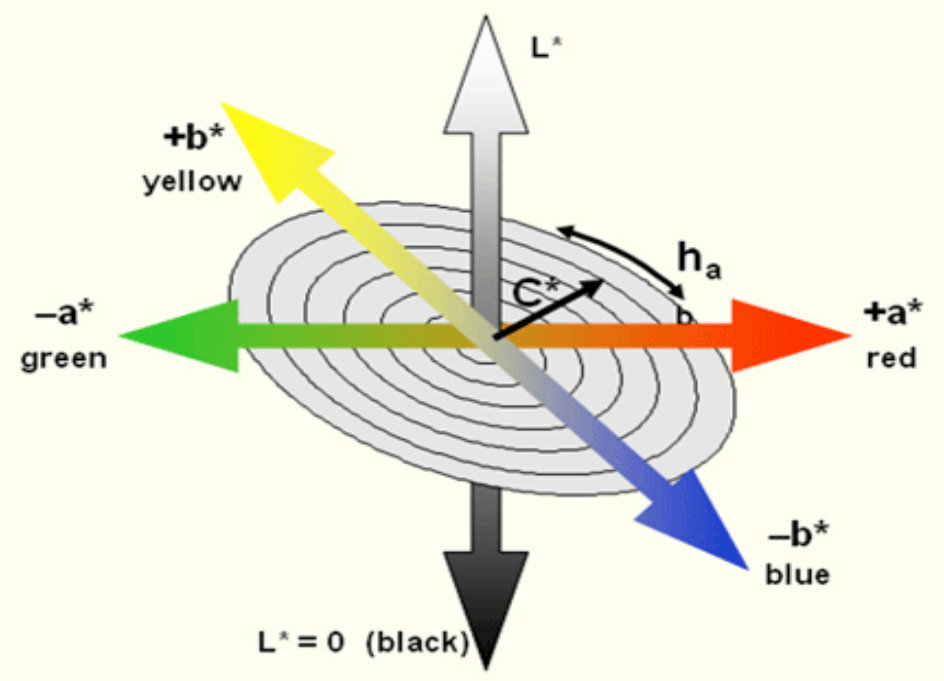
ชิ้นตัวอย่าง	L*	a*	b*	K/S
ไหมดิบ	29.91	42.33	6.36	21.77
เอนไซม์	83.66	9.85	0.79	0.17
โซดาแอช	75.97	24.47	0.24	0.55

หมายเหตุ L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness) ของชิ้นตัวอย่าง (L* = 0 สีดำ และ L* = 100 สีขาว)

a* ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างสีแดงกับสีเขียว (ถ้า a* (ค่า +) สีออกสีแดง และ ถ้า a* (ค่า –) สีออก สีเขียว)

b* ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างสีเหลืองกับสีน้ำเงิน (ถ้า b* (ค่า +) สีออกสีเหลือง และ ถ้า b* (ค่า –) สีออกสีน้ำเงิน)

K/S ค่าการติดสี



ภาพที่ 4.12 แสดงระบบ C.I.E.Lab (L*,a*,b*) [41]

จากตารางที่ 4.9 ตารางแสดงผลของการทดสอบประสิทธิภาพในการลอกกาวด้วยสีไดเร็กท์ (C.I. Direct Red 80) การติดสีสังเกตว่าเส้นใยไหมดิบ (ภาพที่ 4.12) ติดสีแดง (แสดงว่ามีกาวไหมจำนวนมาก) เส้นใยไหมที่ผ่านการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (ภาพที่ 4.13) ค่อนข้างไม่ติดสี (แสดงว่ามีกาวไหมจำนวนน้อยที่สุด) และเส้นใยไหมที่ผ่านการลอกกาวไหมด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ (ภาพที่ 4.14) ติดสีชมพูอ่อน (แสดงว่ามีกาวไหมหลงเหลืออยู่) สรุปว่าเส้นใยไหมที่ผ่านการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอนเหมาะสมที่สุดในการลอกกาวไหม เพราะไม่ทำลายเส้นใย และลอกกาวไหมจนเหลือน้อยที่สุด

4.3.3 การทดสอบค่าการติดสีของเส้นใยไหมด้วยสีแอซิด (K/S)

จากการศึกษาเปรียบเทียบสภาวะของกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) เทียบกับกระบวนการลอกกาวไหมขั้นตอนเดียวด้วยสารละลายโซดาแอชปกติทดสอบค่าการติดสีของเส้นใยไหมด้วยสีแอซิด โดยการเตรียมชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการลอกกาวไหมในสภาวะ pH 4.0 อุณหภูมิ 60°C เวลา 60 นาที ความเข้มข้น 0.6 % o.w.f. ได้ผลการทดลองดังนี้

ภาพที่ 4.13 เส้นใยไหมดิบ
หลังย้อมสีแอซิดสีแดง

ภาพที่ 4.14 เส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วยเอนไซม์ซิง 0.6 % o.w.f. ที่ 60°C x 60 นาที pH 4.0
หลังย้อมสีแอซิดสีแดง

ภาพที่ 4.15 เส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วย Na_2CO_3 2 กรัมต่อลิตร + สบู่สังเคราะห์ไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร 98°C x 60 นาที pH 11.5
หลังย้อมสีแอซิดสีแดง

ตารางที่ 4.10 แสดงผลของการติดสี (K/S) ของเส้นใยไหมโดยการย้อมด้วยสีแอซิด

ชิ้นตัวอย่าง	L*	a*	b*	K/S
ไหมดิบ	33.07	45.01	23.74	23.984
เอนไซม์	47.22	57.69	28.12	17.53
โซดาแอช	49.87	57.94	27.61	13.51

หมายเหตุ L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness) ของชิ้นตัวอย่าง (L* = 0 สีดำ และ L* = 100 สีขาว)

a* ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างสีแดงกับสีเขียว (ถ้า a* (ค่า +) สีออกสีแดง และ ถ้า a* (ค่า –) สีออกสีเขียว)

b* ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างสีเหลืองกับสีน้ำเงิน (ถ้า b* (ค่า +) สีออกสีเหลือง และ ถ้า b* (ค่า –) สีออกสีน้ำเงิน)

K/S ค่าการติดสี

จากตารางที่ 4.10 แสดงผลของการทดสอบการติดสีของเส้นใยไหมโดยการย้อม ย้อมด้วยสีแอซิดสีแดง ค่าการติดสี (K/S) จะพบว่าการลอกกาวไหมด้วยสารละลายโซดาแอชแบบปกติวิธีดั้งเดิมมีค่าการติดสีจะมีค่าน้อยกว่า การกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) เนื่องจากกระบวนการลอกกาวแบบดั้งเดิมยังมีเซริซินหลงเหลืออยู่บ้างเมื่อทำการย้อมสี สีย้อมที่ติดส่วนที่เป็น เซริซินจะหลุดออกมาก ทำให้ค่าการติดสี (K/S) ที่วัดได้มีค่าน้อยกว่ากระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเปรียบเทียบสภาวะของกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (กระบวนการลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) เทียบกับกระบวนการลอกกาวไหมขั้นตอนเดียวด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ สามารถสกัดเอนไซม์โปรติเอสจากขิง มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาล เมื่อนำมาเพิ่มความเสถียรจะเป็นของเหลวสีน้ำตาล มีค่า pH 9 –11

จากนั้นนำไปที่ใช้ในการทดลอง เพื่อศึกษาหาสภาวะการลอกกาวไหม (pH อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ที่มีความเสถียร (Stabilized Enzyme) ที่เหมาะสม จากการศึกษา pH ในช่วง 3-9 ร้อยละความเข้มข้นที่ 0.2 – 1 % owf อุณหภูมิที่ 40 – 100 องศาเซลเซียส และเวลา 20 – 180 นาที จากนั้นนำไปทดสอบความแข็งแรงของเส้นไหม ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหมด สีแดง ผลการศึกษาการลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์ซิงกเบนจากขิงพบว่า pH ที่เหมาะสมต่อยู่ในช่วง pH 4 ที่ความความเข้มข้นสารละลายเอนไซม์ร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักเส้นใย อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที วัดค่าความแข็งแรงของเส้นใยไหมได้ 3.88 กรัม/ฟอร์ส (g/f) ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม สูญเสียน้ำหนักร้อยละ 23.75 ของน้ำหนักเส้นใยไหม เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนส่องกราด (SEM) พบว่าพื้นผิวเส้นใยไหมมีลักษณะเรียบเนียน เส้นใยไหมมีการรวมตัวกันดีไม่แตกตัว หรือฟู มีความมันเงา ประสิทธิภาพในการลอกกาวด้วยสีไดเร็กท์ (C.I. Direct Red 80) วัดค่าการติดสี K/S 0.17 จากการสังเกตุด้วยตาเปล่าเส้นใยไหมติดสีชมพูอ่อน (แสดงว่ามีกาวไหมหลงเหลืออยู่) การย้อมติดสีของเส้นใยไหมโดยย้อมด้วยสีแอซิดสีแดง มีค่าการติดสี (K/S) 17.53 จากการสังเกตด้วยตาเปล่าเส้นใยไหมติดสีแดงเข้ม

เส้นใยไหมที่ลอกกาวโซเดียมคาร์บอเนต 2 กรัมต่อลิตร สบู่สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร ที่ 98 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ที่ pH 11.5 วัดค่าความแข็งแรงของเส้นใยไหมได้ 3.55 กรัม/ฟอร์ส (g/f) ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม สูญเสียน้ำหนักร้อยละ 22.10 ของน้ำหนักเส้นใยไหม เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนส่องกราด (SEM) พบว่ายังมีเซริซินหลงเหลืออยู่บนผิวหน้าของเส้นใยไหมบ้าง จากการสัมผัสมีผิวสัมผัสที่นุ่ม มีความมันเงา แต่เส้นมีลักษณะที่หยิกงอและแตกฟู ประสิทธิภาพในการลอกกาวด้วยสีไดเร็กท์ (C.I. Direct Red 80) วัดค่าการติดสี K/S 0.55 จากการสังเกตด้วยตาเปล่าเส้นใยไหมติดสีชมพูอ่อน (แสดงว่ามีกาวไหมหลงเหลือ

อยู่) การย้อมติดสีของเส้นใยไหมโดยย้อมด้วยสีแอซิดสีแดง มีค่าการติดสี (K/S) 13.51จากการสังเกตด้วยตาเปล่าเส้นใยไหมติดสีแดงเข้ม

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (กระบวนการลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) มีประสิทธิภาพการลอกกาวไหมได้ดีกว่ากระบวนการลอกกาวไหมขั้นตอนเดียวด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ ซึ่งสภาวะดังกล่าวส่งผลให้ประสิทธิภาพการลอกกาวไหมอยู่ในเกณฑ์ดี ไม่ส่งผลต่อความแข็งแรงของเส้นไหม และไม่ทำลายผิวของเส้นไหม

5.1 ข้อเสนอแนะ

การลอกกาวเส้นใยไหมด้วยเอนไซม์กระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน(เอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของเส้นใยไหมน้อยกว่ากระบวนการลอกกาวไหมด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ ผู้วิจัยเห็นว่าควรนำไปใช้กับการลอกกาวเส้นใยไหมที่เป็นเส้นยืนมากกว่าเส้นพุ่ง เพราะการทอผ้าเส้นยืนจะได้รับการเสียดสีกับฟันหวี ถ้าเส้นยืนมีความแข็งแรงก็ทำให้ผ้าเกิดตำหนิน้อยลง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บรรณานุกรม

[1] ปริวัฒน์ จันทร. (2546). ย่ำรอยทราย...บนสายแพรไหม. มติชน กรุงเทพฯ. 271 หน้าSun Yifu.1 9 8 9 . The Silk Road on Land and Sea.China Pictorial Publishing Company. Beijing. 303 pp. บันทึกนี้เขียนที่ GotoKnowโดย วิโรจน์แก้วเรือง

[2] Feltwell, J.,The Story of Silk, Alan Sutton Pubiishing, Gloucestershire, 1990, pp. 35-91

[3] การจัดการความรู้กรมหม่อนไหม ,เทคนิคการเลี้ยงไหม http://www.qsds.go.th/qthaisilk/KMweb/knowledge/knowledge12.html

[4] เอกสารวิชาการหม่อนไหม, พันธุ์ไหม http://www.qsds.go.th/qthaisilk/inside.php?com_option=page&aid=8 เข้าค้นข้อมูลวันที่ 25กรกฎาคม2556 เวลา 20.00 น.

[5] สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ ๗ เรื่องที่ ๓ การปลูกหม่อนเลี้ยงไหม http://kanchanapisek.or.th/kp6/New/sub/book/book.php?book=7&chap=3&page=t7-3-infodetail03.html เข้าค้นข้อมูลวันที่ 27 กรกฎาคม2556 เวลา 20.00 น.

[6] Crotch, W. J. B., A Silk Reaer's Handbook, Lowe and Brydone (Printer) Ltd.,London,1956

[7] อภิชาติ สนธิสมบัติ กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พ.ศ. 2545. ,น. 23-25

[8] Yang Y , Zhao Y, Gu Y , Yan X , Liu J, Ding F, Gu X. Degredation behaviors of nerve guidance conduits made up of silk fibroin in vitro and in vivo Polym Degrad Stab. 2009;94:2213-2220

[9] Bini E, Kinght DP , Kaplan DL. Mapping domain structures in silk from insects and spiders related to protein assembly . J Mol Biol. 2004 ; 335:27-40.

[10] Wang YZ , Kim HJ, Vunjak-Novakovic G, Kaplan DL.Stem cell-based tissue engineering with silk biomaterials. Biomaterials.2006;27:6064-6082.

[11] Min BM , Lee G , Kim SH , Nam SY Lee TS , Park WH , Electrospinning of silk fibroin nanofibers and its effect on the adhesion and spreading of normal human keratinocytes and fibroblastsin vitro.Biomaterials.2004;25:1289-1297.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[12] Robson, R. M., Silk; Composition, Structure and Properties, in Handbook of Fiber Science and Technology, Vol.IV, Ed. By Lewin, M., and Pearce, E.M., Mercel Dekker Inc., New York, 1985, pp.647-700.

[13] Sonthisombat,A., M. Sc. Dissertation, The university of Leeds, 1993

[14] Sonthisombat,A., M. Sc. Dissertation, The university of Leeds,

[15] เอกสารวิชาการหม่อนไหม, เกี่ยวกับไหม
http://www.qsds.go.th/qthaisilk/inside.php?com_option=page&aid=8
เข้าค้นข้อมูลวันที่ 13 พฤษภาคม 2556 เวลา 21.00 น.

[16] ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 6 กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ร่วมกับ ภาควิชาวิทยาการสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตการย้อมสีธรรมชาติ เข้าค้นข้อมูลวันที่ 10 พฤษภาคม 2556 เวลา 10.00 น.

[17] Takasu Y , Yamada H, Tsubouchi K, Isolation of three main sericin components from the cocoon of the silkworm , Bombyx mori. Biosci Biotechnol Biochem.2002;66:2715-2718.

[18] Mahmoodi NM , Arami M , Mazaheri F, Rahimi S. Degraation of sericin (degumming) of Persian silk by ultrasound and enzyme as a cleaner and environmentally friendly process. J Cleaner production. 2010; 18 : 146-151

[19] Wu, J.H., Wang, Z., Xu, S. Y.2007. Preparation and characterization of sercin powder extratec from silk industry wastewater. Food. Chem. 103 : 1255-1262

[20] Kwang, Y,C., Jae, Y.M., Yong W.L., Kwang, G.L.,Joo H.Y., Hae, Y.K.et al,2003 Preparation of self assembled silk sericin nanoparticles. Int. J.Biol Marcromol. 32 : 36-42

[21] มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ.8000-2555 เส้นไหมดิบ เล่ม 1 : เส้นไหมไทยสาวมือ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ น. 2

[22] เอกสารวิชาการหม่อนไหม, การสาวไหม
http://www.qsds.go.th/qthaisilk/KMweb/knowledge/knowledge22.html
เข้าค้นข้อมูลวันที่ 11 พฤษภาคม 2556 เวลา 20.00 น.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[23] ศิริพร บุญชู คู่มือการผลิตเส้นไหมไทยพื้นบ้านอีสาน กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2555 น. 20-35

[24] ฐานข้อมูลสมุนไพร มหาวิทยาลัยมหิด http://www.medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/zinoff.html

[25] ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันทน์ สำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช พ.ศ. 2549 http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%82%E0%B8%B4%E0%B8%87#cite_note-1

[26] เภสัชกรหญิงสุนทรี สิงหบุตรา_สรรพคุณสมุนไพร 200 ชนิด http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_11_1.htm

[27] Hartmann, H.T., D.E. Kester and F.T. Davies. 1990. Propagation by Specialized Stem and Roots. Plant Propagation : Principle and Practices. 5th ed., Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 647 p.

[28] กรมวิชาการเกษตร. 2525. ขิงเอกสารวิชาการเล่มที่ 6. กรุงเทพฯ. 41 น.

[29] พิทยา สรวมศิริ. 2529. พืชเครื่องเทศ. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 243 น.

[30] คำนึง คำอุดม, 2531. การปลูกขิง พิมพ์ครั้งที่ 4

[31] เบลเยี่ยม เจริญพานิช. 2523. การปลูกขิง. เพื่อนเกษตร 7(8) : 7-17.

[32] Thompson , E.H., and Allen , C.E. Ginger rhizome : a new source of proteolytic enzyme . J.Food Sci . 1973,38,652-655

[33] Ichikawa , Y., Sasa , H., and Michi,K. Purification of ginger protease .J. Jpn. Soc. Food Nutr.1973 , 26,377 – 383

[34] Godfreg T ,West S,Introduction to industrial enzymology.In Godfrey T , West S, editors. Industrial enzymology, 2nd ed.London : Macmillan Press, 1996a. pp.1-8

[35] จิราภรณ์ บุราคร , สุบงกช ทรัพย์แดง , จิตต์เรขา ทองมณี , และคณะ ครีมขัดผิวหน้าผสมเอนไซม์จากขิง วารสารผลงานวิชาการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2555 น.125

บรรณานุกรม (ต่อ)

[36] Barrett, A.J. 2001. Proteolytic enzymes: nomenclature and classification, pp. 1-21. In R. Beynon, J.S. Bond, eds. Proteolytic enzymes. 2nd ed. Oxford University Press, New York.

[37] Godfreg T ,West S,Introduction to industrial enzymology.In Godfrey T , West S, editors. Industrial enzymology, 2nd ed.London : Macmillan Press, 1996a. pp.1-8

[38] ดร.อภิชาติ สนธิสมบัติ การทำความสะอาดและฟอกขาวเส้นใยสังเคราะห์ เอกสารประกอบโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ ปี 2542 น. 5

[39] Freddi, G., Mossotti, R. and Innocenti, R.2003. Degumming of silk fabric with several protease. J.Biotechnol. 106 : 101-112

[40] Krause, J. (2010). COLOR INDEX, REVISED EDITION (2nd ed.). Cincinnati, Ohio: F+W Media, Inc.

[41] CIELAB. http://www.globalspec.com/learnmore/manufacturing_process_equipment/inspection_tools_instruments/color_appearance_instruments

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ค่าของ pH ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม

ตารางที่ ก.1 ค่าของ pH ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม

ชิ้นตัวอย่าง/สภาวะ	แรงที่รับได้สูงสุด (Maximum Load) (kgf)	ความแข็งแรงต่อแรงดึง Tensile Strength (gf/den-25)	ร้อยละการยืดตัว Elongation (%)
ไหมดิบ1	11.18	4.97	20.20
ไหมดิบ2	10.94	4.86	18.87
ไหมดิบ3	11.28	4.70	21.17
ไหมดิบ4	11.14	4.95	18.94
ค่าเฉลี่ย	11.13	4.87	19.79
โซดาแอช 1	8.51	3.44	13.72
โซดาแอช 2	11.22	3.59	16.47
โซดาแอช 3	9.81	3.63	18.73
โซดาแอช 4	10.36	3.54	16.53
ค่าเฉลี่ย	9.97	3.55	16.36
pH 3/1	10.39	3.85	24.97
pH 3/2	10.92	3.77	23.85
pH 3/3	10.64	3.67	23.07
pH 3/4	10.31	3.78	23.41
ค่าเฉลี่ย	10.57	3.77	23.82
pH 3.5/1	9.57	3.68	19.69
pH 3.5/2	9.89	3.80	18.41
pH 3.5/3	9.29	3.29	17.86
pH 3.5/4	9.69	3.43	17.86
ค่าเฉลี่ย	9.61	3.55	18.45

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ค่าของ pH ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม

ชิ้นตัวอย่าง/สภาวะ	แรงที่รับได้สูงสุด (Maximum Load) (kgf)	ความแข็งแรงต่อแรงดึง Tensile Strength (gf/den-25)	ร้อยละการยืดตัว Elongation (%)
pH 4 /1	9.81	3.63	18.73
pH 4 /2	10.41	3.85	21.66
pH 4 /3	9.71	3.92	19.22
pH 4 /4	9.56	3.86	18.52
ค่าเฉลี่ย	9.87	3.82	19.53
pH 4.5 /1	10.88	4.03	20.13
pH 4.5 /2	10.77	3.99	18.66
pH 4.5 /3	10.65	3.95	19.92
pH 4.5 /4	10.56	3.91	20.55
ค่าเฉลี่ย	10.72	3.97	19.81
pH 5 /1	9.31	3.96	17.27
pH 5 /2	9.45	4.02	18.94
pH 5 /3	9.89	3.96	18.73
pH 5 /4	8.93	3.57	18.03
ค่าเฉลี่ย	9.40	3.88	18.24
pH 5.5 /1	10.26	4.02	23.07
pH 5.5 /2	9.45	4.02	18.94
pH 5.5 /3	9.91	4.00	20.64
pH 5.5 /4	10.83	4.05	24.36
ค่าเฉลี่ย	10.11	4.02	21.75

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ค่าของ pH ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม

ชิ้นตัวอย่าง/สภาวะ	แรงที่รับได้สูงสุด (Maximum Load) (kgf)	ความแข็งแรงต่อแรงดึง Tensile Strength (gf/den-25)	ร้อยละการยืดตัว Elongation (%)
pH 6 /1	11.24	3.91	21.24
pH 6 /2	10.83	4.05	24.36
pH 6 /3	10.54	4.26	19.69
pH 6 /4	10.75	4.39	19.15
ค่าเฉลี่ย	10.84	4.15	21.11
pH 6.5 / 1	11.12	4.41	20.68
pH 6.5 / 2	10.34	4.09	23.19
pH 6.5 / 3	10.81	4.16	21.59
pH 6.5 / 4	10.51	4.04	20.89
ค่าเฉลี่ย	10.69	4.17	21.59
pH 7/1	11.12	4.41	20.68
pH 7/2	10.75	4.39	19.15
pH 7/3	10.94	4.86	18.87
pH 7/4	11.14	4.95	18.94
ค่าเฉลี่ย	10.99	4.65	19.41
pH 7.5/1	11.18	4.97	20.20
pH 7.5/2	11.14	4.95	18.94
pH 7.5/3	10.76	4.39	21.52
pH 7.5/4	11.28	4.70	21.17
ค่าเฉลี่ย	11.09	4.75	20.46

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ค่าของ pH ต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม

ชิ้นตัวอย่าง/สภาวะ	แรงที่รับได้สูงสุด (Maximum Load) (kgf)	ความแข็งแรงต่อแรงดึง Tensile Strength (gf/den-25)	ร้อยละการยืดตัว Elongation (%)
pH 8 /1	10.63	4.43	17.91
pH 8 /2	11.28	4.70	21.17
pH 8 /3	11.02	4.41	22.08
pH 8 /4	10.73	4.29	19.92
ค่าเฉลี่ย	10.92	4.46	20.27
pH 8.5 /1	10.81	3.76	19.71
pH 8.5 /2	10.75	3.74	19.01
pH 8.5 /3	11.17	3.89	20.68
pH 8.5 /4	11.23	3.90	20.55
ค่าเฉลี่ย	10.99	3.82	19.99
pH 9 /1	8.51	3.44	13.72
pH 9 /2	9.60	3.88	20.73
pH 9 /3	10.54	4.26	19.69
pH 9 /4	9.82	3.97	14.76
ค่าเฉลี่ย	9.61	3.88	17.23

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาคผนวก ข

ค่าของอุณหภูมิต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม

ตารางที่ ก.2 ค่าของอุณหภูมิต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม

ชิ้นตัวอย่าง/สภาวะ	แรงที่รับได้สูงสุด (Maximum Load) (kgf)	ความแข็งแรงต่อแรงดึง Tensile Strength (gf/den-25)	ร้อยละการยืดตัว Elongation (%)
ไหมดิบ 2	10.94	4.86	18.87
ไหมดิบ 3	11.28	4.70	21.17
ไหมดิบ 4	11.14	4.95	18.94
ค่าเฉลี่ย	11.12	4.84	19.66
โซดาแอช 1	8.51	3.44	13.72
โซดาแอช 2	11.22	3.59	16.47
โซดาแอช 3	9.81	3.63	18.73
โซดาแอช 4	10.36	3.54	16.53
ค่าเฉลี่ย	9.97	3.55	16.36
อุณหภูมิ 30-1	10.76	4.39	21.52
อุณหภูมิ 30-2	10.75	4.39	19.15
อุณหภูมิ 30-3	10.94	4.86	18.87
อุณหภูมิ 30-4	11.14	4.95	18.94
ค่าเฉลี่ย	10.90	4.65	19.62
อุณหภูมิ 40-1	11.12	4.41	20.68
อุณหภูมิ 40-2	10.34	4.09	23.19
อุณหภูมิ 40-3	10.81	4.16	21.59
อุณหภูมิ 40-4	10.51	4.04	20.89
ค่าเฉลี่ย	10.69	4.17	21.59

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ค่าของอุณหภูมิต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม

ชิ้นตัวอย่าง/สภาวะ	แรงที่รับได้สูงสุด (Maximum Load) (kgf)	ความแข็งแรงต่อแรงดึง Tensile Strength (gf/den-25)	ร้อยละการยืดตัว Elongation (%)
อุณหภูมิ 50-1	10.88	4.03	20.13
อุณหภูมิ 50-2	10.77	3.99	18.66
อุณหภูมิ 50-3	10.65	3.95	19.92
อุณหภูมิ 50-4	10.56	3.91	20.55
ค่าเฉลี่ย	10.72	3.97	19.81
อุณหภูมิ 60-1	10.70	4.20	24.97
อุณหภูมิ 60-2	10.83	4.05	24.36
อุณหภูมิ 60-3	9.40	3.33	20.12
อุณหภูมิ 60-4	11.36	4.02	24.97
ค่าเฉลี่ย	10.57	3.90	23.61
อุณหภูมิ 70-1	9.82	4.05	21.42
อุณหภูมิ 70-2	10.06	4.15	21.51
อุณหภูมิ 70-3	10.39	3.85	24.97
อุณหภูมิ 70-4	10.26	4.02	23.07
ค่าเฉลี่ย	10.13	4.02	22.74
อุณหภูมิ 80-1	8.51	3.44	13.72
อุณหภูมิ 80-2	9.60	3.88	20.73
อุณหภูมิ 80-3	10.54	4.26	19.69
อุณหภูมิ 80-4	9.82	3.97	14.76
ค่าเฉลี่ย	9.61	3.88	17.23

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ค่าของอุณหภูมิต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยไหม

ชิ้นตัวอย่าง/สภาวะ	แรงที่รับได้สูงสุด (Maximum Load) (kgf)	ความแข็งแรงต่อแรงดึง Tensile Strength (gf/den-25)	ร้อยละการยืดตัว Elongation (%)
อุณหภูมิ 90-1	9.31	3.96	17.27
อุณหภูมิ 90-2	9.45	4.02	18.94
อุณหภูมิ 90-3	9.89	3.96	18.73
อุณหภูมิ 90-4	8.93	3.57	18.03
ค่าเฉลี่ย	9.40	3.88	18.24
อุณหภูมิ 100-1	9.81	3.63	18.73
อุณหภูมิ 100-2	10.41	3.85	21.66
อุณหภูมิ 100-3	9.71	3.92	19.22
อุณหภูมิ 100-4	9.56	3.86	18.52
ค่าเฉลี่ย	9.87	3.82	19.53

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาคผนวก ค

การนำเสนอผลงานวิจัย

มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น
WESTERN UNIVERSITY

๖๐๐ ตำบลสระลงเรือ อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี ๗๑๑๗๐
600 SRALONGRUA , HUAYKRACHAO , KANCHANABURI 71170
TEL. 0-3565-1000 FAX. 0-3565-1144 http://www.western.ac.th

ที่ มท. ๑๘๐๐/๔๐๒/๒๕๕๙

๒๔ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๕๙

เรื่อง รับรองการส่งบทความเข้าร่วมนำเสนอในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ ๖

เรียน นางสาวกฤษฎาพร สีหะวงษ์

ตามที่มหาวิทยาลัยเวสเทิร์นร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร มหาวิทยาลัยพิษณุโลก มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ และวิทยาลัยทองสุข ได้จัดการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ ๖ ในวันเสาร์ที่ ๒๓ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ เวลา ๐๘.๓๐-๑๗.๐๐ น. ณ อาคารคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น วิทยาเขตวัชรพล นั้น

ในการนี้ มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น ในฐานะผู้จัดงานขอรับรองว่า บทความของท่าน ได้ผ่านการพิจารณาให้เข้าร่วมนำเสนอในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ ๖ และจะได้ลงตีพิมพ์ในเอกสารรวบรวมบทความต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(ดร.กฤษฎา ตันเปาว์)
รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยเวสเทิร์น

สำนักวิจัยและบริการวิชาการ ๐๘๘-๕๘๕ ๒๐๖๙
มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น วัชรพล

การศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) กับกระบวนการลอกกาวไหมด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ

A Comparison Study of Silk Degumming Process between Two Steps Method using Zingibain Enzyme Followed by Dilute Na_2CO_3 versus Normal Na_2CO_3 Degumming Process.

ผู้วิจัย นางสาวกฤษฎาพร สีหะวงษ์
สาขาวิชาสิ่งทอ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. อภิชาต สนธิสมบัติ
สาขาวิชาสิ่งทอ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการลอกกาวไหมมักใช้สารเคมีที่มีสภาวะด่าง หากใช้ปริมาณไม่เหมาะสม จะส่งผลเสียต่อคุณภาพของเส้นใยไหม ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำสมุนไพรครัวเรือน คือ ขิง ซึ่งมีส่วนประกอบของเอนไซม์โปรติเอส (เอนไซม์ซิงกิเบน) จึงสกัดเอนไซม์จากขิงสดอายุ 8 เดือนผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเพิ่มความเสถียร โดยเอนไซม์จะทำลายพันธะเปปไทด์ของเซริซิน (กาวไหม) ก่อนทำลายเส้นใย (ไฟโบรอิน) วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสภาวะของกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงกิเบนตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) เทียบกับกระบวนการลอกกาวไหมขั้นตอนเดียวด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ พบว่า สภาวะเหมาะสมที่สุดคือ เอนไซม์ร้อยละความเข้มข้น 0.6 ของน้ำหนักเส้นใย ที่ pH 4.0 อุณหภูมิ 60^0C เวลา 60 นาที จากนั้นล้างเส้นใยด้วยน้ำสะอาด ต่อด้วยการเตรียมอ่างใหม่โดยการใช้โซเดียมคาร์บอเนต 0.2 กรัมต่อลิตร ผสมสบู่สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 5 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 85^0C เวลา 60 นาที เมื่อครบเวลาล้างด้วยน้ำร้อน จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด พร้อมกับปรับ pH ให้เป็นกลางด้วยกรด อะซิติก ซึ่งสามารถลอกกาวไหมได้ร้อยละ 23.75 อีกทั้งเส้นใยไหมที่ผ่านกระบวนการมีความนุ่มเพิ่มขึ้นจากการสัมผัสผิวของเส้นใยไหมไม่ถูกทำลาย ความแข็งแรงของเส้นใยไหมลดลงร้อยละ 12.89 เมื่อเปรียบเทียบกับการลอกกาวไหมด้วยขั้นตอนเดียว กับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 2 กรัมต่อลิตรผสมสบู่สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร pH 11.5 อุณหภูมิ 98^0C เวลา 60 นาที เมื่อครบเวลาล้างด้วยน้ำร้อน จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด พร้อมกับปรับ pH ให้เป็นกลางด้วยกรดอะซิติก สามารถลอกกาวไหมออกได้ร้อยละ 22.10 ของน้ำหนักเส้นใยไหม แต่เส้นใยไหมมีลักษณะแตกฟู และหงิกงอ และความแข็งแรงของเส้นใยไหมลดลงร้อยละ 21.11 ซึ่งส่งผลเสียต่อการนำไปทำเป็นเส้นใยสำหรับทอผ้า

คำสำคัญ : เอนไซม์ซิงกิเบน, ขิง, การลอกกาวไหม

Abstract

Nowadays, silk degumming often used strong alkaline conditions. If the concentration is inappropriate, it will give adversely affect to the quality of the silk fibers. Ginger contains a protease enzyme called Zingibain Enzyme. This enzyme is extracted from fresh ginger age eight months harvesting and then dried through freeze-drying process. The enzyme can break the peptide bond of Sericin (silk glue) before breaking fibers (Fibroin). Therefore, the objectives of this paper is to compare the optimum conditions of two steps degumming process. The fibers were treated with Zingibain enzyme first and then followed with dilute solution of soda ash. This two steps method was compared to the result from one step degumming process with normal condition of soda ash degumming process. The most suitable concentration of used enzyme in the first bath is 0.6% of the weight of the fibers at pH 4.0 at 60°C for 60 minutes, then rinsed with fresh water. The second bath followed by 0.2 g/l Na_2CO_3 with nonionic detergent 5 g/l at 85^0C for 60 minutes after that the fibers were washed with hot water and rinsed with fresh water and neutralized with diluted acetic acid. The weight loss of the fibers was 23.75% and the appearance of the fibers was soft handle and still straight fibers. The strength of the treated fibers decreased by 12.89%. The second process was used 2 g/l Na_2CO_3 with nonionic detergent 10 g/l at 98^0C for 60 minutes after that the fibers were washed with hot water and rinsed with fresh water and neutralized with diluted acetic acid. The weight loss of the fibers was 22.10% but the fibers had crimped fibers and also the strength decreased 21.11% which negatively gives an impact for weaving process.

Key Word (s): Silk Degumming, Ginger, Zingibain Enzyme

บทนำ

เส้นใยไหมมีส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ กาวไหม (เซริซิน) และเส้นใย (ไฟโบรอิน) กาวไหมมีปริมาณประมาณร้อยละ 25 ของน้ำหนักเส้นใยไหมดิบ [1,11] กาวไหม (Sericin) คือ โปรตีนที่พ่นออกมาเคลือบอยู่รอบๆ เส้นไหม (Fibroin) เพื่อทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่นและมีสภาพเป็นกาวยึดเส้นไหมกับวัสดุต่างๆ ประกอบกันเป็นรังไหม [2-3] องค์ประกอบทางเคมีของเซริซินประกอบด้วย กรดอะมิโนมีขั้ว นอกจากไกลซีน อะลามีนและเซอรีนแล้ว เซริซินยังประกอบด้วยกรดกลูตามิก ทรีโอนีนและไทโรซีน [4] นอกจากนี้ยังมีสายโมเลกุลพอลิเพปไทด์ เป็นองค์ประกอบ แต่เนื่องจากสายโซ่โมเลกุลของพอลิเพปไทด์มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าไฟโบรอิน จึงทำให้เซริซินละลายได้ในน้ำร้อน และอ่อนแอกว่าไฟ โบรอินกำจัดได้ง่ายกว่า [5]

การลอกกาวไหม (Silk degumming) คือ กระบวนการกำจัดกาวไหม และกำจัดสิ่งเจือปนอื่นๆ ที่อาจปะปนอยู่ในเส้นใยไหม เป็นการทำลายพันธะเพปไทด์ของกาวไหมให้มีโมเลกุลเล็กลงจนสามารถละลายน้ำได้ [6] ขิงจัดเป็นพืชสมุนไพรที่มีเอนไซม์กลุ่มโปร- ติเอสมีคุณสมบัติช่วยย่อยโมเลกุลของโปรตีน โดยใช้แง่งขิงอายุ 8 -12 เดือน สภาวะ pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์นี้ อยู่ในช่วง 5.0 – 7.0 [8] ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 40 - 80°C [7] ซึ่งคุณสมบัตินี้มีความคล้ายคลึงกับเอนไซม์ย่อยโปรตีนจากพืชชนิดอื่น เช่น ปาเปน (Papain) โบรมิเลน (Bromelain) ฟิซิน (Ficin) เป็นต้น [9] จึงมีแนวคิดที่จะนำขิงมาใช้ในการ

ลอกกาวไหมเพื่อให้เส้นใยไหมมีผิวสัมผัสที่นุ่ม และไม่ทำลายผิวหน้า และความแข็งแรงที่เหมาะสมกับการนำไปผลิตเสื้อผ้าต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสภาวะของกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงกิเบนตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) เทียบกับกระบวนการลอกกาวไหมขั้นตอนเดียวด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ

กรอบแนวความคิดในการทำการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบสภาวะของกระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) เทียบกับกระบวนการลอกกาวไหมขั้นตอนเดียวด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ โดยใช้ขิงสดแก่อายุ 8-12 เดือน นำมาสกัดเป็นเอนไซม์ขิงผงเสถียร จากนั้นนำเส้นไหมพันธุ์ต่างประเทศจากบริษัทจุลไหมไทยขนาด 100/120 ดีเนียร์ เพื่อใช้ในการลอกกาวเส้นใยไหม โดยศึกษาตัวแปร pH อุณหภูมิ เวลา และปริมาณร้อยละความเข้มข้นของเอนไซม์ และศึกษาผลของความแข็งแรงของเส้นใยไหมหลังการลอกกาวไหม ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหมหลังการลอกกาวไหม

วิธีการวิจัย

1. การสกัดเอนไซม์โปรติเอสจากขิง

1.1 วิธีการผลิตเอนไซม์ดิบ

นำขิงสดอายุ 8 เดือนน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ปอกเปลือก หั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำไปปั่นในโถปั่น แล้วนำไปแยกเอนไซม์ดิบ (Crude enzyme) ออกจากส่วนของแข็งโดยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C จะได้ส่วนสารละลาย (Supernatant) แยกออกมาเป็นส่วนเอนไซม์ดิบ (Crude enzyme) ซึ่งเรียกว่า เอนไซม์โปรติเอส

1.2 วิธีการผลิตเอนไซม์ขิงผง

โดยนำเอนไซม์ดิบปริมาณ 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดก้นกลมขนาด 500 มิลลิลิตร แช่แข็งตัวอย่าง Freeze Dried ที่อุณหภูมิ –20°C จนกระทั่งเอนไซม์ดิบกลายเป็นเกล็ดน้ำแข็งแล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบอบแห้งแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิห้อง และลดความดันลง จะได้เอนไซม์ผง

1.3 การทำให้เอนไซม์มีความเสถียร (ดัดแปลงจาก US patent 4,842,758)

1.3.1 เคซีน 20 กรัม ผสมกับ 0.17 N NaOH 80 กรัม กวนให้เข้ากัน ให้ความร้อน 50 °C เพื่อละลายเคซีน จากนั้นเติมเอนไซม์ 10 กรัม ได้สารละลายผสมเคซีนเอนไซม์ จากนั้นเติม 1 M Ascorbic acid 3 มิลลิลิตร

1.3.2 โบรอก 113 กรัม ผสมกับ สารละลายกรดแลกติกเข้มข้น 253 กรัม แล้วทำเป็นกลาง (Neutralized) ด้วย 12 N NaOH 115 กรัม ได้สารละลายผสมโบรอกกรดแลกติก จากนั้นนำสารผสมโบรอกและแลกติกมา 5 มิลลิลิตร ผสมกับ 1 M Ascorbic Acid 5 มิลลิลิตร

1.3.3 นำสารละลายข้อ 1) (สารละลายผสมเคซีนเอนไซม์) 24 กรัม ผสมกับสารละลาย ข้อ 2) (สารละลายผสมโบรอกกรดแลกติก) 33 กรัม จะได้เอนไซม์ที่มีความเสถียร (Stabilized enzyme)

2. หาสภาวะการลอกกาวเส้นใยไหมที่เหมาะสม

นำเส้นใยไหมดิบขนาด 100/120 ดีเนียร์ มาลอกกาวไหม ตัวแปรที่ศึกษาคือ pH 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0, และ 9.0 อุณหภูมิ 30 40 50 60 70 80 90 และ 100°C เวลา 20 40 60 80 100 และ 120 นาที ปริมาณร้อยละความเข้มข้นเอนไซม์ 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.0 ของน้ำหนักเส้นใยไหม อัตราส่วนน้ำต่อน้ำหนักเส้นใยไหม 25:1 นำเข้าเครื่อง OSCI COLOR เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำเส้นใยมาล้างด้วยน้ำและนำเส้นใยไปทำปฏิกิริยาอีกครั้งโดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต 0.2 กรัมต่อลิตร ผสมสบู่สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 5 กรัมต่อลิตร นำเข้าเครื่อง OSCI COLOR ที่อุณหภูมิ 85°C ใช้เวลา 60 นาที เมื่อครบเวลาล้างด้วยน้ำร้อน 5 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที พร้อมกับปรับ pH ให้เป็นกลางด้วยกรดอะซิติก

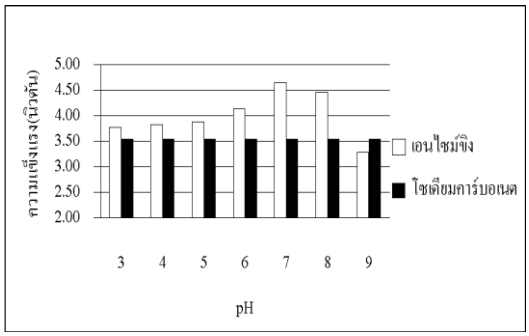
จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับเส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วยวิธีดั้งเดิม โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต 2 กรัมต่อลิตร ผสมสบู่สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร pH 11.5 ใช้อัตราส่วนน้ำ : เส้นใยไหมเท่ากับ 1: 30 นำเข้าเครื่อง OSCI COLOR ที่อุณหภูมิ 98°C ใช้เวลา 60 นาที จากนั้นนำมาทดสอบประสิทธิภาพในการลอกกาวเส้นใยไหม โดยหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม ค่าความคงทนต่อแรงดึงของเส้นใยไหมด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงชนิดอัตราการเคลื่อนที่คงที่ (Constant Rate of Travel (CRT) Testing Machine รุ่น LR5K ศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยไหม ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนส่องกราด (SEM)

ผล/ สรุปผลการวิจัย

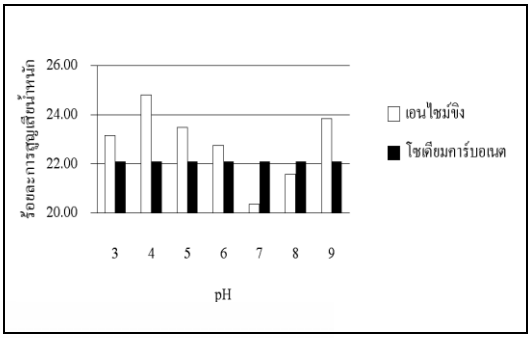
จากการศึกษาผลของการลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์โปรติเอสที่สกัดจากขิง ตัวแปรที่ศึกษาประกอบไปด้วย pH อุณหภูมิ เวลา และปริมาณร้อยละความเข้มข้นของเอนไซม์ขิง โดยเปรียบเทียบกับการลอกกาวด้วยวิธีดั้งเดิมโดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต 2 กรัมต่อลิตร ผสมสบู่สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร pH 11.5 ใช้ ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 60 นาที ผลที่ได้เป็นดังนี้

1. pH ที่เหมาะสมต่อการลอกกาวเส้นใยไหม

จากการศึกษาหาค่าของ p H ของเอนไซม์โปรติเอสจากขิง เมื่อเทียบกับการลอกกาวด้วยวิธีดั้งเดิมที่ pH 11.5 เป็นตัวเปรียบเทียบ จากกราฟที่ 1 พบว่าเมื่อเพิ่ม pH ขึ้นจาก 3.0 - 7.0 ความแข็งแรงของเส้นใยไหมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ที่ pH 8.0 และ 9.0 ความแข็งแรงของเส้นใยไหมมีแนวโน้มลดน้อยลง จากกราฟที่ 2 ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก เมื่อเพิ่ม pH จาก3.0 – 4.0 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่ม pH จาก 5.0 และ 7.0 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมีค่าลดลง และที่ pH 8.0 – 9.0 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากผลการศึกษาค่า pH พบว่าสภาวะ pH ที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้เอนไซม์หยุดการทำงาน ส่งผลต่อประสิทธิภาพการลอกกาวเส้นใยไหม ซึ่ง pH ที่ดีและเหมาะสมในการลอกกาวเส้นใยไหม คือ pH 4.0 โดยพิจารณาจากผิวสัมผัสของเส้นใยไหม ค่าความแข็งแรงของเส้นใยไหม และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม



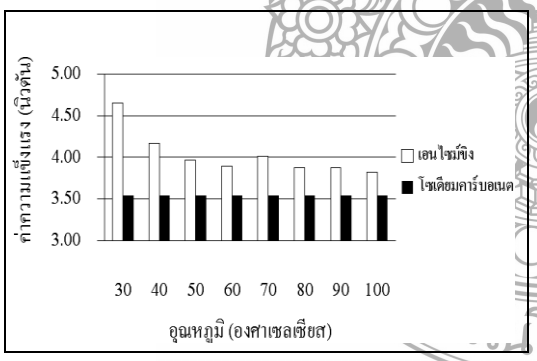
กราฟที่ 1 ค่าความแข็งแรง (นิวตัน)
ของการหา pH ที่เหมาะสม



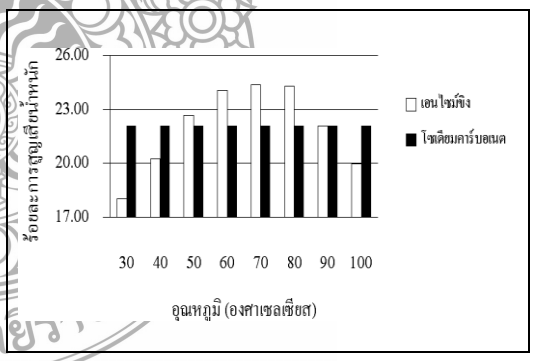
กราฟที่ 2 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก
ของการหา pH ที่เหมาะสม

2. อุณหภูมิที่เหมาะสมการลอกกาวเส้นใยไหม

อุณหภูมิที่ศึกษาคือ 30 – 100 องศาเซลเซียส จากกราฟที่ 3 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นไปเรื่อยๆ จาก 30 – 100 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความแข็งแรงของเส้นใยไหมมีแนวโน้มลดลง จากกราฟที่ 4 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 30 – 80 องศาเซลเซียสพบว่า ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นไปอีกจาก 90 และ 100 องศาเซลเซียส พบว่า ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเส้นไหมมีค่าลดลง จากผลการศึกษาอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิในช่วง 60 – 80 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพการลอกกาวไหมดีกว่า เมื่อเทียบกับการลอกกาวแบบวิธีดั้งเดิม เนื่องจากอุณหภูมิในช่วงนี้เป็นช่วงที่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์ แต่ถ้าอุณหภูมิที่สูงกว่านี้จะทำให้เอนไซม์หยุดการทำงาน ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพให้การลอกกาวลดลง ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการลอกไหมเส้นใยไหม คือ อุณหภูมิ 60 – 70 องศาเซลเซียสโดยพิจารณาจากผิวสัมผัสของเส้นใยไหม ค่าความแข็งแรงของเส้นใยไหม และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม



กราฟที่ 3 ค่าความแข็งแรง(นิวตัน)
ของการหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

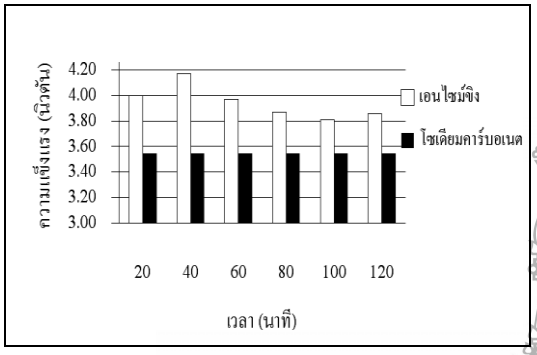


กราฟที่ 4 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก
ของการหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

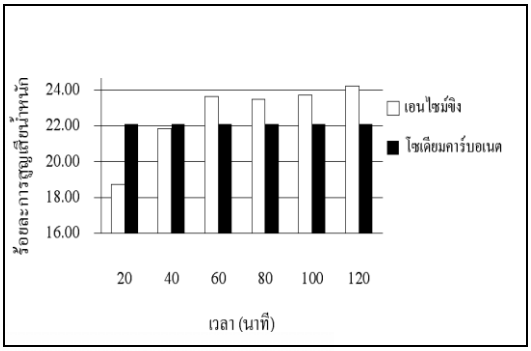
3. **เวลาที่เหมาะสมต่อการลอกกาวเส้นใยไหม**

การศึกษาเวลาในการลอกกาวไหม จากกราฟที่ 5 เมื่อเพิ่มเวลาในการลอกกาวเส้นใยไหม พบว่าความแข็งแรงของเส้นใยไหมมีแนวโน้มลดลง และค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก จากกราฟที่ 6 มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ต้องใช้เวลา และอุณหภูมิในการเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อเพิ่ม

เวลานานขึ้นจึงทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการลอกกาวไหมดีขึ้น ซึ่งเวลาที่เหมาะสมในการลอกกาวไหม คือ 60 นาทีโดยพิจารณาจากผิวสัมผัสของเส้นใยไหม ค่าความแข็งแรงของเส้นใยไหม และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม



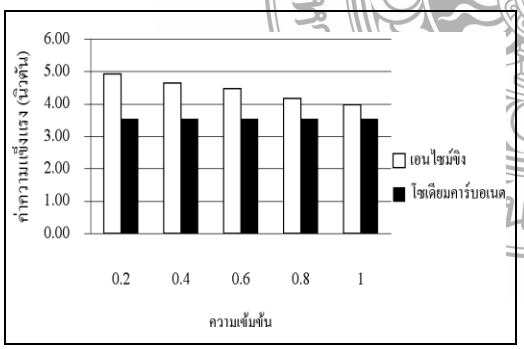
กราฟที่ 5 ค่าความแข็งแรง(นิวตัน) ของการหาเวลาที่เหมาะสม



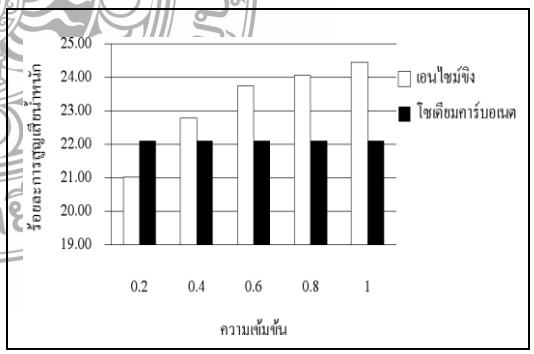
กราฟที่ 6 ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนัก ของการหาเวลาที่เหมาะสม

4. ปริมาณร้อยละความเข้มข้นของเอนไซม์ชิงที่เหมาะสมต่อการลอกกาวเส้นใยไหม

จากการศึกษาปริมาณร้อยละความเข้มข้นของเอนไซม์ชิง จากกราฟที่ 7 เมื่อเพิ่มปริมาณร้อยละความเข้มข้นของเอนไซม์ชิงจากความเข้มข้น 0.2 – 1.0 ของน้ำหนักเส้นใยไหม ค่าความแข็งแรงของเส้นไหมมีแนวโน้มลดลง กราฟที่ 8 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มมากขึ้น เนื่องจากเอนไซม์ชิงมีความสามารถในการย่อยสลายสารโปรตีน ทำให้ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้นแปรผันตรงตามปริมาณการใช้เอนไซม์ ดังนั้นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการลอกไหม คือร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักเส้นใยไหมไหม โดยพิจารณาจากผิวสัมผัสของเส้นใยไหม ค่าความแข็งแรงของเส้นใยไหม และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเส้นใยไหม



กราฟที่ 7 ค่าความแข็งแรง(นิวตัน) ของการหาความเข้มข้นที่เหมาะสม



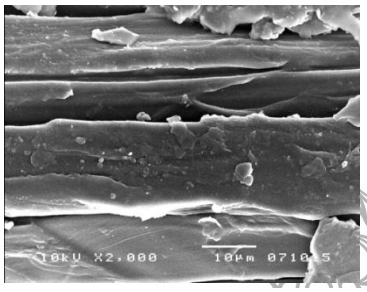
กราฟที่ 8 ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนัก ของการหาความเข้มข้นที่เหมาะสม

5. สัณฐานวิทยา

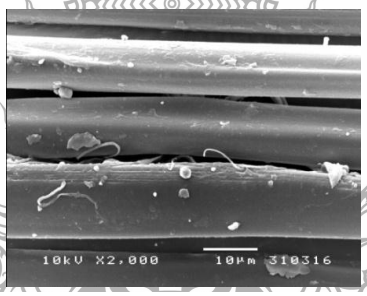
รูปที่ 1 ไหมดิบ

รูปที่ 3 ไหมที่ลอกกาวด้วย Na_2CO_3 2 กรัมต่อลิตร + Soap ไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร 98 ^{0}C x 60 นาที pH 11.5

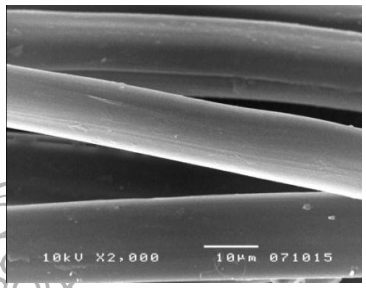
รูปที่ 5 ไหมที่ลอกกาวด้วยเอนไซม์ขิง 0.6 % o.w.f ที่ 60 ^{0}C 60 นาที pH 4.0



รูปที่ 2 ไหมดิบ



รูปที่ 4 ไหมที่ลอกกาวด้วย Na_2CO_3 2 กรัมต่อลิตร + Soap ไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร 98 ^{0}C x 60 นาที pH 11.5



รูปที่ 6 ไหมที่ลอกกาวด้วยเอนไซม์ขิง 0.6 % o.w.f ที่ 60 ^{0}C 60 นาที pH 4.0

การเปรียบเทียบสัณฐานวิทยา จากรูปที่ 1 และ 2 เป็นเส้นใยไหมดิบ มีผิวสัมผัสที่แข็งกระด้าง เมื่อนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนส่องกราด (SEM) พบว่าพื้นผิวเส้นใยไหมมีลักษณะขรุขระ เนื่องจากมีเซริซินเกาะอยู่ที่ผิวเส้นไหมในปริมาณมาก รูปที่ 3 และรูปที่ 4 เป็นเส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วยโซเดียมคาร์บอเนต 2 กรัมต่อลิตร สบู่สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร ที่ 98^{o}C เวลา 60 นาที pH 11.5 เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนส่องกราด (SEM) พบว่ายังมีเซริซินหลงเหลืออยู่บนผิวหน้าของเส้นใยไหมบ้าง จากการสัมผัสมีผิวสัมผัสที่นุ่ม มีความมันเงา แต่เส้นมีลักษณะที่หยิกงอและแตกฟู รูปที่ 5 และรูปที่ 6 เป็นเส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วยเอนไซม์ขิงปริมาณร้อยละความเข้มข้นสารละลายเอนไซม์ 0.6 ของ

น้ำหนักเส้นใยไหม อุณหภูมิ 60°C เวลา 60 นาที และ pH 4.0 เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนส่องกราด (SEM) พบว่าพื้นผิวเส้นใยไหมมีลักษณะเรียบเนียน เส้นใยไหมมีการรวมตัวกันดีไม่แตกตัว หรือฟู มีความมันเงา และมีผิวสัมผัสที่นุ่มเมื่อสัมผัส

จากผลการทดลอง สรุปว่าเอนไซม์ขิงสามารถนำมาลอกกาวเส้นใยไหมได้ โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมคือปริมาณร้อยละความเข้มข้นสารละลายเอนไซม์ 0.6 ของน้ำหนักเส้นใยไหม อุณหภูมิ 60°C เวลา 60 นาที และ pH 4.0 เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการลอกกาวเส้นใยไหม เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงของเส้นใยที่ 4.46 นิวตัน ความแข็งแรงลดลงร้อยละ 12.89 เทียบจากเส้นใยไหมดิบ การสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 23.75 ของน้ำหนักเส้นไหม เส้นใยไหมมีการรวมตัวดี ไม่แตกฟู ไม่ส่งผลต่อความแข็งแรงของเส้นใยไหม ส่วนเส้นใยไหมที่ลอกกาวด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 2 กรัมต่อลิตร สังเคราะห์แบบไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร ที่ 98°C เวลา 60 นาที pH 11.5 มีค่าความแข็งแรงของเส้นใยที่ 3.55 นิวตันความแข็งแรงลดลงร้อยละ 21.11 เทียบจากเส้นใยไหมดิบ การสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 22.10 ของน้ำหนักเส้นใยไหม พบว่ายังมีเซริซินหลงเหลืออยู่บนผิวหน้าของเส้นใยไหมบ้างเล็กน้อย เส้นใยไหมมีลักษณะแตกฟู และหงิกงอ ดังนั้นจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเอนไซม์ขิงตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง มีประสิทธิภาพการลอกกาวไหมที่ได้ผลดีกว่าการลอกกาวด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ (pH 11.5)

อภิปรายผล

สภาวะและอิทธิพลของเอนไซม์ซิงกิเบนที่สกัดจากขิงมีผลต่อกระบวนการลอกกาวไหม ซึ่งสามารถนำผลงานวิจัยนี้ไปเผยแพร่ในกลุ่มชุมชนท้องถิ่นได้ นอกจากนี้ยังเป็นการลอกกาวไหมภายใต้การใช้อุณหภูมิต่ำ ในสภาวะที่ไม่รุนแรง ไม่ทำลายสมบัติของเส้นใยไหม และลดการใช้สารเคมี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ichikawa และคณะ (1973) และ Thompson และคณะ (1973) ที่ศึกษาถึงคุณสมบัติของเอนไซม์ย่อยโปรตีนจากขิง พบว่า pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์คือ 6.5-7.0 (Ichikawa et al ., 1973) และ 5.0 – 5.6 (Thompson et al .. 1973) โดยจุดไอโซอิเลคตริคของเอนไซม์ย่อยโปรตีนจากขิงมีค่าเท่ากับ 4.5-4.8 (Ohtsuki et al ., 1995) ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์คือ 40-60 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่ทำให้เอนไซม์ ดังกล่าวมีกิจกรรมสูงสุดคือ 60 องศาเซลเซียส ขณะที่การใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์จะลดลงอย่างรวดเร็ว(Thompson et al ., 1973) ซึ่งคุณสมบัตินี้มีความคล้ายคลึงกับเอนไซม์ย่อยโปรตีนจากพืชชนิดอื่น และงานวิจัยของ นงนุช ศศิธร และคณะ 2550 ที่ทำการศึกษาการลอกกาวไหมโดยใช้เอนไซม์ปาเปนจากยางมะละกอแห้ง ทำการศึกษาในช่วงอุณหภูมิ 55 –85 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่าภาวะที่เหมาะสมกับ การลอกกาวไหมด้วยยางมะละกอแห้ง คือ ทำการลอกกาวที่ 75 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการลอกกาวไหมอยู่ในเกณฑ์ดี เส้นใยไหมที่ได้มีความมันเงา ผิวสัมผัสนุ่ม ผิวของเส้นใยไม่ถูกทำลาย และไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของเส้นไหม

ข้อเสนอแนะ

การลอกกาวเส้นใยไหมด้วยเอนไซม์กระบวนการลอกกาวไหมแบบ 2 ขั้นตอน (เอนไซม์ซิงกิเบน ตามด้วยสารละลายโซดาแอชเจือจาง) ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของเส้นใยไหมน้อยกว่ากระบวนการลอกกาวไหมด้วยสารละลายโซดาแอชปกติ ผู้วิจัยเห็นว่าควรนำไปใช้กับการลอกกาวเส้นใยไหมที่เป็นเส้นยืนมากกว่าเส้นพุ่ง เพราะการทอผ้าเส้นยืนจะได้รับการเสียดสีกับฟันหวี ถ้าเส้นยืนมีความแข็งแรงก็ทำให้ผ้าเกิดตำหนิน้อยลง

บรรณานุกรม

[1] **Robson, R.M., Silk; Composition, Structure and Properties**, in Handbook of Fiber Science and Technology, Vol. IV, Ed. By Lewin, M., and Pearce, E.M., Mercel Dekker Inc., New York, 1985, pp 647-700

[2] กรมหม่อนไหม. **เอกสารวิชาการเกี่ยวกับไหม.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.qsds.go.th/qthaisilk/inside.php?com_option=page&aid=8 (13 พ.ค. 2556 เวลา 21.00 น.)

[3] บริษัทจุลไหมไทย, **องค์ประกอบของเส้นไหม.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.silksecrets.com/secrets.html (10 พ.ค. 2556 เวลา 10.00 น.)

[4] Takasu Y, Yamada H, Tsubouchi K, **Isolation of three main sericin components from the cocoon of the silkworm, Bombyx mori**. Biosci.Biotechnol.Biochem. 2002; 66: pp.2715-2718.

[5] Mahmoodi NM, Arami M, Mazaheri F, Rahimi S. **Degradation of sericin (degumming) of Persian silk by ultrasound and enzyme as a cleaner and environmentally friendly process.** J. Cleaner Production. 2010; 18: pp.146-151.

[6] สิริรัตน์ จารุจินดา. 2548. **การลอกกาวไหม และฟอกขาวไหม.**กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[7] Thompson, E.H., and Allen, C.E. **Ginger Rhizome: A new source of proteolytic enzyme.** Journal of Food Science. 1973, 38. pp. 652-655.

[8] Ichikawa, Y., Sasa, H., and Michi, K. **Purification of ginger protease.** J. Japan. Soc. Food Nutr.1973, 26. pp.377 – 383.

[9] Godfreg T, West S, **Introduction to Industrial Enzymology. In Godfrey T, West S, editors. Industrial enzymology,** 2nd ed. London: Macmillan Press, 1996 a. pp. 1-8.

[10] จิราภรณ์ บุราคร, สุบงกช ทรัพย์แดง, จิตต์เรขา ทองมณี, **ครีมขัดผิวหน้าผสมเอนไซม์จากขิง** วารสารผลงานวิชาการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2555 น.125

[11] อภิชาติ สนธิสมบัติ, **กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ,** 2545, น. 23-25

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นางสาวกฤษฎาพร สีหะวงษ์
วัน เดือน ปีเกิด	30 ธันวาคม 2528
ที่อยู่	221 หมู่ 6 ตำบลวังโบสถ์ อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67140
การศึกษา	ปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาเคมีสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ประสบการณ์การทำงาน	เจ้าหน้าที่ตรวจประเมินคุณภาพสินค้าหม่อนไหม กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
เบอร์โทรศัพท์	091 – 0186085
อีเมล	por.k.me.16@hotmail.com

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี