สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงการวิจัย : การพัฒนาการย้อมสีสำหรับไหมไทย

มกราคม 2536

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ปี 2534

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาการย้อมสีสำหรับไหมไทย

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา

Mr.Eiichi Kawai

นางสาวคชามาศ ธำรงค์ศักดิ์

นางสาวนภิส เทพรักษ์

นางสาวสิริวรรณ พัฒนาฤดี

นางสาวสุวรรณี ศรีเวทย์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ..... 1

กิตติกรรมประกาศ..... 2

บทที่ 1 คำนำ..... 3

บทที่ 2 ข้อมูลเบื้องต้นจากเอกสารวิชาการ..... 4

2.1 ประวัติของไหม..... 4

2.2 การเลี้ยงไหม..... 5

2.3 ขั้นตอนการผลิตเส้นไหม..... 6

2.4 ประเภทของตัวไหม..... 7

2.5 โครงสร้างทางรูปร่างของเส้นไหม..... 8

2.6 โครงสร้างทางเคมีของเส้นไหม..... 10

2.7 คุณสมบัติต่าง ๆ ของไหม..... 13

2.8 การลอกกาวไหม..... 15

2.9 การย้อมสีไหม..... 17

2.10 รายละเอียดของไหมไทย ไหมญี่ปุ่น ไหมป่า..... 21

2.11 ผลการศึกษาที่แล้วมา..... 27

บทที่ 3 การทดลอง..... 28

3.1 วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง..... 28

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ..... 31

3.3 วิธีการทดลองและการทดสอบสมบัติต่าง ๆ 35

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล..... 44

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นไหมดิบทั้ง 3 พันธุ์..... 44

4.2 ผลการศึกษาสภาวะการลอกกาวไหมด้วยด่างและคุณสมบัติทางกายภาพหลังการลอกกาว..... 46

4.3 การสร้างกราฟมาตรฐานระหว่าง pH และ mv..... 54

4.4 ผลการวัด pH ขณะย้อมและหลังย้อมในสภาวะกรด..... 55

4.5 การสร้างกราฟมาตรฐานระหว่าง optical density กับความเข้มข้นของสารละลายสี..... 56

4.6 ผลการย้อมสีและคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นไหมหลังการย้อมสี..... 57

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.7 ผลการทดสอบคุณสมบัติของไหม..... 62
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 63
บทที่ 6 เอกสารอ้างอิง..... 65
บทที่ 7 ภาคผนวก..... 67

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ภาคตัดขวางของเส้นไหมจากรังไหม Bombyx mori..... 8

2.2 ภาคตัดขวางของเส้นไหมเมื่อลอกกาวไหมเซริซินออกแล้ว..... 9

2.3 สภาพผิวของใยจากรังไหมและใยไฟโบรอินของไหมเลี้ยง..... 10

2.4 โครงสร้างทางเคมีโดยทั่วไปของเส้นใยไหมแสดงให้เห็นลักษณะของการเกิด Salt bridge..... 26

3.1 เครื่องวัดความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใย..... 33

3.2 เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์..... 34

3.3 เครื่อง Microcomputer pH meter..... 34

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการลอกกาวไหม..... 37

3.5 Bath ที่ใช้ในการย้อมสีไหม..... 40

3.6 Hydrometer..... 43

4.1 ลักษณะทางกายภาพของเส้นไหม..... 45

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การลอกกาวกับเวลาของการลอกกาวด้วยด่างของไหมไทย..... 47

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การลอกกาวกับเวลาของการลอกกาวด้วยด่างของไหมญี่ปุ่น..... 48

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การลอกกาวกับเวลาของการลอกกาวด้วยด่างของไหมป่า..... 49

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนทานต่อแรงดึงกับเวลาที่ใช้ในการลอกกาวของไหมไทย..... 50

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนทานต่อแรงดึงกับเวลาที่ใช้ในการลอกกาวของไหมญี่ปุ่น..... 51

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนทานต่อแรงดึงกับเวลาที่ใช้ในการลอกกาวของไหมป่า..... 52

4.8 ลักษณะทางกายภาพของเส้นไหมหลังลอกกาว..... 53

4.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับ mv..... 54

4.10 pH ขณะย้อมและหลังย้อมในสภาวะกรดของไหมทั้ง 3 พันธุ์..... 55

รูปที่ หน้า

4.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง optical density ของสารละลายสีกับความเข้มข้นของสารละลายสี..... 56
4.12 ลักษณะทางกายภาพของเส้นไหมหลังการย้อมในสภาวะที่เป็นกลาง..... 61
4.13 ลักษณะทางกายภาพของเส้นไหมหลังการย้อมในสภาวะที่เป็นกรด..... 61

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในไฟโบรอิน..... 12

2.2 ลักษณะทางกายภาพของรังไหม..... 23

2.3 ขนาดของเส้นใยไหม..... 23

2.4 ส่วนประกอบของรังไหมคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก..... 24

2.5 สมบัติเชิงกลของไฟโบรอิน..... 24

2.6 ปริมาณกรดอะมิโนในไฟโบรอินแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก..... 25

4.1 สมบัติทางกายภาพของเส้นไหม..... 44

4.2 ขนาดและความทนทานต่อแรงดึงของเส้นไหม..... 45

4.3 สมบัติทางกายภาพของเส้นไหมหลังลอกกาว..... 53

4.4 ความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมไทยในสภาวะที่เป็นกลาง..... 58

4.5 ความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมญี่ปุ่นในสภาวะที่เป็นกลาง..... 58

4.6 ความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมป่าในสภาวะที่เป็นกลาง..... 58

4.7 ความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมไทยในสภาวะที่เป็นกรด..... 59

4.8 ความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมญี่ปุ่นในสภาวะที่เป็นกรด..... 59

4.9 ความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมป่าในสภาวะที่เป็นกรด..... 59

4.10 สมบัติทางกายภาพของเส้นไหมหลังการย้อม..... 60

4.11 ความสามารถในการละลายของเส้นไหมที่ไม่ได้ผ่าน Acid Treatment..... 62

4.12 ความสามารถในการละลายของเส้นไหมป่าที่ผ่าน Acid Treatment..... 62

7.1 ความแข็งแรงของเส้นไหมดิบ-ไหมไทย..... 69

7.2 ความแข็งแรงของเส้นไหมดิบ-ไหมญี่ปุ่น..... 70

7.3 ความแข็งแรงของเส้นไหมดิบ-ไหมป่า..... 71

7.4 การลอกกาวด้วยด่างของไหมไทย..... 72

7.5 การลอกกาวด้วยด่างของไหมญี่ปุ่น..... 73

7.6 การลอกกาวด้วยด่างของไหมป่า..... 74

7.7 ความแข็งแรงต่อการดึงของไหมไทยที่ผ่านการลอกกาวด้วยด่าง..... 76

7.8 ความแข็งแรงต่อการดึงของไหมญี่ปุ่นที่ผ่านการลอกกาวด้วยด่าง..... 77

7.9 ความแข็งแรงต่อการดึงของไหมป่าที่ผ่านการลอกกาวด้วยด่าง..... 78

7.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับ mv..... 79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

7.11 ผลการวัด pH ขณะย้อมและหลังย้อมในสภาวะกรด..... 80

7.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายสีกับ optical density... 81

7.13 ผลการหาความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมไทยในสภาวะการย้อมที่เป็นกลาง..... 82

7.14 ผลการหาความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมญี่ปุ่นในสภาวะการย้อมที่เป็นกลาง..... 83

7.15 ผลการหาความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมป่าในสภาวะการย้อมที่เป็นกลาง..... 83

7.16 ผลการหาความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมไทยในสภาวะการย้อมที่เป็นกรด..... 84

7.17 ผลการหาความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมญี่ปุ่นในสภาวะการย้อมที่เป็นกรด..... 84

7.18 ผลการหาความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมป่าในสภาวะการย้อมที่เป็นกรด..... 85

7.19 ความสามารถในการละลายของเส้นไหมป่าที่ผ่าน Acid Treatment..... 86

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

โครงการพัฒนาการย้อมสีไหมเริ่มทำการศึกษาการลอกกาวไหม จากนั้นจึงทำการย้อม-ด้วยสีแอสิดทั้งในสภาวะที่เป็นกลางและกรดของไหมสามพันธุ์ คือ ไหมไทย ไหมญี่ปุ่น(Mori) และไหมป่า(Tusser) จากการศึกษาโครงสร้างทางเคมีพบว่าไหมไทยและไหมญี่ปุ่นมีโครงสร้างทางเคมีที่คล้ายคลึงกัน จึงน่าจะมีสมบัติต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน เช่น ความแข็งแรงของเส้นไหมและการรับสีย้อม

จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพ-การลอกกาวด้วยด่างของไหมไทยและไหมญี่ปุ่น ใกล้เคียงกัน คือสามารถลอกกาวได้ในช่วง 25-27 % โดยน้ำหนัก ส่วนไหมป่าประมาณ 8 % เมื่อเปรียบเทียบการย้อมในสภาวะกรดและสภาวะที่เป็นกลางของไหมทั้งสามพันธุ์ สภาวะกรดเป็นสภาวะที่เหมาะสมกว่า และในสภาวะดังกล่าวไหมไทยและไหมญี่ปุ่นมีความสามารถในการรับสีย้อมใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาโครงสร้างทางเคมีข้างต้น ในขณะที่ไหมป่า (Tusser) มีการติดสีย้อมได้ไม่ดีเท่าไหมทั้งสอง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโครงสร้างทางเคมีที่ต่างออกไป ตลอดจนปริมาณกาว และสารเจือปน ที่ยังคงเหลืออยู่ในเส้นใย ซึ่งควรได้มีการปรับปรุงต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ABSTRACT

Degumming of Thai silk, Mori silk, and Tusser silk were studied and then followed by dyeing under the condition of neutral and acidic. The chemical compositions of the silks were also investigated. It was found that they all had similar chemical structures and hence should have the compatible physical properties and dyeabilily.

The results show that degumming efficiency under basic condition of Thai silk and Mori silk is about the same (25-27 % by weight). On the other hand, Tusser silk shows only 8 % by weight. Comparison of dyeability under neutral and acid condition were also made and it was found that acid condition achieved higher percentage uptake of dyes. This agrees with the results obtained from the chemical structure investigation. Tusser silk showed the worst dyeability when compared to the other two. This might be the consequence of poor degumming of Tusser silk and therefore need to be explored in more details.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาการย้อมสีไหมไทย เป็นโครงการที่ได้รับการสนับสนุนด้านการเงินจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2534 ทางคณะผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบพระคุณฝ่ายวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ และภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่ได้ให้การช่วยเหลือ เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ในการทดลอง ตลอดจนการประสานงานต่าง ๆ จนทำให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความเรียบร้อยทุกประการ

ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา

Mr.Eiichi Kawai

มกราคม 2536

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
คำนำ

ไหมเป็นเส้นใยที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดี สวยงาม ไหมมีหลายพันธุ์ ซึ่งแต่ละพันธุ์มีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป ตามแหล่งที่มาและวิธีการเลี้ยง สำหรับไหมไทย มีลักษณะเด่นคือ มีความนุ่มนวล เงามันสวยงามและมีปม เนื่องจากการสาวไหมด้วยมือ ทอด้วยมือ ซึ่งทำให้ไหมไทยเป็นที่รู้จักแพร่หลาย มีชื่อเสียง ทั้งในหมู่ชาวไทยและชาวต่างประเทศ เป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศ และการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม เป็นการเสริมรายได้ให้กับเกษตรกร เป็นการช่วยเพิ่มเศรษฐกิจของประเทศอีกด้วย

ไหมไทยจึงควรได้รับการส่งเสริม ทั้งในด้านการเลี้ยงไหม การสาว การทอ และการพัฒนาคุณภาพไหมให้ดียิ่งขึ้น ให้ทัดเทียมกับไหมต่างประเทศชนิดอื่น ๆ ซึ่งปรกติชาวบ้านผู้ผลิตไหมยังใช้วิธีดั้งเดิม และความชำนาญเฉพาะตัวในการผลิตหรือการย้อมไหม ไม่มีวิธีการที่แน่นอน ทำให้เกิดปัญหาคือ ความไม่สม่ำเสมอในการติดสี ไหมไม่แข็งแรง ดังนั้นเพื่อให้ไหมไทยมีคุณภาพทัดเทียมกับไหมอื่น จึงควรศึกษาและเปรียบเทียบการย้อมสีไหมไทยกับไหมพันธุ์อื่น ๆ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมในการลอกกาวของไหมไทย ไหมญี่ปุ่น (Mori) และไหมป่า (Tusser) โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพของการลอกกาว และความแข็งแรงต่อแรงดึงของการลอกกาว
2. ศึกษาโครงสร้างทางเคมีของไหมทั้ง 3 พันธุ์ ที่มีผลต่อการย้อม
3. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมสีไหมด้วยสีแอสิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ข้อมูลเบื้องต้นจากเอกสารวิชาการ

2.1 ประวัติของไหม

จากทรากโบราณวัตถุทำให้เราทราบว่า ได้มีการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม รวมทั้งสาวไหมและทอผ้าไหมมาประมาณ 5,000 ปีแล้วในประเทศจีน นับว่าจีนเป็นชาติแรกที่รู้จักการปลูกหม่อนและผ้าไหม ซึ่งราชินีองค์หนึ่งของจีนทรงพระนามว่า ลีลงจี้ พบว่าหนอนผีเสื้อชนิดหนึ่งชักใยออกหุ้มห่อตัวของมันเอง เพื่อพักผ่อนคอยระยะเวลาที่จะกลายเป็นตัวผีเสื้อ ใยนี้เมื่อนำมาคลี่ออกจะติดต่อกันเป็นเส้นยาวและเหนียวมาก ใช้ทอเป็นผ้าได้ ราชินีองค์นี้ได้พยายามค้นคว้าศึกษาด้วยตนเองจนสามารถทำได้ผลดี รู้จักเลี้ยงไหมไว้ใช้ใย ความรู้เหล่านี้ถูกปิดบังเป็นความลับรู้กันแต่หมู่ชนที่เกี่ยวข้องภายในพระราชวัง หลายร้อยปีต่อมาจึงแพร่หลายออกไปสู่ประชาชน และนับพันปีจึงแพร่หลายออกไปยังต่างประเทศโดยผ่านเส้นทางสายไหม (Silk Road)

ประเทศที่สองที่รู้จักเลี้ยงไหมคือ เกาหลี โดยชาวจีนผู้ลี้ภัยทางการเมือง ได้นำเอาไข่ไหมติดตัวไปด้วย ชาวญี่ปุ่นศึกษาการเลี้ยงไหมจากชาวเกาหลีอีกทอดหนึ่ง แล้วจึงแพร่ไปยังประเทศต่างๆ ในยุโรป ประมาณ พ.ศ.903 เปอร์เซียกลายเป็นจุดศูนย์กลางการค้าไหมระหว่างเอเชียและยุโรป การค้าไหมในสมัยนั้น ชั่งน้ำหนักกับทองคำเป็นน้ำหนักต่อน้ำหนัก เนื่องจากคำว่า เดนเยอร์ (Deneir) เป็นเหรียญทองคำแท้ของโรมัน ซึ่งชาวโรมันนำมาชั่งเป็นน้ำหนักทองแลกกับผ้าไหม จึงได้ตกลงใช้คำ " เดนเยอร์ " เป็นขนาดของใยไหม

สำหรับประเทศไทยเริ่มเลี้ยงไหมมาตั้งแต่สมัยใดไม่ปรากฏ จากบรรดาหลักฐานที่ค้นพบสมัยกรุงศรีอยุธยาพบว่ามีผ้าไหมรวมอยู่ด้วย แต่การส่งเสริมการเลี้ยงไหมได้เริ่มต้นในสมัยรัชกาลที่ 5 แห่งราชวงศ์จักรีเมื่อ พ.ศ.2444 โดยจ้างผู้เชี่ยวชาญจากญี่ปุ่นมาสำรวจและแนะนำการเลี้ยงไหม พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ทรงสนพระทัยมาก โปรดฯให้สมเด็จพระนางเจ้าเสาวภาผ่องศรีพระบรมราชินีนาถ ทรงศึกษาการสาวไหมกับผู้เชี่ยวชาญญี่ปุ่น สามปีต่อมากระทรวงศึกษาธิการได้เปิดโรงเรียนสอนการทอผ้าไหม

ในราว พ.ศ.2453 ไทยก็เริ่มส่งไหมดิบเป็นสินค้าออกถึง 66,240 กิโลกรัมและเพิ่มเป็นสองเท่าตัวใน พ.ศ.2458 กล่าวคือ ได้ส่งไหมดิบเป็นสินค้าออกถึง 135,520 กิโลกรัม คิดเป็นราคาในสมัยนั้น 104,563 บาท ต่อมารัฐบาลได้เลิกนโยบายสนับสนุนการเลี้ยงไหม ไปสนับสนุนอาชีพประเภทอื่น และตัวหนอนไหมเป็นโรคมากทำให้ผู้เลี้ยงขาดทุน จึงไม่มีการส่งออกอีก

ใน พ.ศ.2479 รัฐบาลได้หันมาสนใจการเลี้ยงไหมและเริ่มต้นส่งเสริมอีก แต่ก็ไม่ค่อยต่อเนื่อง ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงการเมืองและเงินงบประมาณที่มีอยู่ ได้มีการสั่งไข่ไหมจากญี่

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปุ่น อิตาลี และอินเดีย แล้วนำมาผสมกับพันธุ์ไหมพื้นเมือง ทำให้รังไหมแต่ละรังสาวใยได้ยาวกว่าเดิม

หลังจากสงครามโลกครั้งที่สอง มีผู้สนใจไหมไทยมากขึ้น รัฐบาลก็เพิ่มเงินงบประมาณสำหรับทดลองเลี้ยงไหมให้กับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ทุกปี จนกระทั่งบัดนี้แผนงานทดลองหลายแผนได้ปฏิบัติสำเร็จ เริ่มตั้งแต่การปรับปรุงวิธีการปลูกต้นหม่อน เก็บใบหม่อน และวิธีการเลี้ยงหนอนไหม ทำให้ระยะต่อมาไทยส่งผ้าไหมออกมากกว่าใยไหมดิบ ผ้าไหมไทยมีชื่อเสียงเป็นที่นิยมทั่วโลก แต่ยังจำเป็นต้องสั่งไหมยืนจากญี่ปุ่นและเกาหลีทั้งนี้เป็นเพราะไหมที่ผลิต ในประเทศยังมีคุณภาพไม่ดีพอที่จะนำมาทำไหมยืนได้

2.2 <u>การเลี้ยงไหม</u>

- **วงชีวิตของไหม**

ในการเลี้ยงไหม วงชีวิตของผีเสื้อ (moth) ชนิดนี้มี 4 ขั้นตอนที่สำคัญคือ

วงชีวิตขั้นที่ 1 ไข่ (egg) กลายเป็น larva หรือ caterpillar คือหนอนไหม

วงชีวิตขั้นที่ 2 หนอนไหม สร้างรังไหม และกลายเป็นดักแด้ (pupa หรือ chrysalis)

วงชีวิตขั้นที่ 3 ดักแด้ ออกมาจากรังไหมเป็น ผีเสื้อ (moth)

วงชีวิตขั้นที่ 4 ผีเสื้อเพศเมียจะวางไข่ และไข่จะเจริญต่อไป

ภายใน 3 วันหลังจากดักแด้ออกมาจากรังไหม ผีเสื้อจะวางไข่ประมาณ 350-400 ฟอง หลังจากนั้นผีเสื้อก็จะตาย ไข่เมื่อฟักออกมาเป็น larva จะยาวประมาณ 1/8 นิ้ว larva ต้องอยู่ในสภาวะที่ถูกควบคุมอย่างดีประมาณ 20-32 วัน ระหว่างนี้ต้องเลี้ยงด้วยใบหม่อนที่บดละเอียดวันละ 5 ครั้ง หลังจากการลอกคราบ 4 ครั้ง หนอนจะเจริญเติบโตเต็มที่เป็น caterpillar สีขาวออกเทาๆและผิวเรียบ ยาวประมาณ 3 นิ้วครึ่ง มันจะเลิกกินอาหาร ขนาดจะหดลงและผิวจะเป็นสีชมพูใสๆ หนอนไหมจะปล่อยสารที่เหมือนโปรตีนออกมาจากช่องเล็ก ๆ ใต้ปากที่เรียกว่า spinneret โดยจะใช้เวลาสร้างรัง 3 วัน รังไหมก็จะเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งเส้นใยที่สร้างขึ้นจะมีลักษณะเป็น fibroin 2 เส้นติดกันด้วยกาวที่เรียกว่า sericin หรือกาวไหม กาวไหมจะมีลักษณะเป็นของเหลว แต่เมื่อถูกอากาศก็จะแข็งตัวทันที ถ้าทิ้งไว้โดยหนอนไหมไม่ถูกรบกวน ดักแด้ภายในรังไหมจะเจริญเป็นผีเสื้อภายใน 2 สัปดาห์ ผีเสื้อก็จะออกจากรัง โดยจะปล่อยของเหลวประเภทด่างเพื่อละลายเส้นใย ดังนั้นรังไหมก็จะถูกทำลาย เส้นใยที่ได้ก็จะไม่เป็นเส้นยาวต่อเนื่องกัน เพื่อไม่ให้รังไหมถูกทำลายจะนำรังไหมไป

ให้ความร้อนโดยการต้มเพื่อฆ่าดักแด้ก่อนที่มันจะเจริญเป็นผีเสื้อ

- การคัดรังไหม

รังไหมจะถูกคัดตามสี ขนาด รูปร่างและลักษณะ ซึ่งรังไหมอาจจะมีสีตั้งแต่ขาวเหลืองจนถึงเทา ขึ้นกับอาหารที่กินในช่วงที่เป็นหนอนไหม เช่น รังไหมจากจีน จะมีสีขาว รังไหมญี่ปุ่นจะมีสีขาวครีมและเหลือง รังไหมอิตาลีจะมีสีเหลือง

- การทำให้ sericin อ่อนตัว

หลังจากทำการคัดรังไหมแล้ว รังไหมจะถูกใส่ลงน้ำร้อน และน้ำเย็น ตามลำดับ sericin จะต้องถูกทำให้อ่อนตัวเพื่อให้การคลายเส้นใยต่อเนื่องกัน ซึ่งในขั้นตอนนี้ sericin จะถูกกำจัดออกเพียง 1 % เพราะกาวไหมที่เหลือจะใช้ในการป้องกันเส้นใยที่บอบบางได้

2.3 ขั้นตอนการผลิตเส้นไหม

1) การสาวไหม (Reeling)

ขั้นตอนการสาวไหม ทำได้โดยการต้มรังไหมในน้ำร้อน เพื่อให้กาวไหมอ่อนตัว จากนั้นจึงแปรงรอบนอกของรังไหมเบา ๆ เพื่อหาปลายของเส้นใย ปลายของเส้นใยจากรังไหม แต่ละรังจะถูกนำมารวมกันใส่ในห่วง นำเส้นใยก่อนที่จะถูกส่งผ่านไปพันในวงล้อสาวไหม (reel) ต่อไป ในปัจจุบันมีเครื่องสาวไหมหลายประเภททำให้สะดวกและไม่เสียเวลา

2) การพันเกลียว (Throwing)

เป็นการนำเอาเส้นใยไหมตั้งแต่ 2 เส้นมาตีเกลียวเพื่อเพิ่มความแข็งแรง ขนาดของเส้นใยที่ตีเกลียวแล้ว จะขึ้นกับจำนวนเส้นใย และลักษณะของเกลียว ว่าเป็นแบบตีเกลียวแน่นหรือตีเกลียวหลวม

3) การปั่น (Spinning)

เป็นการนำเอาเส้นใยส่วนนอกหรือเส้นใยที่อยู่ด้านในสุดของรังไหม หรือเส้นใยที่ขาดมาปั่นรวมกัน เพื่อให้ได้เส้นใยที่สามารถนำไปใช้งานได้

4) การลอกกาวไหม (Degumming)

เป็นการลอกเอาส่วนที่เป็นสารเคลือบ (sericin)ออก อาจลอกกาวได้ด้วยสบู่ เกลือของด่าง หรือเอนไซม์ การลอกกาวยังเป็นการกำจัดสิ่งสกปรกเช่น เศษดักแด้และสิ่งเจือปนอื่นๆ เส้นใยที่ได้หลังจากการลอกกาว จะมีคุณสมบัติดีขึ้น คือ เส้นใยจะมีลักษณะอ่อนนุ่มเงามัน ทำให้สามารถฟอกและรับสีย้อมได้ดี

2.4 ประเภทของตัวไหม

ชนิดของตัวไหมนั้นมี 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ ไหมเพาะเลี้ยง และไหมป่า ไหมเลี้ยงนั้นจะถูกควบคุมอย่างดี ซึ่งจะผลิตไหมที่มีคุณภาพสูง ส่วนไหมป่าจะให้ไหมที่มีลักษณะทนทานต่อด่างมากกว่า แต่มีข้อเสียคือ ขาดความสม่ำเสมอ

1) ไหมเลี้ยง (Cultivated Silk)

ไหมเลี้ยง คือ ตัวไหมซึ่งกินใบหม่อนเป็นอาหาร ซึ่งไหมเลี้ยงชนิดนี้รู้จักในนามของ Bombyx Mori รังไหมดิบจะมีลักษณะตั้งแต่สีขาวไปจนกระทั่งเหลือง ขึ้นกับลักษณะของสารที่มีสีซึ่งเกิดจากตัวไหม ขณะที่กำลังสร้างไหม ไหมเลี้ยงนั้นจัดเป็น staple fiber

ลักษณะไหมเลี้ยงคือ มีพื้นผิวเรียบ มันเงาเล็กน้อย และมีคุณสมบัติของการคลายรอยยับค่อนข้างดี และให้ความอบอุ่นขณะสวมใส่ ซึ่งเป็นลักษณะที่มีความสำคัญที่สุด และคุณภาพของไหมที่ใช้ในการตกแต่งเป็นเสื้อผ้าดีมาก โดยเฉพาะเมื่อใช้ในการทำผ้าที่มีน้ำหนักเบา เป็นเพราะไหมมีความทนทานต่อแรงดึงสูง ดังนั้นจึงผลิตแพรบางๆซึ่งมีความแข็งแรงพอเพียงได้ และความระมัดระวังในการซักรีดเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากเกิดปฏิกริยา reduction เมื่อเปียก

2) ไหมป่า (Wild Silk)

ไหมป่า เป็นไหมที่ได้จาก ผีเสื้อ (moth) ชนิดอื่น นอกเหนือจากชนิด Bombyx Mori ซึ่งไม่ได้กินใบหม่อนเป็นอาหาร มีไหมป่าหลายชนิดที่ยังคงมีอยู่แต่มีเพียง 2-3 ชนิดที่พบว่าไม่สามารถใช้งานในการค้าได้ ในญี่ปุ่นมีพันธุ์ไหมซึ่งมีชื่อว่า Antheraea yama-mai ซึ่งกินใบ Oak เป็นอาหารและผลิตเป็นเส้นใยซึ่งใช้เป็นประโยชน์ได้ในอดีต ในอินเดีย พันธุ์ไหม Antheraea mylitta ก็กินใบ Oak เป็นอาหารและพันธุ์ไหม Attacus ricini นั้นเติบโตโดยกินใบของต้น Caster-Oil

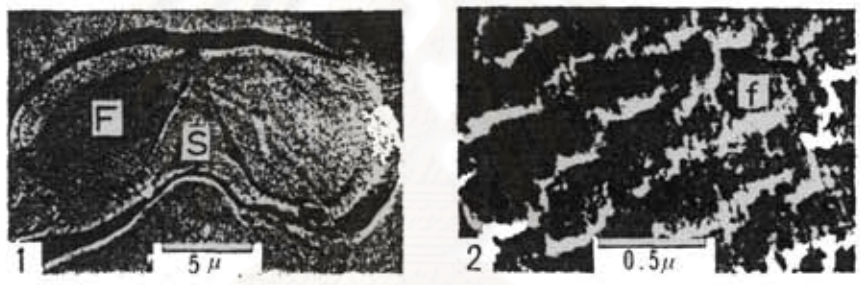
ไหมป่าชนิดที่เป็นที่รู้จักดีที่สุด คือ ไหม Tusser ซึ่งรังไหมดิบจะมีลักษณะแน่นและมีสีน้ำตาล การสร้างเส้นไหมจะมีลักษณะสร้างเป็นพักๆ ดังนั้นเส้นใยจึงเกิดการแตกหักได้ง่ายกว่าพันธุ์ Bombyx Mori และด้วยเหตุผลนี้มันจึงเหมาะในการทำเป็น spun yarn มากกว่า

คุณสมบัติทางกายภาพของไหมป่านั้นจะผันแปรอย่างมากตามธรรมชาติ และมากกว่าของไหมเลี้ยง เช่น สี ซึ่งมีทั้งเหลือง , เทา , น้ำตาลหรือเขียว ถ้ามองด้วยกล้องจุลทรรศน์ไหมป่าจะถูกแยกจากไหมเลี้ยงด้วยความกว้างที่ไม่สม่ำเสมอของไหมป่า ซึ่งสังเกตได้จากความยาวตามแนว และลักษณะแนวโน้มเป็นพื้นที่แบนราบที่ไขว้ขวางอยู่เป็นที่สังเกต ซึ่งพื้นที่แบนราบนี้เกิดจากกดทับกันของเส้นใยในรังไหมดิบก่อนที่สารในไหมจะแข็งตัว

2.5 โครงสร้างทางรูปร่างของเส้นไหม

2.5.1 ภาคตัดขวางของเส้นไหม

จากภาคตัดขวางของเส้นไหม เราสามารถเห็นเส้นใยต่อเนื่องซึ่งเรียกว่า ไฟโบรอิน อยู่ 2 เส้น ล้อมรอบด้วยกาวเซริซินซึ่งไม่เป็นส่วนของเส้นใย มีรูปร่างเหมือนกับแก้ว เมื่อขยายโครงสร้างภายในเส้นใยไฟโบรอิน เราสามารถสังเกตเห็นโครงสร้างกลุ่มของไฟบริลได้ และเมื่อสังเกตจากกล้องจุลทรรศน์แบบออพติคัล พบว่าในเส้นใยไฟโบรอิน 1 เส้น จะมีไฟบริล 50-150 เส้น (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3-3 ไมครอน) แต่เมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอน จะปรากฏได้ชัดว่ามีไฟบริล 900-1,400 เส้น (เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2-0.4 ไมครอน) รวมทั้งมีไฟบริลรูปร่างคล้ายสายรัดที่ผิวของเส้นใย มีขนาดกว้าง 0.6-0.8 ไมครอน ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ภาคตัดขวางของเส้นไหมจากรังไหม Bomoyx mori

F : ใยไฟโบรอิน (fibroin)

S : กาวเซริซิน (Sericin)

f : ไฟบริล (Fibril)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในพวกรังไหมป่า มีโครงสร้างเป็นกลุ่มของไฟบริลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2-0.4 ไมครอน โดยทั่วๆไป เส้นใยไหมมีพื้นที่หน้าตัดเป็นมุมจนถึงวงกลมที่ไม่สม่ำเสมอ เส้นไหมป่ามีความยาวและเรียว และมีรูปร่างสามเหลี่ยมหน้าจั่วถึงรูปไข่ที่เปรียบเทียบได้กับเส้นไหมเลี้ยง พื้นที่หน้าตัดของเส้นใย 120-260 ตารางไมครอน ทั้งนี้จะแตกต่างกันตามชนิด ลักษณะและสภาวะแวดล้อมมากกว่าของไหมเลี้ยง ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 ภาคตัดขวางของเส้นใยเมื่อลอกกาวไหมเซริซินออกแล้ว

1 - ใยไฟโบรอินของ Bombyx mori

2 - ใยไฟโบรอินของ Antheraea pernyi

Carbon - Replica , Cr - shadowing

เส้นใยไหมมีรูปร่างของภาคตัดขวาง และความหนาที่ไม่สม่ำเสมอ แต่ก็สามารถเกาะเกี่ยวกันได้ง่าย เนื่องจากเส้นใยมีลักษณะบางมากและสภาพที่ไม่สม่ำเสมอช่วยให้มีความเงาสละสลวยเป็นพิเศษ มีสีสัน และความนุ่มนวลดี ความไม่สม่ำเสมอนี้ และช่องว่างมากระหว่างเส้นใยอันเกิดจากการลอกกาว (ชั้นของอากาศที่เกิดขึ้นจากการลอกกาวเซริซินออก 20-30 %) จะช่วยควบคุมเนื้อผ้าไหม

2.5.2 ลักษณะผิวของเส้นไหม

ไหมเลี้ยงโดยทั่วไปผิวของเส้นไหมชั้นนอกมีกาวเซริซินมาก ซึ่งเซริซินมีโครงสร้างเป็นคลื่นมากมายไปตามแนวยาวปกคลุมเส้นใยไฟโบรอิน แต่เซริซินที่ชั้นกลางและชั้นในจะมี โครงสร้างการเคลือบที่สม่ำเสมอกว่าโครงสร้างผิวของไฟโบรอินของเส้นไหมเลี้ยงที่ลอกกาวเซริซินออกหมดแล้ว ไฟบริลในแนวความยาวของเส้นใยจะประสานเป็นโครงสร้างทอบางๆ และจะเห็นว่าไฟบริลเหล่านี้พันเกลียวเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 2.3

ในพวกรังไหมป่า มีโครงสร้างเป็นกลุ่มของไฟบริลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2-0.4 ไมครอน โดยทั่วๆไป เส้นใยไหมมีพื้นที่หน้าตัดเป็นมุมจนถึงวงกลมที่ไม่สม่ำเสมอ เส้นไหมป่ามีความยาวและเรียว และมีรูปร่างสามเหลี่ยมหน้าจั่วถึงรูปไข่ที่เปรียบเทียบได้กับเส้นไหมเลี้ยง พื้นที่หน้าตัดของเส้นใย 120-260 ตารางไมครอน ทั้งนี้จะแตกต่างกันตามชนิด ลักษณะและสภาวะแวดล้อมมากกว่าของไหมเลี้ยง ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 ภาคตัดขวางของเส้นใยเมื่อลอกกาวไหมเซริซินออกแล้ว

1 - ใยไฟโบรอินของ Bombyx mori

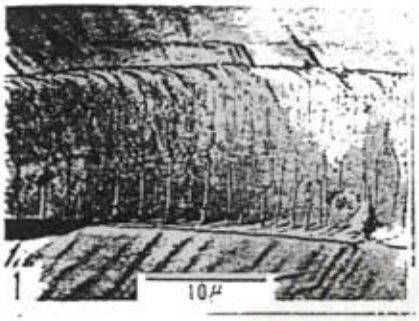
2 - ใยไฟโบรอินของ Antheraea pernyi

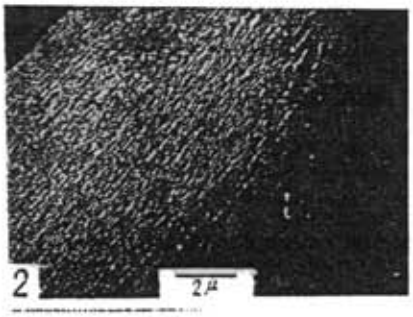
Carbon - Replica , Cr - shadowing

เส้นใยไหมมีรูปร่างของภาคตัดขวาง และความหนาที่ไม่สม่ำเสมอแต่ก็สามารถเกาะเกี่ยวกันได้ง่าย เนื่องจากเส้นใยมีลักษณะบางมากและสภาพที่ไม่สม่ำเสมอช่วยให้มีความเงาสละสลวยเป็นพิเศษ มีสีสัน และความนุ่มนวลดี ความไม่สม่ำเสมอนี้ และช่องว่างมากระหว่างเส้นใยอันเกิดจากการลอกกาว (ชั้นของอากาศที่เกิดขึ้นจากการลอกกาวเซริซินออก 20-30 %) จะช่วยควบคุมเนื้อผ้าไหม

2.5.2 ลักษณะผิวของเส้นไหม

ไหมเลี้ยงโดยทั่วไปผิวของเส้นไหมชั้นนอกมีกาวเซริซินมาก ซึ่งเซริซินมีโครงสร้างเป็นคลื่นมากมายไปตามแนวยาวปกคลุมเส้นใยไฟโบรอิน แต่เซริซินที่ชั้นกลางและชั้นในจะมี โครงสร้างการเคลือบที่สม่ำเสมอกว่าโครงสร้างผิวของไฟโบรอินของเส้นไหมเลี้ยงที่ลอกกาวเซริซินออกหมดแล้ว ไฟบริลในแนวความยาวของเส้นใยจะประสานเป็นโครงสร้างทอบางๆ และจะเห็นว่าไฟบริลเหล่านี้พันเกลียวเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 2.3





รูปที่ 2.3 สภาพผิวของใยจากรังไหมและใยไฟโบรอินของไหมเลี้ยง (Bombyx mori)

1 - สภาพที่เคลือบด้วยกาวเซริซิน

2 - โครงสร้างไมโครไฟบริลของผิวเส้นใย

ฉะนั้นโครงสร้างผิวที่ดูจากกล้องจุลทรรศน์จะแสดงให้เห็นถึงระบบธรรมชาติที่ซับซ้อนและละเอียด ซึ่งเส้นใยชนิดอื่นยังไม่มี และด้วยโครงสร้างนี้เองที่ช่วยให้ความเงางาม สีสันรวมทั้งรูปร่างของภาคตัดขวางและความทึบแสง

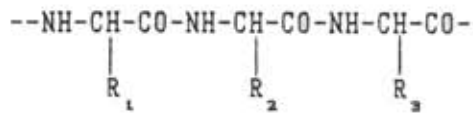
2.6 โครงสร้างทางเคมีของเส้นไหม

ตัวไหมจะมีต่อมซึ่งสามารถสร้างของเหลว 2 ชนิด ที่โปร่งใส ซึ่งชนิดหนึ่งคือไฟโบรอิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบอยู่ถึง 1/2-2/3 ของของเหลวทั้งหมด และมีลักษณะเป็นเส้นใยคู่ ซึ่งเกิดอยู่ภายในไหม ส่วนของเหลวอีกชนิดหนึ่งคือ เซริซิน หรือ กาวไหม (silk glue) ซึ่งจะอยู่เป็นลักษณะการเคลือบเส้นใยไฟโบรอิน ซึ่งจะมีสีเหลืองและจะละลายได้ง่ายในน้ำเดือด, น้ำลบู่ร้อน และสารละลายที่เป็นด่าง ในขณะที่ของเหลวจากต่อมที่สร้างไหมถูกปล่อยออกสู่อากาศนั้นจะเข้ามาติดกันโดยเชื่อมด้วยเซริซิน

2.6.1 โครงสร้างทางเคมีของไฟโบรอิน

ส่วนที่เป็นไฟโบรอินของเส้นใยไหมนั้นเกิดจากปฏิกริยา Condensation ของ α-amino acids กลายเป็น polypeptide chains ซึ่งแตกต่างจากโปรตีนในเส้นผม คือ จะไม่มีส่วนที่เป็นซัลเฟอร์ประกอบอยู่ และโมเลกุลที่เป็นสายยาวจะไม่ถูกเชื่อมเข้าด้วยกันโดยสะพาน disulphide ซึ่งเกิดใน wool

โครงสร้างไฟโบรอิน มีลักษณะคือ



โดยที่ R_1 , R_2 , R_3 คือ โซ่ข้างเคียง

ในไฟโบรอินของไหมมีส่วนประกอบหลักเป็นกรดอะมิโน 4 ชนิด คือ ไกลซีน อะลานีน เซรีน และไทโรซีน โครงสร้างไฟโบรอินของไหมเลี้ยงส่วนใหญ่เป็นแบบ -G-A-G-A- ส่วนโครงสร้างของไหมป่าจะมีลักษณะเป็น -A-A-A-A- โดยที่ G คือ ไกลซีน A คือ อะลานีน มวลโมเลกุลของไฟโบรอินจะอยู่ในช่วง 84,000-220,000 และจากการวิเคราะห์โดย X-ray ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปริมาณ crystallinity ที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในเส้นใยไหม polypeptide chains ซึ่งเกิดจากการรวมกันของ polypeptide chain ในแนวที่ทำให้เกิดส่วนที่เรียงเป็นระเบียบของอะตอมต่างๆในโมเลกุล และพยายามยึดติดกันด้วยแรงดึงดูด ตามธรรมชาติซึ่งจะทำให้โมเลกุลสามารถยึดกันแน่น และส่วนที่อะตอมมีการเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ จะเกิดเป็น amorphous แทรกอยู่

จากการศึกษาโดยวิธี X-ray จะแสดงให้เห็นว่าเส้นใยประกอบด้วยโมเลกุลที่เรียงตัวเป็นสัดส่วนจำนวนมาก และมีความยาวเมื่อขยายเต็มที่ 6.95 อังสตรอม ซึ่งเกิดจากส่วนของกรดอะมิโน 2 ตัวเชื่อมต่อกัน ตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นรายละเอียดส่วนประกอบของกรดอะมิโนในไฟโบรอิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในไฟโบรอิน แบ่งเป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ

ประเภทกรดอะมิโน	กรดอะมิโน	โครงสร้าง
1) Non-polar amino acid	– Glycine	H-A
	– Alanine	CH_3-A
	– Valine	$(CH_3)_2CH$-A
	– Leucine	$(CH_3)_2CHCH_2$-A
	– Isoleucine	$CH_3CH_2CH(CH_3)$-A
	– Proline	$C_8H_6NHCH_2$-A
	– Phenylalanine	$C_6H_5CH_2$-A
2) Acid amino acid	– Aspartic acid	$HOOC(NH_2)CHCH_2COCOOH$
	– Glutamic acid	$HOOCCH_2CH_2CH(NH_2)COOH$
3) Basic amino acid	– Arginine	$NH_2C(NH)NH(CH_2)_3$-A
	– Histidine	$N(CH)_2NHCCH_2$-A
	– Lysine	$NH_2(CH_2)$-A
4) Oxy amino acid	– Serine	CH_2OH-A
	– Threopnine	$CH_3CH(OH)$-A
	– Tyrosine	$HOC_6H_5CH_2$-A
5) Sulfur-coplex amino acid	– Methionine	$CH_3SCH_2CH_2$-A
	– Cystine	$(-S-CH_2)_2$-A

หมายเหตุ A คือ amino acid $-CH(NH_2)COOH$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6.2 โครงสร้างทางเคมีของเซริซิน

ปริมาณของเซริซินที่อยู่ในไหมดิบมีประมาณ 20-25% และด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้เส้นใยมีลักษณะหยาบ และแข็งกระด้างก่อนทำการผลิตออกมาเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอต่างๆนั้น ไหมดิบจะถูกผ่านขบวนการทำให้อ่อนนุ่มและมันเงา ซึ่งวิธีการปรับปรุงวิธีแรกคือ การลอกกาว (degumming) เพื่อกำจัดกาวไหม

ในเซริซินซึ่งเคลือบใยไฟโบรอินอยู่จะมีกรดอะมิโนชนิดเซรีน,ทรีโอนีน ซึ่งเป็น oxy-amino acid และ อาจีนีน,ไลซีน ของ basic amino acid อยู่เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดอื่นๆคล้ายคลึงกับไฟโบรอิน โครงสร้างของกาวไหมนี้จะไม่มีส่วนที่เป็น crystalline เลย และเซริซินจะละลายได้ในกรดที่มี pH ต่ำกว่า 2.5 และละลายได้ในด่างที่ pH สูงกว่า 9.5

นอกเหนือจากส่วนที่เป็นไฟโบรอินและเซริซินแล้ว ในไหมดิบยังประกอบด้วยส่วนที่เป็นแร่ธาตุ ,เกลือ ปริมาณเล็กน้อย , ไขมัน , สารที่มีสี และน้ำ

ส่วนประกอบโดยเฉลี่ยของไหมดิบคือ [2]

เซริซิน	22-25 %
ไฟโบรอิน	62.5-67 %
น้ำ	10-11 %
เกลือ	1-1.5 %

2.7 คุณสมบัติต่างๆของไหม

2.7.1 สมบัติทางกายภาพ

- ลักษณะภายนอก

ความยาวโดยปกติของไหมประมาณ 1000-1300 หลา และอาจถึง 3000 หลา ความกว้าง 9-11 ไมครอน [3] ผิวค่อนข้างเรียบ มีความมันเงาสูง สีมีตั้งแต่ ขาว ถึง ครีม ส่วนไหมป่า ผิวจะไม่เรียบ มีความมันน้อยและมีสีน้ำตาลอ่อน

- ความแข็งแรง

ไหมมีความเหนียว 2.4-5.1 g/denier เมื่อแห้ง และความแข็งแรงเมื่อเปียกจะประมาณ 80-85 % ของไหมแห้ง [3]

- Elastic recovery & Elongation

ไหมมี Elastic recovery สูงและมี Elongation ปานกลาง

เมื่อแห้งสามารถยืดได้ถึง 10-25 % และเมื่อเปียก 33-35 % เมื่อไหมมี Elongation 2 % จะมี Elastic recovery 92 % [33]

- Resiliency

ไหมมี Resiliency ปานกลาง รอยยับย่นจะคืนตัวเมื่อแขวน

- ความหนาแน่น

ไหมมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.25 [33] ซึ่งต่ำกว่าเส้นใยเซลลูโลส

- การดูดความชื้น

ไหมสามารถดูดความชื้นดี มี moisture regain 11 % [33] ซึ่งคุณสมบัติในการดูดความชื้นมีประโยชน์ต่อการย้อมและตกแต่งไหม แต่มีข้อเสียคือ ไหมสามารถดูดสิ่งเจือปนในของเหลวได้เช่นกัน เช่น เกลือโลหะ ซึ่งสิ่งเจือปนจะทำให้เส้นใยไม่แข็งแรง

- Dimensional Stability

ผ้าไหมมีความทนทานต่อการดึงยืดหรือการหดตัว เมื่อซักแห้ง

- คุณสมบัติด้านความร้อน

ไหมจะไหม้เมื่อถูกเปลวไฟโดยตรง หลังจากเอาออกจากเปลวไฟจะติดไฟด้วยตัวเอง จะให้เถ้าที่เปราะและกรอบ และให้กลิ่นเหมือนผมหรือขนไหม้ไฟ

ความร้อน 135 องศาเซลเซียส จะไม่มีผลต่อไหม แต่ถ้าอุณหภูมิ 177 องศาเซลเซียส ไหมจะเปื่อยอย่างรวดเร็ว ไหมจะไหม้อย่างง่ายถ้ารีดด้วยอุณหภูมิ มากกว่า 300 องศาฟาเรนไฮต์ และไหมจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นเหลืองถ้าทับด้วยเตารีดที่ร้อน [33]

2.7.2 คุณสมบัติทางเคมี

- ความทนทานต่อด่าง

ไหมจะถูกทำลายด้วยด่างแก่และละลายใน caustic soda (NaOH) ที่ร้อน ไหมจะทำปฏิกริยาได้ช้ากว่า ขนสัตว์ ด่างอ่อน เช่น สบู่ , บอแรกซ์ และแอมโมเนีย จะทำลายไหมเล็กน้อยหรือไม่ทำลายไหม ถ้าไม่ทิ้งไว้เป็นเวลานาน

- ความทนทานต่อกรด

ไหมสามารถละลายได้ใน concentrated sulfuric acid และกรดไฮโดรคลอริก ส่วนกรดไนตริกจะทำให้ไหมมีสีเหลืองเหมือนในกรณีของขนสัตว์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกิดกรด xanthoproteic ขึ้น การละลายของไหมในกรดไฮโดรคลอริกที่เข้มข้นนั้นจะละลายได้เร็วมาก ดังนั้นเราจึงสามารถใช้กรดไฮโดรคลอริกที่เข้มข้นในการวิเคราะห์แยกชนิดของไหมจากขนสัตว์และ cotton ได้

กรด Hydrofluosilicic ที่เย็น และ กรด hydrofluoric นั้นจะไม่มีผลทำให้เส้นไหมเสียหาย แต่กรดเหล่านี้จะไปดึงพวกสาร inorganic weighting material ออกมาจากเส้นใยทำให้ไหมหยาบและเกิดความเปราะเล็กน้อย

90 % formic acid จะทำให้ไหมบวมและหดตัว และสามารถดึงเป็นเส้นด้ายได้ ไหมที่ได้จะมีความเหนียว ,ความเงามัน เพิ่มขึ้น โดยความทนทานต่อแรงดึงไม่เสียไป

2.8 การลอกกาวไหม

การลอกกาวไหม คือ กระบวนการพื้นฐานที่สำคัญอย่างหนึ่ง โดยนำเส้นไหม เส้นด้าย และผ้าไหมดิบมาลอกกาวเซริซินที่เคลือบผิวของเส้นใย นอกจากเซริซินแล้วก็ยังมีส่วนประกอบอย่างอื่นอีกเล็กน้อย เช่น ขี้ผึ้ง คาร์โบไฮเดรต ลิ สารอินทรีย์ สิ่งสกปรก เศษดักแด้ และสารปรุง แต่งเส้นใย การลอกกาวช่วยให้สามารถฟอกและย้อมสีได้ดี และยังทำให้ไหมมีความงามเป็นพิเศษ

ในปัจจุบัน การลอกกาวใช้สบู่และเกลือด่าง เช่น โซเดียมซิลิเกต โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต โซเดียมฟอสเฟต มีการลอกกาวแบบใช้สบู่แบบใช้โซเดียม และแบบผสมใช้สบู่และโซเดียม โดยอาศัยความแตกต่างจากความสามารถในการละลายระหว่างเซริซิน และไฟโบรอิน โดยทั่วไป การลอกกาวหมายถึง การลอกเซริซินออก 100% แต่บางครั้งมีการลอกกาวออกเพียง 30%,50%,70% ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์

วิธีที่ใช้ในการทำการลอกกาว แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1) วิธีการลอกกาวโดยใช้มือ

- การลอกกาวโดยใช้แท่งไม้ไผ่ วิธีนี้ทำโดยการลอดใจไหมเข้าไปในท่อนไม้ไผ่จับไหม และใส่ลงในอ่างขจัดกาวไหม นำไหมมาลอกกาวที่อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการลอกกาวออกไม่เท่ากัน ดังนั้น จึงต้องทำซ้ำให้ทั่วถึง

- การลอกกาวในถุง ทำโดยการใส่ไหมดิบในถุงผ้าลินินหยาบหรือถุงผ้ายหยาบ และจุ่มลงไปในสารละลายสำหรับกาวที่อุณหภูมิสูง จำเป็นต้องเอาใจใส่ในเรื่องการลอกกาวไม่สม่ำเสมอในถุงและอุณหภูมิไม่คงที่ในถุง และถ้าให้ได้ผลก็จะต้องป้องกันไม่ให้ใจไหมพันกัน

- การลอกกาวโดยการต้มเป็นห่วง ทำได้โดยการพับผ้าให้ได้ระยะที่พอเหมาะและใส่ห่วงคล้องที่ปลายหนึ่ง แล้วสอดท่อนไม้เข้าไปในห่วง และแขวนผ้าลงในอ่างลอกกาว วิธีการพับผ้าไหมเป็นแบบพับหนังสือโดยทั่วๆไป วิธีนี้ช่วยรักษาคุณภาพเดิมของไหมไว้ และมีข้อดีที่

สามารถลอกกาวออกจากผ้าซึ่งมีสภาวะต่างๆกันในอ่างเดียวกัน แต่ก็จำเป็นต้องเตรียมสารลอกกาวมากขึ้น และมีปัญหามากในเรื่องความสม่ำเสมอในการลอกกาว และเรื่องการประหยัดพลังงาน

2) วิธีการลอกกาวโดยใช้เครื่องมือ

- เครื่องย้อมสีไจไหมแบบสเปรย์ ทำได้โดยการสเปรย์ของเหลวที่ใช้ลอกกาวจากรูท่อซึ่งใช้แขวนไจไหม และหมุนไจไหมไปเรื่อย ๆ วิธีนี้สามารถลอกกาวเส้นไหมจำนวนมากได้ง่าย และลอกกาวได้สม่ำเสมอ ควรควบคุมจำนวนของน้ำที่สเปรย์โดยดูจากสภาพของเส้นไหมเพื่อที่จะป้องกันการเกิดปุ่มปมอันเนื่องจากการขัดถูระหว่างเส้นไหม และลดความยืดหยุ่นของเส้นไหม

- การลอกกาวโดยใช้ฟอง ใช้สบู่เหลวที่มีความเข้มข้นสูง และลอกกาวโดยอาศัยฟองเล็กๆของฟองที่ร้อน วิธีนี้ใช้เวลาสั้นๆและประหยัดแรงงานเมื่อเทียบกับการลอกกาวโดยวิธีธรรมดาที่ใช้มือ แต่การลอกกาวเส้นไหมมีปัญหาที่เส้นไหมยืดออกเนื่องจากน้ำหนักที่ใช้ถ่วง และเส้นไหมจะแน่นขึ้นหลังจากการลอกกาว

- การลอกกาวโดยใช้ความดันสูง การลอกกาวโดยใช้เครื่องย้อมสี แบบสเปรย์ใช้ความดันสูง (120 °C 30 นาที) ลอกกาวออกจากผ้าไหมดิบโดยใช้เครื่องกำเนิดไอน้ำที่ให้ความดันสูงในการทำให้เดือด แต่ควรให้ผ้าไหมอยู่ในรูปของห่วง วิธีนี้คาดว่าเหมาะในการประหยัดพลังงาน วัตถุดิบ จัดโรงงานให้เหมาะสมได้ ได้มีการปรับปรุงการต้มแยกกาวแบบนี้ โดยลดเวลาจาก 3 ชม. ถึง 1 คืน มาเหลือเพียง 1 ชม. ก่อนและหลัง วิธีนี้มีประโยชน์ในการลอกกาวของผ้าที่มีน้ำหนักมากที่สภาพการลอกกาวแตกต่างกันทางเส้นยืน และเส้นพุ่ง แต่มีปัญหาบางประการ ในเรื่องความขาว ความเหลือง และเส้นไหมแตกหลังจากการลอกกาวออก

ลักษณะการลอกกาว

1) การลอกกาวด้วยสบู่ ทำโดยจุ่มเส้นไหมดิบลงในน้ำอุ่น 40 °C เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้น เซริซินจะอ่อนตัว แล้วเพิ่มอุณหภูมิให้มากกว่า 90 °C โดยใช้สารละลายสบู่ 15-20% โดยน้ำหนักของไหม เป็นเวลา 2 ชม. ก็จะลอกเซริซินออกเกือบหมด หลังจากแยกสารละลายออกแล้ว นำมาล้าง 2-3 ครั้ง ที่อุณหภูมิ 40-50 °C ด้วย 0.1 % ของสารละลายโซดาซักผ้า และล้างน้ำอีกหลายครั้ง การควบคุมอุณหภูมิน้ำเป็นเรื่องสำคัญเพราะว่าถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 18 °C คุณภาพการล้างจะลดลง การลอกกาวซึ่งใช้สบู่มีคุณภาพดี จะให้เส้นไหมที่เงางามและเรียบง่าย แต่การลอกกาวด้วยสบู่อาจทำให้เกิดการลอกกาวที่ไม่สม่ำเสมอง่าย และเกิดการหมองคล้ำ อันเกิดจากไคลสบู่ที่เกิดจากแคตไอออนในน้ำ เช่น แคลเซียม แมก

นีเซียม และเหล็ก แล้วทำให้เกิดการย้อมสีด่างได้ง่าย การขจัดสบู่ด้วยการล้างทำได้ยาก จึงทำให้เกิดสีเหลือง และมีปัญหามลภาวะด้านน้ำเสีย

2) การลอกกาวด้วยโซดา นำเส้นไหมมาต้มแยกกาวด้วยสารละลายของผลิกโซเดียมคาร์บอเนต 10-12 % โดยน้ำหนักไหม หรือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 12-15 % โดยน้ำหนักไหม ที่อุณหภูมิที่สูงกว่า 90 °C เป็นเวลา 2-3 ชม. และล้างออกด้วยน้ำอุ่นและน้ำธรรมดาหลายครั้ง

3) การลอกกาวด้วยสบู่-โซดา นำเส้นไหมมาต้มแยกกาวด้วยสารละลายสบู่ 8-15 % โดยน้ำหนักของไหม และโซเดียมคาร์บอเนต 5-8 % โดยน้ำหนักของไหม ที่อุณหภูมิสูงกว่า 90 °C เป็นเวลา 2-3 ชม. หลังจากแยกสารละลายออก นำมาล้างด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 % ที่ 40-50 °C และน้ำธรรมดาหลายๆครั้ง วิธีนี้ช่วยลอกกาวในเส้นไหมได้อย่างพอเพียง และให้ความขาวดีกว่าวิธีลอกกาวด้วยโซดา

4) การลอกกาวด้วยเอนไซม์ นำเส้นไหมมาแยกกาวในสารละลายเอนไซม์โปรตีเอสชนิดด่าง 0.1-0.3 % pH 9.0-10.5 ที่อุณหภูมิ 40-65 °C เป็นเวลา 1-2 ชม. กาวเซริซินจะละลายออกมา แล้วล้างด้วยน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 40-50 °C และธรรมดาหลายๆครั้ง วิธีนี้สามารถแยกเซริซินได้อย่างสม่ำเสมอ ส่วนพวกโปรตีเอสจากสัตว์ และพืชในธรรมชาติก็ได้นำมาใช้กันจนถึงทุกวันนี้ ราคาโปรตีเอสพวกนี้มีราคาแพง

5) การลอกกาวโดยวิธีอื่น การลอกกาวไหมโดยการทำให้เกิดฟองของสบู่ โซเดียมฟอสเฟต โซเดียมอะซิเตด เป็นวิธีที่ไม่ได้รับความนิยม เพราะไหมที่ลอกกาวแล้วมีลักษณะไม่ดี นอกจากว่าจะใช้เครื่องมือชนิดพิเศษ การลอกกาวด้วยกรด เช่น โซเดียมซัลเฟต และกรดกำมะถัน ก็ไม่เป็นที่นิยมเพราะมักจะเกิดปัญหา และยังมีปัญหาด้านคุณภาพของไหมลอกกาว

2.9 การย้อมสีไหม

การย้อมไหมอาจทำได้หลายวิธี ดังนี้

1) ย้อมด้วยสี acid
2) ย้อมด้วยสี basic
3) ย้อมด้วยสี metal complex
4) ย้อมด้วยสี mordant
5) ย้อมด้วยสี reactive
6) ย้อมด้วยสี direct

1) การย้อมด้วยสี acid

สีแอซิดเป็นสีที่นิยมใช้ย้อมเส้นใยโปรตีน ได้แก่ ขนสัตว์, ไหม และเส้นใยสัง

เคราะห์ ที่เรียกสีนี้เนื่องจากมักใช้ย้อมในอ่างย้อมที่เป็นกรดหรือเป็นกลาง สามารถแทรกเข้าไปในเส้นใยได้ดี ทำให้การติดสีสม่ำเสมอ สีสดใส ย้อมได้ง่าย มีความคงทนดี

2) การย้อมด้วยสี basic

ใช้ย้อมไหมได้ ให้สีสดใส แต่ไม่ทนต่อแสงและการซักน้ำได้ดีเท่าที่ควร จึงนิยมใช้น้อย การย้อมและส่วนประกอบของสารเคมีในอ่างย้อมเช่นเดียวกับการย้อมด้วยสีแอซิด

3) การย้อมด้วยสี metal complex

เป็นสีที่เหมาะกับการย้อมเส้นใยโปรตีน ทนต่อแสงแดดและการซักน้ำ แต่สีที่ได้ไม่ค่อยสดใส การย้อมทำในอ่างย้อมที่เป็นกรดเช่นเดียวกับการย้อมด้วยสีแอซิด

4) การย้อมด้วยสี mordant

เหมาะที่จะย้อมเส้นใยโปรตีน แต่ตัวสีจะไม่ติดกับเส้นใย จำเป็นต้องมีสารเคมีที่เรียก " mordant " เพื่อให้ทำปฏิกริยากับสีได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งไม่ละลายน้ำ

5) การย้อมด้วยสี reactive

สี reactive จะทำปฏิกริยาโดยตรงกับไหมในสภาวะการย้อมที่เป็นด่าง มีความทนทานต่อการซักน้ำดีมาก แต่สีติดไหมน้อยเพราะสีจะสูญเสียไปกับการทำปฏิกริยากับน้ำและด่าง สีย้อมที่ได้จึงค่อนข้างอ่อนไม่ค่อยนิยมใช้

6) การย้อมด้วยสี direct

สี direct จะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่ละลายน้ำอยู่ในเส้นใยไหมสภาวะการย้อมเช่นเดียวกับสีแอซิด แต่สีที่ได้จะทนต่อการซักน้ำต่ำ ไม่ค่อยนิยมใช้

2.9.1 กลไกในการย้อม เป็นการเกิดแรงดึงดูดระหว่างกรดอะมิโนที่เป็นด่างของเส้นใยกับแอนไอออนของสี

โมเลกุลของสีย้อมจะยึดเกาะกับเส้นใยได้ 4 วิธี คือ

1) Ionic forces

2) Hydrogen bonds

3) Van der waals'forces

4) Covalent linkage

1 Ionic forces เป็นการเกิดปฏิกริยาระหว่างประจุบวกของเส้นใย และประจุลบของสี หรือระหว่างประจุลบของเส้นใยและประจุบวกของสี เช่น "free amino group" และ "free carboxyl group หรือ sulfonic group " ในเส้นใยไหมเมื่อถูกย้อมในน้ำย้อมที่เป็นกรด

2 Hydrogen bonds เกิดจากการที่อะตอมไฮโดรเจนที่มี lone pair electrons จาก electron donor atom เกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำ

พันธะเหล่านี้เป็น second-order bonds ที่ไม่แข็งแรง บางครั้งเรียก polar van der waals'forces

ในการย้อมเส้นใยไหม เส้นใยขนสัตว์ และเส้นใยสังเคราะห์จะเกิดพันธะไฮโดรเจน กับสีย้อม แต่สำหรับเส้นใย เซลลูโลส จะไม่เกิดพันธะดังกล่าว

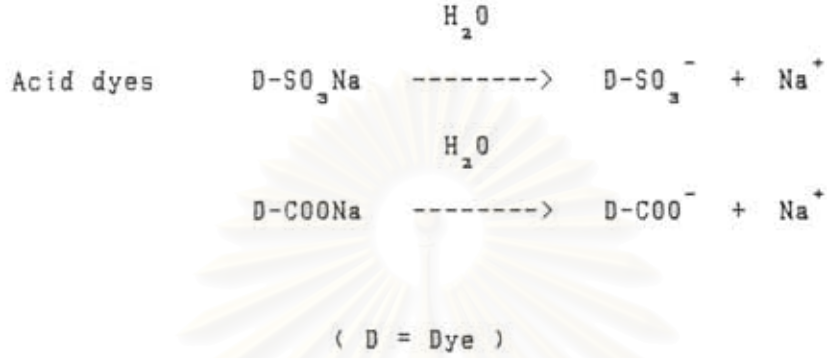
3 Van der waals'forces คือ แรงที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอม หรือโมเลกุลของเส้นใยซึ่งมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับแรงชนิดอื่นๆ และเป็นผลจากการเกิดปฏิกริยาระหว่าง π orbital ของโมเลกุลสีและเส้นใย แรง วัลเดอร์วาลนี้จะมีความสำคัญมากเมื่อโมเลกุลของสีเป็นเส้นตรง ไม่ว่ายาวหรือแบน ซึ่งจะสามารถเข้าไปชิดกับโมเลกุลของเส้นใยได้ดี และโดยเฉพาะเมื่อทั้งสีและเส้นใยมีหมู่ alkyl หรือ aryl อยู่ เช่น ในเส้นใยขนสัตว์ และ เส้นใยโพลีเอสเตอร์ จะทำให้เกิด แรงวัลเดอร์วาล ได้มาก

4 Covalent linkage เป็นพันธะเคมีระหว่างสีกับเส้นใย หรือวัสดุ เช่น ปฏิกริยาที่เกิดจากสี รีแอกทีฟ และหมู่ไฮดรอกซิลของฝ้าย

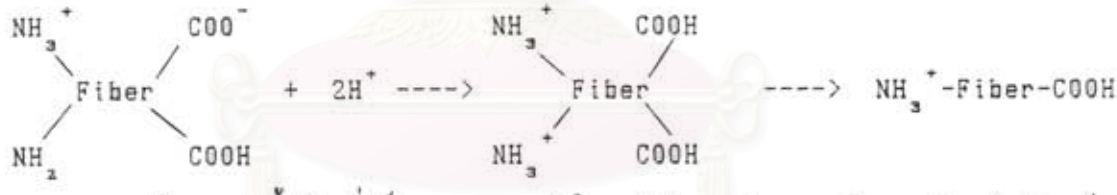
2.9.2 <u>การย้อมไหมด้วยสีแอซิด</u>

สีแอซิดเป็นสีที่ใช้ย้อมเส้นใยโปรตีน ได้แก่ ขนสัตว์ ไหม และเส้นใยสังเคราะห์

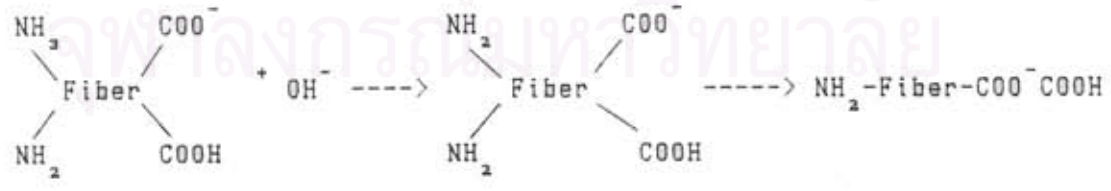
เช่น polyamide,acrylic สีแอซิดส่วนใหญ่เป็นเกลือโซเดียมของกรดอินทรีย์ (organic acid) ซึ่งโดยทั่วไป หมู่ที่เป็นกรด คือ กรดซัลโฟนิก หรือกรดคาร์บอกซิลิก ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของสีแอซิด ที่สำคัญ คือ azo , nitro , nitroso , anthraquinone , azine , triarylmethane และ xanthene สีแอซิดจะให้การติดสีที่สม่ำเสมอ ทนต่อการซักล้าง ให้สีสดใส นอกจากนี้ยังสามารถย้อมได้ง่าย สีแอซิดจึงเป็นที่นิยมใช้ย้อมสีไหม



สีแอซิดเหมาะที่จะย้อมในสภาวะน้ำย้อมที่เป็นกรด หรือกลางเนื่องจากในสภาวะที่เป็นกรด สีจะแตกตัวได้ดี ในขณะเดียวกันจะมีการผลิตประจุบวกในเส้นใยมากขึ้น ซึ่งเมื่อเติมสีแอนอิออนของสีจะเกิด electrostatic attraction หรือ Ionic bond กับกรดอะมิโนที่เป็นด่างของเส้นใย



ในสภาวะน้ำย้อมที่เป็นกลาง เส้นใยจะมีปริมาณประจุบวกน้อย จึงเกิดพันธะไอออนิกน้อย แรงดึงดูดระหว่างสีกับเส้นใย ส่วนใหญ่จึงเกิดมาจากพันธะไฮโดรเจนและแรงวัลเดอร์วาล



นอกจากนี้ค่าความเป็นกรด-เบส ขณะย้อมยังมีความสำคัญต่อการติดสี ถ้าค่า pH ขณะย้อมต่ำกว่าค่า Isoelectric point ของไหมนั้นๆ จะทำให้มีการติดสีดี ซึ่งค่า Isoelectric point ของไหมแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Isoelectric point

Thai & Mori silk ประมาณ 3.8

Tusser silk ประมาณ 3.4

ซึ่งค่า Isoelectric point คือ จุดที่เส้นใยแสดงสภาพเป็นกลาง (NH_3^+ -Fiber-COOH) โดยมีประจุบวกและลบเท่ากัน

2.10 รายละเอียดของไหมทั้ง 3 พันธุ์

ไหมไทยและไหมญี่ปุ่น

- ลักษณะทั่วไปและถิ่นกำเนิด

ทั้งไหมไทยและไหมญี่ปุ่น (Mori) เป็นผลิตภัณฑ์ของตัวหนอนไหม Bombyx mori ซึ่งเป็นไหมเลี้ยง กินใบหม่อนเป็นอาหาร ในการเลี้ยงหนอนไหมต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณอาหารที่ให้ตัวหนอนไหม ให้คงที่ นอกจากนี้ไหมยังต้องการความสงบ และการเลี้ยงดูที่สะอาด มิฉะนั้น เส้นใยไหมที่ได้อาจมีความไม่สม่ำเสมอหรือเปลี่ยนแปลง คุณภาพอาจไม่ดีพอ

ตัวหนอนไหม มีสีขาว ตัวเล็ก ความยาวประมาณ 1/4 นิ้ว เท่านั้น เวลาเลี้ยงต้องวางตัวไหมบนถาดสาน คลุมด้วยฟางและใบหม่อน หนอนไหมกินจุ ประมาณ 30,000 เท่าของน้ำหนักตัว ดังนั้นจึงต้องให้อาหาร 5 ครั้งต่อวัน ภายหลัง 30 วัน ไหมจะผลิตเส้นไหมพันรอบตัวเอง

รังไหมที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นวงรีหรือรูปไข่ ขนาดเล็ก อาจมีสีขาวถึงสีเหลืองอ่อนๆ เส้นใยไหมที่ได้จะมีปริมาณ ไฟโบรอินประมาณ 70% และเซริซินประมาณ 20-30% เมื่อผ่านกระบวนการลอกกาวออกแล้ว ไหมที่ได้จะมีความเงามันสวยงามเพิ่มขึ้น นุ่ม และสามารถฟอกและรับสีย้อมได้ดี ลักษณะภาคตัดขวางจะมีรูปร่างเป็น สามเหลี่ยมถึงวงรี แม้ว่าไหมไทยจะมีลักษณะแบนกว่าเล็กน้อย แต่เมื่อเทียบกับไหมป่า ไหมทั้ง 2 ชนิดนี้จะมีลักษณะภาคตัดขวางคล้ายกันมาก

- คุณสมบัติทั่วไปและคุณสมบัติทางเคมี

ไหมเลี้ยงจะมีความว่องไวต่อสารเคมีสูง ทำให้สามารถฟอกและย้อมได้ดี ทนด่างได้เล็กน้อย แต่ไม่ทนกรด

นิยมนำไหมเลี้ยงนี้ไปทอเป็นผ้าผืน เพื่อทำเป็นเครื่องนุ่งห่ม ให้สีสดใสเมื่อย้อมมีความมันสวยงาม และใส่สบายเนื่องจากเส้นใยสามารถดูดความชื้นได้ดี

ไหมป่า (Tusser)

- ลักษณะทั่วไปและถิ่นกำเนิด

แม้ว่าไหมเลี้ยงจะเป็นไหมสำคัญที่ใช้ในอุตสาหกรรมไหม แต่ก็มีในบางประประเทศที่ผลิตไหมป่าเป็นสำคัญ ไหมป่าที่สำคัญและรู้จักกันดี คือ Tusser หรือ Tussah หรือ Tussur หรือ Tussore

ไหมป่าเป็นผลิตภัณฑ์ของตัวหนอนไหม จีนัส Antheraea โดยเฉพาะสปีชีส์ Antheraea mylitta ซึ่งเป็นไหมพื้นเมืองของอินเดีย และสปีชีส์ Antheraea pernyi ซึ่งเป็นไหมพื้นเมืองของจีน ตัวหนอนไหมป่านี้จะอยู่บนใบของต้นโอ๊ก สปีชีส์ Quercus serrata แม้ว่า ตัวหนอนไหมที่ผลิตไหมป่ามีหลายชนิด แต่รังไหมที่ผลิตมีลักษณะคล้ายคลึงกัน พอที่จะจัดเป็นไหมชนิดเดียวกันได้ สภาพภูมิอากาศ และสิ่งแวดล้อมที่ตัวหนอนไหมอยู่ มีอิทธิพลสำคัญมากกว่า ชนิดสปีชีส์ของตัวหนอนไหม

เนื่องจากอาหารของตัวหนอนไหมป่าคือใบโอ๊ก ซึ่งหยาบ ทำให้เส้นไหมที่ผลิตได้มีลักษณะหยาบไม่สม่ำเสมอ ยากต่อการฟอกและย้อม สารแทนนินในใบโอ๊ก ทำให้ไหมป่ามีสีแทนหรือสีออกน้ำตาล หรือสีเหลือง

ตัวหนอนไหมป่ามีลักษณะนิสัยต่างจากตัวหนอนไหม Bombyx mori ตัวจะใหญ่กว่าความยาวประมาณ 6 นิ้ว ลำตัวมีสีเขียวกว่า จะมีขนสีเหลืองเล็กปกคลุม อุตสาหกรรมการผลิตไหมป่า ผลิตกันมาก บริเวณทางเหนือของจีนและแมนจูเลีย และบางส่วนของอินเดีย รังไหมจากแมนจูเลียจะหนักกว่ารังไหมจากเขต Shantung ประเทศจีน และไหมจากแมนจูเลียจะมีสีเข้มกว่า มีการประมาณว่า ไร่ต้นโอ๊กประมาณ 1 เอเคอร์ สามารถเลี้ยงไหมได้ประมาณ 60,000 ตัว ซึ่งจะได้เส้นใยไหมดิบประมาณ 800 ปอนด์

ไหมป่าจะมีลักษณะเส้นหยาบ เหนียว และมีความมันน้อยกว่าไหมเลี้ยงเพราะในขบวนการลอกกาวไหม สามารถที่จะลอกกาวไหมได้เพียงประมาณ 11 % [27] เท่านั้น ลักษณะภาคตัดตามยาว ของไหมป่าจะคล้ายริบบิ้น มีรายเส้นเล็กเป็นแถบยาวไปตามเส้นไหมส่วน ลักษณะภาคตัดขวางจะมี granular อยู่ภายใน และมีรูปคล้ายสามเหลี่ยมแบน

- คุณสมบัติทั่วไปและคุณสมบัติทางเคมี

ไหมป่ามีลักษณะทางเคมีและทางกายภาพที่แตกต่างจากไหมเลี้ยงมาก คือ จะมีความว่องไวต่อสารเคมีน้อยกว่า ซึ่งทำให้ฟอกและย้อมยาก ส่วนในการลอกกาว ต้องใช้สภาวะที่รุนแรงกว่าไหมเลี้ยง

ไหมป่ามักจะใช้ทอร่วมกับฝ้ายเรียกว่า Sealcloth ใช้ในการห่อของและทำเป็นผ้าคลุมซึ่งจะให้ลักษณะที่สวยงามมาก คืนตัวง่าย นอกจากนี้ยังใช้ทำพรมปูพื้น พรมเช็ดเท้า

และใช้ทอทำผ้า " Mandarine " และ " Grenadine "ซึ่งใช้ทำเชือกประดับ , ผู้ห้อยเครื่องแต่งกาย , ผ้าตกแต่งภายในบ้านและใช้ในงานเย็บปักถักร้อย ผ้าไหม Tusser มีความคงทนต่อการใช้งาน ทำความสะอาดง่าย และราคาไม่แพงมาก และไม่นิยมทำ weighting มีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น Rajah , Shantung , Tussah , Pongee

ไหมป่ามีลักษณะทั่วๆไปคล้ายกับ Bombyx mori แต่ทนกรดและเบสแก่ได้มากกว่า ใน cold concentrated HCl ไหมจะบวมแต่ไม่ละลาย ส่วนใน 5% Caustic soda ไหมจะแตกแยกเป็นชิ้นเล็กๆ แต่ไม่ละลายอย่างสมบูรณ์

ตารางที่ 2.2 - 2.5 เป็นตารางที่รวบรวมเอาสมบัติของรังไหมและเส้นใยไหมทั้งสมบัติกายภาพและสมบัติเชิงกล

ตารางที่ 2.2 ลักษณะทางกายภาพของรังไหม

พันธุ์ไหม	สีของรังไหม	ความหนาของเปลือกรังไหม	ขนาดรังไหม (ซม.^{2})	ลักษณะของรังไหม
Bombyx mori	ขาว	หนา	2.5 * 3.5	วงรีคล้ายเมล็ดข้าว
Antheraea pernyi	น้ำตาล	บาง	2.3 * 4.5	เส้นใยบางเคลือบรังไหม

ตารางที่ 2.3 ขนาดของเส้นใยไหม

พันธุ์ไหม	ความยาว (เมตร)	ขนาด (เดนเยอร์)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (ไมครอน)
Bombyx mori	1200-1500	2.8-3.0	21.45-22.23
Antheraea pernyi	500-600	5.0-6.0	28.67-31.40

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบของรังไหม คิดเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

พันธุ์ไหม	ไฟโบรอิน	เซริซิน	ขี้เถ้ารวม	ขี้ผึ้ง
Bombyx mori	70.00	30.00	0.7	0.37
Antheraea pernyi	83.85	16.15	2.5-3.2	0.48

ตารางที่ 2.5 สมบัติเชิงกลของไฟโบรอิน

สมบัติเชิงกล	Bombyx mori	Antheraea pernyi
Tensile strength (g/d)	4.14	3.22
Elongation (%)	21.60	36.10
Young's modulus (kg/mm^2)	848	518
Specific gravity	1.366	1.338

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.6 ปริมาณกรดอะมิโนในไฟโบรอินแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

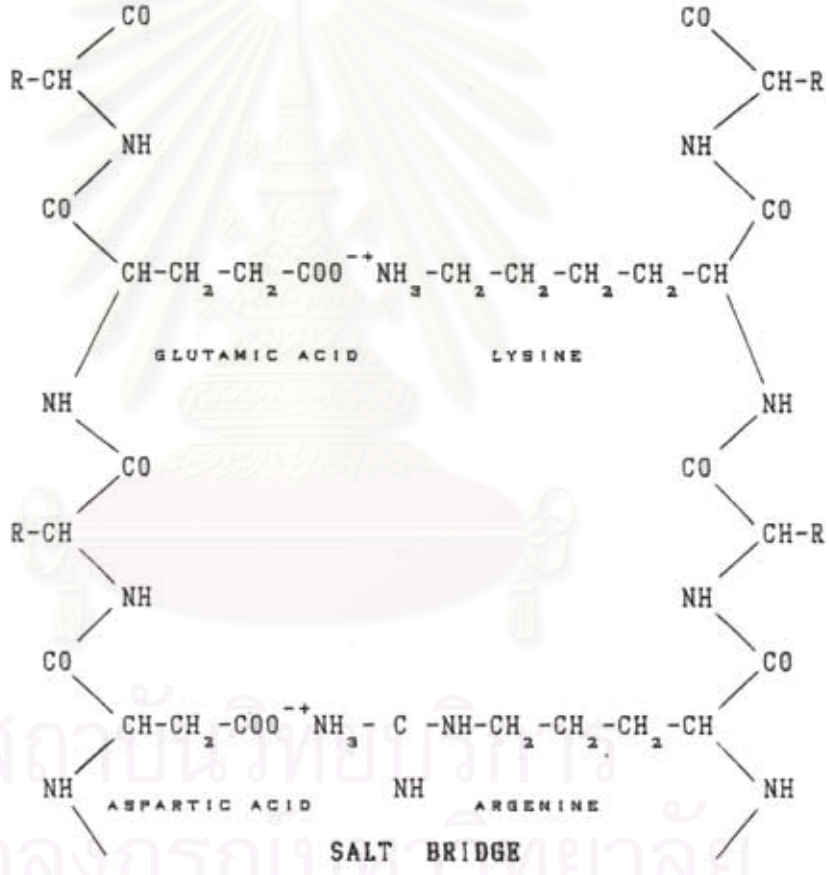
กรดอะมิโน		ไหมไทย	ไหมญี่ปุ่น	ไหมป่า
Nonpolar	Gly	38.95	39.83	25.37
	Ala	30.57	30.75	35.85
	Val	3.28	3.34	1.16
	Leu	0.59	0.46	0.54
	Ile	0.87	0.64	0.49
	Pro	0.00	0.08	0.00
	Phe	0.83	0.46	0.03
	Met	0.00	0.03	0.00
Acidic	Asp	2.03	1.86	8.23
	Glu	1.85	1.64	1.74
Basic	Arg	0.59	0.44	4.84
	His	0.24	0.15	1.06
	Lys	0.38	0.29	0.02
Oxy	Ser	12.34	12.63	13.08
	Thr	1.09	1.04	0.49
	Tyr	6.38	6.35	7.10
Total		99.99	99.99	100.00

ไหมทุกชนิดประกอบด้วย กรดอะมิโนหลายชนิด แต่กรดอะมิโนที่สำคัญมีอยู่ 4 ชนิด คือ ไกลซีน , อะลานีน , เซรีน และ ไทโรซีน ซึ่งรวมกันแล้วมีประมาณ 85% ของกรดอะมิโนทั้งหมด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 2.6 ข้างต้น เมื่อพิจารณาปริมาณกรดอะมิโนที่เป็นกรด และด่างของไหมทั้ง 3 พันธุ์ จะพบว่า ไหมป่าจะมีปริมาณกรดอะมิโนดังกล่าว มากกว่าของไหมไทย และไหมญี่ปุ่น กรดอะมิโนที่เป็นกรดและด่างนี้ จะมีผลต่อการเกิด salt bridge ในโครงสร้าง (ดังแสดงในรูปที่ 2.4) นั่นคือ ถ้ามีปริมาณกรดอะมิโนนี้มากจะเกิด salt bridge มาก ซึ่งมีผลทำให้โครงสร้างที่เป็น net work

ไหมป่ามีปริมาณกรดอะมิโนที่เป็นกรด-ด่างสูง ดังนั้นในโครงสร้าง จึงมีลักษณะเป็น network มากกว่าไหมไทยและไหมญี่ปุ่น ซึ่งทำให้อนุภาคของสีและอนุภาคของน้ำเข้าไปในเส้นใยได้ยาก



รูปที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีโดยทั่วไปของเส้นใยไหม แสดงให้เห็นลักษณะของการเกิด salt bridge

2.11 ผลการศึกษาที่แล้วมา

การศึกษาโครงการเรื่องการปรับปรุงการลอกกาวสำหรับไหมไทย ของ พิเชียร เดชเดโช และนิรมล วิลามาศ ซึ่งได้ทำการทดลองในปี 2532 [14] โดยได้ทำการศึกษาถึง สภาวะที่เหมาะสมในการลอกกาวของไหมไทยพันธุ์พื้นเมือง กับไหมไทยลูกผสม ซึ่งคำนึงถึงประสิทธิภาพในการลอกกาว ความแข็งแรงของเส้นใยที่เปลี่ยนไป และลักษณะของเส้นใยไหมหลังการลอกกาว ทั้งวิธีการลอกกาวด้วยกรดและด่าง และใช้สภาวะที่เหมาะสมไปศึกษาวิธีการลอกกาวที่ดี โดยคำนึงถึงอัตราเร็วในการลอกกาว ความสามารถในการย้อมติดสี และลักษณะของเส้นใยไหมหลังการย้อมสี

จากการศึกษาดังกล่าวพบว่า การลอกกาวด้วยด่างจะให้ประสิทธิภาพในการลอกกาวสูงสุด ให้ไหมที่มีความเงามัน อ่อนนุ่ม แต่การย้อมติดสีค่อนข้างช้า สภาวะที่เหมาะสมในการลอกกาวด้วยด่างคือ 0.1 % Na_2CO_3 0.2 % สบู่ น้ำ 50:1 ที่อุณหภูมิ 95-100 °C ใช้เวลาประมาณ 20-30 นาที ส่วนการลอกกาวด้วยกรดนั้น พบว่า ประสิทธิภาพในการลอกกาวไม่ดีนัก ได้ไหมที่กระด้างเงามันน้อย แต่การย้อมติดสี โดยเฉพาะสีแอสิดนั้นค่อนข้างดี

และเมื่อทดลองปรับปรุงการลอกกาวโดยใช้วิธีการลอกกาวด้วยด่างก่อน ที่สภาวะดังกล่าว ประมาณ 20-30 นาที เพื่อให้กาวไหมถูกลอกออกจากไหมให้มากที่สุด และให้ไหมที่มีลักษณะเงามันดี แล้วจึงนำไหมที่ลอกกาวด้วยด่างแล้วนั้น ไปทำ after treatment ด้วยกรด ประมาณ 10 นาที เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการย้อมติดสีให้ดีขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
การทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

เส้นไหมดิบ

ไหมไทย -- เป็นไหมเลี้ยงจากจังหวัดขอนแก่น และเส้นไหมดิบที่ใช้ในการทดลองซื้อมาจากบริษัท จุลไหมไทย จำกัด

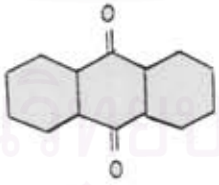
ไหมญี่ปุ่น (Mori) -- เป็นไหมที่เกิดจากการนำไข่ของตัวไหมมาจากประเทศญี่ปุ่น และเลี้ยงในเมืองไทยที่จังหวัดเพชรบุรณ์ จนกระทั่งผลิตเป็นเส้นไหมดิบ และเส้นไหมดิบที่ใช้ในการทดลองซื้อมาจากบริษัท จุลไหมไทย จำกัด

ไหมป่า (Tusser) -- เป็นเส้นไหมที่ได้ตัวหนอนที่มีการเพาะเลี้ยงที่ประเทศจีน

สีย้อม

สีย้อมที่ใช้เป็นสีแอซิด ชื่อ Sandolan Milling Red N-FBL ของบริษัท SANDOZ จำกัด เลขที่ใน color index คือ ACID RED 143 เป็นสีจำพวกแอนทราควินโนน เฉดสีแดง มีความคงทนต่อแสงดี ใช้สำหรับย้อมเส้นใยไนลอน , ไหม และขนสัตว์

โครงสร้างหมู่แอนทราควินโนนในสีย้อม



โซเดียมคาร์บอเนต

โซเดียมคาร์บอเนตทำหน้าที่ลอกกาวและช่วยในการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่น และน้ำมันชิ่งเติมลงไปในการผลิตเส้นไหมดิบ , ช่วยปรับ pH ในการย้อมสี โซเดียมคาร์บอเนตที่ใช้เป็นชนิด anhydrous Na_2CO_3 ของบริษัท MERCK GERMANY ลักษณะเป็นผง หรือก้อนสีขาวเล็ก ๆ มีน้ำหนักโมเลกุล 105.99 มีความบริสุทธิ์ 99.5 % ละลายได้ดีในน้ำ ได้สารละลายที่เป็นด่าง ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ ไม่ไหม้ไฟ และไม่เป็นพิษ มีจุดหลอมเหลว 851 °C และสลายตัวให้

CO_2 ที่ 400 °C

สารเจือปนได้แก่ sodium chloride , sodium sulfate , calcium carbonate, magnesium carbonate และ sodium bicarbonate

ใช้กันมากในอุตสาหกรรมแก้ว , อุตสาหกรรมผลิตสารเคมี , อุตสาหกรรมกระดาษ , ใช้ในการผลิตพวกสารประกอบโซเดียม , ผลิตสบู่ และดีเทอร์เจนต์ , อุตสาหกรรมน้ำมัน , ใช้ในระบบ water treatment และใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสิ่งทอ ฯลฯ

สบู่

เป็นสบู่ที่ได้จาก Olive Oil และ Oil ชนิดอื่นๆผสมกัน จากประเทศญี่ปุ่น

กรดอะซิติก

ทำหน้าที่ช่วยเร่งการดูดติดของสีแอซิด ที่ใช้ในการย้อมสี กรดอะซิติกที่ใช้เป็น glacial acetic acid ซึ่งมีความบริสุทธิ์อย่างน้อย 99.8 % น้ำหนักโมเลกุล 60.053 ของบริษัท MERCK GERMANY ได้จากการสกัดจากไม้ด้วย acetylene และน้ำ ร่วมกับ acetaldehyde โดยการออกซิเดชันในอากาศ

คุณสมบัติเป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นฉุน จุดหลอมเหลว 16.63 °C จุดเดือด 118 °C ความถ่วงจำเพาะ 1.0492 ความหนืด (20 °C) 1.22 cps จุดวาบไฟ 110 °F ดัชนีหักเห 1.3715 (20 °C) ละลายหรือเจือจางได้ในน้ำ , alcohol , glycerol , ether , carbontetrachloride ไม่ละลายในคาร์บอนไดซัลไฟด์ รวมทั้งพวกคาร์บอเนต, ไฮดรอกไซด์ , ฟอสเฟต , ออกไซด์ เป็นต้น ติดไฟเองได้ที่อุณหภูมิ 800 °F

อันตราย : ไวไฟพอสมควร , อะซิติกแอซิดบริสุทธิ์จะเป็นพิษต่อร่างกายในการหายใจและดื่มกิน แต่สำหรับสารละลายเจือจางมากๆจะใช้ในอาหารได้ ระคายเคืองต่อผิว

ลิเทียมโบรไมด์โมโนไฮเดรต

ลิเทียมโบรไมด์โมโนไฮเดรต ที่ใช้ในการทดลองนี้ได้จากบริษัท WAKO PURE CHEMICAL INDUSTRIES Ltd. ใช้เป็นตัวทำละลายไหมและใช้ในการทดสอบหา salt bridge ในเส้นใยไหมได้ ลักษณะเป็นผลึกสีขาวเล็ก หรืออาจจะมีสีชมพูอ่อนปน ไม่มีกลิ่น รสขม น้ำหนักโมเลกุล 104.86 มีความถ่วงจำเพาะ 3.464 จุดหลอมเหลว 547 °C จุดเดือด 1265 °C ละลายได้ดีมากในน้ำ , แอลกอฮอล์ ,อีเธอร์ ละลายได้เล็กน้อยในไพริดีน และละลายได้ในเมธานอล , อะซีโตน และไกลคอล สารละลายลิเทียมโบรไมด์เข้มข้นที่ร้อน สามารถละลายเซลลูโลสได้

เกิดเป็นสารประกอบได้กับพวกแอมโมเนีย และเอมีน เกิดเป็นสารพวกเกลือได้กับ $CuBr_2$, $HgBr_2$, HgI_2 , Hg(CN)และ $SrBr_2$ ที่เหนือสารละลาย ลิเทียมโบรไมด์จะมีความดันไอต่ำมาก มีพิษต่อร่างกายเล็กน้อย

โซเดียมไฮดรอกไซด์

โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทดลองนี้มีความบริสุทธิ์ 98 % ลักษณะเป็น pellet และมีสารเจือปนโซเดียมคาร์บอเนต 0.5 % มีจุดเดือด 1390 °C จุดหลอมเหลว 318 °C ละลายในน้ำ แอลกอฮอล์และกลีเซอรอล ความถ่วงจำเพาะ 2.13 ของ บริษัท EKA NOBEL SWEDEN

กรดไฮโดรคลอริก

กรดไฮดรอกคลอริกที่ใช้ในการทดลองนี้มีความบริสุทธิ์ 37 % น้ำหนักโมเลกุล 36.46 จุดเดือด 108.58 °C ของบริษัท MERCK GERMANY

เอธานอล

เอธานอลที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแบบ Absolute น้ำหนักโมเลกุล 46.07 มีความบริสุทธิ์ 99.8 % ไม่มีสี มีจุดเดือด 78.3 °C จุดเยือกแข็ง -117.3 °C ของบริษัท MERCK GERMANY

เอธิลีนไกลคอล

เอธิลีนไกลคอลที่ใช้ในการทดลองนี้มีความบริสุทธิ์ 100 % มีความหนาแน่นที่ 20 °C 1.112 g/mL จุดเดือด 197-198 °C น้ำหนักโมเลกุล 62.07 ของบริษัท J.P.BAKER USA

ฟีนอล์ฟธาลีน

เป็นอินดิเคเตอร์ pH 8.2-10 น้ำหนักโมเลกุล 318.33 มีความบริสุทธิ์มากกว่า 99 % มีจุดหลอมเหลว 258-262 °C ความถ่วงจำเพาะ 1.299 มีสีขาวหรือขาวออกเหลือง ละลายในน้ำได้เล็กน้อย ของบริษัท FLUKA SWITZERLAND

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

ผ้าฝ้าย

เป็นผ้าฝ้ายสีขาว ผ้ามีลักษณะเป็นมุ้ง ใช้สำหรับทำเป็นถุงใส่เข็ดไหมที่จะทำการลอกกาว

เครื่องกรอไหม

เป็นเครื่องสำหรับกรอไหมเป็นเข็ดเล็ก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 112.5 เซนติเมตร ของกองอุตสาหกรรมสิ่งทอ

เครื่องวัดความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใย

เป็นเครื่องวัด Strength และ Elongation at Break ของบริษัท Lloyd Instruments PLC., รุ่น L500

วิธีการใช้เครื่อง มีดังนี้

1. เสียบปลั๊ก และเปิดเครื่อง
2. กำหนด ระยะห่างระหว่าง Grip 15 เซนติเมตร
   Load 0-50 นิวตัน
   Extension 0-250 มิลลิเมตร
   Crosshead Speed 200 มิลลิเมตร/นาที
3. พันเส้นไหมที่ Grip ทั้งสองให้ตึงพอดี และแน่น
4. กดปุ่ม ⌀ เพื่อให้ค่า Load และ Extension เป็นศูนย์
5. กดปุ่ม GO (สีเขียว)
6. อ่านค่า Load ที่มากที่สุด ที่ทำให้ไหมขาด บันทึกค่า Load ในรูปนิวตัน
7. ปิดเครื่อง ถอดปลั๊ก

เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-VIS Recording Spectrophotometer)

เป็นเครื่องมือสำหรับวัด Optical Transmittance (% T) รุ่น UV-240 ของบริษัท Shimadzu Japan

วิธีการใช้เครื่อง มีดังนี้

1. เสียบปลั๊ก เปิดเครื่องทิ้งไว้จนค่าความยาวคลื่น (λ) คงที่ ที่ 700 nm.
2. ขั้นนี้จะเป็นการหาความยาวคลื่นสูงสุด (λ max) ที่ทำให้ % T ที่อ่านได้จาก

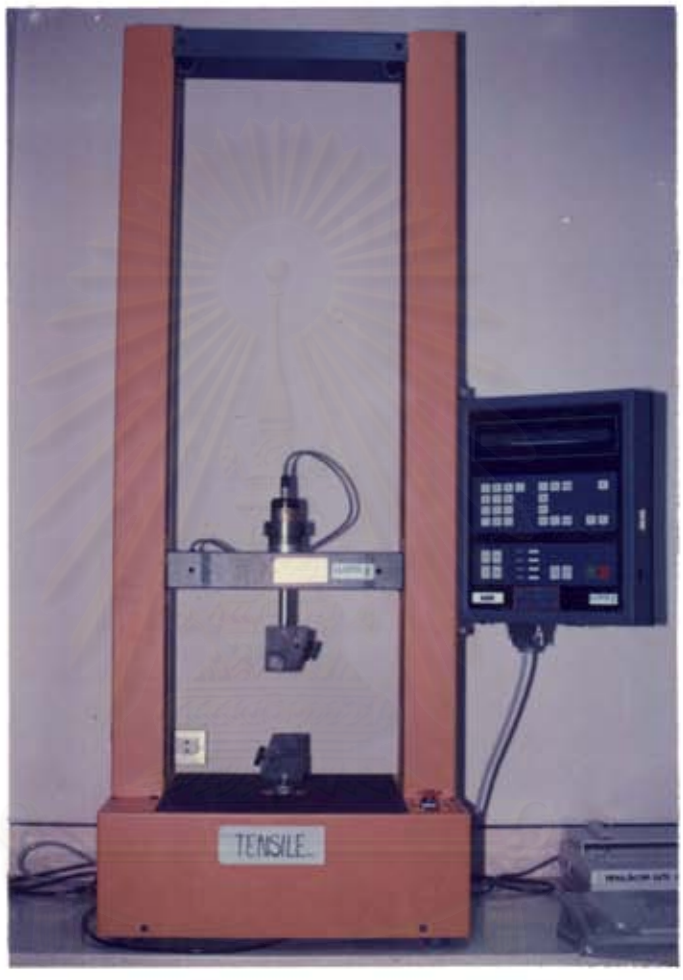
หน้าจอ มีค่าต่ำสุดสำหรับสารละลายสีที่ใช้ โดยใช้น้ำเป็น Reference Cell และสารละลายสีเป็น Sample Cell นำทั้งสอง Cell ไปใส่ใน Holder ของเครื่อง ปิดฝาครอบ

- ตั้งให้เครื่องอ่านค่า % T
- กดปุ่ม " GOTO λ "
- กำหนดค่าความยาวคลื่นและกดปุ่ม " DATA " อ่านค่า % T (ช่วงความยาวคลื่นที่ใช้ 270-700 nm.)
- เลือกความยาวคลื่นที่ให้ค่า % T ต่ำสุด เพื่อใช้ในการวัดสารละลายสีในครั้งต่อไป

3. ขั้นตอนการ Calibrate
   - ใช้น้ำเป็น Reference Cell และ Sample Cell ใส่ใน Holder
   - กดปุ่ม " GOTO λ " และ ใส่ค่าความยาวคลื่นที่เลือกแล้วจากข้อ 2 กดปุ่ม " ENTER " กดปุ่ม " DATA " และ กดปุ่ม " 100 % T "
   - เมื่อหน้าจอขึ้นตัวเลข 100 เครื่องอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานได้แล้ว
4. ขั้นตอนการวัด
   - ใส่สารละลายสีลงใน Sample Cell และใส่ลงใน Holder ปิดฝา
   - อ่านค่า % T บันทึกผล
5. เอา Sample Cell ออก ล้างด้วยน้ำกลั่น
6. ทำการทดลองตามข้อ 4 และ 5 โดยใช้สารละลายสีที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ตามต้องการเป็น Sample Cell จนครบทุกสารละลาย
7. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง เอา Reference Cell และ Sample Cell ออกจาก Holder
8. ปิดเครื่อง และถอดปลั๊ก

เครื่อง Microcomputer pH Meter

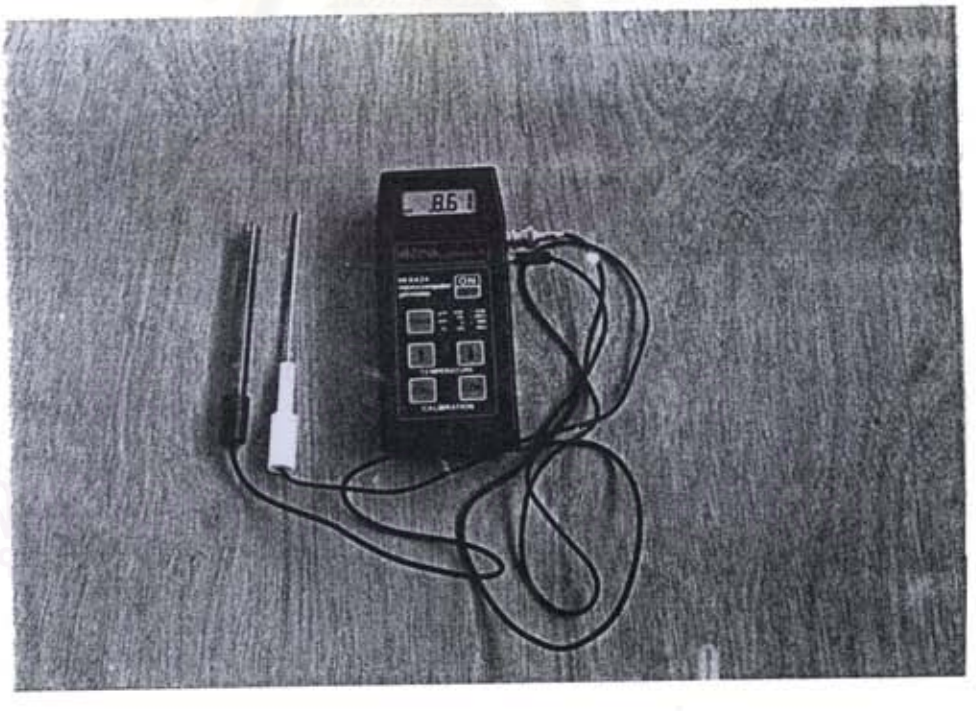
เป็นเครื่องมือสำหรับวัด pH ของสารละลาย โดยอ่านค่าเป็น mV , pH และวัดอุณหภูมิของสารละลายเป็นองศาเซลเซียส รุ่น HI 8424 ของบริษัท Hanna Instruments , Singapore



รูปที่ 3.1 เครื่องวัดความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.2 เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์



รูปที่ 3.3 เครื่อง MICROCOMPUTER pH METER

3.3 วิธีการทดลองและการทดสอบสมบัติต่าง ๆ

3.3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นไหมดิบทั้ง 3 พันธุ์

3.3.1.1 การศึกษาลักษณะภายนอกของเส้นไหม

เพื่อศึกษาลักษณะภายนอก โดยสังเกตเส้นใยแต่ละพันธุ์ด้วยสายตา เปรียบเทียบ

- สี
- ความนุ่มนวล / หยาบ หรือความแข็งของเส้นใย
- ความเงามัน
- ความสม่ำเสมอ

แล้วบันทึกผลที่สังเกตได้

3.3.1.2 การหาขนาดของเส้นไหมดิบ

เพื่อหาขนาดเส้นไหมดิบแต่ละพันธุ์ โดย

- ตัดเส้นไหมดิบให้มีความยาว 1.80 เมตร แล้วชั่งน้ำหนักเป็นกรัม บันทึกผล
- ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยตัดเส้นไหมจากไหมไจเดียวกัน
- ทำการทดลองซ้ำอีก สำหรับไหมอีก 2 ไจ

(สำหรับไหมแต่ละพันธุ์ เลือกทำการทดลองจากไหม 3 ไจ ไจละ 3 ตัวอย่าง)

- หาน้ำหนักเฉลี่ย และคำนวณขนาดของเส้นไหมดิบแต่ละพันธุ์ เป็นเดนเยอร์

3.3.1.3 การหาความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นไหมดิบ

เพื่อหาความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength) ของเส้นไหมดิบแต่ละพันธุ์ ในรูปนิวตันต่อเดนเยอร์ โดย

- ตัดเส้นไหมดิบยาวประมาณ 45 เซนติเมตร (ตัดจากเส้นไหมที่ใช้ในการทดลองที่ 3.3.1.2)
- นำมาทดสอบด้วยเครื่องวัดความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใย
- อ่านค่าเป็นนิวตัน บันทึกผล
- ทำการทดลองซ้ำอีกหลาย ๆ ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย
- คำนวณความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยในรูป นิวตันต่อเดนเยอร์

3.3.2. การศึกษาการสภาวะการลอกกาวไหมด้วยด่าง ของไหมทั้ง 3 พันธุ์

เพื่อหาสภาวะของการลอกกาวด้วยด่างที่เหมาะสมของไหมทั้ง 3 พันธุ์

สูตรที่ใช้ในการลอกกาวด้วยด่าง

Na_2CO_3	0.1 %	(o.w.f)
สบู่	0.2 %	(o.w.f)
น้ำกลั่น	50	เท่าของน้ำหนักไหมดิบที่ใช้
อุณหภูมิ	95-100	องศาเซลเซียส

การเตรียมเส้นไหมตัวอย่าง

1. เส้นไหมแต่ละตัวอย่างได้จากการกรอไหมเป็นไจเล็ก ด้วยเครื่องกรอขนาดเส้นรอบวง 112.5 เซนติเมตร จำนวน 100-150 รอบ เพื่อให้ได้ไหมแต่ละตัวอย่างน้ำหนักประมาณ 1.5-3 กรัม และพันเส้นไหมให้อยู่ในลักษณะเข็ดไหม

2. อบเส้นไหมตัวอย่าง โดยเตาอบที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำออกจากเตาอบปล่อยให้เย็นใน dessicator

3. ชั่งน้ำหนักของเส้นไหมแต่ละตัวอย่าง บันทึกน้ำหนักไหมเป็นกรัม

4. คลายเส้นไหมจากเข็ดไหมเป็นไจไหม และคลี่เส้นไหมตรงที่เป็นเชือกผูกคั่นไจ ให้เส้นไหมกระจายออกอย่างหลวม ทำให้ไจไหมอยู่ในลักษณะเป็นวงกลมเล็กซ้อนกัน 2 วง ใช้ด้ายคล้องเส้นไหมไว้อย่างหลวม ใส่เส้นไหมตัวอย่างลงในถุงผ้าฝ้าย โดยให้เส้นไหมกระจายตัวออกและไม่รวมกันแน่น เพื่อให้ลอกกาวได้สม่ำเสมอ แล้วเก็บไว้สำหรับลอกกาวในขั้นต่อไป

ขั้นตอนในการลอกกาวด้วยด่าง

1. นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ตามจำนวนที่ต้องการ หาน้ำหนักรวมของเส้นไหมตัวอย่างทั้งหมดเป็นกรัม บันทึกผล

2. คำนวณหาปริมาณสารเคมีด่าง ๆ ที่จะใช้ตามสูตรการลอกกาว และเตรียมสารเคมีตามสูตร

3. เตรียมน้ำใส่หม้อสเตนเลส ให้ความร้อนด้วย Hot Plate กวนน้ำด้วย Magnetic Stirrer ตลอดเวลาจนน้ำร้อน

4. ใส่สารเคมีที่เตรียมไว้ลงในน้ำร้อน กวนให้สารละลายเข้ากันหมด แล้วให้ความร้อนต่อไปจนอุณหภูมิถึง 95 °C

5. นำตัวอย่างไหมที่เตรียมไว้ใส่ลงหม้อต้ม จับเวลาตั้งแต่เริ่มใส่ตัวอย่าง

6. ขณะทำการลอกกาวต้องควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 93-96 °C และคอยกวนน้ำเป็นระยะ เพื่อให้การลอกกาวเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

7. จับเวลาขณะทำการลอกกาว และนำถุงไหมขึ้นจากหม้อต้มเมื่อถึงเวลาที่ต้องการ* (และรีดน้ำกาวไหมออกจากเส้นไหมให้มากที่สุด)

8. เอาไหมขึ้นจากหม้อต้ม แล้วนำออกจากถุงผ้า ล้างด้วยน้ำร้อนจัด 1 ครั้ง น้ำเย็น 1 ครั้ง และน้ำอุ่น 1 ครั้ง ตามลำดับ เมื่อเสร็จแล้วให้นำไหมขึ้นและรีดน้ำออกจากเส้นไหม

9. กระตุกเส้นไหมให้เรียบ และให้เส้นไหมเรียงตัว ผึ่งให้แห้ง

10. นำเส้นไหมที่แห้ง อบในเตาอบ ที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นใน Dessicator

11. นำตัวอย่างไหมที่ลอกกาวแล้วจาก Dessicator ไปชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด บันทึกน้ำหนักที่อ่านได้เป็นกรัม

12. คำนวณหาน้ำหนักของไหมที่หายไป (น้ำหนักของไหมก่อนการลอกกาว - น้ำหนักไหมหลังการลอกกาว) นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาน้ำหนักที่หายไปเป็นร้อยละ เทียบกับน้ำหนักของไหมก่อนการลอกกาว บันทึกผลที่คำนวณได้ ปริมาณของน้ำหนักไหมที่หายไปเป็นร้อยละคือ เปอร์เซ็นต์ของการลอกกาว

13. เก็บเส้นไหมตัวอย่างที่ผ่านการลอกกาวไว้สำหรับการทดลองขั้นต่อไป

* <u>หมายเหตุ</u> เวลาที่ทำการลอกกาวจะแตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ลอกได้ในแต่ละเวลา ของไหมทั้ง 3 พันธุ์

<u>รูปที่ 3.4</u> อุปกรณ์ที่ใช้ในการลอกกาวไหม

3.3.2.1 การหาความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นไหมหลังลอกกาว

เพื่อหาความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile Strength) หลังการลอกกาวของไหมแต่ละพันธุ์ ในรูปของนิวตันต่อเดนเยอร์ โดย

- ทำการวัดเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.3.1.3

3.3.3. <u>การย้อมสี</u> (Dyeing)

ศึกษาความสามารถในการย้อมติดสีของไหมทั้ง 3 พันธุ์

การเตรียมเส้นไหมสำหรับการย้อมสี

เส้นไหมตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

1. เส้นไหมไทย ผ่านการลอกกาวด้วยด่างเป็นเวลา 60 นาที
2. เส้นไหมญี่ปุ่น (Mori Silk) ผ่านการลอกกาวด้วยด่างเป็นเวลา 60 นาที
3. เส้นไหมป่า (Tusser Silk) ผ่านการลอกกาวด้วยด่างเป็นเวลา 90 นาที

- ชั่งน้ำหนักของเส้นไหมตัวอย่าง บันทึกผลเป็นกรัม
- คลี่ และคลายเส้นไหม เพื่อให้เส้นหมเรียงตัว และกระจายตัวอย่างหลวม แล้วคล้องเส้นไหมใส่ห่วงลวดที่หุ้มด้วยพลาสติก
- เก็บไว้เพื่อนำไปย้อม

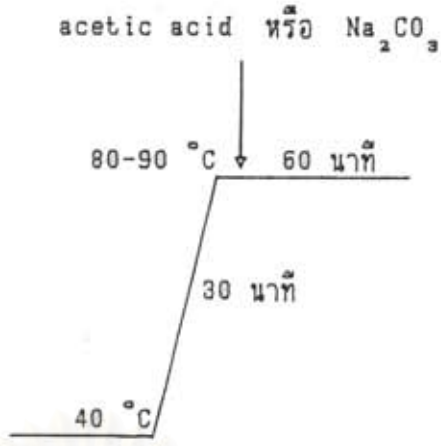
สูตรที่ใช้ในการย้อม

1. สภาวะการย้อมเป็นกลาง (Neutral Dyeing)

สีแอสิด	1.5 %	(o.w.f)
โซเดียมคาร์บอเนต	10 %	(o.w.f)
น้ำกลั่น	50	เท่าของน้ำหนักไหมทั้งหมด

2. สภาวะการย้อมเป็นกรด (Acid Dyeing)

สีแอสิด	1.5 %	(o.w.f)
กรดอะซีติค	6 %	(o.w.f)
น้ำกลั่น	50	เท่าของน้ำหนักไหมทั้งหมด



ขั้นตอนในการย้อมสี

1. คำนวณน้ำหนักของสารเคมีที่ใช้สำหรับไหมแต่ละตัวอย่าง และชั่งน้ำหนักสีใส่ในบีกเกอร์
2. ละลายสีด้วยน้ำกลั่น ปริมาตรเท่ากับที่คำนวณได้
3. นำไหมตัวอย่าง แช่ในน้ำกลั่นให้เปียกน้ำสม่ำเสมอกัน บิดให้หมาด กระตุกให้เส้นไหมเรียงเส้นให้ดีก่อนลงย้อม
4. นำเส้นไหมที่เปียก ลงย้อมในสารละลายสีในบีกเกอร์ที่อุณหภูมิห้อง กลับไหมไปมาเพื่อให้ติดสีสม่ำเสมอ
5. นำบีกเกอร์ของน้ำย้อมใส่ใน Ethylene Glycol Bath ที่มีอุณหภูมิประมาณ 40 °C เริ่มจับเวลาตั้งแต่ใส่บีกเกอร์น้ำย้อมลงใน Bath ย้อมต่อไปโดยเร่งอุณหภูมิให้สูงขึ้นจนกระทั่งน้ำย้อมมีอุณหภูมิประมาณ 80-90 °C ภายใน 30 นาที
6. เมื่ออุณหภูมิประมาณ 80-90 °C ยกตัวอย่างไหมออกจากน้ำย้อม

   ก. ในกรณีสภาวะเป็นกลาง เติมโซเดียมคาร์บอเนตตามน้ำหนักที่ได้จากการคำนวณ

   ข. ในกรณีสภาวะเป็นกรด เติมกรดอะซิติค ตามปริมาตรที่ได้จากการคำนวณ

   คนสารละลายสีให้เข้ากัน และวัดค่า pH ในรูปของ mV บันทึกผล (คำนวณค่า pH จากกราฟมาตรฐาน pH/mV)

   ใส่ไหมกลับลงไปในบีกเกอร์และเริ่มจับเวลาย้อมต่อไปอีก 1 ชั่วโมง
7. เมื่อครบกำหนดเวลา 1 ชั่วโมง ยกบีกเกอร์ออกจาก Bath ทิ้งไว้ให้เย็น

   - เริ่มการเตรียมสารละลายสีหลังจากย้อมสำหรับนำไปทดสอบด้วยสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของแสงที่ผ่านออกจากสารละลายสีที่เหลือ

โดย เทสารละลายของสีหลังการย้อมลงในขวดวัดปริมาตร * จากนั้นใช้น้ำกลั่นล้างไหมให้สะอาดเทลงไปรวมกัน และเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรตามต้องการ เก็บสารละลายของสีไว้สำหรับทดสอบต่อไป

- นำไหมไปผึ่งให้แห้ง

* หมายเหตุ ขนาดของขวดวัดปริมาตรที่ใช้ขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้นของสีหลังการย้อม เพื่อให้เหมาะสมที่จะนำไปใช้วัดค่า % Transmittance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer

รูปที่ 3.5 BATH ที่ใช้ในการย้อมสีไหม

3.3.3.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน

กราฟมาตรฐานระหว่าง pH กับ mV

มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมสาร

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน ความเข้มข้น 0.01 โมลต่อลิตร
- สารละลายรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.01 , 0.001 , 0.0001 โมลต่อลิตร
- สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของเอธานอล

2. ไตเตรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนของกรด ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ สังเกตจุดยุติจากการเปลี่ยนสีจากสารละลายไม่มีสี เป็นสารละลายสีชมพู อ่านค่าปริมาตรต่างที่ใช้ บันทึกผล และคำนวณความเข้มข้นของกรดที่แน่นอน

3. คำนวณ pH จากความเข้มข้นของกรดที่ได้

4. นำกรดที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนมาวัดค่าในรูป มิลลิโวลท์ ด้วย pH

Meter บันทึกผล

5. นำค่า pH ที่ได้จากการคำนวณในข้อ 3 และค่ามิลลิโวลท์ ในข้อ 4 มาสร้างกราฟมาตรฐาน

3.3.3.2 การวัด pH ขณะย้อมและหลังการย้อมในสภาวะที่เป็นกรด

- ทำการวัด pH ขณะทำการย้อมไหมตัวอย่างหลังจากเติมกรดอะซิติค ลงในสีย้อมแล้ว บันทึกผลเป็น mV
- ทำการวัด pH หลังทำการย้อมไหมตัวอย่างครบตามเวลา บันทึกผลเป็น mV

3.3.3.3 การสร้างกราฟมาตรฐานระหว่าง Optical Density กับ ความเข้มข้นของสารละลายสี

ทำการทดลองหาความสามารถในการให้แสงผ่าน (Transmittance) ของสารละลายสี ณ ความเข้มข้นของสารละลายสีต่าง ๆ ด้วยสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน

วิธีการทดลองมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ปรับเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ให้พร้อมที่จะทำการทดลอง ตามวิธีการใช้เครื่องที่ชี้แจงไว้ข้างต้น

2. เตรียมสารละลายสีที่มีความเข้มข้น 0.005 , 0.01 , 0.02 , 0.03 , 0.04 และ 0.05 กรัมต่อลิตร

3. นำสารละลายสีในข้อ 2. มาหาความยาวคลื่นที่ทำให้ความสามารถในการให้แสงผ่าน (% T) ของสารละลายสีมีน้อยที่สุด ด้วยสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ บันทึกค่าความยาวคลื่นนี้ไว้

4. ปรับความยาวคลื่นของสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ให้เท่ากับ ความยาวคลื่นในข้อ 3.

5. นำสารละลายสีในข้อ 2. มาหา % T ณ ความเข้มข้นต่าง ๆ ทุกตัว บันทึกผล

6. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่าง ความเข้มข้นของสารละลายสี (กรัมต่อลิตร) กับ Optical Density ของสารละลายสี

3.3.3.4 การย้อมสีเส้นไหม

ทำการย้อมสีเส้นไหมเพื่อหาปริมาณของสีที่ถูกดูดติดโดยเส้นไหม และศึกษาลักษณะการย้อมติดสีของเส้นไหมแต่ละพันธุ์

ทำการย้อมสีเส้นไหมตัวอย่างที่เตรียมไว้ตามสูตร และขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทุกอย่าง จากนั้นจึงนำสารละลายที่ได้หลังการย้อมสี ซึ่งเตรียมไว้สำหรับทดสอบด้วยสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ มาวัดหา % T ของสารละลาย บันทึกผลไว้ แล้วนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาปริมาณของสี ที่ถูกดูดติดโดยเส้นไหม และสังเกตลักษณะภายนอกของการย้อมติดสีของเส้นไหมแต่ละพันธุ์ บันทึกผล

3.3.4. การทดสอบคุณสมบัติของไหมทั้ง 3 พันธุ์

การละลายเส้นไหมด้วย Saturated Lithium Bromide

3.3.4.1 การละลายเส้นไหม ที่ไม่ได้ผ่าน Acid Treatment

เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของ Salt Bridge ของไหมทั้ง 3 พันธุ์ โดยดูจากการละลาย เมื่อใช้ Saturated LiBr เป็นตัวทำละลาย

การเตรียมสารละลาย Saturated LiBr

- ละลาย LiBr ลงในน้ำ จนกว่าค่าความถ่วงจำเพาะเป็น 1.47 วัดโดย Hydrometer

ขั้นตอนการละลายไหม

1. นำไหมที่ผ่านการลอกกาวแล้ว อบที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นใน Dessicator
2. ชั่งไหมให้ได้น้ำหนัก 0.25 , 0.5 , 1.25 , 3.5 และ 5 กรัม
3. นำไหมไปละลายใน Saturated LiBr 15 cc. ที่อุณหภูมิ 80 °C
4. สังเกตการละลายของไหมแต่ละพันธุ์

3.3.4.2 การละลายไหม ที่ผ่าน Acid Treatment

เพื่อเปรียบเทียบการละลายของไหมป่า (Tusser) ที่ไม่ได้ผ่านและผ่าน Acid Treatment

สูตรที่ใช้ทำ Acid Treatment

กรดอะซิติคเข้มข้น	10 %	(o.w.f)
น้ำกลั่น	50	เท่าของน้ำหนักไหม
อุณหภูมิ	80-90	°C
เวลา	2	ชั่วโมง

ขั้นตอนการทำ Acid Treatment

1. ชั่งน้ำหนักไหม และคำนวณสารเคมีที่ต้องใช้
2. ทำสารละลายกรดอะซิติคให้มีอุณหภูมิ 80-90 °C แล้วใส่ไหม เริ่มจับเวลา
3. เมื่อครบ 2 ชั่วโมง นำไหมมาล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้ง และอบที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ขั้นตอนการละลายด้วย LiBr

1. ชั่งน้ำหนักไหมที่ไม่ได้ผ่าน และผ่าน Acid Treatment ให้มีน้ำหนักประมาณ 0.25 กรัม
2. ละลายไหมด้วยสารละลาย LiBr 15 cc. ที่อุณหภูมิ 40 °C 6 ชั่วโมง
3. ล้างไหมให้สะอาดด้วยน้ำ ผึ่งให้แห้ง และอบที่อุณหภูมิ 90 °C 2 ชั่วโมง
4. ชั่งน้ำหนักไหม และคำนวณเปอร์เซ็นต์การละลาย

รูปที่ 3.6 HYDROMETER

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นไหมดิบทั้ง 3 พันธุ์

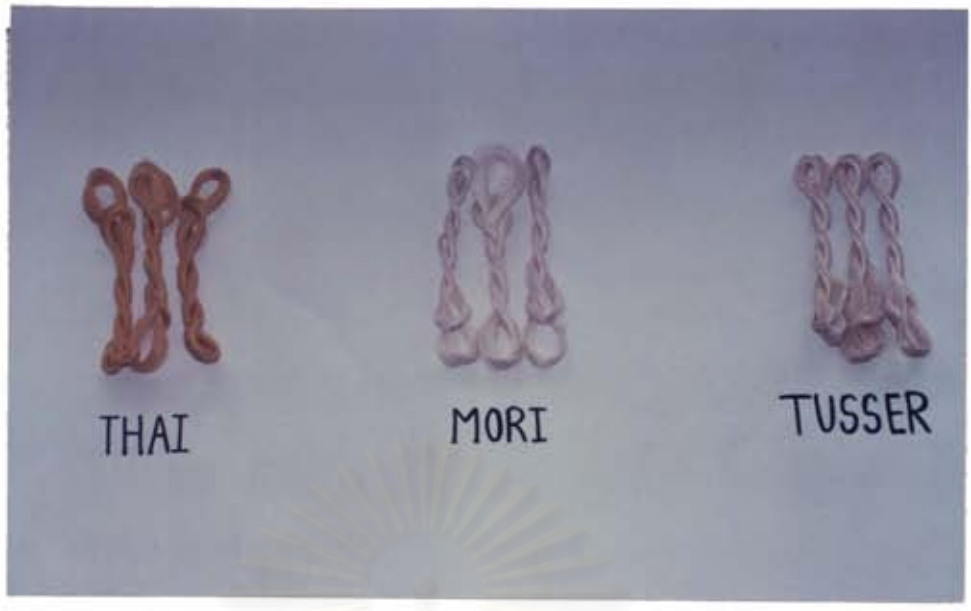
4.1.1 ผลการศึกษาลักษณะภายนอกของเส้นไหม

จากการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นไหมดิบที่ใช้ทั้งสามชนิดพบว่า ไหมไทยและไหมป่า มีลักษณะค่อนข้างหยาบและความสม่ำเสมอมีน้อย เมื่อเทียบกับไหมญี่ปุ่นซึ่งเส้นใยมีความละเอียดและความสม่ำเสมอมากกว่า ซึ่งลักษณะที่ปรากฏนี้เป็นไปตามสภาพการดำรงชีวิตและลักษณะเฉพาะของไหมแต่ละพันธุ์ ดังได้รวบรวมลักษณะที่สังเกตได้ในตารางที่ 4.1 แสดงในรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นไหมดิบ

พันธุ์	ลักษณะที่สังเกตได้
ไหมไทย	เส้นไหมมีขนาดใหญ่สีเหลือง ความสม่ำเสมอของเส้นใยน้อย ความเงามันค่อนข้างต่ำ เส้นใยหยาบ มีสีที่ไม่สม่ำเสมอ
ไหมญี่ปุ่น (MORI)	เส้นไหมมีขนาดเล็ก สีขาวนวล ความสม่ำเสมอของเส้นใยสูง ความเงามันปานกลาง เส้นใยละเอียด มีสีที่สม่ำเสมอ
ไหมป่า (TUSSER)	เส้นไหมมีขนาดใหญ่ สีครีมอมน้ำตาล ความสม่ำเสมอของเส้นใยน้อย ความเงามันสูง เส้นใยหยาบ มีสีที่สม่ำเสมอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของเส้นไหม

4.1.2 ผลการหาขนาดของเส้นไหมและความทนทานต่อแรงดึงของเส้นไหม

จากการทดลอง เพื่อศึกษาขนาดและความทนทานต่อแรงดึงของเส้นไหมที่ใช้ทั้งสามพันธุ์ จากตารางที่ 4.2 จะพบว่า ไหมไทยและไหมญี่ปุ่นมีขนาดใกล้เคียงกันเนื่องจากสภาวะแวดล้อมในการดำรงชีวิตของหนอนไหมมีลักษณะคล้ายกัน และไหมทั้งสองชนิดนี้เป็นไหมพันธุ์ Bombyx Mori ส่วนไหมป่าซึ่งเป็นพันธุ์ Antheraea pernyi นั้นมีสภาพการดำรงชีวิตแตกต่างออกไป จึงมีผลทำให้ขนาดของเส้นไหมต่างจากไหมไทยและไหมญี่ปุ่นและผลการทดลองความทนทานต่อแรงดึงของไหมทั้งสามพันธุ์ พบว่ามีความทนทานต่อแรงดึงใกล้เคียงกันแสดงว่าไหมทั้งสามพันธุ์มีความแข็งแรงใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.2 ขนาดและความทนทานต่อแรงดึงของเส้นไหม

พันธุ์	น้ำหนักไหม(กรัม)/180ซม	เดนเยอร์	ความทนทานต่อแรงดึง (นิวตัน/เดนเยอร์)
ไหมไทย	0.0316	158.0	0.0309
ไหมญี่ปุ่น(MORI)	0.0317	158.5	0.0368
ไหมป่า(TUSSER)	0.0369	184.5	0.0310

4.2 ผลการศึกษาสภาวะการลอกกาวไหมด้วยด่าง ของไหมทั้ง 3 พันธุ์

4.2.1 ผลการศึกษาสภาวะการลอกกาวไหมด้วยด่าง

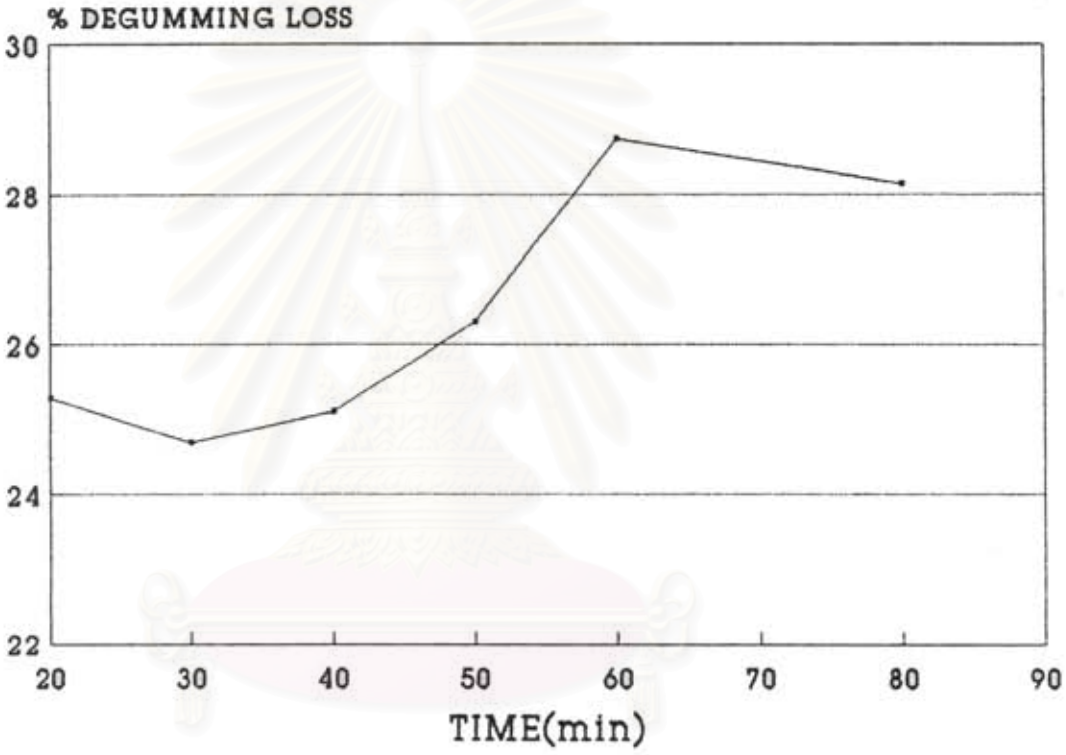
ในการทดลองนี้เลือกใช้สภาวะด่างในการลอกกาว เนราะผลที่ได้จากศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการลอกกาวไหม * คือ การลอกกาวไหมด้วยด่าง

สิ่งที่จะนำมาพิจารณาประกอบกันในการเลือกสภาวะที่เหมาะสมคือ ประสิทธิภาพการลอกกาว (% Degumming Loss) และการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของเส้นไหม จากการทดลองพบว่า ไหมทั้ง 3 พันธุ์มีประสิทธิภาพในการลอกกาวเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการลอกกาว ดังแสดงในกราฟรูป 4.2-4.4

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการลอกกาว พบว่าไหมทั้ง 3 พันธุ์มีช่วงเวลาที่ให้ประสิทธิภาพการลอกกาวที่มากที่สุดต่างกัน คือ ไหมไทยและไหมญี่ปุ่นอยู่ในช่วง 50-80 นาที ไหมป่าอยู่ในช่วง 80-100 นาที และจากเวลาการลอกกาวที่ให้ประสิทธิภาพการลอกกาวสูงสุดนี้ จะพิจารณาความทนทานต่อแรงดึงของเส้นไหมทั้ง 3 พันธุ์ในขั้นต่อไป

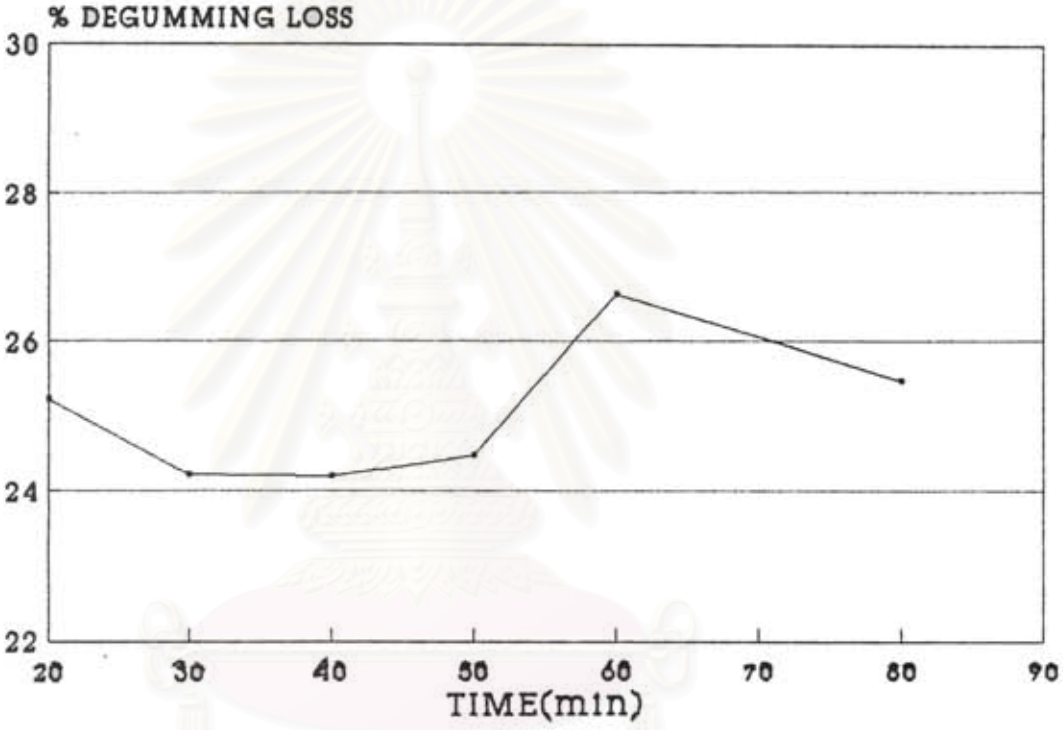
* หมายเหตุ จาก Senior Project เรื่องการปรับปรุงการลอกกาวสำหรับไหมโดย นาย พิเชียร เดชเดโช และ นางสาว นิรมล วิลามาศ ปีการศึกษา 2532

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

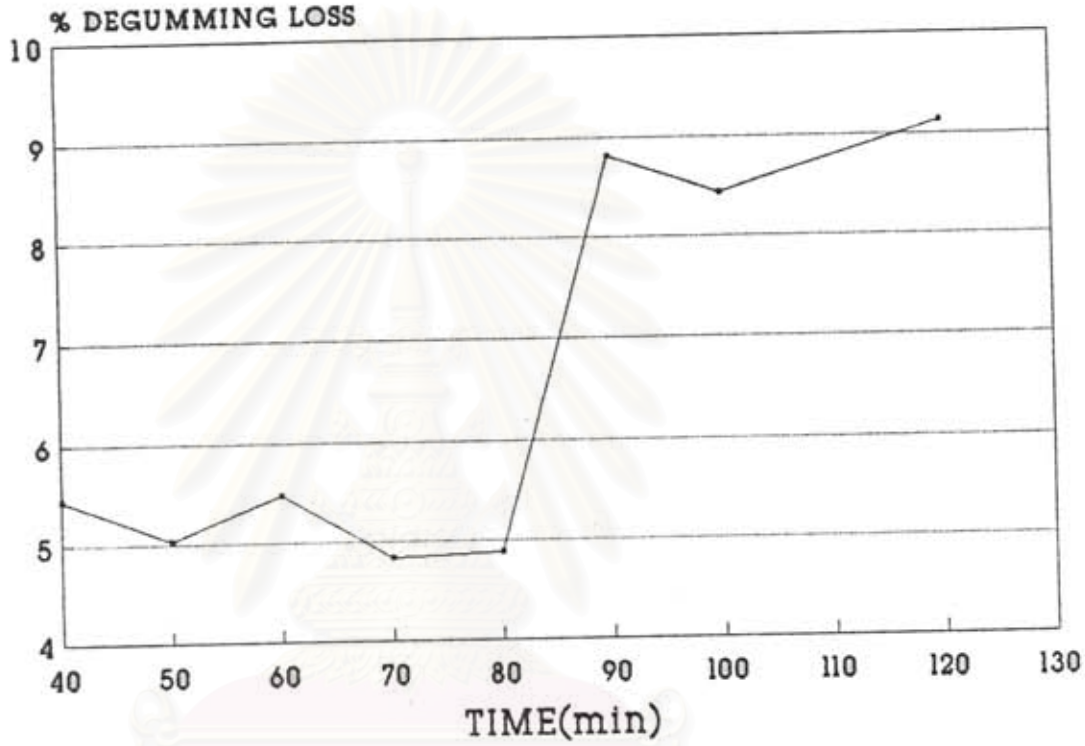


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การลอกกาวกับเวลาของการลอกกาว ด้วยด่างของไหมไทย



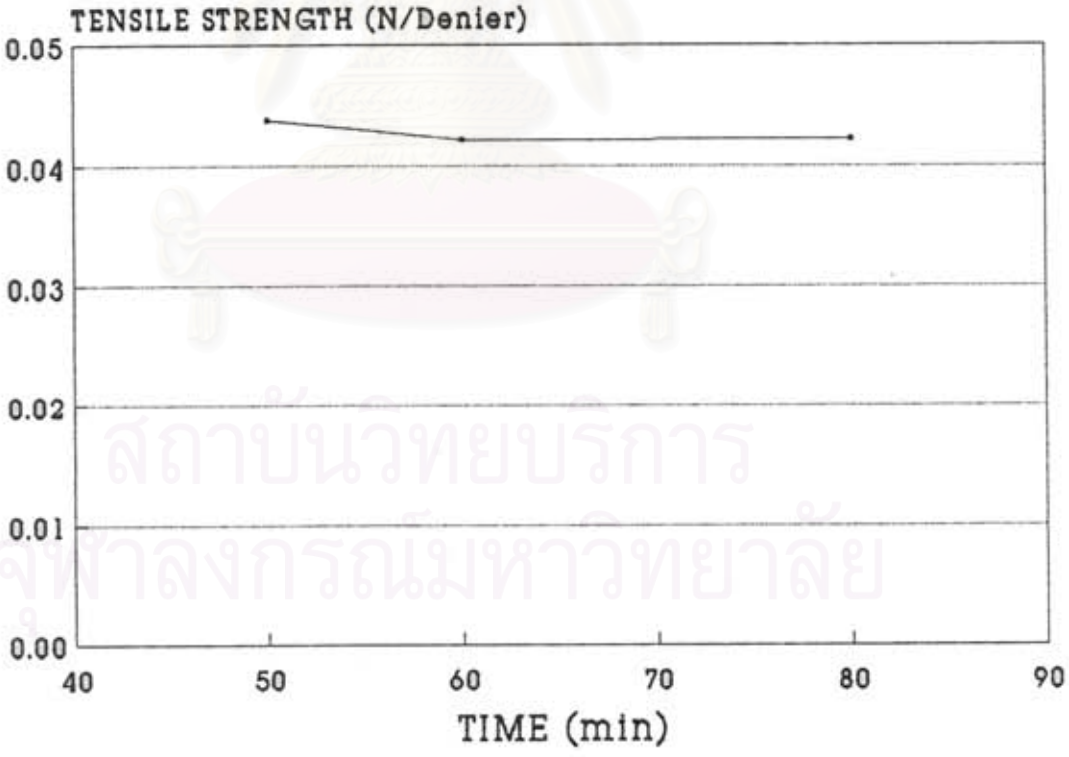
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การลอกกาวกับเวลาของการลอกกาว ด้วยด่างของไหมญี่ปุ่น(MORI)



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การลอกกาวกับเวลาของการลอกกาว ด้วยด่างของไหมป่า(TUSSER)

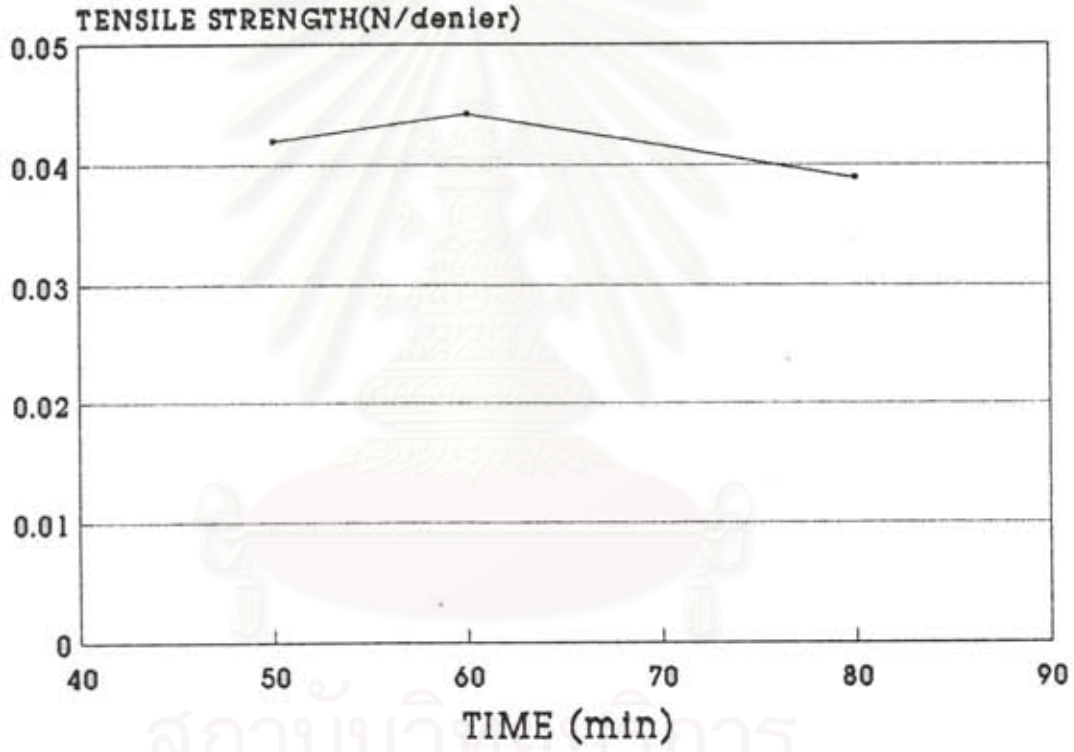
4.2.2 ผลการหาความทนทานต่อแรงดึงของเส้นไหมหลังลอกกาวด้วยด่าง

ผลการทดลองหาความทนทานต่อแรงดึงของเส้นไหมที่ผ่านการลอกกาวในช่วงเวลาที่ให้ประสิทธิภาพในการลอกกาวสูงสุด พบว่าความทนทานต่อแรงดึงในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ในไหมแต่ละพันธุ์ (เห็นได้จากรูปที่ 4.5-4.7) ดังนั้นจึงพิจารณาเวลาที่เหมาะสมในการลอกกาวจากประสิทธิภาพของการลอกกาวสูงสุด



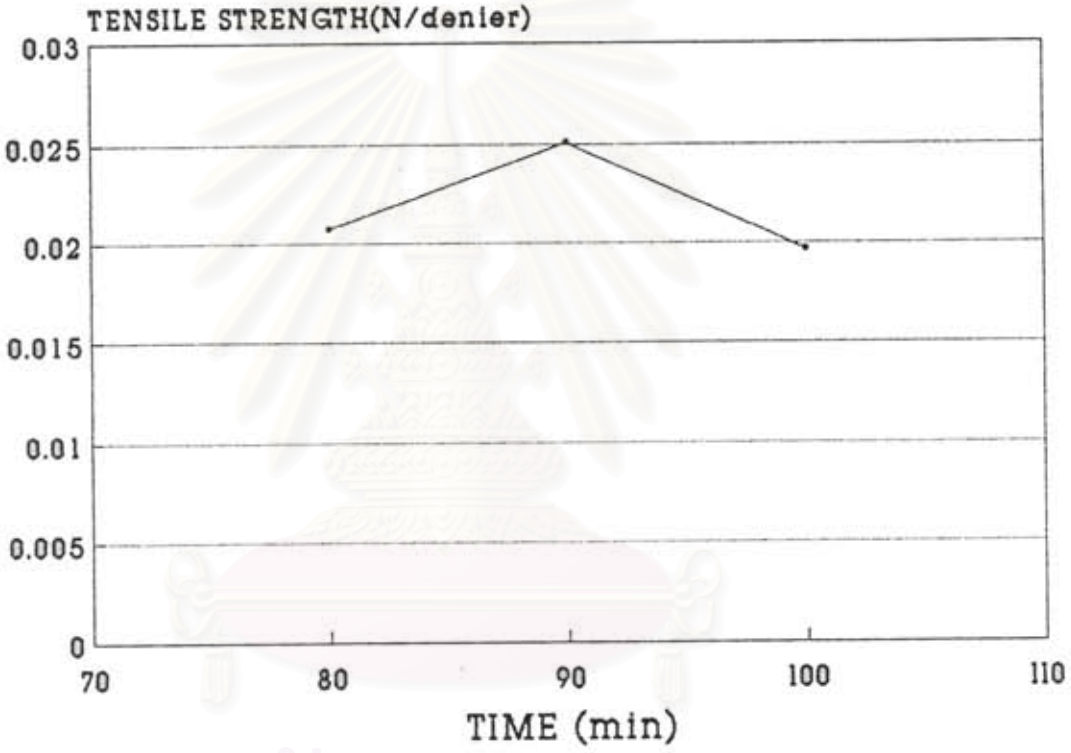
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนทานต่อแรงดึงกับเวลาที่ใช้ในการลอกกาวของไหมไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนทานต่อแรงดึงกับเวลาที่ใช้ในการลอกกาวของไหมญี่ปุ่น (MORI)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนทานต่อแรงดึงกับเวลาที่ใช้ในการลอกกาวของไหมป่า (TUSSER)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3 สมบัติทางกายภาพของเส้นไหมหลังลอกกาว

ผลจากทดลองศึกษาลักษณะภายนอกของเส้นไหมหลังการลอกกาวด้วยด่าง พบว่าไหมไทยและไหมญี่ปุ่นจะมีลักษณะอ่อนนุ่มและเงามันสวยงาม ส่วนไหมป่านั้นมีลักษณะเปื่อยยุ่ยและเงามันต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากประสิทธิภาพของการลอกกาวด้วยด่างของไหมไทยและไหมญี่ปุ่นนั้นสูงกว่าไหมป่า ซึ่งก็คงสืบเนื่องมาจากคุณสมบัติของไหมป่ามีความว่องไวต่อสารเคมีต่ำ และมีลักษณะหยาบไม่สม่ำเสมอ

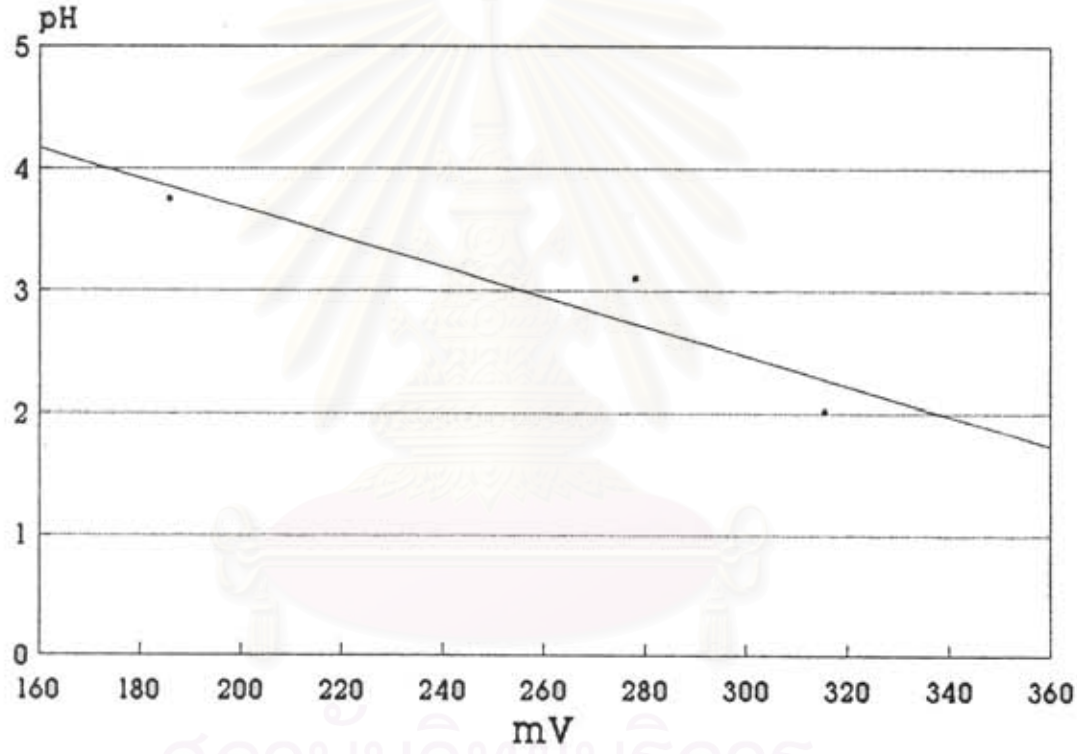
ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นไหมหลังลอกกาว

พันธุ์	ลักษณะที่สังเกตได้
ไหมไทย	เส้นไหมมีสีเหลืองน้อยลง ความเงามันเพิ่มขึ้น
ไหมญี่ปุ่น(MORI)	เส้นไหมมีสีขาว เงามัน
ไหมป่า(TUSSER)	เส้นไหมมีลักษณะยุ่ย ความเงามันลดลง

รูปที่ 4.8 ลักษณะทางกายภาพของเส้นไหมหลังการลอกกาว

4.3 การสร้างกราฟมาตรฐานระหว่าง pH กับ mv

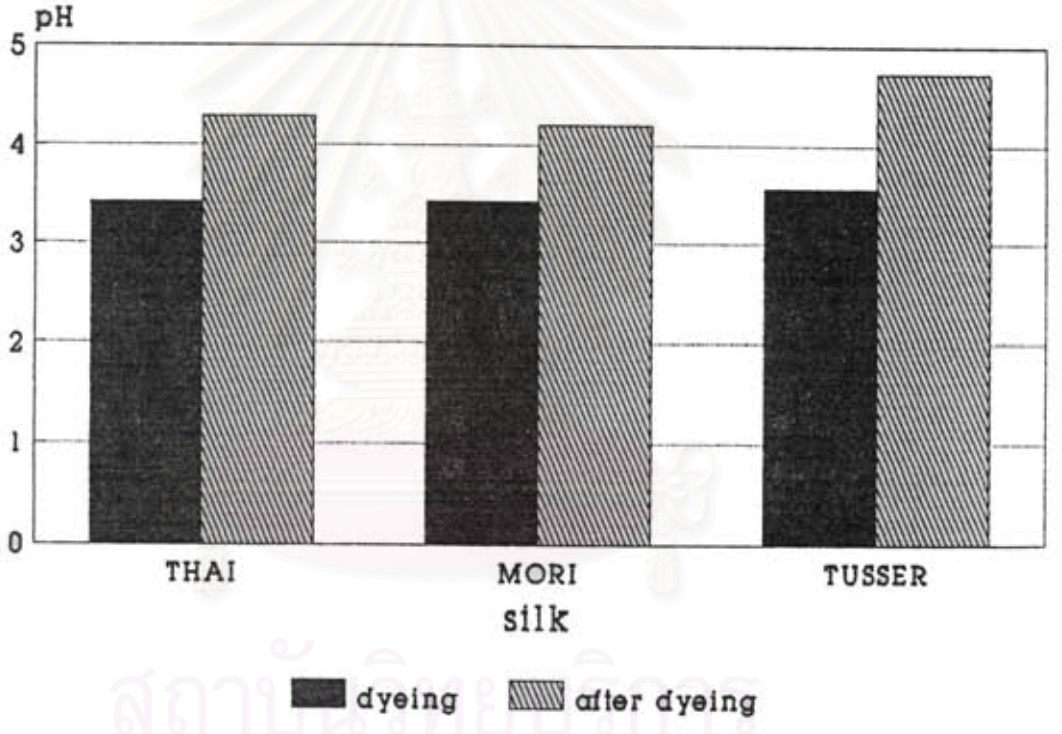


รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับ mv

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

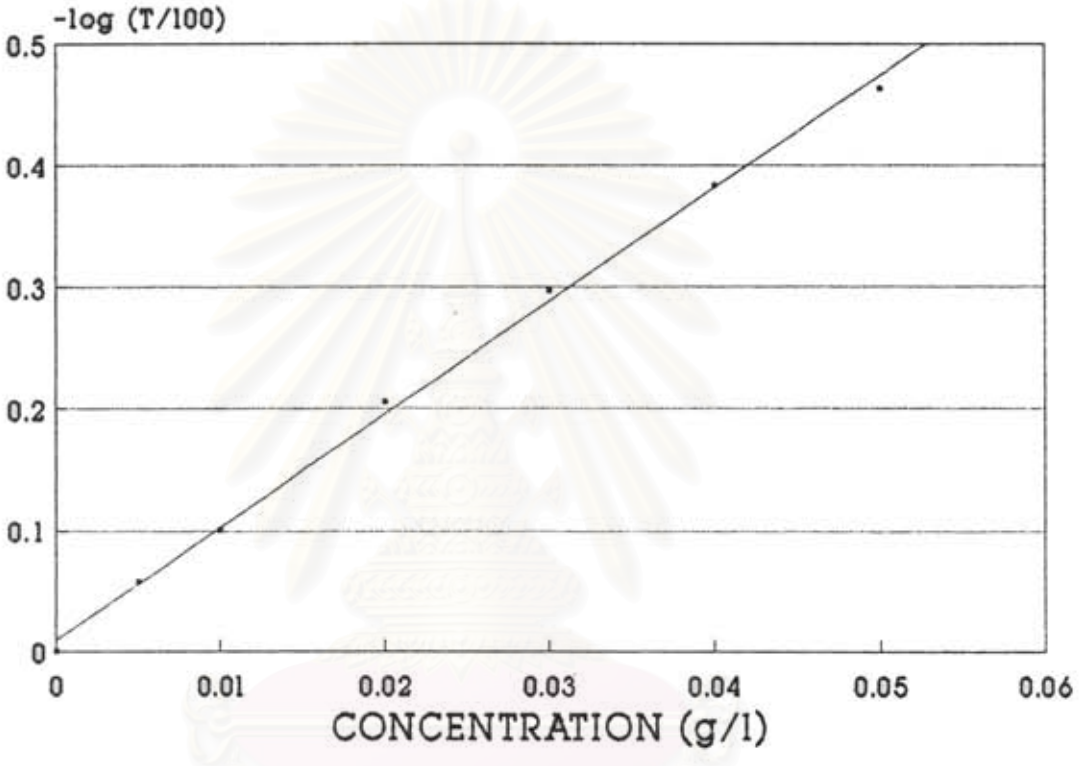
4.4 ผลการวัด pH ขณะย้อมและหลังย้อมในสภาวะกรด

จากราฟรูปที่ 4.10 จะสังเกตได้ว่า pH หลังการย้อมจะเพิ่มขึ้นในไหมทั้งสามชนิดซึ่งก็คงเนื่องมาจากมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณ H^+ ของกรดในสารละลาย โดยโปรตอนเข้าไปทำปฏิกิริยากับเส้นใย ทำให้ปริมาณประจุบวกในเส้นใยมีมากขึ้น จึงเกิดพันธะยึดเหนี่ยวกับ anion ของสีย้อมได้ดี ทำให้ปริมาณโปรตอนในสารละลายน้อยลง เป็นผลให้ pH ของสารละลายจึงเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.10 pH ขณะย้อมและหลังย้อมในสภาวะกรดของไหมทั้ง 3 พันธุ์

4.5 การสร้างกราฟมาตรฐานระหว่าง optical density กับ ความเข้มข้นของสารละลายสี



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง optical density ของสารละลายสี
กับ ความเข้มข้นของสารละลายสี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 ผลการย้อมสีและคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นไหมหลังการย้อม

4.6.1 การย้อมสี

จากผลการทดลองการย้อมติดสีของไหมทั้ง 3 พันธุ์ จะได้ว่าในสภาวะที่เป็นกรดจะสามารถติดสีได้ดีกว่าในสภาวะที่เป็นกลาง ดังสังเกตได้จาก % color yield ในตารางที่ 4.4-4.9 ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะค่า pH ของ dyeing bath ในสภาวะที่เป็นกรดมีค่าใกล้เคียงกับค่า Isoelectric point ของไหม :

- ไหมไทยและไหมญี่ปุ่น pH 3.8
- ไหมป่า (TUSSER) pH 3.4

ในสภาวะที่เป็นกรด ไหมไทยและไหมญี่ปุ่นติดสีได้ใกล้เคียงกัน แต่ไหมป่า (TUSSER) ติดสีได้น้อยที่สุด อาจเนื่องจากข้อสังเกตดังต่อไปนี้

1. Isoelectric Point : ถ้า pH ของ dyeing bath ต่ำกว่า Isoelectric Point จะเป็นสภาวะที่ไหมติดสีดี จากการทดลอง pH ขณะย้อมของไหมไทยเป็น 3.42 ไหมญี่ปุ่นเป็น 3.43 และไหมป่า (TUSSER) เป็น 3.57 จะเห็นว่า pH ขณะย้อมของไหมไทยและไหมญี่ปุ่นต่ำกว่า Isoelectric Point ทำให้สามารถติดสีได้ดี ส่วน pH ขณะย้อมของไหมป่า (TUSSER) มีค่าสูงกว่า Isoelectric Point ทำให้ติดสีได้ไม่ดีเท่า

2. ปริมาณ Polar Amino Acid ใน fibroin

	THAI	MORI	TUSSER
Acidic Amino Acid	3.50	3.88	9.97
Basic Amino Acid	0.88	1.21	5.92
Total	4.38	5.09	15.89

ปริมาณ Polar Amino Acid เป็นส่วนที่ทำปฏิกิริยากับสีย้อม และจากผลการวิจัยข้างต้นปริมาณ Amino Acid ของไหมไทย และไหมญี่ปุ่น มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ประสิทธิภาพการติดสีเท่า ๆ กัน ถึงแม้ว่าไหมป่า (TUSSER) จะมี amino acid มาก แต่ประสิทธิภาพการรับสีย้อมไม่ดีอาจเนื่องมาจาก ประสิทธิภาพในการลอกกาวต่ำและปริมาณสิ่งเจือปนในไหมสูง

ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมไทยในสภาวะเป็นกลาง

ตัวอย่าง	น้ำหนักไหม	น้ำหนักผงสี	% color yield
1	1.7310	0.0260	19.04
2	1.5905	0.0238	23.07
3	1.4215	0.0213	22.11

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมญี่ปุ่น(MORI)ในสภาวะเป็นกลาง

ตัวอย่าง	น้ำหนักไหม	น้ำหนักผงสี	% color yield
1	1.1987	0.0180	25.39
2	1.6334	0.0245	25.39
3	1.4902	0.0224	35.94

ตารางที่ 4.6 ความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมป่า(TUSSER)ในสภาวะเป็นกลาง

ตัวอย่าง	น้ำหนักไหม	น้ำหนักผงสี	% color yield
1	1.6664	0.0250	14.92
2	1.3340	0.0200	14.55
3	2.2696	0.0340	10.03

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมไทยในสภาวะเป็นกรด

ตัวอย่าง	น้ำหนักไหม	น้ำหนักผงสี	% color yield
1	1.4126	0.0212	97.45
2	1.4407	0.0216	92.92
3	1.7739	0.0266	91.16

ตารางที่ 4.8 ความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมญี่ปุ่น(MORI)ในสภาวะเป็นกรด

ตัวอย่าง	น้ำหนักไหม	น้ำหนักผงสี	% color yield
1	1.5228	0.0228	100.0
2	1.4456	0.0217	100.0
3	1.3864	0.0208	100.0

ตารางที่ 4.9 ความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมป่า(TUSSER)ในสภาวะเป็นกรด

ตัวอย่าง	น้ำหนักไหม	น้ำหนักผงสี	% color yield
1	1.9289	0.0289	62.63
2	1.6718	0.0251	52.67
3	1.3062	0.0196	59.44

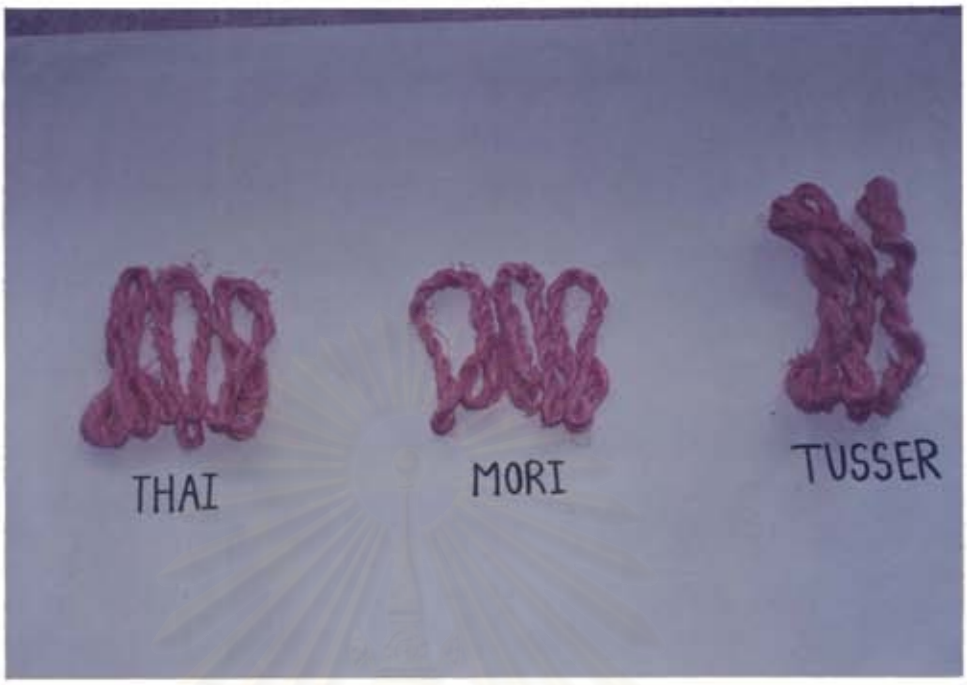
4.6.2 คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นไหมหลังการย้อม

จากการศึกษา ลักษณะทางกายภาพของเส้นไหมหลังการย้อมพบว่า ไหมป่าจะติดสีได้ต่ำกว่าไหมไทยและไหมญี่ปุ่น เป็นผลมาจากไหมป่ามีโครงสร้างแบบ network และมีปริมาณของ salt bridge สูง

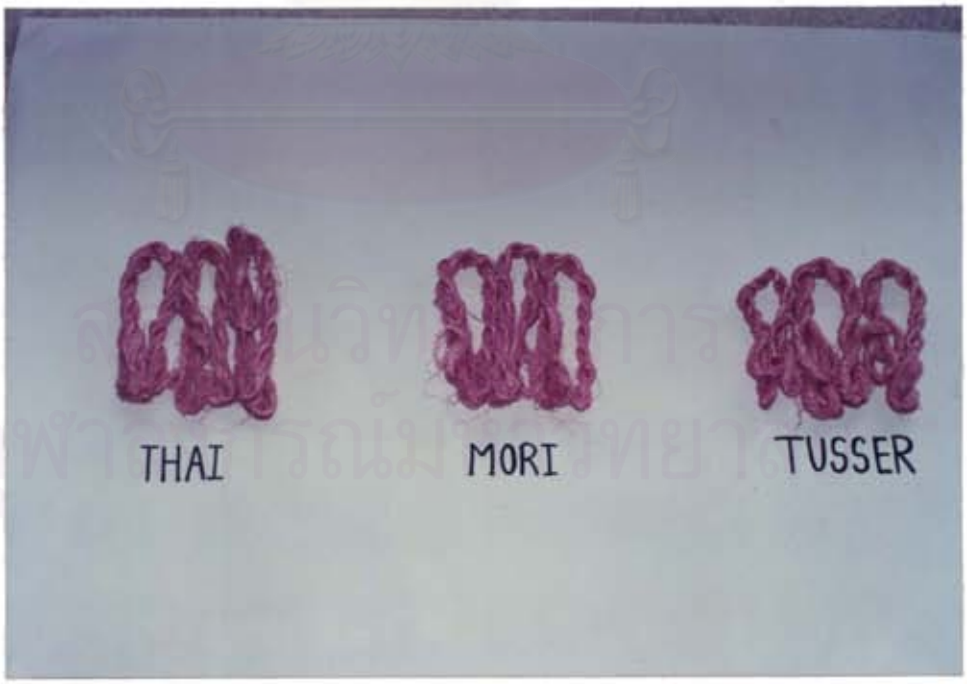
ตารางที่ 4.10 คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นไหมหลังการย้อม

พันธุ์	ลักษณะที่สังเกตได้
ไหมไทย	เส้นไหมมีสีสดใส ความเงามันดี ติดสีได้สม่ำเสมอ
ไหมญี่ปุ่น(MORI)	เส้นไหมมีสีสดใสที่สุด มีความเงามันสูง สีติดสม่ำเสมอ
ไหมป่า(TUSSER)	เส้นไหมมีสีไม่สดใส ติดสีน้อยและไม่สม่ำเสมอ ด้าน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.12 ลักษณะทางกายภาพของเส้นไหมหลังการย้อมในสภาวะที่เป็นกลาง



รูปที่ 4.13 ลักษณะทางกายภาพของเส้นไหมหลังการย้อมในสภาวะที่เป็นกรด

4.7 การทดสอบคุณสมบัติของไหมทั้ง 3 พันธุ์

การละลายเส้นไหมด้วย Saturated LiBr

จากตารางที่ 4.11 จะเห็นว่าในสภาวะที่เป็นกลาง การละลายของไหมไทยและไหมญี่ปุ่นใน LiBr จะดี ส่วนไหมป่าจะละลายได้น้อยมาก อาจเนื่องมาจากปริมาณ Salt Bridge ในไหมป่าสูง หลังจากการผ่าน acid treatment แล้วจะทำให้การละลายของไหมป่าดีขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.12 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ Salt Bridge ในโครงสร้างไหมถูกทำลายด้วยกรด

ตารางที่ 4.11 ความสามารถในการละลายของเส้นไหมที่ไม่ได้ผ่าน Acid Treatment

พันธุ์	น้ำหนักไหม(กรัม)				
	0.25	0.5	1.0	2.5	3.5
ไหมไทย	0	0	0	0	0
ไหมญี่ปุ่น(MORI)	0	0	0	0	0
ไหมป่า(TUSSER)	x	x	x	x	x

0 : ละลาย

x : ไม่ละลาย

ตารางที่ 4.12 ความสามารถในการละลายของเส้นไหมป่า(TUSSER)ที่ผ่าน acid treatment

	% การละลาย
ไหมที่ผ่าน acid treatment	15.25
ไหมที่ไม่ผ่าน acid treatment	6.12

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. สภาวะที่ใช้ในการลอกกาวคือ

สบู่ 0.2 % (o.w.f)

Na_2CO_3 0.1 % (o.w.f)

น้ำ 50 เท่าของน้ำหนักไหม

อุณหภูมิ 93-96 °C

เปอร์เซ็นต์การลอกกาวของไหมเป็นดังนี้

ไหมไทย 28.74 % ใช้เวลา 60 นาที

ไหมญี่ปุ่น 26.65 % ใช้เวลา 60 นาที

ไหมป่า 8.81 % ใช้เวลา 90 นาที

2. ความแข็งแรงก่อนลอกกาว

ไหมไทยมีค่าความแข็งแรงประมาณ 0.031 นิวตัน / เดนเยอร์

ไหมญี่ปุ่นมีค่าความแข็งแรงประมาณ 0.037 นิวตัน / เดนเยอร์

ไหมป่ามีค่าความแข็งแรงประมาณ 0.031 นิวตัน / เดนเยอร์

ความแข็งแรงหลังลอกกาว

ไหมไทยมีค่าความแข็งแรงประมาณ 0.042 นิวตัน / เดนเยอร์

ไหมญี่ปุ่นมีค่าความแข็งแรงประมาณ 0.044 นิวตัน / เดนเยอร์

ไหมป่ามีค่าความแข็งแรงประมาณ 0.025 นิวตัน / เดนเยอร์

จากข้อมูลความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นไหมก่อนและหลังลอกกาวนั้น มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ซึ่งแสดงว่า การลอกกาว ไม่มีผลต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นไหม

3. สภาวะที่เหมาะสมในการย้อม คือ สภาวะกรด

สีแอสิด 1.5 % (o.w.f)

กรดอะซิติค (30 %) 6 % (o.w.f)

น้ำ 50 เท่าของน้ำหนักไหม

อุณหภูมิที่เริ่มใส่ไหม 40 °C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 80-90 °C ในเวลา 30 นาที ย้อมต่อไปที่อุณหภูมิ 80-90 °C เป็นเวลา 60 นาที

ความสามารถในการย้อมติดสีของไหมทั้ง 3 พันธุ์ คือ ไหมไทยและไหมญี่ปุ่นติดสีได้ดีและมากกว่าไหมป่า

4. ความสามารถในการละลายด้วย Saturated LiBr ของไหมไทยและไหมญี่ปุ่นดีกว่าไหมป่า และไหมป่าเมื่อผ่าน Acid Treatment แล้วจะสามารถละลายใน Saturated LiBr ได้ดีขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในขั้นตอนการลอกกาวไหมป่า (Tusser) เส้นไหมที่ได้ จากการทดลองมีลักษณะยุ่ย เปื่อย ซึ่งให้ลักษณะที่ไม่ดีภายหลังการย้อม ควรปรับปรุงสภาวะในการลอกกาว

2) ควรใช้เครื่องวัดความแข็งแรงต่อแรงดึงสำหรับเส้นใยโดยเฉพาะ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความละเอียดมากขึ้น

3) สำหรับเส้นไหมป่า (Tusser) ซึ่งมีโครงสร้างแบบ network มีจำนวน salt bridge มาก ซึ่งมีผลต่อการเข้าทำปฏิกริยาของอนุภาคสี มีค่า Isoelectric point 3.4 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เป็นกรด และมีค่า Activation energy of diffusion 8.8 Kcal/mol ซึ่งสูงกว่าไหมไทยและไหมญี่ปุ่น ดังนั้นในการย้อมสีไหมป่า (Tusser) จึงควรปรับปรุงสภาวะการย้อมดังต่อไปนี้ คือ

- ไหมป่า (Tusser) ควรผ่านการทำ acid treatment ก่อนการย้อม เพื่อทำลาย salt bridge ในโครงสร้าง
- ค่าความเป็นกรด-ด่างขณะย้อมต้องต่ำกว่า ค่า Isoelectric point ของไหมป่า (Tusser)
- ความเข้มข้นของสีใน dyeing bath ควรสูง
- อุณหภูมิขณะย้อมสูง

4) แม้ว่าควรควบคุม pH ขณะย้อมให้ต่ำกว่าค่า Isoelectric point ของไหมนั้นๆแต่ไม่ควรให้ต่ำมากเกินไป เพราะอาจทำให้ติดสีไม่สม่ำเสมอ และเป็นการสิ้นเปลือง

5) ควรศึกษาตัวแปรอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อการย้อม เช่น อุณหภูมิ ความเข้มข้นของสีใน dyeing bath

6) ควรศึกษาและเปรียบเทียบผลที่ได้จากการย้อมด้วยสีประเภทอื่น ๆ เช่น สีเบสิก สีเมตัลคอมเพล็กซ์

7) ควรศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพภายหลังการย้อม เช่น ความคงทนต่อแสงแดด ความแข็งแรง ความยืดหยุ่นของไหม และความคงทนต่อการซักล้าง

บทที่ 6
เอกสารอ้างอิง

1. Dr. V.A.Shenai , "*Chemistry of Dyes and Principles of Dyeing* ", Sevak Publications (Bombay), 1977
2. E.R. Trotman ," *Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibers* ", 5th Edition , Charles Griffin & Company Ltd., 1975 (Great Britain)
3. J. Merritt Matthews , " *Textile Fibers* " , 4th Edition , John Wiley & Sons , Inc. New York , 1936
4. Marjory L. Joseph , " *Introductory Textile Science* ", 2th Edition , Holt, Rinehart and Winston , Inc. USA , 1972
5. J. Gordon Cook , " *Handbook of Textile Fibers* " , Merrow Publishing Co. Ltd., England , 1974
6. E.N. Abrahart , " *Dyes and their Intermedistes* " , Pergamon Press Ltd., 1968
7. Bernard P. Corrbman , " *Textiles Fiber To Fabric* " , 6th Edition , McGraw-Hill , Singapore , 1985
8. A.J.Hall , "*The Standard Handbook of Textiles* ", 7th Edition , Seven Corners of Press Ltd., England , 1969
9. E.R. Trotman , " *Textile Scouring and Bleaching* ", Charles Griffin and Company Ltd., 1968
10. Mary I. Cowan , Martha E. Jungerman , " *Introduction to Textiles* " D.B.Taraporevala Sons & Company Private Ltd., India , 1980
11. Isabel B Wingate, " *Textile Fabrics and their Selection* " , 6th Edition , Prentice-Hall , Inc. 1970
12. ดร.โมโตอิ มินะกาวะ, นายเออีอีชิ คาวาอิและนายเข็มชัย เหมะจันทร , " *วิทยาการไหม เล่ม 1* " คณะกรรมการส่งเสริมสินค้าไหมไทย กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , 2530
13. กลุ่มงานพัฒนาไหมไทย กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , " *เอกสารแนะนำการย้อมสีไหมขั้นพื้นฐาน* " , กรุงเทพ , 2532

14. นายพิเชียร เดชเดโชและนางสาวนิรมล วิลามาศ ," *โครงการปริญญาตรีเรื่องการปรับปรุงการลอกกาวสำหรับไหมไทย* " , 2532

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7
ภาคผนวก

1. การคำนวณหาขนาดของเส้นไหมจากการทดลอง

ขนาดของเส้นไหม (เดนเยอร์)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยของเส้นไหมความยาว 1.80 ม. * 9000}}{1.80}$$

2. การคำนวณหาความทนทานต่อแรงดึงของเส้นไหมจากการทดลอง

ความทนทานต่อแรงดึงของเส้นไหม

$$= \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของการดึงของเส้นไหม (นิวตัน)}}{\text{ขนาดของเส้นไหม (เดนเยอร์)}}$$

3. การคำนวณเปอร์เซ็นต์การลอกกาวของไหม

% การลอกกาวของไหมคือ ร้อยละของน้ำหนักของไหมที่หายไปภายหลังการลอกกาว โดยเทียบกับ น้ำหนักของไหมก่อนการลอกกาว และเปอร์เซ็นต์การลอกกาวของไหมเป็นค่าที่บอกเปอร์เซ็นต์เซริซินของไหม

% การลอกกาวของไหม

$$= \left(\frac{\text{น้ำหนักของไหมก่อนการลอกกาว - น้ำหนักของไหมหลังการลอกกาว}}{\text{น้ำหนักของไหมก่อนการลอกกาว}}\right) * 100$$

4. การคำนวณความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก

$$m_1 v_1 = m_2 v_2$$

m_1 = ความเข้มข้นของกรด HCl เป็น mol / l

m_2 = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH เป็น mol / l

v_1 = ปริมาตรของกรด HCl ที่ใช้ เป็น cc.

v_2 = ปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ เป็น cc.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. การคำนวณหา % Color Yield

% Color Yield คือ ร้อยละของน้ำหนักสีที่ติดบนไหม เทียบกับน้ำหนักสีก่อนการย้อมไหม

$$\% \text{ Color Yield} = \frac{(\text{น้ำหนักสีก่อนย้อม} - \text{น้ำหนักสีที่เหลือจากการย้อม})}{\text{น้ำหนักสีก่อนย้อม}} * 100$$

6. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การละลายของไหมในสารละลาย Saturated LiBr

$$\% \text{ การละลายของไหม} = \frac{(\text{น้ำหนักของไหมก่อนการละลาย} - \text{น้ำหนักของไหมหลังการละลาย})}{\text{น้ำหนักของไหมก่อนการละลาย}} * 100$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ข้อมูลดิบผลการทดสอบความแข็งแรงของเส้นไหมดิบ

ตารางที่ 7.1 ความแข็งแรงของเส้นไหมดิบ-ไหมไทย

ตัวอย่าง	น้ำหนักไหม(กรัม)/180ซม	ความแข็งแรงของการดึง(นิวตัน) (Tensile Strength)		
1	0.0273	4.9	4.9	4.3
	0.0268	5.5	4.9	4.9
	0.0272	5.5	5.5	4.9
2	0.0338	4.9	6.1	6.1
	0.0335	4.9	5.5	4.9
	0.0332	4.3	6.7	4.3
3	0.0432	4.3	4.9	4.3
	0.0294	3.7	3.7	4.3
	0.0297	5.5	3.7	4.3
ค่าเฉลี่ย	0.0316	4.88		

ขนาดของเส้นไหม = 158 เดนเยอร์

ความทนทานต่อแรงดึง = 0.0309 นิวตัน/เดนเยอร์

Standard Derivation = 0.7390

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.2 ความแข็งแรงของเส้นไหมดิบ-ไหมญี่ปุ่น(MORI)

ตัวอย่าง	น้ำหนักไหม(กรัม)/180ซม	ความแข็งแรงของการดึง(นิวตัน) (Tensile Strength)		
1	0.0336	6.1	6.7	6.1
	0.0331	5.5	6.1	5.5
	0.0343	6.7	6.1	6.1
2	0.0300	6.1	5.5	5.5
	0.0298	4.9	4.9	6.1
	0.0311	6.1	5.5	6.7
3	0.0315	5.5	4.9	6.1
	0.0315	5.5	6.1	5.5
	0.0309	5.5	6.1	6.1
ค่าเฉลี่ย	0.0317	5.83		

ขนาดของเส้นไหม = 158.5 เดนเยอร์

ความทนทานต่อแรงดึง = 0.0368 นิวตัน/เดนเยอร์

Standard Derivation = 0.5083

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.3 ความแข็งแรงของเส้นไหมดิบ-ไหมป่า(TUSSER)

ตัวอย่าง	น้ำหนักไหม(กรัม)/180ซม	ความแข็งแรงของการดึง(นิวตัน) (Tensile Strength)		
1	0.0321	4.9	5.5	4.3
	0.0468	8.5	7.9	7.3
	0.0318	3.1	5.5	5.5
2	0.0386	5.5	7.3	6.1
	0.0407	5.5	6.7	5.5
	0.0381	4.9	6.7	4.9
3	0.0358	4.9	6.1	4.9
	0.0341	5.5	6.1	4.9
	0.0345	4.9	6.7	4.9
ค่าเฉลี่ย	0.0369	5.72		

ขนาดของเส้นไหม = 184.5 เดนเยอร์

ความทนทานต่อแรงดึง = 0.0310 นิวตัน/เดนเยอร์

Standard Derivation = 1.1666

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลดิบผลการลอกกาวด้วยด่าง

ตารางที่ 7.4 การลอกกาวด้วยด่างของไหมไทย

เวลาที่ใช้ลอกกาว (นาที)	น้ำหนักไหมก่อนลอกกาว (กรัม)	น้ำหนักไหมหลังลอกกาว (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การลอกกาว	ค่าเฉลี่ย % ลอกกาว
20	2.5254	1.8798	25.56	
	2.0404	1.5181	25.60	25.28
	2.2938	1.7278	24.68	
30	2.0875	1.5721	24.69	
	1.6988	1.2909	24.01	24.70
	1.7890	1.3347	25.39	
40	1.9953	1.4951	25.07	
	1.8898	1.3986	25.99	25.11
	2.2397	1.6964	24.26	
50	2.0176	1.4866	26.32	
	2.1542	1.5543	27.85	26.30
	2.1645	1.6294	24.72	
60	2.1003	1.4792	29.57	
	1.8361	1.3212	28.04	28.73
	2.1520	1.5368	28.59	
80	2.1805	1.5679	28.09	
	2.1982	1.5805	28.10	28.14
	2.4356	1.7482	28.22	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.5 การลอกกาวด้วยด่างของไหมญี่ปุ่น(MORI)

เวลาที่ใช้ลอกกาว (นาที)	น้ำหนักไหมก่อนลอกกาว (กรัม)	น้ำหนักไหมหลังลอกกาว (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การลอกกาว	ค่าเฉลี่ย % ลอกกาว
20	1.7643	1.3005	26.29	
	1.5091	1.1328	24.94	25.23
	1.9603	1.4808	24.46	
30	2.0235	1.5291	24.43	
	1.7909	1.3512	24.55	24.23
	1.9469	1.4850	23.72	
40	1.9387	1.4555	24.92	
	1.8492	1.4105	23.72	24.21
	1.8405	1.3991	23.98	
50	2.1740	1.6195	25.51	
	1.6730	1.2878	23.02	24.49
	2.0971	1.5741	24.94	
60	1.8805	1.3765	26.80	
	2.2500	1.6520	26.58	26.65
	2.0425	1.5000	26.56	
80	1.9220	1.4512	24.50	
	1.8521	1.3586	26.65	25.48
	1.7112	1.2783	25.30	

ตารางที่ 7.6 การลอกกาวด้วยด่างของไหมป่า(TUSSER)

เวลาที่ใช้ลอกกาว (นาที)	น้ำหนักไหมก่อนลอกกาว (กรัม)	น้ำหนักไหมหลังลอกกาว (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การลอกกาว	ค่าเฉลี่ย % ลอกกาว
40	1.8580	1.7601	5.27	
	2.0605	1.9388	5.91	5.44
	2.1216	2.0126	5.14	
50	1.3294	1.2639	4.93	
	2.2148	2.1300	5.53	5.03
	1.7640	1.6821	4.64	
60	1.9549	1.8428	5.73	
	2.0290	1.9032	6.20	5.82
	2.3886	2.2567	5.52	
70	1.9904	1.8883	5.13	
	1.9022	1.8219	4.22	4.84
	1.4312	1.3573	5.16	
80	2.3457	2.2447	4.31	
	2.0508	1.9466	5.08	4.89
	1.7948	1.7000	5.28	
90	1.8214	1.6588	8.93	
	1.4913	1.3570	9.01	8.81
	2.3320	2.1343	8.48	

ต่อ ตารางที่ 7.6 การลอกกาวด้วยด่างของไหมป่า(TUSSER)

เวลาที่ใช้ลอกกาว (นาที)	น้ำหนักไหมก่อนลอกกาว (กรัม)	น้ำหนักไหมหลังลอกกาว (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การลอกกาว	ค่าเฉลี่ย % ลอกกาว
100	2.2635	2.0677	8.65	
	2.1895	2.0249	7.52	8.45
	2.0664	1.8769	9.17	
120	1.7408	1.5868	8.85	
	2.3169	2.1084	9.00	9.13
	1.7261	1.5612	9.55	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ข้อมูลดิบผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการดึงของไหมที่ผ่านการลอกกาวด้วยด่าง

ตารางที่ 7.7 ความแข็งแรงต่อการดึงของไหมไทยที่ผ่านการลอกกาวด้วยด่าง

เวลา (นาที)	น้ำหนัก(กรัม)/180ซม. (หลังลอกกาว)	เดนเยอร์	ความแข็งแรงของการดึง (นิวตัน)					ค่าเฉลี่ย	ความทนทานต่อแรงดึง (นิวตัน/เดนเยอร์)	%การลอกกาว
50	0.0240		5.5	4.9	4.9	4.9	5.5			
			5.5	6.1	4.9	6.1	5.5			
	0.0235	118.50	6.1	5.5	5.5	4.9	4.9	5.20	0.0439	26.30
			5.5	4.9	4.9	4.9	4.9			
	0.0236		4.9	5.5	4.9	4.9	6.1		SD = 0.4582	
			4.3	4.9	4.9	4.9	4.9		CV = 0.0881	
60	0.0236		4.3	4.9	4.9	4.9	5.5			
			4.9	4.9	4.3	5.5	4.9			
	0.0246	131.17	4.9	6.1	6.1	6.7	6.7	5.54	0.0422	28.74
			6.7	6.1	6.1	6.1	6.1			
	0.0305		5.5	6.7	4.9	5.5	5.5		SD = 0.7088	
			5.5	6.1	4.9	4.9	6.1		CV = 0.1279	
80	0.0342		7.3	7.9	7.3	7.9	7.3			
			6.7	8.5	7.3	7.9	6.1			
	0.0292	151.83	6.7	4.9	7.9	4.3	6.7	6.42	0.0423	28.14
			6.7	6.1	6.1	7.3	6.7			
	0.0271		5.5	5.5	5.5	4.3	5.5		SD = 1.0925	
			6.1	4.9	6.1	5.5	6.1		CV = 0.1702	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.8 ความแข็งแรงต่อการดึงของไหมญี่ปุ่นที่ผ่านการลอกกาวด้วยด่าง

เวลา (นาที)	น้ำหนัก(กรัม)/180ซม. (หลังลอกกาว)	เดนเยอร์	ความแข็งแรงของการดึง (นิวตัน)					ค่าเฉลี่ย	ความทนทานต่อแรงดึง (นิวตัน/เดนเยอร์)	%การลอกกาว
50	0.0269		6.1	5.5	6.1	4.9	6.1			
			5.5	4.9	5.5	5.5	5.5			
	0.0210	110.67	3.7	3.7	4.3	4.9	4.3	4.68	0.0419	24.49
			4.3	3.7	4.3	4.3	4.3			
	0.0185		3.7	5.5	4.3	3.7	3.7		SD = 0.8000	
			3.7	3.7	4.3	4.9	4.3		CV = 0.1725	
60	0.0192		5.5	4.3	5.5	4.9	4.3			
			4.9	6.1	5.5	4.3	5.5			
	0.0273	120.00	5.5	5.5	5.5	6.1	4.9	5.30	0.0442	26.65
			4.9	6.1	6.1	5.5	5.5			
	0.0255		5.5	5.5	4.9	5.5	5.5		SD = 0.5441	
			6.1	4.3	5.5	4.9	4.9		CV = 0.1026	
80	0.0232		3.7	3.7	4.3	4.9	4.9			
			3.7	4.3	4.3	5.5	4.9			
	0.0246	116.17	4.3	4.9	4.3	4.9	4.9	4.52	0.0389	25.48
			4.3	4.9	4.9	4.9	4.3			
	0.0219		4.3	4.3	4.3	4.9	5.5		SD = 0.5015	
			3.7	4.9	4.9	4.3	3.7		CV = 0.1109	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.9 ความแข็งแรงต่อการดึงของไหมป่าที่ผ่านการลอกกาวด้วยด่าง

เวลา (นาที)	น้ำหนัก(กรัม)/180ซม. (หลังลอกกาว)	เดนเยอร์	ความแข็งแรงของการดึง (นิวตัน)					ค่าเฉลี่ย	ความทนทานต่อแรงดึง (นิวตัน/เดนเยอร์)	%การลอกกาว
80	0.0342		3.7	3.7	3.1	4.3	3.7			
			3.1	3.7	3.1	3.1	3.7			
	0.0408	167.50	4.3	3.1	3.1	3.7	3.7	3.47	0.0207	4.89
			3.7	3.7	4.3	4.9	4.3			
	0.0255		3.1	3.1	2.4	2.4	3.1		SD = 0.5866	
			3.1	2.4	3.7	3.7	3.1		CV = 0.1690	
90	0.0360		4.3	3.1	4.9	3.7	4.3			
			4.9	3.1	4.9	3.7	4.3			
	0.0289	147.00	4.3	3.7	3.7	3.7	3.7	3.69	0.0251	8.81
			4.3	3.7	3.7	4.9	3.1			
	0.0233		2.4	3.7	3.1	3.1	3.1		SD = 0.6874	
			3.7	3.1	2.4	3.1	3.1		CV = 0.1861	
100	0.0451		4.9	2.4	3.7	3.7	3.1			
			4.9	4.3	3.7	4.9	5.5			
	0.0406	208.67	4.9	4.9	3.7	3.7	2.4	4.11	0.0197	8.44
			4.3	3.1	4.3	4.3	4.9			
	0.0395		3.7	4.3	4.3	4.3	4.3		SD = 0.7112	
			4.3	4.3	4.3	4.3	3.7		CV = 0.1729	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH และ mV

ความเข้มข้นของกรด HCl(mol/l)	ปริมาณของสลล. NaOHที่ใช้(cc.)	ปริมาณของสลล. HClที่ใช้(cc.)	pH ของกรด จากการคำนวณ	mV ที่อ่านได้
$9.730*10^{-3}$	91.8	10	2.012	351.4
$8.003*10^{-4}$	15.1	20	3.097	277.9
$1.802*10^{-4}$	3.4	20	3.744	185.6

ความเข้นข้นของสารละลาย NaOH มาตรฐาน 0.00106 mol/l

$$a^* = \frac{\Sigma x^2 \Sigma y - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} = 5.7494$$

$$b^* = \frac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} = -0.0103$$

\# สมการ pH = 5.7494-0.0103*mV

(ค่า a^* และ b^* ได้จากการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลขรุ่น fx-5500L)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ข้อมูลดิบผลการวัด pH ของไหม

ตารางที่ 7.11 แสดงผลการวัด pH ขณะย้อมและหลังย้อมในสภาวะกรด

พันธุ์	น้ำหนักไหม (กรัม)	% การลอกกาว	ขณะย้อม			หลังย้อม		
			mV	pH(คำนวณ)	เฉลี่ย	mV	pH(คำนวณ)	เฉลี่ย
ไหมไทย	1.3694	29.76	230.5	3.38		150.4	4.20	
	1.7739	27.72	226.0	3.42	3.42	139.8	4.31	4.29
	1.5920	26.45	222.3	3.46		134.9	4.36	
ไหมญี่ปุ่น	1.2219	24.42	222.3	3.46		146.5	4.24	
	1.4456	24.15	220.3	3.48	3.43	123.2	4.48	4.21
	1.3864	24.93	233.0	3.35		178.6	3.91	
ไหมป่า	1.9289	9.12	204.8	3.64		79.6	4.93	
	1.6718	9.08	210.3	3.58	3.57	106.74	4.65	4.74
	1.7489	8.92	218.6	3.49		107.71	4.64	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายสีกับ optical density

CONCENTRATION(g/l)	OPTICAL TRANSMITTANCE(%T)				OPTICAL DENSITY [-log (T/100)]
	ครั้งที่				
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	
0	100.00	100.00	100.00	100.00	0.0000
0.005	87.50	87.60	87.60	87.57	0.0576
0.01	79.20	79.30	79.40	79.30	0.1007
0.02	62.50	62.40	62.20	62.37	0.2050
0.03	50.45	50.40	50.45	50.43	0.2973
0.04	41.55	41.40	41.50	41.48	0.3822
0.05	34.40	34.30	34.50	34.40	0.4634

λ_{max} = 531 nm

$$a^{*} = \frac{\Sigma x^{2}\Sigma y - \Sigma x \Sigma xy}{n\Sigma x^{2} - (\Sigma x)^{2}} = 9.699*10^{-3}$$

$$b^{*} = \frac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^{2} - (\Sigma x)^{2}} = 9.2794$$

\# สมการ $Y = 9.699*10^{-3} + 9.2794X$

(a^{*} และ b^{*} ได้จากการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลขรุ่น fx-5500L)

- ข้อมูลจากการหาความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหม

ตารางที่ 7.13 แสดงผลการหาความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมไทยในสภาวะการย้อมที่เป็นกลาง

ตัวอย่าง	น้ำหนักไหม (กรัม)	น้ำหนักผงสี (กรัม)	ขณะย้อม		% Transmittance				-log (T/100)	ความเข้มข้นสารละลายสีย/l	น้ำหนักผงสีที่เหลือ (กรัม)	น้ำหนักสีที่ติด (กรัม)	%color yield
			mV	pH	1	2	3	เฉลี่ย					
1	1.7310	0.0260	-222.3	8.04	62.4	62.3	62.4	62.37	0.20502	0.20502	0.02105	0.00495	19.04
2	1.5905	0.0238	-218.0	7.99	66.1	66.1	66.2	66.13	0.17960	0.01831	0.01831	0.00549	23.07
3	1.4215	0.0213	-219.7	8.01	68.7	68.5	68.6	68.60	0.16368	0.01659	0.01659	0.00471	22.11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.14 แสดงผลการหาความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมญี่ปุ่นในสภาวะการย้อมที่เป็นกลาง

ตัวอย่าง	น้ำหนักไหม (กรัม)	น้ำหนักผงสี (กรัม)	ขณะย้อม		% Transmittance				-log (T/100)	ความเข้มข้นสารละลายสีg/l	น้ำหนักผงสีที่เหลือ (กรัม)	น้ำหนักสีที่ดูด (กรัม)	%color yield
			mV	pH	1	2	3	เฉลี่ย					
1	1.1987	0.0180	-221.6	8.03	73.5	73.5	73.2	73.40	0.13430	0.01343	0.01343	0.00457	25.39
2	1.6334	0.0245	-216.2	7.98	66.3	66.1	66.1	66.17	0.17934	0.01828	0.01828	0.00622	25.39
3	1.4902	0.0224	-216.1	7.98	71.9	72.1	71.9	71.97	0.14285	0.01435	0.01435	0.00805	35.94

ตารางที่ 7.15 แสดงผลการหาความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมป่าในสภาวะการย้อมที่เป็นกลาง

ตัวอย่าง	น้ำหนักไหม (กรัม)	น้ำหนักผงสี (กรัม)	ขณะย้อม		% Transmittance				-log (T/100)	ความเข้มข้นสารละลายสีg/l	น้ำหนักผงสีที่เหลือ (กรัม)	น้ำหนักสีที่ดูด (กรัม)	%color yield
			mV	pH	1	2	3	เฉลี่ย					
1	1.6664	0.0250	-223.7	8.05	62.0	62.1	62.1	62.07	0.20711	0.02127	0.02127	0.00373	14.92
2	1.3340	0.0200	-218.8	8.00	67.9	67.9	67.8	67.87	0.16832	0.01709	0.01709	0.00291	14.55
3	2.2696	0.0340	-220.5	8.02	50.8	80.9	50.9	50.87	0.29354	0.03059	0.03059	0.00341	10.03

ตารางที่ 7.16 แสดงผลการหาความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมไทยในสภาวะการย้อมที่เป็นกรด

ตัวอย่าง	น้ำหนักไหม (กรัม)	น้ำหนักผงสี (กรัม)	ขณะย้อม		% Transmittance				-log (T/100)	ความเข้มข้นสารละลายสีg/l	น้ำหนักผงสีที่เหลือ (กรัม)	น้ำหนักสีที่ดูด (กรัม)	%color yield
			mV	pH	1	2	3	เฉลี่ย					
1	1.4126	0.0212	237.5	3.30	97.3	97.2	97.2	97.23	0.01220	0.00054	0.00054	0.02066	97.45
2	1.4407	0.0216	232.6	3.35	96.2	96.1	96.3	96.20	0.01682	0.00153	0.00153	0.02007	92.92
3	1.7739	0.0266	226.0	3.42	95.2	95.4	95.5	95.37	0.02059	0.00235	0.00235	0.02425	91.16

ตารางที่ 7.17 แสดงผลการหาความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมญี่ปุ่นในสภาวะการย้อมที่เป็นกรด

ตัวอย่าง	น้ำหนักไหม (กรัม)	น้ำหนักผงสี (กรัม)	ขณะย้อม		% Transmittance				-log (T/100)	ความเข้มข้นสารละลายสีg/l	น้ำหนักผงสีที่เหลือ (กรัม)	น้ำหนักสีที่ดูด (กรัม)	%color yield
			mV	pH	1	2	3	เฉลี่ย					
1	1.5228	0.0228	228.1	3.40	98.8	98.3	99.1	98.73	0.00555	0	0	0.0228	100
2	1.4456	0.0217	220.3	3.48	99.5	99.2	99.2	99.30	0.00305	0	0	0.0217	100
3	1.3864	0.0208	233.0	3.35	97.9	98.3	98.1	98.10	0.00833	0	0	0.0208	100

ตารางที่ 7.18 แสดงผลการหาความสามารถในการดูดติดสีของเส้นไหมป่าในสภาวะการย้อมที่เป็นกรด

ตัวอย่าง	น้ำหนักไหม (กรัม)	น้ำหนักผงสี (กรัม)	ขณะย้อม		% Transmittance				-log (T/100)	ความเข้มข้นสารละลายสี g/l	น้ำหนักผงสีที่เหลือ (กรัม)	น้ำหนักสีที่ติด (กรัม)	%color yield
			mV	pH	1	2	3	เฉลี่ย					
1	1.9289	0.0289	204.8	3.64	87.2	87.1	87.1	87.13	0.05983	0.01080	0.01080	0.01810	62.63
2	1.6718	0.0251	210.3	3.58	86.2	86.1	86.1	86.13	0.06484	0.01188	0.01188	0.01322	52.67
3	1.3062	0.0196	215.6	3.53	89.8	89.9	89.8	89.93	0.04658	0.00795	0.00795	0.01165	59.44

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย