

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	XI
สัญลักษณ์และคำย่อ.....	XIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 บทนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ไหม (silk).....	4
2.1.1 ไหมเลี้ยง.....	4
2.1.2 ไหมป่า.....	4
2.2 โครงสร้างของเส้นใยไหม.....	5
2.2.1 โครงสร้างทางกายภาพของไหม.....	7
2.2.2 โครงสร้างทางเคมีของไหม.....	8
2.3 สมบัติของไหม.....	12
2.3.1 สมบัติทางกายภาพของไหม.....	12
2.3.2 สมบัติทางเคมีของไหม.....	13
2.4 การตกแต่งสำเร็จ.....	14
2.4.1 การตกแต่งเชิงกล.....	14
2.4.2 การตกแต่งทางเคมี.....	15
2.4.3 กระบวนการก่อนการตกแต่งสำเร็จ.....	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 การปรับปรุงสมบัติของเส้นใยไหมโดยวิธีทางเคมี.....	15
2.5.1 การลอกกาวยไหม.....	16
2.5.2 การตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีการทางเคมี.....	17
2.6 การย้อมสี.....	22
2.6.1 สารให้สี.....	24
2.6.2 ขมิ้นและกรรมวิธีในการย้อมสีธรรมชาติ.....	27
2.6.3 สีข้อมครั้งแรกและกรรมวิธีในการย้อมสีธรรมชาติ.....	28
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	29
บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินงาน.....	34
3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้.....	34
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	35
3.3 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย.....	36
3.3.1 ขั้นตอนการลอกกาวยไหม.....	36
3.3.2 ขั้นตอนการต่อกึ่งด้วยไวนิลมอนอเมอร์.....	37
3.3.3 ขั้นตอนการย้อมสีเส้นใยไหม.....	38
3.4 ขั้นตอนการทดสอบสมบัติต่างๆ.....	39
3.4.1 การศึกษาสัณฐานวิทยา.....	39
3.4.2 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน.....	39
3.4.3 การศึกษาสมบัติทางความร้อน.....	40
3.4.4 สมบัติทางแรงดึงของเส้นใย.....	40
3.4.5 การทดสอบสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ.....	40
3.4.6 การวัดการเปลี่ยนแปลงสี.....	41
3.4.7 การทดสอบความคงทนของสีข้อม.....	42
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	46
4.1 การลอกกาวยไหมและการต่อกึ่ง.....	46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 อิทธิพลของความเข้มข้นและเวลาที่มีผลต่อกระบวนการต่อกิ่ง	
เส้นใยไหมด้วยไวนิลมอนอเมอร์.....	47
4.2.1 ความสามารถในการต่อกิ่ง.....	47
4.3 สัณฐานวิทยา.....	54
4.3.1 สัณฐานวิทยาของเส้นใยไหมดิบและเส้นใยไหมลอกกา.....	55
4.3.2 สัณฐานวิทยาของเส้นใยไหมที่ผ่านการต่อกิ่งด้วย HEMA.....	56
4.3.3 สัณฐานวิทยาของเส้นใยไหมที่ผ่านการต่อกิ่งด้วย Silane.....	57
4.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงหมู่ฟังก์ชันโดยวิธีการทางเคมี.....	58
4.4.1 อินฟราเรดสเปกตรัมของเส้นใยไหมดิบและเส้นใยไหมลอกกา.....	58
4.4.2 อินฟราเรดสเปกตรัมของเส้นใยไหมลอกกาและเส้นใยไหมที่ต่อกิ่งด้วย HEMA ที่ความเข้มข้น 0.2 และ 0.4 M.....	60
4.4.3 อินฟราเรดสเปกตรัมของเส้นใยไหมลอกกาและเส้นใยไหมที่ต่อกิ่งด้วย Silane ที่ความเข้มข้น 0.4 และ 0.6 M.....	61
4.5 สมบัติทางความร้อนของเส้นใย.....	63
4.5.1 อุณหภูมิการสลายตัวของเส้นใยไหมดิบและเส้นใยไหมลอกกา.....	63
4.5.2 อุณหภูมิการสลายตัวของเส้นใยไหมลอกกาและเส้นใยไหมที่ต่อกิ่งด้วย HEMA ที่ความเข้มข้น 0.2 และ 0.4 M.....	64
4.5.3 อุณหภูมิการสลายตัวของเส้นใยไหมลอกกาและเส้นใยไหมที่ต่อกิ่งด้วย Silane ที่ความเข้มข้น 0.4 และ 0.6 M.....	66
4.6 สมบัติเชิงกลของเส้นใยไหมที่ต่อกิ่งด้วย HEMA และ Silane.....	68
4.6.1 แรงที่ใช้ในการดึง (Load).....	68
4.6.2 เปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (% Elongation at break).....	70
4.6.3 มอดุลัส (Modulus).....	71
4.6.4 เทนาซิตี (Tenacity).....	73
4.7 สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี.....	74
4.7.1 ความชื้นรีเจน (Moisture Regain).....	74
4.7.2 ความคงทนต่อกรดและด่าง (Acid Resistance and Alkaline Resistance)....	76

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.8 กระบวนการย้อมสี.....	77
4.8.1 ความสามารถในการย้อมสี.....	78
4.8.2 การวัดการเปลี่ยนแปลงสี	81
4.8.2.1 เส้นใยไหมที่ทำการย้อมด้วยสีธรรมชาติ.....	81
4.9 การทดสอบความคงทนของสี (Color fastness).....	82
4.9.1 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง (แสงซินอนอาร์ก).....	83
4.9.2 การทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ.....	84
4.9.3 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก.....	88
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	93
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	93
5.1.1 ลักษณะภายนอกและสัณฐานวิทยา.....	93
5.1.2 ความเข้มข้นและเวลาที่มีผลต่อการตอ่กิ่งเส้นใยไหมด้วย HEMA และ Silane A-172.....	93
5.1.3 การเปลี่ยนแปลงหมู่ฟังก์ชัน.....	93
5.1.4 สมบัติทางความร้อนของเส้นใยไหม.....	94
5.1.5 สมบัติเชิงกลของเส้นใยไหมที่ตอ่กิ่งด้วย HEMA และ Silane.....	94
5.1.6 สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี.....	94
5.1.7 ความสามารถในการย้อมสี.....	95
5.1.8 การทดสอบความคงทนของสี.....	95
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	96
เอกสารอ้างอิง.....	97
ภาคผนวก.....	101
ประวัติผู้เขียน.....	102

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สูตรโครงสร้างของกรดอะมิโนชนิดต่างๆ ที่พบในเส้นใยไหม.....	6
2.2 กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในไฟโบรอิน.....	8
2.3 ธาตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนในไฟโบรอิน.....	9
2.4 ตัวอย่างสีย้อมที่ได้จากธรรมชาติ.....	25
2.6 ข้อเปรียบเทียบระหว่างสีย้อมธรรมชาติและสีย้อมสังเคราะห์.....	25
3.1 สีที่ใช้ย้อมผ้าสีมาตรฐาน.....	43
4.1 ลักษณะภายนอกของเส้นใยไหมหลังการต่อกึ่งด้วย HEMA ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ เทียบกับไหมลอกกาว.....	49
4.2 ลักษณะภายนอกของเส้นใยไหมหลังการต่อกึ่งด้วย Silane A-172 ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ เทียบกับไหมลอกกาว.....	50
4.3 สรุปตำแหน่งแถบการดูดกลืนของไหมดิบและไหมลอกกาว ที่ปรากฏในรูปที่ 4.8.....	59
4.4 สรุปแถบการดูดกลืนของไหมลอกกาวและไหมที่ต่อกึ่งด้วย HEMA ที่ปรากฏในรูปที่ 4.9.....	61
4.5 สรุปแถบการดูดกลืนของไหมลอกกาวและไหมที่ต่อกึ่งด้วย Silane A-172 ที่ปรากฏในรูปที่ 4.10.....	62
4.6 อุณหภูมิการสลายตัวของเส้นใยไหมดิบ เส้นใยไหมลอกกาวและ เส้นใยไหมต่อกึ่งด้วย HEMA และ Silane A-172 ที่ได้จากเทคนิคเทอร์มัลกราวิเมตริก.....	68
4.7 แรงที่ใช้ในการดึง (Load) ของเส้นใยไหมที่ผ่านการต่อกึ่งด้วย HEMA ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ กัน.....	69
4.8 แรงที่ใช้ในการดึง (Load) ของเส้นใยไหมที่ผ่านการต่อกึ่งด้วย Silane A-172 ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ กัน.....	69
4.9 เปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%Elongation at break) ของเส้นใยไหมที่ผ่านการต่อกึ่ง ด้วย HEMA ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ กัน.....	70
4.10 เปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%Elongation at break) ของเส้นใยไหม ที่ผ่านการต่อกึ่งด้วย Silane A-172 ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ กัน.....	70
4.11 โมดูลัส (Modulus) ของเส้นใยไหมที่ผ่านการต่อกึ่งด้วย HEMA ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ กัน.....	72

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.12 โมดูลัส (Modulus) ของเส้นใยไหมที่ผ่านการตอกลงด้วย Silane A-172 ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ กัน.....	72
4.13 เหนียว (Tenacity) ของเส้นใยไหมตอกลงด้วย HEMA ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ กัน.....	73
4.14 เหนียว (Tenacity) ของเส้นใยไหมตอกลงด้วย Silane A-172 ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ กัน.....	73
4.15 เปอร์เซ็นต์ความขึ้นรีเจนของเส้นใยไหมดิบ เส้นใยไหมลอกกา และเส้นใยไหมตอกลง.....	75
4.16 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไปในการดและด่างของไหมดิบและไหมลอกกาและ เส้นใยไหมที่ตอกลงด้วย HEMA และ Silane A-172.....	76
4.17 ความสามารถในการย้อมสีของเส้นใยไหมลอกกาและเส้นใยไหมที่ตอกลง ด้วย HEMA และ Silane A-172 ที่ทำการย้อมสีด้วยสีย้อมขม้น.....	78
4.18 ความสามารถในการย้อมสีของเส้นใยไหมลอกกาและเส้นใยไหมที่ตอกลง ด้วย HEMA และ Silane A-172 ที่ทำการย้อมสีด้วยสีย้อมครั้ง.....	79
4.19 การวัดสีของเส้นใยไหมลอกกาและเส้นใยไหมที่ตอกลงด้วย HEMA และ Silane A-172 ที่ย้อมสีด้วยสีย้อมขม้น.....	81
4.20 การวัดสีของเส้นใยไหมลอกกาและเส้นใยไหมที่ตอกลงด้วย HEMA และ Silane A-172 ที่ย้อมสีด้วยสีย้อมครั้ง.....	82
4.21 ค่าความคงทนของสีต่อแสงของเส้นใยไหมลอกกาและเส้นใยไหมตอกลง ที่ย้อมสีด้วยสีย้อมธรรมชาติ คือ ขม้น และครั้ง.....	83
4.22 ค่าความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะที่เป็นกรดของเส้นใยไหมลอกกา และเส้นใยไหมตอกลงที่ย้อมสีด้วยสีย้อมธรรมชาติ คือ ขม้น และครั้ง.....	85
4.23 ค่าการเปื้อนสีบนผ้าขาวมาตรฐานเนื่องจากเหงื่อในสภาวะที่เป็นกรดของเส้นใยไหมลอกกา และเส้นใยไหมตอกลงที่ย้อมสีด้วยสีย้อมธรรมชาติ คือ ขม้น และครั้ง.....	85
4.24 ค่าความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะที่เป็นด่างของเส้นใยไหมลอกกาและ เส้นใยไหมตอกลงที่ย้อมสีด้วยสีย้อมธรรมชาติ คือ ขม้น และครั้ง.....	86
4.25 ค่าการเปื้อนสีบนผ้าขาวมาตรฐานเนื่องจากเหงื่อในสภาวะที่เป็นด่างของเส้นใยไหมลอกกา และเส้นใยไหมตอกลงที่ย้อมสีด้วยสีย้อมธรรมชาติ คือ ขม้น และครั้ง.....	86

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.26 ค่าความคงทนของสีต่อการซักของเส้นใยไหมลอกกาวและเส้นใยไหมตอกิ่ง ที่ย้อมสีด้วยสีย้อมธรรมชาติ คือ ขมิ้น และครั่ง.....	88
4.27 ค่าการเปลี่ยนสีบนผ้าขาวมาตรฐานเนื่องจากการซักของเส้นใยไหมลอกกาว และเส้นใยไหมตอกิ่งที่ย้อมสีด้วยสีย้อมธรรมชาติคือ ขมิ้น และครั่ง.....	89
4.28 สรุปค่าความคงทนของสีต่อสภาวะต่างๆ ของเส้นใยไหมลอกกาวและ เส้นใยไหมตอกิ่งที่ย้อมสีด้วยสีย้อมธรรมชาติ คือ ขมิ้น และครั่ง.....	91
4.29 สรุปค่าการเปลี่ยนสีบนผ้าขาวมาตรฐานเนื่องจากสภาวะต่างๆ ของเส้นใยไหมลอกกาว และเส้นใยไหมตอกิ่งที่ย้อมสีด้วยสีย้อมธรรมชาติ คือ ขมิ้น และครั่ง.....	92

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สูตรโครงสร้างทางเคมีของโปรตีนที่เกิดจากการควบแน่นของกรดอะมิโน.....	5
2.2 ภาคตัดขวางของเส้นใยไหมและไฟโบรอินที่ล้อมรอบด้วยกาวไหม.....	7
2.3 ลักษณะพื้นผิวของเส้นใยจากรังไหมและไฟโบรอินของไหมเลี้ยง.....	7
2.4 โครงสร้างของเส้นใยไหม.....	8
2.5 โครงแบบแผ่นจิบเบด้าของโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบหลักในไฟโบรอิน.....	9
2.6 การเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่คาร์บอกซิลและหมู่อะมิโนของ สายโมเลกุลพอลิเปปไทด์ของเส้นไหม 2 โมเลกุล.....	10
2.7 การเกิดพันธะไอออนิกหรือ salt linkages ระหว่างหมู่คาร์บอกซิลและหมู่เอมีน ซึ่งเป็นหมู่ข้างเคียงของสายโซ่โมเลกุลพอลิเปปไทด์ของเส้นไหม.....	10
2.8 ลักษณะโครงสร้างแบบเบต้าชีท.....	11
2.9 โครงสร้างของสารให้สีฟลาโวนอยด์.....	26
2.10 โครงสร้างของโครซีทิน.....	26
2.11 โครงสร้างของสารให้สีแอนทราควิโนนและแนฟทราควิโนน.....	27
2.12 โครงสร้างของสารให้สีอัลคาลอยด์.....	27
2.13 โครงสร้างทางเคมีของเคอร์คูมิน (Curcumin).....	28
2.14 โครงสร้างของ Laccic acid A, B, C และ E.....	28
3.1 ลักษณะในการเตรียมตัวอย่างเส้นใยไหมเพื่อทดสอบสมบัติทางแรงดึง.....	40
4.1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของเส้นใยที่เพิ่มขึ้นหลังการต่อกิ่งด้วย HEMA ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 M. ที่เวลา 15 30 45 60 และ 120 นาที.....	48
4.2 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของเส้นใยที่เพิ่มขึ้นหลังการต่อกิ่งด้วย Silane A-172 ที่ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 M. ที่เวลา 15 30 45 60 และ 120 นาที.....	48
4.3 ปฏิกริยาการเกิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อกิ่งระหว่าง HEMA กับโปรตีน ที่เป็นองค์ประกอบหลักในเส้นใยไหม.....	53
4.4 ปฏิกริยาการเกิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อกิ่งที่คาดว่าจะเกิดขึ้นระหว่าง Silane A-172 กับโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบหลักในเส้นใยไหม.....	54
4.5 สันฐานวิทยาของ (ก) ไหมดิบที่กำลังขยาย 500 เท่า (ข) ไหมดิบที่กำลังขยาย 1500 เท่า (ค) ไหมลอกกาวที่กำลังขยาย 500 เท่า และ (ง) ไหมลอกกาวที่กำลังขยาย 1500 เท่า.....	55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 สัณฐานวิทยาของ (ก) เส้นใยไหมที่ต่อกึ่งด้วย HEMA ความเข้มข้น 0.2 M. เวลา 15 นาที กำลังขยาย 500 เท่า (ข) เส้นใยไหมที่ต่อกึ่งด้วย HEMA ความเข้มข้น 0.2 M. เวลา 15 นาที กำลังขยาย 1500 เท่า (ค) เส้นใยไหมที่ต่อกึ่งด้วย HEMA ความเข้มข้น 0.4 M. เวลา 15 นาที กำลังขยาย 500 เท่า และ (ง) เส้นใยไหมที่ต่อกึ่งด้วย HEMA ความเข้มข้น 0.4 M. เวลา 15 นาที กำลังขยาย 1500 เท่า.....	56
4.7 สัณฐานวิทยาของ (ก) เส้นใยไหมที่ต่อกึ่งด้วย Silane A-172 ความเข้มข้น 0.4 M. เวลา 15 นาที กำลังขยาย 500 เท่า (ข) เส้นใยไหมที่ต่อกึ่งด้วย Silane A-172 ความเข้มข้น 0.4 M. เวลา 15 นาที กำลังขยาย 1500 เท่า (ค) เส้นใยไหมที่ต่อกึ่งด้วย Silane A-172 ความเข้มข้น 0.6 M. เวลา 15 นาที กำลังขยาย 500 เท่า และ (ง) เส้นใยไหมที่ต่อกึ่งด้วย Silane A-172 ความเข้มข้น 0.6 M. เวลา 15 นาที กำลังขยาย 1500 เท่า.....	57
4.8 อินฟราเรดสเปกตรัมของ (ก) เส้นใยไหมดิบ และ (ข) เส้นใยไหมลอกกาว.....	58
4.9 อินฟราเรดสเปกตรัมของ (ก) เส้นใยไหมที่ผ่านการลอกกาว (ข) เส้นใยไหมที่ต่อกึ่งด้วย HEMA ความเข้มข้น 0.2 M. มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเส้นใยเพิ่มขึ้นหลังการต่อกึ่ง 24.88% และ (ค) เส้นใยไหมที่ต่อกึ่งด้วย HEMA ความเข้มข้น 0.4 M มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเส้นใยเพิ่มขึ้นหลังการต่อกึ่ง 38.26 %.....	60
4.10 อินฟราเรดสเปกตรัมของ (ก) เส้นใยไหมที่ผ่านการลอกกาว (ข) เส้นใยไหมที่ต่อกึ่งด้วย Silane A-172 ความเข้มข้น 0.4 M. มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเส้นใยเพิ่มขึ้นหลังการต่อกึ่ง 8.34% และ (ค) เส้นใยไหมที่ต่อกึ่งด้วย Silane A-172 ความเข้มข้น 0.6 M มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเส้นใยเพิ่มขึ้นหลังการต่อกึ่ง 15.03 %.....	61
4.11 เทอร์โมแกรมการสลายตัวทางความร้อนของ เส้นใยไหมดิบและเส้นใยไหมลอกกาว.....	63
4.12 เทอร์โมแกรมการสลายตัวทางความร้อนของเส้นใยไหมลอกกาวและ เส้นใยไหมที่ต่อกึ่งด้วย HEMA ที่ความเข้มข้น 0.2 และ 0.4 M.....	65
4.13 เทอร์โมแกรมการสลายตัวทางความร้อนของเส้นใยไหมลอกกาวและเส้นใยไหม ที่ต่อกึ่งด้วย Silane A-172 ที่ความเข้มข้น 0.4 และ 0.6 M.....	66
4.14 การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสีย้อมขมิ้นกับโลหะและเส้นใยไหม.....	80
4.15 การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสีย้อมครั่งกับโลหะและเส้นใยไหม.....	80