

การย้อมผ้าไหมด้วยสีรีแอคทีฟไตรอะซีนดัดแปรด้วยกรดอะมิโนที่ได้จากการลอกกาวยไหม

นางสาวกนิษฐา บุญภาวณิชกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DYEING OF SILK FABRIC USING TRIAZINE REACTIVE DYE MODIFIED WITH AMINO ACIDS
FROM SILK DEGUMMING

Miss Kanittha Boonpavanitchakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Applied Polymer Science and Textile Technology

Department of Materials Science

Faculty of Science

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

492153

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การย้อมผ้าไหมด้วยสีรีแอคทีฟไตรอะซีนดัดแปรด้วยกรดอะมิโนที่ได้จากการลอกกาบไหม

โดย

นางสาว กนิษฐา บุญภาวณิชกุล

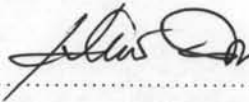
สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ

อาจารย์ที่ปรึกษา

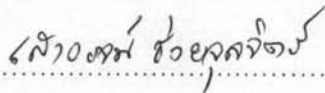
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

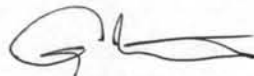


..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมณะเศวต)

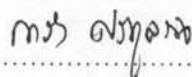
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



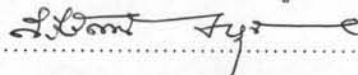
..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่างจุลจิตร)



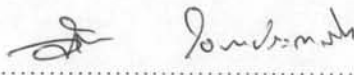
..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์)



..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กาวี ศรีกุลกิจ)



..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริรัตน์ จารุจินดา)



..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. มัณฑนา โอภาประกาสิต)

กนิษฐา บุญภาวนาณิชกุล : การย้อมผ้าไหมด้วยสีรีแอคทีฟไตรอะซีนดัดแปรด้วยกรดอะมิโนที่ได้จากการลอกกวไหม. (DYEING OF SILK FABRIC USING TRIAZINE REACTIVE DYE MODIFIED WITH AMINO ACIDS FROM SILK DEGUMMING)

อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์. 97 หน้า.

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ การย้อมผ้าไหมด้วยสีรีแอคทีฟไตรอะซีน C.I. Reactive Blue 71 ที่ผ่านการดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก และกรดอะมิโนในสารละลายที่ได้จากการลอกกวไหม สำหรับการดัดแปรด้วยกรดกลูตามิกจะใช้กรดกลูตามิก 1 2 3 และ 4 กรัม ต่อสีรีแอคทีฟ 0.5 กรัม ส่วนการดัดแปรด้วยกรดอะมิโนในสารละลายที่ได้จากการลอกกวไหมใช้สารละลาย 100 มิลลิลิตร ที่ได้จาก การลอกกวเส้นไหม 8 กรัม ต่อสีรีแอคทีฟ 0.5 กรัม การดัดแปรทั้ง 2 วิธี ดัดแปรที่พีเอช 9 ที่อุณหภูมิห้อง 40 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสีรีแอคทีฟทั้งที่ไม่ได้ดัดแปรและดัดแปรมาย้อมผ้าไหมที่พีเอช 3 อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที

จากผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR และ HPLC พบว่า สีรีแอคทีฟสามารถถูกดัดแปรด้วยกรดกลูตามิกและกรดอะมิโนในสารละลายที่ได้จากการลอกกวไหม ภายหลังจากทดสอบค่าความเข้มของสีผ้าด้วยเครื่องวัดสีที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร พบว่า ผ้าไหมที่ผ่านการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก และกรดอะมิโนในสารละลายที่ได้จากการลอกกวไหมให้ค่าความเข้มของสีผ้ามากกว่าผ้าไหมที่ผ่านการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟไม่ดัดแปร โดยผ้าไหมย้อมจากสีดัดแปรด้วยกรดอะมิโนในสารละลายที่ได้จากการลอกกวไหมให้ค่าความเข้มของสีผ้ามากกว่าผ้าไหมย้อมจากสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก อย่างไรก็ตาม ผ้าไหมที่ผ่านการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟทั้งที่ไม่ได้ดัดแปรและดัดแปรมีความคงทนต่อการซักดี แต่มีความคงทนต่อการขัดถูปานกลาง

ภาควิชาวัสดุศาสตร์

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ

ปีการศึกษา 2549

ลายมือชื่อ นิสิต กนิษฐา บุญภาวนาณิชกุล

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

4872205023 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY

KEY WORD: SILK DYEING/ REACTIVE DYE MODIFICATION/ AMINO ACIDS/ DEGUMMING

KANITTHA BOONPAVANITCHAKUL : DYEING OF SILK FABRIC USING TRIAZINE

REACTIVE DYE MODIFIED WITH AMINO ACIDS FROM SILK DEGUMMING. THESIS

ADVISOR : ASST.PROF. USA SANGWATANAROJ,Ph.D. 97 pp.

The objective of this research was to dye the silk fabric using triazine reactive dye C.I. Reactive Blue 71 modified with glutamic acid and with amino acids in the silk degumming solution. In the first case 0.5 g of reactive dye was modified with 1, 2, 3, and 4 g of glutamic acid, while in the second case 0.5 g of reactive dye was modified with 100 ml of the silk degumming solution (degumming 8 g of silk fiber). The modification in both cases was conducted at room temperature, 40°C, and 60°C, pH 9 for 0, 2, 4, 6, 8, and 24 hr. Finally, the modified and the unmodified dyes were used to dye silk fabric at 90°C, pH 3 for 45 min.

FTIR and HPLC analyses indicated that the reactive dye could be modified with both glutamic acid and amino acids in the silk degumming solution. Dyed fabric was measured for color strength at a wavelength of 670 nm using a colorimeter and found that silk fabric dyed with modified dyes showed higher color strength than silk fabric dyed with an unmodified dye. In addition, it was found that dyeing of silk fabric using reactive dye modified with amino acids in silk degumming solution, produced a higher color strength of dyed fabric than dyeing of silk fabric using reactive dye modified with glutamic acid. However, silk fabric dyed with modified and unmodified reactive dyes showed a good colorfastness to washing while showed a moderate colorfastness to crocking.

Department Materials Science

Student's signature... Kanittha.....

Field of study Applied Polymer Science and Textile Technology Advisor's signature.....

Academic year 2006

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้อย่างสมบูรณ์นั้น เป็นเพราะได้รับคำแนะนำทางด้านวิชาการ ความเชื่อเพื่อทางด้านเครื่องมือ วัสดุดิบ และสถานที่สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งได้รับความช่วยเหลือ และการแนะแนวในการทำวิทยานิพนธ์จากผู้ทรงคุณวุฒิในด้านต่างๆเป็นอย่างดี ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอขอบพระคุณบุคคลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งมีรายนามดังนี้

1. ผศ.ดร. อูษา แสงวัฒนาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหา และแนะแนวในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
2. รศ.เสาวรจณี ช่วยจุลจิตร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
3. รศ.ดร. กาวี ศรีกุลกิจ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำ และตรวจสอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
4. ผศ.ดร. สิริรัตน์ จารุจินดา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำ และตรวจสอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
5. อาจารย์ ดร. มณฑนา โอภาประกาศิต กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำ และตรวจสอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
6. บุคคลากรทุกท่านในภาควิชาวัสดุศาสตร์ ที่ให้การช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัย
7. บริษัท DyStar Thai จำกัด เอื้อเฟื้อสีย้อม
8. ศูนย์วิจัยหม่อนไหมศรีสะเกษ สนับสนุนเส้นไหม
9. ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการทำงานวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้อง ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณเพื่อน และบุคคลอันเป็นที่รักที่ให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า จนสามารถสร้างสรรค์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จตามที่มุ่งหวัง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ฑ
สารบัญแผนภาพ.....	ด
บทที่	
1 บทนำ.....	1
2 วารสารปริทรรศน์.....	3
2.1 ไหม.....	3
2.1.1 ประวัติของไหม.....	3
2.1.2 การผลิตเส้นใยไหม.....	4
2.1.3 โครงสร้างทางกายภาพของเส้นไหม.....	6
2.1.4 โครงสร้างทางเคมีของไหม.....	7
2.1.5 สมบัติของไหม.....	9
2.1.6 ประโยชน์และการใช้งาน.....	10
2.1.7 การดูแลรักษา.....	11
2.2 การลอกกาวไหม.....	11
2.2.1 การลอกกาวไหมด้วยน้ำภายใต้ความดันสูง.....	11
2.2.2 การลอกกาวไหมด้วยด่าง.....	12
2.2.3 การลอกกาวไหมด้วยกรด.....	13
2.2.4 การลอกกาวไหมด้วยสบู่.....	13
2.2.5 การลอกกาวไหมด้วยสารซักฟอกสังเคราะห์.....	13
2.2.6 การลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์.....	13
2.3 เอนไซม์.....	14
2.3.1 ประวัติความเป็นมาของเอนไซม์.....	14

บทที่	ช หน้า
2.3.2 โครงสร้างของเอนไซม์.....	15
2.3.3 กลไกการทำงานของเอนไซม์.....	15
2.3.4 ประเภทของเอนไซม์.....	16
2.3.5 เอนไซม์โปรตีเอส.....	17
2.3.5.1 ชนิดและสมบัติของโปรตีเอส.....	17
2.3.6 การใช้ประโยชน์จากโปรตีเอส.....	20
2.4 การดัดแปรสรีแอกทีฟโครงสร้างไตรอะซีนด้วยกรดอะมิโน.....	20
2.4.1 ปฏิกริยาการดัดแปรสรีแอกทีฟโครงสร้างไตรอะซีนด้วยกรดอะมิโน.....	21
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
3. การทดลอง.....	25
3.1 วัสดุและสารเคมี.....	25
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	26
3.3 ขอบเขตการทดลอง.....	27
3.4 การทดลอง.....	28
3.4.1 การดัดแปรสรีแอกทีฟโครงสร้างไตรอะซีนด้วยกรดกลูตามิค.....	28
3.4.1.1 อัตราส่วนของกรดกลูตามิคต่อสรีแอกทีฟในการดัดแปรสรีแอกทีฟ.....	28
3.4.1.2 ค่าพีเอชในการดัดแปรสรีแอกทีฟ.....	29
3.4.1.3 เวลาในการดัดแปรสรีแอกทีฟ.....	29
3.4.1.4 อุณหภูมิในการดัดแปรสรีแอกทีฟ.....	29
3.4.2 การดัดแปรสรีแอกทีฟโครงสร้างไตรอะซีนด้วยสารละลายจากการ ลอกกาวยใหม่.....	29
3.4.2.1 การลอกกาวยใหม่ด้วยเอนไซม์โปรตีเอส.....	30
3.4.2.2 เวลาในการดัดแปรสรีแอกทีฟ.....	30
3.4.2.3 อุณหภูมิในการดัดแปรสรีแอกทีฟ.....	31
3.5 การทดสอบ.....	31
3.5.1 การวิเคราะห์สรีแอกทีฟดัดแปรด้วยเทคนิค FTIR.....	31
3.5.2 การวิเคราะห์ปริมาณและชนิดของกรดอะมิโนที่ได้จากการลอกกาวยใหม่ด้วย เทคนิค HPLC.....	32
3.5.3 การย้อมผ้าไหมด้วยสรีแอกทีฟดัดแปร.....	33

บทที่	ณ หน้า
3.5.4 การวัดค่าความเข้มของสีผ้าหลังการย้อม.....	34
3.5.5 การวัดหาร้อยละการผืนสีบนผ้าย้อม.....	35
3.5.6 การทดสอบความต้านทานต่อแรงฉีกขาด.....	36
3.5.7 การทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักล้าง.....	37
3.5.8 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู.....	39
4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	41
4.1 ภาวะการดัดแปรสีรีแอกทีฟโครงสร้างไตรอะซีนด้วยกรดกลูตามิค.....	41
4.1.1 อัตราส่วนของปริมาณกรดกลูตามิคต่อสีในการดัดแปร.....	41
4.1.2 พีเอชในกระบวนการดัดแปรสีรีแอกทีฟ.....	43
4.1.3 เวลาในการดัดแปรสีรีแอกทีฟ.....	45
4.1.4 อุณหภูมิในการดัดแปรสีรีแอกทีฟ.....	46
4.1.5 ความเข้มข้นของสีรีแอกทีฟดัดแปรในการย้อม.....	48
4.1.6 ผลการดัดแปรสีรีแอกทีฟโครงสร้างไตรอะซีนอื่นๆ ด้วยกรดกลูตามิค.....	50
4.2 ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดัดแปรสีรีแอกทีฟโครงสร้างไตรอะซีนด้วยสารละลาย	
จากการลอกกาวยใหม่.....	53
4.2.1 ปริมาณเส้นไหมสำหรับการลอกกาว.....	54
4.2.2 เวลาในการดัดแปรสีรีแอกทีฟ.....	55
4.2.3 อุณหภูมิในการดัดแปรสีรีแอกทีฟ.....	57
4.2.4 ความเข้มข้นของสีรีแอกทีฟดัดแปรในการย้อม.....	59
4.2.5 ผลการดัดแปรสีรีแอกทีฟโครงสร้างไตรอะซีนอื่นๆ ด้วยสารละลายจาก	
การลอกกาวยใหม่.....	61
4.3 ผลการวิเคราะห์สี สารละลายจากการลอกกาวยใหม่ และผ้า.....	64
4.3.1 การวิเคราะห์สีรีแอกทีฟดัดแปรด้วยเทคนิค FTIR.....	64
4.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณและชนิดของกรดอะมิโนที่ได้จากการลอกกาวยใหม่ด้วย	
เทคนิค HPLC.....	67
4.3.3 ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมผ้าด้วยสีรีแอกทีฟดัดแปร.....	68
4.3.3.1 พีเอชในการย้อม.....	68
4.3.3.2 อุณหภูมิในการย้อม.....	69
4.3.3.3 เวลาในการย้อม.....	71

บทที่	ญ หน้า
4.3.4 การวัดหาร้อยละการผืนกสีบนผ้าย้อม.....	72
4.4.5 การทดสอบความต้านทานต่อแรงฉีกขาด.....	72
4.4.6 การทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักล้าง.....	74
4.4.7 การทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถู.....	75
4.4 ข้อสันนิษฐาน.....	77
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	78
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	78
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	79
รายการอ้างอิง.....	80
ภาคผนวก.....	83
ภาคผนวก ก.....	83
ภาคผนวก ข.....	91
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	97

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในเซรีซินและไฟโบรอิน.....	7
ตารางที่ 3.1 รายการสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย.....	25
ตารางที่ 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	26
ตารางที่ 4.1 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิคที่อัตราส่วนกรดกลูตามิคต่อสีต่างๆ ที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง.....	42
ตารางที่ 4.2 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค โดยใช้อัตราส่วนกรดกลูตามิคต่อสีเท่ากับ 2 : 0.5 ดัดแปรที่พีเอช 8, 9 และ 10 ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง.....	43
ตารางที่ 4.3 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค โดยใช้อัตราส่วนกรดกลูตามิคต่อสีเท่ากับ 2 : 0.5 ที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ กัน.....	45
ตารางที่ 4.4 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค โดยใช้อัตราส่วนกรดกลูตามิคต่อสีเท่ากับ 2 : 0.5 ที่พีเอช 9 อุณหภูมิต่างๆ กัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง.....	47
ตารางที่ 4.5 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม.....	49
ตารางที่ 4.6 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Red H-E7B ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม.....	51
ตารางที่ 4.7 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Blue H-EGN ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม.....	52
ตารางที่ 4.8 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาเวเส้นไหมปริมาณต่างๆ ดัดแปรที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง.....	54

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 4.9 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาเวเส้นไหม 8 กรัม ดัดแปรที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ กัน.....	56
ตารางที่ 4.10 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาเวเส้นไหม 8 กรัม ดัดแปรที่พีเอช 9 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิต่างๆ.....	58
ตารางที่ 4.11 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาเวเส้นไหม 8 กรัม ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม....	60
ตารางที่ 4.12 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Red H-E7B ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาเวไหม ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม	62
ตารางที่ 4.13 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Blue H-EGN ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาเวไหม ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม.....	63
ตารางที่ 4.14 แสดงชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในสารละลายลอกกาเวเส้นไหม.....	67
ตารางที่ 4.15 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก โดยย้อมที่พีเอชการย้อมต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที.....	68
ตารางที่ 4.16 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก โดยย้อมที่พีเอช 3 อุณหภูมิต่างๆ กัน เป็นเวลา 45 นาที.....	70
ตารางที่ 4.17 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก โดยย้อมที่พีเอช 3 อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ กัน.....	71
ตารางที่ 4.18 แสดงร้อยละการฝืนสี Procion Turquoise H-A ที่ไม่ได้ดัดแปรและที่ดัดแปร..	72
ตารางที่ 4.19 ความต้านทานแรงฉีกขาดของผ้าไหมก่อนย้อม ผ้าไหมย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ไม่ได้ดัดแปร ผ้าไหมย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก และผ้าไหมย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยสารละลายลอกกาเวไหม.....	73
ตารางที่ 4.20 แสดงผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักล้างในผ้าย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ไม่ได้ดัดแปร ผ้าย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก และผ้าย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาเวไหม.....	74

ตาราง

ตารางที่ 4.21	แสดงผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถูแห้งและเปียกบนผ้า ย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปร, ผ้าย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค และผ้าย้อม ด้วยสีดัดแปรด้วยสารละลายลอกกาวยใหม่.....	76
---------------	---	----

สารบัญรูป

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 2.1 วงจรชีวิตของหนอนไหม.....	5
รูปที่ 2.2 ภาพเส้นไหม.....	6
รูปที่ 2.3 องค์ประกอบพื้นฐานของกรดอะมิโน.....	8
รูปที่ 2.4 กลไกการทำงานของเอนไซม์แบบ lock-and-key.....	15
รูปที่ 2.5 activation energy ที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาแบบมีและไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา.....	16
รูปที่ 2.6 โครงสร้างกรดกลูตามิค.....	21
รูปที่ 2.7 โครงสร้างสีโมโนคลอโรไทรอะซีน.....	21
รูปที่ 3.1 อ่างเขย่า.....	28
รูปที่ 3.2 เครื่องย้อม Labtac.....	30
รูปที่ 3.3 เครื่อง FTIR.....	31
รูปที่ 3.4 เครื่อง HPLC.....	32
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการย้อมผ้าไหมด้วยสีรีแอคทีฟ.....	33
รูปที่ 3.6 เครื่องวัดสี Macbeth Color-Eye 7000 Spectrophotometer.....	34
รูปที่ 3.7 ตู้แสงมาตรฐาน.....	35
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบความต้านทานแรงฉีกขาด.....	36
รูปที่ 3.9 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงฉีกขาด.....	37
รูปที่ 3.10 เครื่องทดสอบการซักล้าง.....	38
รูปที่ 3.11 เกรย์สเกล.....	39
รูปที่ 3.12 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก.....	40
รูปที่ 4.1 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิคที่อัตราส่วนกรดกลูตามิคต่อสีต่างๆ ที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง.....	42
รูปที่ 4.2 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค โดยใช้อัตราส่วนกรดกลูตามิคต่อสีเท่ากับ 2 : 0.5 ดัดแปรที่พีเอช 8, 9 และ 10 ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง.....	44
รูปที่ 4.3 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค โดยใช้อัตราส่วนกรดกลูตามิคต่อสีเท่ากับ 2 : 0.5 ที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ กัน.....	46

รูปประกอบ		
รูปที่ 4.4	แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก โดยใช้อัตราส่วนกรดกลูตามิกต่อสีเท่ากับ 2 : 0.5 ที่พีเอช 9 อุณหภูมิต่างๆ กัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง.....	47
รูปที่ 4.5	แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม.....	50
รูปที่ 4.6	แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้า เมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Red H-E7B ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม.....	57
รูปที่ 4.7	แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Blue H-EGNดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม.....	53
รูปที่ 4.8	แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้า เมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกขาวเส้นไหมปริมาณต่างๆ ดัดแปรที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง.....	55
รูปที่ 4.9	แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกขาวเส้นไหม 8 กรัม ดัดแปรที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ กัน.....	57
รูปที่ 4.10	แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกขาวเส้นไหม 8 กรัม ดัดแปรที่พีเอช 9 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิต่างๆ.....	58
รูปที่ 4.11	แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกขาวเส้นไหม 8 กรัม ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม...	61
รูปที่ 4.12	แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Red H-E7Bดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกขาวไหม ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม.....	62

รูปประกอบ

รูปที่ 4.13	แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Blue H-EGN ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยไหม ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม... 64	64
รูปที่ 4.14	FTIR สเปกตรัมของสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A..... 65	65
รูปที่ 4.15	แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก โดยย้อมที่พีเอชการย้อมต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที..... 69	69
รูปที่ 4.16	แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก โดยย้อมที่พีเอช 3 อุณหภูมิต่างๆ กัน เป็นเวลา 45 นาที. 70	70
รูปที่ 4.17	แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก โดยย้อมที่พีเอช 3 ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ กัน..... 71	71
รูปที่ 4.18	แผนภูมิแท่งแสดงความต้านทานแรงฉีกขาดของผ้าไหมก่อนย้อม ผ้าไหมย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ไม่ได้ดัดแปร ผ้าไหมย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก และผ้าไหมย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยสารละลายลอกกาวยไหม..... 73	73

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพ	หน้า
แผนภาพที่ 3.1 ขอบเขตการทดลอง.....	27