

การเตรียมเซมิคอนดักเตอร์และไฟโบรอินจากรังไหมบ้านและรังไหมป่า

นางสาวพริตตา คงจังหวัด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ISBN 974-14-3400-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PREPARATION OF SERICIN AND FIBROIN FROM NATIVE AND WILD  
SILKWORM COCOONS

Miss Puthita Kongchangwat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Chemical Technology

Department of Chemical Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

ISBN 974-14-3400-6

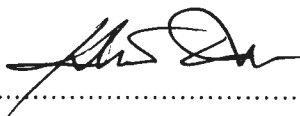
Copyright of Chulalongkorn University

**490122**

หัวข้อวิทยานิพนธ์                      การเตรียมเซมิคอนดักเตอร์และไฟโบรอินจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวโพด  
โดย    นางสาว พุทธิดา คงจังหวัด  
สาขาวิชา                                      เคมีเทคนิค  
อาจารย์ที่ปรึกษา                              รองศาสตราจารย์ ดร. ธราพงษ์ วิทิตสานต์

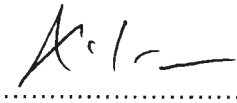
---

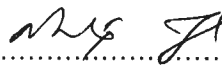
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

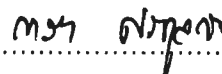
  
.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมณะเสวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธราพงษ์ วิทิตสานต์)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์)

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

พริดา คงจังหวัด : การเตรียมเซรีซินและไฟโบรอินจากรังไหมบ้านและรังไหมป่า  
(PREPARATION OF SERICIN AND FIBROIN FROM NATIVE AND WILD  
SILKWORM COCOONS) อ.ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. ธราพงษ์ วิทิตสานต์ ,  
86 หน้า. ISBN 974-14-3400-6

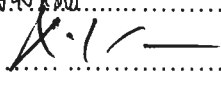
ไหมเป็นเส้นใยธรรมชาติ ที่มีโปรตีนสำคัญ 2 ชนิด คือ ไฟโบรอิน (Fibroin) มีประมาณ 70-80% เป็นเส้นใยไหม และ เซรีซิน (Sericin) ประมาณ 20-30% ซึ่งเป็นกาวเคลือบอยู่บนเส้นใยไหม สมบัติพิเศษของโปรตีนทั้ง 2 ชนิด สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นยา อาหารเสริม และเครื่องสำอาง เป็นต้น งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาภาวะการลอกกาวของรังไหมทั้ง 2 ชนิด โดยทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการลอกกาว ของรังไหมทั้ง 2 ชนิดด้วย  $2^k$  factorial design ส่วนแรกเป็นการลอกกาวด้วยน้ำ มีตัวแปร คือ อุณหภูมิ เวลาและ อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างรังไหมต่อน้ำ ส่วนที่สองเป็นการลอกกาวด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ตัวแปร คือ อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างรังไหมต่อสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต อุณหภูมิ และ เวลา และศึกษาภาวะการลอกกาวของรังไหมทั้ง 2 ชนิดด้วยน้ำ ภายใต้ความดัน จากการทดลอง พบว่ารังไหมบ้านและรังไหมป่าลอกกาวด้วยน้ำที่อุณหภูมิ  $100^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 120 นาที โดยต้มซ้ำ 2 ครั้ง ลอกกาวได้ร้อยละ 9.26 และ 6.31 และต้มต่อด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (0.5 wt%) เป็นเวลา 90 นาทีกับไหมบ้านและ 120 นาทีกับไหมป่า สามารถสกัดผงไหมเซรีซินได้ร้อยละ 8.54 และ 5.98 และผงไหมไฟโบรอินได้ร้อยละ 73.85 และ 80.05 ตามลำดับ ส่วนการลอกกาวของรังไหมทั้ง 2 ชนิดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ  $150^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 120 นาที ลอกกาวได้ร้อยละ 24.75 และ 18.26 ตามลำดับ สามารถสกัดผงไหมเซรีซินได้ร้อยละ 20.12 และ 13.94 และผงไหมไฟโบรอินได้ร้อยละ 74.96 และ 80.12 ตามลำดับ พบว่าการลอกกาวของรังไหมด้วยน้ำที่อุณหภูมิ  $150^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 120 นาที สามารถสกัดผงไหมเซรีซินและเตรียมผงไหมไฟโบรอินได้ดีกว่าการลอกกาวของรังไหมด้วยน้ำที่อุณหภูมิ  $100^{\circ}\text{C}$

ภาควิชา.....เคมีเทคนิค.....

สาขาวิชา.....เคมีเทคนิค.....

ปีการศึกษา.....2549.....

ลายมือชื่อนิสิต.....พริดา.....คงจังหวัด.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..........

## 4772412523 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD: SERICIN / FIBROIN / DEGUMMING

PUTHITA KONGCHANGWAT : PREPARATION OF SERICIN AND FIBROIN  
FROM NATIVE AND WILD SILKWORM COCOONS.THESIS ADVISOR :  
ASSOC.PROF.THARAPONG VITIDSANT,86 pp. ISBN 974-14-3400-6

Silk is a natural fibers. There are two important proteins, Fibroin (body of silk fiber) is 70-80% and sericin (silk glue) is 20-30%.The special properties of two proteins can be used as drugs and cosmetics etc. This research was studied the degumming of native and wild silkworm cocoons . The analysis with  $2^k$  factorial was applied to determine the effect of parameters, which were ratio of silkworm cocoons to water, temperature and time and the second part of  $2^k$  factorial were ratio of silkworm cocoons to  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  solution, concentration of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , temperature and time and study the degumming of native and wild silkworm cocoons with water under pressure. The results showed that the silkworm cocoons were degummed 9.26% and 6.31% respectively with water at  $100^\circ\text{C}$  and 120 minutes with twice repeated treatment. The remained fiber were degummed with 0.5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  at  $100^\circ\text{C}$ , 90 minutes for native silkworm cocoons and 120 minutes for wild silkworm cocoons . The sericin extract are 8.54 % and 5.98 % while the pure fibroin are 73.85% and 80.05 % respectively. In case of degumming of native and wild silkworm cocoons with water under pressure at  $150^\circ\text{C}$  and 120 minutes. The native and wild silkworm cocoons were degummed 24.75% and 18.26% respectively. The sericin extract are 20.12% and 13.94% while the final obtained pure fibroin are 74.96 % and 80.12% respectively.

Department : .....Chemical Technology.....

Field of Study : ....Chemical Technology.....

Academic Year.....2006.....

Student's Signature : .....Puthita Kongchangwat.....

Advisor's Signature : .....T. V. Vitidsant.....

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตสานต์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ได้ให้คำแนะนำ

ขอกราบขอบพระคุณ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ภาวี ศรีกุลกิจ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณารับเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณบุคลากรในภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการและกรุณาช่วยเหลือพร้อมทั้งอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ต่างๆ

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วง สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และผู้อยู่เบื้องหลังที่ได้ให้กำลังใจ ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือและให้การสนับสนุนเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง .....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย .....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ไหมเลี้ยง.....	4
2.2 ไหมป่า.....	5
2.3 วงจรชีวิตของตัวหนอนไหม.....	7
2.4 โครงสร้างของเส้นใยไหม .....	8
2.5 โครงสร้างทางเคมีของเส้นไหม.....	10
2.6 โครงสร้างทางรูปร่างของเส้นไหม .....	16
2.7 การเตรียมเส้นใยไหม .....	17
2.8 สมบัติทางกายภาพของเส้นใย .....	18
2.9 สมบัติทางเคมีของเส้นใย .....	19
2.10 การลอกกวาวไหม.....	20
2.11 เครื่องสำอางตามธรรมชาติ .....	26
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	27

บทที่	หน้า
3. วิธีดำเนินงานวิจัย .....	30
3.1 รูปแบบการศึกษา .....	30
3.2 สารเคมีและวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย .....	30
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ .....	31
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	33
3.5 ขั้นตอนการวิจัย.....	33
3.6 การดำเนินการทดลอง.....	34
4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	40
4.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของรังไหมบ้านและรังไหมป่า.....	40
4.2 ผลการศึกษาภาวะการลอกกาวของรังไหมทั้ง 2 ชนิด .....	41
4.2.1 การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการลอกกาวของรังไหม ทั้ง 2 ชนิดด้วย $2^k$ factorial design.....	41
4.3 ผลการศึกษาภาวะการลอกกาวของรังไหมทั้ง 2 ชนิดด้วยน้ำ ภายใต้ความดัน.....	66
4.4 การทำแห้งผงไหมเซรีซินจากรังไหมทั้ง 2 ชนิด .....	71
4.5 การเตรียมผงไหมไฟโบรอินชนิดไม่ละลายน้ำจากรังไหมทั้ง 2 ชนิด.....	74
4.6 การหาความชื้นในผงไหมทั้ง 2 ชนิด .....	77
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	79
5.1 สรุปผลการวิจัย .....	79
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	80
รายการอ้างอิง .....	81
ภาคผนวก .....	83
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	86



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของชั้นรังไหมชนิด Bombyx mori.....	11
2.2 ส่วนประกอบของชั้นรังไหมป่า.....	12
2.3 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของเซรีซินและไฟโบรอิน (กรดอะมิโนเป็นกรัมในโปรตีน 100 กรัม).....	13
2.4 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของเซรีซินในไหมป่า (กรดอะมิโนเป็นกรัมในโปรตีน 100 กรัม).....	14
2.5 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของไฟโบรอินในไหมป่า (กรดอะมิโนเป็นกรัมในโปรตีน 100 กรัม).....	15
3.1 ตัวแปรและระดับของตัวแปรที่ทำการศึกษา .....	34
3.2 ตัวแปรและระดับของตัวแปรที่ทำการศึกษา .....	35
4.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของรังไหมทั้ง 2 ชนิด .....	40
4.2 การศึกษาปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย โดย 2 <sup>3</sup> factorial design.....	41
4.3 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปของการทดลองแบบ 2 <sup>3</sup> factorial design 8 การทดลองของรังไหมบ้าน.....	42
4.4 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปของการทดลองแบบ 2 <sup>3</sup> factorial design 8 การทดลองของรังไหมบ้าน.....	42
4.5 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปของรังไหมบ้านเมื่อเพิ่มเวลาและจำนวนครั้ง .....	47
4.6 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปของรังไหมป่าเมื่อเพิ่มเวลาและจำนวนครั้ง .....	49
4.7 ภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับลอกกาออกจากรังไหมบ้านด้วยน้ำ ต้ม 2 ครั้ง.....	49
4.8 ภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับลอกกาออกจากรังไหมป่าด้วยน้ำ ต้ม 2 ครั้ง.....	49
4.9 การศึกษาปัจจัยหลัก 4 ปัจจัย โดย 2 <sup>k</sup> factorial design.....	51
4.10 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปของการทดลองแบบ 2 <sup>4</sup> factorial design 16 การทดลอง ของรังไหมบ้าน.....	52
4.11 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปของการทดลองแบบ 2 <sup>4</sup> factorial design 16 การทดลอง ของรังไหมป่า.....	53
4.12 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปของรังไหมบ้าน เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตในการลอกกา.....	59

ตารางที่	หน้า
4.13 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปของรังไหมบ้านเมื่อเพิ่มเวลาในการลอกกาว .....	60
4.14 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปของรังไหมป่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตในการลอกกาว .....	61
4.15 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปของรังไหมป่าเมื่อเพิ่มเวลาในการลอกกาว.....	62
4.16 ภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับลอกกาวออกจากรังไหมบ้านด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต .....	65
4.17 ภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับลอกกาวออกจากรังไหมป่าด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต .....	65
4.18 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปของรังไหมบ้านและรังไหมป่า .....	66
4.19 ภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับลอกกาวออกจากรังไหมด้วยน้ำ .....	70
4.20 ผงไหมเซรีซินของรังไหมบ้านและรังไหมป่า .....	71
4.21 สมบัติของผงไหมเซรีซินของรังไหมบ้านและรังไหมป่า .....	72
4.22 ผงไหมไฟโบรอินชนิดไม่ละลายน้ำของรังไหมบ้านและรังไหมป่า .....	74
4.23 สมบัติของผงไหมไฟโบรอินชนิดไม่ละลายน้ำของรังไหมบ้านและรังไหมป่าจากการต้มลอกกาวด้วยน้ำและต่าง .....	75
4.24 สมบัติของผงไหมไฟโบรอินชนิดไม่ละลายน้ำของรังไหมบ้านและรังไหมป่าจากการต้มลอกกาวด้วยน้ำ ภายใต้ความดัน.....	75
4.25 ปริมาณความชื้นของผงไหมไฟโบรอินที่เพิ่มขึ้นกับเวลา.....	77
4.26 ปริมาณความชื้นของผงไหมเซรีซินที่เพิ่มขึ้นกับเวลา .....	78

## สารบัญญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงวงจรชีวิตไหม .....	8
2.2 โครงสร้างของเส้นไหมดิบ .....	9
2.3 โมเลกุลที่ต่อกันเป็นลูกโซ่ของไหม.....	10
2.4 แสดงอิทธิพลของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของตัวกลางในการกำจัดเซรีซิน (โดยน้ำหนักที่หายไปเทียบกับน้ำหนักที่ยังไม่ได้ลอกกาบ) (เวลา อุณหภูมิ และส่วนผสมของสารละลายไม่ได้กล่าวถึง).....	21
2.5 แสดงปฏิกิริยาการแตกตัวของโปรตีนโดยเอนไซม์.....	24
3.1 รังไหมบ้าน ( <i>Bombyx mori</i> ) .....	30
3.2 รังไหมป่าอีรี ( <i>Philosamia ricini</i> ) .....	30
3.3 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer) .....	32
3.4 วิธีการต้มลอกกาบด้วยน้ำ.....	35
3.5 วิธีการต้มลอกกาบด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต.....	36
3.7 เครื่อง Hydrothermal synthesis reactor unit.....	38
3.8 เครื่อง pH meter รุ่น Preciso pH 900 .....	39
4.1 ลักษณะทางกายภาพของรังไหมบ้าน (ชาย) และ รังไหมป่า (ขวา).....	40
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Effect ของปัจจัยกับ Half Normal % probability (n) รังไหมบ้าน และ (ข) รังไหมป่า .....	44
4.3 ผลของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ที่มีผลต่อร้อยละของน้ำหนักที่หายไป (n) รังไหมบ้าน และ (ข) รังไหมป่า.....	45
4.4 ผลของเวลา สูงสุดและต่ำสุด ที่มีผลต่อร้อยละของน้ำหนักที่หายไป (n) รังไหมบ้าน และ (ข) รังไหมป่า.....	46
4.5 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปกับเวลาในการลอกกาบ ที่อัตราส่วนรังไหมบ้าน ต่อ น้ำ 1:50 และอุณหภูมิ 100 °ซ .....	48
4.6 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปกับเวลาในการลอกกาบ ที่อัตราส่วนรังไหมป่า ต่อ น้ำ 1:50 และอุณหภูมิ 100 °ซ .....	49

รูปที่	หน้า
4.7 โครงสร้างของรังไหมดิบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (ก) รังไหมบ้าน และ(ข) รังไหมป่า.....	50
4.8 โครงสร้างของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดเมื่อต้มลอกกาบ ด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 120 นาที(ก) รังไหมบ้าน และ(ข) รังไหมป่า .....	51
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Effect ของปัจจัยกับ Half Normal % probability (ก) รังไหมบ้าน และ(ข) รังไหมป่า .....	54
4.10 ผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต สูงสุดและต่ำสุด ที่มีผลต่อร้อยละของน้ำหนักที่หายไป (ก) รังไหมบ้าน และ(ข) รังไหมป่า .....	56
4.11 ผลของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ที่มีผลต่อร้อยละของน้ำหนักที่หายไป (ก) รังไหมบ้าน แล (ข) รังไหมป่า.....	57
4.12 ผลของเวลา สูงสุดและต่ำสุด ที่มีผลต่อร้อยละของน้ำหนักที่หายไป (ก) รังไหมบ้าน และ(ข) รังไหมป่า.....	58
4.13 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไป กับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อัตราส่วนรังไหมบ้านต่อน้ำ 1:50 และอุณหภูมิ 100 °ซ.....	60
4.14 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปกับ ที่อัตราส่วนรังไหมบ้านต่อสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 1:50 ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.5% (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร) และอุณหภูมิ 100 °ซ .....	61
4.15 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปกับ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อัตราส่วนรังไหมป่าต่อน้ำ 1:50 และอุณหภูมิ 100 °ซ.....	62
4.16 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปกับ ที่อัตราส่วนรังไหมป่าต่อสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 1:50 ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.5% (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร) และอุณหภูมิ 100 °ซ .....	63
4.17 โครงสร้างของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด เมื่อต้มลอกกาบด้วยสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต 0.5% (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร) เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 100 °ซ (ก) รังไหมบ้าน และ(ข) รังไหมป่า .....	64
4.18 โครงสร้างของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด เมื่อต้มลอกกาบด้วยสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต 0.5% (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร) เป็นเวลา 90 นาที และ 120 นาที ที่อุณหภูมิ 100 °ซ (ก) รังไหมบ้าน และ(ข) รังไหมป่า .....	66

รูปที่	หน้า
4.19 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปกับอุณหภูมิในการลอกกาบ ที่อัตราส่วนรังไหมบ้าน ต่อน้ำ 1:50 เป็นเวลา 30 และ 120 นาที .....	68
4.20 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปกับเวลาการลอกกาบ ที่อัตราส่วนรังไหมบ้าน ต่อน้ำ 1:50 และ อุณหภูมิ 120 และ 150 °ซ .....	68
4.21 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปกับอุณหภูมิในการลอกกาบ ที่อัตราส่วนรังไหมป่า ต่อน้ำ 1:50 เป็นเวลา 30 และ 120 นาที .....	69
4.22 ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปกับเวลาการลอกกาบ ที่อัตราส่วนรังไหมป่า ต่อน้ำ 1:50 และอุณหภูมิ 120 และ 150 °ซ .....	69
4.23 โครงสร้างของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด เมื่อต้มลอกกาบด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 150 °ซ เป็นเวลา 120 นาที (ก) รังไหมบ้าน (ข)รังไหมป่า.....	70
4.24 น้ำต้มลอกกาบ .....	73
4.25 ผงไหมเซรีซินที่สกัดได้ (ซ้าย) รังไหมบ้าน และ(ขวา) รังไหมป่า .....	73
4.26 ผงไหมไฟโบรอิน (ซ้าย) รังไหมป่า และ(ขวา) รังไหมบ้าน.....	76
4.27 ปริมาณความชื้นของผงไหมไฟโบรอินที่เพิ่มขึ้น เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น .....	77
4.28 ปริมาณความชื้นของผงไหมเซรีซินที่เพิ่มขึ้น เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น.....	78