

การใช้โคโคซานและเซลลูเลสในการกำจัดหมึกจากกระดาษที่พิมพ์ด้วยโทนเนอร์ด้วยวิธี
ลอยฟองอากาศ

นางสาวปนัดดา กลิ่นบัว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีเยื่อและกระดาษ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

UTILIZATION OF CHITOSAN AND CELLULASE IN FLOTATION DEINKING OF
TONER-PRINTED PAPER

Miss. Panatda Klinbua

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Pulp and Paper Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

511549

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การใช้โคโคซานและเซลลูโลสในการกำจัดหมึกจากกระดาษที่พิมพ์
ด้วยโทนเนอร์ด้วยวิธีลอยฟองอากาศ

โดย

นางสาวปนัดดา กลิ่นบัว

สาขาวิชา

เทคโนโลยีเยื่อและกระดาษ

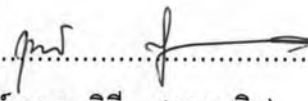
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

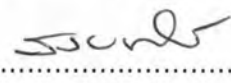
ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร. ณัฐธยาน์ พงศ์สถาปติ

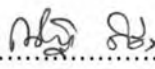
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.กุนทีนี้ สุวรรณกิจ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐธยาน์ พงศ์สถาปติ)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ณัฐธยาน์ พงศ์สถาปติ)

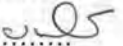
ปนัดดา กลิ่นบัว : การใช้ไคโตซานและเซลลูโลสในการกำจัดหมึกจากกระดาษที่พิมพ์ด้วยโทนเนอร์ด้วยวิธีลอยฟองอากาศ. (UTILIZATION OF CHITOSAN AND CELLULASE IN FLOTATION DEINKING OF TONER-PRINTED PAPER)

อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผศ.ดร. ณัฐธยานี พงศ์สถาปตี 115 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้ไคโตซานร่วมกับเอนไซม์เซลลูโลส ในการกำจัดหมึกออกจากกระดาษที่พิมพ์ด้วยหมึกโทนเนอร์ด้วยวิธีการลอยฟองอากาศ การทดลองตอนแรกเริ่มจากการหาปริมาณไคโตซานที่เหมาะสม โดยมีการใช้ไคโตซาน 4 ระดับคือ ร้อยละ 0, 0.1, 0.2 และ 0.3 ของน้ำหนักเยื่อแห้ง จากการทดลองพบว่าปริมาณไคโตซานที่เหมาะสมคือร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักเยื่อแห้ง เพราะให้ค่าปริมาณหมึกที่เหลืออยู่ต่ำสุดในขณะที่ให้ค่าความขาวสว่างและค่าความแข็งแรงสูงสุด จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปใช้ในการทดลองตอนที่สอง ซึ่งเป็นการศึกษาผลของการใช้ไคโตซาน เอนไซม์เซลลูโลส และระยะเวลาพักเยื่อทิ้งไว้ให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยา ที่มีต่อประสิทธิภาพของการกำจัดหมึกพิมพ์ออกจากกระดาษ จากการทดลองพบว่า การใช้ปริมาณไคโตซานที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าปริมาณหมึกที่เหลืออยู่มีค่าสูงขึ้น ซึ่งไม่สอดคล้องกับค่าความขาวสว่างที่มีค่าเพิ่มขึ้น การใช้ปริมาณเอนไซม์ที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าปริมาณหมึกที่เหลืออยู่สูงขึ้นและค่าความขาวสว่างลดลงเมื่อใช้ระยะเวลาพักเยื่อทิ้งไว้ให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยานานขึ้น ส่งผลให้ค่าปริมาณหมึกที่เหลืออยู่และค่าความขาวสว่างเพิ่มขึ้น ปริมาณไคโตซานที่สูงขึ้นยังส่งผลทำให้ดรรชนีความแข็งแรงตอแรงดึงและต้านทานแรงฉีกเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์ที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าดรรชนีความแข็งแรงตอแรงดึงมีค่าสูงขึ้นแต่ดรรชนีความต้านทานแรงฉีกกลับลดต่ำลง และเมื่อใช้ระยะเวลาพักเยื่อทิ้งไว้ให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยานานขึ้น ส่งผลให้ค่าดรรชนีความแข็งแรงตอแรงดึงและต้านทานแรงฉีกมีค่าเพิ่มขึ้นปริมาณไคโตซาน ปริมาณเอนไซม์เซลลูโลส และระยะเวลาที่พักเยื่อทิ้งไว้ให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยา ทั้งสามตัวแปรส่งผลให้ค่าสภาพกระดาษได้ทั้งก่อนและหลังกำจัดหมึกออกมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ตัวแปรทั้งสามไม่มีผลต่อค่าปริมาณผลผลิตที่ได้

สาขาวิชา : เทคโนโลยีเยื่อและกระดาษ ลายมือชื่อนิสิต :ปนัดดา กลิ่นบัว.....

ปีการศึกษา : 2551

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก :

4972357923 : MAJOR PULP AND PAPER TECHNOLOGY

KEY WORD: CHITOSAN / CELLULASE / TONER / FLOTTION DEINKING

PANATDA KLINBUA.: (UTILIZATION OF CHITOSAN AND CELLULASE IN FLOTATION DEINKING OF TONER-PRINTED PAPER) THESIS PRINCIPAL ADVISOR: NATTAYA PONGSTABODEE, Ph.D. 115 pp.

This research was aimed to study the use of chitosan and cellulase in flotation deinking of toner-printed paper. The first phase of this research was to determine the optimal dosage of chitosan which was varied to be 0, 0.1, 0.2 and 0.3% based on oven dry (O.D.) pulp weight. It was found that the optimal dosage of chitosan was equal to 0.2%. This is because this dosage provided the lowest ERIC, highest brightness, highest tensile index and highest tear index. This chitosan was then used in the second phase of this research which was to study the effects of chitosan and cellulase dosages as well as reaction time on deinking efficiency. It was found that higher dosage of chitosan offered higher brightness but surprisingly higher chitosan dosage also led to higher ERIC. ERIC increased while brightness decreased with higher enzyme dosage. Higher reaction time tended to increase brightness but not ERIC. It was also found that tear index and tensile index increased with higher chitosan dosage. Cellulase dosages; however, tended to increase tensile index but not tear index. Longer reaction time improved tensile index and tear index. Moreover, higher chitosan and cellulase dosages as well as longer reaction time brought about higher freeness. In this study, it was revealed that all these three variables which were chitosan dosage, cellulase dosage and reaction tie did not affect flotation yield.

Field of study : Pulp and Paper Technology Student's signature : *Pant*
Academic year : 2008 Thesis Principal Advisor's signature : *Sangthip*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเนื่องจากความเมตตาและความอนุเคราะห์จากหลายๆฝ่าย ขอขอบคุณ บริษัท Aquatic Nutrition Lab จำกัด ประเทศไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์โคโคซาน บริษัท สยามวิคตอรี เคมิคอล จำกัด ประเทศไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์เอนไซม์เซลลูเลส และบริษัท Lion ประเทศญี่ปุ่น ที่ให้ความอนุเคราะห์สารลดแรงตึงผิว

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ณัฐธยาน์ พงศ์สถาปติ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์และถูกต้องยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สมพร ชัยอารีย์กิจ ที่ช่วยให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และตรวจแก้ต้นฉบับวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องครบถ้วน

ขอขอบพระคุณ ดร.ณัฐญา ดียิ่ง บริษัท เยนเนรัล สตาร์ช จำกัด ที่ช่วยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการทำการวิจัย

นอกจากนี้ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนในสาขาวิชาเทคโนโลยีเยื่อและกระดาษที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณในความรัก และกำลังใจของคุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว และพี่ชาย ที่คอยเป็นกำลังใจในตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัยชิ้นนี้ ด้วยความรักและความเข้าใจเสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
แนวคิดและทฤษฎี.....	3
กระบวนการกำจัดหมึกออกจากกระดาษ (Deinking Process).....	3
สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการกำจัดหมึกออก (Deinking chemicals).....	9
การย้อนกลับไปติดที่เส้นใยของหมึก (Ink redeposition).....	14
การกำจัดหมึกออกด้วยวิธีลอยฟองอากาศ (Flotation deinking).....	15
ความสามารถในการกำจัดหมึกพิมพ์ออก (Deinkability).....	21
ไคตินและไคโตซาน (Chitin and Chitosan).....	23
หมึกพิมพ์โทนเนอร์ (Toner).....	32
การกำจัดหมึกออกจากเส้นใยของโทนเนอร์โดยการใช้เอนไซม์.....	33
เกณฑ์การประเมินคุณภาพของเยื่อกระดาษ.....	34
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	41
อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้.....	43
วิธีการทดลอง.....	44
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	53
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล.....	55
ผลการทดลองตอนที่ 1 การหาปริมาณไคโตซานที่เหมาะสม (ยังไม่ใช้เอนไซม์).....	55
ค่าปริมาณหมึกที่เหลืออยู่ (ERIC) ในเยื่อเมื่อใช้ไคโตซานปริมาณต่างๆกัน.....	55
ค่าความขาวสว่าง (Brightness) ในเยื่อเมื่อใช้ไคโตซานปริมาณต่างๆกัน.....	57
ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tear index) เมื่อใช้ไคโตซานปริมาณต่างๆกัน.....	58

ค่าดัชนีความต้านทานแรงฉีก (Tear index) เมื่อใช้โคโตซานปริมาณต่างๆกัน.....	60
ค่าสภาพระบายได้ (Freeness) เมื่อใช้โคโตซานปริมาณต่างๆกัน.....	61
ค่าปริมาณผลผลิตที่ได้ (Yield) เมื่อใช้โคโตซานปริมาณต่างๆกัน.....	63
ผลการทดลองตอนที่ 2 ผลของการใช้โคโตซานและเซลลูเลส ต่อประสิทธิภาพการกำจัด หมึกพิมพ์	64
ค่า P-value ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ.....	65
ค่าปริมาณหมึกที่เหลืออยู่ (ERIC) ในเยื่อ ก่อนและหลังการกำจัดหมึกออกเมื่อใช้ตัวแปร ในระดับต่างๆ.....	67
ค่าความขาวสว่าง (Brightness) ก่อนและหลังการกำจัดหมึกออกเมื่อใช้ตัวแปรในระดับ ต่างๆ.....	70
ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile index) ก่อนและหลังการกำจัดหมึกออกเมื่อใช้ ตัวแปรในระดับต่างๆ.....	72
ค่าดัชนีความต้านทานแรงฉีก (Tensile index) ก่อนและหลังการกำจัดหมึกออกเมื่อใช้ ตัวแปรในระดับต่าง.....	75
ค่าสภาพระบายได้ (Freeness) ก่อนและหลังการกำจัดหมึกออกเมื่อใช้ตัวแปรในระดับ ต่างๆ.....	78
ค่าปริมาณผลผลิต (Yield) เมื่อใช้ตัวแปรในระดับต่างๆ.....	80
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	82
สรุปผลการวิจัย.....	82
ข้อเสนอแนะ.....	83
รายการอ้างอิง.....	84
ภาคผนวก ก.....	88
ภาคผนวก ข.....	92
ภาคผนวก ค.....	103
ภาคผนวก ง.....	109
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	115

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการกำจัดหมึกพิมพ์ออก กลไกการแห้งตัว และกระบวนการในการพิมพ์.....	23
ตารางที่ 2-2 การละลายของโคโตะซานในสารละลายกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ.....	29
ตารางที่ 2-3 การประยุกต์ใช้โคตินและโคโตะซาน.....	31
ตารางที่ 3-1 การออกแบบการทดลองตอนที่ 2.....	49
ตารางที่ 3-2 การทดลองทั้ง 8 สภาวะในการทดลองตอนที่ 2.....	50
ตารางที่ 4-1 ค่าปริมาณหมึกที่เหลืออยู่ (ERIC) ในเยื่อเมื่อใช้โคโตะซานปริมาณต่างๆกัน.....	55
ตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (ANOVA) ของค่าปริมาณหมึกที่เหลืออยู่ ก่อนการกำจัดหมึกออก.....	56
ตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (ANOVA) ของค่าปริมาณหมึกที่เหลืออยู่ หลังการกำจัดหมึกออก.....	56
ตารางที่ 4-4 ค่าความขาวสว่าง (Brightness) ในเยื่อเมื่อใช้โคโตะซานปริมาณต่างๆกัน.....	57
ตารางที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (ANOVA) ของค่าความขาวสว่างก่อนการกำจัดหมึก ออก.....	57
ตารางที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (ANOVA) ของค่าความขาวสว่างหลังการกำจัดหมึก ออก.....	58
ตารางที่ 4-7 ค่าดัชนีความต้านทานแรงดึง (Tensile index) เมื่อใช้โคโตะซานปริมาณ ต่างๆกัน.....	58
ตารางที่ 4-8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (ANOVA) ของค่าดัชนีความต้านทานแรงดึง ก่อนการกำจัดหมึกออก.....	59
ตารางที่ 4-9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (ANOVA) ของค่าดัชนีความต้านทานแรงดึง หลังการกำจัดหมึกออก.....	59
ตารางที่ 4-10 ค่าดัชนีความต้านทานแรงฉีก (Tear index) เมื่อใช้โคโตะซานปริมาณ ต่างๆกัน.....	60
ตารางที่ 4-11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (ANOVA) ของค่าดัชนีความต้านทานแรงฉีก ก่อนการกำจัดหมึกออก.....	61
ตารางที่ 4-12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (ANOVA) ของค่าดัชนีความต้านทานแรงฉีก หลังการกำจัดหมึกออก.....	61
ตารางที่ 4-13 ค่าสภาพระบายได้ (Freeness) เมื่อใช้โคโตะซานปริมาณต่างๆกัน.....	61

ตารางที่ 4-14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (ANOVA) ของค่าสภาพระบายได้ก่อนการ กำจัดหมึกออก.....	62
ตารางที่ 4-15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (ANOVA) ของค่าสภาพระบายได้หลังการกำจัดหมึก ออก.....	62
ตารางที่ 4-16 ค่าปริมาณผลผลิตที่ได้ (Yield) เมื่อใช้โคโตซานปริมาณต่างๆกัน.....	63
ตารางที่ 4-17 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (ANOVA) ของค่าปริมาณผลผลิตที่ได้.....	63
ตารางที่ 4-18 ตัวแปรและระดับของตัวแปรที่ใช้ในการทดลองตอนที่ 2	64
ตารางที่ 4-19 ค่า P- value ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ.....	65
ตารางที่ 4-20 ค่าปริมาณหมึกที่เหลืออยู่ (ERIC) ในเยื่อ ก่อนและหลังการกำจัดหมึกออก เมื่อใช้ตัวแปรในระดับต่างๆ.....	67
ตารางที่ 4-21 ค่า P-value และเครื่องหมายของปฏิกิริยาสำหรับค่าปริมาณหมึกที่เหลืออยู่ (ERIC) ในเยื่อ.....	68
ตารางที่ 4-22 ค่าความขาวสว่าง (Brightness) ก่อนและหลังการกำจัดหมึกออกเมื่อใช้ตัวแปร ในระดับต่างๆ.....	70
ตารางที่ 4-23 ค่า P-value และเครื่องหมายของปฏิกิริยาสำหรับค่าความขาวสว่าง (Brightness).....	70
ตารางที่ 4-24 ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile index) หลังการตีกระจายเยื่อและ หลังการกำจัดหมึกออกเมื่อใช้ตัวแปรในระดับต่างๆ.....	72
ตารางที่ 4-25 ค่า P-value และเครื่องหมายของปฏิกิริยาสำหรับค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile index)	73
ตารางที่ 4-26 ค่าดัชนีความต้านทานแรงฉีก (Tear index) หลังการตีกระจายเยื่อและ หลังการกำจัดหมึกออกเมื่อใช้ตัวแปรในระดับต่างๆ.....	75
ตารางที่ 4-27 ค่า P-value และเครื่องหมายของปฏิกิริยาสำหรับค่าดัชนีความต้านทานแรงฉีก (Tear index)	76
ตารางที่ 4-28 ค่าสภาพระบายได้ (Freeness) หลังการตีกระจายเยื่อและหลังการกำจัดหมึกออก เมื่อใช้ตัวแปรในระดับต่างๆ.....	78
ตารางที่ 4-29 ค่า P-value และเครื่องหมายของปฏิกิริยาสำหรับค่าสภาพระบายได้ (Freeness)	78

ตารางที่ 4-30 ค่าปริมาณผลผลิต (Yield) เมื่อใช้ตัวแปรในระดับต่างๆ.....	80
ตารางที่ 4-31 ค่า P-value และเครื่องหมายของปฏิกิริยาสำหรับค่าปริมาณผลผลิต (Yield).....	81

สารบัญญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2-1 เครื่องตีกระจายเยื่อ.....	4
รูปที่ 2-2 เครื่องทำความสะอาดเยื่อแบบสกรีน.....	4
รูปที่ 2-3 เครื่องทำความสะอาดเยื่อแบบ Centrifugal reverse cleaner.....	5
รูปที่ 2-4 เครื่องทำความสะอาดเยื่อ Centrifugal forward Cleaner.....	6
รูปที่ 2-5 การกำจัดหมึกออกโดยวิธีการล้างและวิธีการลอยฟองอากาศ.....	6
รูปที่ 2-6 การกำจัดหมึกออกโดยวิธีการล้าง.....	7
รูปที่ 2-7 การกำจัดหมึกออกโดยวิธีการลอยฟองอากาศ.....	8
รูปที่ 2-8 โครงสร้างของสารลดแรงตึงผิว.....	12
รูปที่ 2-9 ลักษณะของ Micelle.....	13
รูปที่ 2-10 การทำงานของ Collector.....	14
รูปที่ 2-11 อิทธิพลของขนาดอนุภาคหมึกที่มีต่อประสิทธิภาพของการดึงหมึกออกด้วยวิธีการล้าง และวิธีลอยฟองอากาศ.....	16
รูปที่ 2-12 ความสัมพันธ์ระหว่างความขาวสว่างของเยื่อและเวลาที่ใช้ในการลอยฟองอากาศ....	16
รูปที่ 2-13 ความสัมพันธ์ระหว่างความขาวสว่างของเยื่อและปริมาณผลผลิตที่ได้.....	17
รูปที่ 2-14 การยึดติดระหว่างอนุภาคหมึกและฟองอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มม.....	18
รูปที่ 2-15 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของอนุภาคของหมึกพิมพ์และวิธีการกำจัดหมึกพิมพ์.....	19
รูปที่ 2-16 การไหลของอนุภาคของหมึกตามแนว Streamlines.....	20
รูปที่ 2-17 อิทธิพลของขนาดฟองอากาศต่อประสิทธิภาพการกำจัดหมึกพิมพ์ออก.....	21
รูปที่ 2-18 ความสามารถในการดึงหมึกพิมพ์ออกของกระดาษเคลือบผิวและไม่เคลือบผิว.....	22
รูปที่ 2-19 โครงสร้างทางเคมีของไคติน.....	24
รูปที่ 2-20 โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน.....	25
รูปที่ 2-21 ขั้นตอนทั่วไปของกระบวนการเตรียมไคติน.....	26
รูปที่ 2-22 ขั้นตอนทั่วไปของกระบวนการเตรียมไคโตซาน.....	27
รูปที่ 2-23 โมเดลการเข้าทำปฏิกิริยาของเอนไซม์.....	33
รูปที่ 3-1 รูปแบบตัวอย่างการพิมพ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	42
รูปที่ 3-2 การเตรียมเยื่อก่อนเข้าสู่กระบวนการดึงหมึกออก.....	46
รูปที่ 3-3 กระบวนการหลังจากการตีกระจายเยื่อแล้วของเยื่อส่วนที่ 1	47
รูปที่ 3-4 กระบวนการหลังการตีเยื่อของเยื่อส่วนที่ 2.....	48

รูปที่ 3-5 การเตรียมเยื่อก่อนเข้าสู่กระบวนการกำจัดหมึกออก (ตอนที่ 2).....	51
รูปที่ 3-6 กระบวนการหลังจากการตีกระจายเยื่อแล้วของเยื่อส่วนที่ 1 (ตอนที่ 2).....	52
รูปที่ 3-7 กระบวนการหลังการตีเยื่อของเยื่อส่วนที่ 2 (ตอนที่ 2).....	53