



247095



การศึกษาคู่มือฉบับต้นของวรรณจากเข็ญเป็ตักตันตอชตาวน พืชการบถิต กระตงนพทนีชว  
ประเภททองชันเต็ชว

นางสาวนรวรรัตน์ ชุตติภิญโญกุล

โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีการพิมพ์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. ๒๕๕๖

6 00252035

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



247095

การศึกษาคุณสมบัติของกระดาษจากเชื้อเปลือกต้นสอยดาวเพื่อการ  
ผลิตกระดาษเหนียว ประเภทถุงชั้นเดียว

นางสาวนวรรตน์ ชุตติภิญโญกุล วท.บ. (เทคโนโลยีการพิมพ์)

โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2553



คณะกรรมการสอบโครงการวิจัย

*ว.ว. วาริช ศรีละออง*

ประธานกรรมการสอบโครงการวิจัย

(ผศ.ดร. วาริช ศรีละออง)

*พ.พ. พิชิต ขจรเดชะ*

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

(ดร.พิชิต ขจรเดชะ)

*ร.ศ. สุชปา เนตรประดิษฐ์*

กรรมการ

(รศ.ดร.สุชปา เนตรประดิษฐ์)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อโครงการวิจัย	การศึกษาคุณสมบัติของกระดาษจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวเพื่อการผลิตกระดาษเหนียวประเภทถุงชั้นเดียว
หน่วยกิต	6
ผู้เขียน	นางสาวนวรรตน์ ชุตติภิญโญกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.พิชิต ขจรเคชะ อาจารย์นิทัศน์ ทิพย์โสตนัยนา
หลักสูตร	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการพิมพ์
ภาควิชา	เทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์
คณะ	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
พ.ศ.	2553

247095

## บทคัดย่อ

โครงการวิจัยเรื่องการศึกษาคุณสมบัติของกระดาษเยื่อเปลือกต้นสอยดาวเพื่อการผลิตกระดาษเหนียวประเภทถุงชั้นเดียว มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเยื่อกระดาษจากเปลือกต้นสอยดาว เพื่อหาความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการแยกเยื่อ และเพื่อศึกษาอัตราส่วนระหว่างเยื่อเปลือกต้นสอยดาว เยื่อกราฟต์ต่อคุณสมบัติด้านกายภาพและด้านเชิงกลของกระดาษ โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมกระดาษเหนียวประเภทถุงชั้นเดียว ในการทำวิจัยเชิงทดสอบ นำเปลือกต้นสอยดาวมาหองค์ประกอบทางเคมีพบว่าเปลือกต้นสอยดาวมีปริมาณเถ้า 10.5% การละลายในโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1% NaOH) 51.3% ปริมาณเพนโทซาน 11.1% ปริมาณลิกนิน 28% ไฮโลเซลลูโลส 46.8% อัลฟาเซลลูโลส 36% เบต้าเซลลูโลส 3.6% แกมมาเซลลูโลส 7.2% นำเปลือกต้นสอยดาวต้มด้วยเคมีโดยใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 9, 12, 15 และ 18 ของน้ำหนักแห้ง เพื่อหาปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม ทำการขึ้นแผ่นกระดาษทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลหลังจากการทดสอบสมบัติกระดาษพบว่าสมบัติเยื่อที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ของน้ำหนักแห้ง มีปริมาณผลผลิตเยื่อมากที่สุดถึงร้อยละ 36.33 ของน้ำหนักแห้ง นำเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ของน้ำหนักแห้งมาทำการผสมกับเยื่อกราฟต์ที่อัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 โดยน้ำหนักเยื่อตามลำดับใส่สารเติมแต่งคือสารต้านทางการซึมน้ำอัลคิลคีทิน ไวเมอร์ในปริมาณคงที่ร้อยละ 1 ของน้ำหนักแห้ง ทำการขึ้นแผ่นกระดาษทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล หลังจากทดสอบสมบัติของกระดาษพบว่าคุณสมบัติที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาว 100: เยื่อกราฟต์ 0 มีคุณสมบัติในด้านความต้านทานการดูดซึมน้ำแบบคอบบ์ 28.74 กรัมต่อตารางเมตร ค่าความต้านแรงฉีกขาด 1093.32 เมตรนิว

ตัน และค่าความต้านแรงคันทะลุ 325.5 กิโลพาสคัล ซึ่งผ่านตามที่มาตรฐานอุตสาหกรรมกระดาษ  
เหนียว ประเภทง้วนเดี่ยวกำหนด

คำสำคัญ : เยื่อเปลือกต้นสอยดาว / เยื่อกราฟท์ / มาตรฐานอุตสาหกรรมกระดาษเหนียว ประเภทง้วน  
เดี่ยว

Research Projectn Title Study of properties of paper made from Mallotus paniculatus pulp for  
 production of Kraft paper type shopping bag  
 Credits 6  
 Candidate Miss Navarat Chutipinyokun  
 Research Project Advisors Dr. Pichit Kajorndecha  
 Mr. Nitus Tipsotnaiyana  
 Program Master of Science  
 Field of Study Printing Technology  
 Department Printing and Packaging Technology  
 Faculty Industrial Education and Technology  
 B.E. 2553

247095

#### Abstract

This research project is a study of Study of properties of paper made from Mallotus paniculatus pulp for production of Kraft paper type shopping bag. The objective of this research project is to study the feasibility of producing Mallotus paniculatos pulp, to find the best concentration of sodium hydroxide for the pulping process of Mallotus paniculatos pulp, and to study the properties of physical and mechanical of Mallotus paniculatus pulp and Kraft pulp. It compared Thai industrial standard of kraft paper type shopping bag. In the experiment, Mallotus paniculatos pulp had Ash content of 10.5%, 1% NaOH solubility of 51.3%, Pentosan content of 11.1%, Lignin content of 28%, Holocellulose of 46.8%, Alpha cellulose 36%, Beta cellulose of 3.6% and Gamma cellulose 7.2%. The Mallotus paniculatos pulp was produced by Chemical pulping with sodium hydroxide which has the concentration of 9%, 12%, 15% and 18% (based on dry pulp weight), and to test the properties of physical and mechanical of Mallotus paniculatos pulp. The result shows. That the concentration of sodium hydroxide at 15% give yield of 36.33%. Pulp from Mallotus paniculatos was obtained by chemical process using 15% sodium hydroxide (based on dry pulp weight). Mallotus paniculatus pulps were mixed with kraft pulp in the ratio of 0:100, 75:25, 50:50, 25:75 and 100:0. Alkyl Ketene Dimer Startch at 1% (based on dry pulp weight) were used as an additive. The paper sheet was made and the paper properties were tested the properties of physical and mechanical. Among the ratio tested, 100:0 gave the best result. It had Cobb test of 28.74 g/m<sup>2</sup>, Tear strength of 29.5 mN and Burst strength of 325.5 kPa which has been Thai industrial standard.

247095

0

Keywords : *Mallotus paniculatus* pulp / Kraft pulp / Thai industrial standard of kraft  
paper type shopping bag

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออันดียิ่ง จึงกราบขอบพระคุณ ดร.พิชิต ขจรเดชะ และอาจารย์นิทัศน์ ทิพย์โสตนัยนา ที่ปรึกษางานวิจัยนี้ ซึ่งได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และความช่วยเหลือในหลายสิ่งหลายอย่าง จนกระทั่งลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เชื้อชาย ทิพย์สมบัติบุญ ที่คอยชี้แนะให้ข้อมูล ความรู้ เกี่ยวกับต้นสอยดาวและกระดาศสอยดาว

ขอกราบขอบพระคุณ คุณจรรยา ชงไชย คุณยุทธนาพงศ์ แดงเพ็ง และ คุณขวัญใจ สมบุญ และเจ้าหน้าที่กรมวิทยาศาสตร์บริการที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน ช่วยแนะนำและแก้ไขปัญหาในขั้นตอนการทำงาน การใช้เครื่องมืออุปกรณ์ๆ ทั้งการให้คำปรึกษาให้งานวิจัยนี้สำเร็จเสร็จสิ้นไปได้ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณประธานกรรมการสอบ ผศ.ดร. วาริช ศรีละออง และ กรรมการสอบ รศ.ดร.สุชปา เนตรประดิษฐ์ ดร.พิชิต ขจรเดชะ อาจารย์นิทัศน์ ทิพย์โสตนัยนา ที่ให้ความกรุณาในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของงานวิจัย ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรณรักษ์ณ์ ที่ได้ให้ความรู้ให้คำแนะนำตลอดการศึกษาที่ผ่านมา

ขอขอบคุณ นายสุวพิชญ์ ไพจิตรวโรดม นายภาคภูมิ ตริธรรมพินิจ นายณัฐพงศ์ ขุนอาสา นางสาวรัศมี นาคทับทิม และบุคคลอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงที่มีส่วนร่วมทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วง

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๘
กิตติกรรมประกาศ	๙
สารบัญ	๗
รายการตาราง	๑๑
รายการรูปประกอบ	๑๑
<b>บทที่</b>	
<b>1. บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น	3
1.6 นิยามศัพท์	3
<b>2: ทฤษฎีสัมพันธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>5</b>
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับต้นสอยดาว	5
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเชื้อเคมีชนิดฟอกขาว	7
2.3 แหล่งเส้นใยพืชในการผลิตเชื้อกระดาษ	8
2.4 องค์ประกอบทางเคมีของไม้	9
2.5 องค์ประกอบของกระดาษ	11
2.6 กระบวนการผลิตเชื้อและกระดาษ	15

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 คุณสมบัติกระดาษ	23
2.8 มาตรฐานการทดสอบกระดาษ	37
2.9 ประเภทมาตรฐาน	41
2.10 กระบวนการฟอกเยื่อกระดาษ	42
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	54
<b>3. วิธีการดำเนินการศึกษา</b>	<b>57</b>
3.1 วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทำงาน	57
3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย	59
<b>4. ผลการทดลอง</b>	<b>67</b>
4.1 การเตรียมเปลือกต้นสอยดาว	67
4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปลือกต้นสอยดาว	67
4.3 การหาปริมาณไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการด้นเปลือกต้นสอยดาว	69
4.4 การศึกษาสมบัติของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวกับ เยื่อกราฟท์ในอัตราส่วนต่างๆ	79
4.5 การศึกษาสมบัติของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ฟอกด้วย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ปริมาณต่างๆ	86
<b>5. สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ</b>	<b>92</b>
5.1 สรุปผลการทดลอง	92
5.2 อภิปรายผล	93
5.3 ข้อเสนอแนะ	94

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	95
ภาคผนวก	
ก. ตารางบันทึกผลการทดสอบคุณสมบัติของกระดาษ	97
ข. ภาพกระดาษที่ได้จากการทำงานวิจัย	111
ค. มาตรฐานอุตสาหกรรมกระดาษเหนียว ประเภทสูงชั้นเดียว	117
ประวัติผู้วิจัย	130

## รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน	10
2.2 แสดงคุณสมบัติของสารสีย้อมชนิดต่างๆ	14
2.3 แสดงสารเคมี สัญลักษณ์ และชื่อขั้นตอนการฟอกเยื่อ	18
2.4 แสดงสัญลักษณ์ของขั้นตอนกาฟอกเยื่อและสารเคมีที่ใช้ในการฟอกเยื่อ	44
2.5 แสดงปริมาณสารเคมีที่ใช้และสภาวะการฟอกเยื่อ	49
3.1 แสดงสภาวะการต้มเยื่อ	60
3.2 แสดงสภาวะน้ำเยื่อ	63
3.3 แสดงสภาวะการฟอกเยื่อ	65
4.1 แสดงผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกต้นสอยดาว	68
4.2 แสดงผลผลิตเยื่อเปลือกต้นสอยดาว ความสิ้นเปลืองของสาร โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ และค่า Kappa number	69
4.3 แสดงสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณต่างๆ	73
4.4 แสดงสมบัติของกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ผสมกับเยื่อคราฟท์ในอัตราส่วนต่างๆ เปรียบเทียบมาตรฐานอุตสาหกรรมกระดาษเหนียวประเภทสูงชั้นเดียว	80
4.5 แสดงสมบัติของกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ทำการฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	86
ก.1 แสดงค่าน้ำหนักมาตรฐาน(Basis Weight g)แผ่นกระดาษทดสอบเพื่อหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการต้มเปลือกต้นสอยดาว	98
ก.2 แสดงค่าความหนา (Thickness mm) แผ่นกระดาษทดสอบเพื่อหาปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการต้มเปลือกต้นสอยดาว	99

## รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ก.3 แสดงค่าความต้านแรงดึงขาด (Tensile Strength kN/m) แผ่นกระดาษทดสอบเพื่อหาปริมาณ โขเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการดันเปลือกต้นสอยดาว	100
ก.4 แสดงค่าความต้านแรงฉีกขาด (Tear Strength mN ) แผ่นกระดาษทดสอบเพื่อหาปริมาณ โขเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการดันเปลือกต้นสอยดาว	101
ก.5 แสดงค่าความต้านแรงดันทะลุ (Bursting Strength kPa) แผ่นกระดาษทดสอบเพื่อหาปริมาณ โขเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการดันเปลือกต้นสอยดาว	102
ก.6 แสดงค่าน้ำหนักมาตรฐาน (Basis Weight g) แผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวกับเยื่อกราฟท์ในอัตราส่วนต่างๆ	103
ก.7 แสดงค่าความต้านแรงฉีกขาด (Tear Strength mN) แผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวกับเยื่อกราฟท์ในอัตราส่วนต่างๆ	104
ก.8 แสดงค่าความต้านแรงดันทะลุ (Bursting Strength kPa) แผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวกับเยื่อกราฟท์ในอัตราส่วนต่างๆ	105
ก.9 แสดงค่าความต้านการซึมน้ำ (Cobb Test g/m <sup>2</sup> ) แผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวกับเยื่อกราฟท์ในอัตราส่วนต่างๆ	106
ก.10 แสดงค่าแสดงค่าน้ำหนักมาตรฐาน (Basis Weight g) แผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ปริมาณต่างๆ	107
ก.11 แสดงค่าความหนา (Thickness mm) แผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ปริมาณต่างๆ	108
ก.12 แสดงค่าความต้านแรงฉีกขาด (Tear Strength mN) แผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ปริมาณต่างๆ	109
ก.13 ค่าความต้านแรงดันทะลุ (Bursting Strength kPa) แผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ปริมาณต่างๆ	110

## รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 ใบของต้นสอยดาว	6
2.2 ลำต้นของต้นสอยดาว	6
2.3 ต้นสอยดาว	7
2.4 เยื่อเคมีชนิดฟอกขาว	8
2.5 Molecular structure of cellulose, Schematic	11
2.6 แสดงโครงสร้างของลิกนิน	11
2.7 แสดงการผลิตเยื่อเชิงกล	16
2.8 แสดงหม้อต้มเยื่อแบบเดี่ยว (Batch Digester)	17
2.9 แสดงหม้อต้มเยื่อแบบต่อเนื่อง (Continuous Digester)	17
2.10 แสดงแผนผังแสดงกระบวนการผลิตกระดาษ	19
2.11 แสดงเครื่องมือที่ใช้วัดน้ำหนักมาตรฐาน	23
2.12 แสดงวิธีตรวจสอบความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ (Formation)	24
2.13 แสดงการตรวจสอบทิศทางของเส้นใยโดยดูการโค้งงอของกระดาษ	25
2.14 แสดงการตรวจสอบทิศทางของเส้นใยโดยการฉีกกระดาษ	26
2.15 แสดงการตรวจสอบทิศทางของเส้นใยโดยการพับกระดาษ	26
2.16 แสดงการตรวจสอบทิศทางของเส้นใยโดยดูความทรงรูป	26
2.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น และความเครียดของกระดาษ	29
2.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง และความยืดของกระดาษ A และ B	30
2.19 แสดงรอยแตกของชั้นทดสอบในการทดสอบความต้านแรงดันทะลุ	32
2.20 แสดงกระบวนการฟอกเยื่อแบบดั้งเดิม	44
2.21 แสดง chlorine-water equilibrium as function of pH	45
2.22 แสดงปฏิกิริยา addition	46
2.23 แสดงปฏิกิริยา Substitution	46

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
2.24 แสดงปฏิกิริยา Oxidation	47
2.25 แสดงกระบวนการฟอกเยื่อแบบปราศจากราคูลอรีน	50
2.26 แสดงปฏิกิริยาเคมี (Chemical Reactions)	51
2.27 แสดงปฏิกิริยาของออกซิเจนทำปฏิกิริยากับลิกนิน	52
2.28 แสดงไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะทำปฏิกิริยา oxidation กับลิกนิน	53
4.1 แสดงค่าผลผลิตเยื่อ (Yield) ของเปลือกต้นสอยดาวที่ได้จากการต้มด้วยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 9, 12, 15 และ 18 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	70
4.2 แสดงปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป (ร้อยละของโซเดียมไฮดรอกไซด์) ในการต้มเยื่อเปลือกต้นสอยดาวโดยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 9, 12, 15 และ 18 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	71
4.3 แสดงค่า Kappa number ของเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 9, 12, 15 และ 18 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	72
4.4 แสดงค่าน้ำหนักมาตรฐานของแผ่นกระดาษทดสอบจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 9, 12, 15 และ 18 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	74
4.5 แสดงค่าความหนาของแผ่นกระดาษทดสอบจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 9, 12, 15 และ 18 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	75
4.6 แสดงค่าดัชนีความต้านแรงดึงขาดของแผ่นกระดาษทดสอบจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 9, 12, 15 และ 18 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	76
4.7 แสดงค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดของแผ่นกระดาษทดสอบจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 9, 12, 15 และ 18 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	77
4.8 แสดงค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดของแผ่นกระดาษทดสอบจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 9, 12, 15 และ 18 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	78

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.9 แสดงค่าพรีเนสของแผ่นกระดาษทดสอบจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 9, 12, 15 และ 18 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	79
4.10 แสดงค่าน้ำหนักมาตรฐานของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากการผสมระหว่างเยื่อเปลือกต้นสอยดาวและเยื่อกราฟท์ที่อัตราส่วนต่างๆ	81
4.11 แสดงปริมาณความชื้นของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากการผสมระหว่างเยื่อเปลือกต้นสอยดาวและเยื่อกราฟท์ที่อัตราส่วนต่างๆ	82
4.12 แสดงค่าความต้านการดูดซึมน้ำของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากการผสมระหว่างเยื่อเปลือกต้นสอยดาวและเยื่อกราฟท์ที่อัตราส่วนต่างๆ	83
4.13 แสดงค่าความต้านแรงฉีกขาดของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากการผสมระหว่างเยื่อเปลือกต้นสอยดาวและเยื่อกราฟท์ที่อัตราส่วนต่างๆ	84
4.14 แสดงค่าความต้านแรงดันทะลุของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากการผสมระหว่างเยื่อเปลือกต้นสอยดาวและเยื่อกราฟท์ที่อัตราส่วนต่างๆ	85
4.15 แสดงน้ำหนักมาตรฐานของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณ 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	87
4.16 แสดงค่าความหนาของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณ 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	88
4.17 แสดงค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณ 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	89
4.18 แสดงค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณ 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	90
4.19 แสดงค่าความขาวสว่างของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากเยื่อเปลือกต้นสอยดาวที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณ 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	91

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
ข.1 กระจายทดสอบจากเชื้อเปลือกต้นสอยดาวที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 9 ของน้ำหนักแห้ง	111
ข.2 กระจายทดสอบจากเชื้อเปลือกต้นสอยดาวที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 12 ของน้ำหนักแห้ง	112
ข.3 กระจายทดสอบจากเชื้อเปลือกต้นสอยดาวที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ของน้ำหนักแห้ง	112
ข.4 กระจายทดสอบจากเชื้อเปลือกต้นสอยดาวที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 18 ของน้ำหนักแห้ง	113
ข.5 กระจายทดสอบจากเชื้อเปลือกต้นสอยดาวที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ของน้ำหนักแห้ง เชื้อเปลือกต้นสอยดาว 100 : เชื้อคราฟท์ 0	114
ข.6 กระจายทดสอบจากเชื้อเปลือกต้นสอยดาวที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ของน้ำหนักแห้ง เชื้อเปลือกต้นสอยดาว 75 : เชื้อคราฟท์ 25	114
ข.7 กระจายทดสอบจากเชื้อเปลือกต้นสอยดาวที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ของน้ำหนักแห้ง เชื้อเปลือกต้นสอยดาว 50 : เชื้อคราฟท์ 50	114
ข.8 กระจายทดสอบจากเชื้อเปลือกต้นสอยดาวที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ของน้ำหนักแห้ง เชื้อเปลือกต้นสอยดาว 25 : เชื้อคราฟท์ 75	115
ข.9 กระจายทดสอบจากเชื้อเปลือกต้นสอยดาวที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ของน้ำหนักแห้ง เชื้อเปลือกต้นสอยดาว 0 : เชื้อคราฟท์ 100	115
ข.10 กระจายทดสอบจากเชื้อเปลือกต้นสอยดาวที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ของน้ำหนักเชื้อแห้ง ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 10 ของน้ำหนักเชื้อแห้ง	116
ข.11 กระจายทดสอบจากเชื้อเปลือกต้นสอยดาวที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ของน้ำหนักเชื้อแห้ง ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 15 ของน้ำหนักเชื้อแห้ง	116

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
ข.12 กระจายทดสอบจากเชื้อเปลือกต้นสอยดาวที่ต้มด้วยไฮเดรียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 15 ของน้ำหนักเชื้อแห้ง ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 20 ของน้ำหนักเชื้อแห้ง	116