



การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเยื่อกระดาษจากดอกธูปฤาษี



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. 2544

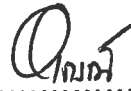
ISBN 974-664-809-8

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤาษี



นางอากรณ์ สือสังวาลย์

ผู้วิจัย



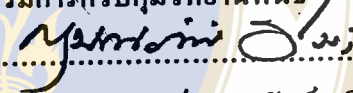
อาจารย์สมพงษ์ ชงไชย วท.ม.

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



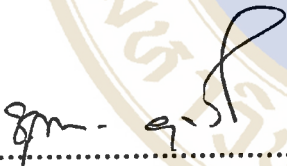
รองศาสตราจารย์รุ่งจรัส หุตะเจริญ วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



ผู้ช่วยศาสตราจารย์กฤษณรักษ์ ชีร์รัฐ วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



อาจารย์ชุมพร ชูวีรี วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุจิระ ขอบจิตต์เมตต์ วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



ศาสตราจารย์เลียงชัย ลี้มล้อมวงศ์ Ph.d.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย



รองศาสตราจารย์รุ่งจรัส หุตะเจริญ วท.ม.

ประธานคณะกรรมการประจำหลักสูตร

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยี

ที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกกุหลาบ
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

วันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2544



นางอาภรณ์ ลือสังวาลย์


ผู้วิจัย

อาจารย์สมพงษ์ ธงไชย วท.ม.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์รุ่งจรัส หุตะเจริญ วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....
อาจารย์สมนึก ตั้งขันหนู Ph.D

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กฤษณรัักษ์ ซีร์รัฐ วท.ม

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....
ศาสตราจารย์เลียงชัย ลิมล่อมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล


.....
อาจารย์ชุมพร สุวรี วท.ม

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุจิระ ขอจิตต์เมตต์ วท.ม

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....
รองศาสตราจารย์อนุชาติ พวงสำลี Ph.D.

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของคณะอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย อาจารย์สมพงษ์ ชงไชย อาจารย์สุจิระ ขอบจิตต์เมตต์ อาจารย์รุ่งจรัส หุตะเจริญ อาจารย์กฤษณรักษ์ ธีร์รัฐ อาจารย์ชุมพร ยูวรี และอาจารย์สมนึก สังข์หนู ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบคุณคุณคุณจรรยา ชงไชย คุณจิระศักดิ์ ชัยสนิท คุณธีระชัย รัตนโรจน์มงคล รวมถึงเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเชื้อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ทุก ๆ ท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และแก้ไขข้อบกพร่องในระหว่างปฏิบัติงานทดลอง

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา สามี และบุตรธิดา ตลอดจนเพื่อนร่วมงานครู อาจารย์วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรีทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจอย่างดีมาตลอด

ประโยชน์อันใดที่พึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขออุทิศแก่สังคม และประเทศชาติในการที่จะได้มีส่วนสร้างสรรค์งานพัฒนาด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร

อาภรณ์ ส้อสังวาลย์

3937745 ENAT / M : สาขาวิชา : เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร ; วท.ม.
(เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร)

คำสำคัญ : เชื้อกระดาษ / เส้นใยดอกธูปฤาษี

อาภรณ์ ลือสังวาลย์ : การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤาษี
(THE FEASIBILITY STUDY ON PULP PROCESSING FROM CATTAIL PISTILLATE)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : สมพงษ์ ธงไชย, วท.ม., รุ่งจรัส หุตะเจริญ, วท.ม.,
กฤษณรักษ์ วีร์รัฐ, วท.ม., ชุมพร ยวรี, วท.ม., สุจิระ ขอบจิตต์เมตต์, วท.ม., 83 หน้า.

ISBN 974-664-809-8

การศึกษาวิจัยการสร้างมูลค่าเพิ่มจากทรัพยากรพืชคือเส้นใยดอกธูปฤาษี เพื่อใช้เป็น
วัตถุดิบในการผลิตเชื้อกระดาษ ด้วยหลักการและวิธีการผลิตเชื้อกระดาษจากปอสาเชิงหัตถกรรม
ในห้องปฏิบัติการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอก
ธูปฤาษี

ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอก
ธูปฤาษีด้วยกระบวนการผลิตเชื้อแบบโซดา เพื่อแปรสภาพเส้นใยดอกธูปฤาษีเป็นเชื้อกระดาษ
และด้วยกระบวนการฟอกเชื้อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เพื่อเพิ่มค่าความขาวสว่างของเชื้อ
ด้านวัตถุดิบพบว่า ดอกธูปฤาษีในระยะดอกแก่ที่มีศักยภาพเหมาะสม เนื่องจากเส้นใยมีโครงสร้าง
สมบูรณ์ ด้านกระบวนการผลิตเชื้อดอกธูปฤาษีพบว่าสภาวะที่เหมาะสมใช้ปริมาณ โซเดียม
ไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง และกระบวนการฟอกเชื้อดอกธูปฤาษีด้วย
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความขาวสว่างเชื้อมีค่า
เพิ่มขึ้นโดยคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และผลิตภัณฑ์เชื้อดอกธูปฤาษี
มีศักยภาพสามารถทำแผ่นกระดาษเพื่อใช้ประโยชน์ได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้ การผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤาษีด้วยกระบวนการ
ผลิตที่ได้ศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการ ควรได้วิจัยและพัฒนาไปสู่กระบวนการผลิตระดับ
หัตถอุตสาหกรรมในครัวเรือนเช่นเดียวกับการผลิตเชื้อกระดาษจากปอสา เพื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์
ความรู้ไปสู่ชุมชนในพื้นที่ที่มีการแพร่กระจายของต้นธูปฤาษีต่อไป

3937745 ENAT / M : MAJOR : APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR RESOURCE DEVELOPMENT; M.Sc. (APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR RESOURCE DEVELOPMENT)

KEY WORDS : PAPER PULP / CATTAIL PISTILLATE

APORN LAWSANGWAL: THE FEASIBILITY STUDY ON PULP PROCESSING FROM CATTAIL PISTILLATE. THESIS ADVISOR : SOMPONG THONGCHAI, M.Sc., RUNGJARAT HUTACHAROEN, M.Sc., CHUMPORN YUWAREE, M.Sc., GRITSANARUCK THEERARAJ, M.Sc., SUJIRA KHOJIMATE, M.Sc., 83 p., ISBN 974-664-809-8

This study investigated the feasibility of using Cattail pistillate as a raw material in paper pulp processing. The principles as well as method used were like the processing of Mulberry paper pulp.

The results indicated the feasibility of Soda process with a 6 per cent optimal solution of Sodium hydroxide. The method used changed Cattail pistillate to paper pulp. Then hydrogen peroxide bleaching was used to increase its brightness. It was found that mature Cattail pistillate was most suitable of the process.

In order to make this available to the community, it is suggested that the process be researched and developed into a handicraft and this might lead to a local handicraft industry.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ญ
สารบัญแผนภูมิ	ฎ
คำย่อที่ใช้ในการวิจัย	ฐ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 แนวคิดในการศึกษา	4
1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย	6
1.4 ขอบเขตการศึกษา	6
1.5 คำนียามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	8
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	10
2. บททบทวนวรรณกรรม	11
2.1 การฟอกเชื้อกระดาษด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	11
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
3. วิธีการวิจัย	17
3.1 ขั้นตอนการเตรียมการวิจัย	18
3.2 ขั้นตอนการออกแบบการวิจัย	19
3.3 ขั้นตอนการทดลองในห้องปฏิบัติการ	24
3.4 ขั้นตอนการประมวลผล วิเคราะห์ผล และอภิปรายผล	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. ผลการศึกษา	26
4.1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถ่าย	26
4.2 ผลการศึกษาวิเคราะห์ขนาดเส้นใยเชื่อมดอกรูปถ่าย	28
4.3 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษ จากดอกรูปถ่าย	29
5. อภิปรายผล	48
5.1 ด้านคุณสมบัติวัตถุดิบเพื่อการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกรูปถ่าย	48
5.2 ด้านการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกรูปถ่าย	49
5.3 ด้านการประเมินคุณภาพเชื้อดอกรูปถ่าย	51
5.4 การอภิปรายผลเพื่อนำไปสู่การผลิตเชื้อดอกรูปถ่ายเชิงหัตถกรรม	53
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	55
6.1 สรุปผลการศึกษาทดลอง	55
6.2 ข้อเสนอแนะ	57
รายการอ้างอิง	59
ภาคผนวก ก. การปฏิบัติการทดลอง และผลการทดลองเพิ่มเติม	64
ภาคผนวก ข. รูปประกอบการศึกษา	75
ประวัติผู้วิจัย	83

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ปริมาณอุปสงค์อุปทานของกระดาศชนิดต่าง ๆ	2
2. สภาวะการผลิตเชื้อดอกธูปฤาษีด้วยกระบวนการผลิตเชื้อแบบโซดา	21
3. สภาวะการฟอกเชื้อดอกธูปฤาษีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	23
4. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดอกธูปฤาษี	26
5. ข้อมูลค่าเฉลี่ยขนาดเส้นใยเชื้อดอกธูปฤาษี	28
6. ข้อมูลค่าเฉลี่ยผลผลิตเชื้อและปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้	29
7. ข้อมูลค่าเฉลี่ยผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพเชื้อดอกธูปฤาษี	30
8. ข้อมูลผลผลิตเชื้อดอกธูปฤาษีฟอกขาวและปริมาณ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอก	42
9. ข้อมูลค่าเฉลี่ยผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพเชื้อดอกธูปฤาษีฟอกขาว	43
10. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพเชื้อดอกธูปฤาษีฟอกขาวทางสถิติ (F-test)	46
11. เปรียบเทียบสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อดอกธูปฤาษีกับสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อปอสา	47
12. เปรียบเทียบผลการฟอกเชื้อดอกธูปฤาษีและการฟอกเชื้อปอสาที่ปริมาณ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 4 ของน้ำหนักเชื้ออบแห้ง	51
13. เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพเชื้อดอกธูปฤาษี	53
14. คุณสมบัติทางกายภาพเชื้อดอกธูปฤาษีก่อนการฟอกและหลังการฟอก	54
ตารางผนวกที่	
1. ข้อมูลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดอกธูปฤาษีกลุ่มดอกอ่อน	66
2. ข้อมูลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดอกธูปฤาษีกลุ่มดอกอายุปานกลาง	67
3. ข้อมูลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดอกธูปฤาษีกลุ่มดอกแก่	68
4. ข้อมูลการทดลองผลิตเชื้อดอกธูปฤาษีจากวัตถุดิบเส้นใยดอกอ่อนปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง	69

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
5. ข้อมูลการทดลองผลิตเชื้อดอกรูปถุณีจากวัดถุดิบเส้นใยดอกอ่อน ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง	69
6. ข้อมูลการทดลองผลิตเชื้อดอกรูปถุณีจากวัดถุดิบเส้นใยดอกอ่อน ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง	70
7. ข้อมูลการทดลองผลิตเชื้อดอกรูปถุณีจากวัดถุดิบเส้นใยดอกอ่อน ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง	70
8. ข้อมูลการทดลองผลิตเชื้อดอกรูปถุณีจากวัดถุดิบเส้นใยดอกอายุปานกลาง ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง	71
9. ข้อมูลการทดลองผลิตเชื้อดอกรูปถุณีจากวัดถุดิบเส้นใยดอกอายุปานกลาง ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง	71
10. ข้อมูลการทดลองผลิตเชื้อดอกรูปถุณีจากวัดถุดิบเส้นใยดอกอายุปานกลาง ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง	72
11. ข้อมูลการทดลองผลิตเชื้อดอกรูปถุณีจากวัดถุดิบเส้นใยดอกอายุปานกลาง ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง	72
12. ข้อมูลการทดลองผลิตเชื้อดอกรูปถุณีจากวัดถุดิบเส้นใยดอกแก่ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง	73
13. ข้อมูลการทดลองผลิตเชื้อดอกรูปถุณีจากวัดถุดิบเส้นใยดอกแก่ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง	73
14. ข้อมูลการทดลองผลิตเชื้อดอกรูปถุณีจากวัดถุดิบเส้นใยดอกแก่ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง	74
15. ข้อมูลการทดลองผลิตเชื้อดอกรูปถุณีจากวัดถุดิบเส้นใยดอกแก่ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง	74

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. กราฟเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพดอกรูปกล้วยี	27
2. กราฟเปรียบเทียบปริมาณ โขเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป ร้อยละ 4, 6, 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง	35
3. กราฟเปรียบเทียบปริมาณ โขเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไปในการผลิตเชื้อ (ร้อยละของ โขเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติม)	35
4. กราฟเปรียบเทียบค่าปริมาณลิกนิน ของเชื้อจากเส้นใยดอกอ่อน (P1) เชื้อจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง (P2) และเชื้อจากเส้นใยดอกแก่ (P3)	36
5. กราฟเปรียบเทียบค่าการอุ้มน้ำ ของเชื้อจากเส้นใยดอกอ่อน (P1) เชื้อจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง (P2) และเชื้อจากเส้นใยดอกแก่ (P3)	37
6. กราฟเปรียบเทียบ ค่าความขาวสว่างของเชื้อจากเส้นใยดอกอ่อน (P1) เส้นใยดอกอายุปานกลาง (P2) และเชื้อจากเส้นใยดอกแก่ (P3)	38
7. กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนีความต้านแรงดึง เชื้อจากเส้นใยดอกอ่อน (P1) เชื้อจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง (P2) และเชื้อจากเส้นใยดอกแก่ (P3)	39
8. กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาด เชื้อจากเส้นใยดอกอ่อน (P1) เชื้อจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง (P2) และเชื้อจากเส้นใยดอกแก่ (P3)	40
9. กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาด เชื้อจากเส้นใยดอกอ่อน (P1) เชื้อจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง (P2) และเชื้อจากเส้นใยดอกแก่ (P3)	41
10. กราฟเปรียบเทียบคุณสมบัติเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพเชื้อดอกรูปกล้วยีฟอกขาว ที่ปริมาณ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 2,3 และ 4 ของน้ำหนักเชื้ออบแห้ง	47

ภาพผนวกที่

1. ลักษณะดอกรูปกล้วยีระยะดอกอ่อน ดอกอายุปานกลางและดอกแก่	76
2. ลักษณะเส้นใยเชื้อดอกรูปกล้วยีขยาย 100เท่า	76
3. เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง	77
4. เครื่องทดสอบความต้านแรงฉีกขาด	77
5. เครื่องทดสอบความต้านแรงฉีกขาด	78

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
6. กล้องจุลทรรศน์พร้อมชุดคอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์	78
7. เครื่องวัดความขาวสว่าง	79
8. เครื่องทดสอบการอุ้มน้ำของเชื้อ	79
9. เครื่องทำแผ่นทดสอบมาตรฐาน	80
10. แผ่นทดสอบมาตรฐาน	80
11. เปรียบเทียบความแตกต่างของเชื้อดอกรูปถ้วยก่อนการฟอกและหลังการฟอก	81
12. เชื้อดอกรูปถ้วยฟอกขาวที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 2, 3 และ 4 ของน้ำหนักเชื้ออบแห้ง	81
13. การใช้ประโยชน์จากกระดาษดอกรูปถ้วย	82

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่	หน้า
1. เปรียบเทียบแนวคิดในการศึกษาวิจัย	5
2. ขั้นตอนการดำเนินงาน	17
3. เปรียบเทียบการผลิตเชื้อปอสาและการผลิตเชื้อดอกธูปฤๅษีเชิงหัตถกรรม	54
4. แนวทางการจัดการผลิตเชื้อดอกธูปฤๅษีเชิงหัตถกรรม	57



คำย่อที่ใช้ในการวิจัย

Tappi	Technical Association of the Pulp and Paper Industry
NaOH	Sodium Hydroxide
H ₂ O ₂	Hydrogenperoxide
%	Percent
kN.m / kg	kilonewton. Meter / Kilogram
N. m ² / kg	Newton. Square meter / Kilogram
k. Pa. m ² / g	kilo. Pascal. Square Meter / Gram
µm.	Micrometer
mm.	Millimeter
ml	Milliliter
Na ₂ S ₂ O ₃	Sodium Thiosulphate
°C	องศาเซลเซียส

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

นับแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน กระดาษเป็นวัสดุที่มีความสัมพันธ์กับการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ได้แก่ เพื่อการสื่อสาร การบันทึกเรื่องราวต่างๆ การบรรจุผลิตภัณฑ์ และอื่น ๆ วิธีทำกระดาษได้ถูกบันทึกเป็นหลักฐานครั้งแรกเมื่อประมาณห้าพันปีมาแล้ว โดยชาวอียิปต์คิดทำกระดาษจากต้นกกชนิดหนึ่งเรียกว่า พาไพรัส (Papyrus) มีวิธีทำอย่างง่ายโดยลอกเปลือกส่วนนอกของต้นพาไพรัส แล้วตัดให้เป็นแถบยาวบาง ประสานติดด้วยการร่อนจนขาวแห้งจึงนำไปใช้งาน ซึ่งนับเป็นจุดเริ่มต้นของการทำกระดาษ ต่อมาการคิดค้นกระบวนการผลิตกระดาษได้มีการพัฒนาโดยลำดับ จนถึงปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ช่วยให้การพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษมีประสิทธิภาพ ตอบสนองความต้องการใช้กระดาษที่เพิ่มมากขึ้น โดยวัตถุดิบหลักในการผลิตกระดาษคือ เส้นใย ซึ่งเป็นเซลลูโลสที่ได้จากส่วนต่างๆ ของพืช ทั้งที่เป็นพืชขึ้นต้น เช่น ไม้สน ไม้ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส ไม้โกกงาง ไม้เคี่ยมชาย ไม้ตะบะ ไม้กะบก ไม้สักพันคำ เป็นต้น จากพืชล้มลุก เช่น หญ้าจรวงบ หญ้าแฝก ฟางข้าว ชานอ้อย ใผ่ กก ปอกระเจา ป่าน เป็นต้น

กระดาษเป็นแผ่นวัสดุที่ได้จากการประสานติดกันของเส้นใยเล็ก ๆ ที่เรียกว่า เชื้อ (Pulp) กระจัดกระจายอยู่ในเนื้อกระดาษประมาณร้อยละ 70–95 ของน้ำหนักกระดาษ กระบวนการผลิตเชื้อเพื่อแยกส่วนของเส้นใยออกจากองค์ประกอบอื่น ๆ ของเนื้อไม้ ทำได้หลายวิธีคือ การผลิตเชื้อเชิงกล (Mechanical Pulping Process) การผลิตเชื้อเคมี (Chemical Pulping Process) และการผลิตเชื้อกึ่งเคมี (Semi-Chemical Pulping Process) เชื้อกระดาษจึงมีหลายชนิดตามกระบวนการผลิตเชื้อ ได้แก่ เชื้อเชิงกล เชื้อเคมี และเชื้อกึ่งเคมี เชื้อกระดาษแต่ละชนิดเมื่อนำมาขึ้นรูปทำแผ่นกระดาษ จะได้ผลิตภัณฑ์กระดาษต่างชนิดกัน มีคุณสมบัติแตกต่างกัน และปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณสมบัติของเชื้อกระดาษ คือชนิดของพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบ และสภาวะการผลิตเชื้อ

การใช้กระดาษแต่ละประเภท ผู้ใช้ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับการใช้งานประเภทต่าง ๆ โดยที่ความต้องการใช้กระดาษแต่ละประเภทมีปริมาณแตกต่างกัน ทั้งนี้สอดคล้องกับสภาพสังคม เศรษฐกิจ และอัตราการเพิ่มของประชากรแต่ละประเทศ สำหรับประเทศไทย ความต้องการใช้

กระดาษทุกประเภทมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังรายงานปริมาณอุปสงค์อุปทานกระดาษชนิดต่าง ๆ ของสมาคมอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษไทย แสดงให้เห็นความต้องการใช้เยื่อที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างปี 2538 – 2543 จาก 2.2 ล้านตัน เป็น 4.1 ล้านตัน

ตารางที่ 1 ปริมาณอุปสงค์อุปทานของกระดาษชนิดต่าง ๆ

ชนิดกระดาษ	2538	2539	2540	2541	2542	2543
Kraft Paper Demand	1,063,600	1,200,000	1,356,000	1,532,300	1,731,500	1,956,600
P & W paper Demand	402,000	434,000	494,000	561,000	637,000	724,000
Paperboard Demand	284,300	321,900	362,900	410,077	459,300	514,400
Sanitary Paper Demand	72,200	79,000	87,000	95,000	105,000	115,000
Newsprint Demand	371,700	416,300	466,300	522,300	585,000	655,200
Other paper Demand	74,800	83,800	93,900	105,200	117,800	131,900
Total Demand	2,268,400	2,535,000	2,860,100	3,225,877	3,635,600	4,097,100

ที่มา : รายงานของสมาคมอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษไทยปี พ.ศ. 2539

ปัจจุบันสถานการณ์การผลิตเยื่อกระดาษทุกประเภทในประเทศ ประสบปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ ประกอบกับแนวคิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเชิงอนุรักษ์ การผลิตเยื่อกระดาษจากพืชยืนต้นลดลง เนื่องจากพืชยืนต้นเป็นพืชที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจในตัวมากกว่าที่จะนำมาใช้ผลิตเยื่อกระดาษ อีกทั้งการตัดพืชยืนต้นจากป่าธรรมชาติเพื่อการผลิตเยื่อกระดาษเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ป่าไม้ถูกทำลายอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพสมดุลของระบบนิเวศโลก (Biosphere) แนวทางแก้ไขปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ เพื่อให้มีกระดาษใช้งานได้เพียงพอกับความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น ทำได้หลายวิธีได้แก่ การตั้งเข้าเยื่อกระดาษจากต่างประเทศ การปลูกพืชยืนต้นโตเร็วเช่น ต้นยูคาลิปตัส การนำกระดาษที่ใช้แล้วหมุนเวียนกลับเข้าสู่กระบวนการผลิต (Recycle) และการศึกษาวิจัยหาแหล่งวัตถุดิบจากพืชล้มลุก โดยเฉพาะวัชพืชที่มีอยู่มากมายหลายชนิด เพื่อเป็นแนวทางเลือกที่ช่วยให้มีแหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิตเยื่อกระดาษได้ในอนาคต

ต้นธูปฤาษี หรือต้นกกช้าง (*Typha sp*; Family Typhaceae) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่แพร่ขยายพันธุ์ทั่วไป ในประเทศไทยพบชนิดใบแคบ(Narrow Leaved Cattail ,*Typha Angustiifolia* Linn)(1) มีความสูงเฉลี่ย 1.50 - 3.00 เมตร เจริญเติบโตได้ดีในที่โล่งชื้นแฉะ พื้นที่ชุ่มน้ำ หนองน้ำตื้น ๆ หรือริมแหล่งน้ำทั่วไป มีอายุข้ามปีทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดีขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว

ด้วยหน่อ และเมล็ด การกำจัดทำลายทำได้ยาก ต้นรูปถ่ายจัดเป็นวัชพืชที่ก่อให้เกิดผลเสียด้านต่าง ๆ เช่น ด้านนิเวศวิทยา ด้านเศรษฐกิจ และสภาพสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ การที่ต้นรูปถ่ายขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วและหนาแน่น มีผลกระทบต่อแร่ธาตุในดินเนื่องจากถูกใช้เพื่อการเจริญเติบโตทำให้ดินเสื่อมสภาพเพราะขาดแร่ธาตุ เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ร้าย และเมื่อดอกรูปถ่ายเจริญเติบโตเต็มที่ช่อดอกจะแตกออก ส่วนของดอกตัวเมียพร้อมด้วยเมล็ดจะปลิวไปตามกระแสลมก่อให้เกิดความรำคาญต่อผู้ที่พักอาศัยในพื้นที่ใกล้เคียง ในทางการแพทย์จัดว่าเส้นใยดอกรูปถ่ายเป็นตัวเหนียวทำให้เกิดอาการภูมิแพ้ นอกจากนี้เมื่อดอกปลิวไปตกในพื้นที่ที่เหมาะสม เมล็ดที่ติดอยู่กับดอกจะงอกเป็นต้นใหม่แพร่ขยายพันธุ์ต่อไป การกำจัดทำลายแหล่งแพร่ขยายพันธุ์ต้นรูปถ่ายทำได้หลายวิธีเช่น การใช้แรงงานคน หรือเครื่องจักรกลตัดฟัน การเผา และการใช้สารเคมี ซึ่งต้องสูญเสียแรงงาน ค่าใช้จ่าย และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันมีแนวคิดในการจัดการเพื่อใช้ประโยชน์จากต้นรูปถ่ายแทนการกำจัดทำลาย จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยพบว่า ต้นรูปถ่ายเป็นพืชที่มีคุณค่าได้หากมีการศึกษาวิธีการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสม การศึกษาการใช้ประโยชน์จากส่วนต่าง ๆ ของต้นรูปถ่าย อาทิเช่น (1) การให้ออกซิเจนในน้ำเสียของรูปถ่าย (2) การบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีในพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมโดยใช้กกกลม และรูปถ่าย (3) การผลิตเชื้อปราศจากโรคคลอรินจากรูปถ่ายและกกกลม (4) การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากรูปถ่าย (5) การศึกษาเส้นใยจากรูปถ่ายเพื่อใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ (6) การเก็บรักษารูปถ่ายเพื่อทำดอกไม้แห้ง (7) การศึกษา เหล่านี้แสดงให้เห็นว่าต้นรูปถ่ายเป็นพืชที่มีคุณค่าได้ด้วยการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

ส่วนของรูปถ่ายที่ผู้วิจัยเห็นว่าควรศึกษา เพื่อนำมาใช้ประโยชน์อีกส่วนหนึ่งคือ ดอกรูปถ่าย จากการศึกษาข้อมูลด้านพฤกษศาสตร์ ดอกรูปถ่ายมีลักษณะพิเศษคือ ดอกมีลักษณะเป็นช่อ (Spike) ดอกย่อยแยกเพศ ดอกตัวผู้ (Staminate) อยู่ตอนบนของช่อและหลุดร่วงไปก่อน และดอกตัวเมีย (Pistillate) อยู่ใต้ดอกตัวผู้ มีลักษณะเป็นทรงกระบอก (Spadix) คล้ายรูปขนาดใหญ่มาก ลักษณะเป็นเส้นใยเล็ก ๆ ลักษณะเรียวยาว ดอกตัวเมียแต่ละดอกจะมีอับเรณู 1 อัน ภายหลังดอกได้รับการผสมเกสรจากดอกตัวผู้ อับเรณูจะเปลี่ยนสภาพเป็นเมล็ด ดังนั้นเมื่อนักวิจัยนำรูปถ่ายออกดู จะสังเกตเห็นเส้นใยดอกจำนวนมากอัดแน่นอยู่ เส้นใยเหล่านี้เป็นส่วนของเซลล์พืชที่สร้างขึ้น ผู้วิจัยเห็นว่าควร ได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อนำเส้นใยดอกรูปถ่ายมาใช้ประโยชน์ เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ ผลที่คาดว่าจะได้รับการศึกษาวิจัยคือ เพื่อเป็นแนวทางการศึกษาหาแหล่งวัตถุดิบ

สำหรับการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกกุหลาบ ให้ได้ผลิตภัณฑ์กระดาษที่มีคุณสมบัติเหมาะสมใช้งานได้ ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากดอกกุหลาบ และลดอัตราการขยายพันธุ์ของต้นกุหลาบได้อีกด้วย

1.2 แนวคิดในการศึกษา

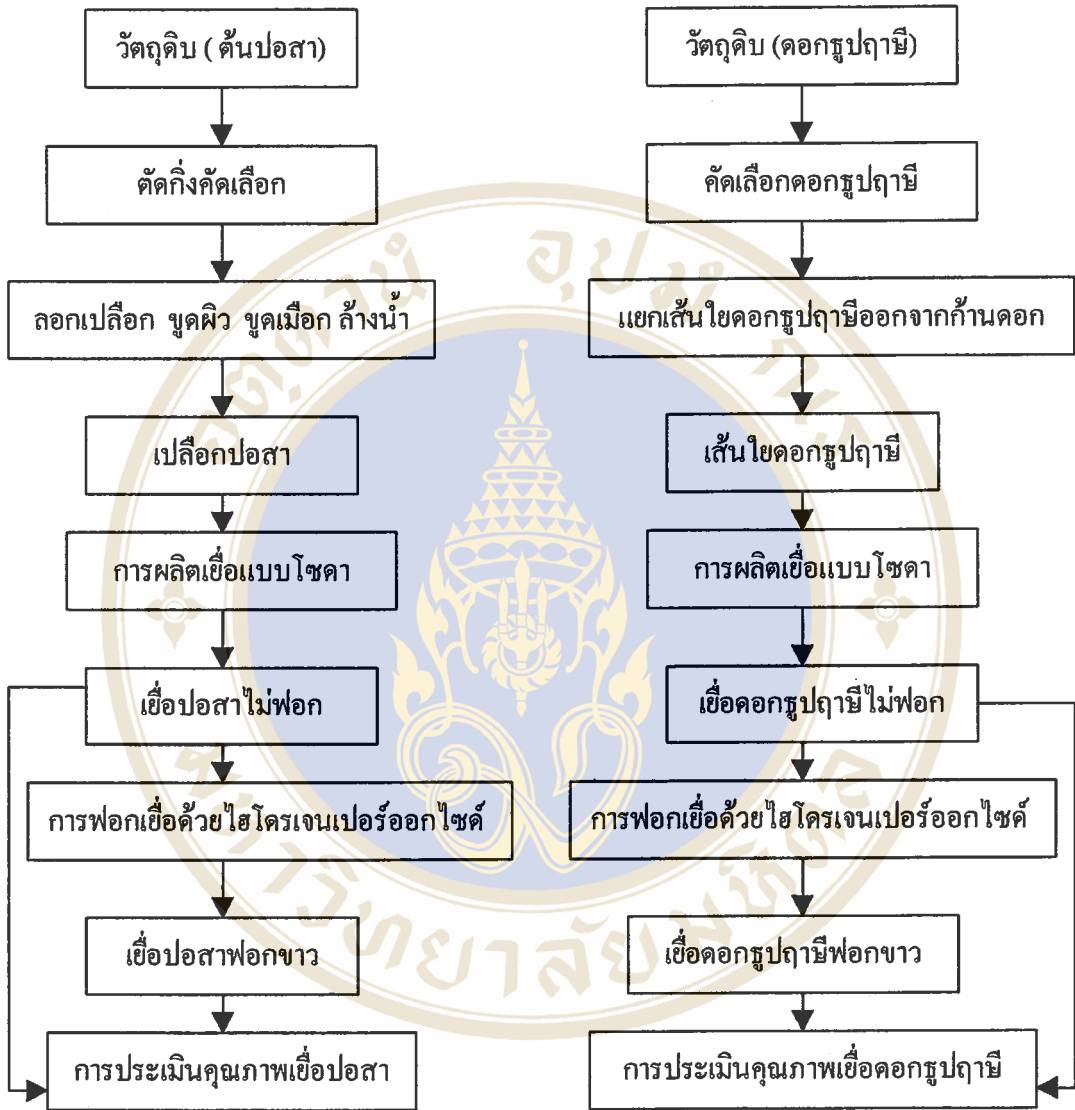
จากการสังเกตลักษณะดอกกุหลาบประกอบด้วยเส้นใยจำนวนมาก เส้นใยเหล่านี้คือ กลีบดอกตัวเมีย ซึ่งเป็นเซลล์ลูโลสที่พืชสร้างขึ้น จึงมีแนวความคิดที่จะนำเส้นใยดอกกุหลาบมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อกระดาษ โดยที่ระบบการผลิตเชื้อและกระดาษแบ่งการผลิตออกได้ 2 ระบบ คือ การผลิตเชิงอุตสาหกรรม และการผลิตเชิงหัตถกรรม ในการศึกษาวิจัยการผลิตเชื้อกระดาษจากเส้นใยดอกกุหลาบ เนื่องจากปริมาณวัตถุดิบเส้นใยดอกกุหลาบในธรรมชาติ มีปริมาณไม่มากพอที่จะใช้ในกระบวนการผลิตเชิงอุตสาหกรรม ดังนั้นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกกุหลาบ จึงสนใจศึกษากระบวนการผลิตเชื้อกระดาษเชิงหัตถกรรม

การผลิตเชื้อและกระดาษเชิงหัตถกรรมที่สำคัญได้แก่ การผลิตเชื้อและกระดาษจากปอสา กระดาษสาเป็นผลิตภัณฑ์หัตถกรรมพื้นเมืองทางภาคเหนือ ในอดีตการผลิตกระดาษสาเพื่อใช้สอยไม่กว้างขวาง แต่ในปัจจุบันการผลิตมีการพัฒนาการผลิต ทำให้กระดาษสามีสถิติกลดลงเฉพาะสวยงาม ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นจนได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เมื่อความต้องการใช้งานมากขึ้นทำให้ประสบปัญหากระดาษเปลือกปอสาแห้งมีราคาสูงขึ้น เนื่องจากการขาดแคลนวัตถุดิบ ดังนั้นการศึกษาวิจัย เพื่อนำเส้นใยจากดอกกุหลาบมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อกระดาษ ด้วยวิธีการผลิตเชิงหัตถกรรม นับได้ว่าเป็นนวัตกรรมใหม่ที่สามารถนำไปถ่ายทอดวิชาการด้านการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกกุหลาบไปสู่การสร้างอาชีพในครัวเรือน และชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับหลักการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนแบบพอเพียง โดยการใช้ทรัพยากรที่มีในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุดด้วยเทคโนโลยีการแปรสภาพที่เหมาะสม

เนื่องจากการศึกษาวิจัย เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกกุหลาบยังไม่มีผู้ใดทำการวิจัยมาก่อน ผู้วิจัยจึงกำหนดแนวคิดในการวิจัย โดยอ้างอิงแนวคิดการศึกษาวิจัย “ การผลิตเชื้อปอสาคุณภาพสูงเพื่อใช้ในงานหัตถกรรม ” (8) ดังแผนภูมิที่ 1

แนวทางการศึกษาวิจัยการผลิตเชื้อปอสา

แนวทางการศึกษาวิจัยการผลิตเชื้อดอกธูปฤาษี



แผนภูมิที่ 1 เปรียบเทียบแนวคิดในการศึกษาวิจัย

1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกรูปฤาษี
2. เพื่อศึกษากระบวนการผลิต และการประเมินคุณภาพเชื้อกระดาษจากดอกรูปฤาษี

1.4 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกรูปฤาษี ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตการศึกษาวิจัยดังนี้คือ

1.4.1 การเตรียมวัตถุดิบเพื่อการศึกษาวิจัย

1.4.1.1 การเก็บดอกรูปฤาษีเพื่อนำมาศึกษาวิจัยครั้งนี้ กำหนดเก็บดอกรูปฤาษีจากพื้นที่ชุ่มน้ำ เขตอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

1.4.1.2 จัดจำแนกดอกรูปฤาษีเป็น 3 ระยะ ด้วยวิธีการสังเกตการเจริญเติบโต และลักษณะทางกายภาพของดอกที่ปรากฏเป็นเกณฑ์ ดังนี้

ระยะที่1 เรียกว่าดอกอ่อน ช่อดอกประกอบด้วย 2 ส่วน คือดอกตัวผู้ยอดบนบนของช่อดอก และดอกตัวเมียอยู่ตอนล่างของช่อดอก ระยะนี้สังเกตจากช่วงเริ่มออก จนถึงช่วงที่ดอกตัวผู้บาน และหลุดร่วงไป

ระยะที่2 เรียกว่าดอกอายุปานกลาง ดอกมีเฉพาะส่วนดอกตัวเมียรูปร่างเป็นทรงกระบอก (Spadix) คล้ายรูป ฝัวยอกมีลักษณะเหมือนกำมะหยี่สีน้ำตาลแดง ส่วนของอับเรณูติดอยู่กับเส้นใยเปลี่ยนสภาพเป็นเม็ลล์อ่อนสีเขียว

ระยะที่3 เรียกว่าดอกแก่ ส่วนของดอกตัวเมียดอกเจริญเติบโตเต็มที่ สังเกตได้จาก ดอกมีขนาดใหญ่ ฝัวยอกของดอกมีลักษณะเรียบ และด้านสีน้ำตาล เม็ลล์แก่มีสีน้ำตาลเข้ม

1.4.2 การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเยื่อคอกฐปฤาษีในห้องปฏิบัติการ

กำหนดปฏิบัติการทดลอง ณ. ห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กลุ่มวิจัยและพัฒนา 3 กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ถนนพระราม 6 เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร เพื่อศึกษาดังนี้

1.4.2.1 ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเยื่อคอกฐปฤาษี ในห้องปฏิบัติการแบ่งการศึกษาได้ 2 ขั้นตอนคือ กระบวนการผลิตเยื่อแบบโซดา (Soda Process) ในระบบเปิด และการฟอกเยื่อปราศจากธาตุคลอรีน (Elemental Chlorine Free) ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

1.4.2.2 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพ เยื่อคอกฐปฤาษีก่อนการฟอก และหลังการฟอก เพื่อการประเมินคุณภาพเยื่อคอกฐปฤาษี (Pulp Evaluation) ด้วยวิธีทดสอบมาตรฐานตาม Tappi Test Method 1998-1999 (9) ดังนี้

1) คุณสมบัติทางเคมีศึกษา

Kappa Number	วิเคราะห์ตาม Tappi 236 cm-87
NaOH Consumption	วิเคราะห์จากน้ำดำ (Black Liquor)
H_2O_2 Consumption	วิเคราะห์จากน้ำหลังการฟอกเยื่อ

2) คุณสมบัติทางกายภาพ

Pulp Yield	คำนวณเป็นร้อยละต่อน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง
Freeness	ตาม Tappi T 227 om-85
Brightness	ตาม Tappi T 452 om-87
Tensile Index	ตาม Tappi T 404 cm-92
Tearing Index	ตาม Tappi T 414 om-98
Burst Index	ตาม Tappi T 403 om-85

หมายเหตุ รายละเอียดเพิ่มเติมได้จาก Tappi Test Method; Tappi Press Technology 1998-1999

1.5 คำนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ หมายถึง การศึกษาความเป็นไปได้ทางกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษรูปฤาษี เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์คือ เยื่อกระดาษรูปฤาษี และสามารถประเมินคุณภาพเยื่อกระดาษรูปฤาษีได้จากคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพ

การผลิตเยื่อ หมายถึง กระบวนการแปรสภาพวัตถุดิบคือเส้นใยกระดาษรูปฤาษี ให้เป็นเยื่อกระดาษรูปฤาษี แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ การผลิตเยื่อในระบบเปิด ด้วยกระบวนการผลิตเยื่อแบบโซดา (Soda Process) และการฟอกเยื่อแบบปราศจากธาตุคลอรีน (Elemental Chlorine Free) ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

เส้นใยกระดาษรูปฤาษี หมายถึง ส่วนของกลีบดอกตัวเมีย มีลักษณะเป็นเส้นใยเล็ก ๆ และมีส่วนของเมล็ดรวมอยู่ด้วย

เชิงหัตถกรรม หมายถึง วิธีการผลิตเยื่อกระดาษอย่างง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ด้วยอุปกรณ์ และสารเคมีที่รู้จักกันทั่วไปหาซื้อได้ง่าย สามารถพัฒนาเป็นอาชีพในครอบครัวได้

ระบบเปิด (Unpressurized Pulping) หมายถึง การต้มเยื่อ ที่ความดันบรรยากาศ

เยื่อกระดาษ (Pulp) หมายถึง เส้นใยพืชที่ผ่านกระบวนการผลิตเยื่อ ใช้ในการผลิตกระดาษ

เยื่อเคมี (Chemical Pulp) หมายถึง เยื่อกระดาษที่เกิดจากการทำให้เส้นใยแยกตัวจากกัน โดยการแยกสารลิกนินออกจากเส้นใย ด้วยพลังงานเคมี และพลังงานความร้อน เรียกว่า ขบวนการผลิตเยื่อเคมี ด้วยขบวนการผลิตเยื่อแบบเคมีจะให้ผลผลิตเยื่อประมาณร้อยละ 40 เยื่อเคมีที่ได้จะมีลักษณะนุ่ม มีสีค่อนข้างคล้ำ เส้นใยแตกตัวเป็นเส้นใยอิสระ (Individual Fiber) ที่สมบูรณ์

เซลลูโลส (Cellulose) หมายถึง สารประกอบมูลฐานของพืชและเป็นสารประกอบเคมีสมบูรณ์ ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน สูตรโมเลกุลอย่างง่ายของเซลลูโลสเขียนได้ดังนี้ $(C_6H_{10}O_5)_x$ เมื่อ x หมายถึงจำนวนไม่จำกัดของกลูโคสที่รวมกันในหนึ่งโมเลกุล

ลิกนิน (Lignin) หมายถึง Polymer อสังฐานประกอบด้วย Phenyl Propane Unit เฉลี่ยประมาณ 2500 หน่วย จับตัวเป็นโครงข่ายสามมิติด้วย Ether Bond เป็น Phenyl - O - Aryl Bond และ C-C Bond ลิกนินมีความเข้มข้นสูงที่สุดในส่วนเชื่อมต่อระหว่างเส้นใย (Middle Lamella) ทำหน้าที่ยึดเส้นใยให้ติดกัน ลิกนินมีคุณสมบัติเป็น Thermoplastic อุณหภูมิที่อ่อนตัว (120 - 200°C) ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้น (Moisture Content, % MC) หมายถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเยื่อ คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักขณะนั้น

น้ำหนักวัสดุแห้ง (Air-Dry Weight ; AD.) หมายถึงน้ำหนักที่อ่านได้เมื่อวางทิ้งเป็นเวลานานพอสมควรในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิปกติ

น้ำหนักวัสดุอบแห้ง (Oven-Dry Weight ;OD.) หมายถึงน้ำหนักเมื่ออบที่อุณหภูมิ 105 °C จนกระทั่งน้ำหนักวัสดุไม่ลดลงอีก ในทางปฏิบัติหากชั่งตวงไปจนน้ำหนักลดลงน้อยกว่าร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักชั่งครั้งก่อนก็ใช้ได้

น้ำดำ (Black Liquor) หมายถึงน้ำจากการต้มเยื่อที่มีสีน้ำตาลเข้มจนดำ ประกอบด้วยสารลิกนิน สารเคมีที่เหลือจากการต้มเยื่อ และสารอื่น ๆ ในเส้นใยที่ละลายออกมา

ผลผลิตเยื่อ (Pulp Yield; %) หมายถึง ผลผลิตเส้นใยที่ได้จากการต้มเส้นใยดอกธูปฤาษีในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักวัสดุดิบอบแห้ง

ดัชนีบ่งชี้ปริมาณลิกนินที่เหลือในเยื่อ (Kappa Number) หมายถึง ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของด่างทับทิม 0.1 N ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับเยื่อแห้ง 1 กรัม ตามสภาวะที่กำหนดตามมาตรฐาน

การอุ่มน้ำของเยื่อ (Freeness) หมายถึง คุณสมบัติในการยอมให้น้ำไหลผ่านของเยื่อ

น้ำหนักมาตรฐาน (Grammage; Basis Weight) หมายถึง น้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่มาตรฐาน มีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร เรียกกันว่า กรัมกระดาษ ปัจจุบัน Tappi ใช้คำว่า Grammage สำหรับน้ำหนักมาตรฐานที่กำหนดยอมให้ค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อนได้ร้อยละ 5

Consistency, (%) หมายถึงความชื้นของน้ำเยื่อคิดเป็นอัตราส่วนร้อยละของน้ำหนักเยื่ออบแห้งในน้ำ

$$\text{Consistency, \%} = \frac{\text{น้ำหนักเยื่ออบแห้ง (OD.)} \times 100}{\text{น้ำหนักเยื่อแห้ง (AD.)} + \text{น้ำหนักน้ำ}}$$

Pulp Evaluation หมายถึง การประเมินคุณภาพเยื่อกระดาษ เพื่อทราบถึงคุณลักษณะต่าง ๆ ในการทำเป็นกระดาษ ได้แก่คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความต้านทานแรงดึง ความต้านแรงฉีกขาด ความต้านแรงดันทะลุ

Conditioning Paper หมายถึง การเก็บรักษากระดาษไว้ในห้องหรือภาชนะที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นตามสภาวะที่กำหนด เพื่อปรับความชื้นภายในกระดาษให้สม่ำเสมอในระดับเดียวกันก่อนการทดสอบ ทั้งนี้เพราะคุณสมบัติทางกายภาพได้รับอิทธิพลจากความชื้นโดยตรง สภาวะการเก็บกระดาษขึ้นอยู่กับมาตรฐานที่ยึดถือกัน ซึ่งจะเป็นสภาวะเดียวกับการทดสอบคือที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65

Burst Index หมายถึง ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ มีหน่วยเป็น kPa.m²/g โดยคำนวณจาก

$$\text{Burst Index} = \frac{\text{Bursting Strength}}$$

Grammage

Tensile index หมายถึง ดัชนีความต้านแรงดึง มีหน่วยเป็น kN.m/kg โดยคำนวณจาก

$$\text{Tensile Index} = \frac{\text{Tensile Strength}}{\text{Grammage}}$$

Tear index หมายถึง ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด มีหน่วยเป็น mN.m²/kg โดยคำนวณจาก

$$\text{Tear Index} = \frac{\text{Tearing Strength}}{\text{Grammage}}$$

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาคือความเป็นไปได้ในการผลิตเยื่อกระดาษจากเส้นใยดอกธูปฤาษี เมื่อการดำเนินการศึกษาเสร็จสิ้น ผลการศึกษาทดลองและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยครั้งนี้ อาจกล่าวได้ดังนี้

1. ได้รู้ว่ามีความเป็นไปได้ในการผลิตเยื่อกระดาษจากดอกธูปฤาษี
2. กำหนดคุณสมบัติทางกายภาพของดอกธูปฤาษี และเส้นใยดอกธูปฤาษี เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ
3. กำหนดสภาวะการผลิตเยื่อกระดาษจากดอกธูปฤาษี และประเมินคุณภาพเยื่อกระดาษ
4. เป็นแนวทางการศึกษาแหล่งวัตถุดิบพืชเส้นใยชนิดใหม่ เพื่อการผลิตเยื่อกระดาษ เช่น เส้นใยจากดอกธูปฤาษี
5. เป็นการศึกษาเทคโนโลยีการแปรสภาพเส้นใยดอกธูปฤาษีให้เป็นเยื่อกระดาษ
6. เป็นการเพิ่มมูลค่าของต้นธูปฤาษีเมื่อนำส่วนดอกมาผลิตเป็นเยื่อกระดาษได้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤาษี มีหลักการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

2.1 การฟอกเยื่อกระดาษด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ในปัจจุบันความต้องการในการลดปัญหาด้านมลภาวะของน้ำทิ้ง ที่ถูกปล่อยออกจากโรงงาน ในภาคการผลิตของอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีมากขึ้น ในส่วนของอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษ จึงได้มีการปรับเปลี่ยนกระบวนการฟอกเยื่อ (Bleaching Process) เพื่อให้มีศักยภาพในการลดสารเคมีที่เป็นพิษซึ่งเกิดขึ้น และปะปนอยู่ในน้ำทิ้งของโรงงาน อันเนื่องมาจากการใช้สารคลอรีนฟอกเยื่อในปริมาณสูง การนำไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen Peroxide) เข้ามาใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการฟอกเยื่อ ในอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษก่อให้เกิดผลดี ดังนี้คือ

1. ช่วยลดปริมาณการใช้สารคลอรีนในกระบวนการฟอกเยื่อ ซึ่งเป็นการลดปริมาณสารพิษ ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
2. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดการกลับสี (Brightness Reversion) ของเยื่อกระดาษได้ เมื่อนำไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไปใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการฟอกเยื่อ

2.1.1 ข้อมูลพื้นฐานของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

สารละลายของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะมีสภาพความเป็นกรดอ่อน (pH 2.0) ซึ่งในสภาพนี้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะมีเสถียรภาพอยู่ได้ ค่าคงที่ในการแตกตัวเท่ากับ 2×10^{-12} ที่อุณหภูมิห้อง และเท่ากับ 2×10^{-11} ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฟอกเยื่อกระดาษด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์) ค่า Redox Potential เท่ากับ -0.2 โวลต์ ที่ค่าความเป็นกรด - ต่าง เท่ากับ 10 - 11

สูตรโมเลกุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์คือ H_2O_2 สารละลายของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีวงจำหน่ายในท้องตลาดมีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 50 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายวัตถุประสงค์ เช่น ใช้ผสมเป็นน้ำยาล้างแผล ใช้ในขั้นตอนการลอกแป้งและฟอกขาวในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นต้น

2.1.2 ปฏิกริยาที่เกี่ยวข้องกับการฟอกเยื่อกระดาษโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารฟอก (Bleaching Agent) เยื่อกระดาษ ทำได้ดีในสภาพด่าง (Alkalinity) ค่าความเป็นกรด - ด่าง ในช่วง 10.5-11 โดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดส์ และเป็นสารฟอกในเวลาเดียวกัน ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นจากการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เติมลงในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะทำให้เกิด เปอร์ไฮดรอกซิลไอออน (Perhydroxylion, OOH^-) ซึ่งไวต่อปฏิกริยาออกซิเดชันมาก สมดุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเปอร์ไฮดรอกซิลไอออนในสภาวะที่เป็นด่าง (Alkali Condition) แสดงในสมการที่ (1)



ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 10.5 จะมีเปอร์ไฮดรอกซิลไอออนอยู่มากกว่าร้อยละ 90 และเมื่อเพิ่มความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นมากกว่านี้ จะทำให้สมดุลของปฏิกริยาไปทางด้านขวาเพิ่มมากขึ้น (OOH^- มากขึ้น) แต่เมื่อเพิ่มความเป็นกรด - ด่างสูงมากเกินไป (มากกว่า 11.5) จะทำให้เกิดการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กลายเป็นน้ำและออกซิเจนดังสมการที่ (2)



ในการสลายตัวจะเกิดเป็นตัวกลาง Radical ซึ่งไวต่อปฏิกริยามาก ตามสมการที่ (3)

และ (4)



ปฏิกริยาในการฟอกเยื่อกระดาษเกิดขึ้น โดยเปอร์ไฮดรอกซิลไอออน ทำปฏิกริยากับลิกนินในเส้นใย ซึ่งจะทำให้บางส่วนของหน่วย ฟีนิลโพรเพน (Phenyl Propane Unit) แดกออก ปฏิกริยานี้เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของลิกนิน ทำให้ค่าการสะท้อนแสงในช่วงที่ตามองเห็น (Visible Light) เพิ่มขึ้น

2.1.3 สภาพะที่ใช้ในการฟอกเยื่อกระดาษ

การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารฟอกในขั้นเปอร์ออกไซด์ต้องใช้โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) และแมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO_4) รวมอยู่ด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฟอก โดยสารแต่ละตัวมีหน้าที่ ดังนี้

โซเดียมซิลิเกต ทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดความเสถียรภาพ (Stabilizing Agent) ช่วยให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อยู่ตัวไม่สลายตัวง่าย และช่วยป้องกันผลของตัวเร่งปฏิกิริยาจากโลหะ ซึ่งมีปริมาณเล็กน้อยในไม้ ผลิตภัณฑ์จากพืชเส้นใย และในน้ำ รวมทั้งโลหะจากเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการฟอก เช่น เหล็ก ทองแดง นิกเกิล และแมงกานีส นอกจากนี้โซเดียมซิลิเกตยังมีสมบัติเป็นตัวควบคุมความเป็นกรด-ด่างด้วยโดยจะให้โซเดียมไฮดรอกไซด์ออกมา

แมกนีเซียมซัลเฟต ทำหน้าที่ทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อยู่ในรูปของอินแอกทีฟ (Inactive Form) ไม่เกิดปฏิกิริยากับโลหะต่าง ๆ และแมกนีเซียมไอออนยังเข้าร่วมตัวกับโซเดียมซิลิเกต อยู่ในรูปของสารแขวนลอยของแมกนีเซียม-ซิลิเกต ซึ่งจะดูดซึมไอออนโลหะทรานซิชัน ดังนั้น จึงมีผลต่อความสามารถในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลดลง ถ้าน้ำที่ใช้ในโรงงานมีความกระด้างน้อยเกินไปอาจต้องเติมแมกนีเซียมซัลเฟตลงไปด้วย แต่ถ้าน้ำที่ใช้ในโรงงานมีความกระด้างมากเพียงพอไม่จำเป็นต้องเติมแมกนีเซียมซัลเฟต

โซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมซิลิเกตที่ใช้ในกระบวนการฟอกเยื่อกระดาษจะแสดงอยู่ในสภาพค่ารวม (Total Alkalinity) และปริมาณที่ใช้จำเป็นต้องถูกกำหนดขึ้นอย่างชัดเจน เช่น

- โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) ร้อยละ 1.5 – 3 ต่อน้ำหนักเยื่ออบแห้ง
- แมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO_4) ร้อยละ 0.05 – 0.5 ต่อน้ำหนักเยื่ออบแห้ง
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ใช้ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเยื่อ

เมื่อการฟอกเยื่อสิ้นสุดลง ควรมีปริมาณค่าคงเหลืออยู่ในระบบการฟอกเยื่อประมาณร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับปริมาณค่ารวมที่ใส่ลงไปก่อนฟอก เพื่อให้ส่วนผสมของปริมาณค่ารวมและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในระบบการฟอกสมดุลกัน ถ้าปริมาณค่ารวมถูกใช้หมดไปในขณะทำการฟอกเยื่อ จะทำให้ปริมาณ ไฮดรอกซิลไอออน (Hydroxyl Ion, OH^-) มีไม่เพียงพอต่อการฟอก และถ้าปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีน้อยเกินไป ในขณะที่ปริมาณค่ารวมยังเหลืออยู่มาก จะทำให้ความขาวสว่างของเยื่อลดลงได้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเยื่อกระดาษจากคอกงรูปถาญี ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าผล งานการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเยื่อกระดาษ จากพีชล้มลุก ดังนี้

2.2.1 การผลิตเยื่อปราศจากธาตุคลอรีนจากรูปถาญี (4)

การศึกษาวิจัย การใช้เส้นใยจากส่วนใบของต้นรูปถาญี พบว่ากรรมวิธีการผลิตเยื่อจาก ส่วนใบรูปถาญี ต้องใช้กรรมวิธีการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม โดยการผลิตเยื่อโซดา ในระบบปิด (Pressurized Pulping) ซึ่งต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ จึงไม่สามารถผลิตในครัวเรือน ปริมาณสารเคมีที่ เหมาะสมในการผลิตเยื่อจากใบรูปถาญีคือ ที่ระดับการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 24 ของน้ำหนักวัตถุดิบอบแห้ง คุณภาพเยื่อจากใบรูปถาญีมีความแข็งแรงค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะ ความต้านแรงฉีกขาด แต่อย่างไรก็ตามสามารถนำเยื่อมาขึ้นรูปทำแผ่นกระดาษได้ดี การฟอกเยื่อ รูปถาญีด้วยวิธีการฟอกเยื่อแบบปราศจากธาตุคลอรีน กำหนดขึ้นการฟอกแบบ O - D - Ep - P ผลผลิตเยื่อใบรูปถาญีฟอกขาวที่ได้มีค่าความขาวสว่างสูงสุดเท่ากับ 77.2 % ที่ระดับการใช้สารฟอก คลอรีน ไดออกไซด์สูงสุดที่ร้อยละ 5 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง

2.2.2 การผลิตเยื่อกระดาษจากหญ้าแฝกเชิงอุตสาหกรรม และหัตถกรรม (10)

ปัจจุบันมีการศึกษาเพื่อนำหญ้าแฝกมาใช้ประโยชน์ด้านการอนุรักษ์ดิน จึงมีการศึกษา ต่อเนื่องเพื่อการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝก ด้วยการนำใบหญ้าแฝกมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อ กระดาษ ผลการศึกษาการผลิตเยื่อกระดาษจากหญ้าแฝกเชิงอุตสาหกรรม พบว่าสภาวะการต้ม ใบหญ้าแฝกเชิงอุตสาหกรรมด้วยกระบวนการผลิตเยื่อแบบโซดา ในระบบเปิด สภาวะการต้มที่ เหมาะสมที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ของน้ำหนักวัตถุดิบอบแห้ง ต้มที่อุณหภูมิ 170 ° C เป็นเวลา 90 นาที ผลผลิตเยื่อมากถึงร้อยละ 40.8 คุณภาพเยื่อมีค่าปริมาณลิกนินในเยื่อ 14.0 หน่วย ค่าความขาวสว่าง 29.8 % ค่าดัชนีความต้านแรงดึง 54.5 กิโลนิวตัน.เมตรต่อ กิโลกรัม ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด 5.08 นิวตัน.ตารางเมตรต่อกิโลกรัม และค่าดัชนีความต้านแรง ดันทะลุ 3.35 กิโลปาสกาล. ตารางเมตร ต่อกกรัม

ผลการศึกษาการผลิตเยื่อกระดาษจากหญ้าแฝกเชิงหัตถกรรม พบว่าสภาวะที่เหมาะสม และประหยัด ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 ของน้ำหนักวัตถุดิบอบแห้ง ต้มที่อุณหภูมิ 100 ° C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้ผลผลิตเยื่อมากถึงร้อยละ 47.5 คุณภาพเยื่อมีค่าปริมาณลิกนินใน เยื่อเท่ากับ 18.2 หน่วย ค่าความขาวสว่าง 23.1 %

2.2.3 การผลิตเยื่อปอสาคุณภาพสูงเพื่อใช้ในงานหัตถกรรม (8)

การผลิตเยื่อกระดาษในระดับหัตถกรรม ที่นิยมใช้ประโยชน์ในงานหัตถกรรม คือการผลิตกระดาษ ผลการศึกษาวิจัยการผลิตเยื่อปอสาคุณภาพสูงเพื่อใช้ในงานหัตถกรรม กำหนดใช้สารเคมีในการต้ม 4 ระดับ คือที่ระดับการใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4, 6, 8 และ 10 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง เวลาที่ใช้ในการต้มที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าความเหมาะสมในการผลิตเยื่อเชิงหัตถกรรม ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง ผลการศึกษาการฟอกเยื่อปอสาด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) กำหนดปริมาณการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3 ระดับ คือที่ร้อยละ 2, 3 และ 4 ของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง และกำหนดความเข้มข้นของน้ำเยื่อเป็น 2 ระดับคือ ที่ความเข้มข้นของน้ำเยื่อเท่ากับร้อยละ 10 และ 16 พบว่าที่ระดับการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เดียวกัน สภาวะการฟอกที่ความเข้มข้นน้ำเยื่อสูง จะให้เยื่อฟอกขาวที่มีค่าความขาวสว่างสูงกว่าสภาวะการฟอกที่ระดับความเข้มข้นของน้ำเยื่อต่ำ สภาวะการฟอกเยื่อที่เหมาะสม โดยใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 4 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง และใช้ความเข้มข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 16 ให้ค่าความขาวสว่างสูงถึงร้อยละ 84.7 โดยสารเคมีที่ใช้ในการฟอกเยื่อไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2.2.4 การผลิตเยื่อกระดาษจากกกจันทบูรณ์ ระดับหัตถกรรมในครัวเรือน (17)

ผลการศึกษาการผลิตเยื่อกระดาษจากกกจันทบูรณ์ ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของส่วนต่าง ๆ ของลำต้นกกจันทบูรณ์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต หาปริมาณโซดาไฟที่ใช้ในขั้นการต้มเยื่อ และปริมาณคลอรีนที่ใช้ในขั้นการฟอกเยื่อ พบว่ากกจันทบูรณ์ทุกส่วนเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อ โดยใช้โซดาไฟร้อยละ 10 ของน้ำหนักวัตถุดิบอบแห้ง และคลอรีนร้อยละ 12 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง

จากการตรวจเอกสารงานวิจัยด้านการผลิตเยื่อกระดาษ จากวัตถุดิบเส้นใยที่ได้จากพืชล้มลุกต่างชนิดกัน จะเห็นได้ว่ามีแนวการศึกษาที่เหมือนกันคือ เป็นการศึกษาวิจัยการผลิตเยื่อเคมีด้วยกระบวนการผลิตเยื่อแบบโซดา ในระบบเปิด ทั้งนี้เนื่องจากสามารถพัฒนางานวิจัยไปเป็นงานหัตถกรรมในครัวเรือนได้ และในขั้นการฟอกเยื่อเพื่อให้เยื่อมีความขาวสว่างมากขึ้น พบว่ามีผลการศึกษาวิจัยการฟอกเยื่อด้วยคลอรีน และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยที่สารคลอรีนเป็นสารเคมีที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม แต่การฟอกเยื่อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งเป็นสารเคมีที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ดังนั้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จึงเป็นสารเคมีที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในขั้นการฟอกเยื่อ

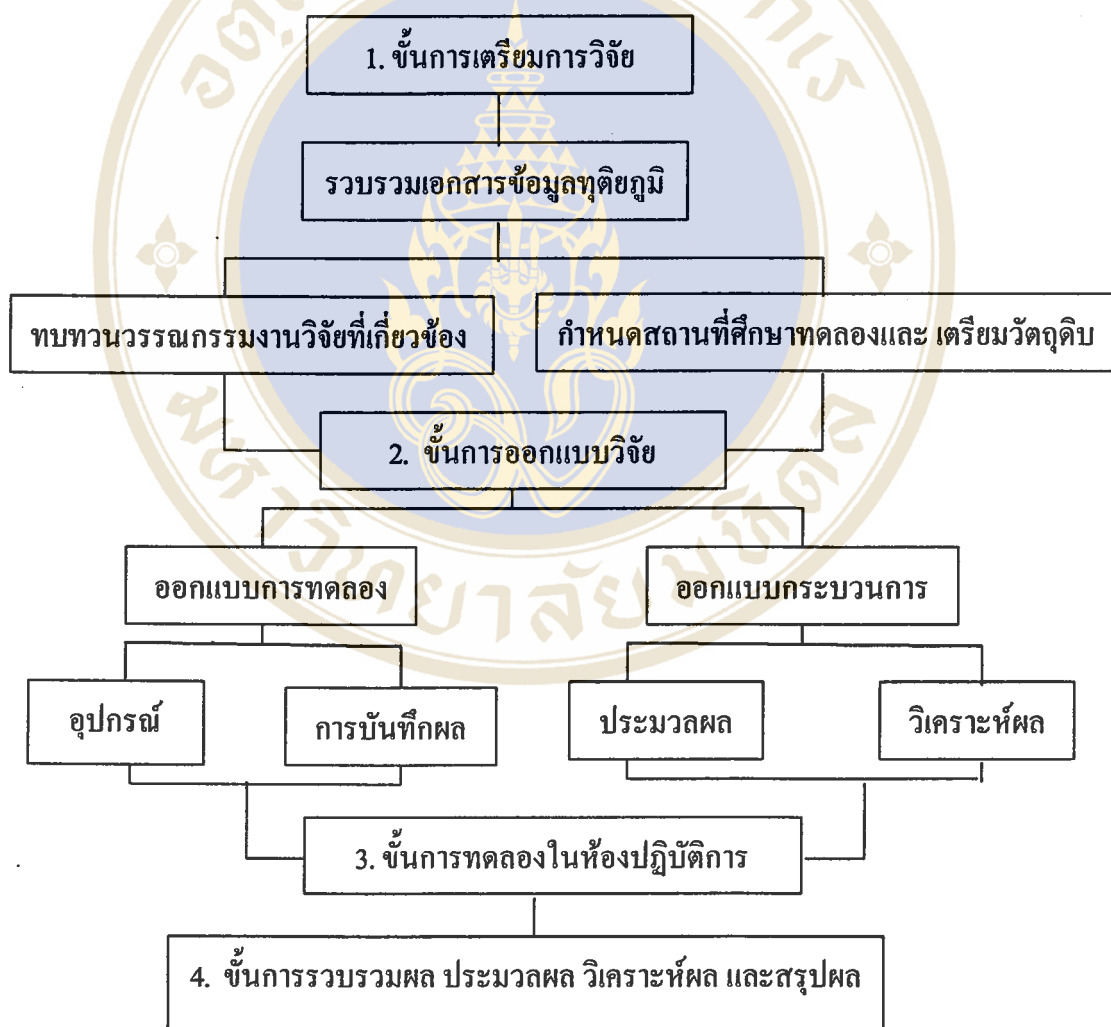
การศึกษาคือความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกรูปฤๅษี ผู้วิจัยมีแนวคิดในการศึกษาการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกรูปฤๅษี ดังนี้คือ เป็นกระบวนการผลิตเชื้อกระดาษด้วยวิธีการผลิตอย่างง่าย ไม่ซับซ้อน ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิต และสามารถพัฒนาเป็นอาชีพเสริมแก่ครัวเรือนในพื้นที่ที่มีแหล่งต้นรูปฤๅษี จึงได้กำหนดการศึกษาวิจัยการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกรูปฤๅษี ด้วยกระบวนการผลิตเชื้อแบบโซดา ในระบบเปิด และการฟอกเชื้อดอกรูปฤๅษีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยการอ้างอิงวิธีการวิจัย “ การผลิตเชื้อปอสาคุณภาพสูงเพื่อใช้ในงานหัตถกรรม ”



บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การศึกษาคือความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤาษี เป็นการดำเนินงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) กำหนดวิธีการ เครื่องมือในการวิจัย (Methodology) และขั้นตอนการดำเนินการ ดังแผนภูมิที่ 2



แผนภูมิที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการเตรียมการวิจัย

3.1.1 การเตรียมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตเชื้อกระดาษ

จากการศึกษาเอกสารด้านการผลิตเชื้อกระดาษ และการสอบถามข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงานด้านการวิจัยและพัฒนาการผลิตเชื้อกระดาษ ไม่พบว่าเคยมีการศึกษาวิจัยผลิตเชื้อกระดาษจากดอก रुपฤาษีมาก่อน ดังนั้นการศึกษาวิจัยเพื่อใช้เส้นใยดอก रुपฤาษีเป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อกระดาษ จึงเป็นการศึกษาวิจัยขั้นต้น เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอก रुपฤาษี และจากการศึกษาทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการผลิตเชื้อกระดาษจากพืชล้มลุก พบว่างานวิจัย “ การผลิตเชื้อปอสาคุณภาพสูงเพื่อใช้ในการงานหัตถกรรม ” (8) เป็นงานวิจัยที่ได้มีการพัฒนาไปสู่อาชีพเป็นงานหัตถกรรมในครัวเรือน โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมเนื่องจากระบบการผลิต ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงอ้างอิงวิธีการผลิตเชื้อกระดาษจากงานวิจัย “ การผลิตเชื้อปอสาคุณภาพสูงเพื่อใช้ในการงานหัตถกรรม ” เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอก रुपฤาษี

3.1.2 การเตรียมวัตถุดิบเพื่อการศึกษาวิจัย

การเตรียมดอก रुपฤาษีเพื่อการวิจัย กำหนดเก็บดอก रुपฤาษีจากพื้นที่ชุ่มน้ำ ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ในเบื้องต้นได้ศึกษาโดยวิธีการการสังเกตลักษณะต้น रुपฤาษีในพื้นที่สำรวจพบว่า ดอก रुपฤาษีในพื้นที่สำรวจมีความแตกต่างของการเจริญเติบโต คือมีดอกในระยะเริ่มออกดอกจนถึงระยะดอกแก่อยู่ร่วมกัน ดังนั้นในการเก็บตัวอย่างดอก रुपฤาษีเพื่อนำมาศึกษาวิจัยที่ผลการศึกษามีความเชื่อมั่นทางสถิติเป็นที่ยอมรับได้ จึงกำหนดวิธีการเก็บดอก रुपฤาษีด้วยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ Stratified Sampling ซึ่งเป็นวิธีการคัดเลือกตัวอย่างประชากรจากกลุ่มประชากรที่มีลักษณะแตกต่างกัน (Heterogeneous Population) จัดจำแนกดอก रुपฤาษีเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาลักษณะทางกายภาพของดอก रुपฤาษีที่สังเกตเห็นได้ และกำหนดขนาดกลุ่มประชากร ดังนี้

ดอกอ่อน ดอกมีลักษณะทางกายภาพที่สังเกตได้คือ ช่อดอกประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย

ดอกอายุปานกลาง ดอกมีลักษณะทางกายภาพที่สังเกตได้คือ ช่อดอกมีเฉพาะส่วนดอกตัวเมีย รูปร่างเป็นทรงกระบอกคล้ายรูป ผิวดอกเหมือนกำมะหยี่สีน้ำตาลแดง

ดอกแก่ ดอกมีลักษณะทางกายภาพที่สังเกตได้คือ ช่อดอกตัวเมียมีการเจริญเติบโตเต็มที่ ผิวดอกมีลักษณะเรียบด้าน สีน้ำตาล เมล็ดแก่สีน้ำตาลดำ

ขนาดกลุ่มประชากร (Sample Size) ดอกธูปฤๅษี ที่ให้ค่าความเชื่อถือทางสถิติเป็นที่ยอมรับได้ กำหนดให้ขนาดตัวอย่างประชากรดอกธูปฤๅษีมีจำนวน 30 ดอกต่อกลุ่ม เพื่อใช้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดอกธูปฤๅษี คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอกธูปฤๅษี น้ำหนักดอกธูปฤๅษี และค่าความชื้นของเส้นใยดอกธูปฤๅษี แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาหาค่า มัชฌิมเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเชิงสถิติ (Standard Deviation) เพื่อการวิเคราะห์และสรุปผล

จากนั้นนำดอกธูปฤๅษีแต่ละกลุ่มมาแกะเส้นใยดอกธูปฤๅษีออกจากก้านดอก เพื่อให้ได้เส้นใยดอกธูปฤๅษี 3 กลุ่มคือเส้นใยดอกอ่อน เส้นใยดอกอายุปานกลาง และเส้นใยดอกแก่ นำเส้นใยแต่ละกลุ่มซึ่งมีปริมาณเส้นใยเพียงพอสำหรับใช้เป็นตัวแทนวัตถุดิบเส้นใยดอกธูปฤๅษี เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤๅษี

3.2 ขั้นตอนการออกแบบการวิจัย

3.2.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดอกธูปฤๅษี

นำดอกธูปฤๅษีที่เตรียมจากข้อ 3.1.2 มาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

- 1) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (Diameter; mm)
- 2) น้ำหนักดอกธูปฤๅษี (Air-Dry Weight ; g)
- 3) ความชื้น (Moisture Content; % MC)

การวิเคราะห์ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดอกธูปฤๅษี ด้วยค่าสถิติที่ใช้วิเคราะห์คือค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD.) เพื่อชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของดอกธูปฤๅษีเพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบเส้นใยดอกธูปฤๅษี

3.2.2 การศึกษาขนาดเส้นใยเยื่อดอกธูปฤๅษี

นำเยื่อดอกธูปฤๅษีจากแต่ละกลุ่มคือ เยื่อจากเส้นใยดอกอ่อน เยื่อจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง และเยื่อจากเส้นใยดอกแก่ ซึ่งได้จากขั้นตอนการผลิตเชื้อในสภาวะที่เหมาะสม ความร้อนและสารเคมีจะทำให้เส้นใยดอกธูปฤๅษีแตกตัวเป็นเส้นใยอิสระ ได้เยื่อดอกธูปฤๅษีที่สมบูรณ์ นำไปกระจายในน้ำด้วยเครื่องกวนแบบแม่เหล็ก เมื่อเชื้อกระจายตัวแยกจากกันจนเป็นเส้นใยเดี่ยวจึงนำมาทำสไลด์จำนวน 20 แผ่นต่อกลุ่มเชื้อ นำสไลด์มาศึกษาขนาดเส้นใยเยื่อด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงพร้อมคอมพิวเตอร์ช่วยวิเคราะห์โครงสร้างเส้นใย และประมวลผลการศึกษาขนาดเส้นใยเยื่อดอกธูปฤๅษี กำหนดศึกษาดังนี้

- 1) วัดความยาวเส้นใย (Length; mm)
- 2) ความกว้างเส้นใย (Width ; μm)
- 3) ความหนาผนังเส้นใย (Wall Thickness ; μm)

การวิเคราะห์ผลการศึกษานขนาดเส้นใยเยื่อคอกรูปถาญี ด้วยค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูลคือค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , SD.) เพื่อแสดงให้ เห็นถึงความแตกต่างทางโครงสร้างของเส้นใยคอกรูปถาญี ในระยะดอกอ่อน ระยะดอกอายุปาน กลาง และระยะดอกแก่ เป็นข้อมูลช่วยอธิบายการเปลี่ยนแปลงของเส้นใยคอกรูปถาญีในสภาวะ การผลิตเยื่อที่แตกต่างกัน และอธิบายคุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อคอกรูปถาญี

3.2.3 การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเยื่อกระดาษจากคอกรูปถาญี

การกำหนดวิธีการศึกษาทดลอง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเยื่อกระดาษจาก คอกรูปถาญี โดยอ้างอิงการวิจัย “ การผลิตเยื่อปอสาคุณภาพสูงเพื่อใช้งานหัตถกรรม ” (8) โดยกำหนดศึกษาทดลองเป็น 2 กระบวนการคือ

- 1) การศึกษาสภาวะการผลิตเยื่อคอกรูปถาญี ด้วยกระบวนการผลิตเยื่อแบบโซดา (Soda Process) ในระบบเปิด
- 2) การศึกษาสภาวะการฟอกเยื่อคอกรูปถาญีโดยการฟอกเยื่อแบบปราศจากธาตุ คลอรีน (Elemental Chlorine Free) ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

3.2.3.1 ศึกษาสภาวะการผลิตเยื่อคอกรูปถาญีด้วย กระบวนการผลิตเยื่อแบบโซดา (Soda Process) วิธีปฏิบัติตามลำดับดังนี้

1) ชั่งเส้นใยคอกรูปถาญี (เส้นใยดอกอ่อน เส้นใยดอกอายุปานกลาง และ เส้นใยดอกแก่) กลุ่มละ 100 กรัม (น้ำหนักวัตถุดิบอบแห้ง) ใส่ในหม้อต้มแสดนเลส เทส่วนผสม ของน้ำยาต้มเยื่อตามสภาวะที่กำหนด (Treatment) ดังตารางที่ 2 นำไปต้มแบบระบบเปิด

2) เมื่อครบกำหนดเวลาการต้มเยื่อ แยกน้ำดำ (Black Liquor) ที่ได้จากการ ต้มเยื่อ นำไปวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหลืออยู่ เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไปในการต้มเยื่อ (NaOH Consumption)

3) ส่วนเยื่อคอกรูปถาญีที่แยกออกจากน้ำดำ นำมาล้างให้สะอาดนำเยื่อที่ได้ไป ศึกษา ปริมาณลิกนินในเยื่อ(Kappa Number)วิเคราะห์ตาม Tappi 236 cm-87

4) การศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพ ของเยื่อคอกรูปฤาษี โดยนำเยื่อคอกรูปฤาษี 30 กรัม (น้ำหนักเยื่ออบแห้ง) ทำแผ่นทดสอบ ตาม Tappi T 205 om-88 จากนั้นนำแผ่นทดสอบ เก็บในห้องควบคุมสภาวะการทดสอบที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ เมื่อครบเวลาตามกำหนดจึงนำแผ่นทดสอบมาตรฐาน มาศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพเยื่อคอกรูปฤาษี ดังนี้

Pulp Yield	คำนวณเป็นร้อยละต่อน้ำหนักเส้นใยอบแห้งแห้ง
Freeness	วิเคราะห์ตาม Tappi T 227 om-85
Brightness	วิเคราะห์ตาม Tappi T 452 om-87
Tensile Index	วิเคราะห์ตาม Tappi T 404 cm-92
Tearing Index	วิเคราะห์ตาม Tappi T 414 om-98
Burst Index	วิเคราะห์ตาม Tappi T 403 om-85

หมายเหตุ รายละเอียดศึกษาได้จาก Tappi Test Method , Tappi Press Technology 1998-1999

ตารางที่ 2 สภาวะการผลิตเยื่อคอกรูปฤาษี ด้วยกระบวนการผลิตเยื่อแบบโซดา

สภาวะการผลิตเยื่อ	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	Treatment 4
เส้นใยคอกรูปฤาษี กรัม (น้ำหนักวัตถุดิบอบแห้ง)	100	100	100	100
ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ (น้ำหนักวัตถุดิบอบแห้ง)	4	6	8	10
เวลาที่ใช้ในการปรับอุณหภูมิถึง 100 องศาเซลเซียส (นาที)	30	30	30	30
อุณหภูมิที่ใช้ในการต้มเยื่อ (องศาเซลเซียส)	100	100	100	100
เวลาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)	3	3	3	3
อัตราส่วนเส้นใยคอกรูปฤาษีต่อน้ำ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	1 : 15	1 : 15	1 : 15	1 : 15

3.2.3.2 การศึกษาสภาวะการฟอกเยื่อ ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

เนื่องจากเยื่อคอกรูปถาญี ที่ได้จากการต้มมีสีน้ำตาลเข้มจึงต้องนำไปทำการฟอก เพื่อให้ได้เยื่อที่มีความขาวสว่างเพิ่มขึ้นด้วยวิธีการฟอกเยื่อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งสะดวก และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเยื่อคอกรูปถาญีที่จะนำมาศึกษาการฟอกขาว กำหนดให้เยื่อคอกรูปถาญีที่มีคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพดีที่สุด ที่ได้จากการต้มเส้นใยคอกรูปถาญีด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

วิธีปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมสารเคมีที่ต้องใช้ในขั้นการฟอกเยื่อ

- 1.1 สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้น ร้อยละ 20
- 1.2 สารละลายโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 2
- 1.3 สารละลายแมกเนซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) ความเข้มข้นร้อยละ 1

2) ชั่งเยื่อคอกรูปถาญี 30 กรัม (น้ำหนักเยื่ออบแห้ง) บรรจุในถุงพลาสติกที่ทนความร้อนสูง แล้วเติมสารละลายของน้ำยาฟอกลงไปผสมกับเยื่อในแต่ละชุดการทดลอง โดยปริมาณสารที่ใช้เป็นไปตามสภาวะการฟอก ดังตารางที่ 3 จากนั้นมัดปากถุงให้แน่น นำไปต้มในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) ตามอุณหภูมิ และเวลาที่กำหนด ขณะทำการฟอกให้หมั่นคลุกเคล้าเยื่อให้สัมผัสน้ำยาฟอกเยื่อได้ทุกส่วนด้วยการเขย่าถุง

3) เมื่อครบกำหนดเวลาในการฟอกเยื่อจึงแยกส่วนของน้ำยาฟอก เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลืออยู่ แล้วคำนวณหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ถูกใช้ไปในการฟอก (NaOH Consumption)

4) นำเยื่อที่ผ่านการฟอกไปล้างให้สะอาด จากนั้นนำเยื่อคอกรูปถาญีฟอกขาวมาศึกษาปริมาณลิกนินในเยื่อ(Kappa Number) วิเคราะห์ตามTappi 236cm-87

5) การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ของเยื่อคอกรูปถาญี ฟอกขาว โดยนำเยื่อคอกรูปถาญีฟอกขาว 30 กรัม(น้ำหนักเยื่ออบแห้ง) ทำแผ่นทดสอบตาม Tappi T 205 om - 88 จากนั้นนำแผ่นทดสอบเก็บในห้องควบคุมสภาวะการทดสอบที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ เมื่อครบกำหนดเวลาจึงนำแผ่นทดสอบมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเยื่อคอกรูปถาญีฟอกขาว ดังนี้

Pulp Yield	คำนวณเป็นร้อยละต่อน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง
Freeness	วิเคราะห์ตาม Tappi T 227 om-85
Brightness	วิเคราะห์ตาม Tappi T 452 om-87

Tensile Index วิเคราะห์ตาม Tappi T 404 cm-92

Tearing Index วิเคราะห์ตาม Tappi T 414 om-98

Burst Index วิเคราะห์ตาม Tappi T 403 om-85

หมายเหตุ รายละเอียดศึกษาได้จากTappi Test Method ,Tappi Press Technology 1998-1999

ตารางที่ 3 สภาวะการฟอกเยื่อกระดาษด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

สภาวะการฟอกเยื่อ (Bleaching Condition)	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
ปริมาณเยื่อกระดาษ กรัม (น้ำหนักเยื่ออบแห้ง)	30	30	30
ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ (น้ำหนักเยื่อกระดาษอบแห้ง)	2	3	4
ปริมาณแมกเนซียมซัลเฟต ร้อยละ (น้ำหนักเยื่อกระดาษอบแห้ง)	0.05	0.05	0.05
ปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ ร้อยละ (น้ำหนักเยื่อกระดาษอบแห้ง)	2.0	2.0	2.0
อุณหภูมิน้ำในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) (องศาเซลเซียส)	90	90	90
เวลาที่ใช้ในการฟอกเยื่อ (ชั่วโมง)	2	2	2
ความเข้มข้นของน้ำเยื่อ (ร้อยละ)	16	16	16
ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเยื่อ	10.5 –11.0	10.5 –11.0	10.5 –11.0

3.2 ขั้นตอนการทดลองในห้องปฏิบัติการ

ทำการศึกษาดทดลองสภาวะการผลิตเชื้อดอกรูปถุณีแบบโซดาตามข้อ 3.2.3.1 และศึกษาดทดลองสภาวะการฟอกเชื้อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ตามข้อ 3.2.3.2 ในห้องปฏิบัติการเชื้อและกระดาษกลุ่มวิจัยและพัฒนา3 กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยกำหนดทำการทดลองซ้ำ 4 ครั้ง

3.4 ขั้นตอนการประมวลผล วิเคราะห์ผล และอภิปรายผลการศึกษา

โดยนำผลการศึกษาคณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถุณี ผลการศึกษาขนาดเส้นใยเชื้อดอกรูปถุณี ผลการศึกษาสภาวะการผลิตเชื้อดอกรูปถุณีแบบโซดา และผลการศึกษาสภาวะการฟอกเชื้อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มาทำการประมวลผล วิเคราะห์ผล และอภิปรายผล เพื่อสรุปผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกรูปถุณี ตามลำดับดังนี้

3.4.1 การประมวลผล วิเคราะห์ผล และอภิปรายผลการศึกษาคณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถุณี

การประมวลผล โดยการนำผลการศึกษาคณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถุณีคือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอกรูปถุณี น้ำหนักดอกรูปถุณี และปริมาณความชื้นในเส้นใยดอกรูปถุณี มาคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ย(Mean)และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการศึกษาคณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถุณีด้วยค่าสถิติที่คำนวณได้ เพื่อการอภิปรายให้เห็นถึงศักยภาพดอกรูปถุณี ในการใช้เป็นแหล่งเส้นใยดอกรูปถุณี

3.4.2 การประมวลผล วิเคราะห์ผล และอภิปรายผลการศึกษาขนาดเส้นใยเชื้อดอกรูปถุณี

การประมวลผลข้อมูลการศึกษาคณสมบัติทางกายภาพเชื้อดอกรูปถุณี จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างเส้นใย ได้ค่าทางสถิติคือ ค่าเฉลี่ย (Mean)และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) อภิปรายความแตกต่างทางโครงสร้างของเส้นใยดอกรูปถุณีในระยะดอกอ่อน ระยะดอกอายุปานกลาง และระยะดอกแก่ เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของเส้นใยดอกรูปถุณีในสภาวะการผลิตเชื้อที่แตกต่างกัน

3.4.3 ได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤๅษี

3.4.3.1 การประมวลผล วิเคราะห์และอภิปรายผลการศึกษาสภาวะการผลิต

ด้วยการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการศึกษาการผลิตเชื้อดอกธูปฤๅษี ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 4 , 6 , 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง และวิเคราะห์ผลด้วยกราฟเทียบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเชื้อดอกธูปฤๅษีด้วยกราฟ เพื่อนำไปสู่การอภิปรายผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤๅษี

3.4.3.2 การประมวลผล วิเคราะห์ผล และอภิปรายผลการศึกษาสภาวะการฟอกเชื้อ

ด้วยการประมวลผลข้อมูลจากการศึกษาการฟอกเชื้อดอกธูปฤๅษี ที่ปริมาณการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 2 , 3 และ 4 วิเคราะห์ผลการศึกษาทางสถิติด้วย F-test เพื่อศึกษาค่าความแปรปรวนของคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ เนื่องจากการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีปริมาณแตกต่างกันในการฟอกเชื้อ

3.4.4 การสรุปผลการศึกษาคงความเป็นไปได้การผลิตเชื้อดอกธูปฤๅษี

โดยนำผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพดอกธูปฤๅษี (ข้อ 3.4.1) ผลการวิเคราะห์การวัดขนาดเส้นใยเชื้อดอกธูปฤๅษี (ข้อ 3.4.2) และผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อดอกธูปฤๅษี (ข้อ 3.4.3) มาสรุปผลการศึกษาคงความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤๅษี สรุปผลการศึกษาคงคุณสมบัติดอกธูปฤๅษีที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นแหล่งเส้นใยในการผลิตเชื้อดอกธูปฤๅษี สรุปสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อดอกธูปฤๅษี และสรุปผลการประเมินคุณภาพเชื้อ

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกรูปถั่ว ได้ผลการศึกษาทดลองและวิเคราะห์ตามลำดับดังนี้คือ

1. ผลการศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถั่ว
2. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ขนาดเส้นใยเชื้อดอกรูปถั่ว
3. ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกรูปถั่ว ซึ่งมีผลการศึกษาทดลอง 2 ส่วนคือ
 - 3.1 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผลการศึกษาสภาวะการผลิตเชื้อดอกรูปถั่วด้วยกระบวนการผลิตเชื้อแบบโซดา
 - 3.2 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผลการศึกษาสภาวะการฟอกเชื้อดอกรูปถั่วด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

4.1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถั่ว

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถั่ว จากตัวอย่างดอกรูปถั่วกลุ่มละ 30 ดอก คำนวณผลทางสถิติหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถั่ว

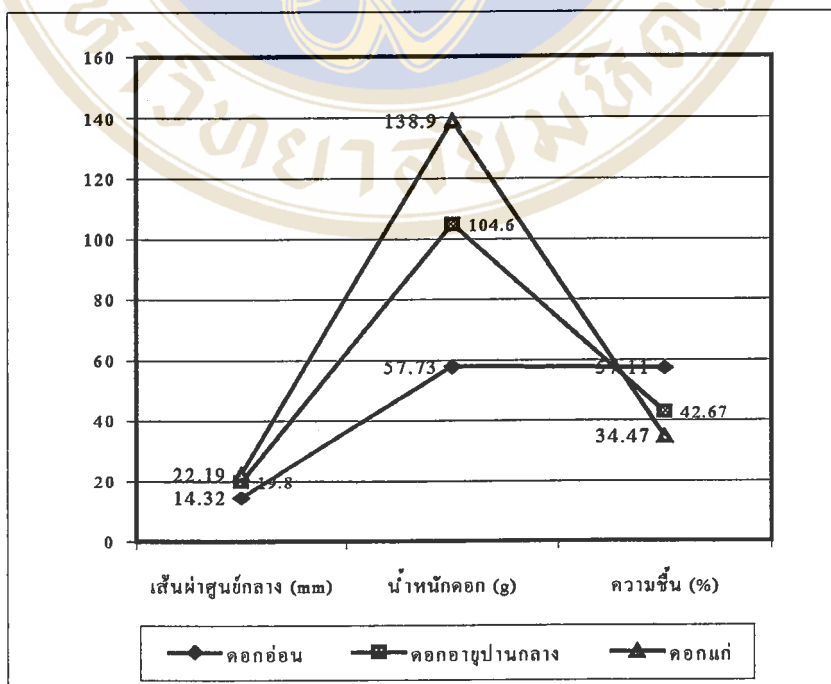
คุณสมบัติทางกายภาพ	ดอกอ่อน		ดอกอายุปานกลาง		ดอกแก่	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	14.32	1.37	19.80	1.82	22.19	0.73
น้ำหนัก (กรัม)	57.73	13.70	104.60	17.17	138.90	18.79
ความชื้น (% MC.)	57.11	3.71	42.67	2.44	34.47	3.27

4.1.1. การประมวลผลการศึกษาคณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถ่าย

ผลการศึกษาคณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถ่าย จากตารางที่ 4 ประมวลผลได้ว่าดอกรูปถ่ายช่วงดอกอ่อนจนถึงดอกแก่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 14.32 มิลลิเมตร เป็น 22.19 มิลลิเมตร น้ำหนักดอกค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 57.73 กรัมเป็น 138.90 กรัม และค่าความชื้นของเส้นใยดอกรูปถ่ายมีค่าเฉลี่ยลดลงจาก 57.11 % MC เป็น 34.47 % MC

4.1.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถ่าย

โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถ่าย กลุ่มดอกอ่อน ดอกอายุปานกลาง และดอกแก่ ดังภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถ่ายแต่ละกลุ่มมีเส้นผ่าศูนย์กลาง น้ำหนัก และค่าความชื้นแตกต่างกัน โดยมีความสัมพันธ์กับช่วงอายุการเจริญเติบโตของดอก พบว่าดอกรูปถ่ายในระยะดอกแก่มีคุณสมบัติทางกายภาพดีที่สุดทั้งนี้เนื่องจากมีช่วงเวลาที่ดอกได้สร้างความเจริญเติบโตเต็มที่ ผลการวิเคราะห์ด้านสัคยภาพดอกรูปถ่ายเพื่อเป็นแหล่งให้เส้นใยในการผลิตเยื่อกระดาษ จากกราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลาง น้ำหนัก และ ความชื้น แสดงให้เห็นว่าดอกรูปถ่ายในแต่ละกลุ่มมีสัคยภาพแตกต่างกัน วิเคราะห์ได้ว่าดอกรูปถ่ายในระยะดอกแก่มีสัคยภาพเหมาะสมที่สุด เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเส้นใยที่ได้ต่อดอก ดอกแก่จะให้ปริมาณเส้นใยมากกว่า ดอกอายุปานกลาง และดอกอ่อน



ภาพที่ 1 กราฟเปรียบเทียบ คุณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถ่าย

4.2 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ขนาดเส้นใยเยื่อดอกรูปถ่าย

ผลการศึกษาลักษณะเส้นใยเยื่อดอกรูปถ่าย ด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าเส้นใยเยื่อดอกรูปถ่ายมีลักษณะค่อนข้างเรียวยาว และจากการประมวลผลขนาดเส้นใยเยื่อดอกรูปถ่ายด้วยโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างเส้นใย ได้ข้อมูลค่าเฉลี่ยขนาดเส้นใยเยื่อดอกรูปถ่าย ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ข้อมูลค่าเฉลี่ยขนาดเส้นใยเยื่อดอกรูปถ่าย

การวัดขนาดเส้นใยเยื่อดอกรูปถ่าย	เส้นใยเยื่อจากดอกอ่อน	เส้นใยเยื่อจากดอกอายุปานกลาง	เส้นใยเยื่อจากดอกแก่
ความยาวเส้นใย (มิลลิเมตร)	1.1	1.5	1.8
ความกว้างของเส้นใย (ไมโครเมตร)	4.9	5.2	5.4
ความหนาผนังเส้นใย (ไมโครเมตร)	2.4	2.3	2.1

หมายเหตุ มิลลิเมตร = 10^{-3} เมตร ไมโครเมตร = 10^{-6} เมตร

4.2.1 การประมวลผลการศึกษาขนาดเส้นใยเยื่อดอกรูปถ่าย

ผลการศึกษาขนาดเส้นใยเยื่อดอกรูปถ่ายจากตารางที่ 5 ประมวลผลได้ว่าขนาดเส้นใยเยื่อดอกรูปถ่ายในระยะดอกอ่อนจนถึงระยะดอกแก่มีความแตกต่างกันคือ ค่าเฉลี่ยความยาวเส้นใยเยื่อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 1.1 มิลลิเมตรเป็น 1.8 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยความกว้างเส้นใยเยื่อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 4.9 ไมโครเมตรเป็น 5.4 ไมโครเมตร และความหนาผนังเส้นใยเยื่อมีแนวโน้มลดลงจาก 2.4 ไมโครเมตรเป็น 2.1 ไมโครเมตร

4.2.2 การวิเคราะห์ผลการศึกษาขนาดเส้นใยเยื่อดอกรูปถ่าย

ผลการศึกษาขนาดเส้นใยเยื่อดอกรูปถ่ายพบว่า มีความแตกต่างและสัมพันธ์กับวัตถุดิบเส้นใยดอกรูปถ่ายที่ใช้ในการผลิตเชื้อ คือ เส้นใยดอกอ่อน เส้นใยดอกอายุปานกลาง และเส้นใยดอกแก่ ความแตกต่างของวัตถุดิบเส้นใยดอกรูปถ่ายมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการผลิตเชื้อเคมี เนื่องจากสารเคมีและความร้อนที่ใช้ในการต้มจะกระทำโดยตรงต่อเส้นใย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของเส้นใย เส้นใยดอกอ่อนซึ่งมีโครงสร้างไม่สมบูรณ์จะเสียสภาพจากการกระทำของสารเคมีได้มากกว่าเส้นใยจากดอกแก่ซึ่งมีโครงสร้างที่สมบูรณ์แข็งแรงกว่า จากข้อมูลในตารางที่ 5 เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยขนาดเส้นใยเยื่อดอกรูปถ่าย พบว่าโครงสร้างขนาดเส้นใยเยื่อดอกรูปถ่ายจากเส้นใยดอกแก่เมื่อผ่านกระบวนการผลิตเชื้อ เส้นใยพบว่ามีความยาวเส้นใย

ยอดที่สูงสุดคือ มีความยาวเฉลี่ย 1.8 มิลลิเมตร ความกว้างเฉลี่ย 5.4 ไมโครเมตร และความหนาผนังเส้นใยเฉลี่ย 2.1 ไมโครเมตร เมื่อนำข้อมูลการศึกษาขนาดเส้นใยเชื่อมมาวิเคราะห์ร่วมกับผลการศึกษาคณสมบัติทางกายภาพดอกธูปฤาษี (ข้อ 4.1) สรุปการวิเคราะห์ได้ว่าเส้นใยดอกธูปฤาษีจากดอกแก่มีศักยภาพเหมาะสมที่สุด สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อ เนื่องจากเมื่อนำมาผลิตเชื้อจะได้เชื้อดอกธูปฤาษีที่มีโครงสร้างขนาดเส้นใยยอดที่สูงสุด

4.3 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤาษี

การศึกษความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤาษี โดยการศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อดอกธูปฤาษี ประกอบด้วยการศึกษาสภาวะการผลิตเชื้อดอกธูปฤาษีด้วยกระบวนการผลิตเชื้อแบบโซดา และการศึกษาสภาวะการฟอกเชื้อดอกธูปฤาษีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ได้ข้อมูลผลการศึกษาทดลอง การประมวลผล และการวิเคราะห์ผล ดังนี้

4.3.1 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผลการศึกษาสภาวะการผลิตเชื้อดอกธูปฤาษีด้วยกระบวนการผลิตเชื้อแบบโซดา

ผลการศึกษาสภาวะการผลิตเชื้อดอกธูปฤาษีด้วยกระบวนการผลิตเชื้อแบบโซดา ในระบบเปิด ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 , 6 , 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 6 และตารางที่ 7

ตารางที่ 6 ข้อมูลค่าเฉลี่ยผลผลิตเชื้อ และปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

ผลการผลิตเชื้อแบบโซดา	วัตถุดิบเส้นใยดอกธูปฤาษี	ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ ร้อยละ (น้ำหนักเส้นใยอบแห้ง)			
		4	6	8	10
ผลผลิตเชื้อ ร้อยละ (น้ำหนักเส้นใยอบแห้ง)	เส้นใยดอกอ่อน	92.64	73.97	47.86	33.26
	เส้นใยดอกอายุปานกลาง	60.54	49.17	35.60	33.57
	เส้นใยดอกแก่	67.78	64.02	57.77	57.11
ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป ร้อยละ (โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติม)	เส้นใยดอกอ่อน	96.48	94.32	91.79	87.31
	เส้นใยดอกอายุปานกลาง	88.59	85.62	82.14	74.18
	เส้นใยดอกแก่	81.87	83.90	78.43	73.12

ตารางที่ 7 ข้อมูลค่าเฉลี่ยผลการศึกษาคูณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ
เยื่อคอกฐปญานี้

คุณสมบัติเยื่อ คอกฐปญานี้	เยื่อคอกฐปญานี้	ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ ร้อยละ (ของน้ำหนักเส้นใยแห้ง)			
		4	6	8	10
ปริมาณลิกนินในเยื่อ Kappa Number (หน่วย)	เยื่อจากเส้นใยคอกออ่อน	37.10	33.50	30.80	27.30
	เยื่อจากเส้นใยคอกอายุปานกลาง	40.80	38.10	34.30	31.60
	เยื่อจากเส้นใยคอกแก่	43.20	42.80	40.20	38.10
การอุ้มน้ำของเยื่อ Freeness (ml . CSF.)	เยื่อจากเส้นใยคอกออ่อน	640	370	120	100
	เยื่อจากเส้นใยคอกอายุปานกลาง	610	230	140	110
	เยื่อจากเส้นใยคอกแก่	670	640	390	320
ความขาวสว่าง Brightness (%)	เยื่อจากเส้นใยคอกออ่อน	17.00	18.05	18.20	17.60
	เยื่อจากเส้นใยคอกอายุปานกลาง	11.25	11.85	11.92	12.10
	เยื่อจากเส้นใยคอกแก่	13.40	13.55	14.00	14.30
ดัชนีความต้านแรงดึง Tensile Index (kN.m/ kg.)	เยื่อจากเส้นใยคอกออ่อน	57.63	60.45	61.88	62.40
	เยื่อจากเส้นใยคอกอายุปานกลาง	58.25	63.18	64.40	65.00
	เยื่อจากเส้นใยคอกแก่	61.40	64.08	65.27	65.80
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด Tear Index (N.m ² / kg.)	เยื่อจากเส้นใยคอกออ่อน	6.75	6.13	6.15	5.92
	เยื่อจากเส้นใยคอกอายุปานกลาง	7.68	7.44	7.08	6.85
	เยื่อจากเส้นใยคอกแก่	8.25	7.90	7.83	7.61
ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ Burst Index (k. Pa. m ² / g.)	เยื่อจากเส้นใยคอกออ่อน	2.43	2.46	2.78	2.85
	เยื่อจากเส้นใยคอกอายุปานกลาง	3.61	3.74	3.86	3.98
	เยื่อจากเส้นใยคอกแก่	4.34	4.48	4.71	4.86

4.3.1.1 การประมวลผลการศึกษาสภาวะการผลิตเชื้อดอกรูปถุญี่ ด้วยกระบวนการผลิตเชื้อแบบโซดา ดังนี้

การศึกษาสภาวะการผลิตเชื้อดอกรูปถุญี่ ด้วยกระบวนการผลิตเชื้อแบบโซดา ในระบบเปิด ได้ประมวลผลการศึกษาด้านผลผลิตเชื้อ ด้านปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการผลิตเชื้อ ด้านคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

1) ด้านผลผลิตเชื้อดอกรูปถุญี่

1.1 ผลผลิตเชื้อดอกรูปถุญี่จากวัตถุดิบเส้นใยดอกอ่อน ผลการศึกษาทดลองผลิตเชื้อที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 และ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง พบว่าเส้นใยมีการแตกตัวเป็นเส้นใยอิสระไม่สมบูรณ์ เมื่อสัมผัสเส้นใยจะรู้สึกกระด้าง และการกระจายตัวในน้ำไม่ดีเส้นใยจับตัวเป็นกลุ่ม ผลผลิตที่ได้หลังการต้มเส้นใยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 92.64 และ 73.97 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ซึ่งค่าเฉลี่ยที่ได้ไม่ได้หมายถึงได้ปริมาณเชื้อมาก หากแต่เกิดจากเส้นใยดอกรูปถุญี่เปลี่ยนสภาพเป็นเชื้อไม่สมบูรณ์ เนื่องจากสภาวะการผลิตเชื้อไม่เหมาะสม ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง พบว่าเส้นใยมีการแตกตัวเป็นเส้นใยอิสระเกิดสภาพเชื้อสมบูรณ์ เมื่อสัมผัสจะรู้สึกเส้นใยอ่อนนุ่ม การกระจายตัวในน้ำดี ค่าเฉลี่ยผลผลิตเชื้อร้อยละ 47.86 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ซึ่งเป็นสภาวะการผลิตเชื้อที่เหมาะสม ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ผลผลิตพบว่าเส้นใยแตกตัวมาก เชื้อมีลักษณะคล้ายดินเหนียวเปียก (Paste) ผลผลิตเชื้อต่ำมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 33.26 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง จึงเป็นสภาวะการผลิตเชื้อที่ไม่เหมาะสม

1.2 ผลผลิตเชื้อดอกรูปถุญี่จากวัตถุดิบเส้นใยดอกอายุปานกลาง ผลการทดลองผลิตเชื้อที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ผลผลิตเชื้อพบว่ามีการแตกตัวเป็นเส้นใยอิสระไม่สมบูรณ์ เมื่อสัมผัสเส้นใยจะรู้สึกกระด้าง การกระจายตัวในน้ำไม่ดีเส้นใยจับตัวเป็นกลุ่ม ผลผลิตหลังจากการต้มมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 60.54 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ซึ่งค่าเฉลี่ยที่ได้ไม่ได้หมายถึงได้ปริมาณเชื้อมาก แต่เกิดจากการที่เส้นใยเปลี่ยนสภาพเป็นเชื้อไม่สมบูรณ์ เพราะสภาวะการผลิตเชื้อไม่เหมาะสม ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ผลผลิตเชื้อพบว่า เส้นใยแตกตัวเป็นเส้นใยอิสระเกิดสภาพเชื้อสมบูรณ์ เมื่อสัมผัสจะรู้สึกเส้นใยอ่อนนุ่ม การกระจายตัวในน้ำดี ค่าเฉลี่ยผลผลิตเชื้อร้อยละ 49.17 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ซึ่งเป็นสภาวะการผลิตเชื้อที่เหมาะสม ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ผลผลิตพบว่าเส้นใยแตกตัวมาก เชื้อมีลักษณะคล้ายดินเหนียวเปียก (Paste) ผลผลิตเชื้อต่ำมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 35.60 และ 33.57 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง จึงเป็นสภาวะการผลิตเชื้อที่ไม่เหมาะสม

1.3 ผลผลิตเชื้อดอกรูปถ้วยจากวัตถุดิบเส้นใยดอกแก้ว ผลการทดลองพบว่า ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ผลผลิตเชื้อมีการแตกตัวเป็นเส้นใยอิสระไม่สมบูรณ์ เมื่อสัมผัสเส้นใยจะรู้สึกกระด้างการกระจายตัวในน้ำไม่ดีเส้นใยจับตัวเป็นกลุ่ม ผลผลิตหลังจากการต้มมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 67.78 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ซึ่งค่าเฉลี่ยที่ได้ไม่ได้หมายถึงได้ปริมาณเชื้อมาก แต่เกิดจากเส้นใยเปลี่ยนสภาพเป็นเชื้อไม่สมบูรณ์ เพราะสภาวะการผลิตเชื้อไม่เหมาะสม ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ผลผลิตเชื้อพบว่า เส้นใยแตกตัวเป็นเส้นใยอิสระเกิดสภาพเชื้อสมบูรณ์ เมื่อสัมผัสจะรู้สึกเส้นใยอ่อนนุ่ม การกระจายตัวในน้ำดี ค่าเฉลี่ยผลผลิตเชื้อร้อยละ 64.02 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ซึ่งเป็นสภาวะการผลิตเชื้อที่เหมาะสม ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ผลผลิตพบว่าเส้นใยแตกตัวค่อนข้างมากเชื่อมลัดขณะค่อนข้างเปื่อย ผลผลิตเชื้อมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 55.77 และ 57.11 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ซึ่งเป็นสภาวะการผลิตเชื้อที่ไม่เหมาะสม

2) ด้านปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการผลิตเชื้อ

2.1 การผลิตเชื้อดอกรูปถ้วยจากวัตถุดิบเส้นใยดอกอ่อน ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 , 6 , 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ผลการศึกษาเพื่อหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไปในการผลิตเชื้อซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 96.48 , 94.32 , 91.79 และ 87.31 ของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมตามลำดับ

2.2 การผลิตเชื้อดอกรูปถ้วยจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 , 6 , 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ผลการศึกษาเพื่อหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการผลิตเชื้อซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 88.59 , 85.62 , 82.14 และ 74.18 ของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมตามลำดับ

2.3 การผลิตเชื้อดอกรูปถ้วยจากวัตถุดิบเส้นใยดอกแก้ว ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 , 6 , 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ผลการศึกษาเพื่อหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการผลิตเชื้อซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 81.87 , 83.90 , 78.43 และ 73.12 ของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมตามลำดับ



3) ด้านคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพเชื้อดอกรูปถุณี

ผลการศึกษาค่าคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพเชื้อดอกรูปถุณีพบว่า มีความสัมพันธ์กับวัตถุดิบเส้นใยดอกรูปถุณี และปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ ดังนี้

3.1 เชื้อดอกรูปถุณีจากเส้นใยดอกอ่อน ต้มที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 ,6 , 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ข้อมูลคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อผลการศึกษาประมวลผลได้ดังนี้ ปริมาณลิกนินในเชื้อมีแนวโน้มลดลงจาก 37.10 เป็น 27.30 หน่วย ค่าการอุ้มน้ำของเชื้อมีแนวโน้มลดลงจาก 640 เป็น 100 ml. CSF. ค่าความขาวสว่างของเชื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 17.00 เป็น 17.60 % ค่าดัชนีความต้านแรงดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 57.63 เป็น 62.40 kN.m / kg ค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดมีแนวโน้มลดลงจาก 6.75 เป็น 5.92 N.m² / kg ค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 2.43 เป็น 2.85 k. Pa m² / g

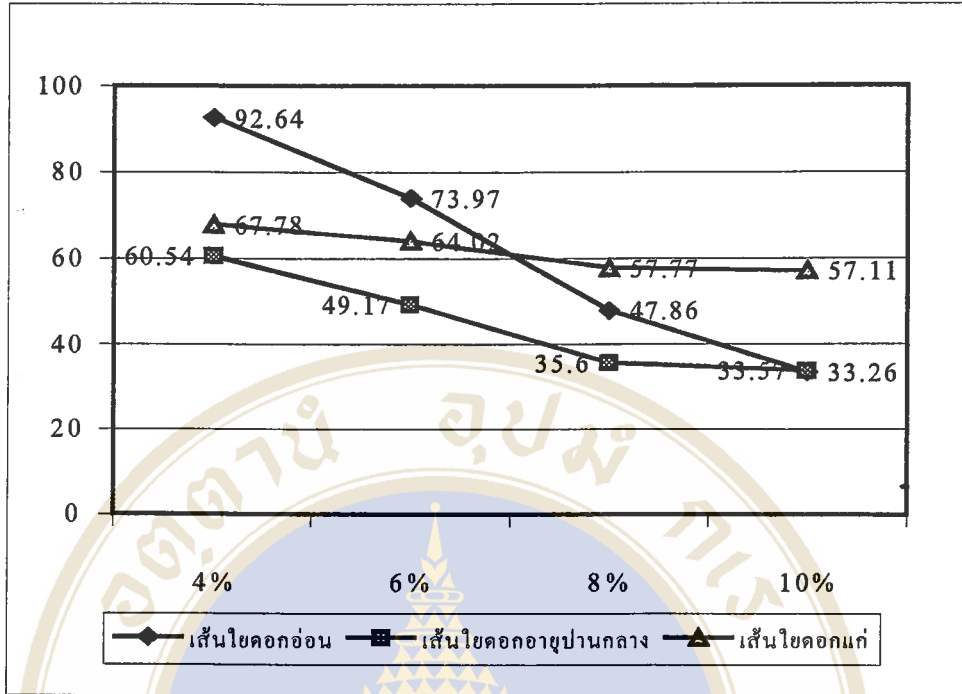
3.2 เชื้อดอกรูปถุณีจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง ต้มที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 , 6 , 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อผลการศึกษาประมวลผลได้ดังนี้ ปริมาณลิกนินในเชื้อมีแนวโน้มลดลงจาก 40.80 เป็น 31.60 หน่วย ค่าการอุ้มน้ำของเชื้อมีแนวโน้มลดลงจาก 610 เป็น 110 ml. CSF. ค่าความขาวสว่างของเชื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 11.25 เป็น 12.10 % ค่าดัชนีความต้านแรงดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 58.25 เป็น 65.00 kN.m / kg ค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดมีแนวโน้มลดลงจาก 7.68 เป็น 6.85 N.m² / kg ค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 3.61 เป็น 3.98 k. Pa m² / g

3.3 เชื้อดอกรูปถุณีจากเส้นใยดอกแก่ ต้มที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 , 6 , 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อผลการศึกษาประมวลผลได้ดังนี้ ปริมาณลิกนินในเชื้อมีแนวโน้มลดลงจาก 43.20 เป็น 38.10 หน่วย ค่าการอุ้มน้ำของเชื้อมีแนวโน้มลดลงจาก 670 เป็น 320 ml. CSF. ค่าความขาวสว่างของเชื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 13.40 เป็น 14.30 % ค่าดัชนีความต้านแรงดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 61.40 เป็น 65.80 kN. m / kg ค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดมีแนวโน้มลดลงจาก 8.25 เป็น 7.61 N.m² / kg ค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 4.34 เป็น 4.86 k. Pa m² / g

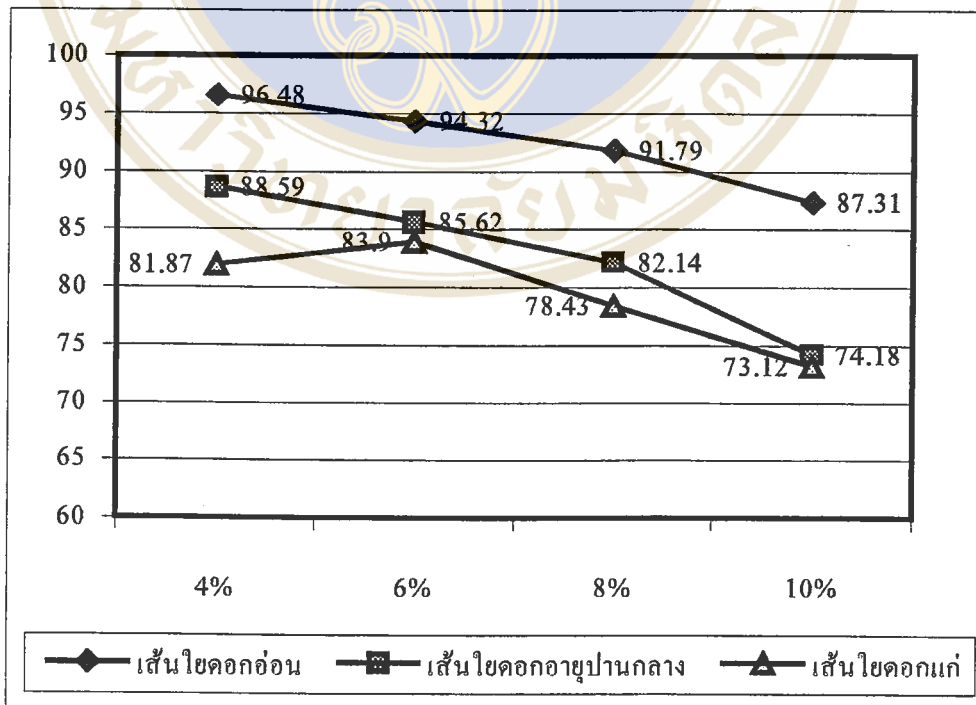
4.3.1.2 การวิเคราะห์ผลการศึกษาสภาวะผลิตเชื้อดอกธูปฤาษี ด้วยกระบวนการผลิตเชื้อแบบโซดา ดังนี้

- 1) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเชื้อ วัตถุดิบเส้นใยดอกธูปฤาษี และปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์

เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วยกราฟ ดังภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นผลผลิตเชื้อกลับลดลงอย่างรวดเร็ว วิเคราะห์ได้ว่าการใช้สารเคมีในปริมาณมากเกินไปเกินความต้องการในการผลิตเชื้อ นอกจากจะทำลายสารลินินที่เคลือบเส้นใยแล้วยังทำลายโครงสร้างเส้นใยทำให้เส้นใยเสียสภาพ ลักษณะที่สังเกตเห็นได้จากเช่น เชื้อเปื่อยมาก จนถึงมีลักษณะคล้ายดินเหนียวเปียก (Paste) ซึ่งเป็นผลเสียต่อการผลิตเชื้อและพบว่าที่สภาวะการผลิตเชื้อเดียวกันปริมาณผลผลิตเชื้อจากวัตถุดิบเส้นใยดอกแก่ให้ค่าผลผลิตเชื้อมากที่สุด เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของวัตถุดิบเส้นใยดอกธูปฤาษีคือเส้นใยจากดอกอ่อน เส้นใยจากดอกอายุปานกลาง และเส้นใยจากดอกแก่ เปรียบเทียบกับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการผลิตเชื้อ ดังภาพที่ 3 วิเคราะห์ได้ว่าที่ปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณเดียวกัน การผลิตเชื้อดอกธูปฤาษีจากวัตถุดิบเส้นใยดอกแก่มีความสิ้นเปลืองสารเคมีน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับการผลิตเชื้อดอกธูปฤาษีซึ่งใช้เส้นใยดอกอายุปานกลาง เส้นใยดอกอ่อนเป็นวัตถุดิบ



ภาพที่ 2 กราฟเปรียบเทียบผลผลิตเชื้อที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4, 6, 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยบดแห้ง

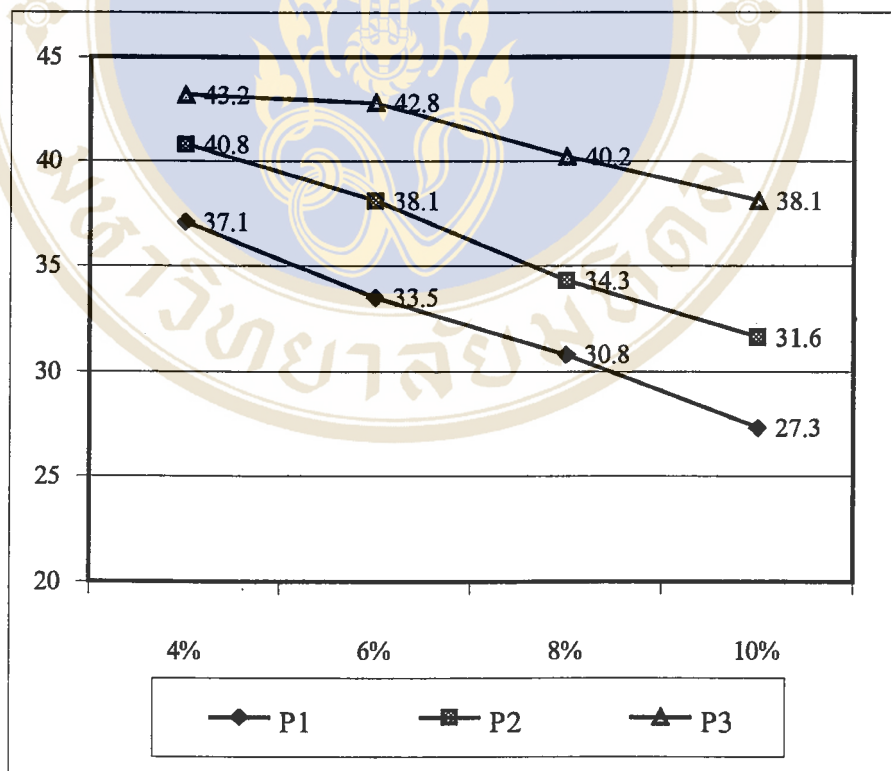


ภาพที่ 3 กราฟเปรียบเทียบ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไปในการผลิตเชื้อ (ร้อยละของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติม)

2) การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อดองรูปถากี้ ดังนี้

2.1 ปริมาณลิกนินในเชื้อ (Kappa Number)

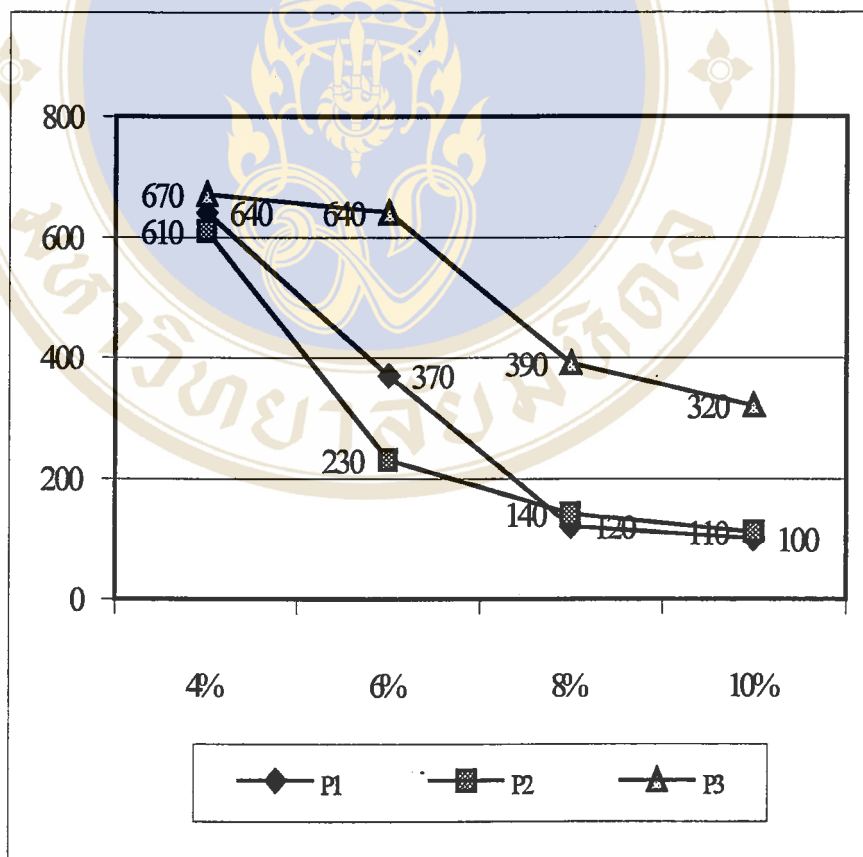
ปริมาณลิกนินในเชื้อ เป็นตัวบ่งชี้ปริมาณลิกนินเหลืออยู่ในเชื้อเมื่อผ่านกระบวนการผลิตเชื้อเคมี เมื่อเปรียบเทียบปริมาณลิกนินในเชื้อแต่ละกลุ่ม และปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการต้มเส้นใย ดังภาพที่ 4 วิเคราะห์ได้ว่าค่าปริมาณลิกนินในเชื้อของเชื้อดองรูปถากี้ที่ผลิตได้มีค่าลดต่ำลง เมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการต้มเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อการกำจัดลิกนินออกจากเส้นใยทำให้ปริมาณลิกนินในเส้นใยลดลง และพบว่าปริมาณลิกนินในเชื้อดองรูปถากี้ยังแตกต่างกันตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต กล่าวคือเชื้อดองรูปถากี้ที่ผลิตจากเส้นใยดอกอ่อน มีค่าปริมาณลิกนินในเชื้อต่ำกว่าเมื่อเทียบกับค่าปริมาณลิกนินในเชื้อของเชื้อที่ผลิตจากเส้นใยดอกแก่



ภาพที่ 4 กราฟเปรียบเทียบค่าปริมาณลิกนิน ของเชื้อจากเส้นใยดอกอ่อน (P1) เชื้อจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง (P2) และเชื้อจากเส้นใยดอกแก่ (P3)

2.2 การอุ้มน้ำของเชื้อ (Freeness)

การอุ้มน้ำของเชื้อ หมายถึงคุณสมบัติในการยอมให้น้ำไหลผ่าน เชื้อที่ยอมให้น้ำไหลผ่านได้ดีค่าการอุ้มน้ำของเชื้อค่อนข้างสูง ส่วนเชื้อที่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้มากค่าการอุ้มน้ำของเชื้อมีค่าค่อนข้างต่ำ คุณสมบัติการอุ้มน้ำของเชื้อมีประโยชน์ใช้เป็นตัวบ่งชี้ความสามารถรีดน้ำออกจากเชื้อเมื่อทำแผ่นกระดาษ การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองค่าการอุ้มน้ำของเชื้อดอกธูปฤาษี ดังภาพที่ 5 ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4, 6, 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง มีค่าลดลงตามลำดับแสดงให้เห็นว่า ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้นทำให้เส้นใยการแตกตัวมากขึ้น จึงสามารถดูดซับน้ำได้มาก เมื่อวัดค่าการอุ้มน้ำของเชื้อจึงมีค่าต่ำลง และพบว่า วัตถุประสงค์เส้นใยที่ต่างกันค่าการอุ้มน้ำของเชื้อจะแตกต่างกันคือ เชื้อดอกธูปฤาษีจากเส้นใยดอกแก้วมีค่าการอุ้มน้ำของเชื้อสูงกว่าเชื้อจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง และเชื้อจากเส้นใยดอกอ่อน

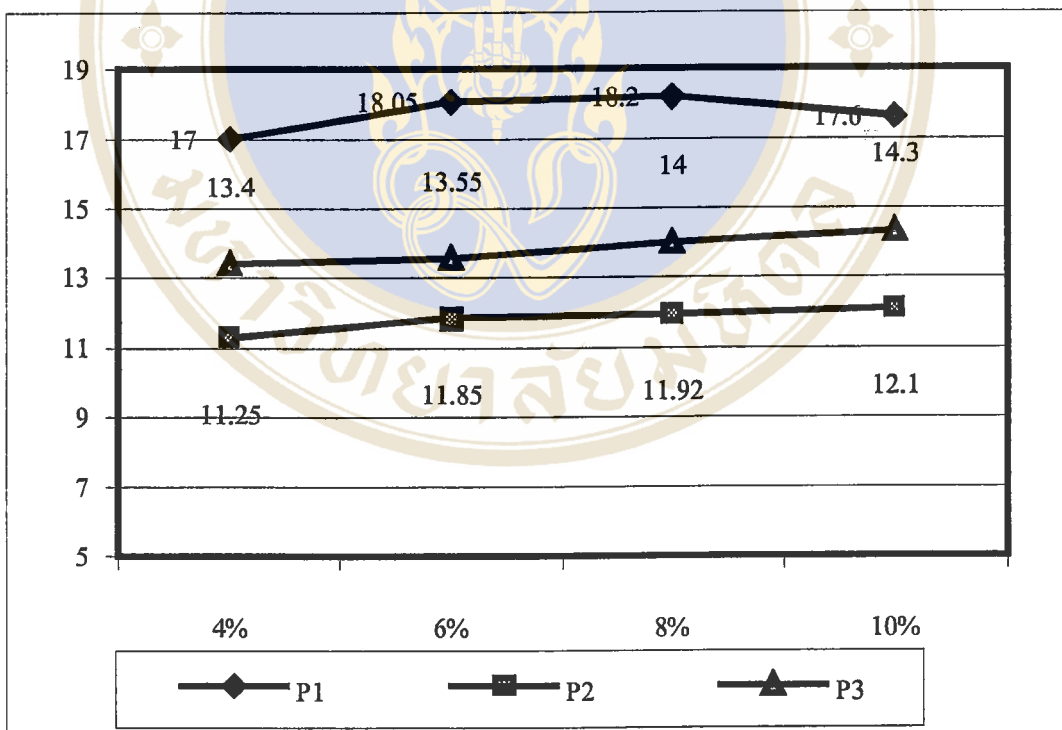


ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบค่าการอุ้มน้ำของเชื้อจากเส้นใยดอกอ่อน (P1)

เชื้อจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง (P2) และเชื้อจากเส้นใยดอกแก้ว (P3)

2.3 ความขาวสว่างของเชื้อ (Brightness)

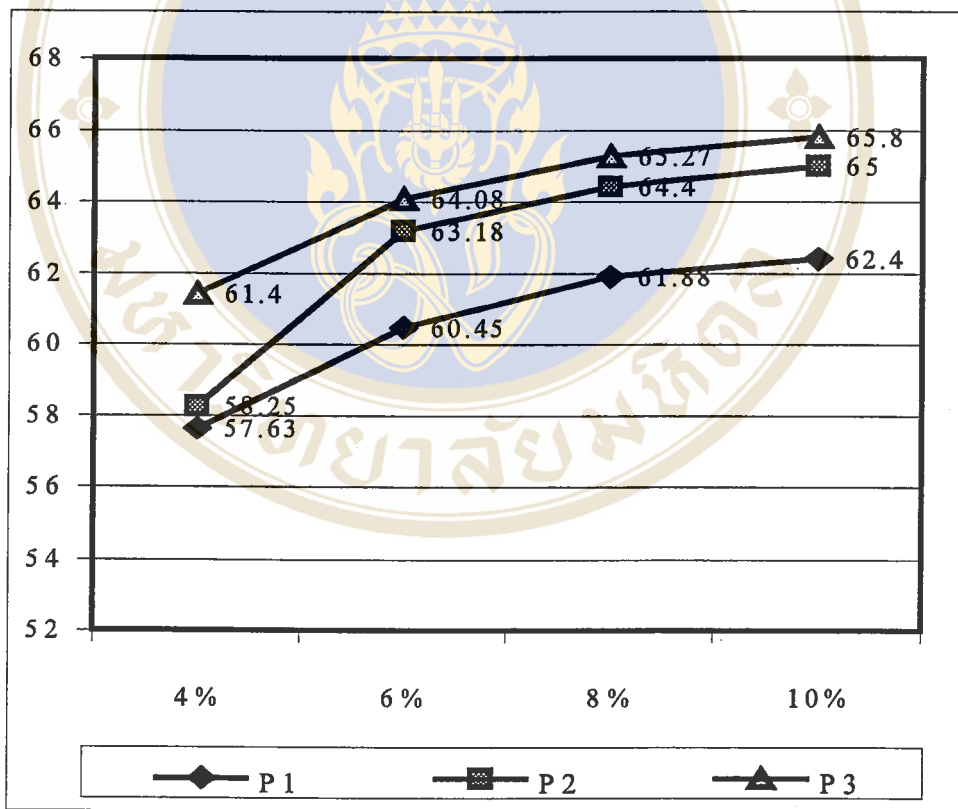
ความขาวสว่างของเชื้อ หมายถึง Reflectivity ของเชื้อหรือกระดาษที่ช่วงคลื่นแสง 457 นาโนเมตร ความขาวสว่างของเชื้อไม่สามารถบอกลักษณะเกี่ยวกับสีได้ค่าที่วัดได้ขึ้นกับการกระจาย(Light Scattering) และการดูดซับแสง (Light Absorption)เท่านั้น จึงมีประโยชน์เพื่อบอกคุณสมบัติเชื้อก่อนและหลังการฟอก ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าความขาวสว่างของเชื้อดอกรูปถั่ว วิเคราะห์ได้ว่าเมื่อปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นค่าความขาวสว่างของเชื้อมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ และความร้อนที่ใช้ในการต้มเส้นใย มีผลกระทบต่อสารลิกนินที่เคลือบเส้นใย เมื่อลิกนินหลุดออกจากเส้นใยปริมาณลิกนินในเส้นใยลดลง ค่าความขาวสว่างของเส้นใยจึงเพิ่มมากขึ้น และพบว่าเชื้อดอกรูปถั่วจากเส้นใยอ่อน มีค่าความขาวสว่างของเชื้อมากกว่าเชื้อจากเส้นใยเชื้อจากเส้นใยดอกแก่ และเชื้อจากเส้นใยดอกอายุปานกลางมีค่าความขาวสว่างของเชื้อต่ำสุด ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟเปรียบเทียบ ค่าความขาวสว่างของเชื้อจากเส้นใยดอกอ่อน (P1) เชื้อจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง (P2) และเชื้อจากเส้นใยดอกแก่ (P3)

2.4 ดัชนีความต้านแรงดึง (Tensile Index)

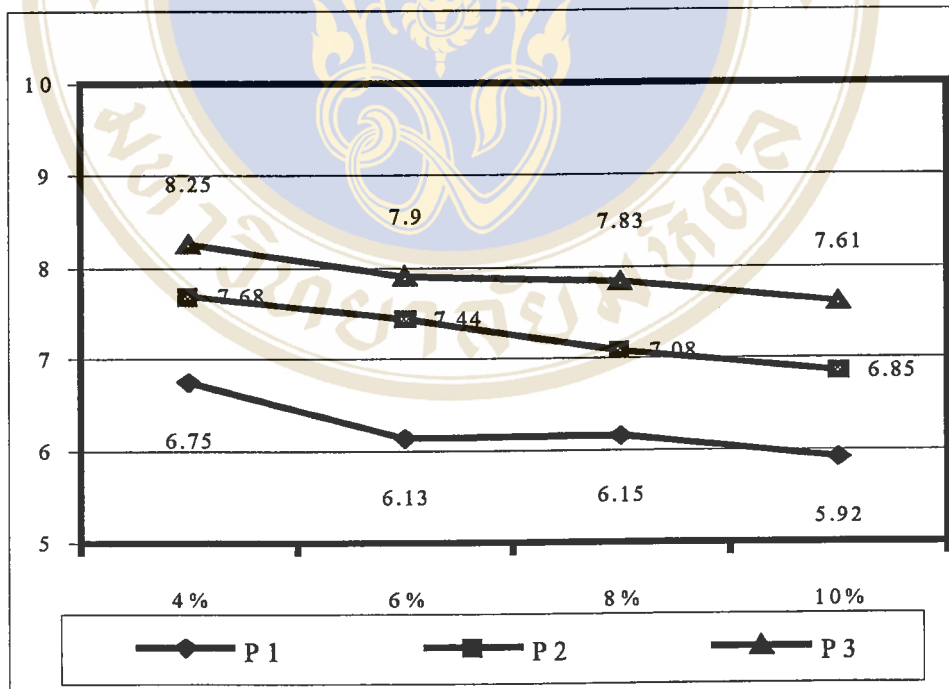
ความต้านแรงดึงหมายถึง ความสามารถในการรับแรงดึงของกระดาษ ปัจจัยที่ทำให้ความต้านแรงดึงเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับการบดเชื้อ ระดับสารเคมี เวลาที่ใช้ในการต้มเชื้อ และความดึงของกระดาษระหว่างที่ทำให้แห้ง จากผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าดัชนีความต้านแรงดึงของเยื่อดอกรูปฤาษี ดังภาพที่ 7 วิเคราะห์ได้ว่าค่าดัชนีความต้านแรงดึงของเยื่อดอกรูปฤาษีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากผลของการเพิ่มปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้เส้นใยดอกรูปฤาษีมีการแตกตัวเป็นเส้นใยอิสระได้มากขึ้น เมื่อนำมาทำแผ่นกระดาษการเกิดพันธะยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยเยื่อที่แข็งแรง เมื่อศึกษาค่าดัชนีความต้านแรงดึงของเยื่อจึงพบว่าค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 4 , 6 , 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง และพบว่าเยื่อดอกรูปฤาษีจากเส้นใยดอกแก่ มีค่าดัชนีความต้านแรงดึงสูงกว่าเยื่อจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง และเยื่อจากเส้นใยดอกอ่อน



ภาพที่ 7 กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนีความต้านแรงดึงของเยื่อจากเส้นใยดอกอ่อน (P1) เยื่อจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง (P2) และเยื่อจากเส้นใยดอกแก่ (P3)

2.5 ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด (Tear Index)

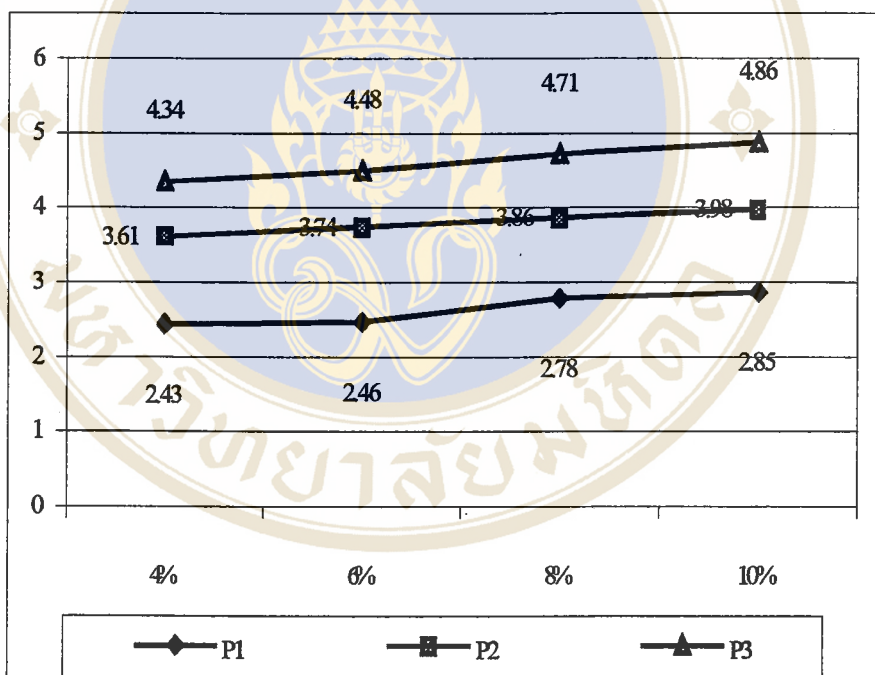
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด เป็นคุณสมบัติที่กระดาษสามารถทนต่อแรง โดยไม่ฉีกขาดโดยสัมพันธ์กับความยาวของเยื่อกระดาษ ซึ่งเยื่อที่มีความยาวเส้นใยมากจะมีค่าดัชนี ความต้านแรงฉีกขาดสูงกว่าเยื่อที่มีความยาวเส้นใยน้อย ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าดัชนีความ ต้านแรงฉีกขาดของเยื่อคอกรูปฤาษีดังภาพที่ 8 วิเคราะห์ได้ว่าเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่ม ขึ้นเป็นร้อยละ 4 , 6 , 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดของเยื่อ คอกรูปฤาษีมีค่าลดลง และพบว่าเยื่อคอกรูปฤาษีจากเส้นใยดอกแก้ว มีค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาด สูงกว่าเยื่อจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง และเยื่อจากเส้นใยดอกอ่อน เนื่องจากการกระทำของสาร เคมิและความร้อนในการต้มเส้นใยทำให้เส้นใยแตกตัวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีผลต่อโครงสร้างขนาดเส้น ใยเยื่อมีขนาดลดลงโดยเฉพาะความยาวเส้นใยเยื่อที่ลดลงจะมีผลต่อค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาด ของเยื่อมีค่าลดลงด้วย ประกอบกับผลการศึกษาโครงสร้างขนาดเส้นใยเยื่อ จากข้อ 4.2 พบว่า ความยาวเส้นใยเยื่อจากเส้นใยดอกแก้วมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดของเยื่อจาก เส้นใยดอกแก้วจึงมีค่ามากกว่าเยื่อจากเส้นใยดอกอายุปานกลางและดอกอ่อน



ภาพที่ 8 กราฟเปรียบเทียบดัชนีความต้านแรงฉีกขาด เยื่อจากเส้นใยดอกอ่อน (P1) เยื่อจากเส้นใยดอกอายุปานกลาง (P2) และเยื่อจากเส้นใยดอกแก้ว (P3)

2.6 ดัชนีความต้านทานแรงดันทะเล (Burst Index)

ความต้านทานแรงดันทะเล ขึ้นอยู่กับการขีดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและการยึดตัวของกระดาษ การศึกษาเปรียบเทียบค่าดัชนีความต้านทานแรงดันทะเล ดังภาพที่ 9 วิเคราะห์ได้ว่าค่าดัชนีความต้านทานแรงดันทะเลของเยื่อคอกรูปถาญมี มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณ ทั้งนี้เนื่องจาก ผลของการเพิ่มปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้เส้นใยคอกรูปถาญมีการแตกตัวเป็นเส้นใยอิสระได้มากขึ้น เมื่อนำมาทำแผ่นกระดาษการเกิดพันธะขีดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยเยื่อที่แข็งแรง ผลการศึกษาค่าดัชนีความต้านทานแรงดันทะเลจึงมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 4, 6, 8 และ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง และจากกราฟพบว่าเยื่อคอกรูปถาญจากเส้นใยคอกแก่ มีค่าดัชนีความต้านทานแรงดันทะเลสูงกว่าเยื่อจากเส้นใยคอกอายุปานกลาง และเยื่อจากเส้นใยคอกอ่อน



ภาพที่ 9 กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนีความต้านทานแรงดันทะเล เยื่อจากเส้นใยคอกอ่อน (P1) เยื่อจากเส้นใยคอกอายุปานกลาง (P2) และเยื่อจากเส้นใยคอกแก่ (P3)

เมื่อนำผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพดอกรูปถาผี ผลการวิเคราะห์การศึกษาขนาดเส้นใยเชื้อดอกรูปถาผี และผลการวิเคราะห์การผลิตดอกรูปถาผีด้วยกระบวนการผลิตเชื้อแบบโซดา มาวิเคราะห์ผลร่วมกันพบว่ามีความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกรูปถาผี ด้วยกระบวนการผลิตเชื้อแบบโซดา และเส้นใยดอกรูปถาผีจากดอกแก่มีความเหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบมากกว่าเส้นใยจากดอกอายุปานกลาง และดอกอ่อน ด้วยสภาวะการผลิตเชื้อที่เหมาะสมที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ได้ผลผลิตเชื้อมาก เฉลี่ยร้อยละ 64.02 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง

4.3.2 ผลการศึกษาสภาวะการฟอกเชื้อดอกรูปถาผี ด้วย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

การศึกษาคัดลองการฟอกเชื้อดอกรูปถาผี โดยนำเชื้อดอกรูปถาผีที่ได้จากการต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง มาศึกษาการฟอกเชื้อที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 2 , 3 และ 4 ของน้ำหนักเชื้ออบแห้ง ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 8 และตารางที่ 9

ตารางที่ 8 ข้อมูลผลผลิตเชื้อดอกรูปถาผีฟอกขาว และปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอกเชื้อ

ผลการฟอกเชื้อดอกรูปถาผี	ปริมาณ (H ₂ O ₂) (ร้อยละของน้ำหนักเชื้ออบแห้ง)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ค่าเฉลี่ย (Mean.)
ผลผลิตเชื้อฟอกร้อยละ (น้ำหนักเชื้ออบแห้ง)	2	94.80	94.60	94.80	95.10	94.83
	3	94.50	94.20	94.20	94.30	94.30
	4	94.30	94.10	93.80	94.40	94.15
ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ถูกใช้ในการฟอกเชื้อร้อยละ (ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติม)	2	84.50	84.70	85.20	84.30	84.68
	3	76.10	76.30	75.80	76.10	76.10
	4	73.50	72.80	73.20	73.40	73.22

ตารางที่ 9 ข้อมูลค่าเฉลี่ยผลการศึกษาคูสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพเชื้อ
 ดอกธูปฤาษีฟอกขาว

คุณสมบัติเชื้อดอกธูปฤาษีฟอกขาว	คุณสมบัติเชื้อดอกธูปฤาษีก่อนการฟอก	ปริมาณ (H ₂ O ₂) (%)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ค่าเฉลี่ย (Mean)
ปริมาณลิกนินในเชื้อ	42.8	2	34.60	34.60	34.50	34.70	34.60
Kappa Number		3	28.80	28.90	28.80	28.80	28.83
(หน่วย)		4	26.30	26.30	26.50	26.40	26.38
การอุ้มน้ำของเชื้อ	630	2	615.00	610.00	610.00	615.00	612.50
Freeness		3	590.00	590.00	600.00	580.00	590.00
(ml . CSF.)		4	570.00	575.00	575.00	575.00	573.75
ความขาวสว่าง	13.55	2	37.00	37.50	36.79	36.80	37.02
Brightness		3	42.60	42.50	42.80	43.00	42.73
(%)		4	49.00	48.50	49.00	48.50	48.75
ดัชนีความต้านแรงดึง	64.08	2	62.35	62.30	62.30	62.25	62.30
Tensile Index		3	59.40	59.20	59.30	59.40	59.33
(kN.m/ kg.)		4	57.90	58.10	58.00	57.80	57.95
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด	7.90	2	7.55	7.60	7.60	7.60	7.59
Tear Index		3	7.40	7.40	7.35	7.35	7.38
(N.m ² / kg.)		4	7.25	7.20	7.25	7.20	7.22
ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ	4.48	2	4.25	4.25	4.30	4.30	4.28
Burst Index		3	4.00	4.00	4.20	4.00	4.05
(k. Pa m ² / g.)		4	3.80	3.90	3.80	3.90	3.85

4.3.2.1 การประมวลผลการศึกษากการฟอกเชื้อดอกธูปฤาษีเชื้อดอกธูปฤาษีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

การศึกษากการฟอกเชื้อดอกธูปฤาษีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จากตารางที่ 8 และตารางที่ 9 การประมวลผลการศึกษ ด้านผลผลิตเชื้อดอกธูปฤาษีภายหลังการฟอก ด้านปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการผลิตเชื้อ ด้านคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้

1) ด้านผลผลิตเชื้อดอกธูปฤาษีภายหลังการฟอก

ผลการฟอกเชื้อดอกธูปฤาษี ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 2 , 3 และ 4 ของน้ำหนักเชื้ออบแห้ง พบว่าผลผลิตเชื้อฟอกคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักเชื้ออบแห้งค่าเฉลี่ยต่างกันน้อยมาก เท่ากับ 94.83 , 94.30 และ 94.15 ตามลำดับ

2) ด้านปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอกเชื้อ

การฟอกเชื้อดอกธูปฤาษี ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 2 , 3 และ 4 ของน้ำหนักเชื้ออบแห้ง พบว่า ค่าเฉลี่ย ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอกเชื้อ คิดเป็นร้อยละ 84.68 , 76.10 และ 73.22 ของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติมตามลำดับ

3) ด้านคุณสมบัติทางเคมี และสมบัติทางกายภาพ เชื้อดอกธูปฤาษีฟอกขาว

เชื้อดอกธูปฤาษีภายหลังการฟอก พบว่าคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพ มีการเปลี่ยนแปลง สัมพันธ์กับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้เป็นสารฟอกซึ่งกำหนดใช้ในปริมาณร้อยละ 2 , 3 และ 4 ของน้ำหนักเชื้ออบแห้ง ดังนี้

3.1 ปริมาณลิควินินในเชื้อ ค่าเฉลี่ยปริมาณลิควินินในเชื้อก่อนการฟอกเท่ากับ 42.8 หน่วย ภายหลังการฟอก ค่าเฉลี่ยปริมาณลิควินินในเชื้อลดลงเท่ากับ 34.60 , 28.83 และ 26.38 หน่วย ตามลำดับ

3.2 การอุ้มน้ำของเชื้อ ค่าเฉลี่ยการอุ้มน้ำของเชื้อก่อนการฟอกเท่ากับ 630 ml.CSF. ภายหลังการฟอกค่าเฉลี่ยการอุ้มน้ำของเชื้อลดลง 612.50 , 590.00 และ 573.75 ml . CSF. ตามลำดับ

3.3 ความขาวสว่างของเชื้อ ค่าเฉลี่ยความขาวสว่างของเชื้อก่อนการฟอกเท่ากับร้อยละ 13.55 ภายหลังการฟอก ค่าเฉลี่ยความขาวสว่างของเชื้อเพิ่มขึ้นร้อยละ 37.02 , 42.73 และ 48.75 ตามลำดับ

3.4 ค่าดัชนีความต้านแรงดึง ค่าเฉลี่ยดัชนีความต้านแรงดึงของเชื้อก่อนการฟอกเท่ากับ 630 kN. m / kg ภายหลังการฟอกค่าเฉลี่ยดัชนีความต้านแรงดึงของเชื้อลดลงเท่ากับ 62.30 , 59.33 และ 57.95 kN. m / kg ตามลำดับ

3.4 ค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาด ค่าเฉลี่ยดัชนีความต้านแรงฉีกขาดของเชื้อก่อนการฟอกเท่ากับ $7.90 \text{ N.m}^2 / \text{kg}$. ภายหลังการฟอกค่าเฉลี่ยดัชนีความต้านแรงฉีกขาดของเชื้อลดลงเท่ากับ 7.59 , 7.38 และ 7.22 $\text{N.m}^2 / \text{kg}$. ตามลำดับ

3.5 ค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุ ค่าเฉลี่ยดัชนีความต้านแรงดันทะลุของเชื้อ ก่อนการฟอกเท่ากับ $4.48 \text{ k. Pa. m}^2 / \text{g}$. ภายหลังการฟอกค่าเฉลี่ยดัชนีความต้านแรงดันทะลุของเชื้อลดลง เท่ากับ 4.28 , 4.05 และ 3.85 ตามลำดับ

4.3.2.2 การวิเคราะห์ผลการศึกษการฟอกเชื้อดอกธูปฤาษีเชื้อดอกธูปฤาษีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ดังนี้

1) ด้านผลผลิตเชื้อฟอก และความสิ้นเปลืองสารเคมี

ผลการศึกษา พบว่าผลผลิตเชื้อฟอกที่ได้ มีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำปฏิกิริยา เปลี่ยนโครงสร้างของลิกนินซึ่งมีสี ไปเป็นสารประกอบของ Quinone ซึ่งไม่มีสี โดยมีผลต่อโครงสร้างของเส้นใยน้อยมาก และจากผลการไตเตรตน้ำยาหลังการฟอก เพื่อหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ฟอกเชื้อ พบว่าที่ระดับการฟอกโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 2 , 3 และ 4 ของน้ำหนักเชื้ออบแห้ง ความสิ้นเปลืองสารเคมีสูงมากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากการที่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ถูกใช้เพื่อทำปฏิกิริยาเปลี่ยนโครงสร้างของลิกนินที่มีอยู่ในเชื้อดอกธูปฤาษี

2) ด้านคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพเชื้อดอกธูปฤาษีฟอกขาว

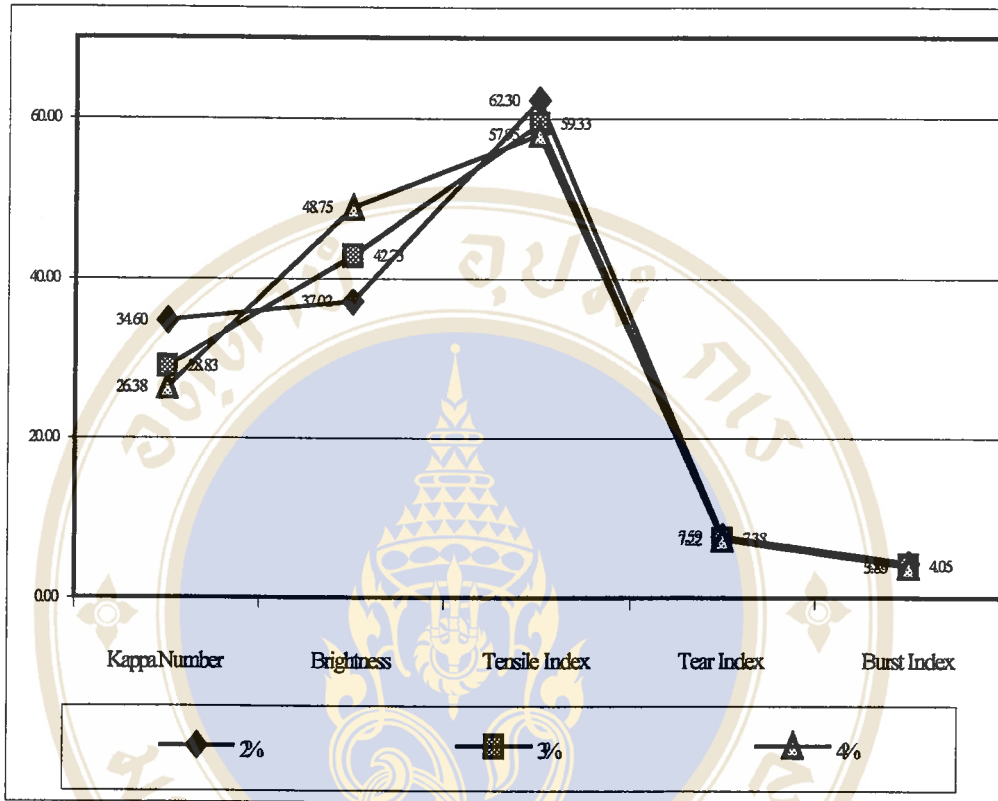
จากผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อดอกธูปฤาษีฟอกขาว ที่ทดสอบในห้องปฏิบัติการนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติหาความแปรปรวนของข้อมูลด้วย F – test เพื่อกำหนดปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมในการฟอกเชื้อ ข้อมูลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายเยื่อคอกฐูปถุญีฟอกขาวทางสถิติ (F – test)

คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง)			F- value
	2	3	4	
ผลผลิตเยื่อฟอก (ร้อยละของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง)	94.83	94.30	94.15	2.25008
ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอกเยื่อ (ร้อยละของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติม)	84.68	76.10	73.22	2.28946
ปริมาณลิกนินในเยื่อ (หน่วย)	34.60	28.83	26.38	2.38523
การอุ้มน้ำของเยื่อ (ml . CSF .)	612.50	590.00	573.75	2.2571
ค่าความขาวสว่าง (%)	37.02	42.73	48.75	2.377214
ค่าดัชนีความต้านแรงดึง (kN.m/ kg.)	62.30	59.33	57.95	2.25931
ค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาด (N.m ² / kg.	7.59	7.38	7.22	2.25406
ค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุ (k. Pa m ² / g.)	4.28	4.05	3.85	2.26781

ผลการวิเคราะห์ ตามตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อฟอกที่ปริมาณการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 2 , 3 และ 4 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้งไม่แตกต่างทางสถิติ อธิบายได้ว่าคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อฟอกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากการใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในปริมาณที่ต่างกัน

เมื่อนำค่าเฉลี่ยคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อมาวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วยกราฟดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 กราฟเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพเยื่อคอกรูปถาญีฟอกขาว ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 2 , 3 และ 4 ของน้ำหนักระดาษเยื่อ

พิจารณาจากกราฟพบว่าค่าดัชนีความต้านแรงดึง (Tensile Index) ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด (Tear Index) และดัชนีความต้านแรงดันทะลุ (Burst Index) ของเยื่อ ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 2, 3 และ 4 ของน้ำหนักระดาษเยื่อมีค่าไม่แตกต่างกัน และพบว่าคุณสมบัติที่มีความแตกต่างซึ่งเห็นได้จากกราฟคือปริมาณลิกนินในเยื่อ (Kappa Number) มีแนวโน้มลดลง และค่าความขาวสว่าง (Brightness) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

เนื่องจากจุดประสงค์หลักสำคัญในการฟอกเยื่อคือ ต้องการให้เยื่อมีค่าความขาวสว่างเพิ่มขึ้น เมื่อนำผลวิเคราะห์จากตารางที่ 10 มาวิเคราะห์ร่วมกับกราฟ ดังภาพที่ 10 ผู้วิจัยจึงเลือกการฟอกเยื่อคอกรูปถาญี ที่ปริมาณการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 4 ของน้ำหนักระดาษเยื่อ เป็นภาวะการฟอกที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งให้ค่าความขาวสว่างที่ดีที่สุดเท่ากับ 48.75 %

บทที่ 5

อภิปรายผล

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤาษี เพื่อศึกษากระบวนการที่เหมาะสมสามารถแปรสภาพเส้นใยดอกธูปฤาษีให้เป็นเชื้อกระดาษได้ ผลการศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าส่วนสำคัญที่เป็นข้อบ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ในการศึกษา คือ คุณสมบัติทางกายภาพดอกธูปฤาษี สภาวะการผลิตเชื้อดอกธูปฤาษีและสภาวะการฟอกเชื้อดอกธูปฤาษี คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อ จากการประมวลผลและวิเคราะห์ผลการศึกษาทดลองนำมาอภิปรายผลเป็นประเด็นหลักดังนี้

1. ด้านคุณสมบัติวัตถุดิบเพื่อการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤาษี
2. ด้านการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤาษี
3. ด้านการประเมินคุณภาพเชื้อดอกธูปฤาษี
4. การอภิปรายผลเพื่อนำไปสู่การผลิตเชื้อดอกธูปฤาษีเชิงอุตสาหกรรม

5.1 ด้านคุณสมบัติวัตถุดิบเพื่อการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤาษี

การกำหนดคุณสมบัติวัตถุดิบเพื่อใช้ในการผลิตเชื้อกระดาษ นับได้ว่าเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญต่อกระบวนการผลิตเชื้อ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อ ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างด้านโครงสร้างเส้นใย และคุณสมบัติเส้นใยที่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของพืชและสัมพันธ์กับแหล่งที่มาของเส้นใยคือจากส่วนต่างๆ ของพืชเช่นลำต้น เปลือก ใบ เป็นต้น จากการศึกษาวิจัยที่อ้างอิงคือ “ การผลิตเชื้อปอสาคุณภาพสูงเพื่อใช้ในงานหัตถกรรม ” (8) จากแผนภูมิที่ 1 มีการกำหนดขั้นตอนการคัดเลือกกิ่งปอสาก่อนนำมาลอกเปลือก เพื่อนำเปลือกไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อปอสา ดังนั้นการศึกษความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤาษี จึงกำหนดศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดอกธูปฤาษีเป็นข้อแรกเช่นกัน

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดจัดจำแนกดอกธูปฤาษีเป็น 3 กลุ่มคือดอกอ่อน ดอกอายุปานกลาง และดอกแก่ เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดอกธูปฤาษี และศึกษาขนาดเส้นใยเชื้อดอกธูปฤาษี ดังผลการศึกษาและวิเคราะห์ผลคุณสมบัติทางกายภาพดอกธูปฤาษี การศึกษาขนาด

เส้นใยเชื่อมดอกธูปฤาษี และการศึกษาสภาวะการผลิตเชื่อมดอกธูปฤาษี สามารถกำหนดได้ว่าดอกธูปฤาษีในระยะดอกแก่มีศักยภาพเหมาะสม สำหรับเป็นแหล่งวัตถุดิบเส้นใยดอกธูปฤาษีเพื่อการผลิตเชื่อมดอกธูปฤาษี

5.2 ด้านการผลิตเยื่อกระดาษจากดอกธูปฤาษี

การผลิตเยื่อกระดาษหมายถึงกระบวนการแปรสภาพเส้นใยดอกธูปฤาษีให้เป็นเยื่อกระดาษ เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ ไม่ปรากฏว่าเคยมีการนำเส้นใยดอกธูปฤาษีมาใช้ผลิตเยื่อกระดาษมาก่อน ผู้วิจัยจึงกำหนดแนวทางในการศึกษากระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ โดยอ้างอิงจากกระบวนการผลิตเยื่อปอสาเชิงอุตสาหกรรมจากงานวิจัย “ การผลิตเยื่อปอสาคุณภาพสูงเพื่องานหัตถกรรม ” (8)

การศึกษาทดลองผลิตเยื่อกระดาษจากเส้นใยดอกธูปฤาษี กำหนดศึกษา 2 กระบวนการต่อเนื่องกัน คือกระบวนการผลิตเยื่อแบบโซดา และกระบวนการฟอกเยื่อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทั้งนี้ เนื่องจากกระบวนการผลิตเยื่อแบบโซดาผลผลิตเยื่อมีค่าความขาวสว่างต่ำมาก (เยื่อมีสีน้ำตาลเข้ม) จึงได้ทำการศึกษาการฟอกเยื่อเพื่อให้เยื่อมีค่าความขาวสว่างเพิ่มขึ้น ด้วยกระบวนการฟอกเยื่อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ผลการศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า มีความเป็นไปได้ในการผลิตเยื่อกระดาษจากดอกธูปฤาษี ด้วยกระบวนการผลิตเยื่อแบบโซดา และกระบวนการฟอกเยื่อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งนำมาอภิปรายสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อ และสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกเยื่อได้ดังนี้

5.2.1 การอภิปรายผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อดอกธูปฤาษี

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อดอกธูปฤาษี ด้วยกระบวนการผลิตเยื่อแบบโซดา พบว่าสภาวะการผลิตเยื่อดอกธูปฤาษีที่เหมาะสม โดยใช้วัตถุดิบเส้นใยดอกธูปฤาษีจากดอกแก่ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อดอกธูปฤาษีมีความแตกต่างจากสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อปอสา ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อดอกรูปถุณี กับสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อปอสา

สภาวะการผลิต (Treatment)	เชื้อดอกรูปถุณี จากเส้นใยดอกแก่	เชื้อปอสาจาก เปลือกปอสา*
ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละของน้ำหนักวัตถุดิบอบแห้ง)	6	8
เวลาที่ใช้ในการปรับอุณหภูมิถึง 100 องศาเซลเซียส (นาที)	30	30
เวลาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)	3	3
อัตราส่วนเส้นใยดอกรูปถุณีต่อน้ำ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	1 : 15	1:10

หมายเหตุ * ข้อมูลผลการศึกษาวิจัย “ การผลิตเชื้อปอสาคุณภาพสูงเพื่องานหัตถกรรม ” (8)

ผลการเปรียบเทียบ แสดงให้เห็นว่าสภาวะการผลิตเชื้อดอกรูปถุณีจากเส้นใยดอกแก่ ใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักวัตถุดิบอบแห้ง ซึ่งน้อยกว่าสภาวะการผลิตเชื้อปอสา ใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักวัตถุดิบอบแห้ง ซึ่งเป็นดีของการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกรูปถุณี ที่พบว่ามีการใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณที่น้อยกว่าการผลิตเชื้อจากปอสา

5.2.2 การอภิปรายผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกเชื้อดอกรูปถุณี

การศึกษาสภาวะการฟอกเชื้อ มีจุดประสงค์หลักคือต้องการให้เกิดผลการเปลี่ยนแปลงด้านค่าความขาวสว่างของเชื้อให้เพิ่มมากขึ้น และปริมาณลิกนินในเชื้อลดลง ในการศึกษาทดลองกำหนดทำการฟอกเชื้อดอกรูปถุณีด้วยกระบวนการฟอกแบบปราศจากธาตุคลอรีน เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สารคลอรีนซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมลพิษขณะทำการฟอกเชื้อ โดยใช้สารฟอกคือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งมีความสะดวกในการปฏิบัติการฟอก และไม่เกิดมลพิษขณะทำการฟอกเชื้อ

การศึกษากการฟอกเชื้อดอกรูปถุณีในห้องปฏิบัติการ โดยนำเชื้อดอกรูปถุณีจากการต้มเส้นใยดอกแก่ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง มาศึกษาการฟอกผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผลจากตามข้อ 4.3.2 ข้อ 4.3.2.1 และข้อ 4.3.2.2 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกเชื้อดอกรูปถุณีคือ ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 4 ของน้ำหนัก

เข็อบแห้ง พบว่ามีสภาวะเดียวกันกับการฟอกเข็อบเสา แต่ผลการเปลี่ยนแปลงค่าขาวสว่างของเข็อบและปริมาณลิกนิน ก่อนและหลังการฟอกแตกต่างกัน ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบผลการฟอกเข็อบดอกธูปฤาษีและการฟอกเข็อบเสา

ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 4 ของน้ำหนักเข็อบแห้งเท่ากัน

การเปลี่ยนแปลง	เข็อบดอกธูปฤาษี		เข็อบเสา*	
	ก่อนการฟอก	หลังการฟอก	ก่อนการฟอก	หลังการฟอก
ค่าความขาวสว่าง (%)	13.55	48.75	46.8	77.5
ปริมาณลิกนินในเข็อบ (หน่วย)	48.2	26.83	19.9	ไม่ได้ศึกษา

หมายเหตุ * ข้อมูลผลการศึกษาวิจัย “ การผลิตเข็อบเสาคุณภาพสูงเพื่องานหัตถกรรม ” (8)

ผลการเปรียบเทียบ แสดงให้เห็นว่าการฟอกเข็อบดอกธูปฤาษีที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 4 ของน้ำหนักเข็อบแห้ง เข็อบดอกธูปฤาษีมีค่าความขาวสว่างน้อยกว่าเข็อบเสาที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เดียวกัน เนื่องจากเข็อบดอกธูปฤาษีก่อนการฟอกมีปริมาณลิกนินในเข็อบมากกว่าเข็อบเสา ก่อนการฟอก และปริมาณลิกนินของเข็อบดอกธูปฤาษีหลังการฟอกพบว่ามีค่ามากกว่าเข็อบเสาที่ยังไม่ฟอก จึงเป็นที่น่าสนใจว่าควรได้มีการศึกษาสภาวะการฟอกเข็อบดอกธูปฤาษีต่อไป

5.3 ด้านการประเมินคุณภาพเข็อบดอกธูปฤาษี

การประเมินคุณภาพเข็อบกระดาษเพื่อทราบถึงคุณลักษณะต่าง ๆ เมื่อนำเข็อบไปทำแผ่นกระดาษ ซึ่งพื้นฐานทั่วไปจะคำนึงคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นคือ ความต้านแรงดึง ความต้านแรงฉีกขาด และความต้านแรงดันทะลุ คุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการใช้งานของกระดาษว่ามีความเหมาะสมกับการใช้งานมากน้อยเพียงใด

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเข็อบกระดาษจากดอกธูปฤาษี เข็อบที่ได้จากกระบวนการผลิตเข็อบแบบโฆคาด้วยวัตถุดิบเส้นใยจากดอกอ่อน เส้นใยจากดอกอายุปานกลาง และเส้นใยจากดอกแก่ ที่สภาวะการผลิตเข็อบที่เหมาะสมพบว่ามีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพเยื่อคอกรูปถาญี

คุณสมบัติทางกายภาพ	P1	P2	P3
ดัชนีความต้านแรงดึง Tensile Index , (kN.m/ kg.)	66.88	63.18	64.08
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด Tear Index , (N.m ² / kg.)	6.15	7.44	7.90
ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ Burst Index , (k. Pa m ² / g.)	2.78	3.74	4.48

หมายเหตุ*

P1 หมายถึงเยื่อเส้นใยคอกอ่อนที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง

P2 หมายถึงเยื่อเส้นใยคอกอายุปานกลางที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง

P3 หมายถึงเยื่อเส้นใยคอกแก่ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง

ผลการเปรียบเทียบประเมินคุณภาพเยื่อได้ว่า เยื่อคอกรูปถาญีจากเส้นใยคอกแก่ที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้งมีคุณสมบัติทางกายภาพดีที่สุด และเมื่อนำไปทำแผ่นกระดาษจะได้กระดาษที่มีค่าดัชนีความต้านแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 64.08 kN.m/ kg. ดัชนีความต้านแรงฉีกขาดเฉลี่ยเท่ากับ 7.90 N.m²/ kg. และดัชนีความต้านแรงดันทะลุเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 k.Pa m²/g.

การศึกษาการฟอกเยื่อคอกรูปถาญี โดยนำเยื่อคอกรูปถาญีจากเส้นใยคอกแก่ที่ผ่านกระบวนการผลิตเยื่อแบบโซดา ระดับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้งมาศึกษาการฟอกพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อเปลี่ยนแปลงลดลง ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 คุณสมบัติทางกายภาพเยื่อคอกรูปถาญี ก่อนการฟอกและหลังการฟอก

คุณสมบัติทางกายภาพ	P3 ก่อนการฟอก	P3 หลังการฟอกที่ปริมาณ H ₂ O ₂ ร้อยละของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง		
		2	3	4
ดัชนีความต้านแรงดึง Tensile Index , (kN.m/ kg.)	64.08	62.30	59.33	57.95
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด Tear Index , (N.m ² / kg.)	7.90	7.59	7.38	7.22
ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ Burst Index , (k. Pa m ² / g.)	4.48	4.28	4.05	3.85

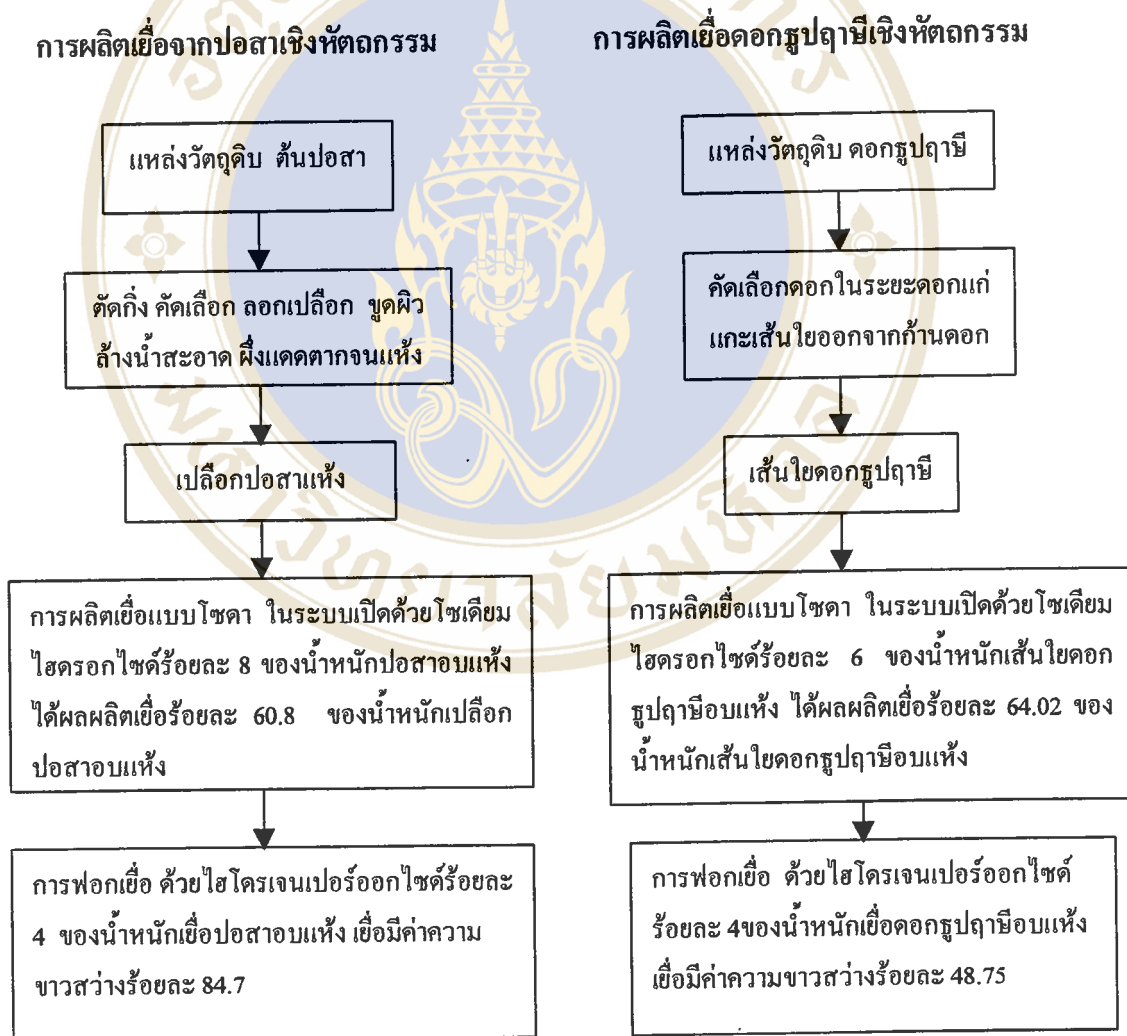
หมายเหตุ* P3 หมายถึงเยื่อเส้นใยคอกแก่ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง

ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าการฟอกเยื่อ มีผลทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อมีค่าลดลง เมื่อนำเยื่อที่ผ่านการฟอกไปทำแผ่นกระดาษศึกษาสภาพการใช้งานของกระดาษจะลดลงเช่นกัน จึงเป็นข้อสังเกตว่าการฟอกเยื่อเพื่อให้มีค่าความขาวสว่างเพิ่มขึ้น จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อด้วย ซึ่งรวมถึงคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ ยังคงสภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งานอยู่หรือไม่

5.4 การอภิปรายผลเพื่อนำไปสู่การผลิตเยื่อคอกรูปถาญีเชิงหัตถกรรม

ผลการศึกษาดทดลองผลิตเยื่อคอกรูปถาญีในห้องปฏิบัติการ พบว่ากระบวนการผลิตสามารถพัฒนาไปสู่ความเป็นไปได้ในการผลิตเยื่อกระดาษจากคอกรูปถาญีเชิงหัตถกรรม โดยเปรียบเทียบจากงานวิจัยการผลิตเยื่อปอสาเชิงหัตถกรรม (8) ดังแผนภูมิที่ 3 จากการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าการผลิตเยื่อกระดาษจากปอสา และการผลิตเยื่อกระดาษจากคอกรูปถาญีมีขั้นตอนของการคัดเลือกวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิต ขั้นตอนการผลิตประกอบด้วยกระบวนการผลิตเยื่อแบบโซดาด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกระบวนการฟอกเยื่อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เช่นเดียวกันแต่ในรายละเอียดเช่นปริมาณสารเคมีที่ใช้ในขั้นการผลิตเยื่อแบบโซดา คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อกระดาษจากปอสา และเยื่อกระดาษจากคอกรูปถาญีแสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างกัน อภิปรายได้ว่าเนื่องมาจากวัตถุดิบเป็นเส้นใยที่ได้จากพืชต่างชนิดกันและจากส่วนต่าง ๆ ของพืชที่แตกต่างกัน โดยเส้นใยปอสาได้จากส่วนเปลือกของต้นปอสา ส่วนเส้นใยคอกรูปถาญีได้จากส่วนกลีบดอกตัวเมียที่เปลี่ยนสภาพเป็นเส้นใย ความแตกต่างอีกประการที่จะ

อภิปรายถึงคือด้านผลิตภัณฑ์กระดาษ กระดาษจากปอสามมีเนื้อกระดาษและลดทลายความสวยงาม เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ มีการพัฒนากระบวนการผลิตมานานจนเป็นที่นิยมใช้อย่างใช้แพร่หลาย ส่วนผลิตภัณฑ์กระดาษจากเชือกดอกธูปฤๅษี นับได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์กระดาษที่เกิดขึ้นใหม่เป็นครั้งแรกจากงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งพบว่ากระดาษจากเชือกดอกธูปฤๅษีมีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ได้หากได้ศึกษาพัฒนากระบวนการผลิตเชื้อและกระดาษจากดอกธูปฤๅษีให้มีประสิทธิภาพ การศึกษาเพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์ รวมถึงการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้เป็นที่รู้จัก นับว่าเป็นการช่วยให้นวัตกรรมความคิดที่จะส่งเสริม ให้มีการผลิตเชื้อและกระดาษจากดอกธูปฤๅษีเป็นงานหัตถกรรมในครัวเรือนมีความเป็นไปได้มากยิ่งขึ้น



แผนภูมิที่ 3 เปรียบเทียบการผลิตเชื้อปอสามและการผลิตเชื้อดอกธูปฤๅษีเชิงหัตถกรรม

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤๅษี ซึ่งประกอบด้วยการศึกษาการผลิตเชื้อดอกธูปฤๅษีด้วยกระบวนการผลิตเชื้อแบบโซดา การศึกษากระบวนการฟอกเชื้อแบบปราศจากธาตุคลอรีนด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) และการประเมินคุณภาพเชื้อดอกธูปฤๅษี จากการดำเนินการศึกษาทดลอง การประมวลผล การวิเคราะห์ และการอภิปรายผล นำไปสู่การสรุปผลการศึกษิตตามวัตถุประสงค์และข้อเสนอแนะดังนี้

6.1 สรุปการวิจัย

6.1.1 สรุปผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤๅษี

จากการดำเนินงานศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการ สรุปได้ว่า มีความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤๅษี และพบว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการศึกษาด้านความเป็นไปได้คือด้านวัตถุดิบเพื่อการผลิตเชื้อดอกธูปฤๅษี ด้านกระบวนการผลิตเชื้อที่สภาวะการผลิตที่เหมาะสมและการประเมินคุณภาพเชื้อดอกธูปฤๅษี

6.1.2 สรุปผลด้านวัตถุดิบเพื่อการผลิตเชื้อดอกธูปฤๅษี

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดอกธูปฤๅษี ประกอบกับการศึกษาการผลิตเชื้อดอกธูปฤๅษี และ การศึกษาขนาดเส้นใยเชื้อดอกธูปฤๅษี สรุปได้ว่าเส้นใยจากดอกธูปฤๅษี ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อดอกธูปฤๅษีได้ และเส้นใยดอกธูปฤๅษีในระยะดอกแก่มีความเหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อดอกธูปฤๅษี

6.1.3 สรุปผลด้านกระบวนการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤๅษี

จากผลการศึกษาการผลิตเชื้อ ด้วยกระบวนการผลิตเชื้อแบบโซดาในห้องปฏิบัติการ พบว่าเส้นใยดอกธูปฤๅษีมีการเปลี่ยนสภาพเป็นเชื้อกระดาษ สรุปได้ว่ากระบวนการผลิตเชื้อแบบโซดา เป็นกระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อกระดาษจากดอกธูปฤๅษีได้ และสรุปสภาวะการผลิตเชื้อที่เหมาะสม ดังนี้

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อดอกธูปฤๅษี ด้วยวัตถุดิบเส้นใยดอกธูปฤๅษีจากดอกแก่

- | | |
|--|--------------------------|
| 1) ปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ | 6 |
| (ร้อยละของน้ำหนักวัตถุดิบอบแห้ง) | |
| 2) เวลาที่ใช้ในการปรับอุณหภูมิถึง 100 องศาเซลเซียส | 30 นาที |
| 3) เวลาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส | 3 ชั่วโมง |
| 4) อัตราส่วนเส้นใยดอกธูปฤๅษีต่อน้ำ | 1 : 15 น้ำหนักต่อน้ำหนัก |

และจากผลการศึกษาการฟอกเชื้อด้วยกระบวนการฟอกเชื้อแบบปราศจากราตุคอลลรีน ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่าเชื้อดอกธูปฤๅษีภายหลังการฟอกมีค่าความขาวสว่างของเชื้อเพิ่มขึ้นสรุปได้ว่ากระบวนการฟอกเชื้อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นกระบวนการที่ใช้สำหรับการฟอกเชื้อดอกธูปฤๅษีได้ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารฟอกคือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากขึ้นค่าความขาวสว่างของเชื้อจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ซึ่งในการศึกษาทดลองครั้งนี้ที่ระดับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 4 ของน้ำหนักเชื้ออบแห้งให้ค่าความขาวสว่างของเชื้อหลังการฟอกดีที่สุด สรุปสภาวะการฟอกเชื้อได้ดังนี้

สภาวะ การฟอกเชื้อดอกธูปฤๅษี ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

- | | |
|--|-----------------|
| 1) ปริมาณ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ | 4 |
| ร้อยละ (น้ำหนักเชื้อดอกธูปฤๅษีอบแห้ง) | |
| 2) ปริมาณแมกเนซียมซัลเฟต (MgSO ₄) | 0.05 |
| ร้อยละ (น้ำหนักเชื้อดอกธูปฤๅษีอบแห้ง) | |
| 3) ปริมาณ โซเดียมซิลิเกต (Na ₂ SiO ₃) | 2.0 |
| ร้อยละ (น้ำหนักเชื้อดอกธูปฤๅษีอบแห้ง) | |
| 4) อุณหภูมิ น้ำในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) | 90 องศาเซลเซียส |
| 5) เวลาที่ใช้ในการฟอกเชื้อ | 2 ชั่วโมง |
| 6) ความเข้มข้นของน้ำเชื้อ | 16 ร้อยละ |
| 7) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเชื้อ | 10.5 – 11.0 |

6.1.4 สรุปผลการศึกษาการประเมินคุณภาพเชื้อดอกธูปฤๅษี

การศึกษาและประเมินคุณภาพดอกธูปฤๅษีสรุปได้ว่า

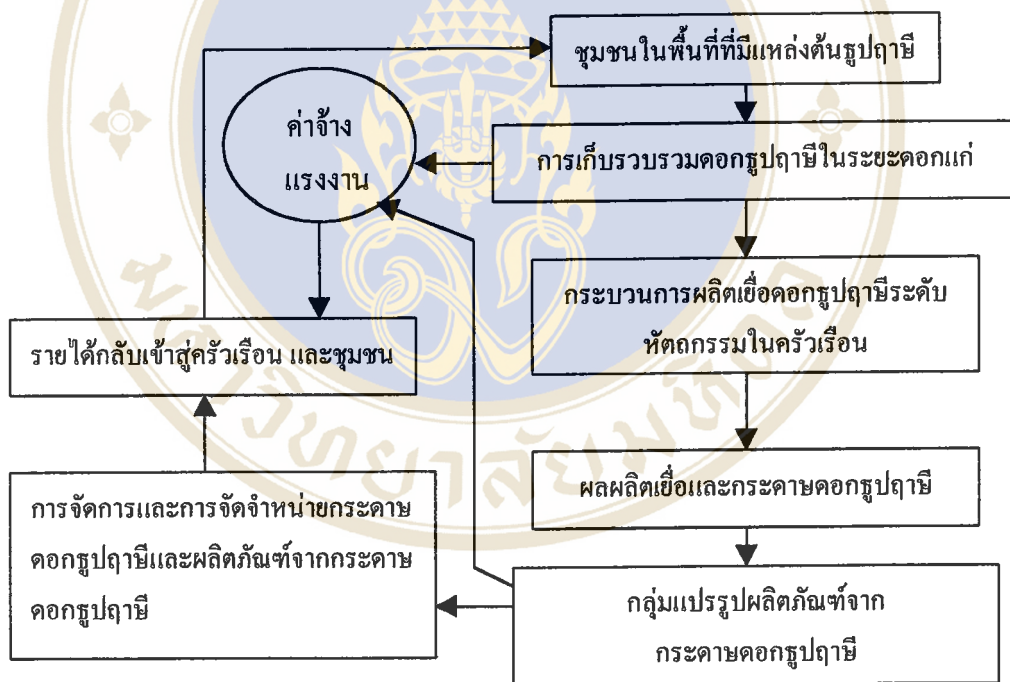
- 1) เชื้อดอกธูปฤๅษีก่อนการฟอกเมื่อนำไปทำแผ่นกระดาษ สักยภาพกระดาษด้านการใช้งานมีค่าดัชนีความต้านแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 64.08 kN.m / kg. ดัชนีความต้านแรงฉีกขาดเฉลี่ยเท่ากับ 7.90 N.m²/kg. และดัชนีความต้านแรงตันทะลุเฉลี่ยเท่ากับ 4.4 8 kPa. m²/g.

2) เชื่อกอกรูปถุภยัหลังการพอกเมื่อนำไปทำแผ่นกระดาษ ศักยภาพกระดาษด้านการใช้งานมีค่าดัชนีความต้านแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 57.95 kN.m / kg. ดัชนีความต้านแรงฉีกขาดเฉลี่ยเท่ากับ 7.22 N.m²/kg. และดัชนีความต้านแรงคั้นทะลุเฉลี่ยเท่ากับ 3.85 k.Pa. m² / g.

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการผลิตเยื่อและกระดาษดอกรูปถุภยัเชิงหัตถกรรม

การศึกษาทดลองผลิตเยื่อกระดาษจากดอกรูปถุภยัในห้องปฏิบัติการสามารถนำไปสู่วิธีการผลิตเชิงหัตถกรรมในครัวเรือน เพื่อส่งเสริมการผลิตเยื่อและกระดาษจากดอกรูปถุภยัเป็นอาชีพสร้างรายได้ให้ครัวเรือน และชุมชนโดยแนวทางการจัดการผลิตเชิงหัตถกรรม ดังแผนภูมิที่ 4



แผนภูมิที่ 4 แนวทางการจัดการผลิตเยื่อดอกรูปถุภยัเชิงหัตถกรรม

จากการอภิปรายผล เพื่อการจัดการผลิตเยื่อและกระดาษจากดอกรูปถุภยัเชิงหัตถกรรม นอกจากเป็นการสร้างงานช่วยเพิ่มรายได้แก่ครัวเรือน และชุมชนแล้วยังเป็นการใช้ประโยชน์จากวัชพืชเช่น รูปถุภยั ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

6.2.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

เพื่อเป็นการส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเชื้อและกระดาษจากดอกธูปฤาษี ควรได้มีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตดังนี้

- 1) การศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิตเชื้อและกระดาษจากดอกธูปฤาษีระดับ
หัตถอุตสาหกรรมในครัวเรือน

การนำผลงานวิจัยการผลิตเชื้อ และกระดาษจากดอกธูปฤาษีไปเผยแพร่สู่ครัวเรือน และชุมชน ผู้วิจัยเห็นว่าควรได้ทำการวิจัยและพัฒนาในด้านต่าง ๆ ให้สมบูรณ์ มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด ดังนี้

- 1.1 การวิจัยและพัฒนาการผลิตเชื้อและกระดาษจากดอกธูปฤาษีระดับ
หัตถอุตสาหกรรมในครัวเรือน

- 1.2 การศึกษาวิเคราะห์หาต้นทุนการผลิตเชื้อและกระดาษจากดอกธูปฤาษีระดับ
หัตถอุตสาหกรรมในครัวเรือน

- 1.3 การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพความขาวสว่างของเชื้อดอกธูปฤาษีในกระบวนการ
การฟอกเชื้อดอกธูปฤาษีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

- 1.4 การศึกษาวิธีการย้อมสี และการใช้สารเติมแต่งคุณภาพเชื้อกระดาษดอกธูปฤาษี

- 2) การศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ และการยอมรับ

เพื่อเป็นการส่งเสริมผลิตภัณฑ์ใหม่คือเชื้อและกระดาษจากดอกธูปฤาษีให้เป็นที่รู้จัก และเป็นที่ยอมรับนิยมใช้ ควรได้ทำวิจัยดังนี้

- 2.1 การศึกษาทัศนคติ และการยอมรับ ของกลุ่มผู้ใช้กระดาษที่มีต่อเชื้อและกระดาษ
จากดอกธูปฤาษี

- 2.2 ศึกษาแนวทางการจัดการ การผลิต และการแปรรูปกระดาษดอกธูปฤาษี

- 3) การศึกษาด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากระบบการผลิต

เนื่องจากในระบบการผลิตเชื้อและกระดาษ มักจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องมาจากน้ำทิ้งจึงควร ได้มีการศึกษาป้องกันดังนี้

- 3.1 การศึกษาการใช้ประโยชน์น้ำดำ (Black Liquor)จากระบบการผลิตเชื้อแบบ
ไซคา เพื่อช่วยลดปัญหาผลกระทบจากน้ำทิ้งในระบบการผลิตเชื้อ

- 3.2 การศึกษาการนำน้ำทิ้งจากระบบการผลิตเชื้อ และการฟอกเชื้อเพื่อกลับมาใช้
ใหม่ (Recycle)

รายการอ้างอิง

1. สุชาดา ศรีเพ็ญ . พรรณไม้หน้า ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร ; 2530
2. สรปราชญ์ ธโนสวรรย์ ดร., พูนพิภพ เกษมทรัพย์ ผศ.ดร. และทรงคุณ สิงหราชวัลลภ. รายงานการวิจัย เรื่อง การให้ออกซิเจนในน้ำเสียของรูปถาผี โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.มูลนิธิชัยพัฒนา; 2542
3. คุณหญิงสุดา ศรีเพ็ญ, จันทนา สุขปรีดี, สุมณ มาสุชน และสมศักดิ์ เจริญวัย. รายงานการวิจัยเรื่อง การบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีในพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมโดยใช้กกกลม และรูปถาผี. โครงการศึกษาวิจัย และ พัฒนาลิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. มูลนิธิชัยพัฒนา ; 2542
4. รุ่งอรุณ วัฒนวงศ์, ชีรชัย รัตนโรจน์มงคล และจิระศักดิ์ ชัยสนิท. รายงานการวิจัย เรื่อง การผลิตเชื้อปราศจากธาตุคลอรีนจากรูปถาผี และกกกลม. โครงการศึกษาวิจัย และ พัฒนาลิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. โครงการศึกษาวิจัย และ พัฒนาลิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.มูลนิธิชัยพัฒนา; 2542
5. สิทธิสานต์ วิจิราภาพ . การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อกระดาษจากต้นรูปถาผี. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร]. กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยมหิดล ; 2541
6. ชัยยุทธ ช่างสาร และคณะผู้วิจัย . รายงานโครงการศึกษา เส้นใยจากต้นรูปถาผีเพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี และสิ่งทอ คณะวิศวกรรมเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ; 2536

รายการอ้างอิง (ต่อ)

7. อุดมศักดิ์ แก้วชนสิน . การเก็บรักษารูปถ่ายเพื่อทำดอกไม้แห้ง ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2526
8. รุ่งอรุณ วัฒนวงศ์ , ชีระชัย รัตนโรจน์มิ่งคล และจิระศักดิ์ ชัยสนธิ . รายงานการวิจัยเรื่อง การผลิตเชื้อปอสาคุณภาพสูงเพื่อใช้ในการงานหัตถกรรม . กลุ่มวิจัยและพัฒนา 3 กอง การวิจัย กรมวิทยาศาสตร์ ; 2542
9. Tappi Press Technology . 1998 –1999
10. ดำรงค์ศักดิ์ เหล่าแสงธรรม . การผลิตเชื้อกระดาษจากหญ้าแฝกเชิงอุตสาหกรรมและ หัตถกรรม . เอกสารเผยแพร่ผลงานวิจัยฉบับย่อ . กลุ่มวิจัยและพัฒนา 3 กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ; 2542
11. สุภาพร จันรุ่งเรือง และเมธี มณีวรรณ . การใช้ประโยชน์จากรูปถ่าย วารสารการพัฒนา ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ . 2537 ; ปีที่ 31 ฉบับที่ 351 : 57-9
12. การศึกษานอกโรงเรียน กระทรวงศึกษาธิการ . การทำลวดลายและสีบนกระดาษสา . พิมพ์ครั้งที่ 1 . กรุงเทพมหานคร . บริษัทต้นอ้อ แกรมมี่ จำกัด ; 2541
13. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช . วัสดุทางการพิมพ์ เอกสารการสอนชุดวิชา หน่วยที่ 9 – 15 . พิมพ์ครั้งที่ 1 . สำนักพิมพ์สุโขทัยธรรมมาธิราช ; 2539
14. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช . ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับงานพิมพ์ เอกสารการสอนชุด วิชาหน่วยที่ 1 – 14 . พิมพ์ครั้งที่ 2 . สำนักพิมพ์สุโขทัยธรรมมาธิราช ; 2540
15. สมชาติ รุ่งอินทร์ . ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับงานวิเคราะห์ทดสอบเชื้อกระดาษและ คำอธิบาย ศัพท์ที่ใช้ในการทดสอบ . ห้องปฏิบัติการเชื้อและกระดาษ กองวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ; 2528
16. รุ่งอรุณ วัฒนวงศ์ . ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกระดาษ ห้องปฏิบัติการเชื้อและกระดาษ . กองวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ; 2528

รายการอ้างอิง (ต่อ)

17. อรุณรุ่ง ใจกลม . การผลิตเชื้อกระดาษจากกกจันทรมุข ระดับหัตถอุตสาหกรรมในครัวเรือน . [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร] . กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล ; 2539
18. อุตสาหกรรมเชื้อและกระดาษ . สมาคม . สถิติการผลิต การนำเข้า และส่งออก สมาคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ; 2539
19. Norma C. Fassett. A Manual of Aquatic Plants; the University of Wisconsin London ; 1995
20. Scheary, R. Plant for Man. Prentice - Hall; inc. New York ., 1952
21. Scoggan., H. J. The Flora of Canada. Nation Museums of Canada ., 1978
22. William., H . Bureau. What the Printer Should Know about Paper. Graphic Arts Technical Foundation United States of America., 1995
23. Burdete.,J.and other . The Manufacture of Pulp and Paper: Science and Engineering Concepts. Atlanta : Tappi 1988
24. Clark., J.d.,A. Pulp Technology and Treatment for Paper . San Francisco: Miller Freeman Publication Inc., 1978
25. Mark., R.E. Handbook of Physical and Mechanical Testing of Paper and Paperboard . V.2 Marcel Dekker. Inc., 1984



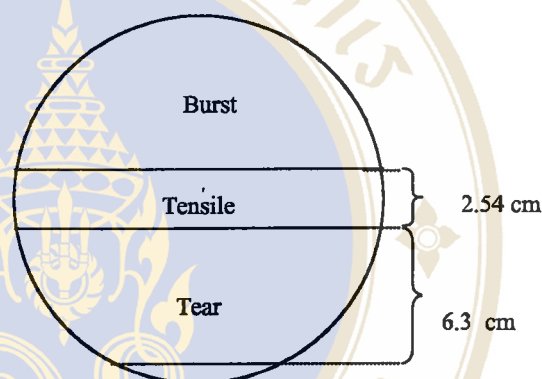


ภาคผนวก ก

การปฏิบัติการศึกษาทดลองและผลการศึกษาทดลองเพิ่มเติม

1. การปฏิบัติการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

ทำการตัดแผ่นทดสอบมาตรฐานที่จะทำการสอบตามภาพที่ 11 ให้ได้แผ่นทดสอบ 10 แผ่น สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพแต่ละค่า



ภาพที่ 11 การตัดแผ่นทดสอบที่จะนำไปวัดคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นทดสอบ

1.1 ความต้านแรงดึง

แผ่นทดสอบที่ตัดแล้วซึ่งมีความกว้าง 2.54 เซนติเมตร ติดไว้กับที่ยึดทั้ง 2 ด้านของเครื่อง Tensile Tester แบบ Model PHT Horizonta (No. 126525, Timius Olsen Testing Machine Co., PA., U.S.A.) ซึ่งมีระยะห่างระหว่างที่ยึดเป็น 10 เซนติเมตร โดยที่ปลายข้างหนึ่งจะติดอยู่กับ Load Cell ส่วนอีกปลายจะเคลื่อนที่ไปได้

การคำนวณ

$$\text{ความต้านแรงดึง (กิโลนิวตัน/เมตร)} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้ (กิโลกรัม)} \times 9.81 \text{ เมตร/นาที่}^2}{\text{ความกว้าง 2.54 เซนติเมตร}}$$

$$\text{ดัชนีความต้านแรงดึง (กิโลนิวตัน เมตร/กิโลกรัม)} = \frac{\text{ความต้านแรงดึง (กิโลกรัม/เมตร)}}{\text{น้ำหนักมาตรฐาน (กรัม/ตารางเมตร)}}$$

1.2 ความต้านทานแรงฉีกขาด

1. เลือกชนิดของ Pendulum ของเครื่อง Tearing Resistance (Factor A/4 และ 68.8 g-cm, AB Lorentzen & Wettres Co., Ltd., Stockholm, Sweden) ที่ใช้ให้เหมาะกับแผ่นทดสอบ โดยให้ค่าที่อ่านได้อยู่ประมาณ ร้อยละ 60 ของ Scale ปรับเครื่องโดยให้ Index ของ Pendulum กับ Index ของฐานเครื่องตรงกัน

2. ปรับให้ Pointer อ่านค่าได้ศูนย์ เมื่อปล่อย Pendulum ให้แกว่งอย่างอิสระ 1 รอบ ถ้าไม่ได้ศูนย์ให้ปรับปุ่มปรับ Pointer แล้วทดลองใหม่จนกว่าจะอ่านได้ศูนย์

3. นำแผ่นทดสอบที่ตัดแล้ว ซึ่งมีขนาดความกว้าง 6.3 เซนติเมตร ยาว 5.3 เซนติเมตร ใส่ขึ้นทดสอบ 4 แผ่นโดยให้ Camp ทั้งสองตัวจับไว้ ดัดขึ้นทดสอบโดยกดขามืด ตัดนำมีความยาว 2 เซนติเมตร

4. กด Pendulum Lever ให้ตัว Pendulum แกว่งไปอ่านค่าตรงจุดที่ Pointer ชี้ไว้

การคำนวณ

สำหรับ Pendulum ชนิด A/4

$$\text{ความต้านทานต่อแรงฉีกขาด (นิวตัน)} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้} \times 68.8}{4 \times 4 \times 4.3 \text{ เซนติเมตร} \times 2}$$

สำหรับ pendulum ชนิด 68.8 กรัม-เซนติเมตร

$$\text{ความต้านทานแรงฉีกขาด (นิวตัน)} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้} \times 68.8 \times 9.81}{4 \times 4.3 \text{ เซนติเมตร} \times 2}$$

$$\text{ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด} = \frac{\text{ความต้านทานแรงฉีกขาด (นิวตัน)}}{\text{น้ำหนักมาตรฐาน (กรัม/ตารางเมตร)}}$$

$$(\text{นิวตัน} \cdot \text{เมตร}^2 / \text{กิโลเมตร})$$

1.3 ความต้านทานแรงดันทะลุ

นำแผ่นทดสอบที่ตัดได้มาทดสอบด้วยเครื่อง Auto Burst Tester (Tmi Monitor/Burst-200 Model 13-09, Testing Machines Co., Ltd., New York, U.S.A.) ที่ได้ตั้งโปรแกรมไว้แล้ว กดสวิทซ์ให้ลูกยางที่อยู่ใต้แผ่นทดสอบดันแผ่นทดสอบจนขาดทะลุ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องเป็นค่าความต้านทานแรงดันทะลุ มีหน่วยเป็น กิโลปาสกาล

คำนวณค่า ดัชนีความต้านทานแรงดันทะลุ ดังนี้

$$\text{ดัชนีความต้านทานแรงดันทะลุ} = \frac{\text{ความต้านทานแรงดันทะลุ (กิโลปาสกาล)}}{\text{น้ำหนักมาตรฐาน (กรัม/ตารางเมตร)}}$$

$$(\text{กิโลปาสกาล} \cdot \text{เมตร}^2 / \text{กรัม})$$

1.4 ความขาวสว่าง

1. ทำการ Calibrate เครื่องวัดความขาวสว่าง (Carl Zeiss 38420, Germany) โดยปรับ Filter ที่หมายเลข 12 แล้วปรับให้หน้าปัดอ่านค่าได้ศูนย์หลังจากนั้นปรับ Filter ที่หมายเลข 8 ซึ่งมีค่าความขาวคลื่น 457 นาโนเมตร ทำการ Calibration โดยการตั้งค่า Reflectance ของแบรริยมซัลเฟตซึ่งเป็น Primary Standard ให้ได้ร้อยละ 99 แล้วปรับปุ่มละเอียดให้หน้าปัดอ่านค่าได้ศูนย์

2. นำแผ่นทดสอบที่จะทดสอบจำนวน 5 แผ่น มาวัดค่าความขาวสว่าง ปรับปุ่มที่ตั้งค่าความขาวสว่างให้หน้าปัดอ่านค่าได้ศูนย์ แล้วอ่านค่า Reflectance ของแผ่น

1.5 การหาค่าการอุ้มน้ำของเยื่อและการทำแผ่นทดสอบมาตรฐาน

1. ชั่งเยื่อ 30 กรัม(น้ำหนักเยื่ออบแห้ง) นำมากระจายเยื่อที่ 1200 รอบ
2. นำเยื่อที่ผ่านการกระจายมาเติมน้ำให้มี Consistency 0.3 % โดยเติมน้ำเย็นให้มี

ปริมาตรรวม 10 ลิตร ปรับอุณหภูมิน้ำเยื่อให้เท่ากับ $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

3. ใช้กระบอกลงขนาด 1 ลิตรตวงน้ำเยื่อ ครั้งละ 1000 มิลลิลิตร 2 ชุดนำไปหาค่าการอุ้มน้ำของเยื่อ ด้วยเครื่องทดสอบการอุ้มน้ำของเยื่อ

4. นำเยื่อส่วนที่เหลืออยู่ 8 ลิตร นำมาเจือจางให้มีค่า Consistency 0.15 % โดยการเติมน้ำให้มีปริมาตรรวม 16 ลิตร ตวงน้ำเยื่อ 800 มิลลิลิตร เพื่อทำแผ่นทดสอบมาตรฐานจำนวน 12 แผ่น ด้วยเครื่องทำแผ่นทดสอบมาตรฐาน โดยแผ่นทดสอบแต่ละแผ่นมีน้ำหนัก 1.2 กรัม เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพต่อไป

2. ผลการทดลองเพิ่มเติม

ตารางผนวกที่ 1 ข้อมูลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดอกรูปฤาษี
กลุ่มดอกอ่อน

ลำดับที่	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (mm.)	น้ำหนักดอก (g)	ลำดับที่	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (mm.)	น้ำหนักดอก (g)
1	15.14	62	16	16.10	86
2	13.74	62	17	14.80	66
3	13.10	46	18	14.92	65
4	15.62	42	19	15.18	80
5	15.90	77	20	13.50	46
6	16.80	83	21	11.60	27
7	12.62	40	22	13.90	64
8	15.12	70	23	14.40	61
9	13.94	52	24	11.04	40
10	16.08	58	25	14.30	56
11	14.74	70	26	13.88	54
12	11.76	45	27	14.82	50
13	13.80	62	28	14.94	54
14	14.00	61	29	14.82	57
15	15.76	52	30	13.40	44

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	มีค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ	14.32 mm.
	มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) เท่ากับ	1.37 mm.
น้ำหนักดอก	มีค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ	57.73 g
	มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) เท่ากับ	13.70 g

ตารางผนวกที่ 2 ข้อมูลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดอกชุปฤายี่
กลุ่มดอกอายุปานกลาง

ลำดับที่	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (mm.)	น้ำหนักดอก (g)	ลำดับที่	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (mm.)	น้ำหนักดอก (g)
1	20	107	16	20.70	120
2	19.24	106	17	21.50	125
3	18.08	120	18	20.29	120
4	18.56	106	19	21.12	90
5	19.12	130	20	17.22	94
6	19.28	106	21	20.20	100
7	19.00	90	22	22.52	140
8	15.30	74	23	21.50	114
9	19.30	102	24	22.32	123
10	17.30	80	25	22.14	132
11	17.32	76	26	21.92	96
12	19.50	90	27	22.16	110
13	17.56	80	28	20.88	90
14	19.00	100	29	22.08	93
15	19.10	114	30	19.82	110

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง มีค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 19.80 mm.
 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) เท่ากับ 1.82 mm.
 น้ำหนักดอก มีค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 104.60 g
 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) เท่ากับ 17.17 g

ตารางผนวกที่ 3 ข้อมูลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดอกชมพูฤาษีกลุ่มดอกแก่

ลำดับที่	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (mm.)	น้ำหนักดอก (g)	ลำดับที่	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (mm.)	น้ำหนักดอก (g)
1	22.52	132	16	23.40	158
2	21.90	150	17	23.06	130
3	22.80	137	18	23.90	187
4	22.14	152	19	22.22	144
5	22.36	160	20	23.00	126
6	22.92	148	21	23.00	110
7	21.92	122	22	23.00	140
8	22.12	114	23	24.00	118
9	22.52	130	24	23.84	100
10	23.14	120	25	22.16	130
11	22.78	154	26	22.00	118
12	24.12	154	27	23.14	158
13	24.22	144	28	23.54	146
14	23.64	160	29	22.84	154
15	23.58	145	30	21.54	126

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	มีค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ	22.91 mm.
	มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) เท่ากับ	0.73 mm.
น้ำหนักดอก	มีค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ	138.90 g
	มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) เท่ากับ	18.79 g

ตารางผนวกที่ 4 ข้อมูลการทดลอง ผลิตเยื่อกระดาษจากวัตถุดิบเส้นใยคอก่อน ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง

คุณสมบัติ/การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	Mean	SD
Pulp yield	95.40	92.20	90.65	92.30	92.64	1.99
NaOH consumption	96.61	94.69	99.92	94.69	96.48	2.47
Kappa Number	36.84	37.24	37.48	36.85	37.10	0.31
Freeness	630.00	640.00	650.00	640.00	640.00	8.16
Brightness	16.52	16.75	17.48	17.24	17.00	0.44
Tensile Index	57.25	58.10	57.54	57.63	57.63	0.35
Tear Index	6.52	6.85	6.72	6.91	6.75	0.17
Burst Index	2.30	2.31	2.42	2.68	2.43	0.18

ตารางผนวกที่ 5 ข้อมูลการทดลอง ผลิตเยื่อกระดาษจากวัตถุดิบเส้นใยคอก่อน ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง

คุณสมบัติ/การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	Mean	SD
Pulp yield	73.60	75.25	72.68	74.35	73.97	1.09
NaOH consumption	93.75	94.58	93.42	95.52	94.32	0.94
Kappa Number	33.52	33.34	33.45	33.68	33.50	0.14
Freeness	375.00	365.00	370.00	370.00	370.00	4.08
Brightness	17.80	18.20	18.15	18.05	18.05	0.18
Tensile Index	60.15	60.32	60.85	60.47	60.45	0.30
Tear Index	5.85	6.28	5.97	6.41	6.13	0.26
Burst Index	2.25	2.51	2.73	2.36	2.46	0.21

ตารางผนวกที่ 6 ข้อมูลการทดลอง ผลิตเยื่อกระดาษรูปถั่วฝักยาวจากวัตถุดิบ เส้นใยคอกอ่อน ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง

คุณสมบัติ/การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	Mean	SD
Pulp yield	48.30	47.60	48.70	46.85	47.86	0.81
NaOH consumption	91.10	92.16	91.72	92.16	91.79	0.50
Kappa Number	30.92	30.58	31.10	30.58	30.80	0.26
Freeness	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	0.00
Brightness	18.41	18.30	17.85	18.25	18.20	0.24
Tensile Index	61.50	62.15	61.75	62.10	61.88	0.31
Tear Index	6.28	5.96	6.05	6.31	6.15	0.17
Burst Index	2.76	2.91	2.76	2.68	2.78	0.10

ตารางผนวกที่ 7 ข้อมูลการทดลอง ผลิตเยื่อกระดาษรูปถั่วฝักยาวจากวัตถุดิบเส้นใยคอกอ่อน ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง

คุณสมบัติ/การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	Mean	SD
Pulp yield	33.34	34.15	33.75	31.80	33.26	1.03
NaOH consumption	87.85	86.40	87.90	87.10	87.31	0.71
Kappa Number	28.10	27.15	27.54	26.42	27.30	0.71
Freeness	100.00	90.00	110ครั้ง.00	100.00	100.00	8.16
Brightness	18.05	17.40	17.62	17.30	17.59	0.33
Tensile Index	61.74	62.15	62.54	63.15	62.40	0.60
Tear Index	5.78	5.84	6.14	5.90	5.92	0.16
Burst Index	2.97	2.71	2.98	2.74	2.85	0.14

ตารางผนวกที่ 8 ข้อมูลการทดลอง ผลิตเยื่อกระดาษจากวัตถุดิบเส้นใยดอกอัญชันกลาง ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง

คุณสมบัติการทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	Mean	SD.
Pulp yield	53.22	67.41	58.36	63.16	60.54	6.12
NaOH consumption	83.66	88.24	92.00	90.44	88.59	3.63
Kappa Number	40.50	39.25	41.63	41.80	40.80	1.18
Freeness	615.00	610.00	615.00	600.00	610.00	7.07
Brightness	12.15	11.05	10.55	11.25	11.25	0.67
Tensile Index	58.19	58.25	57.27	59.28	58.25	0.82
Tear Index	7.86	7.20	7.51	8.16	7.68	0.42
Burst Index	3.24	3.46	3.91	3.82	3.61	0.31

ตารางผนวกที่ 9 ข้อมูลการทดลอง ผลิตเยื่อกระดาษจากวัตถุดิบเส้นใยดอกอัญชันกลาง ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง

คุณสมบัติการทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	Mean	SD.
Pulp yield	48.70	49.48	48.96	49.55	49.17	0.41
NaOH consumption	84.08	85.47	85.76	87.17	85.62	1.27
Kappa Number	37.81	38.24	38.46	37.90	38.10	0.30
Freeness	230.00	230.00	230.00	230.00	230.00	0.00
Brightness	11.30	12.14	11.75	12.20	11.85	0.42
Tensile Index	63.85	63.05	62.58	63.25	63.18	0.53
Tear Index	7.25	7.60	7.56	7.34	7.44	0.17
Burst Index	3.72	3.76	3.68	3.80	3.74	0.05

ตารางผนวกที่ 10 ข้อมูลการทดลอง ผลิตเยื่อกระดาษรูปถั่วฝักยาวจากวัสดุเส้นใยดอกอายูพานกลาง ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง

คุณสมบัติ/การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	Mean	SD.
Pulp yield	35.27	35.35	36.04	35.72	35.60	3.39
NaOH consumption	81.68	82.47	82.67	81.74	82.14	0.50
Kappa Number	34.50	34.64	33.73	34.34	34.30	0.40
Freeness	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	0.00
Brightness	12.05	11.76	12.11	11.75	11.92	0.19
Tensile Index	64.73	63.85	64.28	64.75	64.40	0.43
Tear Index	6.85	7.30	6.94	7.24	7.08	0.22
Burst Index	3.86	4.08	4.10	3.41	3.86	0.32

ตารางผนวกที่ 11 ข้อมูลการทดลอง ผลิตเยื่อกระดาษรูปถั่วฝักยาวจากวัสดุเส้นใยดอกอายูพานกลาง ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง

คุณสมบัติ/การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	Mean	SD
Pulp yield	34.25	33.65	32.97	33.41	33.57	0.53
NaOH consumption	74.25	74.20	73.69	74.57	74.18	0.36
Kappa Number	31.85	31.45	31.45	31.64	31.60	0.19
Freeness	105.00	115.00	115.00	105.00	110.00	5.77
Brightness	11.90	12.10	12.55	11.85	12.10	0.32
Tensine Index	65.05	65.18	65.24	64.51	65.00	0.33
Tear Index	6.75	6.79	7.05	6.82	6.85	0.13
Burst Index	3.75	4.12	4.21	3.85	3.98	0.22

ตารางผนวกที่ 12 ข้อมูลการทดลอง ผลิตเชื้อดอกรูปถายี จากวัตถุคิบเส้นใยดอกแก่ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง

คุณสมบัติการทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	Mean	SD.
Pulp yield	67.68	68.07	67.84	67.51	67.78	0.24
NaOH consumption	82.45	81.79	81.35	81.90	81.87	0.45
Kappa Number	42.69	43.86	43.54	42.71	43.20	0.59
Freeness	670.00	670.00	675.00	665.00	670.00	4.08
Brightness	13.22	14.00	13.55	12.82	13.40	0.50
Tensine Index	61.34	61.38	61.48	61.40	61.40	0.06
Tear Index	8.45	7.85	8.62	8.06	8.25	0.35
Burst Index	4.50	4.65	3.95	4.27	4.34	0.30

ตารางผนวกที่ 13 ข้อมูลการทดลอง ผลิตเชื้อดอกรูปถายี จากวัตถุคิบเส้นใยดอกแก่ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง

คุณสมบัติการทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	Mean	SD.
Pulp yield	64.10	63.80	64.05	64.12	64.02	0.15
NaOH consumption	84.28	83.51	83.65	84.16	83.90	0.38
Kappa Number	42.63	42.80	42.64	43.11	42.80	0.22
Freeness	640.00	640.00	640.00	640.00	640.00	0.00
Brightness	13.76	13.35	13.64	13.44	13.55	0.19
Tensine Index	64.00	63.85	64.30	64.15	64.08	0.19
Tear Index	8.22	7.67	7.54	8.15	7.90	0.34
Burst Index	4.80	4.61	4.35	4.15	4.48	0.29

ตารางผนวกที่ 14 ข้อมูลการทดลอง ผลิตภัณฑ์คอกกฐูปถามิวัตถุติบ เส้นใยคอกกแก่ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเส้นใยคอกกแก่

คุณสมบัติ/การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	Mean	SD.
Pulp yield	58.05	57.82	57.46	57.75	57.77	0.24
NaOH consumption	77.85	78.61	78.71	78.55	78.43	0.39
Kappa Number	40.28	39.76	40.59	40.15	40.20	0.34
Freeness	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00	0.00
Brightness	13.80	14.15	14.27	13.78	14.00	0.25
Tensile Index	65.50	64.92	65.48	65.19	65.27	0.27
Tear Index	8.10	7.75	7.85	7.60	7.83	0.21
Burst Index	4.75	4.75	4.55	4.80	4.71	0.11

ตารางผนวกที่ 15 ข้อมูลการทดลอง ผลิตภัณฑ์คอกกฐูปถามิ จากวัตถุติบเส้นใยคอกกแก่ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 ของน้ำหนักเส้นใยคอกกแก่

คุณสมบัติ/การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ค่าเฉลี่ย	SD
Pulp yield	56.73	57.20	57.15	57.35	57.11	0.27
NaOH consumption	73.10	73.42	72.75	73.20	73.12	0.28
Kappa Number	38.00	38.20	38.25	37.95	38.10	0.15
Freeness	325.00	315.00	315.00	325.00	320.00	5.77
Brightness	14.50	14.15	14.50	14.05	14.30	0.23
Tensine Index	66.00	65.85	66.18	65.18	65.80	0.44
Tear Index	7.40	7.85	7.73	7.45	7.61	0.22
Burst Index	4.55	5.20	4.60	5.10	4.86	0.34



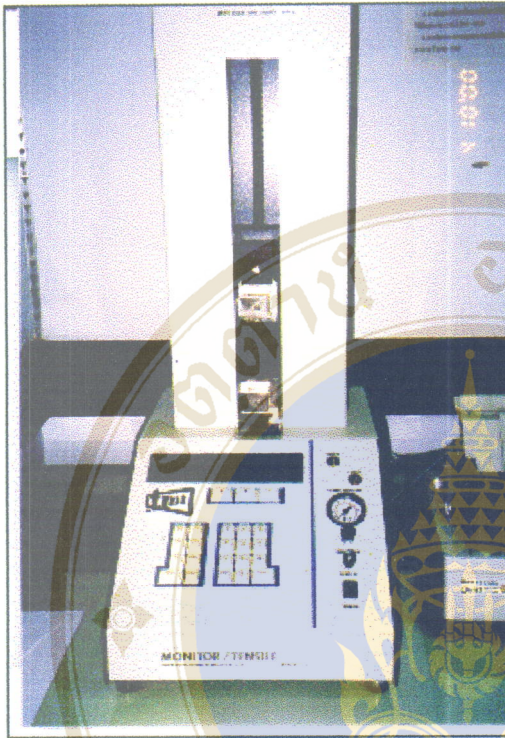
ภาคผนวก ข รูปประกอบการศึกษา



ภาพผนวกที่ 1 ดอกรูปถาพีในช่วงการเจริญเติบโต ระยะดอกอ่อน ระยะดอกอายุปานกลาง และระยะดอกแก่

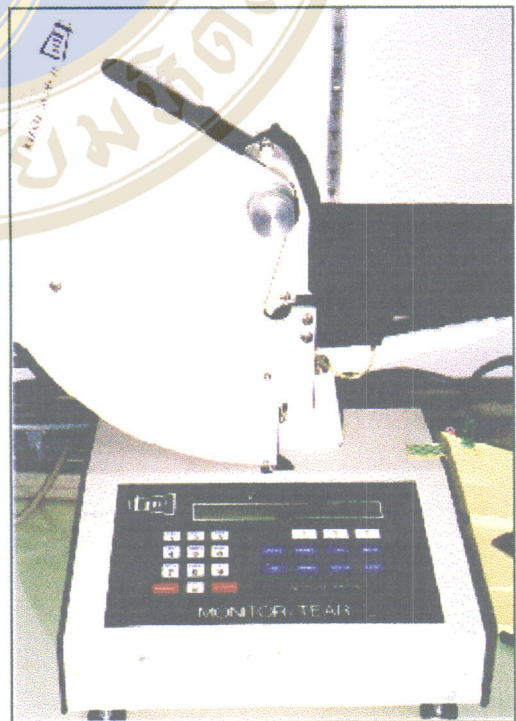


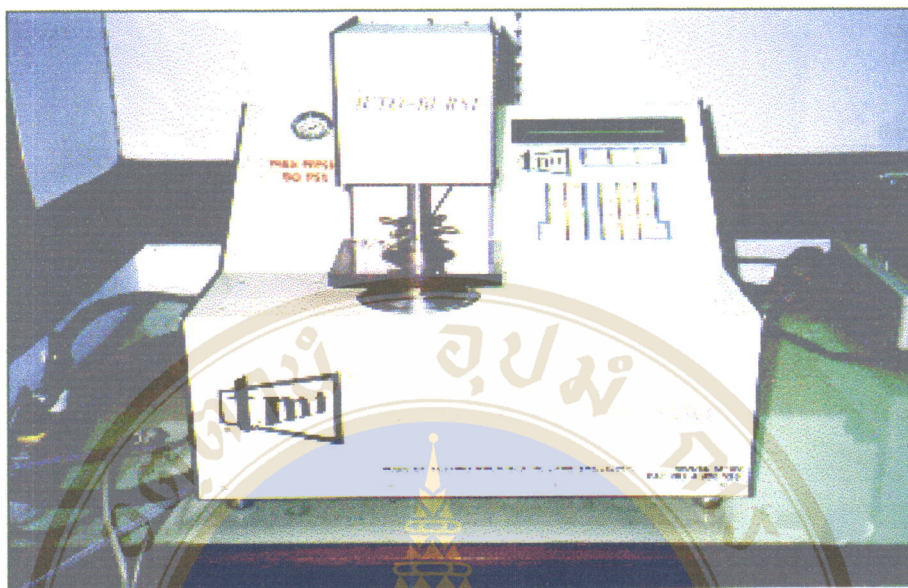
ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะเส้นใยเยื่อดอกรูปถาพี ขนาดขยาย 100 เท่า



ภาพผนวกที่ 3 เครื่องทดสอบความต้าน
แรงดึง (Tensile Tester)

ภาพผนวกที่ 4 เครื่องทดสอบความต้าน
แรงฉีกขาด (Tear Tester)





ภาพผนวกที่ 5 เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุ (Burst Tester)



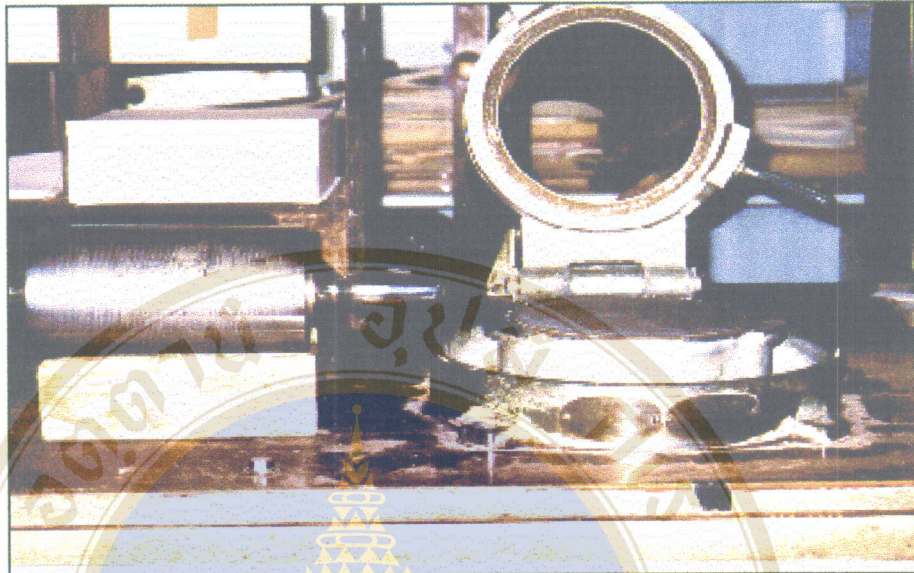
ภาพผนวกที่ 6 กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงพร้อมชุดวิเคราะห์ขนาดเส้นใย



ภาพผนวกที่ 7 เครื่องวัดความ
ขาวสว่าง (Elrepho 2000)



ภาพผนวกที่ 8 เครื่องทดสอบ
การอุ้มน้ำของเยื่อ
(Canadian Freeness Tester)



ภาพผนวกที่ 9 เครื่องทำแผ่นทดสอบมาตรฐาน (Standard Handsheet Maker)



ภาพผนวกที่ 10 ตัวอย่างแผ่นทดสอบมาตรฐานจากเยื่อคอกฐูปถามิ



ภาพผนวกที่ 11 เปรียบเทียบความแตกต่างของเยื่อถักรูปถักรากก่อนการทอด และหลังการทอด



ภาพผนวกที่ 12 เยื่อถักรูปถักรากที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 2, 3 และ 4 ของน้ำหนักเส้นใยของแป้ง



ภาพผนวกที่13 การใช้ประโยชน์จากกระดาษดอกกุหลาบ

ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ นางอาภรณ์ ลือสังวาลย์

วัน เดือน ปีเกิด 18 กันยายน พ.ศ.2503

สถานที่เกิด จังหวัดเพชรบุรี ประเทศไทย

ประวัติการศึกษา วิทยาลัยครูเพชรบุรี , พ.ศ. 2522 - 2524
ป.กศ.สูง วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ , พ.ศ. 2524 -2526
การศึกษามัธยมศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล , พ.ศ. 2539 -2544
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขา เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน อาจารย์ 2 ระดับ 7
วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
กรุงเทพมหานคร