



รายงานวิจัย

การผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา

The Production of Yarns from Paper Mulberry Fibers

นางสาวบุญศรี คู่สุขธรรม

นายมณูญ จิตต์ใจนำ

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณรายได้ ปี พ.ศ. 2556

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

รายงานวิจัย

การผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา

The Production of Yarns from Paper Mulberry Fibers

คณะผู้วิจัย

นางสาวบุญศรี คู่สุขธรรม

นายมนูญ จิตต์ใจน้า

สังกัด

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งทอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณรายได้ ปี พ.ศ. 2556

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย
งบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา เส้นใยสกัดออกมาจากเปลือกของต้นปอสา ชั้นแรกนำเปลือกปอสามาสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1-3 ชั่วโมง และฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ $60-90^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 10-120 นาที จากนั้นเส้นใยที่ได้จะนำไปปั่นให้เป็นเส้นด้าย

ผลจากการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมเส้นใยปอสา คือ การสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 (ปริมาตร/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 60 นาที โดยเส้นใยที่ได้อาจมีการเตรียมมีเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 84.41 (โดยน้ำหนัก) การปั่นเส้นใยปอสาผสมกับเส้นใยฝ้ายให้เป็นเส้นด้ายมีความเป็นไปได้ รวมทั้งสมบัติเชิงกลของเส้นด้ายเหมาะสมกับการใช้งานทางสิ่งทอ

ABSTRACT

This research studied of the production of yarns from paper mulberry fibres. The fibres was extracted from the bark of paper mulberry. First, the barks of paper mulberry were extracted with NaOH solution at different concentrations at temperature of 100°C for 1-3 hr and bleaching with H₂O₂ solution at different concentrations at temperature of 60-90°C for 10-120 min. Then, the fibres were spinning into yarns.

The result showed that the suitable condition for preparation of paper mulberry fibres was extracted with NaOH at concentration of 20%(w/w) at temperature of 100°C for 3 hr and bleaching with H₂O₂ solution at concentration of 10% (v/v) at temperature of 90°C for 60 min. The prepared fibres had the cellulose content 84.41% (by weight). The spinning of paper mulberry fibre mixed with cotton fibre into yarn was possible. Also, the mechanical properties of yarns were suitable in textile used.

สารบัญเรื่อง

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	
สารบัญเรื่อง	
สารบัญตาราง	
สารบัญภาพประกอบ	
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ปอสา	3
2.1.1 ลักษณะทั่วไปของปอสา	3
2.1.2 การขยายพันธุ์ปอสา	4
2.1.3 การเก็บเกี่ยวปอสา	5
2.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา	5
2.1.5 การแปรรูปปอสา	7
2.2 การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปอสา	8
2.2.1 ลักษณะทางกายภาพของเส้นใยปอสา	8
2.2.2 องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติการละลายของเปลือกในปอสา	8
2.2.3 การฟอกขาวเยื่อปอสา	9
2.2.4 สมบัติทางกายภาพของแผ่นกระดาษที่ผลิตจากเยื่อปอสา	10
2.3 สารปนเปื้อนต่าง ๆ ที่ปะปนมากับเซลลูโลส	11
2.4 การทำความสะอาดวัสดุสิ่งทอ	11
2.5 การฟอกขาววัสดุสิ่งทอ	17
2.5.1 การฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์	18
2.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์	19

	หน้า
2.5.3 สารที่ทำให้เกิดความเสถียร (stabilizer) ในการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์	19
2.6 การตรวจสอบประสิทธิภาพการฟอกขาว	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	22
3.1 สารเคมี	22
3.2 การสกัดเส้นใยปอสาออกจากเปลือกปอสา	22
3.3 การฟอกขาวเส้นใยปอสา	22
3.4 การหาปริมาณสารต่าง ๆ ในเส้นใยปอสา	23
3.5 การตรวจสอบสมบัติของเส้นใยปอสา	23
3.6 การผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา	23
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	24
4.1 ลักษณะของเปลือกในปอสา	24
4.2 การแยกเส้นใยปอสาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	25
4.3 การฟอกขาวปอสา	31
4.3.1 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการฟอกขาวปอสา	31
4.3.2 อิทธิพลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์และระยะเวลาต่อการฟอกขาวเส้นใยปอสา	33
4.4 การผลิตเส้นใยปอสาในทางการค้า	41
4.5 สมบัติทางกายภาพของเส้นใยปอสาที่ผลิตในทางการค้า	43
4.6 การผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา	44
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและการอภิปรายผล	
เอกสารอ้างอิง	
ประวัติผู้วิจัย	

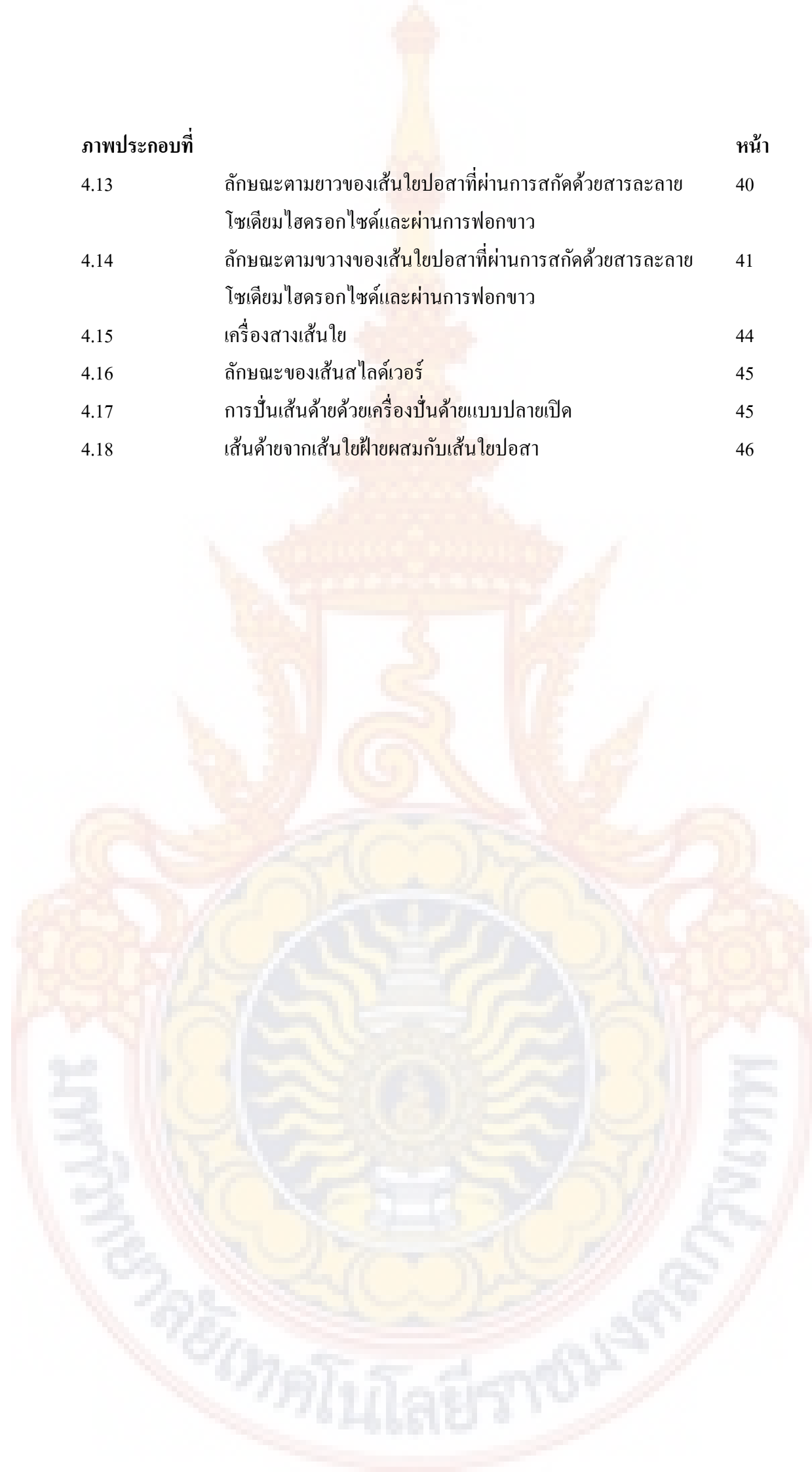
สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	อิทธิพลของอายุของกิ่งปอสาต่อองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา	6
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของกิ่งต่อปริมาณไฮโดรเซลลูโลส ผลผลิตเยื่อและความขาวสว่างของกระดาษ	7
2.3	ลักษณะทางกายภาพของเส้นใยปอสาของเปลือกปอสาสายพันธุ์ต่าง ๆ	8
2.4	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกในปอสา	9
2.5	สมบัติการละลายของเปลือกในปอสา	9
2.6	ปริมาณเยื่อและสมบัติทางฟิสิกส์ของแผ่นกระดาษที่ผลิตจากเยื่อปอสา	10
2.7	องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยฝ้าย	15
3.1	สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	22
4.1	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ภายหลังจากการสกัดเปลือกในปอสาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในสภาวะต่าง ๆ	25
4.2	ส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยปอสาที่ได้จากการสกัดแยกเส้นใยปอสาออกจากลำต้นปอสาในสภาวะต่าง ๆ	27
4.3	ร้อยละของปริมาณเซลลูโลสภายหลังจากการสกัดปอสาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในสภาวะต่าง ๆ	28
4.4	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้และปริมาณน้ำหนัที่หายไปภายหลังจากการฟอกขาวเส้นใยปอสาด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์	31
4.5	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้และปริมาณน้ำหนัที่หายไปภายหลังจากการฟอกขาวเส้นใยปอสาด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์	34
4.6	ลักษณะของเส้นใยปอสาภายหลังการต้มในสารลดแรงตึงผิวชนิดแคตไอออนที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ	40
4.7	สภาวะที่ใช้ในการเตรียมเส้นใยปอสาในทางการค้า	41
4.8	ส่วนประกอบทางเคมีในเส้นใยปอสาที่ผลิตในทางการค้า	42
4.9	สมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางกายภาพของเส้นใยปอสา	43
4.10	สมบัติของเส้นด้ายที่ได้จากการผลิตโดยใช้เส้นใยฝ้ายผสมกับเส้นใยปอสาในอัตราส่วนต่าง ๆ	46

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบที่		หน้า
2.1	แบบจำลองแสดงภาคตัดขวางของเส้นใยปอสา	3
2.2	ตัวอย่างโครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส	12
2.3	แบบจำลองแสดงเส้นใยเซลลูโลสและสารปนเปื้อนต่าง ๆ ที่ติดมากับเส้นใย	12
2.4	โครงสร้างทางเคมีของสารสีที่เป็นสารประกอบของฟลาโวน	13
2.5	โครงสร้างทางเคมีของสารสีที่เป็นสารประกอบของพอลิฟีนอล (ก) และกรดคลอโรเจนิก (ข)	14
4.1	ลักษณะพื้นผิวของเปลือกในปอสา	24
4.2	ภาพขยายส่วนของเซลล์ที่ล้อมรอบท่ออาหาร	24
4.3	ภาพขยายส่วนของท่ออาหาร (เส้นใยปอสา)	25
4.4	ลักษณะของปอสาก่อนสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	26
4.5	ลักษณะของปอสาหลังสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	27
4.6	อินฟราเรดสเปกตรัมของเส้นใยปอสา	30
4.7	ค่าความขาวของเส้นใยปอสาที่ผ่านการฟอกด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	32
4.8	ค่าความขาวของเส้นใยปอสาที่ผ่านการฟอกด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ	35
4.9	อินฟราเรดสเปกตรัมของเส้นใยปอสา	37
4.10	ลักษณะของเส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง	38
4.11	ลักษณะของเส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และผ่านการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 (ปริมาตร/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 90 นาที	38
4.12	ลักษณะร่างแหของเส้นใยปอสาหลังจากการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และผ่านการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์	39

ภาพประกอบที่		หน้า
4.13	ลักษณะตามยาวของเส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และผ่านการฟอกขาว	40
4.14	ลักษณะตามขวางของเส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และผ่านการฟอกขาว	41
4.15	เครื่องสาวเส้นใย	44
4.16	ลักษณะของเส้นสไลด์เวอร์	45
4.17	การปั่นเส้นด้ายด้วยเครื่องปั่นด้ายแบบปลายเปิด	45
4.18	เส้นด้ายจากเส้นใยฝ้ายผสมกับเส้นใยปอสา	46



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เส้นใยธรรมชาติที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ได้แก่ เส้นใยฝ้าย ลิ้นจี่ ปอกระเจา ป่านรามิ และป่านศรนารายณ์ เส้นใยธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เส้นใยฝ้าย ซึ่งมีปริมาณการใช้งานสูงสุด มีข้อดี คือ ดูดความชื้นได้สูง จึงทำให้สะดวกสบายในการสวมใส่ ซึ่งเหมาะสมกับการใช้งานในสภาวะที่มีอากาศร้อน นอกจากนี้เส้นใยธรรมชาติหลายชนิดมีการนำไปใช้งานด้านอื่น ๆ เช่น ปอกระเจา ใช้ผลิตเป็นเชือก ทอเป็นกระสอบเพื่อบรรจุสินค้าต่าง ๆ ป่านศรนารายณ์ ส่วนใหญ่ใช้งานด้านหัตถกรรม เช่น ทอเป็นกระเป๋า หมวก

เส้นใยฝ้ายมีการปลูกในประเทศไทย แต่มีปริมาณไม่เพียงพอกับการใช้งาน ต้องมีการนำเข้าเส้นใยจากต่างประเทศ ในปี 2554 ประเทศไทยมีการนำเข้าเส้นใยชนิดต่าง ๆ เพื่อใช้ในการทอเป็นจำนวนเงิน 41,983 ล้านบาท (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2554, ออนไลน์) การศึกษาการนำเส้นใยธรรมชาติชนิดใหม่มาใช้งานในอุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นเรื่องน่าสนใจ

ปอสา เป็นพืชประเภทเส้นใย ขึ้นได้เองตามธรรมชาติ ในพื้นที่ชุ่มชื้นทุกภาคของประเทศไทย ปอสาเป็นวัตถุดิบหลักของธุรกิจอุตสาหกรรมกระดาษ ซึ่งการผลิตกระดาษสาของประเทศไทยในปัจจุบันนี้กำลังได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐ แต่ผลผลิตของเปลือกปอสาที่ใช้ในการผลิตกระดาษ และราคาจำหน่ายของเปลือกปอสามีราคาต่ำ และไม่ก่อให้เกิดแรงจูงใจแก่เกษตรกรในการปลูกปอสา (บุญวงศ์ ไทยอุตสาห. 2545: 24)

การนำเส้นใยจากเปลือกปอสามาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยผลิตเป็นเส้นด้าย จะเป็นการสร้างมูลค่าให้กับผลผลิตจากปอสา และจะทำให้เกิดแรงจูงใจกับเกษตรกรผู้ปลูกปอสาเป็นอาชีพ นอกจากนี้จะทำให้เกิดการสร้างงาน และผลิตภัณฑ์ใหม่ในกลุ่มของเกษตรกร และอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ดังนั้น โครงการนี้จึงจะทำการศึกษการผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา ซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติ และแหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิตเส้นใยมีเป็นจำนวนมากในประเทศไทย โครงการนี้เป็นโครงการความร่วมมือจากหน่วยงานของภาครัฐและโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาภาวะในการสกัดเส้นใยจากเปลือกปอสา
2. เพื่อผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา
3. เพื่อศึกษาสมบัติของเส้นใยปอสาและเส้นด้ายที่ได้จากการผลิต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ศึกษาการผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา โดยมีขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาการเตรียมเส้นใยจากเปลือกปอสา
2. ศึกษาการปั่นเส้นด้ายจากเส้นใยปอสาผสมกับเส้นใยฝ้าย
3. การตรวจสอบสมบัติของเส้นใยและเส้นด้ายปอสา โดยตรวจสอบสมบัติ ดังนี้

3.1 การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของเส้นใยปอสาด้วยกล้องจุลทรรศน์-อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

3.2 การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นใยปอสา

3.3 การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้าย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สร้างมูลค่าให้กับปอสา และส่งเสริมการสร้างงานให้กับเกษตรกร
2. สร้างนวัตกรรมใหม่ของผลิตภัณฑ์ทางสิ่งทอ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปอสา (บุญวงศ์ ไทยอุตสาห. 2545: 1-24; สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ม.ป.ป: 1-12)

ปอสา หรือปอกระสา ชื่อสามัญเป็นภาษาอังกฤษเรียกว่า paper mulberry เป็นพืชในตระกูลเดียวกับหม่อน และขนุน เป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดกลาง ปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย ลำต้นส่วนที่เป็นเปลือกในของลำต้นจะมีเส้นใยยาวเหนียว เส้นใยปอสามีความเหนียวและนุ่ม เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว เหมาะสมกับการทำกระดาษ และผลิตภัณฑ์หัตถกรรมอื่น ๆ กระดาษปอสา มีสมบัติที่ดี คือ ทนทานไม่กรอบเปื่อยยุ่ย เก็บรักษานาน

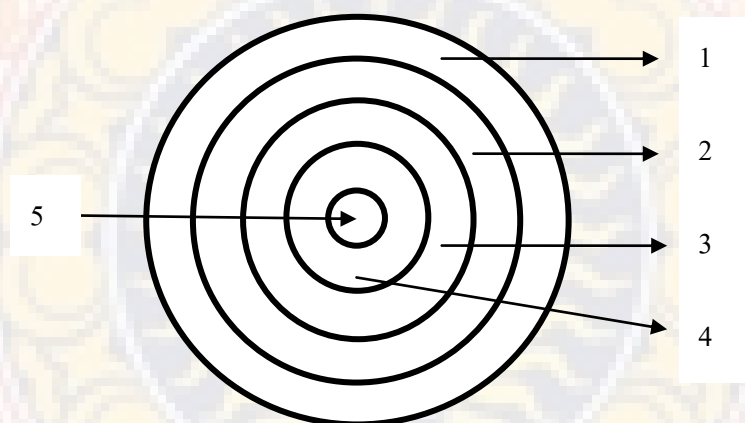
2.1.1 ลักษณะทั่วไปของปอสา

ในประเทศไทยส่วนใหญ่พบขึ้นเองตามธรรมชาติเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินร่วนซุย มีความชื้นสูง โดยเฉพาะบริเวณใกล้แหล่งน้ำ พบมากในจังหวัดต่าง ๆ ทางภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1. ลำต้น

ลำต้นปอสา มีลักษณะกลม เปลือกลำต้นเรียบ มีสีน้ำตาลเข้ม หรือมีลายดำน้ำตาลดำแกมม่วง หรือสีอื่น ๆ เมื่อตัดลำต้นหรือกิ่งพบว่าระหว่างเปลือกกับแกนลำต้นจะมีน้ำยางสีขาวข้นไหลออกมา

ภาคตัดขวางของลำต้นปอสาประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ดังนี้



ภาพประกอบที่ 2.1 แบบจำลองแสดงภาคตัดขวางของเส้นใยปอสา

1. เนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis layer) ชั้นนี้เป็นชั้นนอกสุดของลำต้น ทำหน้าที่ป้องกันเซลล์ของพืช
2. ชั้นคอร์เทกซ์ (cortex layer) ชั้นนี้มีผนังบาง ไม่มีเส้นใย แต่ประกอบด้วย คลอโรฟิลล์
3. ชั้นโฟลเอ็ม หรือ พาเร็นไคมา (phloem or parenchyma layer) ในชั้นนี้ ประกอบด้วยเซลล์ที่มีความยาวสั้นที่มีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบ และเซลล์ที่ยาว ซึ่งเป็นเส้นใย ที่บริเวณเปลือกของลำต้น
4. ชั้นแคมเบียม (cambium layer) ชั้นนี้จะผลิตส่วนที่เป็นเนื้อไม้ ซึ่งจะเจริญเข้าสู่ด้านในของลำต้น และผลิตส่วนที่เป็นเปลือกของลำต้น ซึ่งจะเจริญออกสู่ด้านนอกของลำต้น
5. ชั้นเนื้อไม้ (pith layer) ชั้นนี้เป็นส่วนเนื้อไม้ของลำต้น

2. ใบ

ใบ เป็นใบเดี่ยว มี 2 ลักษณะ คือ ชนิดใบที่มีรูปร่างคล้ายรูปหัวใจ และชนิดใบแฉกมี 3-5 แฉก

3. ดอก

ดอกของปอสามมี 2 ชนิด คือ ดอกตัวเมียและดอกตัวผู้แยกจากกันคนละต้น เมื่อดอกแก่ได้รับการผสมแล้ว แต่ละดอกจะเจริญไปเป็นผล ปอสามจะออกดอกครั้งแรกเมื่อต้นอายุประมาณ 1 ปี ช่วงที่พบออกดอกมากมี 2 ช่วง คือ ช่วงแรกระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม และช่วงที่สองระหว่างเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และสิ่งแวดล้อม

2.1.2 การขยายพันธุ์ปอสาม

การขยายพันธุ์ปอสาม มีวิธีการ ดังนี้

1. การขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด เมล็ดปอสามจากดอกที่สมบูรณ์ และแก่จัดจะใช้ขยายพันธุ์ได้ผลดีมีการเจริญเติบโตดีประมาณร้อยละ 80 เมล็ดมีขนาดเล็ก จึงสะดวกและง่ายต่อการขยายพันธุ์จำนวนมาก เหมาะกับการปลูกเพื่อการค้า
2. การขยายพันธุ์ด้วยราก ระบบรากของปอสามกระจายแผ่กว้าง รากสามารถเจริญเป็นต้นอ่อนได้ สามารถนำไปชำเป็นต้นกล้าปลูกได้ผลดี
3. การขยายพันธุ์ด้วยลำต้น หรือกิ่งปักชำ ส่วนของลำต้น และกิ่งปอสามสามารถนำไปปักชำเป็นต้นกล้าปลูกได้

ปริมาณผลผลิตเปลือกปอสามแห่งที่ระยะการปลูก 50x50 เซนติเมตร มีปริมาณ 504 กิโลกรัม/ไร่

2.1.3 การเก็บเกี่ยวปอสา

ปอสาที่เก็บเกี่ยวในปีแรกสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิต คือ เปลือกใน ภายหลังจากการปลูกเมื่ออายุ 6 เดือน โดยเก็บเกี่ยวตอนต้นฤดูฝน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ลำต้นแตกกิ่งดอกเปลือกได้ง่าย ผู้ปลูกปอส่วนใหญ่นิยมเก็บเกี่ยวเพียงปีละ 1 ครั้ง ต้นปอสาที่ตัดฟันเพื่อลอกเปลือกควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-5 เซนติเมตร ลำต้นหรือกิ่งที่เล็กกว่านี้การลอกเปลือกจะทำได้ยาก

การลอกเปลือกปอสามีวิธีการ ดังนี้

1. การลอกเปลือกสด ส่วนใหญ่ทำในช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม
2. ลอกเปลือกโดยวิธีต้ม เกษตรกรจะตัดปอสาเป็นท่อน ใช้เวลาต้มประมาณ 20-30 นาที (ตั้งแต่น้ำเริ่มเดือด) แล้วนำมาลอกเปลือก ขูดผิว และตากแห้ง
3. ลอกโดยวิธีเผา การเผาจะทำให้เปลือกขยายตัวแยกจากเนื้อไม้ แล้วนำมาลอกเปลือก ขูดผิว และตากแห้งวิธีนี้จะทำให้เนื้อไม้ไหม้เป็นสีดำสกปรก

2.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวปอสา. 2545:

28-33)

ปัจจุบันการจำหน่ายผลผลิตปอสาส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเปลือกปอสาแห้ง คุณภาพเปลือกปอสาโดยทั่วไปพิจารณาจากความหนาของเปลือก สีของเปลือก และความชื้น เปลือกปอสาที่บางจะมีคุณภาพดีกว่าเปลือกหนา ควรเป็นเปลือกจากต้นที่มีอายุ 6-12 เดือน และไม่ควรเกิน 2 ปี เปลือกที่ดีควรมีสีขาว ปราศจากจุดดำ และเชื้อรา

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสาศึกษาโดยคัดเลือกสายพันธุ์ปอสา และศึกษาสมบัติทางเคมี เช่น ปริมาณเถ้า การละลายในน้ำร้อน การละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 1 การละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน ปริมาณลิกนิน และปริมาณไฮโดรเซลลูโลส สายพันธุ์ปอสา 5 สายพันธุ์ คือ ศรีสังขาลย์ น้ำโสม สวนผึ้ง แม่จรม และ ญี่ปุ่น โดยพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสามีความแตกต่างกัน

ปริมาณเถ้าที่ได้จากการเผาเปลือกปอสาที่อุณหภูมิ 525°C เป็นตัวเลขที่บ่งบอกถึงปริมาณธาตุหนัก เช่น แคลเซียม ที่อยู่ในเปลือกปอสาเนื่องจากในพืชมีเพกทินอีกระหว่างเส้นใย เมื่อเพกทินทำปฏิกิริยากับแคลเซียม จะทำให้เกิดสารที่ไม่ละลายในน้ำร้อน แต่ละลายได้ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ถ้าปริมาณเถ้ามีมากมีผลทำให้การต้มเปลือกปอสาต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์มากขึ้น

ปริมาณการละลายในน้ำร้อน เป็นตัวเลขที่บ่งบอกความสามารถในการละลายแทนนิน ยาง น้ำตาล และแป้งออกจากเปลือกปอสา

ปริมาณการละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นตัวเลขที่บ่งบอกความสามารถในการละลายแทนนิน ยาง น้ำตาล สี แป้ง เซมิเซลลูโลส และเนื้อเยื่อที่สูญเสียเนื่องจากถูกแสงและความร้อนออกจากเปลือกปอสา

ปริมาณการละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน เป็นตัวเลขที่บ่งบอกความสามารถในการละลายคาร์โบไฮเดรต เกลือ ไขมัน (waxes และ fat) ขาง โพรโทสเตอรอล (photosterol) และสารประกอบคาร์บอนที่ไม่ระเหย (non-volatile carbon) ออกจากเปลือกปอสา

ปริมาณลิกนิน เป็นตัวเลขที่บ่งบอกความเข้มข้นของสีในเชื้อปอสาที่ต้มได้

ปริมาณไฮโดรเซลลูโลส เป็นสารที่ประกอบด้วยแอลฟาเซลลูโลส ซึ่งเป็นส่วนที่จะเปลี่ยนเป็นกระดาษ

เมื่อนำปอสาต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีเข้มข้นร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงจะทำให้ได้เชื้อในปริมาณที่แตกต่างกัน และมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ เช่น ความขาวสว่าง (brightness) ความต้านแรงดึง (tensile index) ความต้านแรงฉีกขาด (tear index) เป็นต้น อิทธิพลของอายุของกิ่งปอสาต่อองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสาแสดงดังในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อิทธิพลของอายุของกิ่งปอสาต่อองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา

ร้อยละขององค์ประกอบ ในเปลือกปอสา	อายุของกิ่งปอสา (เดือน)			
	6	12	24	ค่าเฉลี่ย
จี๊ด้า	3.9	4.5	4.5	4.3
ละลายในน้ำร้อน	-	28.5	25.5	27.0
ละลายใน NaOH เข้มข้นร้อยละ 1	47.2	55.2	55.2	51.5
ละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน	8.1	10.0	6.0	8.0
ลิกนิน	3.3	3.5	3.2	3.3
ไฮโดรเซลลูโลส	79.3	78.5	77.3	78.4

ผลจากการศึกษาแสดงว่าอายุของกิ่งปอสามีผลให้สมบัติทางเคมี สมบัติทางกายภาพของเปลือกปอสาแตกต่างกัน ดังนั้น อายุของกิ่งปอสาที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา

ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของกิ่งต่อปริมาณไฮโดรเซลลูโลส ผลผลิตเชื้อ และความขาวสว่างของกระดาษแสดงดังในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของกิ่งต่อปริมาณไฮโดรเซลลูโลส ผลผลิตเชื้อ และ ความขาวสว่างของกระดาษ

อายุกิ่ง (ปี)	สายพันธุ์	ไฮโดร เซลลูโลส	ลิกนิน	เชื้อไม่ฟอก		เชื้อฟอก	
				ร้อยละ ของ ผลผลิต	ร้อยละ ของ ความขาว	ร้อยละ ของ ผลผลิต	ร้อยละ ของ ความขาว
1	ศรีสัชนาลัย	78.4	4.2	41.5	62.6	39.0	78.2
	น้ำโสม	75.8	3.5	40.9	51.3	39.0	78.8
	แม่จริม	79.7	3.3	45.4	56.6	40.7	75.6
	สวนผึ้ง	75.9	3.5	43.6	52.7	41.8	75.8
	ญี่ปุ่น	82.9	3.1	48.9	58.1	45.9	78.6
	กำแพงเพชร	75.8	3.5	44.4	56.3	41.3	77.4
2	ศรีสัชนาลัย	75.3	2.6	44.1	53.1	38.6	76.0
	น้ำโสม	74.8	4.1	42.9	46.9	38.0	74.5
	แม่จริม	78.5	2.3	43.8	56.5	36.4	78.6
	สวนผึ้ง	75.6	3.4	47.2	41.2	39.5	73.4
	ญี่ปุ่น	82.2	3.4	45.2	57.1	41.7	77.8
	กำแพงเพชร	77.3	3.2	44.6	51.0	38.8	76.1

ผลจากการศึกษาแสดงว่ากิ่งปอสาที่มีอายุ 12 เดือนมีแนวโน้มให้ผลผลิตเชื้อมากกว่ากิ่งปอสาที่มีอายุ 24 เดือน และให้เชื้อที่มีความขาวมากกว่า

2.1.5 การแปรรูปปอสา

การแปรรูปเปลือกปอสาส่วนใหญ่เป็นการทำกระดาษสา ซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้ คือ

1. การเตรียมวัตถุดิบ นำเปลือกปอสาแช่น้ำประมาณ 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณร้อยละ 10-15 ของน้ำหนัก โดยต้มนาน 3 ชั่วโมง และล้างน้ำจนหมดค่า การต้มปอสาจนเกินไปจะทำให้เส้นใยเปื่อย
2. การฟอกขาว นำเส้นใยไปฟอกด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์โดยใช้อัตราส่วนระหว่างโซเดียม-ไฮโปคลอไรท์: ปอสา เท่ากับ 1: 10 โดยน้ำหนัก ในเครื่องตีเส้นใยนาน 35 นาที หรือใช้โซเดียม-ไฮโปคลอไรท์ 15 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร แช่เส้นใยนานประมาณ 12 ชั่วโมง

3. การทำเป็นแผ่นกระดาษ นำเส้นใยปอสาผสมลงในน้ำ ทำให้เส้นใยลอยตัวและแยกออกจากกัน จากนั้นนำแม่พิมพ์สำหรับทำแผ่นกระดาษมาซ้อนเส้นใย และตากให้แห้ง จึงลอกกระดาษสาออกจาก แม่พิมพ์

2.2 การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปอสา

2.2.1 ลักษณะทางกายภาพของเส้นใยปอสา (สุชาดา สุชิน และคณะ. ม.ป.ป.: 27-38)

สุชาดา สุชิน และคณะ ศึกษาลักษณะเส้นใยปอสาของเปลือกปอสาสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่มีอายุ 6 เดือน ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ลักษณะทางกายภาพของเส้นใยปอสาของเปลือกปอสาสายพันธุ์ต่าง ๆ

สายพันธุ์	ความยาว ของเส้นใย (มม)	ความกว้างของ เส้นใย (ไมครอน)	ขนาดของ ช่องในเซลล์ (lumen) (ไมครอน)	ขนาดของผนังเซลล์ (ไมครอน)
ศรีสัชนาลัย	6.9	18	5.2	6.4
น้ำโสม	7.4	18.1	5.9	6.1
แม่จริม	8.1	18.3	5.6	6.3
สวนผึ้ง	10.2	15.9	6	4.9
ญี่ปุ่น	9.0	22.3	6.4	8.2

เส้นใยปอสามีความยาวระหว่าง 6.9-10.2 มิลลิเมตร เมื่อนำมาทำกระดาษจะได้กระดาษที่มีความแข็งแรงสูง สามารถรับแรงกระทำต่าง ๆ ได้ดี เนื้อกระดาษที่ได้จะมีผิวหน้าไม่เรียบสม่ำเสมอเนื่องจากเส้นใยจะพันกันและเกาะตัวเป็นกลุ่ม กระดาษที่ได้จึงมีลวดลายเฉพาะตัว

2.2.2 องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติการละลายของเปลือกปอสา (วิทยา บัณฐวรรณ และกนกกร วันสนุก. ม.ป.ป.: 1-8)

เปลือกปอสาที่มีช่วงอายุ 6-8 เดือน และ 8-12 เดือน ถูกนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกในปอสา

อายุของ เปลือกในปอสา (เดือน)	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกในปอสา				
	ลิกนิน	ไฮโดรเซลลูโลส	แอลฟา เซลลูโลส	ถั่ว	เพนโทซาน (pentosan)
6-8	2.28	89.93	75.36	3.32	11.88
8-12	2.35	84.64	75.88	3.60	10.61

ผลการศึกษาแสดงว่าปริมาณลิกนินจะเพิ่มขึ้น และปริมาณไฮโดรเซลลูโลสจะลดลง เมื่ออายุของปอสาเพิ่มขึ้น จากปริมาณของลิกนินซึ่งมีปริมาณน้อย แสดงว่าในการต้มเปลือกในของปอสาจะใช้ระยะเวลาในการต้มต่ำ และใช้สารเคมี (โซเดียมไฮดรอกไซด์) ในการต้มน้อย

เปลือกในปอสาที่มีช่วงอายุ 6-8 เดือน และ 8-12 เดือน ถูกนำมาวิเคราะห์สมบัติการละลาย ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 สมบัติการละลายของเปลือกในปอสา

อายุของเปลือกในปอสา (เดือน)	ละลายในเอทานอล-เบนซีน	ละลายในน้ำ	ละลายใน NaOH เข้มข้นร้อยละ 1
6-8	3.29	7.10	25.21
8-12	3.95	11.10	22.20

ความสามารถในการละลายของเปลือกในปอสาในตัวทำละลายต่าง ๆ พบว่าเปลือกในปอสาละลายได้ดีที่สุดในโซเดียมไฮดรอกไซด์ และละลายได้ดีลดลงตามลำดับในน้ำร้อน และในเอทานอล-เบนซีน ค่าการละลายนี้แสดงว่าตัวทำละลายที่เหมาะสมในการต้มเยื่อเปลือกในปอสา คือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

2.2.3 การฟอกขาวเยื่อปอสา (วิทยา ปันสุวรรณ และกุลธิดา อินทร์. ม.ป.ป.: 381-386)

วิทยา ปันสุวรรณ และกุลธิดา อินทร์ ศึกษาภาวะที่เหมาะสมต่อการฟอกขาวปอสาด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ร่วมกับสารเคมีชนิดต่าง ๆ โดยสถานะที่ทำการศึกษา คือ อุณหภูมิ ระยะเวลา ความเข้มข้นของสารละลายเยื่อ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมซัลไฟต์ และแมกนีเซียมซัลเฟต ที่ใช้ในการฟอกขาวเยื่อปอสา

เยื่อปอสาได้จากการต้มเปลือกในปอสาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 เทียบกับน้ำหนักเปลือกในปอสาแห้ง ผลจากการศึกษาพบว่า ภาวะที่เหมาะสมของการฟอกเยื่อปอสาด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ คือ ใช้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 4 โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.5 โซเดียมซัลไฟต์เข้มข้นร้อยละ 2

แมกนีเซียมซัลเฟตเข้มข้น 0.05 (สารเคมีที่ใช้ทุกตัวเทียบกับน้ำหนักแห้งของเยื่อปอสา) และความเข้มข้นของเยื่อปอสาร้อยละ 12 ที่อุณหภูมิ 90°C และระยะเวลา 2 ชั่วโมง โดยจะให้ค่าความขาวสว่างของเยื่อปอสา เท่ากับ 72.97

2.2.4 สมบัติทางกายภาพของแผ่นกระดาษที่ผลิตจากเยื่อปอสา (Anapanurak and

Puangsini. n.d.: 117-125)

เยื่อปอสาที่ได้จากการต้มเปลือกในปอสาด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ คือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 7 ของน้ำหนักแห้งของเปลือกในปอสา เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 7 ของน้ำหนักแห้งของเปลือกในปอสา เป็นเวลา 2 ชั่วโมง สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 7 ของน้ำหนักแห้งของเปลือกในปอสา เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และสารละลายผสมของ NaOH: KOH: Ca(OH)₂ ในอัตราส่วน 3:2:2 โดยใช้อัตราส่วนระหว่างของเหลว: เปลือกในปอสา เท่ากับ 10: 1 ที่อุณหภูมิ 100°C โดยสภาวะนี้เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง จากนั้นฟอกขาวเยื่อปอสาด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4 ร่วมกับโซเดียมซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำเยื่อที่ได้มาขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษและตรวจสอบสมบัติของแผ่นกระดาษปอสา ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ปริมาณเยื่อและสมบัติทางฟิสิกส์ของแผ่นกระดาษที่ผลิตจากเยื่อปอสา

สิ่งที่ศึกษา	ชนิดของสารเคมีที่ใช้เตรียมเยื่อปอสา			
	NaOH	KOH	Ca(OH) ₂	NaOH: KOH: Ca(OH) ₂ อัตราส่วน 3:2:2
ร้อยละของปริมาณเยื่อ	48.28	48.35	46.98	47.87
ความต้านแรงดึง (นิวตัน.เมตร/กรัม)	36.62	35.58	37.97	38.76
ความต้านแรงฉีกขาด (มิลลินิวตัน.ตารางเมตร/ กรัม)	49.70	60.80	58.04	65.67
ร้อยละของความขาวสว่าง	76.87	73.63	77.77	75.89

ปริมาณเยื่อที่ได้ภายหลังจากการฟอกขาวมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 47.87 ± 0.55 โดยทุกกระบวนการที่ใช้ในการเตรียมเยื่อปอสาให้ผลไม่แตกต่างกัน

ค่าความต้านแรงดึงมีค่าเฉลี่ย 36.73 ± 0.85 นิวตัน.เมตร/กรัม โดยการใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ให้ผลต่ำกว่าค่าเฉลี่ย และการใช้สารเคมีผสมให้ผลสูงกว่าค่าเฉลี่ย

ค่าความต้านแรงฉีกขาดมีค่าเฉลี่ย 58.85 ± 5.80 มิลลินิวตัน.ตารางเมตร/กรัม โดยการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ผลต่ำกว่าค่าเฉลี่ย และการใช้สารเคมีผสมให้ผลสูงกว่าค่าเฉลี่ย

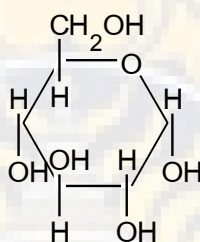
ค่าความขาวสว่างมีค่าเฉลี่ย 76.04 ± 1.54 โดยการใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ให้ผลต่ำกว่าค่าเฉลี่ย และการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ให้ผลสูงกว่าค่าเฉลี่ย

2.3 สารปนเปื้อนต่าง ๆ ที่ปะปนมากับเซลลูโลส

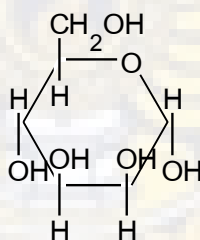
1. เสมิเซลลูโลส เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่พบปะปนอยู่กับเซลลูโลสพบที่บริเวณผนังเซลล์ของพืช โดยปกติเซลลูโลสจะมีส่วนของผลึก (crystalline) ซึ่งเป็นบริเวณที่โซ่พอลิเมอร์ของเซลลูโลสมีการจัดเรียงตัวเป็นระเบียบ และอยู่ใกล้ชิดกัน จึงมีความแข็งแรง และมีความต้านทานต่อการเกิดไฮโดรลิซิส แต่เสมิเซลลูโลสมีลักษณะอสัณฐาน (amorphous) คือโซ่พอลิเมอร์มีการจัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ จึงมีความแข็งแรงน้อย ถูกไฮโดรไลส์ได้ง่ายด้วยกรดอ่อน หรือเบส

เซลลูโลส เสมิเซลลูโลสแยกออกจากเซลลูโลสโดยการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 18 สิ่งที่ได้จากการสกัด คือ แอลฟา-เซลลูโลส และเสมิเซลลูโลส เสมิเซลลูโลส ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิด และมีโครงสร้างที่เป็นโซ่กิ่ง น้ำตาลส่วนใหญ่ที่พบในเสมิเซลลูโลส คือ ไซโลส และแมนโนส ซึ่งมีโครงสร้างทางเคมี ดังนี้

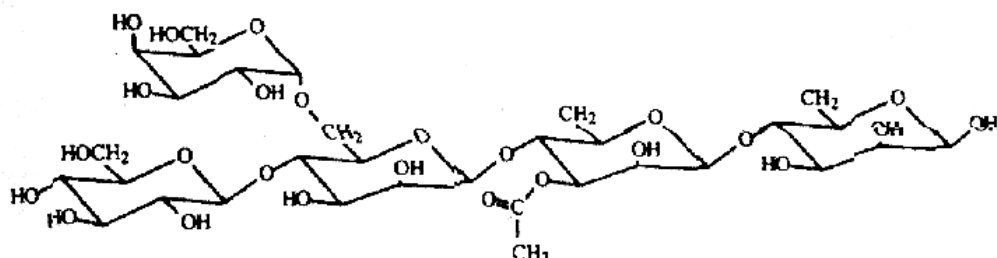
โครงสร้างทางเคมีของน้ำตาลไซโลส



โครงสร้างทางเคมีของน้ำตาลแมนโนส

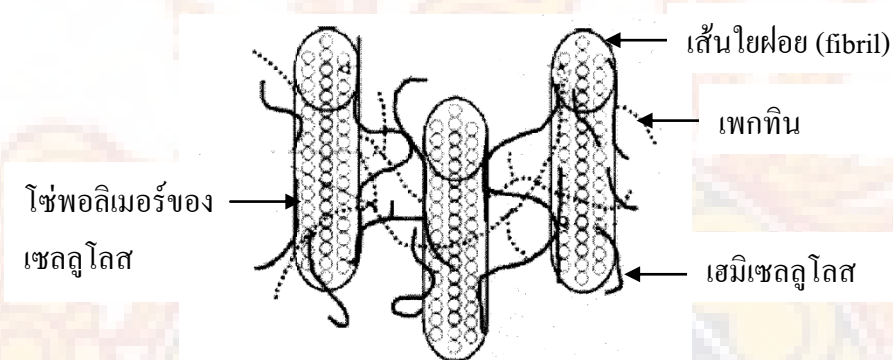


โครงสร้างของเซลลูโลสมีลักษณะเป็นเส้นตรงประกอบด้วยกลูโคสในปริมาณ 7,000-15,000 เชื่อมต่อกัน แต่เฮมิเซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์แบบกิ่งประกอบด้วย 500-3,000 หน่วยของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ มาเชื่อมต่อกัน (Stevulova. 2012: 948-954) ตัวอย่างโครงสร้างของเฮมิเซลลูโลสแสดงดังในภาพประกอบที่ 2.2



ภาพประกอบที่ 2.2 ตัวอย่างโครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส (Jeffries. : 235)

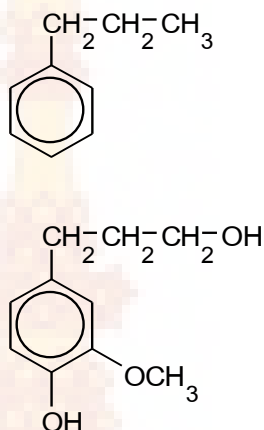
โดยปกติเส้นใยเซลลูโลสประกอบด้วยไมโครไฟบริล (microfibril) จะถูกเชื่อมขวาง (crosslinked) ด้วยเฮมิเซลลูโลส โดยมีลิกนินช่วยทำให้การยึดกันระหว่างเฮมิเซลลูโลสและไมโครไฟบริลมีความแข็งแรง แบบจำลองแสดงเส้นใยเซลลูโลสและสารปนเปื้อนต่าง ๆ ที่ติดมากับเส้นใยแสดงดังในภาพประกอบที่ 2.3



ภาพประกอบที่ 2.3 แบบจำลองแสดงเส้นใยเซลลูโลสและสารปนเปื้อนต่าง ๆ ที่ติดมากับเส้นใย (Stevulova. 2012: 948-954)

เฮมิเซลลูโลสพบบริเวณผนังเซลล์ของพืช และแทรกอยู่ระหว่างไฟบริลของเส้นใย เฮมิเซลลูโลสพบทั้งที่บริเวณผนังชั้นนอก (primary wall) และผนังชั้นใน (secondary wall) ของพืช โดยสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้กับเส้นใยเซลลูโลส

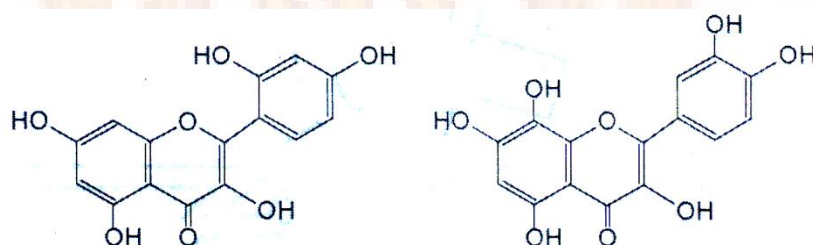
2. ลิกนิน (lignin) เป็นสารประกอบแอโรแมติก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายตัวของ ลิกนินมีโครงสร้างทางเคมี ต่าง ๆ ดังนี้



ลิกนินทำให้ผนังเซลล์ของพืชมีลักษณะแข็ง โดยพบที่บริเวณผนังชั้นในของพืช และจะพบอยู่ร่วมกับไมโครไฟบริลของเซลลูโลส

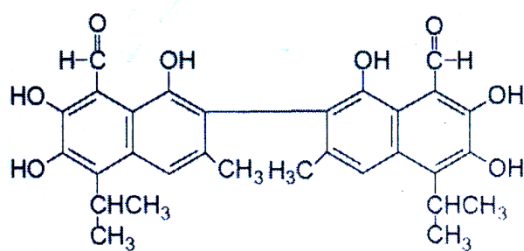
การมีสารปนเปื้อนของเฮมิเซลลูโลสและลิกนินอยู่ร่วมกับเซลลูโลส จะมีผลต่อคุณลักษณะและสมบัติของเส้นใย เช่น ความละเอียดอ่อน (fineness) ความยืดหยุ่น สมบัติการดูดซับของเส้นใย ดังนั้นสารปนเปื้อนเหล่านี้จึงต้องมีการกำจัดออกไปในขั้นตอนกระบวนการเตรียมทางสิ่งทอ

3. สารสี (pigment) สารสีตามธรรมชาติที่พบในเส้นใยฝ้ายส่วนใหญ่มีสีน้ำตาล โดยเป็นสารประกอบของฟลาโวน (flavones) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.4

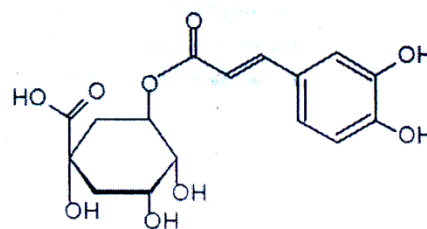


ภาพประกอบที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของสารสีที่เป็นสารประกอบของฟลาโวน (Topalovic, 2007: 12)

นอกจากนี้สารสีที่พบในเส้นใยอาจประกอบด้วยสารพอลิฟีนอล และกรดคลอโรเจนนิก (chlorogenic acid) ซึ่งมีโครงสร้างทางเคมีดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.5 ปริมาณสารเหล่านี้ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของการเจริญเติบโตของเส้นใย



(ก)



(ข)

ภาพประกอบที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของสารสีที่เป็นสารประกอบของพอลิฟีนอล (ก) และกรดคลอโรเจนิก (ข) (Topalovic. 2007: 12)

2.4 การทำความสะอาดวัสดุสิ่งทอ (Scouring) (Tomashino. 1992: 28)

การทำความสะอาด เป็นกระบวนการทำความสะอาดเส้นใยโดยใช้ด่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ การทำความสะอาดเป็นขั้นตอนที่จำเป็นสำหรับเส้นใยทุกประเภท เนื่องจากเส้นใยทุกชนิดมีสิ่งสกปรกเจือปนติดมาเสมอ ซึ่งอาจเป็นสิ่งสกปรกที่ติดมาตามธรรมชาติ หรือสิ่งที่ติดมาจากขั้นตอนการผลิต สิ่งสกปรกต่าง ๆ จำเป็นต้องกำจัดออกไป เพื่อให้เส้นใยสะอาด ดูดซับน้ำดี ดูดติดสารเคมีต่าง ๆ ได้สม่ำเสมอ เป็นการเตรียมเส้นใยให้มีสมบัติเหมาะสมกับกระบวนการผลิตขั้นต่อไป เช่น การย้อม การพิมพ์ กรรมวิธีการกำจัดสิ่งสกปรก ในเส้นใยแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน โดยปกติแล้วเส้นใยธรรมชาติมีสิ่งสกปรกเจือปนมากกว่าเส้นใยประดิษฐ์

เส้นใยธรรมชาติ ประกอบด้วยสารชนิดต่าง ๆ เช่น น้ำมัน ไขมัน จี๊ฟี่ แร่ธาตุต่าง ๆ สารปนเปื้อนเหล่านี้ จะมีผลต่อกระบวนการย้อม และกระบวนการตกแต่งสำเร็จ (finishing) ทางสิ่งทอ ดังนั้นสารเหล่านี้จึงต้องมีการกำจัดออกไป ซึ่งวิธีการกำจัดอาจทำได้โดยการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ การทำให้เกิดอิมัลชันโดยทำให้เกิดการแขวนลอยของสารปนเปื้อนในน้ำ หรือการทำปฏิกิริยาแซพอนิฟิเคชัน (saponification) โดยเปลี่ยนสารปนเปื้อนให้เป็นสารที่ละลายน้ำได้ ตัวอย่างส่วนประกอบต่าง ๆ ที่พบในเส้นใยฝ้ายแสดงดังในตารางที่ 2.7

การทำความสะอาดเส้นใยโดยใช้น้ำ (aqueous scouring) เป็นที่นิยม เนื่องจากน้ำไม่ถูกติดไฟ ไม่มีพิษ และมีราคาถูก เมื่อเทียบกับการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในการทำความสะอาด องค์ประกอบของสารเคมีที่ใช้ในการทำความสะอาดขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใย เช่น การใช้แอลคาไลน์ในการทำความสะอาดจะใช้กับเส้นใยฝ้าย แต่เส้นใยขนสัตว์ และเส้นใยวิสโคสจะถูกทำลายได้ วัตถุประสงค์ของการทำความสะอาด เพื่อกำจัดแร่ธาตุ จี๊ฟี่ง เพกทิน นอกจากนี้ การทำความสะอาดจะทำให้เส้นใยมีสมบัติการดูดซับดีขึ้น

สารเคมีที่ใช้ในการทำความสะอาดมีองค์ประกอบ ดังนี้

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์จะทำให้เส้นใยเซลลูโลสพองตัว และละลายสิ่งสกปรกออกไปจากเส้นใย นอกจากนี้โซเดียมไฮดรอกไซด์จะทำปฏิกิริยาซาฟอนิฟิเคชันกับไขมันและจี๊ฟี่ง ทำให้ละลายน้ำหลุดออกไปจากเส้นใย
2. สารลดแรงตึงผิว (surfactant) สารชนิดนี้ช่วยลดแรงตึงผิวของของเหลว ทำให้ผ้าหรือเส้นใยเกิดการเปียกด้วยของเหลวที่ใช้ในการทำความสะอาดได้เร็วขึ้น นอกจากนี้สารลดแรงตึงผิวจะทำให้ให้น้ำมัน และจี๊ฟี่งเกิดการแขวนลอยอยู่ในอ่างของเหลวที่ใช้ในการทำความสะอาด ผ้า หรือเส้นใย

2.5 การฟอกขาววัสดุสิ่งทอ (เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. 2541: 100; Tomashino. 1992: 58; Karmakar.1999: 172-173)

เส้นใยธรรมชาติ เช่น ฝ้าย มีสีตามธรรมชาติอยู่ในเส้นใย ทำให้เส้นใยมีสีเหลืองนวล หรือ สีนํ้าตาลอ่อน บางครั้งจึงจำเป็นต้องฟอกขาวเส้นใยเพื่อความเหมาะสมในการใช้งาน การฟอกขาว จึงเป็นการทำลายสี ที่มีอยู่ในเส้นใย สีที่มีอยู่ตามธรรมชาติในเส้นใย ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบ อินทรีย์ โครงสร้างทางเคมีของสีประกอบด้วยพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว (conjugated double bond) สารฟอกขาวจะออกซิไดส์สารเจือปน (impurity) ต่าง ๆ และสีที่มีอยู่ในเส้นใย ส่วนกำเนิดสี (chromophore) ในโมเลกุลของสีจะถูกทำลายโดยสารฟอกขาว โดยพันธะคู่ในโมเลกุลของสี จะถูกออกซิไดส์เป็นสารประเภทอีพอกไซด์ จากนั้นจะถูกไฮโดรไลส์ได้ง่ายเป็นสารประเภท ไดออล

สารรีดิวซ์ที่ใช้ฟอกขาว เช่น โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ โซเดียมไบซัลไฟท์ การใช้ สารฟอกขาวที่เป็นตัวออกซิไดส์ จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การฟอกขาวในทางสิ่งทอ ส่วนใหญ่จะใช้สารประเภทนี้ สารฟอกขาวที่เป็นตัวออกซิไดส์ ได้แก่ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ โซเดียมคลอไรท์ เพอร์บอเรต เพอร์คาร์บอเนต

โซเดียมไฮโปคลอไรท์ เป็นสารออกซิไดส์ที่แรงที่สุดในจำนวนสารฟอกสิ่งทอ เป็นสารฟอกที่มีราคาถูก โดยทั่วไปใช้ฟอกเส้นใยเซลลูโลส แต่ทำให้เส้นใยเซลลูโลสเกิด การเสื่อมสภาพได้ง่าย เกิดการกัดกร่อนของเครื่องจักร ทำให้เกิดอันตรายต่อผิวหนัง มีกลิ่นรุนแรงซึ่งมีผลกระทบต่อการใช้งาน นอกจากนี้ในระหว่างการฟอกขาวจะเกิดผลิตภัณฑ์ ที่เป็นสารประกอบของคลอรีนที่มีความเป็นพิษสูง และเกิดปัญหาต่อนํ้าทิ้งที่ปล่อยออกสู่ สิ่งแวดล้อมภายนอก ในปัจจุบันจึงไม่นิยมใช้ในการใช้งาน

โซเดียมคลอไรท์ เป็นสารฟอกที่ทำลายสิ่งสกปรกและสีในเส้นใย โดยไม่ทำลายเซลลูโลส จึงเหมาะกับการนำไปฟอกขาวเส้นใยที่ถูกทำลายโดยสารออกซิไดส์ได้ง่าย เช่น เส้นใยวิสโคส และใช้กับเส้นใยสังเคราะห์บางชนิด เช่น เส้นใยอะคริลิก โซเดียมคลอไรท์จะสลายตัวให้ก๊าซ คลอรีนไดออกไซด์ในระหว่างกระบวนการฟอกขาว ซึ่งทำให้เกิดปัญหาการกัดกร่อนของ เครื่องจักร

การฟอกขาวด้วยสารออกซิไดส์ ทำให้ความแข็งแรงของเส้นใยลดลง ดังนั้นจึงต้องควบคุม สภาพการฟอกขาวให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ความขาวตามต้องการ และความแข็งแรงของเส้นใย ลดลงน้อยที่สุด

2.5.1 การฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

ในกระบวนการทางสิ่งทอ ผ้าฝ้าย และผ้าฝ้ายผสมเส้นใยสังเคราะห์ส่วนใหญ่ฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์มีฤทธิ์กัดกร่อน และมีสมบัติเป็นตัวออกซิไดส์ สารชนิดนี้ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง และเยื่อเมือก

การใช้งาน ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ใช้ฟอกขาวเส้นใยกลุ่มเซลลูโลส เช่น ฝ้าย ปอ แฟล็กซ์ รวมทั้งเส้นใยขนสัตว์ ไหม ไนลอน และอะคริลิก

กลไกการทำงานของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เป็นกรดอ่อน และแตกตัวเป็นไฮดรอกซิลไอออนในน้ำทำให้เกิดไฮโดรเจนไอออน (H^+) และเพอร์ไฮดรอกซิลไอออน ($HO\cdot$) เพอร์ไฮดรอกซิลไอออนเป็นส่วนสำคัญที่เร่งการฟอกขาวเส้นใย การแตกตัวเป็นไอออนของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ในน้ำ ปฏิบัติเกิดขึ้น ดังนี้



ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ อาจสลายตัวให้น้ำและออกซิเจนได้ ปฏิบัติเกิดขึ้นดังนี้



การสลายตัวของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ อาจถูกเร่งปฏิกิริยา (catalyse) โดยไอออนของโลหะ เช่น Fe^{2+} Cu^{2+} การเร่งปฏิกิริยาโดยไอออนของโลหะเหล่านี้ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในระหว่างการฟอกขาว เนื่องจากจะมีผลต่อประสิทธิภาพการฟอกขาวของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ และทำให้เส้นใยถูกทำลาย

โลหะชนิดต่าง ๆ ที่อยู่ในเส้นใยเซลลูโลส เช่น Fe Ca Mg การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์จะเพิ่มมากขึ้น และเกิดการสลายตัวอย่างรุนแรงเมื่อมีไอออนของโลหะทรานสิชัน ปฏิบัติเกิดขึ้น ดังนี้



อนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical; $OH\cdot$) เป็นตัวออกซิไดส์ที่แรงมาก (strong oxidant) ซึ่งทำให้เส้นใยถูกทำลายได้ การถูกทำลายของเส้นใย เช่น ผ้าฝ้ายปรากฏเป็นรูเล็ก ๆ จำนวนมาก เส้นใยเซลลูโลสมีศักยภาพของการเกิดพอลิเมอร์ลดลง ซึ่งทำให้ความยาวของโซ่พอลิเมอร์เซลลูโลส

สั้นลง ความแข็งแรงของเส้นใยจึงลดลง นอกจากนี้ไอออนของโลหะทรานสิชันจะทำให้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เกิดการแตกตัวเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการฟอกขาว

ข้อดีของการฟอกขาวโดยใช้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ คือ ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เป็นตัวออกซิไดส์ที่ไม่รุนแรง การเสื่อมสภาพของเซลลูโลสจากการฟอกขาวโดยใช้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์จึงเกิดขึ้นน้อยกว่าการใช้สารฟอกขาวประเภทไฮโปคลอไรท์ นอกจากนี้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์อาจใช้ร่วมกับขั้นตอนการทำความสะอาดเส้นใยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และไม่มีปัญหาการกัดกร่อนเครื่องจักร ไม่มีปัญหาเรื่องกลิ่นของสารเคมี แต่การใช้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์มีข้อเสียคือ ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์มีราคาแพงกว่าสารฟอกขาวในกลุ่มไฮโปคลอไรท์ และอาจต้องใช้สารที่ทำให้เกิดความเสถียรร่วมด้วย

2.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

1. อิทธิพลของค่าความเป็นกรด-เบส

ความเสถียรของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-เบส ที่ค่าความเป็นกรด-เบส 1-3 ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์จะมีความเสถียร แต่ในสภาวะที่เป็นด่างที่ค่าความเป็นกรด-เบส 11.5-13 ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์จะมีความเสถียรลดลง การฟอกขาวจะเกิดขึ้นที่ค่าความเป็นกรด-เบสประมาณ 10.5 เนื่องจากไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์แตกตัวให้เพอร์ไฮดรอกซิลไอออนในสภาวะที่เป็นกลางหรือเบสอ่อนไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ จะไม่ให้ผลต่อความขาว และอาจทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเซลลูโลส

2. อิทธิพลของอุณหภูมิ

ในทางปฏิบัติการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ จะฟอกขาวที่อุณหภูมิ 90-100°C อัตราการฟอกขาวจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันสารละลายของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์อาจไม่เสถียร และทำให้เส้นใยเกิดการเสื่อมสภาพเพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 80°C การเกิดเพอร์ไฮดรอกซิลไอออนจะมีปริมาณต่ำ ซึ่งมีผลต่อการฟอกขาว

2.5.3 สารที่ทำให้เกิดความเสถียร (stabilizer) ในการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

สารที่ทำให้เกิดความเสถียรมีการเติมลงไปในสารละลายที่ใช้ในการฟอกขาวเพื่อควบคุมการสลายตัวของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ หน้าที่ของสารที่ทำให้เกิดความเสถียร คือ ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ (buffer) เพื่อควบคุมค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม นอกจากนี้สารที่ทำให้เกิดความเสถียรจะเกิดสารเชิงซ้อนกับโลหะ ซึ่งจะเป็นตัวเร่งที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพ (degradation) ของเส้นใย ในระหว่างการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ การเติมสารที่ทำให้เกิดความเสถียรลงในสารละลายที่ใช้ในการฟอกขาวเส้นใย จึงลดการถูกทำลายของเส้นใย

สารที่ทำให้เกิดความเสถียรที่สำคัญมี ดังนี้

1. โซเดียมซิลิเกต เป็นสารที่นิยมใช้และมีประสิทธิภาพมากในการทำให้เกิดความเสถียรในระหว่างการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

โดยปกติเส้นใยฝ้าย ซึ่งเป็นเส้นใยเซลลูโลสมีเฟอร์รัสไอออน เป็นองค์ประกอบ กลไกการทำงานของโซเดียมซิลิเกต คือ โซเดียมซิลิเกตจะถูกดูดซับด้วยเฟอร์รัสไอออน จึงลดการทำลายเส้นใยในระหว่างการฟอกขาว และลดการสลายตัวอย่างรุนแรงของสารฟอกขาว

ข้อเสียของการใช้โซเดียมซิลิเกต คือ โซเดียมซิลิเกตอาจเกิดพอลิเมอร์ได้ และได้สารประกอบซิลิเกตที่ไม่ละลาย ซึ่งจะติดบนเครื่องจักร และอาจเป็นสาเหตุการขาดของผ้าถ้าเกิดการขัดสีกับเครื่องจักร นอกจากนี้สารที่เกิดขึ้นอาจตกค้างบนผ้าทำให้ผ้ามีผิวสัมผัสที่หยาบ ไม่อ่อนนุ่ม กรณีที่น้ำมีความกระด้างมาก Ca^{2+} จะจับกับซิลิเกตเป็นตะกอนจับเป็นคราบบนผ้า หรือเส้นใย หรือบนเครื่องจักรต่าง ๆ ซึ่งล้างออกยาก และทำให้วัสดุสิ่งทอกระด้าง นอกจากนี้คราบบนเครื่องจักรอาจดูดวัสดุสิ่งทอ เช่น ผ้า ทำให้เป็นรอย หรือขาดเป็นรูได้

2. สารที่ทำให้เกิดความเสถียรกลุ่มฟอสเฟต สารในกลุ่มนี้ ได้แก่ เตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต เฮกซะเมทาฟอสเฟต ซึ่งใช้ในการฟอกขาวในสถานะที่เป็นแอลคาไลน์ โดยค่าความเป็นกรด-เบสของสารฟอกขาวไม่ควรเกิน 10 ถ้ามากกว่า 10 ทำให้ประสิทธิภาพของสารที่ทำให้เกิดความเสถียรลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้ในการฟอกขาวไม่ควรเกิน 60°C อุณหภูมิที่สูงมากจะทำให้สมบัติของสารที่ทำให้เกิดความเสถียรลดลง

เตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต เมื่ออยู่ในสถานะที่มีค่าความเป็นกรด-เบสสูง ๆ และอุณหภูมิสูง จะเปลี่ยนเป็นไตรโซเดียมฟอสเฟต ทำให้ประสิทธิภาพลดลง นอกจากนี้เตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟตอาจเกิดการตกตะกอนในสารละลายถ้ามีแคลเซียมหรือแมกนีเซียม

2.6 การตรวจสอบประสิทธิภาพการฟอกขาว (Tomashino. 1992: 68)

การตรวจสอบประสิทธิภาพการฟอกขาว ตรวจสอบโดยการวัดค่าความขาว (whiteness) ตามมาตรฐาน AATCC Test Method 110

สารปนเปื้อนสีเหลืองบนวัสดุจะดูดกลืนแสงสีน้ำเงิน การวัดค่าความขาวตามมาตรฐาน AATCC Test Method 110 จึงวัดปริมาณแสงสีน้ำเงินที่สะท้อนออกมาโดยวัสดุ โดยเปรียบเทียบกับความขาวมาตรฐาน โดยใช้แผ่นเซรามิก ซึ่งกำหนดให้มีค่าความขาวเท่ากับ 100 ค่าความขาวของแผ่นเซรามิกใช้เป็นค่าความขาวมาตรฐาน เนื่องจากพื้นผิวของแผ่นเซรามิกไม่มีการดูดกลืนแสงไม่ยอมให้แสงผ่าน และสะท้อนแสงอย่างสมบูรณ์

การฟอกขาวเป็นการกำจัดสารสีเหลืองออกจากวัสดุ การวัดค่าความขาวของวัสดุจึงเป็นการวัดการปนเปื้อนสีเหลืองบนวัสดุที่ถูกกำจัดออกไปในขั้นตอนการฟอกขาว ค่าความขาวจึงวัดค่าการสะท้อนแสงของแสงสีเขียวและสารปนเปื้อนสีเหลืองที่ถูกกำจัดออกไป

ค่าดัชนีความขาวคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$W = 4B - 3G$$

W = ค่าความขาว

B = ค่าการสะท้อนแสงของแสงสีน้ำเงิน (blue reflectance)

G = ค่าการสะท้อนแสงของแสงสีเขียว (green reflectance)



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองมี ดังนี้

ตารางที่ 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อสารเคมี	สูตรเคมี	บริษัทผู้ผลิต
โซเดียมไฮดรอกไซด์	NaOH	Fluka
สารลดแรงตึงผิว (Star Oil Remove RK Conc.)	สารประกอบของอัลคอกซิเลต และเอสเทอร์	บริษัท สตาร์ เทค เคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด
ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์	H ₂ O ₂	Fluka

3.2 การสกัดเส้นใยปอสาออกจากเปลือกปอสา

ในขั้นตอนนี้เป็นเตรียมวัตถุดิบ โดยเป็นขั้นตอนการแยกเส้นใยปอสา ซึ่งเป็นเส้นใยเซลลูโลสออกจากเปลือกของลำต้นปอสา

วิธีการทดลอง

1. นำเปลือกปอสามาสดมในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5-20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 1-3 ชั่วโมง
2. เมื่อครบเวลาตามที่กำหนด นำเปลือกปอสาที่ผ่านการต้มแล้วมาล้างน้ำจนปราศจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ในเส้นใย จากนั้นทำให้เส้นใยแห้ง โดยอบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และคำนวณหาปริมาณเส้นใยที่สกัดได้จากเปลือกปอสา จากสูตร ดังนี้

$$\text{ร้อยละของปริมาณเส้นใยที่ได้จากการสกัด} = [(W - W_0) / W_0] \times 100$$

W_0 = น้ำหนักของเปลือกในปอสาแห้ง

W = น้ำหนักของเส้นใยปอสาแห้ง

3.3 การฟอกขาวเส้นใยปอสา

วิธีการทดลอง

1. นำเส้นใยปอสามาฟอกขาวเส้นใยด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ตามระยะเวลาและอุณหภูมิที่กำหนด เมื่อครบเวลาตามที่กำหนดนำเส้นใยมาล้างน้ำจำนวนหลาย ๆ ครั้ง และทำให้แห้ง โดยอบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และคำนวณหาปริมาณเส้นใยที่ได้จากการฟอกขาว จากสูตร ดังนี้

ร้อยละของปริมาณเส้นใยที่ได้จากการฟอกขาว = $[(W - W_0) / W_0] \times 100$

W_0 = น้ำหนักของเส้นใยปอสาก่อนการฟอกขาว

W = น้ำหนักของเส้นใยปอสาหลังการฟอกขาว

3.4 การหาปริมาณสารต่าง ๆ ในเส้นใยปอสา

วิธีการทดลอง

วิเคราะห์หาปริมาณเฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน ในเปลือกในของปอสา และเส้นใยปอสา ตามมาตรฐาน AOAC (AOAC, 2000)

3.5 การตรวจสอบสมบัติของเส้นใยและเส้นด้ายปอสา

วิธีการทดลอง

1. การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของเส้นใยปอสาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

เปลือกในของปอสา และเส้นใยปอสาถูกเคลือบด้วยทองใน JEOL JEC-1200 Fine Coater และถูกนำมาตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JEOL JSM-5410 LV Scanning Electron Microscope) โดยใช้ความต่างศักย์ 15 กิโลโวลต์

2. การตรวจสอบการยืดตัว และความแข็งแรงของเส้นด้ายปอสาด้วยเครื่อง USTER TENSOJET

3.6 การผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา

วิธีการทดลอง

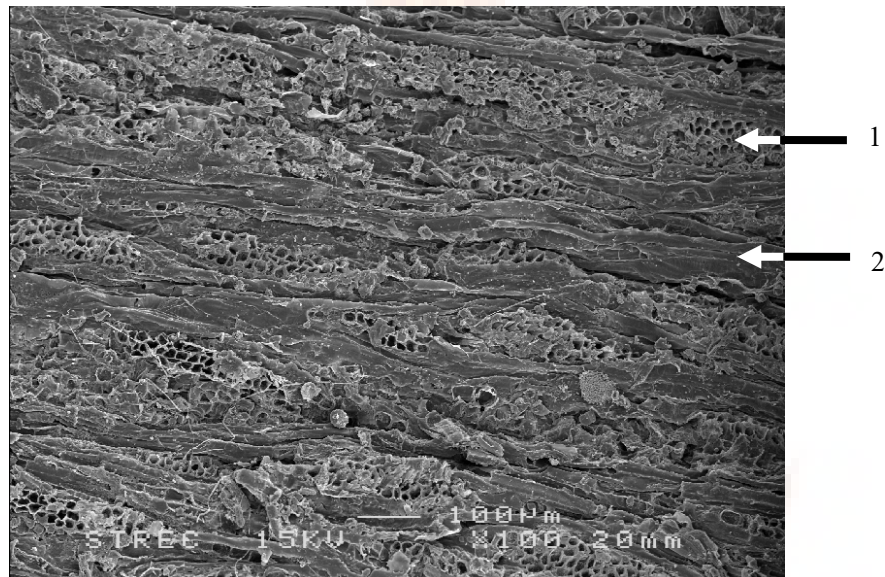
การปั่นเส้นใยปอสาให้เป็นเส้นด้าย ศึกษาโดยนำเส้นใยที่ได้มาผ่านการสาวโดยใช้เครื่องสาวเส้นใย และผ่านกระบวนการปั่นให้เป็นเส้นด้ายโดยใช้เครื่องจักรในระบบอุตสาหกรรม การปั่นเส้นด้ายจะใช้เส้นใยปอสาร่วมกับเส้นใยฝ้ายในอัตราส่วน 90: 10 และ 80: 20 ตามลำดับ

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

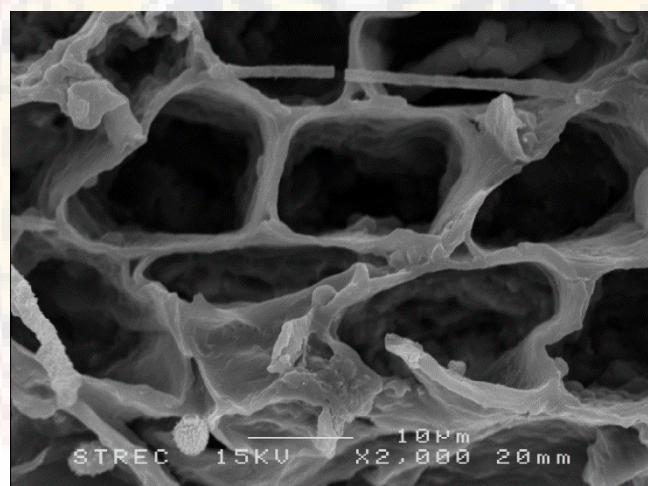
4.1 ลักษณะของเปลือกในปอสา

เส้นใยปอสา เป็นเส้นใยที่ได้จากเปลือกของลำต้นปอสา (bast fibre) โดยส่วนของเส้นใยเป็นท่ออาหาร (phloem) และอยู่บริเวณเปลือกในของลำต้นดังแสดงในภาพประกอบที่ 4.1-4.3

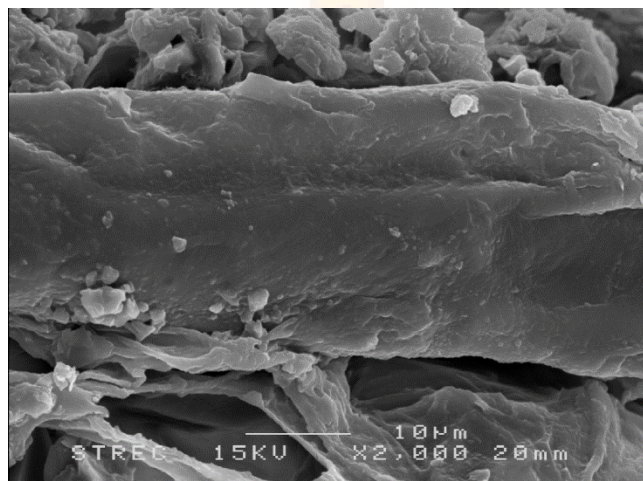


ภาพประกอบที่ 4.1 ลักษณะพื้นผิวของเปลือกในปอสา

1. ส่วนของเซลล์ที่ล้อมรอบท่ออาหาร
2. ส่วนของท่ออาหาร



ภาพประกอบที่ 4.2 ภาพขยายส่วนของเซลล์ที่ล้อมรอบท่ออาหาร



ภาพประกอบที่ 4.3 ภาพขยายส่วนของท่ออาหาร (เส้นใยปอสา)

ผลจากการศึกษาพบว่า เส้นใยปอสาถูกปกคลุมด้วยสารปนเปื้อนต่าง ๆ ได้แก่ เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน ไซ และสารประเภทยาง

4.2 การแยกเส้นใยปอสาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

เส้นใยปอสาได้จากส่วนเปลือกในของลำต้นปอสา ส่วนประกอบทางเคมีที่ติดมากับเส้นใย ได้แก่ เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน นอกจากนี้เส้นใยจะมีสารที่มีลักษณะเป็นยางเหนียวปะปนอยู่ โดยยางเหนียวนี้จะพบที่เปลือกในของลำต้นปอสา (Papyrifera and Vent. 2004: 25-27)

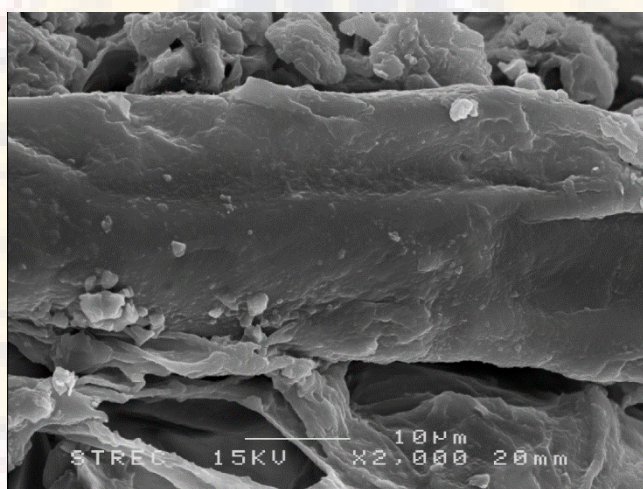
เซลลูโลส เป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญของเส้นใย ส่วนเฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เป็นสารปนเปื้อนที่ติดมากับเซลลูโลส การสกัดแยกเส้นใยปอสาศึกษาโดยนำลำต้นปอสามาต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 100°C ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 4.1 ตารางที่ 4.1 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ภายหลังจากการสกัดเปลือกปอสาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในสภาวะต่าง ๆ

ร้อยละของความเข้มข้น ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (น้ำหนัก/ปริมาตร)	ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด (ชั่วโมง)	ร้อยละของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้
5	1	50.73
	2	53.56
	3	47.80

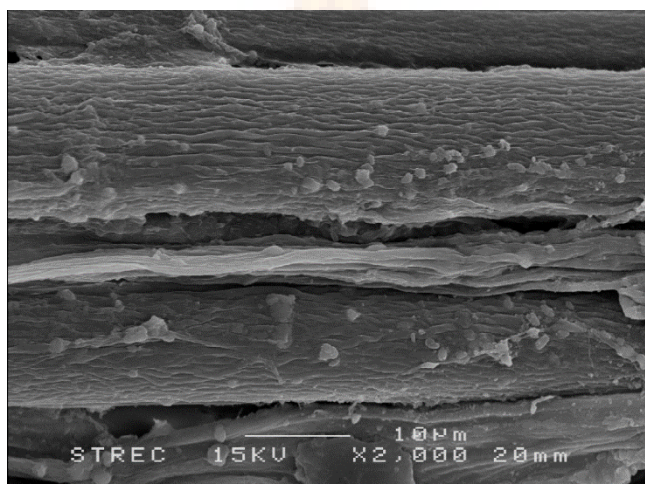
ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ภายหลังจากการสกัดเปลือกในปอสาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในสภาวะต่าง ๆ

ร้อยละของความเข้มข้น ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (น้ำหนัก/ปริมาตร)	ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด (ชั่วโมง)	ร้อยละของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้
10	1	55.74
	2	50.48
	3	48.83
15	1	48.78
	2	53.91
	3	40.45
20	1	53.23
	2	52.55
	3	49.14
	4	52.16

ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อนำเปลือกในปอสามาสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่สภาวะต่าง ๆ สารปนเปื้อนที่ติดมากับเส้นใยปอสาจะหลุดออกไปในระหว่างการสกัด โดยมีร้อยละของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ภายหลังจากการสกัดปริมาณร้อยละ 47.80-55.74 ความแตกต่างของเส้นใยปอสาเริ่มต้น และเส้นใยปอสาที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แสดงดังในภาพประกอบที่ 4.4-4.5



ภาพประกอบที่ 4.4 ลักษณะของปอสา ก่อนสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์



ภาพประกอบที่ 4.5 ลักษณะของปอสาหลังสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยปอสาที่ได้จากการสกัดแยกเส้นใยปอสาออกจากลำต้นปอสาในสถานะต่าง ๆ แสดงดังในตารางที่ 4.2-4.3

ตารางที่ 4.2 ส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยปอสาที่ได้จากการสกัดแยกเส้นใยปอสาออกจากลำต้นปอสาในสถานะต่าง ๆ

สภาวะในการสกัด		เฮมิเซลลูโลส		ลิกนิน	
ร้อยละของความเข้มข้นของ NaOH (น้ำหนัก/ปริมาตร)	ระยะเวลาในการสกัด (ชั่วโมง)	ร้อยละของปริมาณสารที่เหลืออยู่ (โดยน้ำหนัก)	ร้อยละของปริมาณสารที่ถูกกำจัด (โดยน้ำหนัก)	ร้อยละของปริมาณสารที่เหลืออยู่ (โดยน้ำหนัก)	ร้อยละของปริมาณสารที่ถูกกำจัด (โดยน้ำหนัก)
ปอสาเริ่มต้น	-	17.5	-	3.4	-
5	1	5.1	70.86	0.8	76.47
	2	4.7	73.14	0.7	79.41
	3	4.7	73.14	1.1	67.65
10	1	4.2	76.00	0.4	88.23
	2	5.0	71.43	0.6	82.35
	3	6.8	61.14	0.4	88.24
15	1	4.4	74.86	0.8	76.47
	2	5.2	70.29	0.4	88.23
	3	5.4	69.14	0.6	82.35

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยปอสาที่ได้จากการสกัดแยกเส้นใยปอสาออกจากลำต้นปอสาในสภาวะต่าง ๆ

สภาวะในการสกัด		เฮมิเซลลูโลส		ลิกนิน	
ร้อยละของความเข้มข้นของ NaOH (น้ำหนัก/ปริมาตร)	ระยะเวลาในการสกัด (ชั่วโมง)	ร้อยละของปริมาณสารที่เหลืออยู่ (โดยน้ำหนัก)	ร้อยละของปริมาณสารที่ถูกกำจัด (โดยน้ำหนัก)	ร้อยละของปริมาณสารที่เหลืออยู่ (โดยน้ำหนัก)	ร้อยละของปริมาณสารที่ถูกกำจัด (โดยน้ำหนัก)
20	1	4.6	73.71	0.5	85.29
	2	4.7	73.14	0.9	73.53
	3	4.0	77.14	0.7	79.41
	4	4.5	74.29	0.6	82.35

ตารางที่ 4.3 ร้อยละของปริมาณเซลลูโลสภายหลังจากการสกัดปอสาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในสภาวะต่าง ๆ

สภาวะในการสกัด		ร้อยละของปริมาณเซลลูโลส (โดยน้ำหนัก)
ร้อยละของความเข้มข้นของ NaOH (น้ำหนัก/ปริมาตร)	ระยะเวลาในการสกัด (ชั่วโมง)	
ปอสาเริ่มต้น	-	43.4
5	1	74.1
	2	77.1
	3	76.2
10	1	75.9
	2	72.2
	3	72.8
15	1	70.9
	2	76.1
	3	70.2
20	1	76.8
	2	69.0
	3	77.5
	4	75.4

เปลือกในปอสาเริ่มต้นมีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เท่ากับ 43.4 17.5 และ 3.4 (โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2-4.3) การสกัดปอสาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลส และลิกนินลดลง เนื่องจากสารเหล่านี้ถูกกำจัดออกไปในขั้นตอนการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยเฮมิเซลลูโลสและลิกนินจะละลายได้ดีในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 17.5 (Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 2008: 1)

ปริมาณเฮมิเซลลูโลสที่ถูกกำจัดออกไปมีปริมาณสูง ซึ่งถูกกำจัดออกไปร้อยละ 61.14-77.14 (โดยน้ำหนัก) (ตารางที่ 4.2) เฮมิเซลลูโลสที่มีอยู่ในเส้นใยจะทำให้การทำให้ปฏิกิริยาของเส้นใยในขั้นต่อไปเกิดไม่สมบูรณ์ เช่น การย้อมสี การกำจัดเฮมิเซลลูโลสจะทำให้เส้นใยดูดความชื้นเพิ่มขึ้น (Qu and Wang. 2011: 471-477) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณเฮมิเซลลูโลสยังคงหลงเหลืออยู่ในเส้นใย เนื่องจากเฮมิเซลลูโลสเกิดพันธะไฮโดรเจนได้กับเส้นใยฝอย ของเซลลูโลส (Pejic et al. 2008: 7154) ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดเฮมิเซลลูโลสออกไปจากเส้นใย

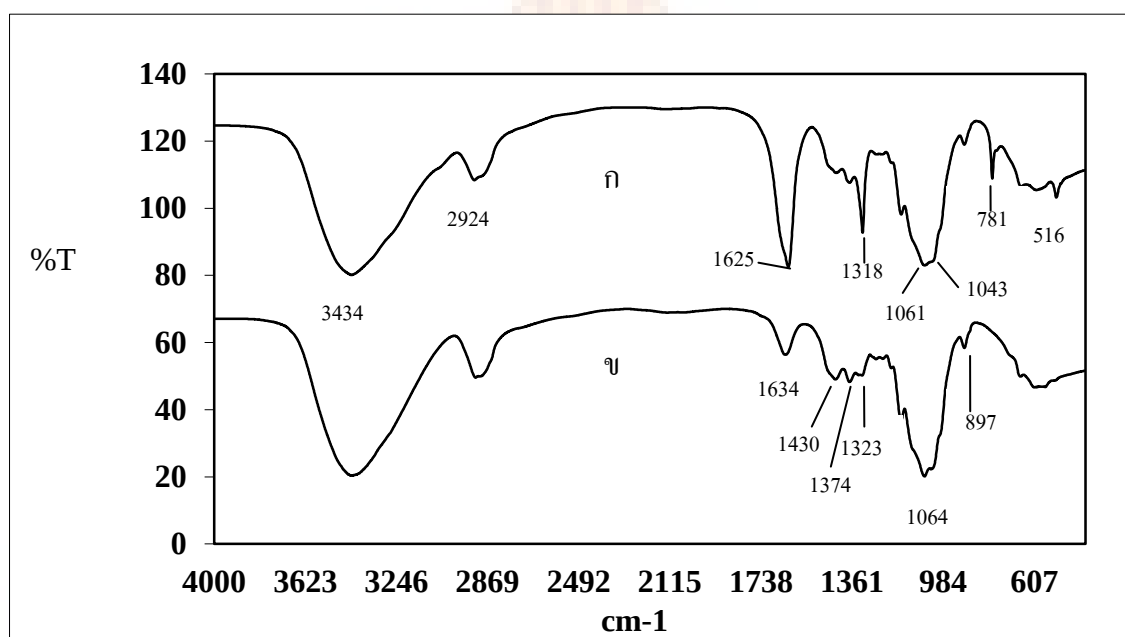
ส่วนปริมาณลิกนินพบว่า ถูกกำจัดออกไปร้อยละ 67.65-88.24 ปริมาณลิกนินยังคงหลงเหลืออยู่ในเส้นใย แสดงว่าลิกนินไม่สามารถถูกกำจัดออกไปได้ง่าย เนื่องจากการเกิดพันธะระหว่าง C-C ที่แข็งแรง และโครงสร้างเคมีอื่น ๆ ที่พบในลิกนิน เช่น วงแหวนเอโรแมติก ซึ่งมีความทนต่อการถูกทำลายด้วยสารเคมี (Pejic et al. 2008: 7155) ลิกนินจะทำให้เส้นใยมีสี เส้นใยที่มีปริมาณลิกนินมากจะกระด้าง และเส้นใยไม่แข็งแรง (Qu and Wang. 2011: 471-477) นอกจากนี้การกำจัดลิกนินออกจากเส้นใยจะทำให้ความสามารถในการกักเก็บน้ำ (water retention) ของเส้นใยเพิ่มขึ้น (Pejic et al. 2008: 7152) ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดลิกนินออกไปจากเส้นใย

การสกัดเส้นใยปอสาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าปริมาณเซลลูโลสของเส้นใยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกในของปอสาเริ่มต้นที่ยังไม่ได้ผ่านการสกัด โดยมีปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 69.0-77.5 (โดยน้ำหนัก) (ตารางที่ 4.3)

การสกัดเส้นใยปอสาออกจากเปลือกในของลำต้นปอสาในสภาวะต่าง ๆ ให้ผลการสกัดคล้ายคลึงกัน แต่การสกัดโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 พบว่า ของเหลวที่ได้จากการสกัดมีลักษณะเป็นสารข้นเหนียวสีน้ำตาลเข้ม แต่การสกัดโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นอื่น ๆ ของเหลวที่ได้จากการสกัดจะมีสีน้ำตาลแต่จะไม่ข้นเหนียวเหมือนกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) สารที่มีลักษณะข้นเหนียวนี้อาจเป็นส่วนของน้ำยางที่บริเวณเปลือกของต้นปอสาถูกสกัดออกมา โดยมีรายงานพบว่าเส้นใยปอสาจะมีสารที่มีลักษณะเป็นยางเหนียวปะปนอยู่ โดยยางเหนียวนี้จะพบที่เปลือกในของลำต้นปอสา (Papyrifera and Vent. 2004: 25-27) นอกจากนี้พบว่า จากการสัมผัสเส้นใยที่ได้จากการสกัดโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) จะนุ่มกว่าการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าร้อยละ 20 การศึกษาในขั้นต่อไปจึงศึกษาโดยใช้เส้นใยปอสาที่ถูกสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

โดยเฮมิเซลลูโลสถูกกำจัดออกไปได้ในปริมาณมากที่สุด และได้เส้นใยที่มีเซลลูโลสในปริมาณสูง ส่วนลิกนินที่ยังหลงเหลืออยู่จะถูกกำจัดออกไปได้ในขั้นตอนการฟอกขาวเส้นใย ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ขึ้นอยู่กับอายุของต้นปอสาที่เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นที่ใช้ในการสกัด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องมีการควบคุมให้เหมาะสม

จากการตรวจสอบเส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) และความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) โดยต้มเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ผลการศึกษาแสดงดังในภาพประกอบที่ 4.6



ภาพประกอบที่ 4.6 อินฟราเรดสเปกตรัมของเส้นใยปอสา

ก. เส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 (น้ำหนัก/ปริมาตร)

ข. เส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร)

โดยปกติเฮมิเซลลูโลสที่พบในพืชมีน้ำตาลชนิดต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบ แต่จะมีน้ำตาลไซโลสเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญ จากการสกัดเส้นใยปอสาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) อินฟราเรดสเปกตรัม (ภาพประกอบที่ 4.6 (ก)) ปรากฏแถบสเปกตรัมกลุ่มของไซโลสที่บริเวณ 1000-1125 เซนติเมตร⁻¹ แถบการดูดกลืนแสงที่บริเวณ 1043 เซนติเมตร⁻¹ แสดงถึงการสั่นแบบยืด (stretching) ของ C-O C-C หรือการสั่นแบบงอ (bending) ของ

C-OH ในเฮมิเซลลูโลส (Sun et al. 2000: 119) นอกจากนี้ปรากฏสเปกตรัมของลิกนิน โดยปรากฏสเปกตรัมของหมู่ -OH ที่บริเวณ 3434 เซนติเมตร⁻¹ ปรากฏสเปกตรัมของหมู่เมทอกซิลที่บริเวณ 2844 เซนติเมตร⁻¹ ปรากฏสเปกตรัมของหมู่คาร์บอนิลที่บริเวณ 1625 เซนติเมตร⁻¹ ปรากฏสเปกตรัมที่แสดงลักษณะการสั่นของวงแหวนแอโรแมติกของลิกนินที่บริเวณ 1512 เซนติเมตร⁻¹ และปรากฏสเปกตรัมของ C-C ที่บริเวณ 900-500 เซนติเมตร⁻¹ (Carrott and Carrott. 2007: 2301-2312)

เมื่อสกัดปอสาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) พบว่าสเปกตรัมของหมู่ -C=O ที่บริเวณ 1639 เซนติเมตร⁻¹ มีความเข้มลดลง และสเปกตรัมของ C-C ที่บริเวณ 900-500 เซนติเมตร⁻¹ บางส่วนหายไป แสดงว่าลิกนินบางส่วนถูกสกัดออกไป นอกจากนี้จะปรากฏสเปกตรัมที่แสดงลักษณะของเซลลูโลส คือ การสั่นแบบงอของ C-H ที่บริเวณ 1430 1374 และ 1323 เซนติเมตร⁻¹ ปรากฏสเปกตรัมการสั่นแบบยืดของ C-O-C ที่บริเวณ 1159 1064 และ 897 เซนติเมตร⁻¹

4.3 การฟอกขาวปอสา

เส้นใยปอสาที่ผ่านสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะมีสีน้ำตาล การกำจัดสีในเส้นใยทำได้โดยการฟอกขาวเส้นใยด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ โดยศึกษาอิทธิพลของสถานะต่าง ๆ ที่มีผลต่อการฟอกขาว

4.3.1 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการฟอกขาวปอสา

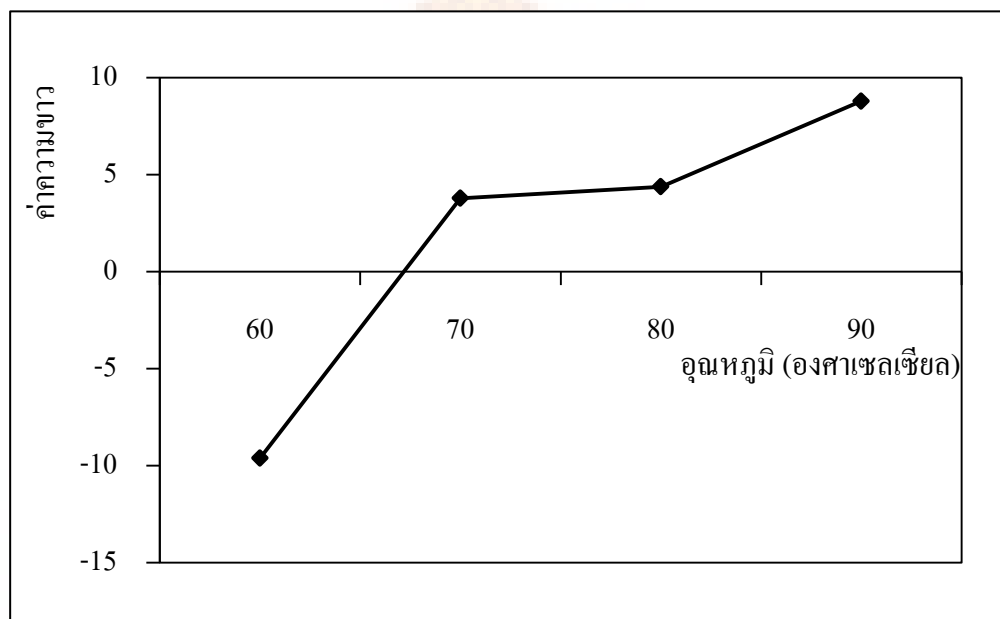
เส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ถูกนำมาฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 (ปริมาตร/ปริมาตร) เป็นเวลา 90 นาที ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้และปริมาณน้ำหนักรที่หายไปภายหลังจากการฟอกขาวแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้และปริมาณน้ำหนักรที่หายไปภายหลังจากการฟอกขาวเส้นใยปอสาด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

อุณหภูมิ ที่ใช้ในการฟอกขาว (°C)	ร้อยละของปริมาณเส้นใยที่เหลือ ภายหลังจากการฟอกขาว (โดยน้ำหนัก)	ร้อยละของปริมาณน้ำหนักร ที่หายไป (โดยน้ำหนัก)
60	86.63	13.37
70	87.63	12.37
80	85.54	14.46
90	86.35	13.65

ผลจากการศึกษาพบว่า การฟอกขาวเส้นใยปอสาด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ทำให้น้ำหนักบางส่วนหายไป โดยร้อยละของน้ำหนักที่หายไปมีค่าประมาณ 12.37-14.16 น้ำหนักที่หายไปภายหลังจากการฟอกขาวแสดงว่า สารปนเปื้อนต่าง ๆ ที่ยังคงหลงเหลืออยู่ในเส้นใยได้ถูกกำจัดออกไปด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

ค่าความขาวของเส้นใยที่ผ่านการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์แสดงดังในภาพประกอบที่ 4.7



ภาพประกอบที่ 4.7 ค่าความขาวของเส้นใยปอสาที่ผ่านการฟอกด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

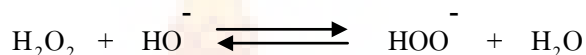
ผลจากการศึกษาพบว่า การฟอกขาวเส้นใยปอสาทำให้เส้นใยปอสามีความขาวมากกว่าเส้นใยปอสาที่ไม่ผ่านการฟอก (เส้นใยปอสาที่ไม่ผ่านการฟอกขาว ไม่สามารถวัดค่าความขาวได้เนื่องจากเส้นใยมีความเหลืองมาก)

โดยปกติไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (H_2O_2) จะแตกตัวให้อนุมูลเสรีไฮดรอกซิล ($HO^\cdot$) และอนุมูลเสรีของซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน ($O_2^{\cdot-}$) ซึ่งทำให้ลิกนินถูกกำจัดออกไป และมีผลต่อการละลายของเฮมิเซลลูโลสที่หลงเหลืออยู่ในเส้นใย (Doner and Hicks. 1997: 114)

ในขณะเดียวกันการทำปฏิกิริยาระหว่าง $HO^\cdot$ และ $O_2^{\cdot-}$ จะทำให้เกิด $HO_2^\cdot$ ดังนี้ (Sun et al. 2000: 111-122)



HO^- ที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อการแตกตัวของ H_2O_2 ดังนี้



การเกิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (HOO^-) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ว่องไวต่อการฟอกขาว ทำให้ลิกนินและเฮมิเซลลูโลสถูกกำจัดออกไปได้ ลิกนินจะสลายตัวให้มโนเมอร์ในกลุ่มฟีนอลที่เป็นองค์ประกอบในลิกนินโดยไฮโดรเปอร์ออกไซด์แอนไอออน นอกจากนี้สารฟอกขาวจะทำปฏิกิริยากับหมู่เอทิลีน และหมู่คาร์บอนิลที่เป็นองค์ประกอบในลิกนิน รวมทั้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครโมฟอร์ (chromophore) ที่เป็นองค์ประกอบของสีที่ติดมากับเส้นใย สีที่ติดมากับเส้นใยจึงถูกกำจัดออกไป (Berenzo, Siqueira and Milagres. 2009: 199-204) เส้นใยที่ผ่านการทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จึงมีค่าความขาวมากขึ้น

นอกจากนี้ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เส้นใยที่ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะมีค่าความขาวเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น การแตกตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะถูกเร่งให้เร็วขึ้น การฟอกขาวที่อุณหภูมิต่ำ ๆ สามารถเกิดขึ้นได้ แต่จะใช้ระยะเวลาในการฟอกขาวนานขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิจึงมีผลต่อการฟอกขาวเส้นใยปอสา และการศึกษาในขั้นต่อไปจึงศึกษาการฟอกขาวเส้นใยปอสาด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่อุณหภูมิ 90°C

4.3.2 อิทธิพลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และระยะเวลาต่อการฟอกขาวเส้นใยปอสา

เส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ถูกนำมาฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 90°C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้และปริมาณน้ำหนักรวมที่หายไปหลังจากการฟอกขาวแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้และปริมาณน้ำหนัที่หายไปภายหลังจากการฟอกขาวเส้นใยปอสาด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

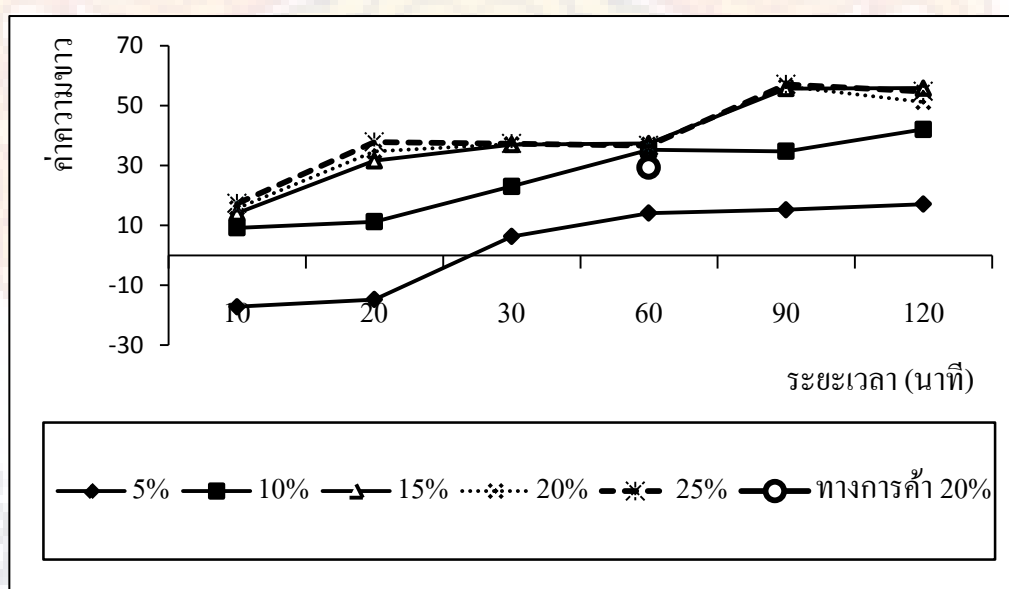
ร้อยละความเข้มข้นของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (ปริมาตร/ปริมาตร)	ระยะเวลาในการฟอกขาว (นาที)	ร้อยละของปริมาณเส้นใยที่เหลือภายหลังจากการฟอกขาว (โดยน้ำหนัก)	ร้อยละของปริมาณน้ำหนัที่หายไป (โดยน้ำหนัก)
5	10	85.44	14.56
	20	88.42	11.58
	30	84.52	15.48
	60	85.27	14.73
	90	85.98	14.02
	120	85.93	14.07
10	10	85.20	14.80
	20	85.51	14.49
	30	85.20	14.80
	60	84.41	15.59
	90	81.51	18.49
	120	80.00	20.00
15	10	90.38	13.37
	20	88.71	12.37
	30	85.82	14.46
	60	86.80	12.37
	90	81.75	14.46
	120	83.33	13.65
20	10	89.19	10.81
	20	89.60	10.40
	30	82.22	17.78
	60	83.34	16.66
	90	81.49	18.51
	120	84.57	15.49

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้และปริมาณน้ำหนัที่หายไปภายหลังจากการฟอกขาวเส้นใยปอสาด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

ร้อยละความเข้มข้นของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (ปริมาตร/ปริมาตร)	ระยะเวลาในการฟอกขาว (นาทึ)	ร้อยละของปริมาณเส้นใยที่เหลือภายหลังจากการฟอกขาว (โดยน้ำหนัก)	ร้อยละของปริมาณน้ำหนัที่หายไป (โดยน้ำหนัก)
25	10	88.41	13.37
	20	92.64	12.37
	30	83.93	16.07
	60	89.67	10.33
	90	86.11	13.89
	120	91.11	8.89

ผลจากการศึกษาพบว่า การฟอกขาวเส้นใยปอสาด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ และที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน ทำให้น้ำหนักบางส่วนหายไป โดยร้อยละของน้ำหนัที่หายไปมีค่าประมาณ 8.89-20.00

ค่าความขาวของเส้นใยปอสาที่ผ่านการฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ แสดงดังในภาพประกอบที่ 4.8

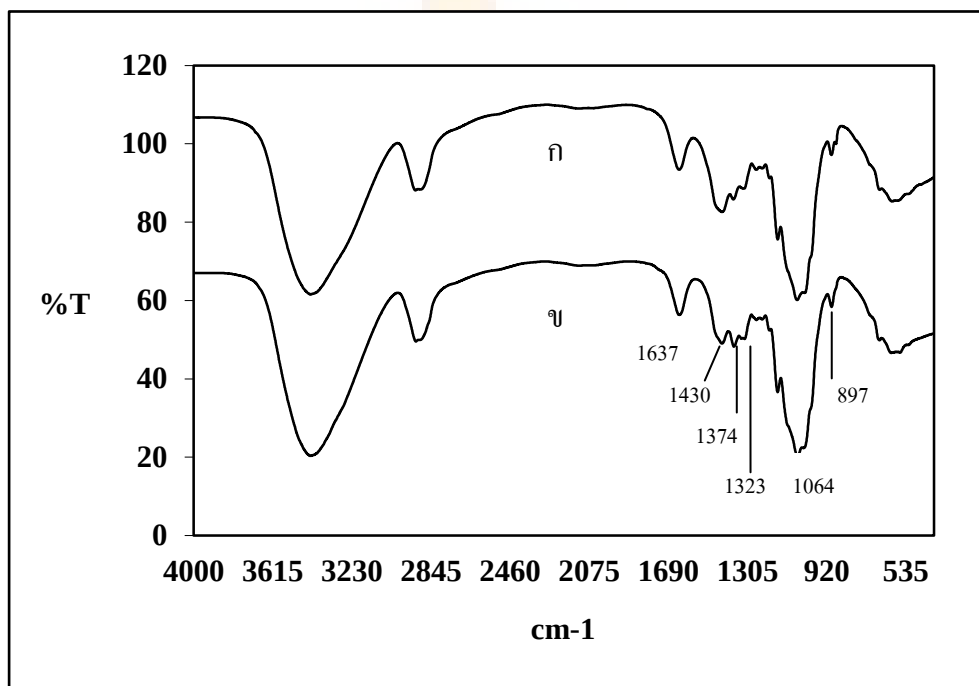


ภาพประกอบที่ 4.8 ค่าความขาวของเส้นใยปอสาที่ผ่านการฟอกด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน

ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น ค่าความขาวของปอสาจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากจำนวนโมเลกุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่จะแตกตัวเพื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับเส้นใยปอสามีมากขึ้น สีธรรมชาติบนเส้นใยปอสาจึงถูกกำจัดออกไปได้มากขึ้น

เมื่อระยะเวลาในการฟอกขาวเพิ่มขึ้น เส้นใยปอสาจะมีความขาวเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อระยะเวลาในการฟอกขาวเพิ่มขึ้น การทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับปอสาจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อระยะเวลามากเกินกว่า 60 นาที ความขาวของเส้นใยปอสาจะมีแนวโน้มคงที่ เนื่องจากการแตกตัวของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เริ่มคงที่ โดยผลการศึกษาี้คล้ายคลึงกับการศึกษาของโทปาโลวิก (Topalovic, 2007: 103-104) ที่ศึกษาการฟอกขาวเส้นใยฝ้ายด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการฟอกขาวเส้นใยปอสา คือ ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และระยะเวลาในการฟอกขาว

เมื่อนำปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 (ปริมาตร/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 60 นาที มาตรวจสอบด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ อินฟราเรดสเปกตรัมของเส้นใยปอสาแสดงดังในภาพประกอบที่ 4.9



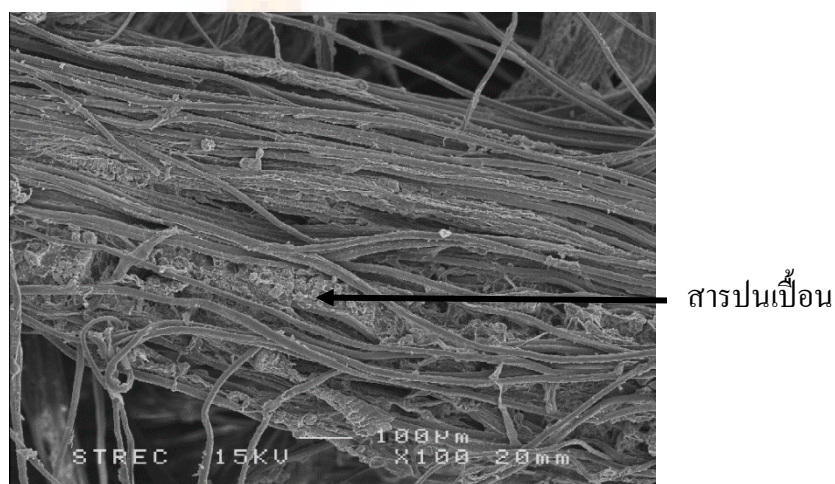
ภาพประกอบที่ 4.9 อินฟราเรดสเปกตรัมของเส้นใยปอสา

ก. ปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

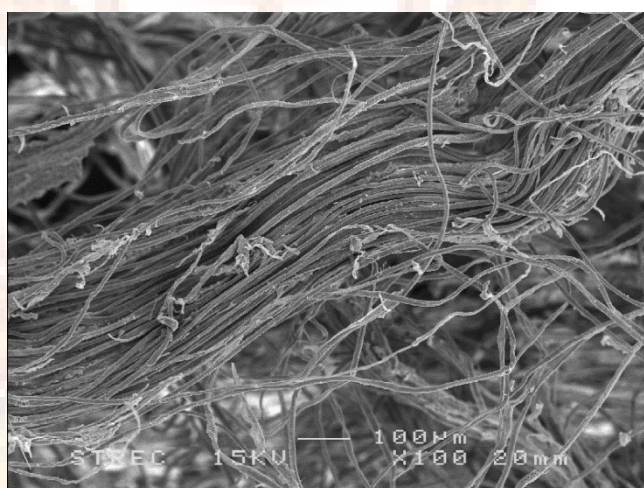
ข. ปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และผ่านการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 (ปริมาตร/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 60 นาที

ผลจากการศึกษาพบว่า เส้นใยปอสาที่ผ่านการฟอกขาว ปรากฏสเปกตรัมที่แสดงคุณลักษณะของเซลลูโลสชัดเจนยิ่งขึ้น โดยปรากฏสเปกตรัมการสั่นแบบงอของ C-H ที่บริเวณ 1430 1374 และ 1323 เซนติเมตร⁻¹ ปรากฏสเปกตรัมการสั่นแบบยืดของ C-O-C ที่บริเวณ 1159 1064 และ 897 เซนติเมตร⁻¹ (Sun et al. 2000: 119)

ลักษณะของเส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และผ่านการฟอกด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์แสดงดังในภาพประกอบที่ 4.10-4.11



ภาพประกอบที่ 4.10 ลักษณะของเส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

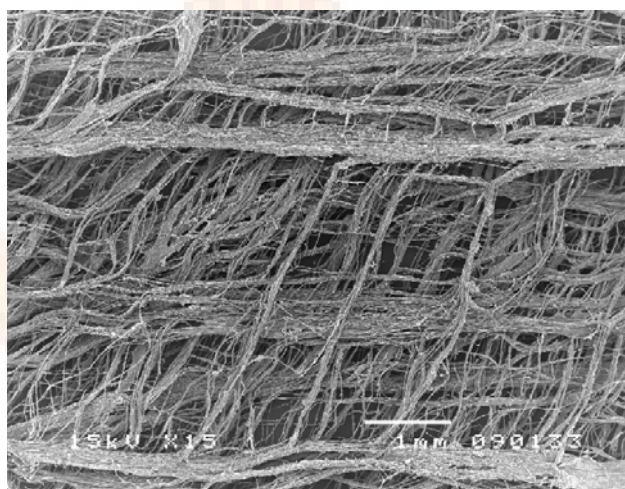


ภาพประกอบที่ 4.11 ลักษณะของเส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และผ่านการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 (ปริมาตร/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 90 นาที

ผลจากการศึกษาพบว่า เส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ยังมีสารปนเปื้อนติดอยู่บนเส้นใย (ภาพประกอบที่ 4.10) แต่เมื่อนำเส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้ว มาผ่านการฟอกขาว

ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะทำให้สารปนเปื้อนบางส่วนที่ยังหลงเหลืออยู่ในเส้นใยหลุดออกไป (ภาพประกอบที่ 4.11)

เส้นใยปอสาโดยธรรมชาติจะเกาะรวมตัวกันเป็นกลุ่ม และมีลักษณะเป็นร่างแห เนื่องจาก ลำต้นของเส้นใยปอสาจะมียาง และเคลือบเส้นใยไว้ทำให้แยกเส้นใยออกเป็นเส้นใยเดี่ยวได้ยาก ข้างที่อยู่นบนเส้นใยปอสาไม่สามารถกำจัดออกไปได้หมดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เส้นใยจะมีลักษณะแข็งกระด้าง แต่เมื่อเปียกน้ำเส้นใยจะนุ่ม ลักษณะร่างแหของเส้นใยปอสา แสดงดังในภาพประกอบที่ 4.12



ภาพประกอบที่ 4.12 ลักษณะร่างแหของเส้นใยปอสาภายหลังการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และผ่านการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

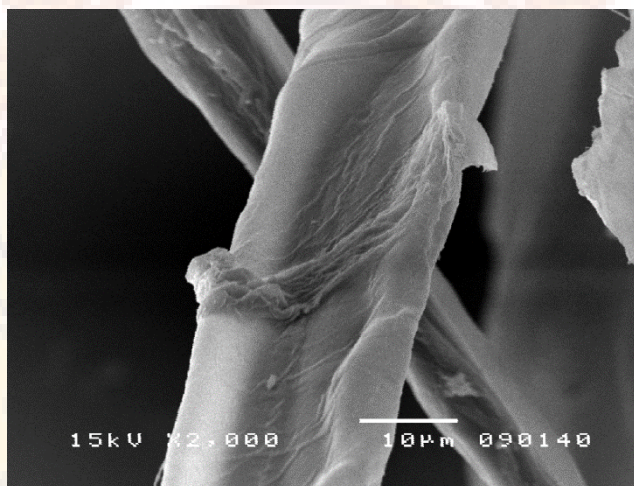
เมื่อนำเส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และผ่านการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มาต้มล้างด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดแคตไอออนที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 4.6 และภาพประกอบที่ 4.13

ตารางที่ 4.6 ลักษณะของเส้นใยปอสาภายหลังการต้มในสารลดแรงตึงผิวชนิดแคตไอออนที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ

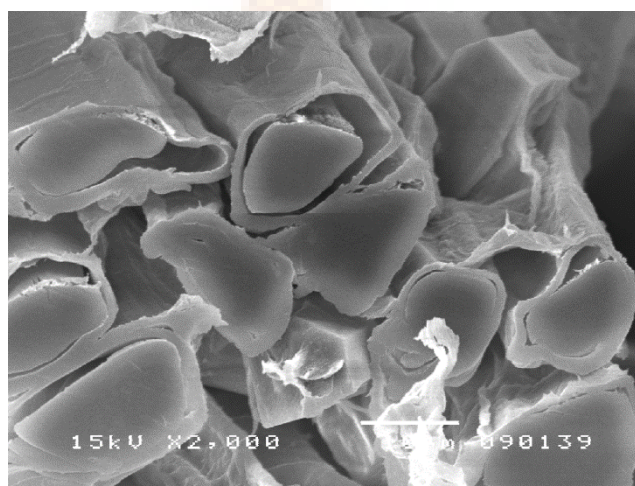
ร้อยละของความเข้มข้น ของสารลดแรงตึงผิว ชนิดแคตไอออน (น้ำหนัก/ปริมาตร)	ลักษณะของเส้นใยปอสา	
	ลักษณะผิวสัมผัส	การแยกตัวของเส้นใย
0	แข็งกระด้าง	แยกได้ยาก
1	↓ นิ่ม	↓ แยกได้ง่าย
3		
5		
10		

ผลจากการศึกษาพบว่า การต้มเส้นใยปอสาด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดแคตไอออน ทำให้เส้นใยนิ่มขึ้น และแยกเส้นใยออกจากกลุ่มของเส้นใยได้ง่าย โดยสารลดแรงตึงผิวที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 (น้ำหนัก/ปริมาตร) มีความเหมาะสมต่อสมบัติของเส้นใย ดังนั้นสารลดแรงตึงผิวชนิดแคตไอออนจึงมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของเส้นใย

ลักษณะตามยาวและลักษณะตามขวางของเส้นใยปอสาแสดงดังในภาพประกอบที่ 4.13-4.14



ภาพประกอบที่ 4.13 ลักษณะตามยาวของเส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และผ่านการฟอกขาว



ภาพประกอบที่ 4.14 ลักษณะตามขวางของเส้นใยปอสาที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และผ่านการฟอกขาว

ผลจากการศึกษาพบว่า ลักษณะตามยาวของเส้นใยปอสามีลักษณะแบนและมีการขยุบตัว ส่วนลักษณะตามขวางมีรูปร่างรี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-15 ไมครอน ภาควัดขวางของเส้นใยประกอบด้วยส่วนที่เป็นแกนกลาง (core) และส่วนเปลือกหุ้ม (sheath) โดยมีการศึกษาพบว่า เส้นใยในตระกูลหม่อนมีความต้านทานต่อการนิกาจากแรงเฉือนได้ดี (Qu and Wang, 2011: 476)

4.4 การผลิตเส้นใยปอสาในทางการค้า

เส้นใยปอสามีการนำมาใช้ผลิตเป็นกระดาษสาในเชิงพาณิชย์ การแยกเส้นใยปอสาออกจากเปลือกในของลำต้นปอสามีสภาวะที่ใช้แสดงดังในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สภาวะที่ใช้ในการเตรียมเส้นใยปอสาในทางการค้า

ขั้นตอนการผลิต	ชนิดของสารเคมี	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ / สภาวะการผลิต
การเตรียมเส้นใย	โซเดียมไฮดรอกไซด์	ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแห้งของเปลือกปอสา ต้มในสภาวะเดือด เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง
การฟอกขาว	ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์	ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแห้งของปอสา
	โซเดียมซัลไฟต์	ร้อยละ 3.3 โดยน้ำหนักแห้งของปอสา ต้มในสภาวะเดือด เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ปอสาที่ได้ภายหลังจากการฟอกขาว จะนำมาแผ่เป็นแผ่น และฉีกเป็นเส้นตามแนวยาว โดยแผ่นที่ได้จากการฉีกมีความกว้าง 1 เซนติเมตร และตัดให้มีความยาวประมาณ 4 เซนติเมตร พบว่าปอสาที่ได้จากการผลิตในทางการค้า เมื่อสัมผัสเส้นใยจะมีลักษณะกระด้าง มีสารเหนียวติดอยู่บนเส้นใย ซึ่งคาดว่าจะยังมีสารปนเปื้อนต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประเภทยางติดอยู่บนเส้นใย เมื่อทดลองนำเส้นใยไปล้างเพื่อเตรียมเส้นใยสำหรับเข้าสู่ขั้นตอนการผลิตให้เป็นเส้นด้าย พบว่าไม่สามารถทำการล้างเส้นใยได้ เนื่องจากเส้นใยจะไม่แยกตัวออกจากกัน และสารเหนียวบนเส้นใยทำให้เส้นใยติดอยู่บนเครื่องล้างเส้นใย

เส้นใยปอสาที่ได้จากการผลิตในทางการค้าถูกนำมาต้มในสารลดแรงตึงผิวชนิดแคตไอออนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 30 นาที พบว่าเส้นใยจะมีลักษณะนิ่ม และฟู เมื่อนำเส้นใยไปวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีในเส้นใย ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ส่วนประกอบทางเคมีในเส้นใยปอสาที่ผลิตในทางการค้า

ส่วนประกอบทางเคมีในเส้นใยปอสา	ร้อยละของปริมาณสาร (โดยน้ำหนัก)
เซลลูโลส	70.4
เฮมิเซลลูโลส	0.6
ลิกนิน	0.1

ผลจากการศึกษาพบว่า ปริมาณเซลลูโลสที่พบในเส้นใยปอสาที่ได้จากการผลิตในทางการค้ามีปริมาณร้อยละ 70.4 (โดยน้ำหนัก) ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับเส้นใยปอสาที่สกัดได้จากห้องปฏิบัติการที่มีปริมาณร้อยละ 84.41 (โดยน้ำหนัก) ภายหลังจากการฟอกขาวเส้นใย ปอสาจะมีปริมาณเฮมิเซลลูโลส และลิกนินเหลืออยู่ในปริมาณน้อย

การผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสาต้องใช้เส้นใยในปริมาณมาก การวิจัยในโครงการนี้จึงซื้อเส้นใยปอสาในทางการค้ามาผลิตเป็นเส้นด้าย โดยนำเส้นใยที่ซื้อมาจากการค้ามาต้มล้างสิ่งปนเปื้อนในเส้นใยด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดแคตไอออนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 30 นาที ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นใย

4.5 สมบัติทางกายภาพของเส้นใยปอสาที่ผลิตในทางการค้า

คุณภาพของเส้นใยปอสา หรือเส้นใยที่ใช้ในงานสิ่งทอชนิดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางกายภาพ เช่น ความแข็งแรง การยืดตัว (elongation) ความละเอียดอ่อนของเส้นใย (fineness)

เปลือกในของต้นปอสาถูกนำมาสกัดและแยกเส้นใยโดยนำมาต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ สมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางกายภาพของเส้นใยปอสาแสดงดังในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 สมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางกายภาพของเส้นใยปอสา

สมบัติของเส้นใย	ข้อมูล
ความละเอียดอ่อนของเส้นใย	7.36 ไมโครเนียร์
ความยาวของเส้นใย	27.58 มิลลิเมตร
ความสม่ำเสมอของเส้นใย	มีความสม่ำเสมอร้อยละ 61.3
ความเหนียวของเส้นใย	12.4 เซนตินิวตัน/เทกซ์
การยืดตัวของเส้นใย	ร้อยละ 5.7
ดัชนีเส้นใยสั้น	ร้อยละ 9.6

ผลจากการศึกษาพบว่า เส้นใยปอสาที่ผ่านการฟอกแล้วมีค่าความละเอียด 7.36 ไมโครเนียร์ แสดงว่าเส้นใยปอสาจัดเป็นเส้นใยหยาบ เมื่อนำไปปั่นเป็นเส้นด้ายจะได้เส้นด้ายที่มีขนาดความโตของเส้นด้ายมาก ไม่สามารถปั่นเป็นเส้นด้ายที่มีขนาดเล็ก ๆ ได้ โดยเส้นใยที่มีค่าความละเอียดอ่อน 3.1-3.9 จัดเป็นเส้นใยละเอียด (ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์, ม.ป.ป, 2)

ความยาวของเส้นใย เส้นใยปอสามีความยาว 27.58 มิลลิเมตร แสดงว่าเส้นใยปอสามีความยาวเพียงพอที่จะนำไปปั่นเป็นเส้นด้ายได้ โดยเส้นใยที่มีความยาวตั้งแต่ 12-15 มิลลิเมตรสามารถรวมตัวกันให้เป็นเส้นด้ายได้ แต่ความแข็งแรงจะต่ำ ส่วนเส้นใยที่มีความยาวมากกว่านี้จะสามารถนำไปปั่นเป็นเส้นด้ายที่มีสมบัติที่ดีได้ (ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์, ม.ป.ป, 4)

ความสม่ำเสมอของเส้นใย เส้นใยปอสามีความสม่ำเสมอร้อยละ 61.3 โดยมีค่าสูงกว่า 49 ซึ่งจัดว่ามีความสม่ำเสมอสูงมาก (ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์, ม.ป.ป, 10) แสดงว่าเส้นใยปอสามีความสม่ำเสมอดี ดังนั้นเมื่อนำไปผลิตเป็นเส้นด้าย จะได้เส้นด้ายที่มีความสม่ำเสมอดีมาก ผลผลิตมีคุณภาพสูง

ความเหนียวของเส้นใย เส้นใยปอสามีความเหนียว 12.4 เซนตินิวตัน/เทกซ์ แสดงว่าเส้นใยปอสามีความแข็งแรงเพียงพอที่จะนำไปปั่นเป็นเส้นด้ายได้ โดยความแข็งแรงของเส้นด้ายจะแปรผันโดยตรงกับความแข็งแรงกับเส้นใย

การยืดตัวของเส้นใย เส้นใยปอสามีการยืดตัวร้อยละ 5.7 แสดงว่าเส้นใยปอสามีการยืดตัวน้อย โดยมีค่าใกล้เคียงกับเส้นใยฝ้ายที่มีการยืดตัวร้อยละ 3-7 (Hollen and Saddler. 1964: 215) การปั่นให้เป็นเส้นด้ายจึงสามารถรวบเส้นใยให้เกิดเป็นรูปร่างของเส้นด้ายได้

ดัชนีเส้นใยสั้น เส้นใยปอสามีดัชนีเส้นใยสั้นร้อยละ 9.6 ปริมาณเส้นใยสั้น (short fibre content) เป็นปัจจัยที่บอกคุณภาพของเส้นใย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของเส้นใยฝ้าย ซึ่งเป็นเส้นใยเซลลูโลส ปริมาณเส้นใยสั้นจะหมายถึง ร้อยละของปริมาณเส้นใยสั้นที่มีความยาวน้อยกว่า 12.7 มิลลิเมตร (Srinivasan and Balmurugan. n.d.: online) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเส้นด้าย ถ้ามีปริมาณเส้นใยสั้นสูง ๆ จะทำให้เกิดปริมาณของเสีย (waste) ที่เกิดจากกระบวนการผลิตเส้นด้าย ในปริมาณสูง นอกจากนี้ปริมาณเส้นใยสั้นจะทำให้ความแข็งแรงของเส้นด้ายลดลง และมีขนที่บริเวณผิวของเส้นด้ายในปริมาณมาก ในกรณีของเส้นใยปอสามีดัชนีเส้นใยสั้นในปริมาณต่ำ ซึ่งเหมาะสมในการนำไปผลิตเป็นเส้นด้าย

4.6 การผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา

เส้นใยปอสาที่ผ่านกำจัดสารปนเปื้อนต่าง ๆ ออกไป นำมาปั่นให้เป็นเส้นใยด้ายตามกระบวนการผลิต โดยเส้นใยจะต้องผ่านขั้นตอนการสาวใย (carding) เพื่อทำให้สิ่งสกปรกและสิ่งแปลกปลอมให้หลุดออกไป รวมทั้งเป็นการช่วยจัดเส้นใยที่มีความยาวสั้นๆ ที่ไม่เหมาะสมกับการผลิตเส้นด้ายออกไป ลักษณะของเครื่องจักรสาวใยแสดงดังภาพประกอบที่ 4.15



เส้นใย

ภาพประกอบที่ 4.15 เครื่องสาวเส้นใย

เมื่อนำเส้นใยปอสาที่ผสมกับเส้นใยฝ้ายแล้วมาทำการสาวอีกครั้งด้วยเครื่องสาวระบบอุตสาหกรรม จะได้เส้นสไลด์เวอร์ (sliver) ซึ่งมีลักษณะดังภาพประกอบที่ 4.16



ภาพประกอบที่ 4.16 ลักษณะของเส้นสไลด์เวอร์

เมื่อนำเส้นสไลด์เวอร์เข้าสู่กระบวนการปั่นด้ายแบบปลายเปิด (open-end spinning) และทำการปั่นด้าย จะได้เส้นด้ายจากเส้นใยฝ้ายผสมเส้นใยปอสา โดยใช้อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยฝ้าย: เส้นใยปอสาเท่ากับ 90:10 และ 80:20 การปั่นด้ายและลักษณะของเส้นด้ายที่ได้แสดงดังในภาพประกอบที่ 4.17-4.18



ภาพประกอบที่ 4.17 การปั่นเส้นด้ายด้วยเครื่องปั่นด้ายแบบปลายเปิด



ภาพประกอบที่ 4.18 เส้นด้ายจากเส้นใยฝ้ายผสมกับเส้นใยปอสา

สมบัติของเส้นด้ายที่ได้จากการผลิตแสดงดังในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 สมบัติของเส้นด้ายที่ได้จากการผลิตโดยใช้เส้นใยฝ้ายผสมกับเส้นใยปอสา ในอัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วนผสม เส้นใยฝ้าย : เส้นใยปอสา	ร้อยละของการยืดตัว	ความเหนียว (เซนตินิวตัน/เทกซ์)
90:10	6.07	12.03
80:20	8.97	8.97

ผลจากการศึกษาพบว่า เส้นด้ายที่เกิดจากการผสมระหว่างเส้นใยฝ้าย : เส้นใยปอสา ในอัตราส่วน 90:10 มีความเหนียวสูง มีการยืดตัวน้อย เมื่ออัตราส่วนของปอสาเพิ่มขึ้น ความเหนียวของเส้นด้ายจะลดลงเล็กน้อย และมีการยืดตัวเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามสมบัติเชิงกลของเส้นด้ายที่ได้จากการผลิตมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานทางสิ่งทอ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. สภาวะที่เหมาะสมในการแยกเส้นใยปอสาออกจากสารปนเปื้อนต่าง ๆ ตามธรรมชาติที่ติดมากับเส้นใยสามารถทำได้โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งให้ปริมาณของเซลลูโลสที่ได้จากการสกัดร้อยละ 77.5 (โดยน้ำหนัก)
2. สภาวะที่เหมาะสมในการฟอกขาวเส้นใยปอสา คือ ฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 (ปริมาตร/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 60 นาที ซึ่งให้ปริมาณของเซลลูโลสในเส้นใยร้อยละ 84.41 (โดยน้ำหนัก)
3. ลักษณะภาคตัดขวางของเส้นใยปอสา พื้นผิวภายนอกมีลักษณะแบน และมีการยุบตัว ส่วนลักษณะภาคตัดขวางจะประกอบด้วย 2 ชั้น คือ ชั้นแกนกลาง (core) และชั้นเปลือกหุ้มด้านนอก (sheath)
4. เส้นใยปอสาที่ผ่านการเตรียมทางการค้า (การกำจัดสารปนเปื้อนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์) มีปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 70.4 (โดยน้ำหนัก) ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณเซลลูโลสที่ผ่านการเตรียมจากห้องปฏิบัติการที่มีปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 84.41 (โดยน้ำหนัก)
5. การผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสาสามารถผลิตได้โดยใช้อัตราส่วนระหว่างเส้นใยฝ้าย: เส้นใยปอสา ในอัตราส่วน 90: 10 และ 80: 20 โดยมีสมบัติเชิงกลเหมาะสมที่จะนำเส้นด้ายมาใช้งานทางสิ่งทอ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาการนำเส้นด้ายปอสาไปผลิตเป็นผืนผ้า และผลิตภัณฑ์
2. ศึกษาสมบัติของผ้าที่ได้จากการผลิตโดยใช้เส้นใยปอสา
3. ศึกษาต้นทุนของการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยใช้เส้นด้ายปอสา

เอกสารอ้างอิง

- เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกุล. การควบคุมคุณภาพงานเตรียมสิ่งทอเพื่อการย้อม พิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2541.
- บุญวงศ์ ไทยอุตสาหกรรม. ปอสา: วัตถุดิบหลักของอุตสาหกรรมกระดาษสา. การอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง งานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการผลิตเยื่อและกระดาษจากปอสา. กรุงเทพฯ, อาคารอุตสาหกรรมเกษตร 3 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2545.
- วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวเปลือกปอสา [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก [posaa.kapi.ku.ac.th/Document/PDF/Uresis 2545/PostHarvest.pdf](http://posaa.kapi.ku.ac.th/Document/PDF/Uresis%202545/PostHarvest.pdf) 2545. สืบค้น 10 พฤษภาคม 2555.
- วิทยา ปั่นสุวรรณ และกนกกร วันสนุก. องค์ประกอบของเปลือกปอสาและแกนไม้ของปอสา [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก kucon.lib.ku.ac.th/download_count.php ม.ป.ป. สืบค้น 10 พฤษภาคม 2555.
- วิทยา ปั่นสุวรรณ และกุลธิดา อินทร์. การฟอกขาวเยื่อปอสา. การประชุมวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 19. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ม.ป.ป.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. แหล่งนำเข้าสินค้าสำคัญ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ops3.moc.go.th/infor/menucomth/stru2_Import/import_market/report.asp 2544. สืบค้น 25 เมษายน 2555.
- สุชาดา อุชชิน และคณะ. การศึกษาลักษณะเส้นใยปอสาสายพันธุ์ต่าง ๆ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก [posaa.kapi.ku.ac.th/Document/PDF/V2/Full_2A-1-1\(4\).pdf](http://posaa.kapi.ku.ac.th/Document/PDF/V2/Full_2A-1-1(4).pdf) ม.ป.ป. สืบค้น 10 พฤษภาคม 2555.
- สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ปอสาและการทำกระดาษสา [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.doe.go.th> ม.ป.ป. สืบค้น 25 เมษายน 2555.
- Berenzo, M., Siqueira, A.F. and Milagres. "Search for Optimum Conditions of Sugarcane Bagasse Hemicellulose Extraction" 46 (2009): 199-204.
- Corbman, B.P. **Textile Fiber to Fabric**. Singapore: McGraw-Hill, 1985.
- Carrott, S.P.J.M. and Carrott, M.M.L.R. "Lignin-from Natural and Adsorbent to Activated Carbon: A rview" 98 (2007): 2301-2312.
- Doer, L.M. and Hicks, K. "Isolation of Hemicellulose from Corn Fibre by Alkaline Hydrogen Peroxide Extraction" **Cereal Chemistry**. 74 (1997): 176-181.
- Hollen, N. and Saddler, J. **Textiles**. 3 rd. London: Macmillan, 1964.

- Karmakar, S.R. **Chemical Technology in the Pre-Treatment Processes of Textiles**. Tokyo, 1999.
- Papyrifer, B and Vent, H.E. "A review of the Paper Mulberry." **Personal Care**. (January 2004): 25-27.
- Pejic et al. "The Effect of Hemicelluloses and Lignin Removal on Water Uptake Behavior of Hemp Fibers" 99 (2008): 7152-7159.
- Qu, C and Wang, S. "Macro-Micro Structure, Antibacterial, and Physico-Mechanical Properties of the Mulberry Bast Fibers" **Fibers and Polymers**. 12 (2011): 471-477.
- Stevulova, N. et al. "Chemistry Treated Hemp Shives as a suitable Organic Filler for Lightweight Composites Preparing." **Procedia Engineering**. 42 (2012): 949.
- Sun, R.C. et al. "Comparative Study of Hemicelluloses from Rice Straw by Alkali and Hydrogen Peroxide Treatments" **Carbohydrate Polymers**. 42 (2000): 119.
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry. **TAPPI Test Method 2008: Standard TAPPI T 203 cm-99**. Georgia: Technology Parkway South, 2007.
- Tomashino, C. **Chemistry & Technology of fabric Preparation & Finishing**. College of Textiles North Carolina State University, 1992.
- Topalovic, T. "Catalytic Bleaching of Cotton : Molecular and Macroscopic Aspect" Thesis University of Twente, Netherlands, 2007.
- Wikhan Anapanurak and Buapun Puangsin. **Paper Mulberry Pulp Properties by Various Alkaline Process**. [online]. Available from: [possa.kapi.ku.ac.th/Document/Full_2A-2-1\(3\).pdf](http://possa.kapi.ku.ac.th/Document/Full_2A-2-1(3).pdf) n.d. Retrived May 10, 2012.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวบุญศรี คู่สุขธรรม
วัน เดือน ปี เกิด	20 กรกฎาคม พ.ศ. 2507
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน (2525-2528) การศึกษบัณฑิต (วิทยาศาสตร์-เคมี)
ปริญญาโท	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (2528-2531) การศึกษามหาบัณฑิต (เคมี)
ปริญญาโท	มหาวิทยาลัยมหิดล (2536-2539) วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์)
ปริญญาเอก	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2544-2547) วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วัสดุศาสตร์)
ประวัติการทำงาน	
	2532-ปัจจุบัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล

นายมนูญ จิตต์ใจนำ

สถานที่เกิด

จังหวัดสุพรรณบุรี

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (2524-2527)

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ปริญญาโท

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (2540-2542)

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ประวัติการทำงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งทอ

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ

