



การผลิตผ้าถักจากเส้นใยสับปะรด

The Production of Knitted from Pine Apple Fiber

กัญญารัตน์ มุ่งเขตกลาง

Kanyarat Mungkhetklang

RMUTK- CARIT



3 2000 00149640 7

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมสิ่งทอ
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ



การผลิตผ้าถักจากเส้นใยสับปะรด

The Production of Knitted from Pine Apple Fiber

กัญญารัตน์ มุ่งเขตกลาง

Kanyarat Mungkhetklang

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมสิ่งทอ
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

การผลิตผ้าดักจากเส้นใยสับปะรด

๖๔๗.๐ ๒๘๘๒

๗ ๒ ๑๓๗

๒๕๖๓

เลขที่

๓๘๒๒

วันที่

๒๓ พย ๖๓

กัญญารัตน์ มุ่งเขตกลาง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมสิ่งทอ

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ปีการศึกษา ๒๕๖๓

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

หน้าลิขสิทธิ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้าวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ และข้อความต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า



นางสาวกัญญารัตน์ มุ่งเขตกลาง
(ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์)

COPYRIGHT © 2020

ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2563

RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY KRUNGTHAP

FACULTY OF TEXTILE INDUSTRIES
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ


หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตผ้าฝ้ายจากเส้นใยสับปะรด
โดย	นางสาวกัญญารัตน์ มุ่งเขตกลาง
สาขาวิชา	นวัตกรรมสิ่งทอ
ปีการศึกษา	2563

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมสิ่งทอ

.......... คณบดีคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภัทรานิษฐ์ สิทธิอินพันธ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.......... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไชยยันต์ ไชยยะ)

.......... กรรมการ และอาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ชนิษฐา เจริญลาภ)

.......... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปทุมทิพย์ ปราบพาล)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ชนิษฐา เจริญลาก ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ไชยยันต์ ไชยยะ ประธานกรรมการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปทุมทิพย์ ปราบพาล กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาสละเวลาของท่านช่วยตรวจสอบให้ข้อชี้แนะ และแนะนำเพิ่มเติมทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีระดับปริญญาโทให้กับนักศึกษา รวมถึงเจ้าหน้าที่หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ สาขาวิชานวัตกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ช่วยประสานงานให้ความสะดวกแก่นักศึกษาเสมอมา ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา และขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ที่ร่วมเรียนมาด้วยกัน คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทำการทดลองสำหรับวิทยานิพนธ์นี้ สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน



หัวข้อวิทยานิพนธ์

การผลิตผ้าฝ้ายจากเส้นใยสับปะรด

นักศึกษา

นางสาวกัญญารัตน์ มุ่งเขตกลาง

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ขนิษฐา เจริญลาภ

ปีการศึกษา

2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตผ้าฝ้ายจากเส้นใยสับปะรด ทดลองโดยเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของเส้นใยสับปะรดที่ได้จากการแยกเส้นใยด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำประปา และการแยกเส้นใยด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยสารเคมีสองชนิด ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เปรียบเทียบสมบัติของเส้นด้ายและผ้าฝ้ายที่ผลิตจากเส้นใยสับปะรดที่ผ่านการแยกเส้นใยต่างกัน ผลการทดลองพบว่าภาวะที่เหมาะสมในการแยกเส้นใยจากใบสับปะรดคือ การแยกเส้นใยเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 โดยปริมาตร แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 24 ชั่วโมง ทำความสะอาดจนน้ำล้างเป็นกลาง ฝึ่งให้แห้ง ได้ปริมาณผลผลิตเส้นใยร้อยละ 7.23 ± 0.44 เส้นใยมีความยาวเฉลี่ย 67.76 ± 5.15 เซนติเมตร ขนาดเส้นใย 48.51 ± 0.54 ดีเนียร์ ความหยากร้อยละ 1.76 ± 0.01 ความต้านทานแรงดึง 639.60 ± 71.19 เมกะปาสคาล และค่าการยืดตัวก่อนขาดร้อยละ 2.82 ± 0.57 การผลิตเส้นด้ายด้วยการนำเส้นใยที่แยกเชิงกลจำนวน 40 เส้น มาผูกเงื่อนสมาธิได้เส้นด้ายมีความต้านทานแรงดึง 9950.67 ± 1142.78 เมกะปาสคาล และค่าการยืดตัวก่อนขาดร้อยละ 1.78 ± 0.40 เมื่อนำเส้นด้ายมาผลิตเป็นผ้าฝ้ายได้ผ้าที่มีความหนา 2.68 ± 0.19 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักผ้า 0.59 ± 0.02 กรัมต่อตารางเซนติเมตร

คำสำคัญ : เส้นใยธรรมชาติ เส้นใยสับปะรด การปรับปรุงคุณภาพเส้นใย

Thesis Title	The Production of Knitted from Pine Apple Fiber
By	Miss Kanyarat Mungkhetklang
Major	Textiles Innovation
Advisor	Asst. Prof. Khanittha Charoenlarp
Academic Year	2020

Abstract

This research aimed to produce knit fabric from pineapple fiber. The experiment was done by comparing the physical properties of pineapple fibers obtained from mechanical separation and mechanical separation followed by chemical pre-treatment. Compare properties of yarn and knitted fabric made from pineapple fibers are the fibers are separated. The results showed that the optimum conditions to extract fiber from pineapple leaves was mechanical separation process followed by hydrogen peroxide treatment 1 percent concentration by volume, Soak it at room temperature for 24 hours and than clean it until the water is neutral. And desiccate. The mechanical fiber separation yielded 7.23 ± 0.44 % yield, mean fiber length. 67.76 ± 5.15 cm, mean fiber size 48.51 ± 0.54 denier, climp 1.76 ± 0.01 %, tensile strength 639.60 ± 71.19 MPa and elongation 2.82 ± 0.57 %. Yarn production by using 40 strands of mechanically separated fibers to tie a sheet bend. The yarn had tensile strength. 9950.67 ± 1142.78 MPa and elongation was 1.78 ± 0.40 %. When using yarn to produce a knitted fabric, the thickness of the knit fabric was 2.68 ± 0.19 mm and the fabric weight was 0.59 ± 0.02 g / cm².

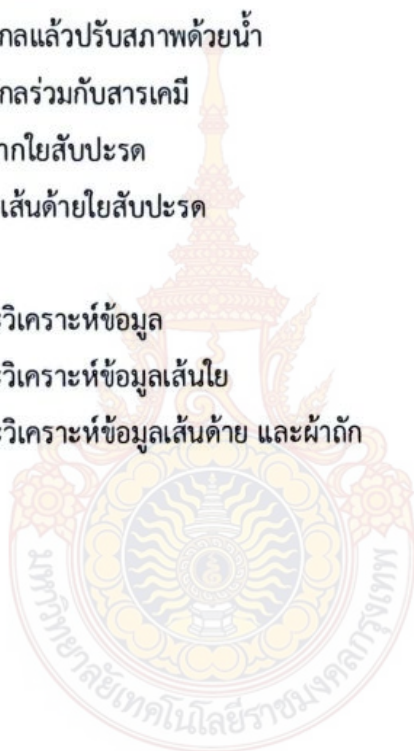
Keywords: natural fiber, pineapple fiber, refining plant fiber

สารบัญ

	หน้า
หน้าอนุมัติ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 กรอบแนวคิด	3
1.5 นิยามศัพท์	6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 เส้นใยธรรมชาติ	7
2.2 ข้อมูลสถานการณ์ของเส้นใยธรรมชาติ	26
2.3 การแยกเส้นใยธรรมชาติ	28
2.4 การทดสอบสมบัติของเส้นใย	30
2.5 ด้าย	33
2.6 การถักผ้า	38
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	42
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	42
3.2 วิธีดำเนินการ	43
บทที่ 4 ผลการทดลอง	46
4.1 การเตรียมวัตถุดิบ	46
4.2 การแยกเส้นใยเชิงกล	46

สารบัญ

	หน้า
4.3 การปรับสภาพเส้นใยด้วยกระบวนการทางเคมี	51
4.4 การทดสอบสมบัติของเส้นใยสับปะรด	57
4.5 การผลิตเส้นด้ายจากใยสับปะรด	69
4.6 การผลิตผ้าดักจากเส้นด้ายใยสับปะรด	72
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	80
5.1 การแยกเส้นใยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ	80
5.2 การแยกเส้นใยเชิงกลร่วมกับสารเคมี	80
5.3 การผลิตเส้นด้ายจากใยสับปะรด	83
5.4 การผลิตผ้าดักจากเส้นด้ายใยสับปะรด	84
บรรณานุกรม	85
ภาคผนวก ก การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล	92
ภาคผนวก ข การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเส้นใย	98
ภาคผนวก ค การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเส้นด้าย และผ้าดัก	133
ประวัติผู้เขียน	142



สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	เส้นใยธรรมชาติ (natural fibre)	8
ตารางที่ 2.2	เส้นใยประดิษฐ์ (man-made fibre)	9
ตารางที่ 2.3	องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณความชื้น และมุมไมโครไฟบริลลา (microfibrillar angle)	15
ตารางที่ 2.4	สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของเส้นใยสับปะรดจากอินเดียใต้	21
ตารางที่ 2.5	องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยจากใบสับปะรด	22
ตารางที่ 2.6	สมบัติเชิงกลของเส้นใยสับปะรด	23
ตารางที่ 2.7	สัดส่วนของส่วนประกอบของต้นสับปะรด	26
ตารางที่ 2.8	สมบัติบางประการของเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์	32
ตารางที่ 4.1	สมบัติเชิงกลของเส้นใยสับปะรด	50
ตารางที่ 4.2	สมบัติของผ้าถักที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ และเส้นใยที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 1	72
ตารางที่ 4.3	สมบัติการยืดหดของผ้าถักที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ	76
ตารางที่ 4.4	สมบัติก่อนและหลังการซักของผ้าถักที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ และเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	77
ตารางที่ ข.1	ผลผลิตของเส้นใยสับปะรดที่ได้จากการแยกใบสับปะรดเชิงกล	99
ตารางที่ ข.2	น้ำหนักของเส้นใยก่อนปรับสภาพหลังแช่น้ำทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที	99
ตารางที่ ข.3	น้ำหนักของเส้นใยก่อนปรับสภาพหลังแช่น้ำที่อุณหภูมิน้ำเดือด 30 นาที	100
ตารางที่ ข.4	น้ำหนักของเส้นใยก่อนปรับสภาพหลังแช่น้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 60 นาที	100
ตารางที่ ข.5	ค่าการยืดตัวสูงสุดและความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ข.6	น้ำหนักของเส้นใยสับปะรดหลังปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 30 นาที ที่ความเข้มข้นต่างกัน
	102
ตารางที่ ข.7	น้ำหนักของเส้นใยสับปะรดหลังปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 60 นาที ที่ความเข้มข้นต่างกัน
	103
ตารางที่ ข.8	น้ำหนักของเส้นใยสับปะรดหลังปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ แช่ทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิห้อง 60 นาที
	104
ตารางที่ ข.9	น้ำหนักของเส้นใยสับปะรดหลังปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แช่ทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิห้อง 60 นาที
	105
ตารางที่ ข.10	การยืดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการ เชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง
	107
ตารางที่ ข.11	ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลการยืดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกล ตามด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น ร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง
	108
ตารางที่ ข.12	การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการยืดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ใน สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง (F- test)
	109
ตารางที่ ข.13	การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ของข้อมูลการยืดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตาม ด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง
	109
ตารางที่ ข.14	ความแข็งแรงต่อแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วย กระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง
	110

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ข.15 ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลความแข็งแรง ต่อแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกล ตามด้วยการแชในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง	111
ตารางที่ ข.16 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแชใน สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง (F- test)	112
ตารางที่ ข.17 การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ของข้อมูลความแข็งแรง ต่อแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการ เชิงกลตามด้วยการแชในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง	112
ตารางที่ ข.18 การยึดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการ เชิงกลตามด้วยการแชในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น ร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง	113
ตารางที่ ข.19 ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลการยึดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตาม ด้วยการแชในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง	114
ตารางที่ ข.20 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการยึดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแชใน สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง (F- test)	115

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ข.21 การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ของข้อมูลการยืดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตาม ด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่ อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง	115
ตารางที่ ข.22 ความแข็งแรงต่อแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วย กระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง	116
ตารางที่ ข.23 ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลความแข็งแรง ต่อแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกล ตามด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง	117
ตารางที่ ข.24 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อแรง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ใน สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง (F- test)	118
ตารางที่ ข.25 การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ของข้อมูลความ แข็งแรงต่อแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการ การเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น ร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง	118
ตารางที่ ข.26 ความยาวของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน	120
ตารางที่ ข.27 ขนาดของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน	122
ตารางที่ ข.28 ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลขนาดของเส้นใย สับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน	123
ตารางที่ ข.29 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยขนาดของเส้นใยสับปะรด ที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน (F- test)	124

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ ข.30	การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ของข้อมูลขนาดของเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน	124
ตารางที่ ข.31	ความหยาบของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน	125
ตารางที่ ข.32	ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลความหยาบของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน	126
ตารางที่ ข.33	การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความหยาบของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน (F- test)	127
ตารางที่ ข.34	การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ของข้อมูลความหยาบของเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน	127
ตารางที่ ข.35	ความหนาแน่นของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน	128
ตารางที่ ข.36	ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลความหนาแน่นของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน	128
ตารางที่ ข.37	การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน (F- test)	129
ตารางที่ ข.38	การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ของข้อมูลความหนาแน่นของเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน	129
ตารางที่ ข.39	ค่าการดูดซึมน้ำของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน	130
ตารางที่ ข.40	ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลค่าการดูดซึมน้ำของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน	131
ตารางที่ ข.41	การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าการดูดซึมน้ำของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน (F- test)	132
ตารางที่ ข.42	การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ของข้อมูลค่าการดูดซึมน้ำของเส้นใยที่สกัดด้วยกระบวนการต่างกัน	132

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส	10
รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่อกันของกลูโคสในโมเลกุลของเซลลูโลส	11
รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของเฮมิเซลลูโลส	12
รูปที่ 2.4 โครงสร้างของลิกนิน	14
รูปที่ 2.5 โครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติจากพืช	16
รูปที่ 2.6 การจัดเรียงตัวของเส้นใยขนาดไมครอน และเซลลูโลสในผนังเซลล์ของเส้นใยจากพืช	17
รูปที่ 2.7 การฝังตัวของเซลลูโลสในเฮมิเซลลูโลส-ลิกนิน เมทริกซ์	17
รูปที่ 2.8 โครงสร้างภายในของเส้นใยธรรมชาติ	18
รูปที่ 2.9 ภาพตัดขวางของเส้นใย	19
รูปที่ 2.10 ลักษณะของต้นสับปะรด	24
รูปที่ 2.11 ประเภทเส้นด้ายตีเกลียว	34
รูปที่ 2.12 ทิศทางเกลียวเส้นด้าย	36
รูปที่ 2.13 โครงสร้างผ้าทอ	38
รูปที่ 2.14 วิธีการถักผ้า	39
รูปที่ 2.15 ส่วนที่สำคัญของห่วงผ้าถัก	40
รูปที่ 2.16 ส่วนที่สำคัญของห่วงผ้าถัก	40
รูปที่ 2.17 face loop และ back loop	41
รูปที่ 2.18 course และ wale	41
รูปที่ 4.1 ใบสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย อายุ 1 ปี	46
รูปที่ 4.2 เครื่องตีแยกเส้นใยสับปะรด	47
รูปที่ 4.3 เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล	47
รูปที่ 4.4 เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล และตากแห้ง	48
รูปที่ 4.5 การลดลงของน้ำหนักเส้นใยหลังทำความสะอาดด้วยน้ำประปาที่เวลาแช่น้ำและ อุณหภูมิต่างกัน	49
รูปที่ 4.6 ลักษณะของเส้นใยหลังทำความสะอาดด้วยน้ำประปาที่เวลาแช่น้ำและอุณหภูมิต่างกัน	49
รูปที่ 4.7 การลดลงของน้ำหนักเส้นใยหลังปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น ต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที	51

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.8 การลดลงของน้ำหนักเส้นใยหลังปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 และ 60 นาที	52
รูปที่ 4.9 ลักษณะเส้นใยหลังปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อุณหภูมิและเวลาแตกต่างกัน	53
รูปที่ 4.10 การลดลงของน้ำหนักเส้นใยหลังปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที	55
รูปที่ 4.11 ลักษณะเส้นใยหลังปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ อุณหภูมิห้อง เวลา 60 นาที	55
รูปที่ 4.12 การลดลงของน้ำหนักเส้นใยหลังการปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างกัน	56
รูปที่ 4.13 การยึดตัว ณ จุดขาด ของเส้นใยสับประรดที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์	58
รูปที่ 4.14 ความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยสับประรดที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์	59
รูปที่ 4.15 การยึดตัว ณ จุดขาด ของเส้นใยสับประรดที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	60
รูปที่ 4.16 ความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยสับประรดที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	61
รูปที่ 4.17 ขนาดของเส้นใยสับประรดที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน	63
รูปที่ 4.18 ความหยาบของเส้นใยสับประรดที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน	64
รูปที่ 4.19 ความหนาแน่นของเส้นใยสับประรดที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน	65
รูปที่ 4.20 การดูดซึมน้ำของเส้นใยสับประรดที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน	65
รูปที่ 4.21 ลักษณะของเส้นใยสับประรดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนไมโครสโคปกำลังขยายสูง	67
รูปที่ 4.22 เส้นด้ายเดี่ยวจากใยสับประรดต่อด้วยเงื่อนไข	69
รูปที่ 4.23 ค่าการยึดตัวสูงสุดของเส้นด้ายชนิดต่าง ๆ	70
รูปที่ 4.24 ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นด้ายชนิดต่าง ๆ	70
รูปที่ 4.25 ขนาดเบอร์ด้ายของเส้นด้ายใยสับประรดแต่ละชนิด	71
รูปที่ 4.26 น้ำหนักก่อนและหลังซักของผ้าฝ้ายที่ได้จากเส้นใยสับประรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ และเส้นใยที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 1	73

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีผลผลิต และเศษวัสดุ หรือของเหลือใช้เป็นจำนวนมากที่ถูกกำจัดด้วยการเผาในที่โล่งแจ้ง และทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ โดยพบว่าจากการเผาเศษพืช 1 ตัน จะทำให้เกิดฝุ่นละอองปริมาณ 2-14 กิโลกรัม (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) ดังนั้นการนำเศษวัสดุเหลือทางการเกษตรกลับมาใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเส้นใยธรรมชาติแทนการเผา จึงเป็นอีกแนวทางในการแก้ปัญหาหมอกพิษทางอากาศ รวมทั้งสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเศษวัสดุเหลือทางการเกษตร เนื่องจากพืชเส้นใยเป็นกลุ่มพืชที่เป็นวัตถุดิบที่สำคัญของอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยเส้นใยที่ได้จากพืชเส้นใยสามารถนำมาใช้ทอผ้า เครื่องนุ่งห่ม เชือก เยื่อกระดาษ ความต้องการผลิตภัณฑ์จากพืชเส้นใยเริ่มมาตั้งแต่สมัยโบราณที่มนุษย์รู้จักเครื่องนุ่งห่ม และมีความต้องการเพิ่มมากขึ้น แม้ว่าปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์เส้นใยสังเคราะห์เกิดขึ้นทดแทนเส้นใยจากพืช แต่เส้นใยจากพืชธรรมชาติยังเป็นที่ต้องการเพิ่มขึ้น ประกอบกับการรักษาภาวะแวดล้อมได้กลายเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งในตลาดผู้บริโภคสินค้าที่ผลิตจากวัตถุดิบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีความเป็นธรรมชาติและเรียบง่ายได้รับความนิยมมากขึ้นเป็นลำดับ สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากเป็นแหล่งเพาะปลูกและส่งออก สับปะรดที่สำคัญอันดับหนึ่งของโลก มีพื้นที่ปลูกสับปะรด เกือบ 600,000 ไร่ ในแต่ละรอบการผลิต (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) พันธุ์ที่ปลูกกันมากคือพันธุ์ปัตตาเวีย ประเทศไทยได้นำผลสับปะรด มาบริโภคสดและใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสับปะรดกระป๋อง ส่วนใบสับปะรดจะเป็นส่วนที่เหลือทิ้งจำนวนมาก โดยมีใบสับปะรดสดที่ถูกทิ้งรวมมากกว่า 4000 กิโลกรัมต่อไร่ (ในบางพื้นที่อาจมีมากถึง 8,000 – 10,000 ตันต่อไร่) ใบสับปะรดเหล่านี้เป็นภาระต่อเกษตรกรและไม่ได้มีการใช้ประโยชน์มากนัก (ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย & นันทยา เก่งเขต, 2014) ปัจจุบันมีการนำเส้นใยสับปะรดมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย เช่น กระดาษ เส้นด้ายและผ้าทอ เป็นต้น (ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย & นันทยา เก่งเขต, 2014) และงานหัตถกรรมโดยผสมกับกระดาษสา

งานวิจัยนี้จึงสนใจนำวัสดุเหลือทางเกษตรจากใบสับปะรด ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจของไทย มาแยกเส้นใยด้วยกระบวนการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อผลิตเป็นเส้นด้ายและผืนผ้า เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบอินทรีย์ และสร้างทางเลือกสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งทอสีเขียวให้กับผู้บริโภค

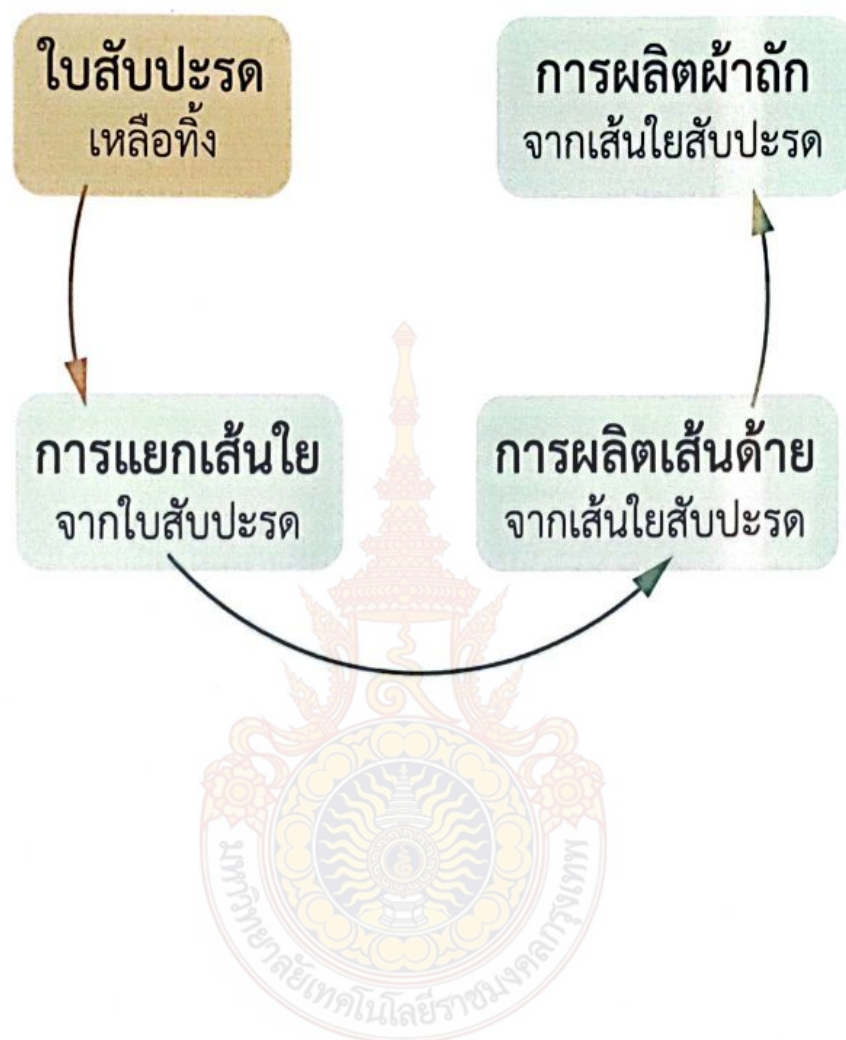
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

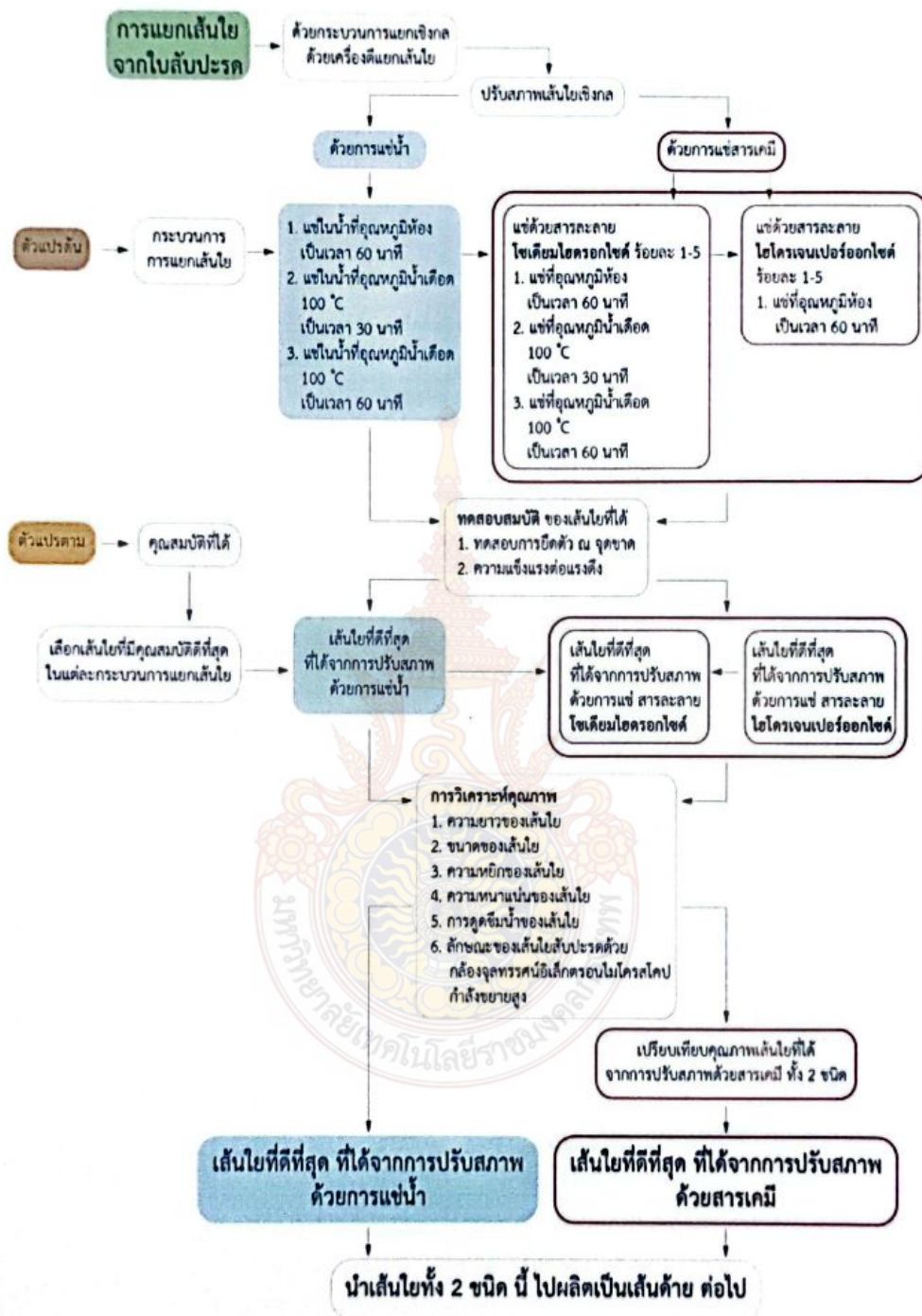
- (1) เพื่อผลิตเส้นใยและเส้นด้ายจากใบสับปะรด
- (2) เพื่อผลิตผ้าดกจากเส้นด้ายใบสับปะรด
- (3) เพื่อศึกษาสมบัติของเส้นใยและเส้นด้ายใบสับปะรด
- (4) เพื่อศึกษาสมบัติของผ้าดกจากเส้นด้ายใบสับปะรด

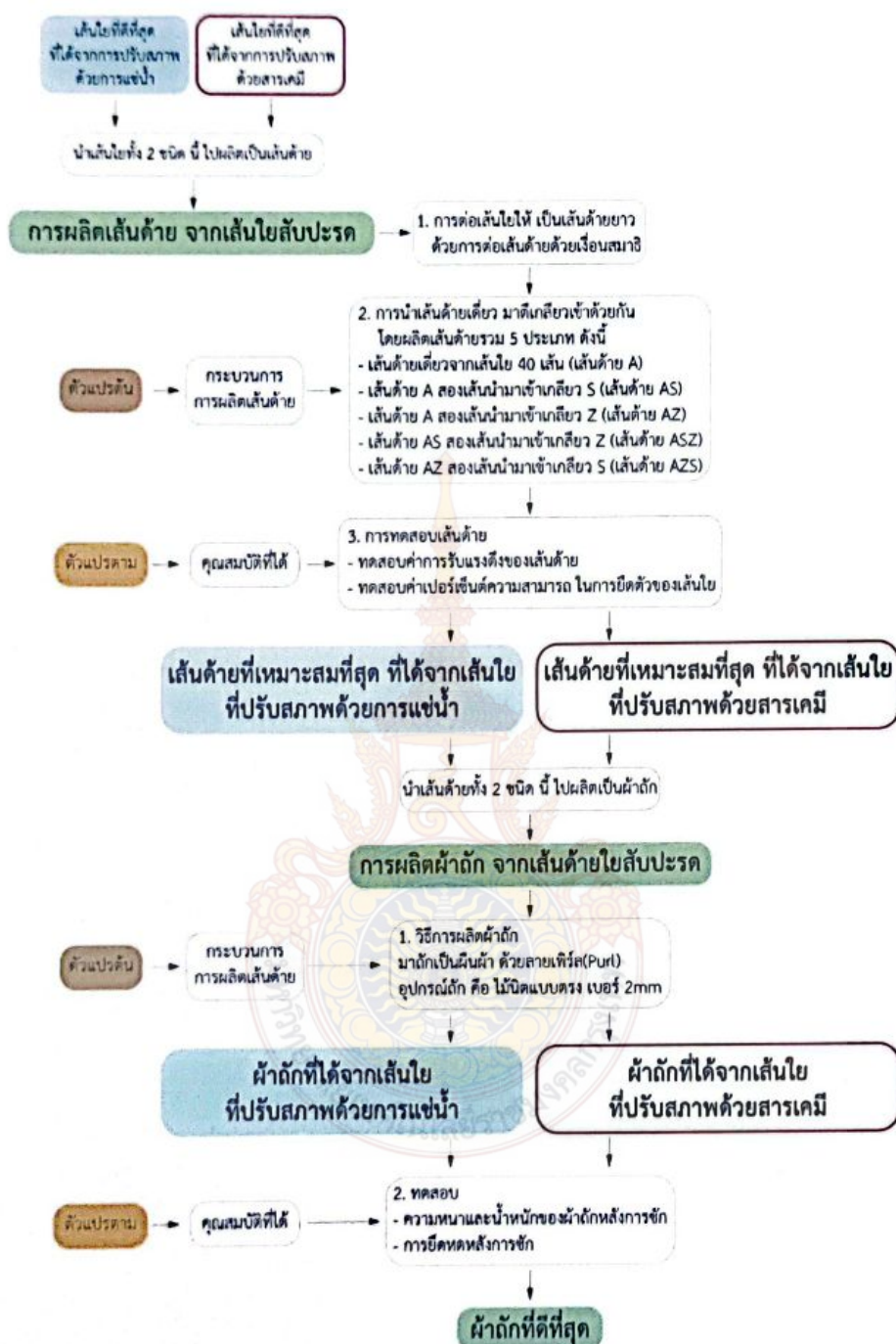
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- (1) ใบสับปะรดสด พันธุ์ปัตตาเวีย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
- (2) แยกเส้นใยจากใบสับปะรดด้วยกระบวนการเชิงกลด้วยเครื่องแยกเส้นใย
- (3) ปรับปรุงสมบัติของเส้นใยสับปะรดด้วยการแช่
 - แช่ด้วยน้ำ (น้ำหนักโดยปริมาตร) ที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที และอุณหภูมิน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และ 60 นาที
 - แช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยแปรผันความเข้มข้นร้อยละ 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 (น้ำหนักโดยปริมาตร) ที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที และอุณหภูมิน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และ 60 นาที
- (4) ศึกษาสมบัติของเส้นใยสับปะรด ดังนี้
 - ลักษณะทางกายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
 - ทดสอบแรงดึงของเส้นด้าย ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงเส้นด้าย (Tensile testing machine:JJ Instrument T5K)
- (5) ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายที่ผลิตได้ ดังนี้
 - ทดสอบแรงดึงของเส้นด้าย ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงเส้นด้าย (Tensile testing machine:JJ Instrument T5K)
- (6) ศึกษาสมบัติทางกายภาพของผ้าดกที่ผลิตได้ดังนี้
 - น้ำหนักผ้า ความหนาผ้า และการยืดหดหลังการซัก

1.4 กรอบแนวคิด







1.5 นิยามศัพท์

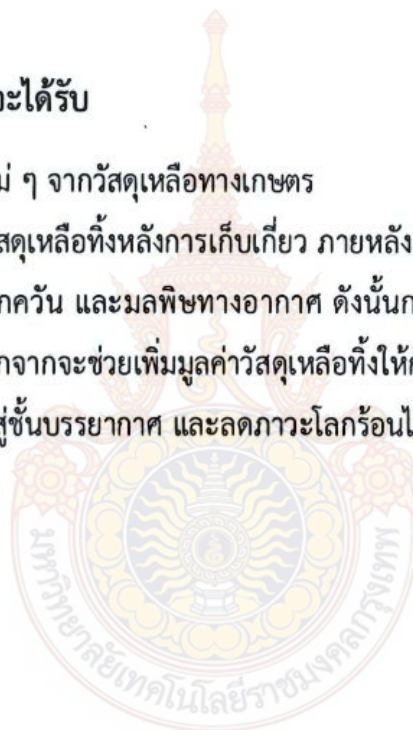
ความทนแรงดึง (tensile strength) เป็นการวัดความสามารถของวัสดุที่ต้านทานต่อการขาดภายใต้แรงดึง หน่วยของแรงดึงที่ทำให้เส้นด้ายขาดคือ กิโลกรัม นิวตัน และปอนด์

ร้อยละการยืดตัว (% elongation) คือการยืดออกของชิ้นทดสอบที่แสดงเป็นร้อยละของความยาวเริ่มต้น ซึ่งการยืดตัวนี้เกิดขึ้นภายใต้แรงดึง ก่อนขึ้นงานขาด

ผ้าถัก (knitted fabrics) หมายถึง เป็นผ้าที่เกิดจากการใช้เข็ม (needles) ถักเพื่อให้เกิดเป็นห่วงของด้ายที่มีการสอดขัดกัน (interlocking loops) โดยจะมีเส้นที่อยู่แนวตั้ง (Wales) และเส้นที่อยู่ในแนวนอน (courses)

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- (1) ได้เส้นด้ายชนิดใหม่ ๆ จากวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตร
- (2) ใบสับปะรด เป็นวัสดุเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยว ภายหลังเก็บเกี่ยวจะเผาทิ้ง ทำให้เป็นส่วนหนึ่งของปัญหาการเกิดหมอกควัน และมลพิษทางอากาศ ดังนั้นการนำวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตรมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ นอกจากจะช่วยเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งให้กับเกษตรกร ยังช่วยลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศ และลดภาวะโลกร้อนได้อย่างยั่งยืน



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนากระเป๋าผ้าถักจากเส้นใยสับปะรด ผู้วิจัยได้ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะนำเสนอตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

- 2.1 เส้นใยธรรมชาติ
- 2.2 ข้อมูลสถานการณ์ของเส้นใยธรรมชาติ
- 2.3 การแยกเส้นใยธรรมชาติ
- 2.4 การทดสอบสมบัติของเส้นใย
- 2.5 ด้าย
- 2.6 การถักผ้า

2.1 เส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยหมายถึงวัสดุหรือสารใดๆทั้งที่เกิดจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น ที่มีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับหรือมากกว่า 100 สามารถขึ้นรูปเป็นผ้าได้ และต้องเป็นองค์ประกอบที่เล็กที่สุดของผ้า ไม่สามารถแยกย่อยในเชิงกลได้อีก (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2004) เส้นใยที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตสิ่งทอ แยกออกได้เป็นสองกลุ่มคือ เส้นใยธรรมชาติ (natural fibre) และเส้นใยประดิษฐ์ (man-made fibre)

(1) เส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติ คือเส้นใยที่มีแหล่งกำเนิดมาจากธรรมชาติ ได้แก่ พืช สัตว์ แร่ และยาง ในช่วงที่มนุษย์ยังไม่สามารถผลิตเส้นใยประดิษฐ์ได้นั้น เส้นใยจากพืชเป็นเส้นใยธรรมชาติที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด รองลงมาเป็นเส้นใยจากสัตว์ คือ ไหม และขนแกะ ปัจจุบันสามารถผลิตเส้นใยประดิษฐ์เพื่อทดแทนเส้นใยธรรมชาติได้แล้ว แต่เส้นใยธรรมชาตียังคงเป็นที่นิยมเนื่องจากคุณสมบัติเฉพาะตัวที่ให้ความสบายในการสวมใส่ และย้อมสีได้ง่าย เป็นต้น

เส้นใยจากธรรมชาติแบ่งได้ 4 ประเภท แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เส้นใยธรรมชาติ (natural fibre)

เส้นใยจากพืช (cellulose fibre)	เส้นใยจากสัตว์ (protein fibre)	แร่	ยาง
- จากเมล็ด (seed)	ขนสัตว์ (wool)	ใยหิน	ยาง
ใยฝ้าย (cotton), ใยนุ่น (kapok)	ไหม (silk)	(asbestos)	ธรรมชาติ
- จากเปลือกไม้หรือลำต้น (bast)	ผม (hair)		(rubber)
ป่านลินิน (flax), ป่านรามี่ (ramie), กัญชง (hemp) ปอกระเจา (jute), ปอแก้ว (kenaf)			
- จากผล (fruit)			
ใยมะพร้าว (coir)			
- จากใบ (leaf)			
สับปะรด (pine apple), ปาล์ม (palm)			

ที่มา : (วีระศักดิ์, 2542)

(2) เส้นใยประดิษฐ์ (man-made fibre)

เส้นใยประดิษฐ์ คือเส้นใยที่เกิดจากการคิดค้นและพัฒนาของมนุษย์ เพื่อใช้ทดแทนเส้นใยจากธรรมชาติ และเพื่อตอบสนองความต้องการเฉพาะด้าน เช่น การทหาร การแพทย์ และอุตสาหกรรม ซึ่งผลิตขึ้นโดยการนำสารพอลิเมอร์จากธรรมชาติ คือ เซลลูโลส หรือสารเคมีโมเลกุลเล็กที่ได้มาจากน้ำมันปิโตรเลียมไปทำปฏิกิริยาเคมีที่เหมาะสมจนได้เป็นสารพอลิเมอร์ตั้งต้นเพื่อนำไปฉีดเป็นเส้นใย โดยทั่วไปแบ่งเส้นใยประดิษฐ์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เส้นใยประดิษฐ์ที่สังเคราะห์จากเซลลูโลส เส้นใยประดิษฐ์ที่สังเคราะห์จากสารเคมี และเส้นใยประดิษฐ์จากแร่และเหล็ก ซึ่งเส้นใยประดิษฐ์ชนิดแรกของโลกที่มนุษย์สามารถผลิตได้ คือ เส้นใยเรยอน

ตารางที่ 2.2 เส้นใยประดิษฐ์ (man-made fibre)

สังเคราะห์จากเซลลูโลส (man-made cellulose fibre)	สังเคราะห์จากสารเคมี (synthetic fibre)	แร่และเหล็ก (inorganic)
เรยอน (rayon)	พอลิเอสเทอร์ (polyester)	โลหะ (metal)
อะซิเตท (acetate)	ไนลอน (nylon)	แก้ว (glass)
ไตรอะซิเตท (triacetate)	สแปนเด็กซ์ (spandex)	เซรามิก (ceramic)
	อะคริลิก (acrylic)	กราไฟท์ (graphite)
	อารามิด (aramid)	

ที่มา : (วีระศักดิ์, 2542)

2.1.1 เส้นใยเซลลูโลส

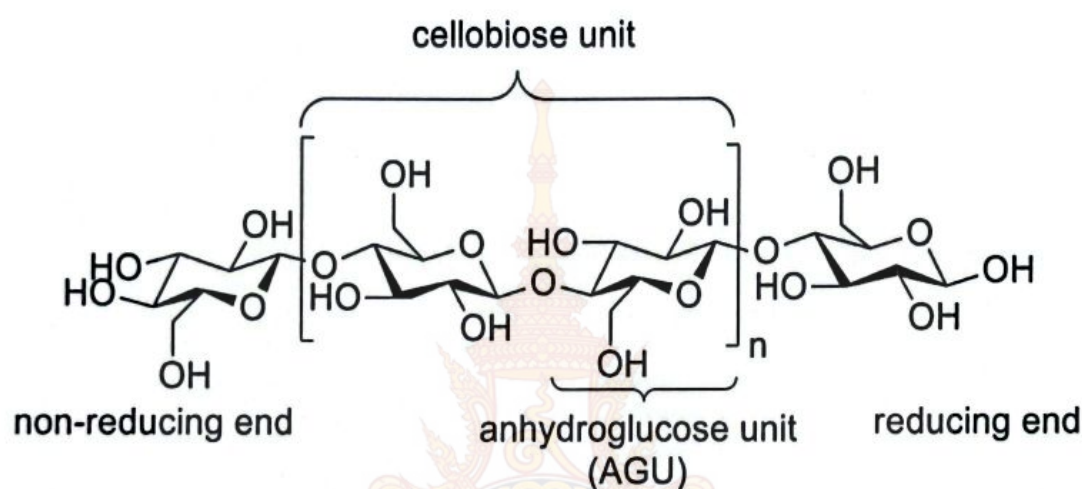
ผนังเซลล์ของพืชส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลลูโลสซึ่งเป็นวัสดุเสริมแรงภายในผนังเซลล์ โดยเซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น (linear polymer) ส่วนเฮมิเซลลูโลสประกอบด้วยกลุ่มของพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) เมื่อกำจัดลิกนินออกไป องค์ประกอบที่ยังคงเหลืออยู่กับเซลลูโลสคือ เฮมิเซลลูโลส ซึ่งสมบัติทั่วไปของเฮมิเซลลูโลสคือมีมวลโมเลกุลต่ำกว่าเซลลูโลส และเนื่องจากเซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ชอบน้ำ (hydrophilic polymer) ดังนั้นจึงส่งผลต่อสมบัติการสลายตัวตามธรรมชาติ การดูดความชื้น และการสลายตัวโดยความร้อน องค์ประกอบที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือ ลิกนินทำหน้าที่เป็นสารยึดติดภายในผนังเซลล์มีความเสถียรทางความร้อนสูงแต่มีผลกระทบกับการย่อยสลายโดยรังสีอัลตราไวโอเลต (ultraviolet) ส่วนองค์ประกอบสุดท้ายคือเพกทินเป็นเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (heteropolysaccharides) เป็นเมทริกซ์ภายในผนังเซลล์ (Bhattacharya et al., 2008) สมบัติของเส้นใย เช่น ความหนาแน่น ความต้านทานไฟฟ้า ความต้านทานแรงดึง การดูดซับความชื้น และผลึกในเส้นใย ต่างเป็นผลเนื่องจากโครงสร้างภายใน และส่วนประกอบของเส้นใย เส้นใยที่มีส่วนประกอบของเซลลูโลสในปริมาณสูง และมีส่วนประกอบอื่นในปริมาณต่ำ จะมีสมบัติเชิงกลที่ดี สำหรับเส้นใยที่มีปริมาณลิกนินสูง และมีอัตราส่วนระหว่างความยาวและความกว้างต่ำ จะมีความแข็งแรงต่ำ แต่มีความยืดหยุ่นสูง

2.1.1.1 องค์ประกอบของเส้นใยเซลลูโลส

(1) เซลลูโลส (cellulose)

เซลลูโลสมีสูตรโมเลกุลคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ เป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ (biopolymer) ที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติประกอบด้วยสารคาร์โบไฮเดรต

(carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ชนิดโฮโมพอลิแซ็กคาไรด์ (homopolysaccharide) มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โครงสร้างของเซลลูโลสประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคส (glucose) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) เป็นหมู่หลักเรียงต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bond) ที่ตำแหน่งบิตา-1,4 (β (1-4 glycosidic bond)) เป็นสายยาวที่ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสกว่า 1,000 - 10,000 โมเลกุล (Poletto et al., 2013) เซลลูโลสจะมีหน่วยซ้ำที่เรียกว่าเซลโลไบโอส (cellobiose) (รูปที่ 2.1) ซึ่งส่วนปลายของทั้งสองข้าง คือ reducing end group เป็นส่วนที่ทำให้ปฏิกิริยาได้ง่าย และ non-reducing end group เป็นส่วนที่ไม่ทำปฏิกิริยา

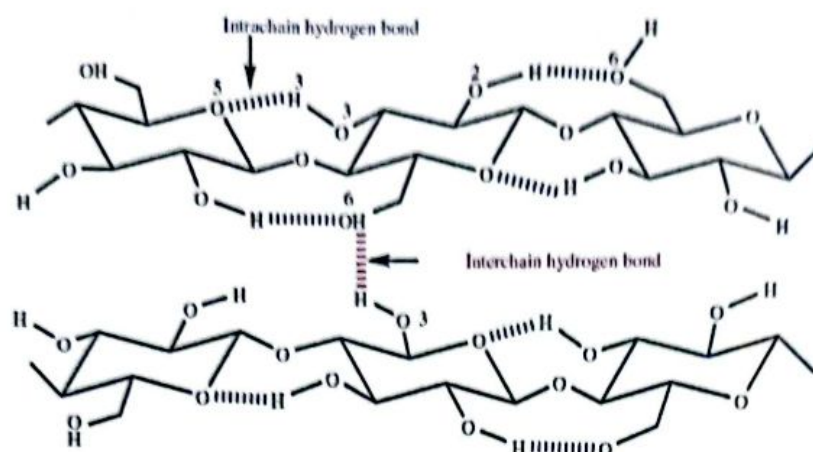


รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส

ที่มา: (Olsson & Westman, 2013)

ในทุก ๆ หน่วยที่สองของกลูโคสที่ต่อกันในโมเลกุลของเซลลูโลสจะสามารถหมุนได้ 180 องศา เกิดเป็นพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลกลูโคส ทำให้เซลลูโลสมีความแข็งแรง มีอุณหภูมิการหลอมตัวสูง และไม่สามารถละลายได้ในสารละลายอินทรีย์ทั่วไป (Berg et al., 2002; Sorek et al., 2014)

การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสนั้นบางช่วงจะขนานกันเป็นระเบียบเรียกว่าผลึก (crystalline) บางช่วงเรียงกันแบบไม่เป็นระเบียบ พันกันสะเปะสะปะไปมาเรียกว่าอสัณฐาน (amorphous) การเรียงตัวไม่เป็นระเบียบของโมเลกุลเซลลูโลสจะทำให้เกิดช่องว่างแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลกันและกันทำให้การยึดเกาะกันระหว่างโมเลกุลมีน้อย ส่งผลให้เส้นใยขาดความแข็งแรง ส่วนโมเลกุลเซลลูโลสที่เรียงตัวกันเป็นระเบียบ จะทำให้เส้นใยมีความแข็งแรง ยึดตัวออกได้น้อย มีแรงยึดเกาะระหว่างโมเลกุลข้างเคียงด้วยพันธะไฮโดรเจน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ความยาวของหน่วยโมเลกุลเซลลูโลสที่ต่อกันขึ้นอยู่กับชนิดและพื้นฐานดั้งเดิมของเซลลูโลส



รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่อกันของกลูโคสในโมเลกุลของเซลลูโลส

ที่มา: (Y. Chen et al., 2018)

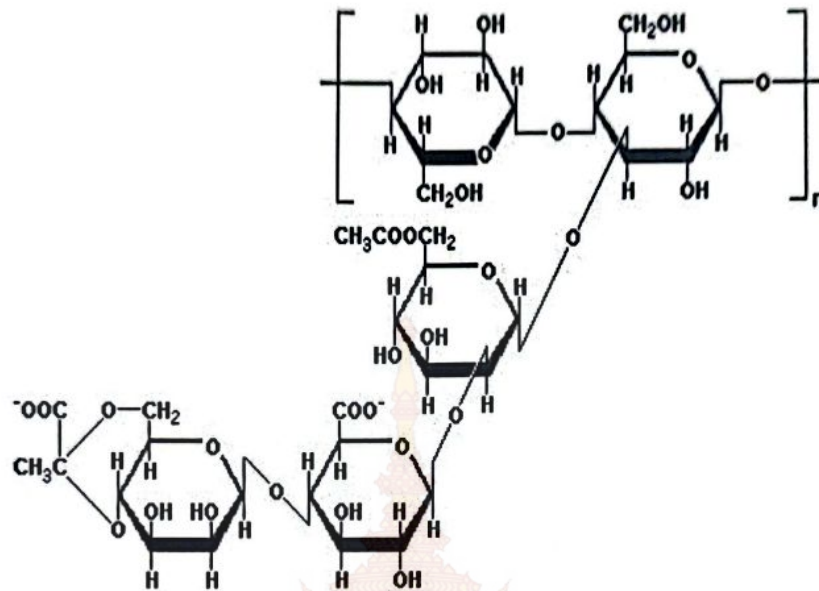
จากโครงสร้างโมเลกุลกลูโคส ซึ่งยึดเกาะกันเป็นสายโมเลกุลเซลลูโลส จะเห็นได้ว่าโมเลกุลกลูโคสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) หมู่ไฮดรอกซิลเหล่านี้สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุล และระหว่างโมเลกุล (intermolecular and intramolecular hydrogen bonds) ของเซลลูโลสด้วยกันเอง หรือกับโมเลกุลมีขั้วอื่นๆ ได้ ดังนั้นเส้นใยธรรมชาติจากพืชทุกชนิด จึงจัดเป็นโมเลกุลชอบน้ำ นอกจากนี้หมู่ไฮดรอกซิลที่สร้างพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลยังมีประโยชน์ต่อการเกิดผลึกภายในเซลลูโลส และมีอิทธิพลต่อสมบัติเชิงกลของเส้นใยด้วย ลักษณะของผลึกเซลลูโลสที่เกิดตามธรรมชาติเป็นรูปแท่ง (slender rod like crystalline microfibrils) หรือรูปเข็ม (monoclinic sphenodic) เซลลูโลสมีความทนทานต่อสารออกซิไดซ์ได้ดี และทนต่อด่างสูงได้ถึงความเข้มข้นของด่างร้อยละ 17.5 โดยน้ำหนัก แต่ถูกไฮโดรไลซ์ (hydrolyzed) ด้วยกรดกลายเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำ (water-soluble sugar) ได้ง่าย

โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อการกำหนดสมบัติของเส้นใย กล่าวคือหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จะเป็นตัวดึงดูดน้ำ ทำให้มีความสามารถในการดูดซับความชื้นได้ดี ลักษณะการเรียงตัวเป็นลูกโซ่ยาว ทำให้มีความแข็งแรงสูงตามไปด้วย ความสม่ำเสมอของเส้นใยและปริมาณของเซลลูโลสในเส้นใยจะส่งผลต่อสมบัติ ความคุ้มค่าคุ้มทุนในการผลิตเส้นใย โดยเส้นใยที่มีปริมาณเซลลูโลสมากจะเหมาะกับการนำไปใช้งานสิ่งทอและกระดาษ

(2) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)

สารกึ่งเซลลูโลส หรือเฮมิเซลลูโลส จะแทรกตัวอยู่ระหว่างเซลลูโลสและลิกนิน ประกอบด้วย น้ำตาล ได้แก่ เฮกโซส (hexoses จำนวน C = 6): กลูโคส (glucose) แมนโนส

(mannose) กาแลกโทส (galactose) และเพนโทส (pentose จำนวน C = 5): ไซโลส (xylose) อะราไบโนส (arabinose) กรดกลูโคโรนิก (glucuronic acid) ในทางเชิงกล เฮมิเซลลูโลสช่วยให้เส้นใยมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โครงสร้างทางเคมีของเฮมิเซลลูโลสแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของเฮมิเซลลูโลส
ที่มา: ((Gajre)Kulkarni et al., 2012)

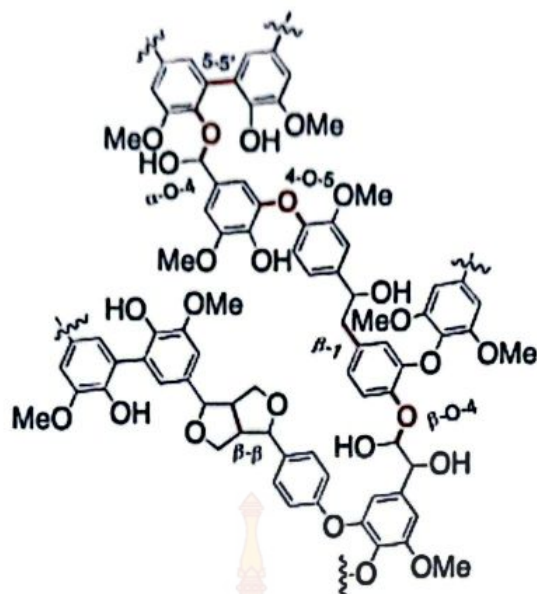
เฮมิเซลลูโลสแตกต่างเซลลูโลส ดังนี้

- เฮมิเซลลูโลสประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลต่างชนิดกันในขณะที่เซลลูโลสมีเฉพาะหน่วยของ 1,4 - β -D-glucopyranose
- เฮมิเซลลูโลสมีโครงสร้างที่เป็นกิ่งในสัดส่วนที่มากพอสมควร จึงมีโครงสร้างอณูฐานในปริมาณที่มากกว่า ในขณะที่เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์สายตรง
- องค์การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของเซลลูโลสสูงกว่าเฮมิเซลลูโลสประมาณ 10-100 เท่า โดยองค์การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของเฮมิเซลลูโลสอยู่ระหว่าง 50-300 เฮมิเซลลูโลสจึงทำหน้าที่เป็นเมทริกซ์ให้กับเส้นใยขนาดไมครอนของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสมีความชอบน้ำสูง ละลายได้ใน่าง และถูกไฮโดรไลซ์ได้ง่ายด้วยกรด

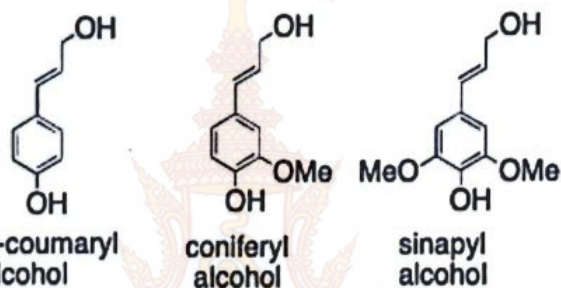
(3) ลิกนิน

ลิกนินเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ เป็นสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ทนต่อการเสื่อมสลายโดยแบคทีเรีย มีโครงสร้างซับซ้อนกว่า เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ลิกนินเป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ที่มีมากรองจากเซลลูโลส ทำหน้าที่เป็นเหมือนกาวที่เชื่อมระหว่างเส้นใยกับผนังเซลล์ ช่วยพยุงโครงสร้างในพืช ช่วยให้เส้นใยมีสมบัติต้านทานต่อแรงกด และป้องกันไม่ให้เส้นใยได้รับผลกระทบจากปฏิกิริยาทางกายภาพและทางเคมี ปริมาณของลิกนินในเส้นใยจะส่งผลต่อโครงสร้าง สมบัติ ความยืดหยุ่น และอัตราการย่อยสลายของเส้นใย รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของลิกนินซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน เป็นโคพอลิเมอร์ ลักษณะสามมิติของส่วนประกอบที่เป็นเส้นตรง และวงอะโรมาติก มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล เมทอกซิล (methoxyl) และคาร์บอนิล (carbonyl) โดยมีหมู่ไฮดรอกซิลและเมทอกซิลอย่างละห้าหมู่ในหนึ่งหน่วยโครงสร้าง ซึ่งเชื่อว่าเป็น อนุพันธ์ (derivatives) 4-hydroxy-3-methoxy phenylpropane ลิกนินจัดเป็นพอลิเมอร์ชนิดเทอร์โมพลาสติก มีค่าอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วประมาณ 90 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิหลอมเหลวประมาณ 170 องศาเซลเซียส (Olesen & Plackett, 1999) ลิกนินไม่ค่อยละลายในตัวทำละลาย และไม่สามารถแตกโครงสร้างเป็นหน่วยของมอนอเมอร์ได้ ลิกนินมีโครงสร้างเป็นอสัณฐานและไม่ชอบน้ำ สารประกอบของลิกนินทำหน้าที่สร้างความแข็งแรงให้กับพืช ลิกนินไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรด แต่ละลายในด่างร้อน ถูกออกซิไดซ์ได้อย่างรวดเร็วด้วยฟีนอล (Mohanty et al., 2005b)

(a)



(b)



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของลิกนิน

ที่มา: (Thakur et al., 2017)

(4) สารแทรก (extractive)

สารแทรก คือสารที่ไม่ใช่องค์ประกอบของโครงสร้างของผนังเซลล์ มีฤทธิ์เป็นกรดหรือเป็นกลาง (แบ่งเป็นสารที่สามารถละลายในน้ำรวมร้อยละ 10.36 ละลายได้ในสารละลายรวมร้อยละ 23.24) เช่น สารไอโซพรีน สารเทอร์พีน สารประกอบเฮตเทอโรไซคลิก กรดเรซิน สารพอลิฟีนอลต่าง ๆ และอัลคาลอยด์ เป็นต้น เป็นสารประกอบที่แสดงถึงสมบัติของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด สารประกอบเหล่านี้จะทำให้พืชแต่ละชนิดมีสี กลิ่น รส และความแข็งแรงที่แตกต่างกัน มีประมาณร้อยละ 5-30 โดยมวล รวมไปถึง สารส่วนน้อย (minor constituent) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ก่อให้เกิดได้แก่ สารประกอบแคลเซียม โพแทสเซียม ฟอสเฟส และซิลิกา เป็นต้น สารส่วนน้อยมีประมาณร้อยละ 0.1-3 โดยมวล (Cherdchim, 2010) การใช้ประโยชน์ของสารแทรกขึ้นกับสมบัติทางเคมีของสารนั้น เช่น สารแทรกพวกเทอร์พีนนำมาใช้เป็นตัวทำละลาย น้ำหอม ยา สบู่ กาว และใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ สารพวกพอลิฟีนอลใช้ในการฟอกหนัง สักเคราะห์กาว ส่วนพวกอัลคาลอยด์ส่วนใหญ่มีประโยชน์ทางเภสัชกรรม

องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยธรรมชาติ มีความหลากหลายขึ้นกับชนิดของเส้นใย โดยเส้นใยธรรมชาติประกอบด้วยพอลิเมอร์หลัก 4 ชนิด คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพกทิน และลิกนิน สัดส่วนขององค์ประกอบเหล่านี้จะส่งผลถึงสมบัติของเส้นใย องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยธรรมชาติชนิดต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณความชื้น และมุมไมโครไฟบริลลา (microfibrillar angle)

Fiber	Cellulose (wt%)	Hemicellulose (wt%)	Lignin (wt%)	Pectin (wt%)	Moisture content (wt%)	Waxes (wt%)	Microfibrillar (wt%)
Flax	71	18.6-20.6	2.2	2.3	8-12	1.7	5-10
Hemp	70-74	17.9-22.4	3.7-5.7	0.9	6.2-12	0.8	2-6.2
Jute	61-71.5	13.6-20.4	12-13	0.2	12.5-13.7	0.5	8
Kenaf	45-57	21.5	8-13	3-5			
Ramie	68.6-76.2	13.1-16.7	0.6-0.7	1.9	7.5-17	0.3	7.5
Nettle	86				11-17		
Sisal	66-78	10-14	10-14	10	10-22	2	10-22
Henequen	77.6	4-8	13.1				
Palf	70-82		5-12.7		11.8		14
Banana	63-64	10	5		10-12		
Abaca	56-63		12-13	1	5-10		
Oil palm EFB	65		19				42
Oil palm mesocarp	60		11				46
Cotton	85-90	5.7		0-1	7.85-8.5	0.6	
Coir	32-43	0.15-0.25	40-45	3-4	8		30-49
Cereal straw	38-45	15-31	12-20	8			

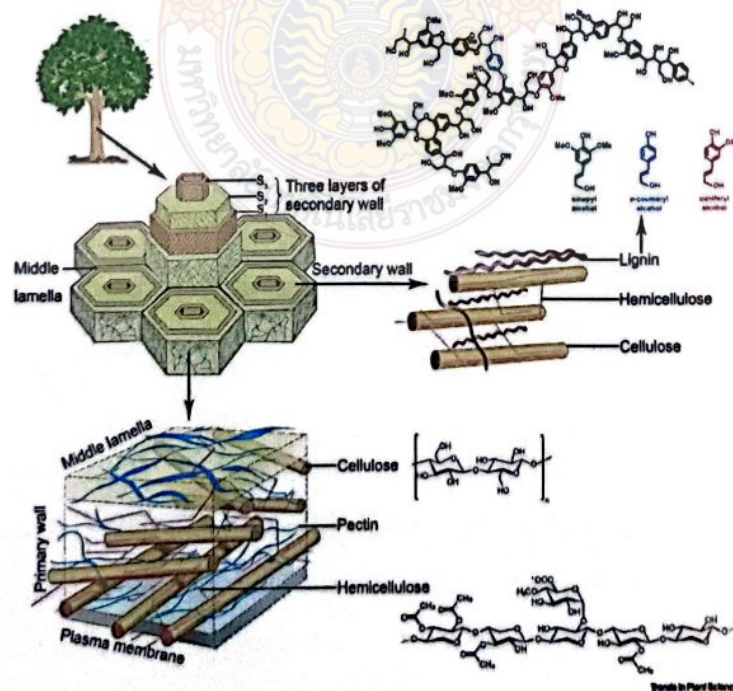
ที่มา: (Mohanty et al., 2005b)

2.1.1.2 โครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติจากพืช

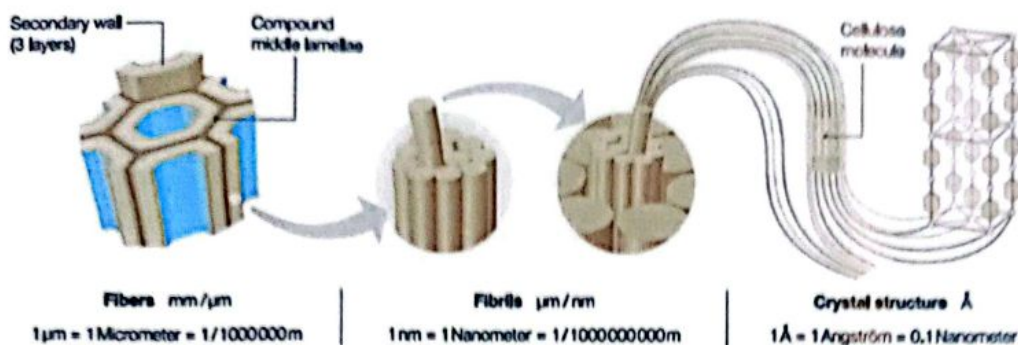
เซลลูโลสเป็นองค์ประกอบที่สามารถพบได้ในเซลล์พืชและแบคทีเรีย สำหรับผนังเซลล์พืช (plant cell wall structure) เช่น ผัก ผลไม้ เมล็ดธัญพืช หรือเส้นใยพืช (vegetable fibers) จะประกอบด้วยโครงสร้างพอลิเมอร์ 3 ชนิดคือ เซลลูโลส (ร้อยละ 30-35) เฮมิเซลลูโลส (ร้อยละ 20-30) และลิกนิน (ร้อยละ 10-20) หรือเรียกว่าลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) (Rezania et

al., 2017)ปริมาณเซลลูโลสในพืชขึ้นกับการเจริญเติบโต ชนิดและสายพันธุ์ของพืช โดยเซลลูโลสมักอยู่ร่วมกับเฮมิเซลลูโลสและเพกทิน เพื่อทำหน้าที่เสริมสร้างโครงสร้างของลำต้นและกิ่งก้านพืชให้มีความแข็งแรงมากขึ้น

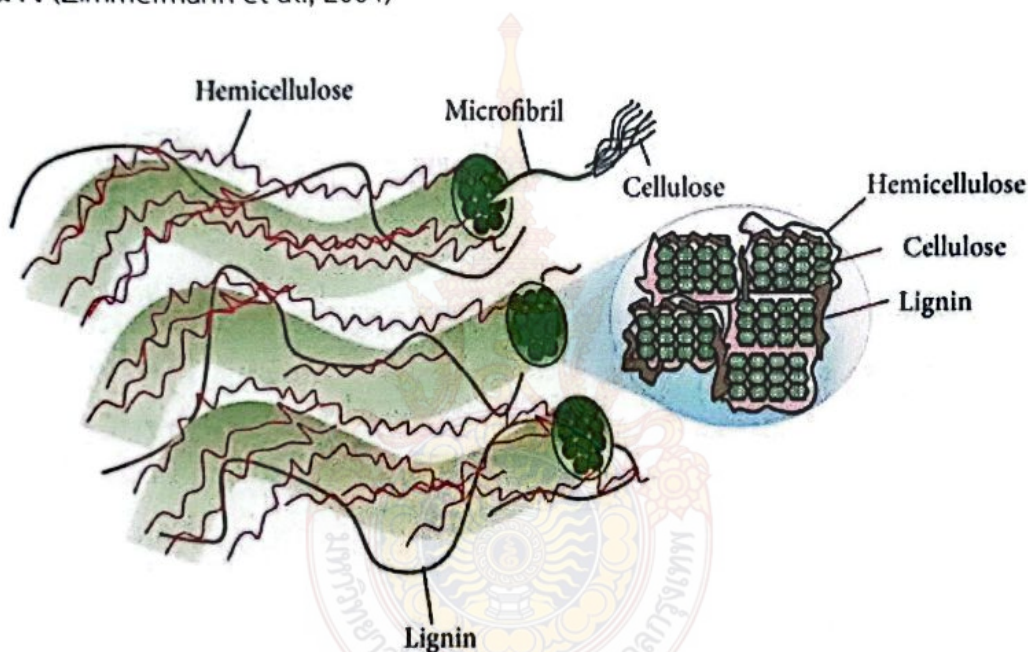
โดยทั่วไปเส้นใยเดียวจากพืชมีความยาวอยู่ในช่วง 1 - 50 ไมโครเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 10 - 50 ไมโครเมตร มีโครงสร้างคล้ายหลอดขนาดเล็กมาก โดยมีท่อลำเลียงน้ำ (lumen) อยู่ตรงกลาง และล้อมรอบด้วยผนังเซลล์ (Tsoumis, 1991) หลาย ๆ ชั้น ซึ่งผนังเซลล์นี้เกิดจากการจัดเรียงตัวของเซลลูโลสที่ผลิตในลักษณะของเส้นใยขนาดไมครอน (microfibrils) ฝังอยู่ในเฮมิเซลลูโลส-ลิกนิน เมทริกซ์ (hemicelluloses-lignin matrix) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 โดยเส้นใยขนาดไมครอนดังกล่าวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 10 - 30 นาโนเมตร และประกอบด้วยเซลลูโลสประมาณ 30-100 โมเลกุล มีลักษณะเหยียดตรง (extended chain conformation) จึงเป็นส่วนที่ให้ความแข็งแรงแก่เส้นใย รูปที่ 2.6 แสดงการจัดเรียงตัวของเส้นใย (fibrils) เส้นใยขนาดไมครอน และเซลลูโลส ในผนังเซลล์ของเส้นใยจากพืช โมเลกุลของเฮมิเซลลูโลสในผนังเซลล์จะสร้างพันธะไฮโดรเจนกับเซลลูโลส เสมือนเป็นวัสดุเชื่อมประสานระหว่างเส้นใยขนาดไมครอน กลายเป็นร่างแหเซลลูโลส/เฮมิเซลลูโลส ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในโครงสร้างของเส้นใย ส่วนลิกนินซึ่งเป็นโมเลกุลที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) จะทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมประสานเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับเซลลูโลส/เฮมิเซลลูโลส คอมพอสิต (รูปที่ 2.7)



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติจากพืช
ที่มา: (Zhao et al., 2019)



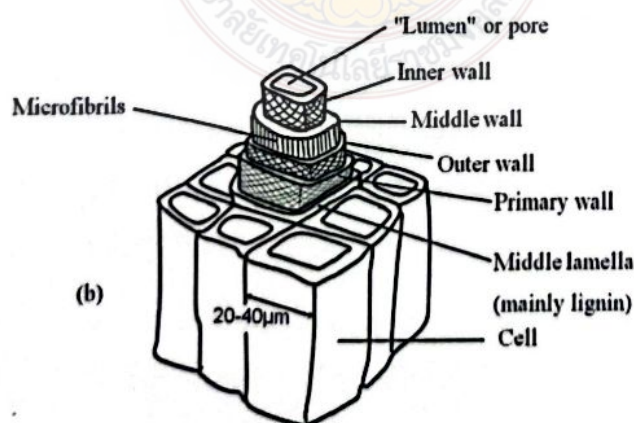
รูปที่ 2.6 การจัดเรียงตัวของเส้นใยขนาดไมครอน และเซลลูโลสในผนังเซลล์ของเส้นใยจากพืช
ที่มา : (Zimmermann et al., 2004)



รูปที่ 2.7 การฝังตัวของเซลลูโลสในเฮมิเซลลูโลส-ลิกนิน เมทริกซ์
ที่มา : (Lee et al., 2014)

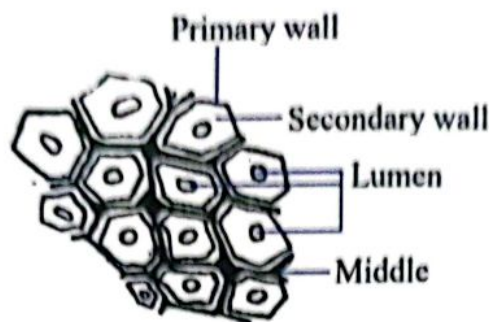
ผนังเซลล์แบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งเรียกว่าผนังเซลล์ปฐมภูมิ (primary cell wall) ประกอบด้วยร่างแหที่มีรูปแบบไม่ค่อยแน่นอน (irregular network) ของเส้นใยเซลลูโลสขนาดไมครอนจัดเรียงตัวกันแน่น อีกส่วนเรียกว่าผนังเซลล์ทุติยภูมิ (secondary cell wall) ประกอบด้วยผนังสามชั้น ได้แก่ S1 (ชั้นนอก) S2 (ชั้นกลาง) และ S3 (ชั้นใน) ดังรูปที่ 2.5 ซึ่ง S2 เป็นชั้นที่หนาที่สุดและเป็นชั้นที่ส่งผลต่อความแข็งแรงเชิงกล (Tsoumis, 1991) ผนังเซลล์เหล่านี้มีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน เช่นอัตราส่วนระหว่างลิกนิน/เฮมิเซลลูโลส และการจัดเรียงตัวหรือมุมใน

การบิดเกลียวเส้นใยเซลลูโลสขนาดไมครอน (spiral angle) เป็นต้น (Rong et al., 2001) เป็นต้นสมบัติเชิงกลของเส้นใยขึ้นอยู่กับปริมาณเซลลูโลส มุมในการบิดเกลียวเส้นใยเซลลูโลสขนาดไมครอน และองศาของการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (degree of polymerization) ซึ่งแตกต่างกันในส่วนต่าง ๆ ของพืช โดยทั่วไปเส้นใยที่มีปริมาณเซลลูโลสสูง องศาของการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันสูง และมุมในการบิดเกลียวต่ำ จะมีค่าความทนต่อแรงดึงและมอดุลัสสูง เส้นใยเซลลูโลสประกอบด้วยส่วนที่เป็นอสัณฐาน และส่วนที่เป็นผลึกที่มีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มา และชนิดของพืช เส้นใยจากฝ้าย ปอ (flax) ป่าน (ramie) ไซซาล (sisal) และกล้วย มีความเป็นผลึกสูง (ร้อยละ 65-70) การกำจัดส่วนที่เป็นอสัณฐานออกจากเส้นใยช่วยให้เส้นใยมีความเป็นผลึกสูงขึ้นและอาจสูงมากถึงร้อยละ 100 (Rong et al., 2001) ในโครงสร้างของเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้ทั่วทั้งโครงสร้างของเส้นใย ซึ่งปริมาณของน้ำที่ถูกดูดซับขึ้นกับระดับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความบริสุทธิ์ของเซลลูโลส และองศาความเป็นผลึก และหมู่ไฮดรอกซิลทุกหมู่ที่อยู่ในส่วนที่เป็นอสัณฐานสามารถดูดซับกับโมเลกุลของน้ำได้ ในขณะที่ในส่วนที่เป็นผลึก โมเลกุลของน้ำถูกดูดซับไว้โดยหมู่ไฮดรอกซิลที่ผิวหน้าของเฟสเท่านั้น เมื่อพิจารณาโครงสร้างโดยรวมของเส้นใยธรรมชาติ พบว่าประกอบด้วยหลายเซลล์ติดต่อกันในลักษณะรวงผึ้งทรงกระบอก มีขนาด รูปร่าง และการจัดเรียงตัวแตกต่างกัน ตามชนิดของเส้นใย เซลล์เหล่านี้เชื่อมต่อกันด้วยสารช่วยประสาน เช่น ลิกนิน เป็นต้น แต่ละเซลล์ประกอบด้วยผนังเซลล์สองชั้น และช่องว่างตรงกลางเซลล์หรือลูเมน (รูปที่ 2.5 – 2.7) ดังได้กล่าวแล้วข้างต้น รูปที่ 2.8 แสดงการจัดเรียงตัวของเส้นใยขนาดไมครอนที่มีการบิดเป็นเกลียวทำมุมกับแกนของเส้นใย ดังนั้นผลึกของเซลลูโลสในเส้นใยจึงมีลักษณะบิดเป็นเกลียวด้วยมุมและระยะห่างที่แตกต่างกันไปตามชนิดของเส้นใย (Bledzki & Gassan, 1999)



รูปที่ 2.8 โครงสร้างภายในของเส้นใยธรรมชาติ

ที่มา : (Sukumaran et al., 2001)



รูปที่ 2.9 ภาพตัดขวางของเส้นใย
ที่มา : (Majumdar, 1956)

2.1.2 สมบัติของเส้นใยที่นำมาเป็นเส้นใยสิ่งทอ

การนำเส้นใยมาเตรียมเป็นเส้นด้าย เพื่อนำไปใช้ในงานสิ่งทอ ทั้งการทอและการถัก สมบัติของเส้นใยที่ต้องพิจารณามีดังต่อไปนี้

(1) อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความหนา ต้องมีอัตราส่วนไม่น้อยกว่า 100:1 เส้นใยต้องมีความยาวเพียงพอที่จะปั่นเส้นด้ายได้ เส้นใยธรรมชาติจะมีเส้นใยค่อนข้างแตกต่างกันในด้านความยาว ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของเส้นใย เส้นใยสั้นได้แก่ ฝ้าย ส่วนเส้นใยยาว ได้แก่ ป่าน ปอ กล้วยง

(2) ความละเอียดของเส้นใย (fiber finesse) ขนาดของเส้นใยมีความสำคัญต่อการใช้งานผิวสัมผัส เส้นใยหยาบทำให้ผ้ามีลักษณะกระด้าง เส้นใยละเอียดทำให้ผ้ามีความอ่อนนุ่ม ผิวสัมผัสดี ทั้งตัวดี

(3) ความแข็งแรงของเส้นใย (fiber strength) เส้นใยที่สามารถนำมาใช้งานได้ต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะนำไปปั่นเป็นเส้นด้าย และทอเป็นผืนผ้าได้โดยไม่ขาดจากกัน ความแข็งแรงของเส้นใยหาได้จากการวัดปริมาณแรงดึงคงที่ ที่ทำให้เส้นใยขาดจากกัน ความแข็งแรงหรือความทนต่อแรงดึง ณ จุดขาด (tenacity) เป็นตัววัดความต้านทานต่อแรงซึ่งมีค่าคงที่ ระยะยืดออก ณ จุดขาด เป็นการบอกถึงความสามารถที่เส้นใยถูกยืดออกก่อนขาด

(4) ความสามารถในการปั่นเป็นเส้นด้าย (spinnability) เป็นความสามารถของเส้นใยในการเกาะเกี่ยวซึ่งกันและกันในรูปของเส้นด้าย เป็นสมบัติที่ขึ้นกับโครงสร้างผิวและโครงสร้างภายในของเส้นใย เช่นการบิดของเกลียวฝ้าย การบิดของเส้นใยขนสัตว์ และการหยิกงอที่สร้างขึ้นของเส้นใยประดิษฐ์

(5) ความสม่ำเสมอ (uniformity) เส้นใยธรรมชาติทุกชนิดจะมีความสม่ำเสมอไม่ดี เนื่องจากการได้รับอาหาร อากาศ และสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในระหว่างการเจริญเติบโต ความสม่ำเสมอที่ดีจะช่วยให้การควบคุมการผลิตเส้นด้ายทำได้ง่าย และได้ขนาดตามต้องการ

(6) ความหยิกของเส้นใย (fiber crimp) ช่วยให้เส้นใยมีการเกาะเกี่ยวกันแน่นเมื่อปั่นเป็นเส้นด้าย ช่วยให้มีความสามารถในการคืนตัวสูง ทนทานต่อการขูด ขีด เบาและอบอุ่น ทั้งยังเพิ่มความสามารถในการดูดซึมน้ำ ช่วยให้สบายเมื่อสัมผัสผิว

(7) ความสามารถในการดัดงอได้ (flexibility) สมบัติของเส้นใยที่ยอมให้งอได้ไม่แตกหัก แม้ผ่านการดัดงอหลายครั้งแล้วก็ตาม เป็นคุณภาพของเส้นใยที่ส่งผลต่อความทนทานของเสื้อผ้า เป็นตัวบ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ในการทำจีบถาวร และการทิ้งตัวของผ้า

(8) รูปร่างตัดตามขวางของเส้นใย (cross section shape) รูปร่างที่แตกต่างกันมีความสำคัญต่อความมัน ความฟู ความละเอียดอ่อน ผิวสัมผัส รูปร่างของเส้นใยธรรมชาติจะมีเอกลักษณ์เฉพาะของเส้นใย ส่วนเส้นใยสังเคราะห์สามารถกำหนดและควบคุมได้ในกระบวนการผลิต

(9) ความหนาแน่น (density) หมายถึงมวลต่อหน่วยปริมาตรของวัตถุ เส้นใยสิ่งทอเกือบทุกชนิดมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ยกเว้นเส้นใยประดิษฐ์ในกลุ่มของโอเลฟินส์ที่ลอยน้ำได้ ความหนาแน่นเป็นสมบัติที่มีความสำคัญต่อผ้า เส้นใยที่มีความหนาแน่นต่ำจะมีความสามารถในการคืนตัวกลับดี และทำให้ผ้ามีน้ำหนักเบา

(10) ความมัน (luster) คือปริมาณของแสงที่สะท้อนออกจากผิวเส้นใยสู่สายตาผู้มอง วัดได้จากระดับของความสว่าง หรือความทึบ

(11) ความสามารถในการดูดซึมน้ำ (moisture regain) โดยธรรมชาติเส้นใยสิ่งทอจะเป็นวัสดุที่ดูดซึมความชื้นได้ดี ขณะเดียวกันก็สามารถระบายเหงื่อออกสู่อากาศได้ดีด้วย ทำให้สวมใส่สบาย ส่วนเส้นใยที่ไม่ชอบน้ำได้แก่เส้นใยสังเคราะห์

(12) ความยืดหยุ่น (elasticity) เป็นสมบัติของเส้นใยที่สามารถยืดออกและคืนกลับขนาดเดิมภายหลังที่ได้รับแรงดึงยืด เส้นใยแต่ละชนิดจะมีความยืดหยุ่นที่แตกต่างกัน เส้นใยสแปนเดกซ์จะมีสมบัติการยืดตัวและการคืนตัวดีมาก นิยมใช้ในการทำชุดกีฬา ชุดชั้นใน ถุงน่อง

(13) การคืนตัวจากแรงอัดและความสามารถในการรับแรงอัด (resiliency and compressibility) เส้นใยที่มีความอ่อนนุ่มมากจะมีความสามารถในการรับแรงอัดได้ดี เส้นใยที่แข็งแรงจะมีความสามารถในการรับแรงอัดต่ำ ภายหลังจากการรับแรงอัดเส้นใยจะมีการคืนตัว ซึ่งเป็น

สมบัติที่สำคัญ โดยเฉพาะกับการใช้งานเส้นใยในการทำหมอน เมื่อมีการกดทับจากการนอนเมื่อลุกขึ้น เส้นใยจะกลับคืนสภาพเดิมก่อนใช้งาน

2.1.3 เส้นใยจากสับประรด

เส้นใยสับประรดจัดเป็นเส้นใยลิกโนเซลลูโลส มีโครงสร้างคล้ายริบบิ้นเชื่อมติดกันด้วย ลิกนิน ซึ่งทำให้เส้นใยมีความแข็งแรง (George et al., 1998) สมบัติเชิงกลของตัวอย่างเส้นใย สับประรดจากอินเดียได้แสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของเส้นใยสับประรดจากอินเดียได้

สมบัติทางกายภาพและเชิงกล		
ความหนาแน่น	(กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	1.526
Softening point	(องศาเซลเซียส)	104
ความแข็งแรง	(เมกะปาสกาล)	170
Yong's modulus	(เมกะปาสกาล)	6260
specific modulus	(เมกะปาสกาล)	4070
Elongation at break	(เปอร์เซ็นต์)	3
Moisture regain	(เปอร์เซ็นต์)	12

ที่มา : (Devi et al., 1997; George et al., 1996, 1998)

โครงสร้างทางเคมีและองค์ประกอบของเส้นใยจากใบสับประรด จากผลการศึกษาของ นักวิจัยหลายกลุ่ม พบว่าเส้นใยสับประรดมีองค์ประกอบส่วนใหญ่คือเซลลูโลส ตารางที่ 2.5 แสดง องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยจากใบสับประรดจากหลายที่มา ซึ่งสรุปได้ว่ามีองค์ประกอบที่เป็น เซลลูโลสอยู่ในช่วงร้อยละ 67.12 – 82.00 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 9.45 – 18.80 ฮอลเซลลูโลส (holocellulose) ร้อยละ 80.00 – 87.56 ลิกนินร้อยละ 4.4 – 15.4 เพคติน (pectin) ร้อยละ 1.2 – 3.0 ไขมันและแว็กซ์ร้อยละ 3.2 – 4.2 และเถ้าร้อยละ 0.9 – 2.7 ปริมาณองค์ประกอบเหล่านี้ แตกต่างกันไปตามแหล่งที่มา อายุ สภาพอากาศ และวิธีการสกัด หน่วยที่เล็กที่สุดในโครงสร้างของ เส้นใยสับประรดคือแอนไฮโดร-ดีกลูโคสโคพิราโนส (Anhydro-D-glucoseopyranose) ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลสามหมู่ (Bledzki & Gassan, 1999) ทำหน้าที่สร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างและภายใน โมเลกุล (Intramolecular and intermolecular hydrogen bonds) ของแอนไฮโดร-ดี-กลูโคสโค

พิจารณาตนเอง หรือกับความชื้นในอากาศ เส้นใยสับปะรดจึงมีสมบัติชอบน้ำ และสมบัตินี้เองที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของคอมโพสิตที่เสริมแรงด้วยเส้นใยสับปะรด

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยจากใบสับปะรด

องค์ประกอบทางเคมี (%)	รายงานผลการทดลอง						
	Bhaduri et al. (1983)	Mohanty et al. (2000)	Abdul Khalil et al. (2006)	Saha et al. (1990)	Rowell and Han (2000)	Munirah et al. (2007)	Siregar et al. (2008)
เซลลูโลส	69.5	70-82	73.4	68.5	80-81	78.11	67.12-69.34
เฮมิเซลลูโลส	-	-	-	18.80	16-19	9.45	-
ฮาโลเซลลูโลส	-	-	80.5	-	-	87.56	82.3-85.5
ลิกนิน	4.4	5-12.7	10.5	6.04	4.6-1.2	4.78	14.5-15.4
เพกทิน	1.2	-	-	1.10	2-3	-	-
ไขมัน และแว็กซ์	4.2	-	-	3.2	-	-	-
เถ้า	2.7	-	2	0.9	-	-	1.21
สารสกัด	-	-	5.5	-	-	-	3.83-0.97

2.1.4 สมบัติของเส้นใยจากใบสับปะรด

เส้นใยสับปะรดมีค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) อยู่ในช่วง 170–1,627 (เมกะปาสกาล) ค่ามอดุลัสแรงดึง (Tensile modulus) อยู่ในช่วง 6.26 to 82.5 (จิกะปาสกาล) และค่าระยะยืด ณ จุดขาดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.8 – 3.37 ซึ่งเป็นผลจากปริมาณเซลลูโลสที่สูงและมุมในการบิดเกลียวที่ต่ำถึง 14° (Mohanty et al., 2005a) อย่างไรก็ตามขณะเปียกค่าความแข็งแรง (Wet bundle strength) ลดลงถึงร้อยละ 50

ตารางที่ 2.6 สมบัติเชิงกลของเส้นใยสับปะรด

Mechanical and physical properties	Mohanty et al. (2000)	George et al. (1993)	Luo and Netravali (1995)	Arib et al. (2006)	Mohamed et al. (2009)
- Tensile strength (MPa เมกะปาสกาล)	413-1,623	170	445	126.6	293.08
- Young's modulus (GPa จิกะปาสกาล)	34.5-82.5	6.26	13.21	4.405	18.934
- Elongation at break (% เปอร์เซนต์)	1.6	0.8-1.6	3.37	2.2	1.41
- เส้นผ่านศูนย์กลาง (μm ไมโครเมตร)	20-80	5-30	-	-	105-300
- ความหนาแน่น (g cm^{-3} กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	-	1.44	1.36	1.07	-
- ปริมาณความชื้น (% เปอร์เซนต์)	11.8	-	-	-	-
- Microfibrillar angle ($^{\circ}\text{C}$ องศาเซลเซียส)	14	12	-	-	-

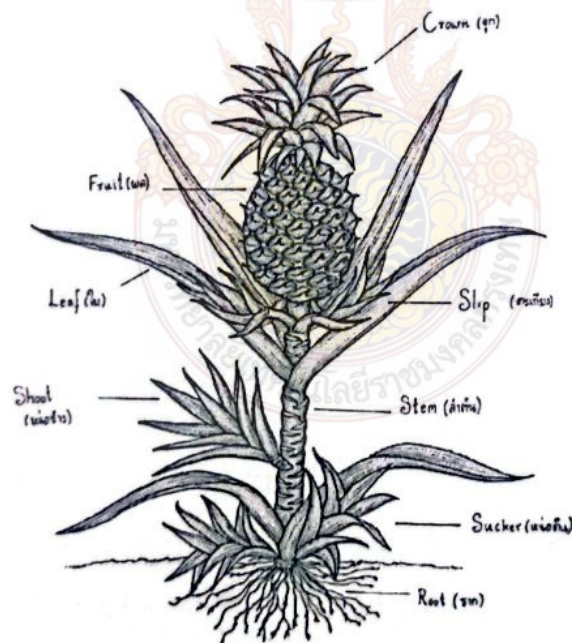
2.1.5 ลักษณะทั่วไปของสับปะรด

ชื่อสามัญ	Pineapple
ชื่อวิทยาศาสตร์	Ananas comosus (L.) Merr. Ananas sativus Schult.f.
ชื่อวงศ์	Bromeliaceae
ชื่อพื้นเมือง	สับปะรด (ภาคกลาง) สับปะรดลาย (กรุงเทพฯ) มะขะนัด มะนัด (ภาคเหนือ) บ่อนัด (เชียงใหม่) เนะชะ (กะเหรี่ยง - ตาก) เนะ (กะเหรี่ยง - แม่ฮ่องสอน) หมาเก็ง (เงี้ยว - แม่ฮ่องสอน) ขนุนทอง ยานัด ย่านนัด (ภาคใต้) ม้าเนื้อ (เขมร)
ถิ่นกำเนิด	นักพฤกษศาสตร์ระบุว่าสับปะรดมีต้นกำเนิดจากสับปะรดป่าชนิด <i>Ananas ananassoides</i> (Baker) L.B.Sm. ที่พบในอเมริกากลางและอเมริกาใต้ ได้นำมาปลูกโดยชาวอินเดียนพื้นเมือง (Tupi-

Guarani Indians) ในอเมริกาใต้ที่อพยพขึ้นไปทางตอนเหนือและ
อเมริกากลางหรืออาจมีถิ่นกำเนิดจากแถบลุ่มน้ำ Parana-
Paraguay ที่พบพันธุ์สับปะรดป่าหลายชนิด และแพร่กระจายไปใน
เขตร้อนตั้งแต่ช่วงศตวรรษที่ 16

(1) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์:

เป็นพืชล้มลุก ลำต้นสูงประมาณ 80-100 เซนติเมตร ลักษณะของลำต้นจะแตก
เป็นกอใหญ่ที่ไม่มีกิ่งก้าน แต่มีเพียงกาบใบที่ห่อหุ้มลำต้นไว้ มีปล้องสั้น ๆ และออกหน่อใหม่ด้านข้าง
ใบเป็นใบเรียงแบบบันไดเวียนอย่างหนาแน่นอยู่ตามลำต้น ลักษณะใบเป็นแผ่นเรียวกว้าง หน่อใบแข็ง
ปลายใบเรียวแหลม ขอบใบมีหนามเล็กน้อยใกล้กับปลายใบและโคนใบ หน้าใบเรียบสีเขียวเข้ม ท้อง
ใบมีสีเขียวปนน้ำตาลเงิน ไม่มีก้านใบ ออกดอกเป็นช่อใหญ่ที่ยอดโผล่มาจากกลางกอ มีดอกหนาแน่น
ส่วนผลเกิดจากช่อดอกทั้งช่อเจริญร่วมกัน มีลักษณะรูปร่างไข่มุกเกือบกลม โคนกว้างกว่าปลาย และ
มีใบเป็นกระจุกที่ปลายของผล



รูปที่ 2.10 ลักษณะของต้นสับปะรด

ที่มา : (ราชันย์ ภูมา, 2561)

(2) การขยายพันธุ์

เนื่องจากสับปะรดไม่มีเมล็ด การขยายพันธุ์จึงต้องใช้หน่อ ซึ่งแยกเป็นหน่อที่โคนผล หรือตะเกียง (slips) ซึ่งเกิดจากผลที่ไม่เจริญ หน่อด้านข้าง (stem shoot) และหน่อที่พื้นดิน (suckers) ส่วนจุก (crown) ที่ปลายผลไม่นิยมนำไปขยายพันธุ์ เนื่องจากใช้เวลานานกว่า 2 ปี จึงจะผลิตผล สับปะรดปลุกง่าย ทนความแห้งแล้ง แต่อาจมีผลเสียต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื่องจากต้องใช้ปุ๋ยและสารเคมีในการกำจัดวัชพืชในปริมาณสูง สายพันธุ์สับปะรดปลูกทั่วโลกมีกว่า 30 สายพันธุ์ แยกเป็น 4-5 กลุ่ม (classes) คือ 'Smooth Cayenne', 'Red Spanish', 'Queen', 'Pemambuco' (Abacaxi), และอาจแยกเป็นกลุ่ม 'Motilona' หรือ 'Perolera' ในประเทศไทย สันนิษฐานว่าสับปะรดได้นำเข้ามาในสมัยสมเด็จพระนารายณ์ โดยชาวโปรตุเกส เป็นกลุ่มสายพันธุ์ 'Red Spanish' คือพันธุ์อินทรีขีด ในปัจจุบันมีปลูก 3 กลุ่มสายพันธุ์ คือ 'Smooth cayenne' ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย หรือสับปะรดศรีราชา พันธุ์น้ำผึ้ง และพันธุ์นางแล กลุ่มสายพันธุ์ 'Queen' ได้แก่ พันธุ์ภูเก็ต ตราดสีทอง และกลุ่มสายพันธุ์ 'Red Spanish' ทั้งอินทรีขีดแดงและอินทรีขีดขาว ซึ่งพันธุ์ปัตตาเวียนิยมปลูกสำหรับป้อนโรงงานสับปะรดกระป๋อง ส่วนพันธุ์อื่น ๆ นิยมปลูกสำหรับบริโภค และมีการพัฒนาได้พันธุ์ใหม่ ๆ อยู่เสมอ เช่น พันธุ์หอมสุวรรณ โดยกลุ่มธุรกิจอาหารทิปโก้ และพันธุ์เพชรบุรี หรือสับปะรดฉีกตา โดยศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร และสถานีทดลองพืชสวนเพชรบุรี ที่เกาะตาด้วยมีรับประทานผลสดได้ทันที เป็นต้น

(3) การใช้ประโยชน์

สับปะรดเป็นไม้เศรษฐกิจในเขตร้อนที่สำคัญรองจากกล้วยและส้ม ประเทศที่มีการปลูกสับปะรดมาก ได้แก่ ไทย ฟิลิปปินส์ บราซิล จีน อินเดีย ไนจีเรีย เคนยา ไวออริโคสต์ เม็กซิโก คอสตาริกา และฮาวาย ส่วนมากนำไปแปรรูปเป็นผลไม้กระป๋อง น้ำผลไม้ แยม หรือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ อุดมด้วยวิตามินเอ ซี บี1 บี6 โพแทสเซียม และมีกากใยสูง มีเอนไซม์ 'bromelain' ที่มีคุณสมบัติสลายโปรตีน มีสรรพคุณลดการอักเสบต่าง ๆ ยับยั้งเซลล์มะเร็ง การรับประทานผลดิบหรือผลสุกมากเกินไปอาจทำให้เกิดการระคายเคืองหรือกัดปากได้ สารสกัดจากสับปะรดยังใช้หมักเนื้อให้นุ่ม เส้นใยจากลำต้นและใบคล้ายไหม ใช้ดักเป็นผ้าใยสับปะรดในฟิลิปปินส์ และทำกระดาษสำหรับงานหัตถกรรมพื้นบ้าน เศษที่เหลือจากอุตสาหกรรมใช้เลี้ยงสัตว์ แต่มีคุณค่าทางอาหารต่ำ ชาวพื้นเมืองในอเมริกาใต้ใช้สับปะรดเป็นยาฆ่าพยาธิ แก่ปวดท้อง ช่วยให้ประจำเดือนมาปกติ ในปัจจุบันมีการนำสับปะรดมาประกอบเป็นอาหารคาวหวานหลากชนิด บางครั้งพบเป็นไม้ประดับก็มี

ตารางที่ 2.7 สัดส่วนของส่วนประกอบของต้นสับปะรด

ส่วนของสับปะรด	ร้อยละ
น้ำหนักผล	37.35
ใบ	38.78
จุก	7.77
ต้น	12.86
ก้านผล	3.08
หน่อ	0.18

2.2 ข้อมูลสถานการณ์ของเส้นใยธรรมชาติ

ปัจจุบันสิ่งทออินทรีย์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความสนใจจากผู้บริโภค และมีแนวโน้มความต้องการทางการตลาดที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากการวิเคราะห์ข้อมูลของ Organic Exchange ที่ได้ระบุว่ามูลค่าการตลาดของผลิตภัณฑ์สิ่งทออินทรีย์ในปี พ.ศ. 2552 มีมูลค่าสูงถึง 4,300 ล้านดอลลาร์สหรัฐ โดยมีบริษัทเอกชนจำนวน 1,500 บริษัท จาก 55 ประเทศทั่วโลก ที่ขอรับรองมาตรฐานสิ่งทอ และเส้นใยอินทรีย์ โดยจำนวนบริษัทที่ขอรับรองมาตรฐานนี้มีจำนวนเพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาถึงร้อยละ 40 (วุฒิ บุญญานพคุณ, 2010) ปัจจุบันมาตรฐาน Global Organic Textile Standard หรือ GOTS ที่ดำเนินการโดย IWG (international working group on global organic textile standard) เป็นมาตรฐานสิ่งทออินทรีย์ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในระดับสากล เป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของพืชหรือการจัดการขนสัตว์ทั้งหมด จนกระทั่งไปถึงร้านค้าปลีกที่จำหน่ายสิ่งทออินทรีย์ โดยเงื่อนไขสำคัญในการขอรับรองมาตรฐานดังกล่าว คือ ผลิตภัณฑ์จะต้องไม่มีส่วนผสมของกระบวนการดัดแปลงทางพันธุกรรมไม่ว่าจะเป็นในขั้นตอนใดของกระบวนการผลิต การห้ามใช้สารโลหะหนักอันตรายบางตัว และสารฟอร์มาลดีไฮด์ในกระบวนการฟอกย้อม ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้เส้นใยซึ่งผ่านมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ หรืออยู่ระหว่างระยะปรับเปลี่ยนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของปริมาณเส้นใยทั้งหมด สามารถติดฉลาก “organic” หรือ “organic - in conversion” บนผลิตภัณฑ์ได้ ในขณะที่หากมีการใช้เส้นใยซึ่งผ่านมาตรฐานเกษตรอินทรีย์หรืออยู่ระหว่างระยะปรับเปลี่ยนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของปริมาณเส้นใยทั้งหมด จะสามารถติดฉลากว่า “made with x% organic materials” หรือ “made with x% organic - in conversion materials” บนผลิตภัณฑ์ได้

ปัจจุบันเส้นใยสังเคราะห์ มีบทบาทในอุตสาหกรรมสิ่งทอมากขึ้น ทำให้สัดส่วนการผลิตเส้นใยเซลลูโลสมีสัดส่วนที่ลดลง โดยในปี พ.ศ. 2553 ปริมาณการผลิตเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยประดิษฐ์ (เส้นใยสังเคราะห์และเส้นใยกึ่งสังเคราะห์) มีจำนวนรวม 80.8 ล้านตัน ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.6 หรือ 6.4 ล้านตันจากปี พ.ศ. 2552 ปริมาณการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ในปี พ.ศ. 2553 คิดเป็นร้อยละ 56 ของปริมาณการผลิตเส้นใยทั้งหมด หรือประมาณ 45.25 ล้านตัน ปริมาณการผลิตเส้นใยธรรมชาติ คิดเป็นร้อยละ 39 หรือประมาณ 31.51 ล้านตัน และ ปริมาณการผลิตเส้นใยกึ่งสังเคราะห์เซลลูโลส ร้อยละ 5 หรือประมาณ 4.04 ล้านตัน และในการผลิตเส้นใยธรรมชาติทั้งหมด จะเป็นการผลิตเส้นใยฝ้ายร้อยละ 80 หรือประมาณ 25.21 ล้านตัน (อุษา แสงวัฒนาโรจน์, 2011) แต่เนื่องจากฝ้ายมีความอ่อนแอต่อแมลงศัตรูพืชหลายประเภท เช่น หนอนตายยาสูบ หนอนเจาะสมอฝ้าย และหนอนเจาะสมอ絲ชมพู ทำให้ต้องมีการฉีดพ่นสารเคมีจำนวนมาก เพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืช ดังนั้นการปลูกฝ้ายในปัจจุบันจึงหันมาใช้ในการปลูกโดยวิธีตัดแปลงพันธุกรรม โดยใช้ยีนของแบคทีเรีย (*Bacillus thuringiensis* var. *kurataki*, B.t.k) เข้าไปในโครโมโซมของต้นฝ้าย ทำให้สามารถผลิตโปรตีน Cry 1A ซึ่งมีสมบัติในการฆ่าหนอนที่เป็นศัตรูฝ้ายได้ จากแนวโน้มกระแสรักโลก และความตื่นตัวในการใช้วัสดุธรรมชาติ ปลอดภัยมีมากขึ้น ทำให้ผู้บริโภคหันมานิยมสินค้าอินทรีย์กันมากขึ้นเส้นใยอินทรีย์จึงเป็นหนึ่งในวัตถุดิบที่สามารถนำมาผลิตเป็นสินค้าได้หลากหลาย กล่าวได้ว่าสิ่งทออินทรีย์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความสนใจจากผู้บริโภค และมีแนวโน้มความต้องการทางการตลาดที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ปัจจุบันจึงมีการนำเส้นใยเซลลูโลสจากพืชชนิดอื่นๆ เพื่อมาผลิตเป็นเส้นใยอินทรีย์ ตัวอย่างเช่น เส้นใยจากสับปะรด โดยได้มีการศึกษาการใช้ประโยชน์ของเส้นใยสับปะรดปั่นผสมกับเส้นใยอื่น เช่น ฝ้าย พอลิเอสเทอร์ โดยสามารถผลิตเส้นด้ายสับปะรดผสมฝ้ายในอัตราส่วน 80/20 70/30 และ 35/65 (อัจฉราพร, 2525; Doraiswamy and Chellamani, 1993; Yuanming and Chongwen, 2001) การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผืนผ้าเส้นใยสับปะรด (ชุติมา หวังเบญจมาต & ธนากร พงษ์รัตนนภา, 2562) การผลิตบรรจุภัณฑ์ (ลดาภาศ เบญจมา et al., 2559) การผลิตกระดาษ (Aremu, M. O. et al., 2015; Asim et al., 2015; Yusof et al., 2011) และการผลิตคอมพอสิต (Asim et al., 2015; Leao et al., 2010)

2.3 การแยกเส้นใยธรรมชาติ

ในระดับโครงสร้างของเส้นใย พบว่าที่ผิวของเส้นใยจะมีสารเคลือบ เช่น เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และเพกทิน ห่อหุ้มอยู่ภายนอก ซึ่งมีไว้ปกป้องเซลล์ulosด้านใน ในการแยกเส้นใยนั้น ไม่ว่าจะเป็นเส้นใยพืชชนิดใด ควรเลือกวิธีการแยกเส้นใยให้เหมาะสมกับพืชชนิดนั้น ๆ

2.3.1 กระบวนการทางเชิงกล

กระบวนการทางเชิงกล (mechanical refining) หมายถึง การใช้แรงหรือกระบวนการทางกายภาพกับเส้นใยพืชโดยตรง เพื่อลดขนาดของกลุ่มเซลลูโลส เป็นวิธีการทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กกลง ทำได้หลายวิธี ได้แก่ การทุบ การบด การโม่ และการเขย่าวัตถุดิบ มีผลทำให้ผลึกของเซลลูโลส (cellulose crystallinity) ลดลง และเพิ่มพื้นที่ผิวในการเกิดปฏิกิริยาให้มากขึ้น ความสามารถในการลดขนาดจะขึ้นอยู่กับขนาดสุดท้ายของวัสดุและสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุนั้น โดยปกติเส้นใยที่ได้จะมีความยาวของเส้นใยประมาณ 0.2 - 2 มิลลิเมตร (Sun & Cheng, 2002) การใช้แรงทางกลวิธีการที่นิยมคือ การบดด้วยลูกกลิ้ง ซึ่งเป็นวิธีการที่ให้ผลดี และมีต้นทุนต่ำ

2.3.2 กระบวนการทางเคมี

กระบวนการทางเคมี (chemical refining) เป็นกระบวนการแยกเส้นใยพืช ด้วยการใช้ออกซิไดซ์ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ และทำให้เกิดการสลายตัวของลิกนิน และเฮมิเซลลูโลสในเส้นใยพืชได้ มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการค่อนข้างสูง (Sun & Cheng, 2002) สารเคมีที่นิยมใช้ ได้แก่ สารออกซิไดซ์ (oxidizing agents) กรดต่างๆ และด่าง สามารถทำภายใต้ความดันและอุณหภูมิปกติได้ ต่างที่ใช้ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) แอมโมเนีย (ammonia) แอมโมเนียมซัลไฟต์ (ammonium sulfite) กรดที่ใช้ได้แก่ กรดซัลฟิวริก (sulphuric acid) กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) สารออกซิไดซ์ ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) โดยสารที่นิยมใช้มากที่สุด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อกำจัดลิกนินและเฮมิเซลลูโลส รวมทั้งซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) (Li et al., 2007) เส้นใยที่ผ่านการแยกด้วยกระบวนการทางเคมีจะมีความละเอียด เยื่อมีความนุ่ม เยื่อที่ได้มีปริมาณเซลลูโลสสูง มีลิกนินและสารอินทรีย์อื่น ๆ ปนอยู่น้อยมาก และมีความเหนียวมาก

(1) การใช้ด่าง

การใช้ด่าง (alkali treatment) ในการแยกเส้นใยพืชด้วยด่าง จะมีผลต่อสารจำพวกลิกโนเซลลูโลส และผลของด่างที่ใช้จะขึ้นอยู่กับปริมาณลิกนินที่มีอยู่ในเส้นใยนั้น กลไกการทำงานของด่าง คือ ด่างทำให้เกิดการพองตัวของโมเลกุลของเฮมิเซลลูโลส และลดผลึกของ

เซลลูโลส ลดขนาดลิเมอร์ สามารถแยกโครงสร้างระหว่างลิกนิน กับคาร์โบไฮเดรต เป็นการแยกองค์ประกอบหรือทำลายโครงสร้างของลิกนิน ต่างที่นิยมใช้ในการแยกลิกนิน ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์และแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งจากงานวิจัยของ (Kim et al., 2008) ศึกษาการปรับสภาพข้าวบาร์เลย์ด้วยแอมโมเนียพบว่าแอมโมเนียที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 24 - 72 ชั่วโมง สามารถสกัดแยก เอาส่วนของลิกนิน ออกได้ร้อยละ 50-66

(2) การใช้กรด

การใช้กรด (acid treatment) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้น้ำตาลในปริมาณที่สูงจากเส้นใย กรดที่นิยมได้แก่ กรดซัลฟิวริก กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริกและกรดฟอสฟอริก สามารถใช้ได้ทั้งกรดเข้มข้นและกรดเจือจาง เพื่อเพิ่มการทำงานของกระบวนการไฮโดรไลซิส (Palmqvist & Hahn-Hägerdal, 2000) ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพเส้นใยด้วยการใช้กรดเจือจาง เป็นวิธีหนึ่ง ที่ได้รับความสนใจศึกษากันมาก และแพร่หลายที่สุด (Mussatto et al., 2005) การใช้กรดเจือจางในการปรับปรุงคุณภาพ ในอุณหภูมิที่เหมาะสมโดยใช้ กรดซัลฟิวริกหรือกรดฟอสฟอริกมักจะใช้สำหรับการเปลี่ยนวัสดุพวกลิกโนเซลลูโลส ซึ่งประกอบด้วยเอมิเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลที่ละลายได้ ตาม ด้วยการใช้อินซิมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เพื่อให้เกิดเป็นกลูโคส (Silverstein et al., 2007)

2.3.3 กระบวนการทางชีวภาพ

(1) การหมัก (retting process)

การแยกเส้นใยโดยการแช่หมักด้วยแบคทีเรีย ซึ่งแบคทีเรียจะทำลายเนื้อเยื่อให้น้ำเปื่อย แล้วจึงแยกเส้นใยออกจากกัน การแช่หมักด้วยแบคทีเรียทำให้การแยกเส้นใยทำได้สม่ำเสมอ เนื้อเยื่อสลายตัวได้ดี

การหมักสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

- การหมักด้วยน้ำค้าง โดยการตากน้ำค้างหรือฝน ความชื้นในลำต้นจะทำให้เกิดการย่อยสลายด้วยแบคทีเรียและแยกเส้นใยออกได้ วิธีนี้ใช้เวลาประมาณ 5 สัปดาห์ เส้นใยที่ได้ลักษณะหยาบและมีสีน้ำตาล
- การหมักด้วยน้ำ วิธีนี้แช่ลำต้นในน้ำ แบคทีเรียจะย่อยสลายเพกตินจึงแยกเส้นใยออกมาได้ วิธีนี้ใช้เวลา 7-10 วัน เส้นใยที่ได้มีคุณภาพดี
- การแยกด้วยน้ำอุ่น วิธีนี้แช่ลำต้นในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นให้ความร้อนเป็น เวลา 2-3 วัน เส้นใยที่ได้จะมีความสม่ำเสมอและสะอาด

(2) กระบวนการทางเอนไซม์ (enzymatic process)

กระบวนการทางเอนไซม์ หมายถึงกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ที่พบในสิ่งมีชีวิต ซึ่งถูกนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการทางอุตสาหกรรม

เอนไซม์เป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่สามารถทำหน้าที่กระตุ้นปฏิกิริยาเคมีที่จำเพาะเจาะจง ซึ่งอาจเรียกว่า Bio-catalyst ก็ได้ โดยปกติเอนไซม์จะมีอยู่ในเซลล์ต่าง ๆ ดังนั้นเอนไซม์จะทำหน้าที่ในสภาวะที่มีความดันบรรยากาศ และในสภาวะที่ปานกลาง เช่น ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.0 เป็นต้น เอนไซม์ที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส รีดักชัน ออกซิเดชัน ตกตะกอน และแตกตัว ต่างกัน

สมบัติบางประการของเอนไซม์มีดังนี้คือ เอนไซม์เป็นโมเลกุลที่มีน้ำหนักมาก และค่อนข้างซับซ้อนเอนไซม์ไม่ทนต่ออุณหภูมิสูง และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ซึ่งหากไม่เหมาะสมกับค่าที่เอนไซม์ ต้องการอาจจะเกิดการแตกตัว หรือถูกทำลายได้

(3) การแยกเส้นใยโดยใช้จุลินทรีย์

การแยกเส้นใยโดยใช้จุลินทรีย์ จะพัฒนาจากกระบวนการแช่ฟอกตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นกระบวนการที่นำเปลือกไม้มาแช่น้ำเพื่อให้แบคทีเรียไปย่อยสลายเนื้อเยื่อและสารยึดติดเส้นใย เช่น สารเพกทิน (pectin) จากเนื้อเยื่อรอบกลุ่มเส้นใย (fiber bundle) ออก ให้เส้นใยแยกออกเป็นเส้นเดี่ยว แบคทีเรียที่นำมาใช้ในการแช่ฟอกมี 2 ชนิด คือ แบคทีเรียที่มีอยู่ในอากาศตามธรรมชาติหรือใช้แบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงบริสุทธิ์ การแช่ฟอกนานเกินไปมีผลให้เส้นใยเปื่อยขาดง่าย

2.4 การทดสอบสมบัติของเส้นใย

ความแข็งแรงของวัสดุขึ้นกับความสามารถของวัสดุที่จะรับด้วยแรงกระทำโดยปราศจากการเปลี่ยนแปลงของรูปร่าง หรือการแตกหัก สมบัติของวัสดุนั้นจะเป็นลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุแต่ละชนิด และสามารถทดสอบได้โดยการทดลอง การทดสอบที่สำคัญคือการทดสอบโดยการดึงหรือการอัด (tension or compression test) การทดสอบตัวอย่างของวัสดุไม่ว่าจะเป็นโลหะ เซรามิก พอลิเมอร์ และวัสดุผสมชนิดต่างๆ จะต้องทำเป็นรูปทรง และขนาดตามมาตรฐานก่อนการทดสอบ เช่น มาตรฐานของ ASTM (American Society of Testing and Materials), BS (British Standards), JIS (Japanese Industrial Standards) และ มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย) ซึ่งได้กำหนดขนาดและรูปร่างของชิ้นทดสอบไว้ ทั้งนี้เพื่อให้ผลของการทดสอบเชื่อถือได้ พร้อมกับกำหนดความเร็วในการเพิ่มแรงกระทำไว้ด้วย

สมบัติเชิงกล (mechanical property) หมายถึง สมบัติของวัสดุในการตอบสนองต่อแรงเชิงกลที่มากระทำ ไม่ว่าแรงเชิงกลนั้นจะมีลักษณะใดก็ตาม โดยทั่วไปสมบัติเชิงกลมักพิจารณาในเทอมต่อไปนี้

(1) ความเครียด (strain) คือ ผลที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับสิ่งรบกวน จะทำให้วัสดุยืดออกหรือหดเข้าตามแนวแรงที่กระทำ ซึ่งหาได้จากอัตราส่วนระหว่างความยาวของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงไปต่อความยาวเดิมของวัสดุก่อนถูกแรงกระทำ

(2) ความทนแรงดึง (tensile strength) เป็นการวัดความสามารถของวัสดุที่ต้านทานต่อการขาดภายใต้แรงดึง

(3) ร้อยละการยืดตัว (% elongation) คือการยืดออกของชิ้นทดสอบที่แสดงเป็นร้อยละของความยาวเริ่มต้น ซึ่งการยืดตัวนี้เกิดขึ้นภายใต้แรงดึง ก่อนชิ้นงานขาด

สมบัติของเส้นใยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ปริมาณผลึกของเซลลูโลส (cellulose crystallinity) องศาการบิดเกลียว (microfibrillar angle) จำนวนเซลล์ และอัตราส่วนระหว่างแนวตั้งและแนวนอนของเซลล์ (cell aspect ratio) ดังนั้นเส้นใยที่มีปริมาณเซลลูโลสมาก และองศาการบิดเกลียวต่ำจะเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงมาก สมบัติบางประการของเส้นใยแสดงในตารางที่ 2.8



ตารางที่ 2.8 สมบัติบางประการของเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์

เส้นใย	ความ หนาแน่น (กรัมต่อ ลูกบาศก์ เซนติเมตร)	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง (ไมโครเมตร)	Tensile strength (เมกะปาส กาล)	Young's modulus (จิกะปาส กาล)	Elongation at break (เปอร์เซ็นต์)
flax	1.5	40-600	345-1500	27.6	2.7-3.2
hemp	1.47	25-500	690	70	1.6
jute	1.3-1.49	25-200	393-800	13-26.5	1.16-1.5
kenaf			930	53	1.6
ramie	1.55		400-938	61.4-128	1.2-3.8
sisal	1.45	50-200	468-700	9.4-22	3-7
palf		20-80	413-1627	34.5-82.5	1.6
abaca			430-760		
Oil palm EFB	0.7-1.55	150-500	248	3.2	25
Oil palm mesocarp			80	0.5	17
cotton	1.5-1.6	12-38	287-800	5.5-12.6	7-8
coir	1.15-1.46	100-460	131-220	4-6	15-40
E-glass	2.55	<17	3400	73	2.5
Kevlar	1.44		3000	60	2.5-3.7
carbon	1.78	5-7	3400 ^a - 4800 ^b	240 ^b -425 ^a	1.4-1.8

^a Ultra high modulus carbon fibers.^b Ultra high tenacity carbon fibers.

ที่มา : (Mohanthy et al., 2000)

2.5 ด้าย

การผลิตเส้นด้ายหรือการปั่นด้าย (spinning) มีปัจจัยมากมายที่ทำให้ผลผลิตของกระบวนการผลิตเป็นไปตามความต้องการผู้ผลิต ซึ่งต้องมีการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูงสุด คุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยมีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำ

2.5.1 ชนิดของเส้นด้าย

เส้นด้ายที่ใช้กันในแวดวงอุตสาหกรรมสิ่งทอ มีมากมายหลายชนิดขึ้นกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการทำเป็นผลิตภัณฑ์อะไร กระบวนการผลิตเส้นด้ายจึงมีความหลากหลาย

เส้นด้าย หมายถึงกลุ่มของเส้นใยที่รวมตัวกัน หรือฟิลาเมนต์ที่มีความยาวต่อเนื่องต่อเนื่องกันเป็นเส้น มีความยาวเป็นหลายร้อยเท่าของภาคตัดตามขวาง ซึ่งอาจมีเกลียว (twist) หรือไม่มีเกลียวก็ได้ มีคุณสมบัติและลักษณะเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานด้านสิ่งทอ เส้นด้ายควรมีความเหนียว (tenacity) และความยืดหยุ่น (flexibility) ในตัวเองดีพอสมควร ด้ายแบ่งเป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ ด้ายจากเส้นใยสั้น (spun yarn) ด้ายจากเส้นใยยาว (filament yarn) และ ด้ายชนิดพิเศษ (special yarn)

(1) ด้ายจากเส้นใยสั้น (spun yarn)

ประกอบด้วยเส้นใยสั้น (ความยาวประมาณ $\frac{1}{2}$ - $2\frac{1}{2}$ นิ้ว) นำมาเข้าเกลียว (twist) เพื่อให้ยึดติดกันเป็นเส้นด้าย ผิวมักจะไม่เรียบ เนื่องจากมีปลายของเส้นใยโผล่ออกมา เช่นด้ายฝ้าย ด้ายขนสัตว์ ด้ายลินิน

(2) ด้ายจากเส้นใยยาว (filament yarn)

ประกอบด้วยเส้นใยยาว (filament) ที่รวมกันเป็นกลุ่มโดยอาจจะมีการขึ้นเกลียวเพียงเล็กน้อย ผิวมีลักษณะเรียบ เส้นใยอาจมีลักษณะเป็นเส้นตรงเรียงกัน หรือมีลักษณะฟู (bulky) เนื่องจากการทำหยัก (crimp) บนเส้นใยยาว เช่นด้ายพอลิเอสเตอร์ฟิลาเมนต์ ด้ายไนลอนฟิลาเมนต์ เส้นไหม

(3) ด้ายชนิดพิเศษ (special yarn)

หมายถึงเส้นด้ายที่มีลักษณะไม่เรียบ มีขนาดไม่เท่ากันตลอดทั้งเส้น บางตอยเข้าเกลียวแน่น บางตอนเข้าเกลียวหลวม หรือมีลักษณะเป็นห่วงเป็นปุ่มปม และเส้นใยอาจมีสีต่างกัน การผลิตด้ายชนิดนี้ เพื่อต้องการให้เกิดความแตกต่างกัน เกิดความแปลก สวยงาม ทนทาน โครงสร้างของเส้นด้ายพิเศษประกอบด้วย

(3.1) เส้นด้ายหลัก (cord yarn) เป็นเส้นด้ายหลัก หรือเส้นด้ายแกนสำหรับให้ด้ายอื่น ๆ พันทับอีกครั้งหนึ่ง

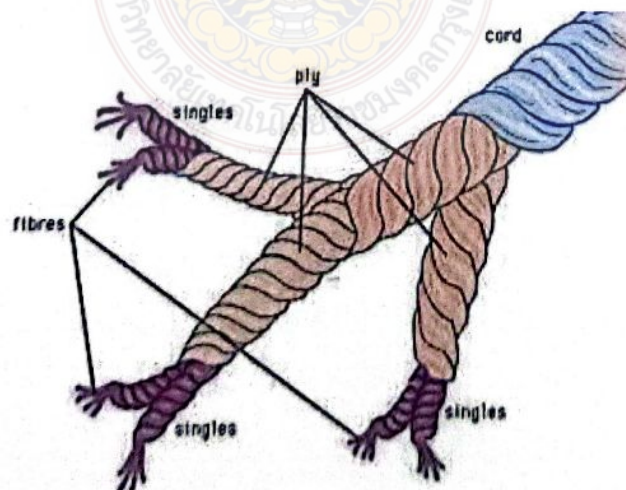
(3.2) เส้นด้ายพิเศษ (fancy or special effect yarn) เป็นเส้นด้ายที่มีลักษณะเป็นปุ่ม เป็นปมท่วง พันทับลงเส้นด้ายอย่างหลวม ๆ

(3.3) เส้นด้ายพัน (binder or tie yarn) เป็นเส้นด้ายที่ใช้ยึดเส้นด้ายพิเศษให้ติดกับด้ายหลัก

2.5.2 กระบวนการผลิตด้าย (yarn manufacturing)

การผลิตเส้นด้ายโดยทั่วไป คือการนำเส้นใยหลายๆ เส้นมารวมกัน และทำให้เกิดการเกาะตัวกันโดยการตีเกลียว (twisting) ซึ่งเส้นด้ายที่ผลิตนั้นอาจเป็นเส้นด้ายเดี่ยว (single yarn) หรือเส้นด้ายตีเกลียว (twisted yarn)

เส้นด้ายเดี่ยว เป็นเส้นด้ายที่เกิดจากการผลิตที่เครื่องปั่นด้าย (spinning frame) โดยการตีเกลียวเส้นใยอิสระเข้าด้วยกัน และหากนำเส้นด้ายเดี่ยวมาตีเกลียวเข้าด้วยกันตั้งแต่สองเส้นขึ้นไปด้วยเครื่องตีเกลียวเส้นด้าย (twister) จะทำให้เกิดเส้นด้ายที่เรียกว่าเส้นด้ายตีเกลียว (twisted yarn) ซึ่งเส้นด้ายตีเกลียวมีชื่อเรียกทางเทคนิคแตกต่างกัน เช่น เส้นด้ายที่เกิดจากการตีเกลียวเส้นด้ายเดี่ยวสองเส้น เรียกว่าเส้นด้ายรวม (plied yarn หรือ folded yarn หรือ formed yarn) และหากนำ plied yarn มาตีเกลียวรวมกันหลายๆ เส้น เรียกว่าเส้นด้ายเชือก (cable yarn หรือ cords) เป็นต้น



รูปที่ 2.11 ประเภทเส้นด้ายตีเกลียว

ที่มา : (Charlie, 2014)

กระบวนการผลิตด้ายจากเส้นใยสั้น มีกระบวนการหลายขั้นตอนกว่าการผลิตด้ายจากเส้นใยยาว ซึ่งมีเพียงการนำเอาเส้นใยมารวมกัน แล้วขึ้นเกลียว ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวถึงกระบวนการผลิต เส้นด้ายจากเส้นใยสั้น โดยจะยกตัวอย่างกระบวนการผลิตของเส้นใยฝ้าย

การผลิตด้ายจากเส้นใยสั้น (spun yarn) มีขั้นตอนกระบวนการผลิตดังนี้

(1) การเปิด (opening) เป็นการทำให้เส้นใยที่อัดอยู่ในกอง (bale) มีการเปิดและกระจายตัว รวมทั้งทำการผสมเส้นใยให้ทั่วถึง (uniform) มากขึ้น

(2) การสาวใย (carding) เป็นการทำให้เส้นใยเรียงตัวไปในทิศทางเดียวกัน เส้นใยมีการสานกันไปมาเป็นใยบาง

(3) การดึง (drawing) เป็นการเพิ่มการจัดทิศทางของเส้นใยให้ขนานกันมากขึ้น โดยใยที่ได้จะถูก ดึงผ่านลูกกลิ้งที่มีความเร็วต่างกัน ทำให้เกิดเป็นเส้นด้ายที่มีการรวมตัวของเส้นใยอย่างหลวม ๆ

(4) การขึ้นเกลียว (roving) เป็นการดึงเพิ่มเติมเพื่อจัดเส้นใยให้มีการเรียงตัวไปในทิศทางเดียวกันมากขึ้น มีการขึ้นเกลียวชนิดน้อยเพื่อเพิ่มแรงยึดระหว่างเส้นใย

(5) การปั่นเส้นด้าย (spinning) เป็นการนำเอาด้ายที่มีการขึ้นเกลียวเล็กน้อย มาขึ้นเกลียวเพิ่ม เพื่อให้ได้ เส้นด้ายที่มีความแข็งแรง

2.5.3 ขนาดของด้าย (Yarn size)

ขนาดของเส้นด้าย ในระบบของการปั่นด้ายจากใยสั้น การกำหนดขนาดหรือความละเอียดของด้ายปั่น มักใช้วิธีการกำหนดขึ้นตามความสัมพันธ์ระหว่างเส้นใยหนึ่งหน่วยน้ำหนัก ต่อความยาวของเส้นด้ายที่ดึงให้ยาวได้จากวัตถุดิบนั้น หากปั่นด้ายที่ยาวเส้นด้ายจะมีความละเอียดมากขึ้นตามไปด้วยระบบนี้ เรียกว่า ระบบผกผัน (indirect system) ใช้หน่วยเป็นเบอร์เส้นด้าย หรือเลขด้าย (yarn number) โดยเป็นค่าความยาว (หลา) ต่อน้ำหนัก 1 ปอนด์ของด้าย หน่วยวัดความยาวหนึ่งที่ใช้ในระบบนี้คือ แองค์ (hank) โดย 1 แองค์ยาว 840 หลา ด้ายที่มีขนาดเล็กก็จะมีค่าเลขด้ายสูงกว่าด้ายที่มีขนาดใหญ่กว่า

ดีเนียร์ และเท็กซ์ (denier and tex) ใช้กับด้ายที่ทำด้วยเส้นใยยาว เป็นการวัดค่าน้ำหนัก (กรัม) ต่อความยาว 9000 เมตร

2.5.4 เกลียวของเส้นด้าย (yarn twists)

การเข้าเกลียวเส้นด้าย (yarn twist) ทำโดยจับปลายด้านหนึ่งของเส้นด้ายให้อยู่กับที่ แล้วหมุนปลายอีกด้านหนึ่ง การเข้าเกลียวจะช่วยให้เส้นใยเกาะกัน ทำให้ด้ายมีความเหนียวมากขึ้น

เกลียวคือลักษณะของเส้นด้ายที่บิดรอบแกนตัวเองทำให้เกิดแรงจับตัวกันของเส้นใยเป็นเส้นด้าย เกลียวในเส้นด้ายมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของเส้นด้าย เช่น ความเหนียว ความอ่อนแอของเส้นด้าย เส้นด้ายที่บิดเกลียวจะมีแนวเกลียวสองลักษณะ คือ จากขวาบนมาซ้ายล่างหรือคล้ายตัว Z และจากขวาล่างไปซ้ายบนหรือคล้ายตัว S แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ทิศทางเกลียวเส้นด้าย
ที่มา : (Charlie, 2014)

2.5.5 จำนวนเกลียวเส้นด้าย

การวัดจำนวนเกลียวในเส้นด้าย จะวัดเป็นจำนวนเกลียวต่อหน่วยความยาว (turn per unit length) เช่นเกลียวต่อนิ้ว (turn or twist per inch) หรือเกลียวต่อเมตร (turn or twist per meter) จำนวนเกลียวเส้นด้ายของเส้นด้ายแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับ 1) ความยาวของเส้นใย 2) ขนาดของเส้นด้าย 3) ประโยชน์ใช้สอยของเส้นด้าย

เส้นด้ายที่มีจำนวนเกลียวต่อความยาวที่มากขึ้น จะมีความแข็งแรงมากขึ้น แต่ถ้าหากเกลียวสูงเกินไปจะทำให้เส้นด้ายแข็งกระด้าง และเมื่อเกลียวสูงขึ้นถึงระดับหนึ่ง ความแข็งแรงของเส้นด้ายจะค่อย ๆ ลดลงจนขาดออกจากกัน

เส้นใยยาว มีจำนวนเกลียวต่อเส้นด้ายในระยะ 1 นิ้วน้อยกว่าเส้นใยสั้น จำนวนเกลียวที่เหมาะสมสำหรับเส้นใยยาวคือ 6 เกลียวต่อ 1 นิ้ว ส่วนเส้นใยสั้นควรเข้าเกลียวประมาณ 10 ถึง 20 เกลียวต่อ 1 นิ้ว อย่างไรก็ตามจำนวนเกลียวเส้นด้ายยังขึ้นกับปัจจัยอีกหลายอย่าง ได้แก่

- เส้นด้ายที่มีความละเอียดจะมีจำนวนเกลียวมากกว่าเส้นด้ายที่หยาบ
- เส้นด้ายที่ใช้สำหรับการถักนิตจะมีจำนวนเกลียวน้อยกว่าเส้นด้ายสำหรับทอ

- เส้นด้ายที่มีจำนวนเกลียวน้อย หรือมีการเข้าเกลียวหลวมมักใช้เป็นเส้นด้ายพุ่ง เช่น ใช้ในการทำ ผ้ามัสลิน หรือผ้าอื่นที่ต้องการตะกุดให้เป็นขน
- เส้นด้ายที่ใช้เป็นเส้นด้ายยืนมักมีจำนวนเกลียวมากกว่าเส้นด้ายพุ่ง

2.5.6 ลักษณะและสมบัติของเส้นด้าย

(1) ความแข็งแรง (tensile strength) หมายถึงความแข็งแรงของวัสดุ หรือความแข็งแรงในขณะที่วัสดุถูกดึงให้ขาด โดยทั่วไปใช้เป็นแรงต่อพื้นที่หน้าตัดของวัสดุนั้นๆ เช่น ไดน์ (dyne) ต่อตารางเซนติเมตร

(2) ความเหนียว (tenacity) การนำเส้นด้ายเดี่ยวมาพิจารณาหาค่าความเหนียว โดยเป็นการหาค่าที่จุดเริ่มต้นถูกดึงขาด เส้นด้ายต่างชนิดอาจมีค่าความเหนียวที่เท่ากันแต่มีค่าแรงดึงก่อนขาด (tensile strength) ไม่เหมือนกัน เพราะอาจมีความหนาแน่นของวัสดุไม่เท่ากัน ทำให้พื้นที่หน้าตัดขวางของเส้นด้ายไม่เท่ากัน

(3) การยืดตัวออก (elongation or extension) เป็นการเปรียบเทียบความยาวของเส้นด้ายที่มีการยืดตัวออกหลังได้รับแรงดึง

(4) ความไม่สม่ำเสมอของเส้นด้าย (yarn elongation) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเส้นด้ายระหว่างการผลิต ทำได้โดยวัดขนาดของเส้นด้ายในแต่ละช่วงความยาว

(5) สมบัติการยืดออกและหดตัวกลับของเส้นด้าย เมื่อเส้นด้ายถูกดึงออกด้วยแรงเพียงเล็กน้อย เส้นด้ายจะหดตัวกลับมาตำแหน่งเดิม เรียกว่าเส้นด้ายมีความเป็นอีลาสติก (elastic recovery) แต่ถ้าเส้นด้ายถูกแรงกระทำด้วยขนาดของแรงที่มากขึ้น การหดตัวกลับอาจไม่สามารถกระทำได้และทำให้เส้นด้ายเปลี่ยนรูปไป

(6) ขนบนเส้นด้าย เส้นด้ายที่เกิดจากการปั่นจะเกิดขนบนเส้นด้าย ซึ่งหมายถึงเส้นใยอื่นที่ไถล่อออกจากตัวโครงสร้างเส้นด้าย

(7) ความคงทนต่อการขัดถูของเส้นด้าย เส้นด้ายเมื่อนำมาทอหรือผลิตเป็นสิ่งทอรูปแบบต่างๆ พบว่าต้องสัมผัสกับวัตถุอื่น ๆ ซึ่งต้องมีความคงทนในระดับหนึ่ง สมบัติความคงทนต่อการขัดถูขึ้นกับชนิดของเส้นใย และโครงสร้างของเส้นด้าย

(8) การฟุ้งตัวของเส้นด้าย เป็นลักษณะของเส้นด้ายที่ส่งผลกระทบกระบวนการผลิตในขั้นต่อไป เช่น ลักษณะผ้าทอผ้าดก การดูดซึมสี เป็นต้น

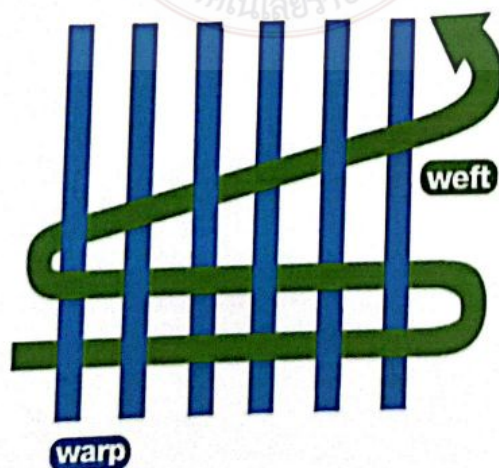
(9) การดูดความชื้น เส้นใยหรือเส้นด้ายทุกชนิดมีสมบัติดูดความชื้น ซึ่งมีผลต่อกระบวนการย้อมสีเส้นด้าย

2.6 การถักผ้า

การถักผ้า (knitting) เป็นกระบวนการผลิตผ้าแบบหนึ่ง โดยการนำเอาเส้นด้ายหนึ่งเส้น หรือเส้นด้ายชุดหนึ่งที่เรียงขนานกันหลายๆ เส้นมาทำเป็นห่วง (loop) คล้องกันเป็นลูกโซ่ให้ต่อเนื่องกันในแนวนอนหรือแนวตั้งเพียงทิศทางเดียวแทนเส้นด้ายพุ่งและเส้นด้ายยืนที่นำมาขัดกันในกระบวนการทอผ้า ลักษณะลูกโซ่หรือแถวห่วงเหล่านี้จะเกิดขึ้นแทนที่เป็นชั้นๆ เมื่อการถักยังดำเนินการต่อไป และเกิดเป็นผืนผ้าเรียกว่าผ้าถัก (H. Chen et al., 2004) โดยทั่วไปแล้วผ้าถัก เกิดจากการทำไขว้ห่วง คล้องประสานซึ่งกันและกัน ดังนั้นความยืดหยุ่นของผ้าถักจึงขึ้นกับการโค้งของห่วงในโครงสร้างผ้า และเส้นด้ายที่ใช้ ส่วนคุณสมบัติอื่นๆ ได้แก่ การทนต่อรอยยับ ความอ่อนนุ่มไม่แข็งกระด้าง การโค้งงอไม่ยับง่าย การระบายอากาศและให้ความอบอุ่นดี ทำให้ผ้าถักได้รับความนิยมมากในการนำมาผลิตเป็นเสื้อยืดเตอร์ เสื้อโปโล ชุดกีฬา ชุดชั้นใน ถุงเท้า ถุงน่อง ผ้าปูที่นอน ผ้าลูกไม้อื่นๆ

2.6.1 วิธีการถักผ้า

ในการถักผ้า เส้นด้ายในการถักจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของห่วง (loop) เชื่อมต่อเข้าด้วยกันเป็นผืนผ้า ในการถักผ้าตามแนวนอน (weft knitting) และการถักตามแนวตั้ง (warp knitting) จำเป็นต้องเข้าใจความหมายของคำว่า weft และ warp ซึ่งมีที่มาจากการทอผ้าซึ่งใช้คำว่า ด้ายพุ่ง (weft) และด้ายยืน (warp) ในผ้าทอ ดังรูปที่ 2.13

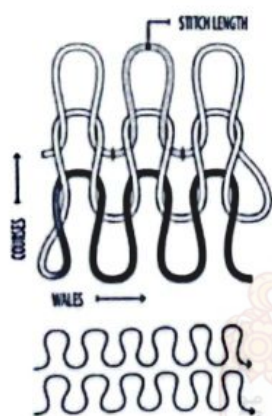


รูปที่ 2.13 โครงสร้างผ้าทอ
ที่มา : (Venter, 2015)

โดยทั่วไป การถักผ้า มี 2 ชนิด ดังนี้ (Ray, 2012; Spencer, 2001)

(1) การถักตามแนวนอน (weft knitting) หมายถึง การถักผ้าด้วยเส้นด้ายตั้งแต่หนึ่งเส้นขึ้นไปในทิศทางเดียวกับเส้นด้ายพุ่ง ลักษณะห่วงที่เกิดขึ้นเป็นผืนผ้าจะคล้องต่อเนื่องกัน ตามความกว้างของผ้า ลักษณะการป้อนเส้นด้ายเข้าเครื่องถักจะเอียงทำมุมเกือบเป็นมุมฉากกับทิศทางที่เกิดขึ้นเป็นผืนผ้า คุณสมบัติของผ้าถักแนวนอนมีความยืดหยุ่นทั้งด้านความกว้างและความยาวของผ้า

(2) การถักตามแนวตั้ง (warp knitting) หมายถึงการถักผ้าด้วยเส้นด้ายหนึ่งชุด หรือหลายชุดในทิศทางเดียวกันกับเส้นด้ายยืน ลักษณะที่เกิดขึ้นเป็นผืนผ้าจะคล้องไขว้ไปมาอย่างต่อเนื่องตลอดความยาวของผ้า ลักษณะการป้อนเส้นด้ายเข้าเครื่องถักผ้าเกือบจะเป็นเส้นตรงเดียวกับทิศทางที่เกิดขึ้นเป็นผืนผ้า ผ้าถักแนวตั้งมีความยืดหยุ่นด้านเดียว คือด้านกว้างซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามโครงสร้างที่ใช้ในการถัก



ผ้าถักแนวนอน



ผ้าถักแนวตั้ง

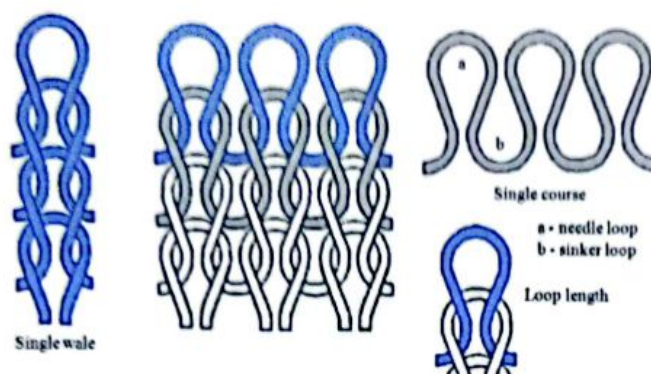
รูปที่ 2.14 วิธีการถักผ้า

ที่มา : (Ahlquist, 2015)

จากรูป course เป็นแถวของห่วงตามแนวขวางของผ้า และ wale เป็นแถวของห่วงตามแนวยาวของผ้า

2.6.2 ลักษณะของห่วง

ส่วนสำคัญของผ้าคือห่วงของผ้าถัก ลักษณะของห่วงด้านบนจะมนใหญ่ ส่วนด้านล่างจะแคบ เนื่องจากการเกี่ยวคล้องกันของห่วง ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ส่วนที่สำคัญของห่วงผ้าถัก

ที่มา : (Repon et al., 2018)

(1) needle loop และ sinker loop

needle loop เป็นห่วงที่ถูกสร้างขึ้นโดยเข็ม และ sinker loop เป็นจุด (ห่วง) ที่เชื่อมระหว่าง needle loop ดังแสดงในรูปที่ 2.16

(2) stich

stich เกิดจากการสร้างห่วงหนึ่งผ่านไปอีกห่วงหนึ่ง ดังนั้นผ้าถักเกิดจาก stich ที่เชื่อมต่อกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ส่วนที่สำคัญของห่วงผ้าถัก

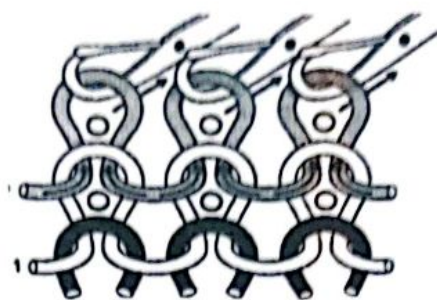
ที่มา : (Sarker, 2016)

(3) ห่วงหน้า (face loop) และ ห่วงหลัง (back loop)

ห่วงหน้า แสดงห่วงทางด้านหน้าของผ้า เรียกว่า technical face loop และห่วงหลัง แสดงห่วงทางด้านหลังของผ้า เรียกว่า technical back แสดงในรูปที่ 2.17



technical face



technical back

รูปที่ 2.17 face loop และ back loop

ที่มา : (Spencer, 2001)

(4) course และ wale

course เป็นแถวของห่วงตามแนวขวางของผืนผ้า และ wale เป็นแถวของห่วงตามแนวยาวของผ้าแสดงในรูปที่ 2.8



Course



wale

รูปที่ 2.18 course และ wale

ที่มา : (Textile Centre of Excellence, 2019)

(5) gauge หรือ cut

เป็นตัวบอกขนาดของห่วงถัก และกำหนดจำนวนเข็มต่อเครื่อง จำนวนเข็มต่อนิ้วมากผ้าที่ผลิตได้ก็จะมีคามสวยงามมากด้วย การตกแต่งผ้าจะทำให้โครงสร้างผ้าเปลี่ยนไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ

- ใบสับปรด พันธุ์ปิตตาเวีย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
- ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)
- น้ำกลั่น

3.1.2 อุปกรณ์

- อุปกรณ์แยกเส้นใยเชิงกล
- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope – SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-IT300
- เครื่องทดสอบแรงกด (Universal Testing Machine) ยี่ห้อ Testometric รุ่น M350-5AT
- เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น XS204
- เครื่องอบลมร้อน ยี่ห้อ Binder รุ่น FD115
- ตู้ควบคุมความชื้น ยี่ห้อ Sanplatec รุ่น Auto C-3BS
- อุปกรณ์เครื่องแก้ว ได้แก่ ขวดวัดปริมาตร ขวดรูปชมพู่ ปิเปต บิวเรต กระบอกตวง ปีกเกอร์ หลอดหยด และแท่งแก้วคน เป็นต้น

3.2 วิธีดำเนินการ

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมเส้นใยสัคคัลเลือกใบสับปะรด อายุ 1 ปี ขนาดประมาณ 50-80 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาดและผึ่งให้แห้ง

3.2.2 การเตรียมเส้นใยเชิงกล

ชั่งน้ำหนักใบสับปะรด และนำใบสับปะรดเข้าเครื่องตีแยกเส้นใย โดยกำหนดรอบความเร็วของเครื่องตีประมาณ 3,500 รอบต่อนาที นำเส้นใยที่ได้จากการแยกเชิงกลไปผึ่งลมให้แห้ง เมื่อเส้นใยที่ผึ่งแห้งแล้ว นำไปชั่งน้ำหนัก

3.2.3 การปรับสภาพเส้นใยเชิงกลด้วยน้ำ

- (1) นำเส้นใยสับปะรดที่ทราบน้ำหนักแน่นอนมาปรับสภาพดังนี้
 - แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 นาที
 - แช่น้ำที่อุณหภูมิน้ำเดือด 100°C ($^{\circ}\text{C}$ องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 นาที
 - แช่น้ำที่อุณหภูมิน้ำเดือด 100°C ($^{\circ}\text{C}$ องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 60 นาที
- (2) เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำเส้นใยที่ได้มาล้างน้ำทำความสะอาดแล้วผึ่งลมให้แห้ง
- (3) คำนวณหาปริมาณเส้นใยที่ได้

3.2.4 การปรับสภาพเส้นใยเชิงกลด้วยกระบวนการทางเคมี

- (1) นำเส้นใยสับปะรดที่ทราบน้ำหนักแน่นอนมาปรับสภาพดังนี้
 - แช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0
แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 นาที
 - แช่น้ำที่อุณหภูมิน้ำเดือด 100°C ($^{\circ}\text{C}$ องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 นาที
 - แช่น้ำที่อุณหภูมิน้ำเดือด 100°C ($^{\circ}\text{C}$ องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 60 นาที
 - แช่ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0
แช่ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 นาที
- (2) เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำเส้นใยที่ได้มาล้างน้ำจนปราศจากสารเคมี ผึ่งให้แห้งและอบที่ 80°C เวลา 2 ชั่วโมง
- (3) คำนวณหาปริมาณเส้นใยที่สกัดได้

3.2.5 การทดสอบสมบัติของเส้นใยสับปะรด

(1) ทดสอบการยืดตัว ณ จุดขาด

(2) ทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงขาดตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM D

3822-01 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers โดยตัดเส้นใย ขนาด 50 เซนติเมตร จำนวน 10 ชิ้น นำเส้นใยไปทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง และทดสอบระยะการยืดตัวออก ทดสอบ 10 ครั้งด้วยเครื่องวัดความต้านทานต่อแรงดึงขาด

3.2.6 การวิเคราะห์คุณภาพของเส้นใยสับปะรด

(1) การทดสอบความยาวของเส้นใยตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM D 1440-02 Standard Test for Length and Length Distribution of Cotton Fibers โดยใช้เส้นใยที่มีความยาว 10 – 50 เซนติเมตร จัดเรียงเส้นใยให้เท่ากันจากนั้นหาค่าเฉลี่ยของความยาวเส้นใยที่ได้

(2) การทดสอบขนาดของเส้นใยตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM D 1577-01 Standard Test for Linear Density of Textile Fibers โดยใช้เส้นใยที่มีความยาวมากกว่า 50 มิลลิเมตร จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก

(3) ทดสอบความหยิกของเส้นใย โดยหาจากอัตราส่วนของความหยิก (crimp ratio) ระหว่างผลต่างของเส้นใยที่ถูกยืดคลายออกจนเป็นเส้นตรง (L) กับความยาว ดั้งเดิมของเส้นใยที่มีความหยิกอยู่ (L0) เปรียบเทียบกับความยาวดั้งเดิม

(4) ความหนาแน่น (density) ทดสอบโดยหาความหนาแน่นโดยวิธีการแทนที่ด้วยน้ำ โดยใช้ภาชนะบรรจุน้ำปริมาณ 80 cm³ บันทึกน้ำหนักรวมภาชนะ จากนั้นนำเส้นใยธรรมชาติ ใส่ในภาชนะบรรจุน้ำข้างต้น จนระดับของน้ำเพิ่มขึ้นอีก 10 cm³ บันทึกน้ำหนักอีกครั้ง ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยค่าความหนาแน่นสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\gamma = (B-A)/10 \quad \gamma \text{ คือความหนาแน่น (g/cm}^3\text{)}$$

โดยที่ A = น้ำหนักก่อนใส่เส้นใยธรรมชาติ (g)

B = น้ำหนักหลังใส่เส้นใยธรรมชาติ (g)

(5) การดูดซึมน้ำ มาตรฐาน ASTM D 570 ทดสอบโดยการอบเส้นใยธรรมชาติ ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 1 วันเพื่อไล่ความชื้นออกแล้วชั่งน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำไปแช่น้ำจนครบเวลา 2 ชั่วโมง นำขึ้นมาจากน้ำซับน้ำออกจากผิวและหึ่งไว้ เป็นเวลา 1 วันเพื่อให้อยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง (saturated surface dry) แล้วชั่งน้ำหนักอิ่มตัวผิวแห้ง ทดสอบซ้ำ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

$$K = (B-A)/A \times 100$$

โดยที่ K = ค่าการดูดซึมน้ำ (%)

A = น้ำหนักแห้งหลังอบ (g)

B = น้ำหนักอิมมัวแห้ง (g)

(6) การทดสอบลักษณะของเส้นใยสับปะรดด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง

3.2.7 การผลิตเส้นด้ายจากใยสับปะรดด้วยการปั่นมือ

(1) นำเส้นใยสับปะรดที่ยังไม่ผ่านกระบวนการตกแต่งด้วยสารเคมี และผ่านการตกแต่งด้วยสารเคมี มาปั่นด้วยมือให้เป็นเส้นด้าย 5 ชนิด ดังนี้

- เส้นด้ายเดี่ยวจากเส้นใย 40 เส้น (เส้นด้าย A)
- เส้นด้าย A สองเส้นนำมาเข้าเกลียว S (เส้นด้าย AS)
- เส้นด้าย A สองเส้นนำมาเข้าเกลียว Z (เส้นด้าย AZ)
- เส้นด้าย AS สองเส้นนำมาเข้าเกลียว Z (เส้นด้าย ASZ)
- เส้นด้าย AZ สองเส้นนำมาเข้าเกลียว S (เส้นด้าย AZS)

(2) การทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นด้าย และการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยืดตัวของเส้นใย โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Strength Tester) รุ่น INSTRON 5569 ตามมาตรฐาน ASTM D3822 -01 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers กำหนดใช้ Load cell ขนาด 10 N ตั้งค่าความเร็วทดสอบ 30 mm/min โดยนำตัวอย่างเส้นใยมาติดบนกระดาดแข็งรูปตัวซี ระยะเวลาทดสอบเส้นใยยาว มิลลิเมตร โดยค่าการรับแรงดึงของเส้นใยที่วัดวิเคราะห์ มีหน่วยเป็น เซนตินิวตัน (cN)

3.2.8 การผลิตผ้าถักจากเส้นด้ายใยสับปะรด

นำเส้นด้ายที่ได้จากข้อ 3.2.7 มาขึ้นรูปด้วยการถักลายพื้นฐาน วิเคราะห์สมบัติของผ้า ถัก ได้แก่ น้ำหนัก ความหนาและความยืดตัวหลังการซัก

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

คัดเลือกใบสับปะรด อายุ 1 ปี ขนาดประมาณ 50 - 80 เซนติเมตร จังหวัดราชบุรี



รูปที่ 4.1 ใบสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย อายุ 1 ปี

คัดเลือกใบสับปะรดที่มีความสมบูรณ์ ไม่มีรอยแผล มาล้างทำความสะอาดและผึ่งให้แห้ง เพื่อนำไปแยกเส้นใยต่อไป

4.2 การแยกเส้นใยเชิงกล

ชั่งน้ำหนักใบสับปะรด และนำใบสับปะรดเข้าเครื่องตีแยกเส้นใย โดยกำหนดรอบความเร็วของเครื่องตีประมาณ 3,500 รอบต่อนาที เมื่อได้เส้นใยจากเครื่องแยกเส้นใย นำเส้นใยที่ได้ไปผึ่งลมให้แห้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.2 - 4.3



รูปที่ 4.2 เครื่องตีแยกเส้นใยสับปะรด

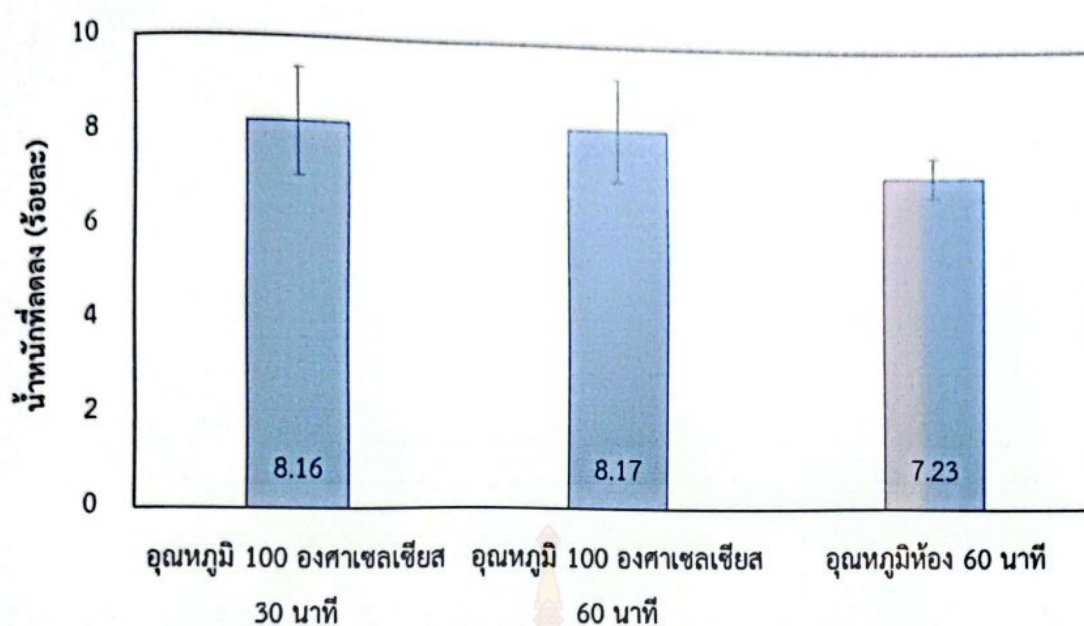


รูปที่ 4.3 เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล



รูปที่ 4.4 เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล และตากแห้ง

จากรูปที่ 4.4 ผลการแยกเส้นใยสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียด้วยวิธีทางเชิงกล และนำไปผึ่งลม ได้เส้นใยสับปะรดที่มีความยาวตามขนาดของใบ และมีสีขาวปนสีเขียว หลังจากผึ่งลมให้แห้งเส้นใยที่ได้จะมีสีนวลขึ้น และสีเขียวหายไป ชั่งน้ำหนักใบสับปะรดก่อนแยกเส้นใยและเส้นใยที่ได้จากกระบวนการเชิงกล ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ข.1 โดยพบว่า ใบสับปะรดสด 1 กิโลกรัม สามารถแยกเส้นใยได้ 76.97 ± 1.85 กรัม คิดเป็นปริมาณการผลิตร้อยละ 7.69 ± 0.19 ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับเส้นใยที่ได้จากการแยกจากสับปะรดพันธุ์อื่นๆ เช่นพันธุ์ Josapine ได้ผลผลิตเส้นใยร้อยละ 7.89 และพันธุ์ Morris ได้ผลผลิตเส้นใยร้อยละ 7.49 (Mazalan & Yusof, 2017) เส้นใยที่แยกได้นำมาทำความสะอาดโดยการล้างน้ำและแยกล้างเศษเยื่อของใบที่ติดกับเส้นใย ผึ่งลมให้แห้ง ชั่งน้ำหนักเส้นใยสับปะรดก่อนและหลังการแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิน้ำเดือดเวลา 30 และ 60 นาที ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ข.2 - ข.4 และรูปที่ 4.5 - 4.6



รูปที่ 4.5 การลดลงของน้ำหนักเส้นใยหลังทำความสะอาดด้วยน้ำประปาที่เวลาแช่น้ำและอุณหภูมิต่างกัน



รูปที่ 4.6 ลักษณะของเส้นใยหลังทำความสะอาดด้วยน้ำประปาที่เวลาแช่น้ำและอุณหภูมิต่างกัน

ผลการทดลองพบว่าหลังทำความสะอาดด้วยน้ำประปา เส้นใยสับปะรดจะมีน้ำหนักลดลง เมื่อเปรียบเทียบการแช่ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิน้ำเดือด ที่เวลา 60 นาที พบว่าอุณหภูมิน้ำเดือด น้ำหนักเส้นใยจะลดลงมากกว่าการแช่ที่อุณหภูมิห้อง โดยที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำหนักเส้นใยลดลงร้อยละ 8.16 ± 1.13 ส่วนอุณหภูมิห้องน้ำหนักเส้นใยลดลงร้อยละ 7.23 ± 0.44 แสดงว่าเพกทิน และสารแทรกต่าง ๆ ในเส้นใยที่มีความสามารถละลายน้ำได้ จะละลายออกมาได้มากกว่าในน้ำร้อน และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการแช่เส้นใยที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่าเวลาแช่ 30 นาที และ 60 นาที น้ำหนักเส้นใยไม่แตกต่างกัน แสดงว่าการทำความสะอาดเส้นใยด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สามารถกำจัดเพกทิน และสารแทรกต่าง ๆ ในเส้นใยที่มีความสามารถละลายน้ำได้ในช่วงแรก ๆ ของการให้ความร้อน และเมื่อนำเส้นใยวัดความแข็งแรงต่อนแรงดึงและความยืดตัวก่อนขาดได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ ข.5 และตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติเชิงกลของเส้นใยสับปะรด

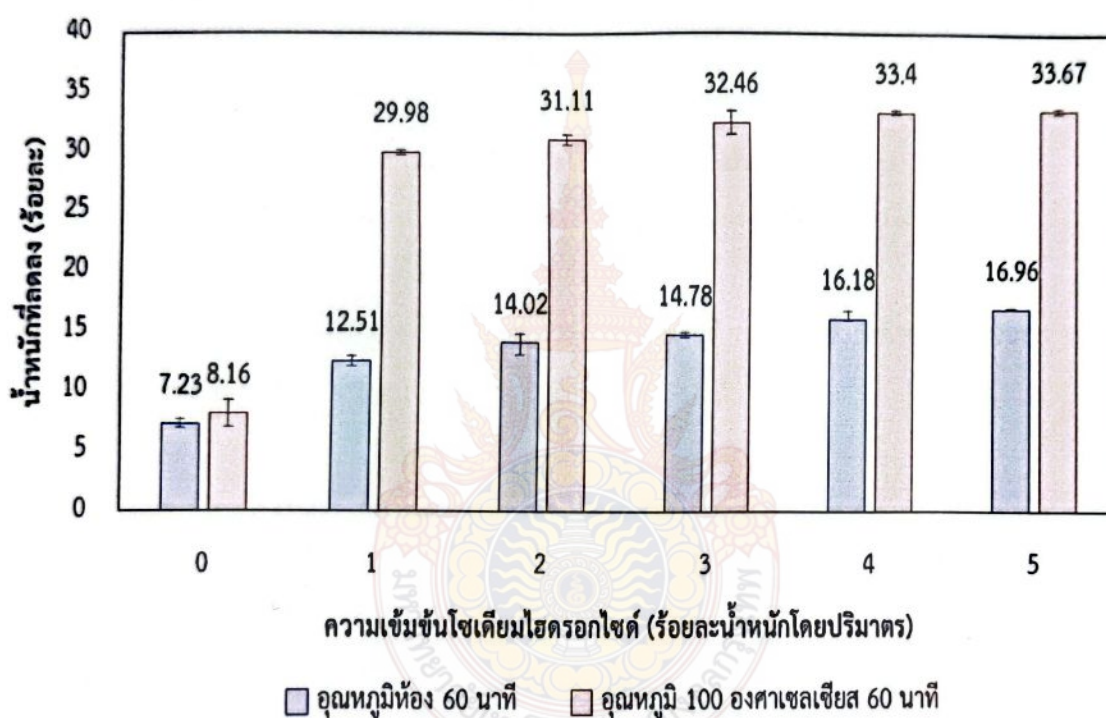
สมบัติเชิงกลของเส้นใย สับปะรด	เส้นใยจากการ แยกเชิงกล แล้วตามด้วย การปรับ สภาพด้วยน้ำ	Mohanty et al. (2000)	George et al. (1993)	Luo and Netravali (1995)	Arib et al. (2006)	Mohamed et al. (2009)
ความแข็งแรงต่อนแรงดึง (เมกะปาสกาล)	639.60 ± 71.1	413- 1,623	170	445	126.6	293.08
ความยืดตัวก่อนขาด (ร้อยละ)	2.82 ± 0.57	1.6	0.8-1.6	3.37	2.2	1.41

ผลการทดลองพบว่า เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำมีความต้านทานแรงดึง 639.60 ± 71.19 เมกะปาสกาล และค่าการยืดตัวก่อนขาดร้อยละ 2.82 ± 0.57 โดยพบว่าสมบัติเชิงกลของเส้นใยขึ้นกับวิธีการแยกเส้นใย

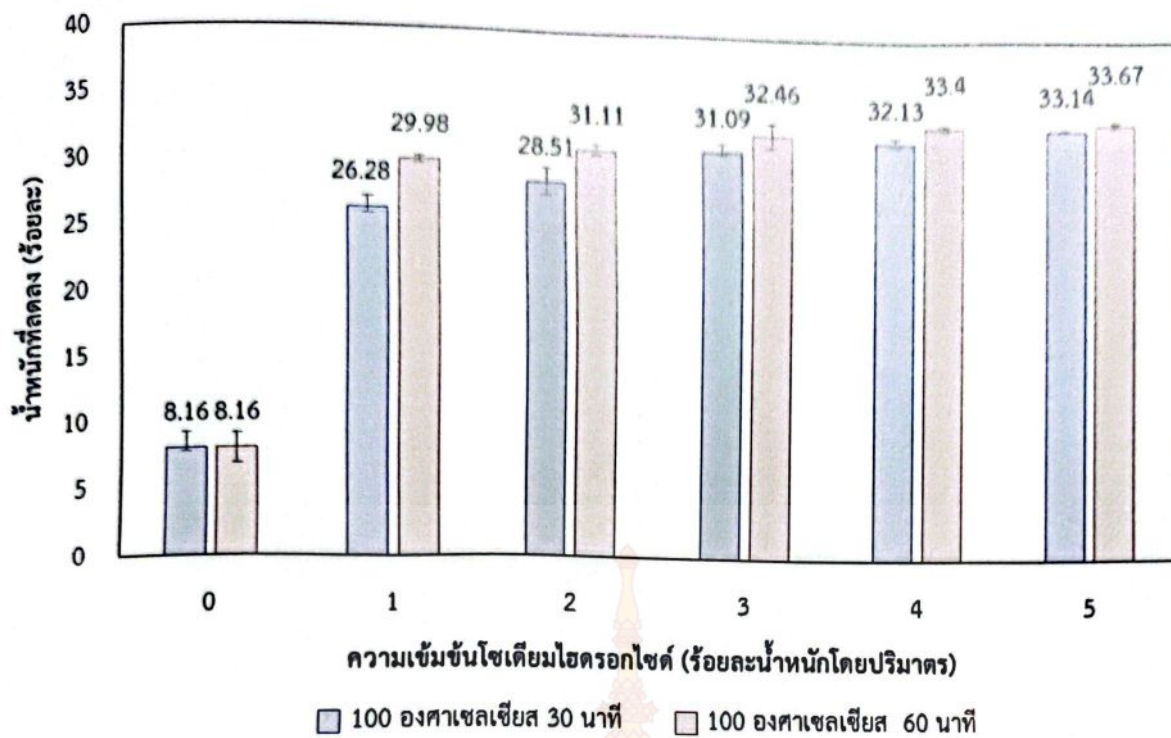
4.3 การปรับสภาพเส้นใยด้วยกระบวนการทางเคมี

4.3.1 การปรับสภาพเส้นใยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

นำเส้นใยลัมเบิร์ตที่ได้จากการแยกเชิงกล จากข้อ 4.2 น้ำหนักโดยปริมาตร มาปรับสภาพโดยแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 (น้ำหนักโดยปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำเส้นใยที่ได้มาล้างน้ำจนปราศจากสารเคมี ผึ่งให้แห้ง และอบที่ 80 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักเส้นใย ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ข.5 - ข.7 และรูปที่ 4.7 - 4.8

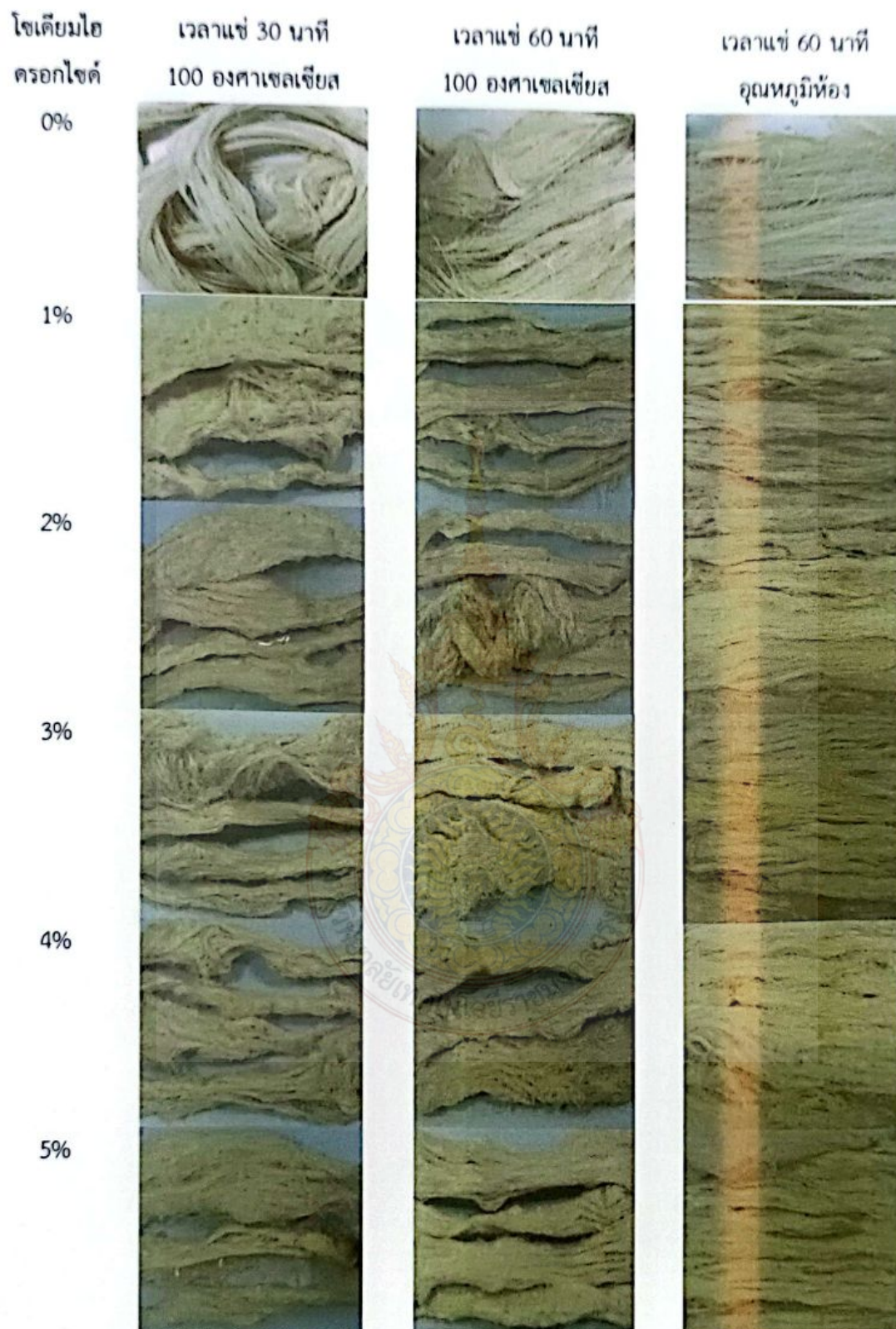


รูปที่ 4.7 การลดลงของน้ำหนักเส้นใยหลังปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที



รูปที่ 4.8 การลดลงของน้ำหนักเส้นใยหลังปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 และ 60 นาที



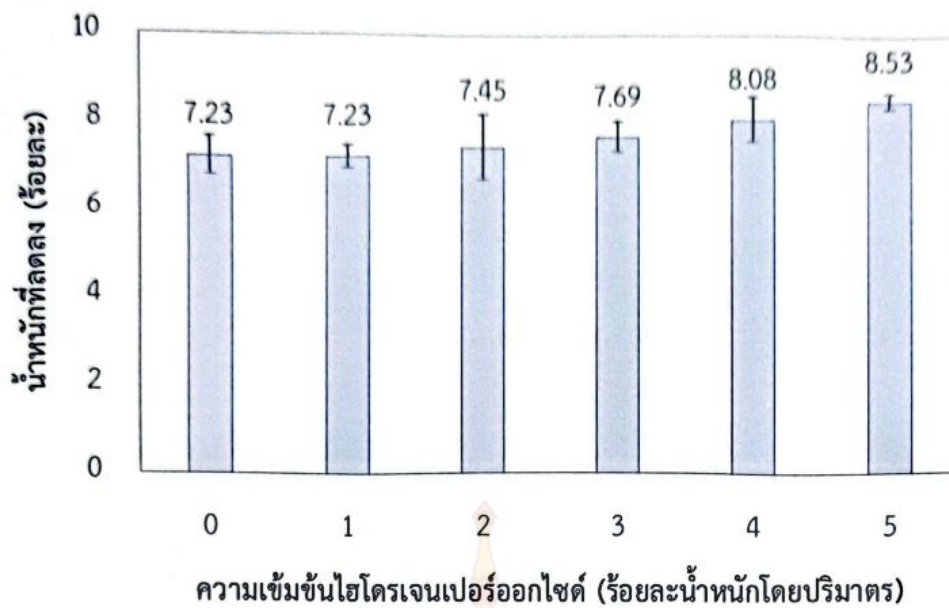


รูปที่ 4. 9 ลักษณะเส้นใยหลังปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อุณหภูมิและเวลาแช่ต่างกัน

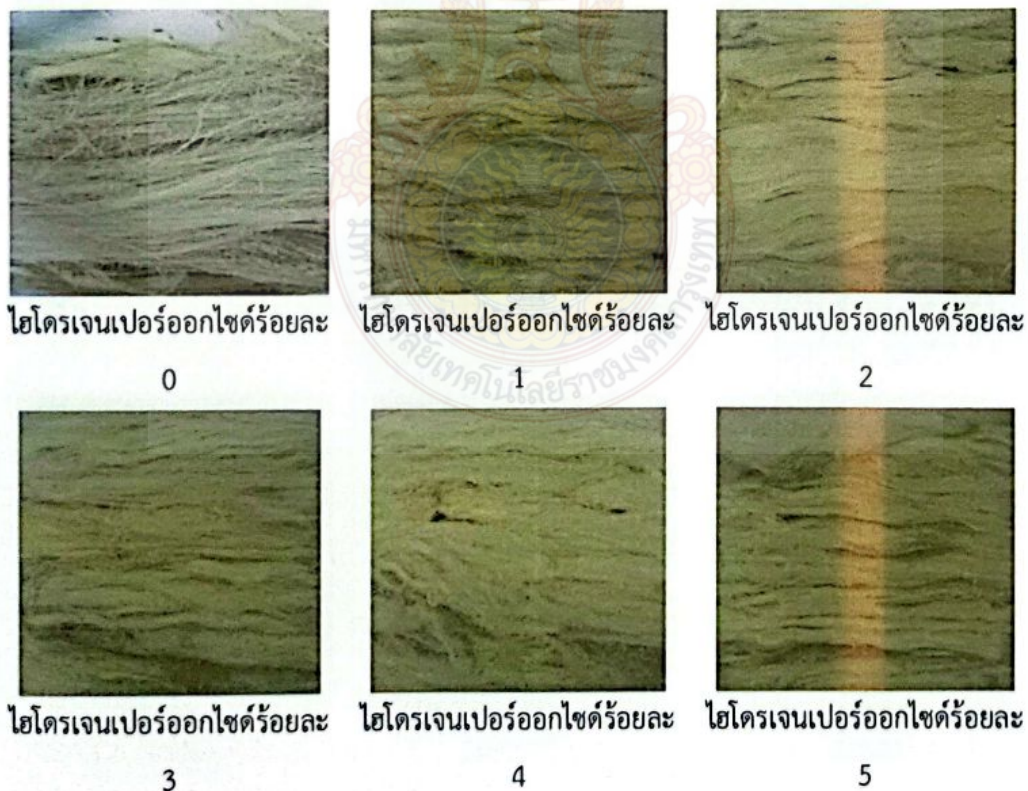
ผลการทดลองพบว่าหลังปรับสภาพเส้นใยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เส้นใยสับประดามีน้ำหนักลดลงมากกว่าการปรับสภาพด้วยน้ำประปา จากการเปรียบเทียบน้ำหนักของเส้นใยที่ปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ระหว่างการให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส และการไม่ให้ความร้อน ที่เวลา 60 นาที ตามรูปที่ 4.7 พบว่าการให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส น้ำหนักเส้นใยจะลดลงมากกว่าการแช่ที่อุณหภูมิห้อง และผลการทดลองจากรูปที่ 4.8 พบว่าเมื่อเวลาแช่ในสารละลายนานขึ้น และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์มากขึ้น น้ำหนักของเส้นใยจะลดลงมากด้วย โดยการปรับสภาพเส้นใยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ให้ความร้อน 100 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที เส้นใยจะมีน้ำหนักลดลงมากที่สุด คือร้อยละ 33.67 ± 0.18 แสดงว่าสารแทรกต่าง ๆ รวมถึง ลิกนิน และเพกทิน ได้ถูกกำจัดออกจากเส้นใยได้มาก ทั้งนี้เนื่องจากการปรับสภาพเส้นใยด้วยด่างจะช่วยกำจัดเอมิเซลลูโลส ลิกนิน เพกทิน ไขมัน และ แวกซ์ ออกจากเซลลูโลส (Pickering et al., 2016) แต่พบว่าการปรับสภาพเส้นใยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในสภาวะที่ร้อน ทำให้เส้นใยเกาะกันแน่น ไม่สามารถแยกเส้นใยออกเป็นเส้นได้ ส่วนการปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในสภาวะปกติเส้นใยที่ได้มีความหยาบมากขึ้น และไม่เกาะกันแน่นสามารถนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายได้ง่าย ดังนั้นในการปรับสภาพเส้นใยสำหรับงานวิจัยจะเลือกการปรับสภาพเส้นใยโดยไม่ให้ความร้อน

4.3.2 การปรับสภาพเส้นใยด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

นำเส้นใยสับประดาล้างทำความสะอาด น้ำหนักโดยปริมาตร มาปรับสภาพโดยแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 (น้ำหนักโดยปริมาตร) ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำเส้นใยที่ได้มาล้างน้ำจนปราศจากสารเคมี ผึ่งให้แห้ง และอบที่ 80 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเส้นใย ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ข.8 และรูปที่ 4.10 – 4.11



รูปที่ 4.10 การลดลงของน้ำหนักเส้นใยหลังปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที

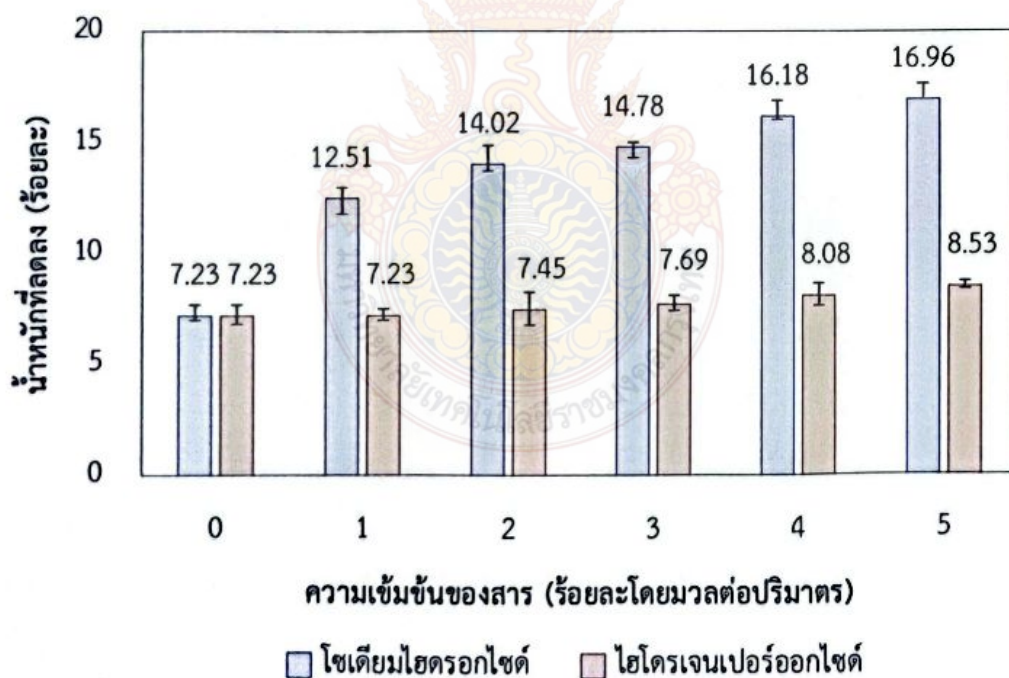


รูปที่ 4.11 ลักษณะเส้นใยหลังปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 60 นาที

ผลการทดลองพบว่าการปรับสภาพเส้นใยด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารออกซิไดส์น้ำหนักของเส้นใยจะลดลงตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 เส้นใยจะมีน้ำหนักลดลงมากที่สุด คือร้อยละ 8.53 ± 0.68 แสดงว่าสารออกซิไดส์ จะสามารถย่อยสลายสารแทรกต่าง ๆ รวมถึง ลิกนิน และเพกทิน ออกจากเส้นใยได้ และประสิทธิภาพในการกำจัดขึ้นกับความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

4.3.3 การเปรียบเทียบการปรับสภาพเส้นใยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

นำใยสับปะรดที่ล้างทำความสะอาด น้ำหนักโดยปริมาตร มาปรับสภาพโดยแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 (น้ำหนักโดยปริมาตร) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำเส้นใยที่ได้มาล้างน้ำจนปราศจากสารเคมี ผึ่งให้แห้ง และอบที่ 80 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเส้นใย ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ข.7 - ข.8 และรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 การลดลงของน้ำหนักเส้นใยหลังการปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่างกัน

ผลการทดลองการปรับสภาพเส้นใยด้วยตัวสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และ สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทำให้เส้นใยหลังการปรับสภาพมีน้ำหนักลดลง ที่ความเข้มข้นของ สารเคมีเพิ่มขึ้น น้ำหนักของเส้นใยจะลดลงมากขึ้น แสดงว่าสารเคมีทั้งสองชนิดสามารถจัดสิ่งสกปรก ต่าง ๆ ในเส้นใย รวมทั้งทำให้เกิดการสลายตัวของลิกนินและเฮมิเซลลูโลสในเส้นใยพืชได้โดย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้เกิดการสลายตัวของลิกนินและเฮมิเซลลูโลสในเส้นใยพืชได้มากกว่า ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เพราะเส้นใยมีน้ำหนักลดลงมากกว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทั้งนี้มีรายงานว่า การปรับปรุงเส้นใยพืชด้วยการใช้สารเคมีถือเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและสามารถทำให้เกิดการ สลายตัวของลิกนินและเฮมิเซลลูโลสในเส้นใยพืชได้ และสามารถทำได้ที่อุณหภูมิห้อง แต่มีผลเสียคือมี ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นจากการใช้สารเคมี (Sun & Cheng, 2002)

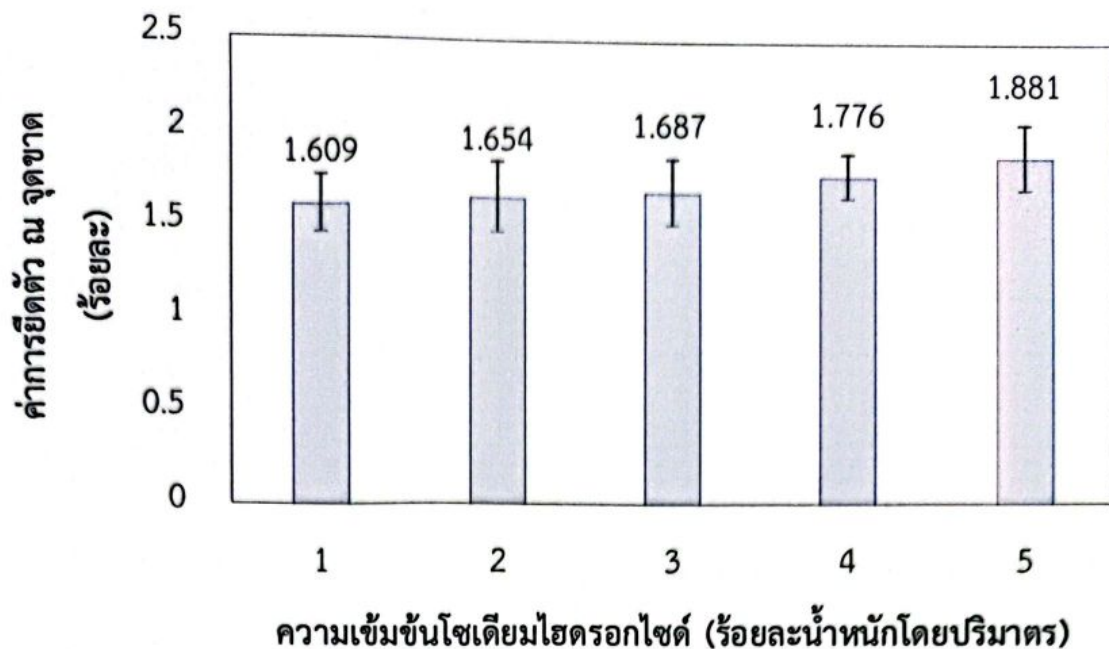
4.4 การทดสอบสมบัติของเส้นใยสับปะรด

4.4.1 สมบัติของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

นำเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล แล้วนำมาปรับสภาพด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 – 5.0 น้ำหนักโดยปริมาตร ที่อุณหภูมิห้องไปทดสอบการ ยืดตัว ณ จุดขาด และความแข็งแรงต่อแรงดึง ตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM D 3822-01 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers โดยตัดเส้นใย ขนาด 50 เซนติเมตร จำนวน 10 ชิ้น นำเส้นใยไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (tensile testing machine : JJ instrument T5K

(1) การยืดตัว ณ จุดขาด ของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

จากการวัดค่า การยืดตัว ณ จุดขาด ของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ ข.9 – ข.10 นำค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบทางเดียว เพื่อทดสอบว่าความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีผลทำให้ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ต่างกันหรือไม่ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ ข.11 – ข.12 และรูปที่ 4.13



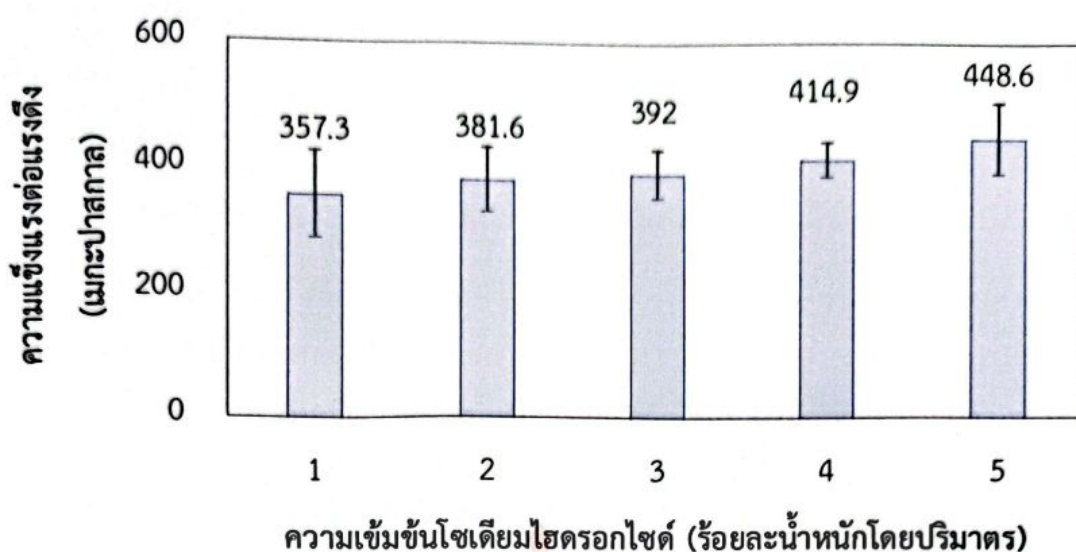
รูปที่ 4.13 การยืดตัว ณ จุดขาด ของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

ผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F-test ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีผลต่อค่าเฉลี่ยการยืดตัว ณ จุดขาด ของเส้นใยสับปะรด อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น เส้นใยจะมีค่าเฉลี่ยการยืดตัว ณ จุดขาด เพิ่มขึ้น โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5 จะทำให้เส้นใยมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาดร้อยละ 1.881 และจากการทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ดังแสดงในตารางผนวกที่ ข.12 พบว่า

ค่าเฉลี่ยการยืดตัว ณ จุดขาด ของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1-3 และเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 4-5 ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยสับปะรดไม่แตกต่างกัน

(2) ความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

จากการวัดค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง ของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ ข.13 นำค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อทดสอบว่าความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีผลทำให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยต่างกันหรือไม่ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ ข.14 - ข.15 และรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ความแข็งแรงตึงของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F-test ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแรงตึงของเส้นใยสับปะรด อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยเมื่อความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น เส้นใยจะมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงตึงเพิ่มขึ้น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5 จะทำให้เส้นใยมีความแข็งแรงตึง 448.6 เมกะปาสกาล และจากการทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ดังแสดงในตารางผนวกที่ ข.16 พบว่า

ค่าเฉลี่ยแรงตึงของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1-3 และเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 4-5 ค่าความแข็งแรงตึงของเส้นใยสับปะรดไม่แตกต่างกัน

ผลจากการทดลองพบว่าเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล แล้วนำมาปรับสภาพด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5.0 น้ำหนักโดยปริมาตร มีความยืดหยุ่น จุดขาด และความแข็งแรงตึงสูงสุดคือร้อยละ 1.881 มิลลิเมตร และ 448.6 เมกะปาสกาล ตามลำดับ

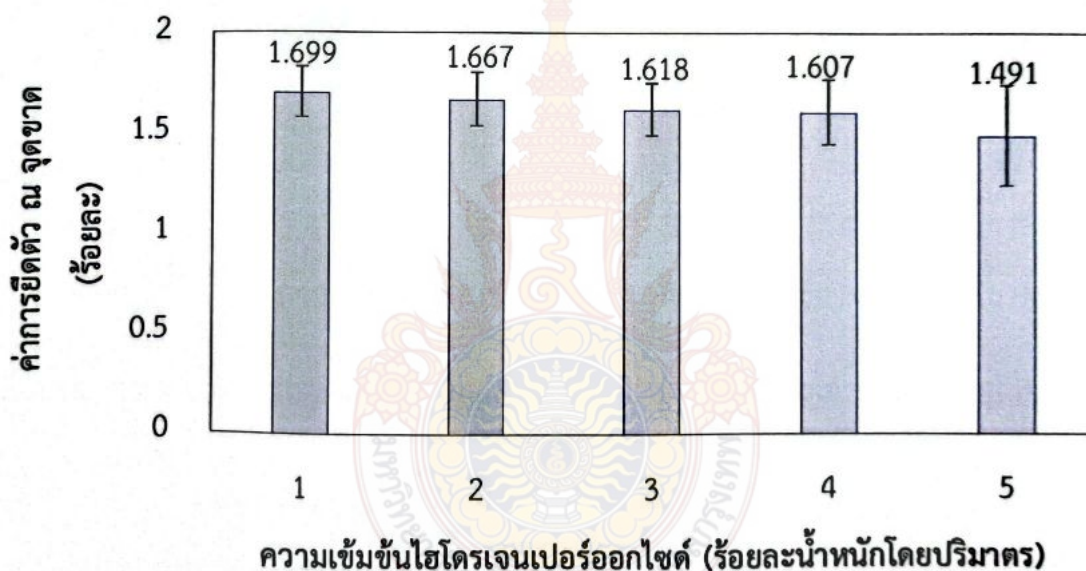
4.4.2 สมบัติของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

นำเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล แล้วนำปรับสภาพด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 - 5.0 น้ำหนักโดยปริมาตร ไปทดสอบการยืดหยุ่น จุดขาด ความแข็งแรงตึง และค่าโมดูลัสยัง ตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM D 3822-01

Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers โดยตัดเส้นใย ขนาด 50 เซนติเมตร จำนวน 10 ชิ้น นำเส้นใยไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (tensile testing machine : JJ instrument T5K

(1) การยึดตัว ณ จุดขาด ของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

จากการวัดค่า การยึดตัว ณ จุดขาด ของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ ข.17 นำค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ทางเดียว เพื่อทดสอบว่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีผลทำให้ค่าการยึดตัว ณ จุดขาด ต่างกันหรือไม่ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ ข.18 - ข.19 และรูปที่ 4.15

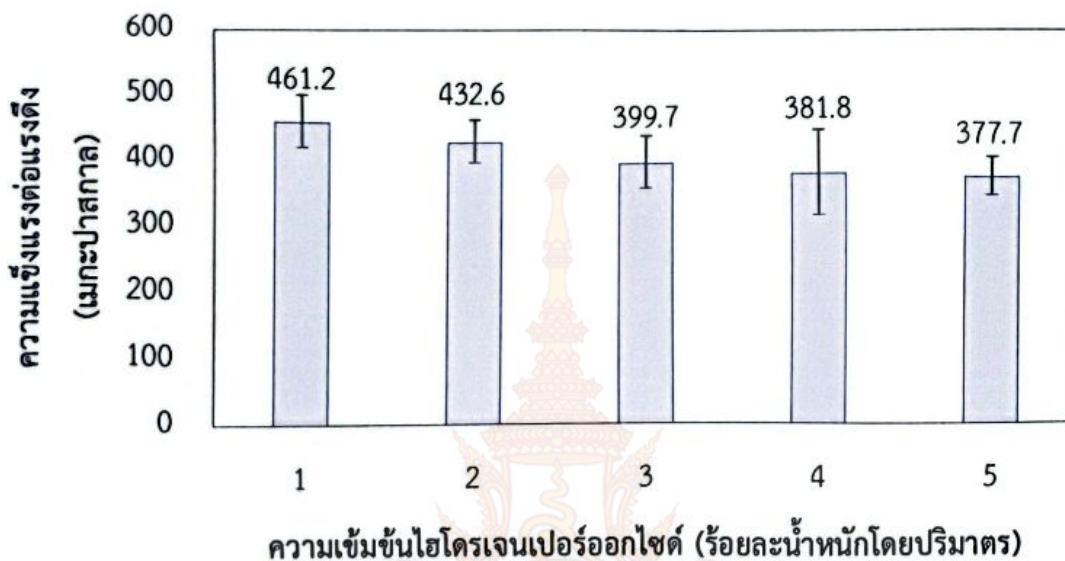


รูปที่ 4.15 การยึดตัว ณ จุดขาด ของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F-test ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในช่วงร้อยละ 1-5 ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยการยึดตัว ณ จุดขาด ของเส้นใยสับปะรด อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากการทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ดังแสดงในตารางผนวกที่ ข.20 พบว่า ค่าเฉลี่ยการยึดตัว ณ จุดขาด ของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 1 ต่างจากค่าเฉลี่ยการยึดตัว ณ จุดขาด ของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5

(2) ความแข็งแรงต่อแรงดึง ของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

จากการวัดค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง ของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ ข.21 นำค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อทดสอบว่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยสับปะรดต่างกันหรือไม่ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ ข.22 - ข.23 และรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F-test ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใยสับปะรด อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยเมื่อความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น เส้นใยจะมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อแรงดึงลดลง ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 จะทำให้เส้นใยมีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง 461.2 เมกะปาสกาล และจากการทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ดังแสดงในตารางผนวกที่ ข.24 พบว่าค่าเฉลี่ยแรงดึงของเส้นใยสับปะรดที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 3 - 5 ไม่แตกต่างกัน

ผลจากการทดลองพบว่าเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล แล้วนำมาปรับสภาพด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 น้ำหนักโดยปริมาตร มีค่าความยืดตัว ณ จุดขาด และความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงที่สุดคือร้อยละ 1.699 และ 461.2 เมกะปาสกาลตามลำดับ

4.4.3 เปรียบเทียบสมบัติของเส้นใยที่สกัดด้วยสารเคมีต่างกัน

จากการนำเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล แล้วนำมาปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่าการปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5.0 น้ำหนักโดยปริมาตร มีค่าความยืดตัว ณ จุดขาด และความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุด และการปรับสภาพด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 น้ำหนักโดยปริมาตร มีค่าความยืดตัว ณ จุดขาด และความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุด ในการทดลองขั้นต่อไปจึงเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ดังนี้

- เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล แล้วปรับสภาพด้วยการแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที
- เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล แล้วปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที
- เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล แล้วปรับสภาพด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที

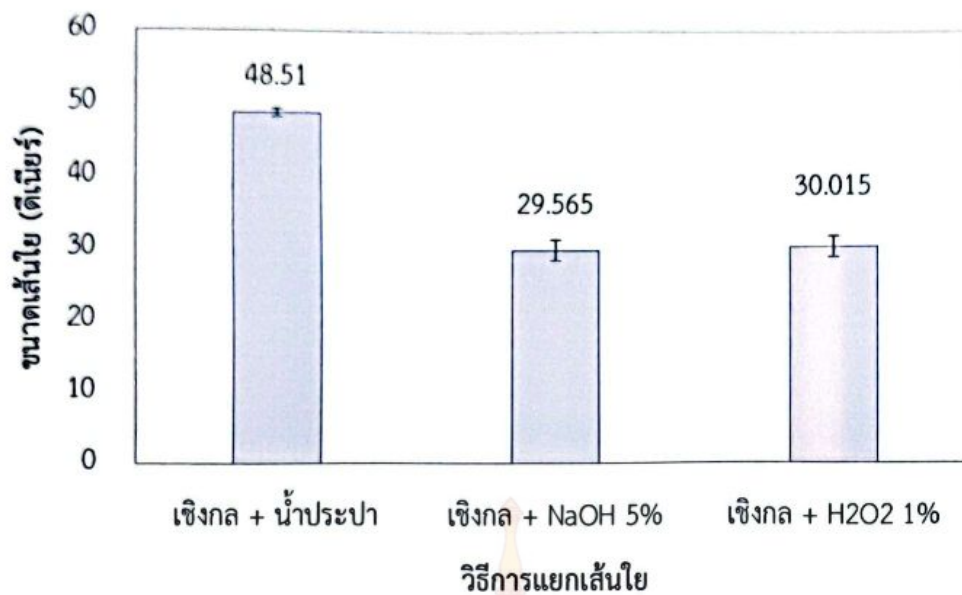
สมบัติด้านกายภาพที่ศึกษา ได้แก่ ความยาว ขนาดของเส้นใย ความหยิก ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ

(1) ความยาวของเส้นใย

นำเส้นใยสับปะรดความยาว 10 – 50 เซนติเมตร จัดเรียงเส้นใย แล้ววัดความยาวได้ผลแสดงในตารางที่ ข.25 พบว่าเส้นใยมีความยาวเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน โดยเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 และเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 มีความยาวเท่ากับ 67.76 ± 5.15 , 67.69 ± 5.59 และ 67.43 ± 6.44 เซนติเมตร ตามลำดับ

(2) ขนาดของเส้นใย

นำเส้นใยสับปะรดที่เตรียมด้วยกระบวนการแตกต่างกัน ตัดเส้นใยให้มีขนาดความยาว 20 เซนติเมตร จำนวน 40 เส้น วัดเบอร์เส้นใยด้วยระบบตรง (direct system) หรือวัดความหนาแน่นเชิงเส้น (linear density) ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ ข.26 นำค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อทดสอบว่ากระบวนการแยกเส้นใย มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยขนาดของเส้นใยต่างกันหรือไม่ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ ข.27 – ข.28 และรูปที่ 4.17

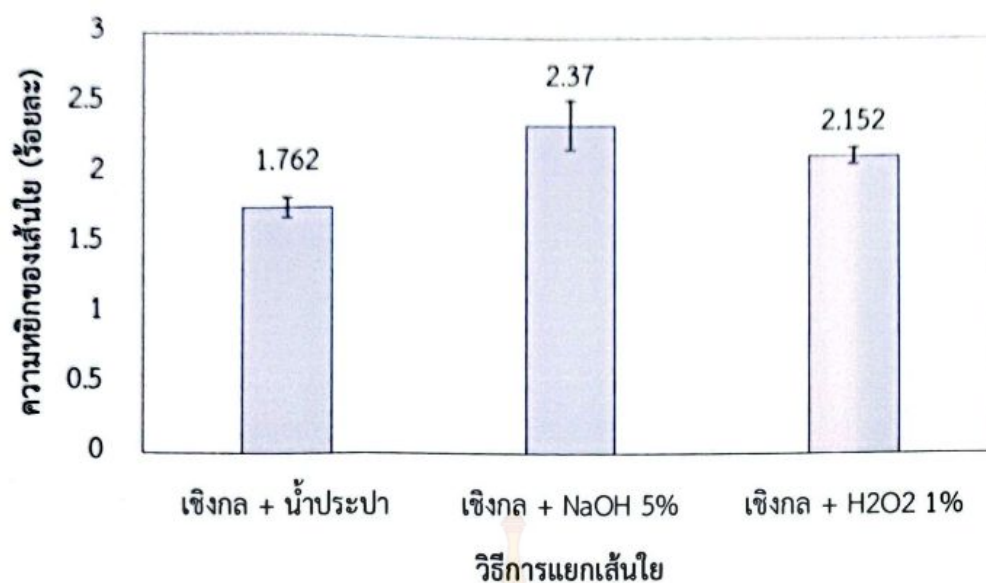


รูปที่ 4.17 ขนาดของเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน

ผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F-test ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่ากระบวนการแยกเส้นใยต่างกัน มีผลต่อค่าเฉลี่ยขนาดของเส้นใยสับปะรด อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยกระบวนการแยกเชิงกลเพียงอย่างเดียวได้เส้นใยที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ 48.51 ดีเนียร์ ส่วนเส้นใยที่ได้จากการแยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 เส้นใยมีขนาดที่ไม่แตกต่างคือมีขนาด 29.57 และ 30.02 ดีเนียร์ ตามลำดับ

(3) ความหยาบของเส้นใย

นำเส้นใยสับปะรดที่เตรียมด้วยกระบวนการแตกต่างกัน มาวิเคราะห์อัตราส่วนของความหยาบ ระหว่างผลต่างของเส้นใยที่ถูกยืดคลายออกจนเป็นเส้นตรง (L) กับความยาวดั้งเดิมของเส้นใยที่มีความหยาบอยู่ (LO) เปรียบเทียบกับความยาวดั้งเดิม ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ ข.30 นำค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อทดสอบว่ากระบวนการแยกเส้นใย มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความหยาบของเส้นใย ต่างกันหรือไม่ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ ข.31 - ข.32 และรูปที่ 4.18

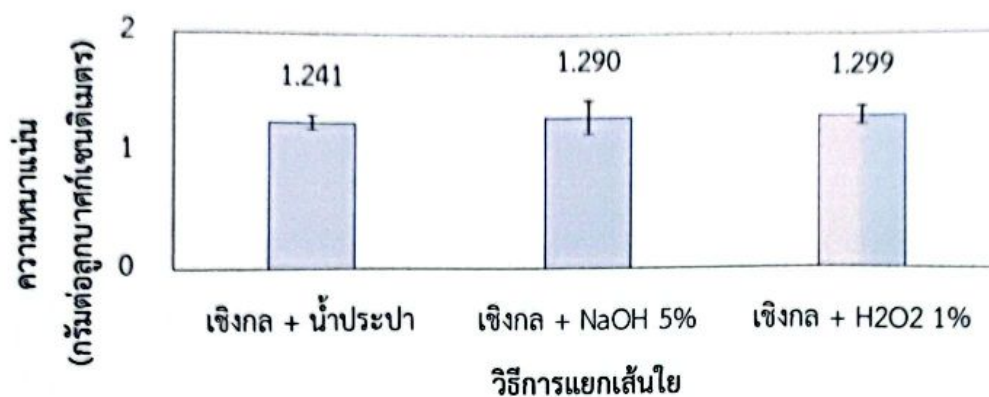


รูปที่ 4.18 ความหยาบของเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน

ผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F-test ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่ากระบวนการแยกเส้นใยต่างกัน มีผลต่อค่าเฉลี่ยความหยาบของเส้นใยสับปะรดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยกระบวนการแยกเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 โดยมีค่าความหยาบเท่ากับ 2.37, 2.15 และ 1.76 ตามลำดับ

(4) ความหนาแน่นของเส้นใย

นำเส้นใยสับปะรดที่เตรียมด้วยกระบวนการแตกต่างกัน ทดสอบหาความหนาแน่นโดยวิธีการแทนที่ด้วยน้ำ โดยใช้ภาชนะบรรจุน้ำปริมาณ 80 ลูกบาศก์เซนติเมตร บันทึกน้ำหนักรวมภาชนะ จากนั้นนำเส้นใยธรรมชาติ ใส่ในภาชนะบรรจุน้ำข้างต้น จนระดับของน้ำเพิ่มขึ้นอีก 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร วิเคราะห์ความหนาแน่นของเส้นใยจากสมการ ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ ข.34 นำค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อทดสอบว่ากระบวนการแยกเส้นใยมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของเส้นใย ต่างกันหรือไม่ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ ข.35 - ข.36 และรูปที่ 4.19

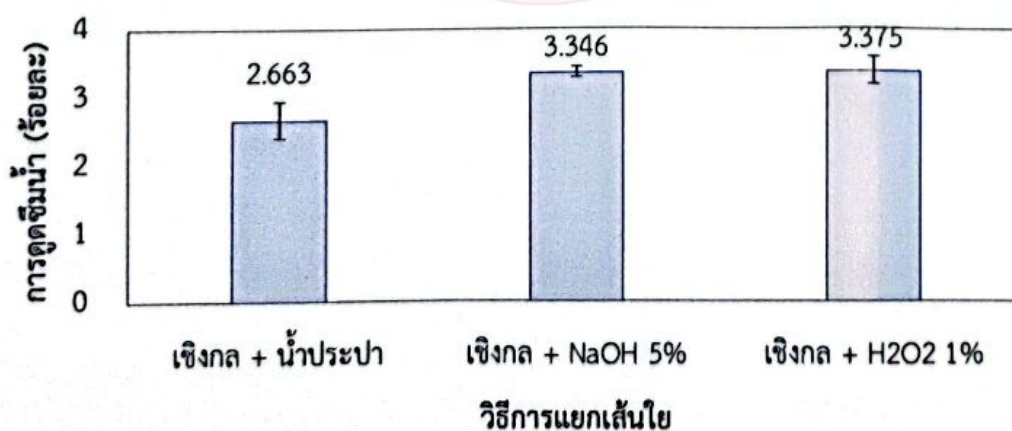


รูปที่ 4.19 ความหนาแน่นของเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน

ผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F-test ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่ากระบวนการแยกเส้นใยต่างกัน ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของเส้นใยสับปะรด

(5) การดูดซึมน้ำของเส้นใย

นำเส้นใยสับปะรดที่เตรียมด้วยกระบวนการแตกต่างกัน ทดสอบหาการดูดซึมน้ำ โดยการอบเส้นใยธรรมชาติ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วันเพื่อไล่ความชื้นออกแล้วชั่งน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำไปแช่น้ำจนครบเวลา 2 ชั่วโมง นำขึ้นมาจากน้ำชั่งน้ำหนักออกจากผิวและทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วันเพื่อให้อยู่ในสภาวะอิมมัวแห้ง (saturated surface dry) แล้วชั่งน้ำหนักอิมมัวแห้ง ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ ข.38 นำค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อทดสอบว่ากระบวนการแยกเส้นใย มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของเส้นใย ต่างกันหรือไม่ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ ข.39 - ข.40 และรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 การดูดซึมน้ำของเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน

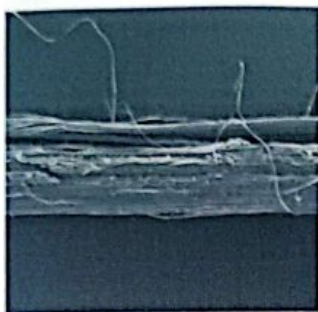
ผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F-test ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่ากระบวนการแยกเส้นใยต่างกัน มีผลต่อค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของเส้นใยสับปะรด อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยกระบวนการแยกเชิงกลเพียงอย่างเดียวได้เส้นใยที่มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดคือร้อยละ 2.66 ส่วนเส้นใยที่ได้จากการแยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 เส้นใยมีค่าการดูดซึมน้ำที่ไม่แตกต่างคือร้อยละ 3.35 และ 3.38 ตามลำดับ

(6) ลักษณะของเส้นใยสับปะรดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนไมโครสโคปกำลังขยายสูง

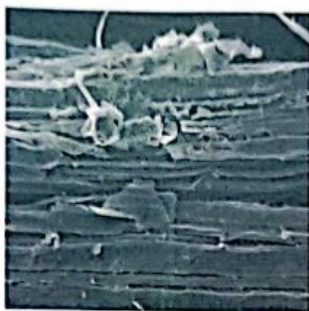
นำเส้นใย 3 ชนิด คือ 1) เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ 2) เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5 และ 3) เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 มาทดสอบลักษณะของเส้นใยสับปะรดด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง ได้ผลแสดงในรูปที่ 4.21



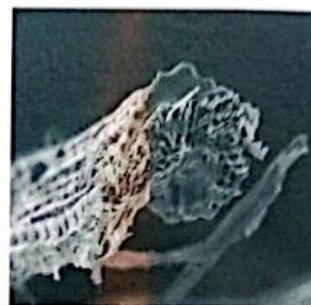
ภาพถ่ายตามยาว
กำลังขยาย 100 เท่า



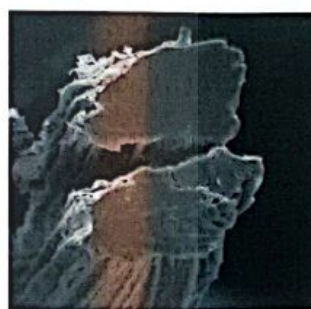
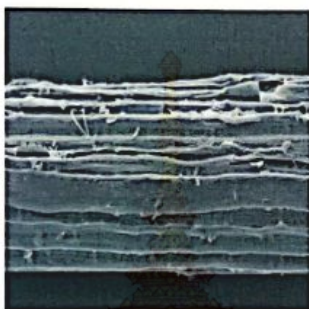
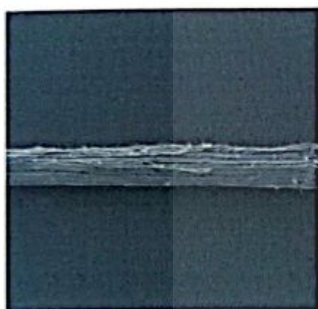
ภาพถ่ายตามยาว
กำลังขยาย 500 เท่า



ภาพถ่ายภาคตัดขวาง
กำลังขยาย 500 เท่า

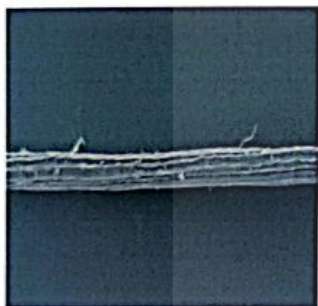


เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยแช่ในน้ำ



เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล

ตามด้วยแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5



เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล

ตามด้วยแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1

รูปที่ 4.21 ลักษณะของเส้นใยสับปะรดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนไมโครสโคปกำลังขยายสูง

จากลักษณะของเส้นใยสับปะรดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนไมโครสโคปกำลังขยายสูง พบว่า พื้นผิวภายนอกของเส้นใยสับปะรด มีลักษณะแตกต่างกันตามวิธีการแยกเส้นใย เส้นใยที่แยกด้วยวิธีเชิงกลตามด้วยปรับสภาพด้วยน้ำ มีพื้นผิวภายนอก (surface contour) ไม่เรียบเสมอกันตลอดทั้งเส้น ในขณะที่เส้นใยที่ผ่านการแยกเชิงกลแล้วมาปรับสภาพด้วยสารเคมีพบว่าพื้นผิว มีลักษณะเรียบขึ้นตลอดตามความยาวของเส้นใย และในบริเวณที่เป็นร่องของเส้นใย ก็จะมีร่องของ

เส้นใยชัดเจนมากขึ้น ร่องมีความลึกมากขึ้น เนื่องจากการละลายของสารต่างๆ ในเส้นใยออกไปเช่น ลิกนิน เพคติน โดยการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 ผิวเส้นใยจะมีความเรียบมากกว่า การปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1

จากการสังเกตรูปร่างด้านหน้าตัดขวางของเส้นใย (cross section shape) จาก กลองจุลทรรศน์ พบว่าเส้นใยที่แยกด้วยวิธีเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ เส้นใยมีลักษณะ รูปร่างรีแบบปดเล็กน้อยมีช่องว่างตรงกลาง และเมื่อปรับสภาพด้วยสารเคมีเส้นใยจะมีลักษณะกลมขึ้น และช่องว่างจะหายไป โดยการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 ช่องว่างภายในเส้นใยจะ น้อยกว่าการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1

จากการเปรียบเทียบสมบัติของเส้นใยนำเส้นใย 3 ชนิด คือ 1) เส้นใยที่แยกด้วย กระบวนการเชิงกล 2) เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5 และ 3) เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 พบว่า เส้นใยที่แยกด้วยวิธีเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยสารเคมี จะมีสมบัติที่ดีกว่าเส้นใยที่แยกด้วยวิธีเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ ทั้งนี้มีรายงานว่ากระบวนการทาง เคมีเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงเส้นใยพืช และสามารถทำให้เกิดการสลายตัว ของลิกนินและเฮมิเซลลูโลสในเส้นใยพืชได้ รวมทั้งสามารถทำได้ที่อุณหภูมิห้อง (Sun & Cheng, 2002) และเมื่อเปรียบเทียบสารเคมีที่ใช้พบว่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 มีสมบัติด้านความ แข็งแรง การยืดตัว ณ จุดขาด ความหยิก และค่าการดูดซึมน้ำ ที่ดีกว่าการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์เพียงเล็กน้อย แต่เส้นใยที่ได้จากการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์หลังจากล้างทำ ความสะอาด เส้นใยที่ได้มีความละเอียดมากจนกระทั่งเส้นใยเกาะตัวกันเป็นกลุ่มก้อน เส้นใยจะเกาะ กันแน่นยากออกจากกันค่อนข้างยาก และมีสีเหลือง ส่วนเส้นใยที่ได้จากการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์ หลังการปรับสภาพเส้นใยจะไม่เกาะกันแน่น แยกได้ง่าย มีสีขาวนวลกว่า และใช้ สารเคมีที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า ตลอดจนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จัดเป็นสารที่ส่งผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมน้อยกว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์ ดังนั้นในการผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยสับปะรด งานวิจัยนี้จึง เลือกการแยกเส้นด้ายโดยวิธีทางเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 1 โดยปริมาตร แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 24 ชั่วโมง แล้วล้างทำความสะอาดจนน้ำ ล้างเป็นกลาง แล้วผึ่งให้แห้ง

4.5 การผลิตเส้นด้ายจากใยสับปะรด

เส้นใยสับปะรดที่ได้จากการแยกเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ และแยกโดยวิธีทางเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 มีความยาวประมาณ 70 เซนติเมตรซึ่งต้องนำมาต่อกันให้เป็นเส้นด้ายยาวเพื่อใช้ในการถักผ้า ในการผลิตเส้นด้ายจากใยธรรมชาติโดยทั่วไป จะนำใยธรรมชาติที่ได้มาผสมกับใยฝ้ายในสัดส่วนต่างๆ แล้วนำมาปั่นให้มีความยาวต่อเนื่อง แต่ในงานวิจัยนี้จะใช้เส้นใยสับปะรดเพียงชนิดเดียวไม่ผสมกับฝ้าย โดยนำเส้นใยจำนวน 40 เส้น เพื่อทำให้เส้นใยมีขนาดโตขึ้น และนำมาต่อกันด้วยเงื่อนสมาธิ เพื่อให้มีความยาวติดต่อกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.22



การต่อเส้นด้ายด้วยเงื่อนสมาธิ



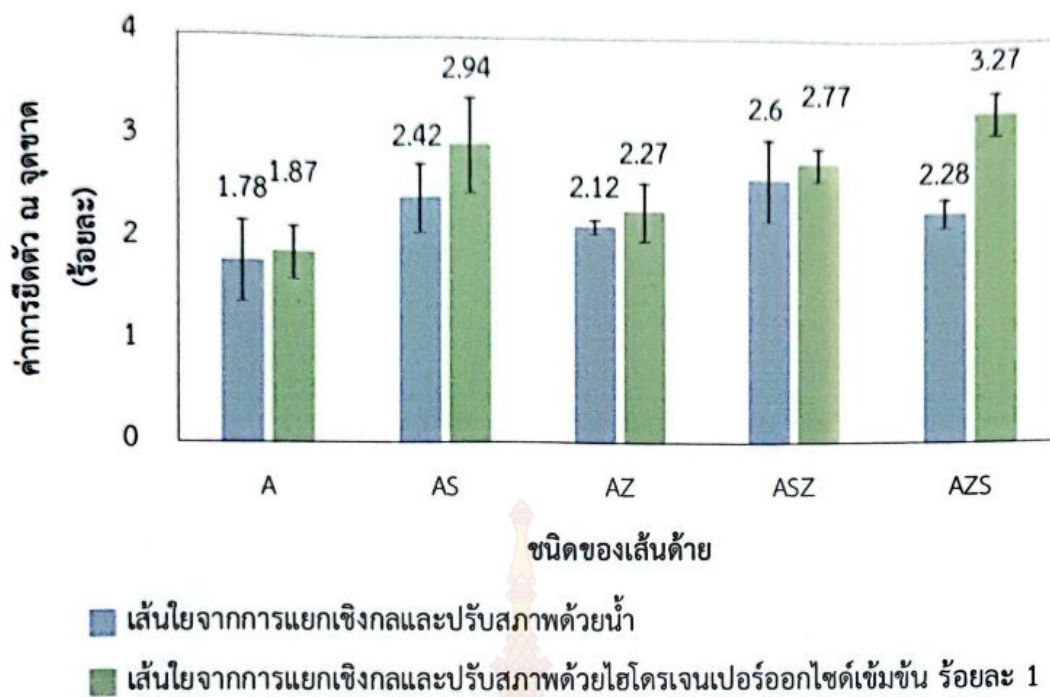
ลักษณะเส้นด้ายเดี่ยวจากใยสับปะรด

รูปที่ 4. 22 เส้นด้ายเดี่ยวจากใยสับปะรดต่อด้วยเงื่อนสมาธิ

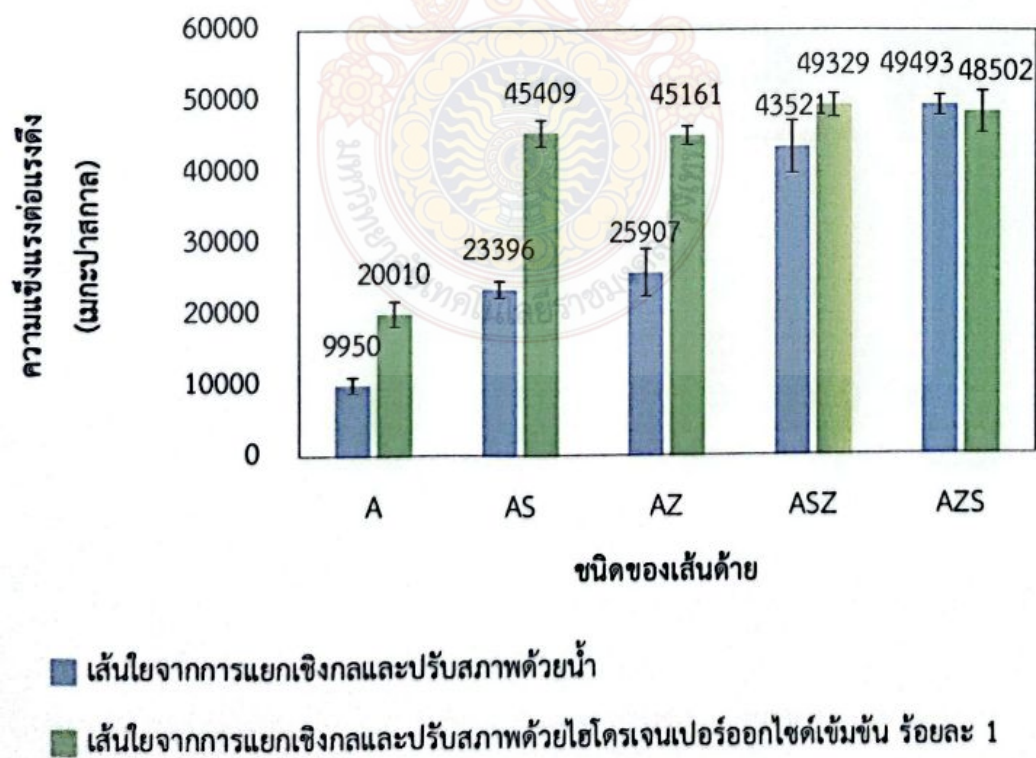
นำเส้นด้ายเดี่ยวมาตีเกลียวเข้าด้วยกัน โดยกำหนด 12 เกลียวต่อความยาว 10 เซนติเมตร จะได้เป็นด้าย (twine) หรือเชือก (rope) การตีเกลียวของด้ายหรือเชือกจะมีสองแบบคือ การตีเกลียวตามเข็มนาฬิกา (S-twist) และตีเกลียวทวนเข็มนาฬิกา (Z-twist) โดยผลิตเส้นด้ายรวม 5 ประเภท ดังนี้

- เส้นด้ายเดี่ยวจากเส้นใย 40 เส้น (เส้นด้าย A)
- เส้นด้าย A สองเส้นนำมาเข้าเกลียว S (เส้นด้าย AS)
- เส้นด้าย A สองเส้นนำมาเข้าเกลียว Z (เส้นด้าย AZ)
- เส้นด้าย AS สองเส้นนำมาเข้าเกลียว Z (เส้นด้าย ASZ)
- เส้นด้าย AZ สองเส้นนำมาเข้าเกลียว S (เส้นด้าย AZS)

นำเส้นด้ายทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นด้าย และทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยืดตัวของเส้นใย ตามมาตรฐาน ASTM D3822 -01 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ค.1 – ค.2 และรูปที่ 4.24

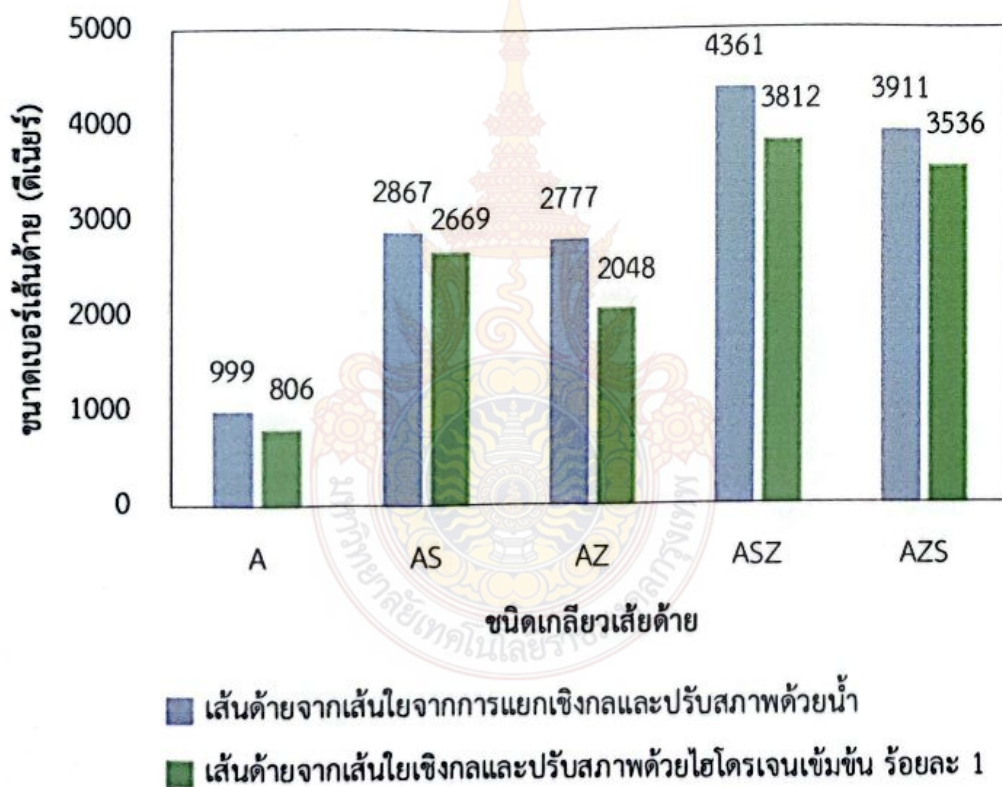


รูปที่ 4.23 ค่าการยืตตัวสูงสุดของเส้นด้ายชนิดต่างๆ



รูปที่ 4.24 ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นด้ายชนิดต่างๆ

ผลจากการผลิตเส้นด้ายชนิดต่าง ๆ พบว่าการใช้เส้นด้ายจากการเตรียมเส้นใยสับปะรดด้วยวิธีเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ จะมีค่าการยืดตัวสูงสุดและความแข็งแรงต่ำกว่าเส้นใยสับปะรดที่เตรียมด้วยวิธีเชิงกลและตามด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยที่เตรียมด้วยวิธีเชิงกลและตามด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 มีความหยิกมากกว่าเส้นใยสับปะรดที่เตรียมด้วยวิธีเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ ทำให้เมื่อมีการตีเกลียวทำให้เส้นใยเกาะกันแน่นมากกว่า เมื่อมีการตีเกลียวมากขึ้นเส้นด้ายจะมีความแข็งแรงต่อแรงดึง และค่าการยืดตัวมากขึ้น ทั้งนี้ลักษณะการตีเกลียวที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าการยืดตัวสูงสุดและความแข็งแรงของเส้นด้ายเพียงเล็กน้อย และการเพิ่มการตีเกลียวทำให้ได้เส้นด้ายที่มีขนาดแตกต่างดังแสดงในตารางผนวกที่ ค.3 - ค.4 และรูปที่ 4.25





รูปที่ 4.25 ขนาดเบอร์ด้ายของเส้นด้ายใยสับปะรดแต่ละชนิด

เส้นด้ายเมื่อนำมาตีเกลียวมากขึ้น จะมีขนาดใหญ่มากขึ้นตามจำนวนเกลียวของเส้นด้าย เมื่อพิจารณาจากเบอร์ด้ายพบว่าเส้นด้ายเดียวจากเส้นใย 40 เส้น (เส้นด้าย A) มีเบอร์ด้ายต่ำที่สุด ทำให้ได้เส้นด้าย เหมาะสำหรับนำมาถักเป็นผ้าถักมากกว่าเส้นด้ายชนิดอื่น ๆ ที่มีขนาดใหญ่มากเกินไป

4.6 การผลิตผ้าดักจากเส้นด้ายใยสับปะรด

นำเส้นด้ายเดี่ยวจากเส้นใย 40 เส้น (เส้นด้าย A) ที่ได้จากการแยกเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ และการแยกเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 มาดักเป็นผืนผ้า ด้วย ลายเพิร์ล (Purl) อุปกรณ์ดัก คือ ไม้ชนิดแบบตรง (Single-pointed needle) เบอร์ 2mm วิธีดัก คือ 1.) สอด (แทง) ไม้ชนิด ขวามือเข้าทางด้านบนของห่วงแรกบนไม้ชนิดซ้ายมือ 2.) นำเส้นด้ายคล้องปลาย ไม้ชนิดขวามือ 3.) ดึงไม้ชนิดขวามือลงเล็กน้อยพร้อมทั้งเกี่ยวเส้นด้ายที่คล้องไว้ลอดผ่านห่วงออกมา 4.) ปลดห่วงออกจากไม้ซ้ายมือ จะได้ห่วงที่ไม้ขวามือ ทำตามข้อ 1.)-4.) ต่อไปเรื่อย ๆ ทุกห่วงจนครบแถว ได้ผ้าดักดังแสดงในตารางผนวกที่ ค.5 – ค.6 และตารางที่ 4.2

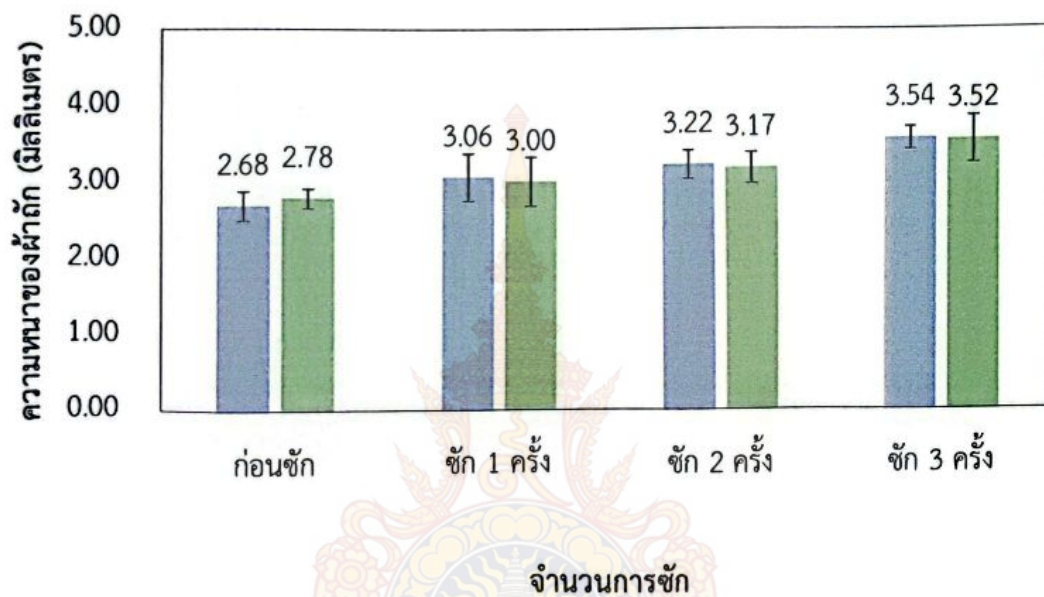
ตารางที่ 4.2 สมบัติของผ้าดักที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำและ เส้นใยที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 1

ชนิดผ้าดัก	ลักษณะของผ้าดัก	ความหนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัมต่อ ตารางเซนติเมตร)
ผ้าดักที่ได้จากเส้นใย สับปะรดที่แยกด้วย เชิงกลแล้วปรับสภาพ ด้วยน้ำ		2.68 ± 0.19	0.59 ± 0.02
ผ้าดักที่ได้จากเส้นใย สับปะรดที่แยกด้วย เชิงกลแล้วปรับสภาพ ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ ออกไซด์ร้อยละ 1		2.78 ± 0.13	0.53 ± 0.01

ผ้าฝ้ายที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ มีผิวสัมผัสที่เรียบกว่าผ้าฝ้ายที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 1 ส่วนความหนาและน้ำหนักของผ้ามีค่าใกล้เคียงกัน

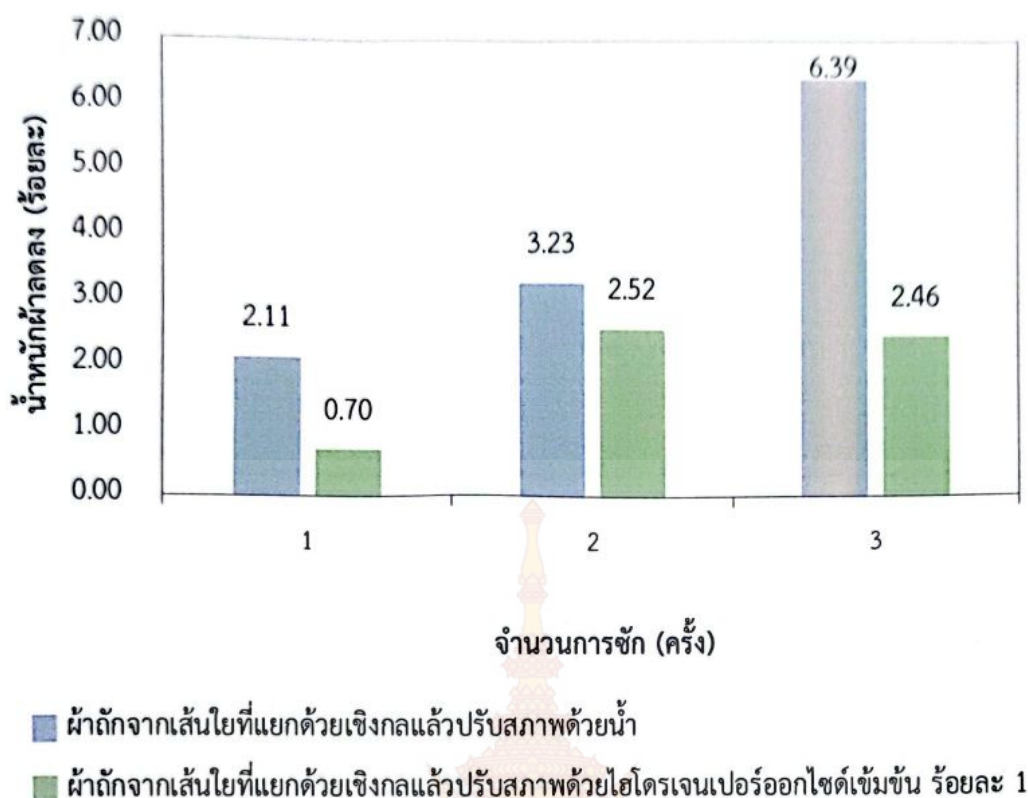
(1) ความหนาและน้ำหนักของผ้าฝ้ายหลังการซัก

นำผ้าฝ้ายมาทดสอบการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ความหนา และการยืดหดหลังการซักจำนวน 3 ครั้ง ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ค.5 - ค.7 และรูปที่ 4.26 - 4.29



- ผ้าฝ้ายจากเส้นใยที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ
- ผ้าฝ้ายจากเส้นใยที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 1

รูปที่ 4.26 น้ำหนักก่อนและหลังซักของผ้าฝ้ายที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ และเส้นใยที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 1



รูปที่ 4.27 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักก่อนและหลังซักของผ้าซักที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ และเส้นใยที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 1

ผ้าซักหลังจากผ่านการซักในแต่ละครั้งมีความหนาเพิ่มขึ้น เนื่องจากการหดตัวของเส้นด้ายสาเหตุจากขั้นตอนการผลิตเส้นด้าย ทำให้เส้นใยเกิดการยืดตัวออก และไม่สามารถหดกลับได้เอง จนนำไปตกเป็นผืนผ้าก็ยังคงมีแรงกระทำต่อผืนผ้าส่งผลทำให้เกิดความเค้นตกค้างสะสม (internal residual stress) อยู่ในเส้นใย โดยเฉพาะผ้าซักจะมีลักษณะเป็นห่วง (loop) เมื่อได้รับแรงดึงจะเกิดความเครียด (strain) และเมื่อผ่านการซัก น้ำจะทำให้เส้นใยเกิดการพองตัวเหมือนเป็นการขจัดแรงดึงที่ค้างอยู่ออกจากเส้นใย (Cooke, 2011; Roy Choudhury, 2017) ผ้าซักที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ เมื่อผ่านการซักผ้าจะมีความหนามากกว่าผ้าซักที่ได้จากเส้นใยที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 ซึ่งแสดงว่าผ้าซักที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ มีความเครียดสะสมมากกว่า และเมื่อพิจารณา น้ำหนักของผืนผ้าพบว่าหลังการซักผ้าซักทั้งสองชนิดมีน้ำหนักลดลง เนื่องจากแรงจากการซักมีผลทำให้เศษเส้นใยชิ้นเล็ก ๆ มีการกระจายตัวออกจากกัน เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลร่วมกับ






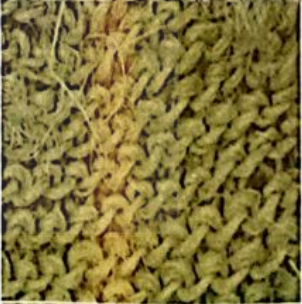


ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 เส้นใยมีเศษเส้นใยน้อยกว่าเนื่องจากได้มีการหลุดออกไปในช่วงการแช่หมักกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 จึงทำให้ผ้าฝ้ายจากเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 มีน้ำหนักน้อยกว่า และน้ำหนักลดลงน้อยกว่าผ้าฝ้ายจากเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ นำทฤษฎี บทที่ 2 หน้า 17-18 มาอภิปราย

(2) การยืดหดหลังการซัก









นำผ้าฝ้ายมาทดสอบการเปลี่ยนแปลงการยืดหดหลังการซักทั้งแนวหน้ากว้างของผ้า และตามความยาวของผ้า ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ค.5 – ค.7 ตารางที่ 4.3 – 4.4 และรูปที่ 4.30 – 4.31

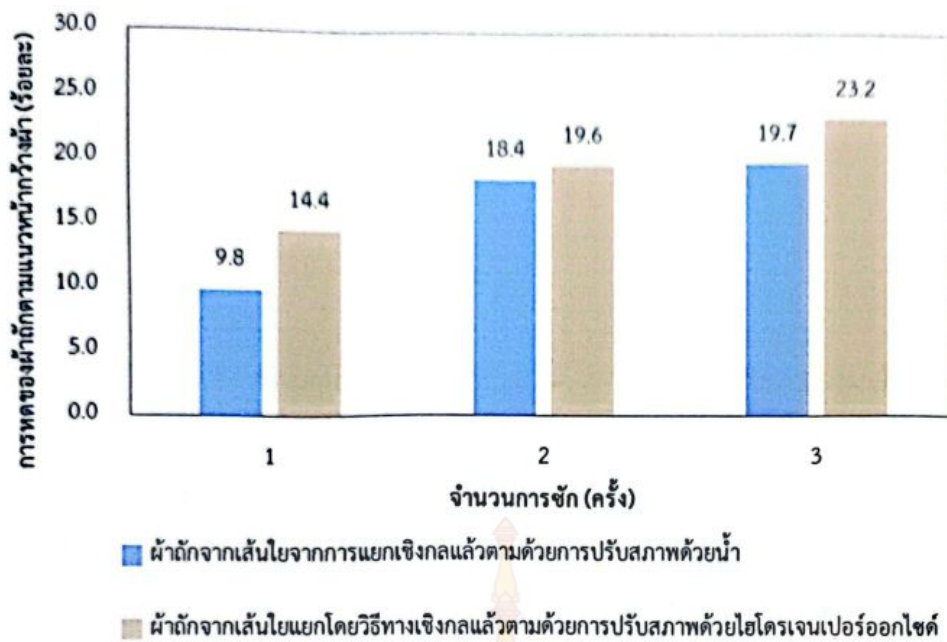


ตารางที่ 4.3 สมบัติการยืดหดของผ้าถักที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ

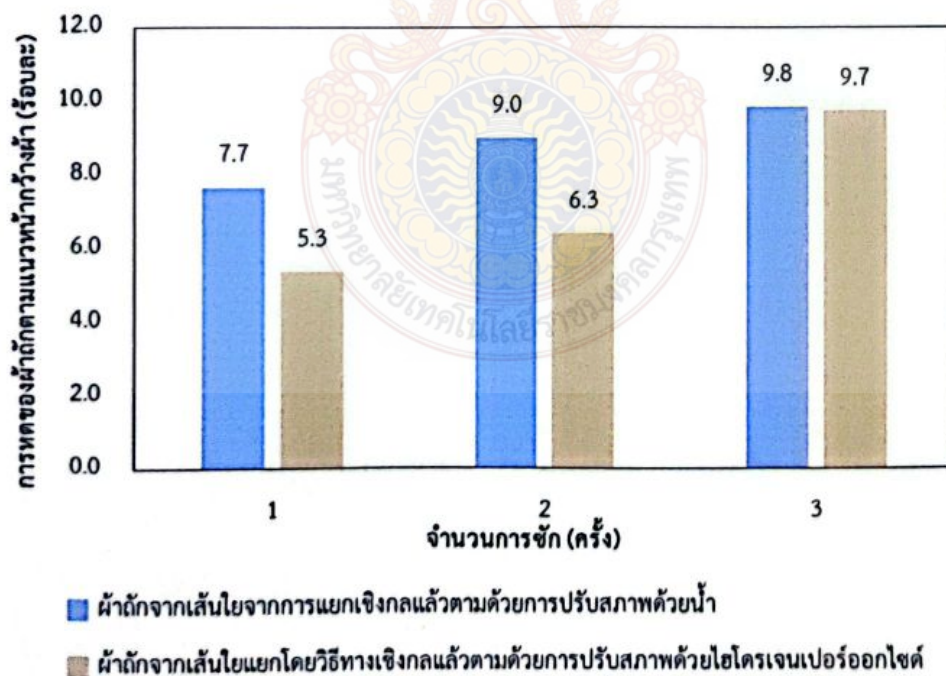
ชนิด ผ้าถัก	ความกว้าง หน้าผ้า (มิลลิเมตร)	ลักษณะผ้าตามแนวหน้า กว้าง	ความยาว ผืนผ้า (มิลลิเมตร)	ลักษณะผ้าตามแนวยาว
ก่อน ซัก	152.8 ± 4.4		90.0 ± 0.0	
ซัก 1 ครั้ง	139.2 ± 5.8		83.6 ± 3.0	
ซัก 2 ครั้ง	129.0 ± 5.2		82.6 ± 2.4	
ซัก 3 ครั้ง	127.6 ± 3.4		82.0 ± 2.0	

ตารางที่ 4.4 สมบัติก่อนและหลังการซักของผ้าฝ้ายที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ และ เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ชนิดผ้า ถัก	ความกว้าง หน้าผ้า (มิลลิเมตร)	ลักษณะผ้าตามแนวหน้า กว้าง	ความยาว ผืนผ้า (มิลลิเมตร)	ลักษณะผ้าตามแนวยาว
ก่อนซัก	152.8 ± 4.4		90.0 ± 0.0	
ซัก 1 ครั้ง	133.6 ± 5.8		86.0 ± 3.7	
ซัก 2 ครั้ง	127.8 ± 5.2		85.2 ± 4.5	
ซัก 3 ครั้ง	124.0 ± 3.4		82.6 ± 3.8	

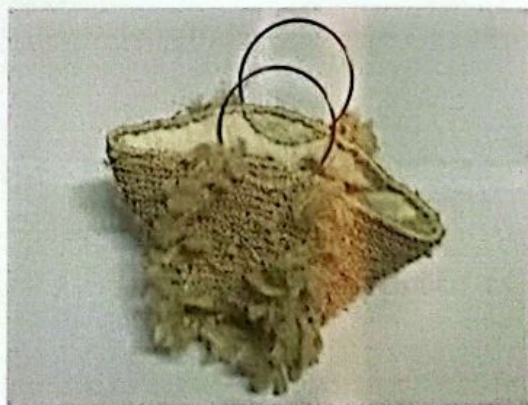


รูปที่ 4.28 การหาค่าของผ้าในแนวกว้างก่อนและหลังชักของผ้าดักที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ และเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์



รูปที่ 4.29 การหาค่าของผ้าในแนวกว้างก่อนและหลังชักของผ้าดักที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ และเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ผ้าถักหลังจากผ่านการซักในแต่ละครั้งจะมีการหดตัวทั้งแนวหน้ากว้างของผ้าและตามความยาวของผืนผ้า เนื่องจากการหดตัวของเส้นด้าย สาเหตุจากขั้นตอนการผลิตเส้นด้าย ทำให้เส้นใยเกิดการยืดตัวออก และไม่สามารถหดกลับได้เอง จนนำไปถักเป็นผืนผ้าก็ยังคงมีแรงกระทำต่อผืนผ้า ส่งผลทำให้เกิดความเค้นตกค้างสะสม (internal residual stress) อยู่ในเส้นใย โดยเฉพาะผ้าถักจะมีลักษณะเป็นห่วง (loop) เมื่อได้รับแรงดึงจะเกิดความเครียด (strain) และเมื่อผ่านการซัก น้ำจะทำให้เส้นใยเกิดการพองตัวเหมือนเป็นการขจัดแรงดึงที่ค้างอยู่ออกจากเส้นใย (Cooke, 2011; Roy Choudhury, 2017) ผ้าถักที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกล เมื่อผ่านการซักผ้าจะมีการหดตัวมากกว่าผ้าถักที่ได้จากเส้นใยที่แยกด้วยเชิงกลร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 และพบว่าเมื่อผ้าหดตัวแล้วทำให้ห่วงของผ้าถักแน่นขึ้น ผ้าถักมีความสวยงามมากกว่าก่อนซัก และมีความสวยงามมากกว่าผ้าถักที่ได้จากเส้นใยที่แยกด้วยเชิงกลร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกผ้าถักจากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลแล้วปรับสภาพตามด้วยน้ำนำมาผลิตกระเป๋าถือของผู้หญิง ดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 กระเป๋าผ้าถักจากใยสับปะรดที่แยกด้วยวิธีเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 การแยกเส้นใยเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ

กระบวนการทางเชิงกลเป็นกระบวนการแยกสกัดเซลลูโลสด้วยวิธีการทางเชิงกล เป็นกระบวนการที่ใช้แรงชุดหรือบดให้เส้นใยแยกออกและมีขนาดเล็กลง แต่ไม่มีการย่อยสลายเฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในการแยกเส้นใยใบสับประดพันธุ์ปัตตาเวียด้วยวิธีทางเชิงกล และนำไปผึ่งลมได้เส้นใยใบสับประดที่มีความยาวตามขนาดของใบ และมีสีขาวปนสีเขียว หลังจากผึ่งลมให้แห้งเส้นใยที่ได้จะมีสีนวลขึ้น และสีเขียวหายไป ใบสับประดสด 1 กิโลกรัม สามารถแยกเส้นใยได้ 76.97 ± 1.85 กรัม คิดเป็นปริมาณการผลิตร้อยละ 7.69 ± 0.19

การแยกเส้นใยเชิงกล และทำความสะอาดเส้นใยด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที สามารถกำจัดเพกทิน และสารแทรกต่าง ๆ ในเส้นใยที่มีความสามารถละลายน้ำได้ในช่วงแรก ๆ ของการให้ความร้อน เส้นใยที่แยกได้มีความต้านทานแรงดึง 639.60 ± 71.19 เมกะปาสกาล และค่าการยืดตัวก่อนขาดร้อยละ 2.82 ± 0.57

5.2 การแยกเส้นใยเชิงกลร่วมกับสารเคมี

กระบวนการทางเคมีเป็นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพเส้นใยพืชด้วยการใช้กรด หรือด่าง เป็นวิธีการย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสและ ลิกนิน ในระยะเวลาสั้น แต่มีค่าใช้จ่ายและการจัดการสูง กลุ่มเส้นใยจะมีขนาดเล็กลง

(1) การปรับสภาพเส้นใยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เส้นใยสับประดมีน้ำหนักลดลงมากกว่าการปรับสภาพด้วยน้ำประปา โดยอุณหภูมิและเวลาแช่เส้นใยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีผลต่อน้ำหนักของเส้นใย

การปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5.0 น้ำหนักโดยปริมาตร ได้เส้นใยที่มีค่าความยืดตัว ณ จุดขาด และความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุด โดยเส้นใยมีค่าความยืดตัว ณ จุดขาด และความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุดคือร้อยละ 1.881 มิลลิเมตร และ 448.6 เมกะปาสกาลตามลำดับ

(2) การปรับสภาพเส้นใยด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารออกซิไดส์น้ำหนักของเส้นใยจะลดลงตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 เส้นใยจะมีน้ำหนัก

ลดลงมากที่สุด คือร้อยละ 8.53 ± 0.68 เส้นใยมีค่าความยืดตัว ณ จุดขาด และค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงลดลงน้อยที่สุด คือร้อยละ 1.699 และ 461.2 เมกะปาสคาล ตามลำดับ

(3) เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ดังนี้

- เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล แล้วปรับสภาพด้วยน้ำ
- เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล แล้วปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5
- เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล แล้วปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1

สมบัติด้านกายภาพที่ศึกษา ได้แก่ ความยาว ขนาดของเส้นใย ความหยิก ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ

(3.1) ความยาวของเส้นใย

เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการที่แตกต่างกัน 3 ชนิด มีความยาวเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน โดยเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 และเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล ปรับสภาพด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 มีความยาวเท่ากับ 67.76 ± 5.15 , 67.69 ± 5.59 และ 67.43 ± 6.44 เซนติเมตร ตามลำดับ

(3.2) ขนาดของเส้นใย

กระบวนการแยกเส้นใยต่างกัน มีผลต่อค่าเฉลี่ยขนาดของเส้นใยสับปะรด อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยกระบวนการแยกเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยน้ำ ได้เส้นใยที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ 48.51 ไมครอน ส่วนเส้นใยที่ได้จากการแยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 เส้นใยมีขนาดที่ไม่แตกต่างคือมีขนาด 29.57 และ 30.02 ไมครอน ตามลำดับ

(3.3) ความหยิกของเส้นใย

กระบวนการแยกเส้นใยต่างกัน มีผลต่อค่าเฉลี่ยความหยิกของเส้นใยสับปะรด อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยกระบวนการแยกเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 โดยมีค่าความหยิกเท่ากับ 2.37, 2.15 และ 1.76 ตามลำดับ

(3.4) ความหนาแน่นของเส้นใย

กระบวนการแยกเส้นใยต่างกัน ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของเส้นใยสับปะรด โดยเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล เส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลปรับสภาพด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 และเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 และ มีความหนาแน่นเท่ากับ 1.241, 1.290 และ 1.299 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

(3.5) การดูดซึมน้ำของเส้นใย

กระบวนการแยกเส้นใยต่างกัน มีผลต่อค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของเส้นใยสับปะรดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยกระบวนการแยกเชิงกลเพียงอย่างเดียวได้เส้นใยที่มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดคือร้อยละ 2.66 ส่วนเส้นใยที่ได้จากการแยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 เส้นใยมีค่าการดูดซึมน้ำที่ไม่แตกต่างกันคือร้อยละ 3.35 และ 3.38 ตามลำดับ

(3.6) ลักษณะของเส้นใยสับปะรดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนไมโครสโคปกำลังขยายสูง

พื้นผิวภายนอกของเส้นใยสับปะรด มีลักษณะแตกต่างกันตามวิธีการแยกเส้นใย เส้นใยที่แยกด้วยวิธีเชิงกลเพียงอย่างเดียวมีพื้นผิวภายนอก (surface contour) ไม่เรียบเสมอกันตลอดทั้งเส้น ในขณะที่เส้นใยที่ผ่านการแยกเชิงกลแล้วมาปรับสภาพด้วยสารเคมีพบว่าพื้นผิวมีลักษณะเรียบขึ้นตลอดตามความยาวของเส้นใย และในบริเวณที่เป็นร่องของเส้นใย ก็จะเห็นร่องของเส้นใยชัดเจนมากขึ้น ร่องมีความลึกมากขึ้น เนื่องจากการละลายของสารต่าง ๆ ในเส้นใยออกไป โดยการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 ผิวเส้นใยจะมีความเรียบมากกว่าการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1

จากการเปรียบเทียบสมบัติของเส้นใยนำเส้นใย 3 ชนิด คือ 1) เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล 2) เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5 และ 3) เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 พบว่า เส้นใยที่แยกด้วยวิธีเชิงกลแล้วปรับสภาพด้วยสารเคมีจะมีสมบัติที่ดีกว่าเส้นใยที่แยกด้วยวิธีเชิงกลอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบสารเคมีที่ใช้พบว่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 มีสมบัติด้านความแข็งแรง การยืดตัว ณ จุดขาด ความหยิก และค่าการดูดซึมน้ำ ที่ดีกว่าการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพียงเล็กน้อย แต่เส้นใยที่ได้จากการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์หลังจากล้างทำความสะอาด เส้นใยที่ได้มีความละเอียดมากจนกระทั่งเส้นใยเกาะตัวกันเป็นกลุ่มก้อน เส้นใยจะเกาะกันแน่นยากออกจากกันค่อนข้างยาก และมีสีเหลือง

ส่วนเส้นใยที่ได้จากการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หลังการปรับสภาพเส้นใยจะไม่เกาะกันแน่น แยกได้ง่าย มีสีขาวนวลกว่า และใช้สารเคมีที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า ตลอดจนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จัดเป็นสารที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์

ดังนั้นในการผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยสับปะรด งานวิจัยนี้จึงเลือกการแยกเส้นด้ายโดยวิธีทางเชิงกล และวิธีเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 โดยปริมาตร แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 24 ชั่วโมง แล้วล้างทำความสะอาดจนน้ำล้างเป็นกลางแล้วผึ่งให้แห้ง

5.3 การผลิตเส้นด้ายจากใยสับปะรด

นำเส้นใยสับปะรดที่ได้จากการแยกเชิงกล และแยกโดยวิธีทางเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 ความยาวประมาณ 70 เซนติเมตร ใช้เส้นใยจำนวน 40 เส้น นำมาต่อกันให้เป็นเส้นด้ายยาวด้วยเงื่อนไข (เส้นด้าย A) นำเส้นด้ายเดี่ยวมาตีเกลียวเข้าด้วยกัน โดยกำหนด 12 เกลียวต่อความยาว 10 เซนติเมตร จะได้เป็นด้าย (twine) หรือเชือก (rope) การตีเกลียวของด้ายหรือเชือกจะมีสองแบบคือ การตีเกลียวตามเข็มนาฬิกา (S-twist) และตีเกลียวทวนเข็มนาฬิกา (Z-twist) โดยผลิตเส้นด้ายรวม 5 ประเภท ดังนี้

- เส้นด้ายเดี่ยวจากเส้นใย 40 เส้น (เส้นด้าย A)
- เส้นด้าย A สองเส้นนำมาเข้าเกลียว S (เส้นด้าย AS)
- เส้นด้าย A สองเส้นนำมาเข้าเกลียว Z (เส้นด้าย AZ)
- เส้นด้าย AS สองเส้นนำมาเข้าเกลียว Z (เส้นด้าย ASZ)
- เส้นด้าย AZ สองเส้นนำมาเข้าเกลียว S (เส้นด้าย AZS)

ผลจากการผลิตเส้นด้ายชนิดต่างๆ พบว่าการใช้เส้นด้ายจากการเตรียมเส้นใยสับปะรดด้วยวิธีเชิงกล จะมีค่าการยืดตัวสูงสุดและความแข็งแรงต่ำกว่าเส้นใยสับปะรดที่เตรียมด้วยวิธีเชิงกลและตามด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยที่เตรียมด้วยวิธีเชิงกลและตามด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 มีความหยิกมากกว่าเส้นใยสับปะรดที่เตรียมด้วยวิธีเชิงกล ทำให้เมื่อมีการตีเกลียวทำให้เส้นใยเกาะกันแน่นมากกว่า เมื่อมีการตีเกลียวมากขึ้นเส้นด้ายจะมีความแข็งแรงต่อแรงดึง และค่าการยืดตัวมากขึ้น ทั้งนี้ลักษณะการตีเกลียวที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าการยืดตัวสูงสุดและความแข็งแรงของเส้นด้ายเพียงเล็กน้อย และการเพิ่มการตีเกลียวทำให้ได้เส้นด้ายที่มีขนาดใหญ่ขึ้นตามจำนวนเกลียวของเส้นด้าย เมื่อพิจารณาจากเบอร์ด้ายพบว่าเส้นด้ายเดี่ยวจากเส้นใย

40 เส้น (เส้นด้าย A) มีเบอร์ด้ายต่ำที่สุด ทำให้ได้เส้นด้าย เหมาะสำหรับนำมาดักเป็นผ้าดักมากกว่าเส้นด้ายชนิดอื่น ๆ ที่มีขนาดใหญ่มากเกินไป

5.4 การผลิตผ้าดักจากเส้นด้ายใยสับปะรด

นำเส้นด้ายเดี่ยวจากเส้นใย 40 เส้น (เส้นด้าย A) ที่ได้จากการแยกเชิงกล และแยกโดยวิธีทางเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 มาดักเป็นผืนผ้าพบว่าผ้าดักที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกล มีผิวสัมผัสที่เรียบกว่าผ้าดักที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 ส่วนความหนาและน้ำหนักของผ้ามีค่าใกล้เคียงกัน

ผ้าดักที่ได้จากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกล เมื่อผ่านการซักผ้าจะมีการหดตัวมากกว่าผ้าดักที่ได้จากเส้นใยที่แยกด้วยเชิงกลร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 และพบว่าเมื่อผ้าหดตัวแล้วทำให้ทรงของผ้าดักแน่นขึ้น ผ้าดักมีความสวยงามมากกว่าก่อนซัก และมีความสวยงามมากกว่าผ้าดักที่ได้จากเส้นใยที่แยกด้วยเชิงกลร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกผ้าดักจากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยเชิงกลมาขึ้นรูปเป็นกระเป๋าผ้าดัก แบบกระเป๋าดึงสำหรับผู้หญิง

5.5 ข้อเสนอแนะ

- (1) ศึกษาการปรับสภาพเส้นใยด้วยสารเคมีชนิดอื่น
- (2) ศึกษาการปรับสภาพเส้นใยเพิ่มเติม โดยศึกษาความเข้มข้นของสาร เวลา และอุณหภูมิอื่น ๆ
- (3) ศึกษาการผลิตผ้าดักจากเส้นใยพืชชนิดอื่น

บรรณานุกรม

- Ahlquist, S. (2015). Social Sensory Architectures: Articulating Textile Hybrid Structures for Multi-sensory Responsiveness and Collaborative Play. 2015.
- Aremu, M. O., Rafiu M. A., & Adedeji, K. K. (2015). Pulp and Paper Production from Nigerian Pineapple Leaves and Corn Straw as Substitute to Wood Source. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 02(04), 1180–1188.
- Asim, M., Abdan, K., Jawaid, M., Nasir, M., Dashtizadeh, Z., Ishak, M. R., & Hoque, M. E. (2015). A Review on Pineapple Leaves Fibre and Its Composites. *International Journal of Polymer Science*, 2015, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2015/950567>
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., & Stryer, L. (2002). Complex Carbohydrates Are Formed by Linkage of Monosaccharides. *Biochemistry*. 5th Edition. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK22396/>
- Bhattacharya, D., Germinario, L. T., & Winter, W. T. (2008). Isolation, preparation and characterization of cellulose microfibrils obtained from bagasse. *Carbohydrate Polymers*, 73(3), 371–377. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.12.005>
- Bledzki, A. K., & Gassan, J. (1999). Composites reinforced with cellulose based fibres. *Progress in Polymer Science*, 24(2), 221–274. [https://doi.org/10.1016/S0079-6700\(98\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0079-6700(98)00018-5)
- Charlie, R. (2014, August 28). Do You Know The Effects Of A High Twisted Fibre Fabric? The Swatch Book. <https://theswatchbook.offsetwarehouse.com/2014/08/28/twisted-fibres/>
- Chen, H., Lee, K., & Lin, J. (2004). Electromagnetic and electrostatic shielding properties of co-weaving-knitting fabrics reinforced composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 35(11), 1249–1256. [https://doi.org/10.1016/S1359-835X\(04\)00119-8](https://doi.org/10.1016/S1359-835X(04)00119-8)

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Chen, Y., Jiang, Y., Wan, J., Wu, Q., Wei, Z., & Ma, Y. (2018). Effects of wet-pressing induced fiber hornification on hydrogen bonds of cellulose and on properties of eucalyptus paper sheets. *Holzforschung*, 72(10), 829–837. <https://doi.org/10.1515/hf-2017-0214>
- Cherdchim, B. (2010). Actions of lignocellulolytic enzymes on *Abies grandis*(grand fir) wood for application in biofuel production. /paper/Actions-of-lignocellulolytic-enzymes-on-Abies-fir)-Cherdchim
- Cooke, B. (2011). The physical properties of weft knitted structures. In *Advances in Knitting Technology* (pp. 37–49e). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857090621.1.37>
- Devi, L. U., Bhagawan, S. S., & Thomas, S. (1997). Mechanical properties of pineapple leaf fiber-reinforced polyester composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 64(9), 1739–1748. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(19970531\)64:9<1739:AID-APP10>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(19970531)64:9<1739:AID-APP10>3.0.CO;2-T)
- Kulkarni, V., Butte, K., & Rathod, S. (2012). Natural Polymers- A comprehensive Review. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 3, 1597–1613.
- George, J., Bhagawan, S. S., & Thomas, S. (1998). Effects of environment on the properties of low-density polyethylene composites reinforced with pineapple-leaf fibre. *Composites Science and Technology*, 58(9), 1471–1485. [https://doi.org/10.1016/S0266-3538\(97\)00161-9](https://doi.org/10.1016/S0266-3538(97)00161-9)
- George, J., Janardhan, R., Anand, J. S., Bhagawan, S. S., & Thomas, S. (1996). Melt rheological behaviour of short pineapple fibre reinforced low density polyethylene composites. *Polymer*, 37(24), 5421–5431. [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(96\)00386-2](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(96)00386-2)
- Kim, T. H., Taylor, F., & Hicks, K. B. (2008). Bioethanol production from barley hull using SAA (soaking in aqueous ammonia) pretreatment. *Bioresource*

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Technology, 99(13), 5694–5702. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.10.055>
- Leao, A. L., Souza, S. F., Cherian, B. M., Frollini, E., Thomas, S., Pothan, L. A., & Kottaisamy, M. (2010). Pineapple Leaf Fibers for Composites and Cellulose. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 522(1), 36/[336]-41/[341]. <https://doi.org/10.1080/15421401003722930>
- Lee, H. V., Hamid, S. B. A., & Zain, S. K. (2014). Conversion of Lignocellulosic Biomass to Nanocellulose: Structure and Chemical Process. *The Scientific World Journal*, 2014, 1–20. <https://doi.org/10.1155/2014/631013>
- Li, J., Henriksson, G., & Gellerstedt, G. (2007). Lignin depolymerization/repolymerization and its critical role for delignification of aspen wood by steam explosion. *Bioresource Technology*, 98(16), 3061–3068. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.10.018>
- Mazalan, M. F., & Yusof, Y. (2017). Natural Pineapple Leaf Fibre Extraction On Josapine And Morris. *MATEC Web of Conferences*, 135, 00043. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713500043>
- Mohanty, A. K., Misra, M., & Drzal, L. T. (Eds.). (2005a). *Natural fibers, biopolymers, and biocomposites*. Taylor & Francis.
- Mohanty, A. K., Misra, M., & Drzal, L. T. (2005b). *Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites*. CRC Press.
- Mussatto, S. I., Dragone, G., & Roberto, I. C. (2005). Influence of the toxic compounds present in brewer's spent grain hemicellulosic hydrolysate on xylose-to-xylitol bioconversion by *Candida guilliermondii*. *Process Biochemistry*, 40(12), 3801–3806. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.06.024>
- Olsson, C., & Westman, G. (2013). Direct Dissolution of Cellulose: Background, Means and Applications. *Cellulose - Fundamental Aspects*. <https://doi.org/10.5772/52144>

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Palmqvist, E., & Hahn-Hägerdal, B. (2000). Fermentation of lignocellulosic hydrolysates. I: Inhibition and detoxification. *Bioresource Technology*, 74(1), 17–24. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00160-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00160-1)
- Pickering, K. L., Efendy, M. G. A., & Le, T. M. (2016). A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 83, 98–112. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.08.038>
- Poletto, M., Pistor, V., & J., A. (2013). Structural Characteristics and Thermal Properties of Native Cellulose. In T. G. M. Van De Ven (Ed.), *Cellulose—Fundamental Aspects*. InTech. <https://doi.org/10.5772/50452>
- Ray, S. C. (2012). *Fundamentals and advances in knitting technology*. Woodhead Publ. India, WPI.
- Repon, Md. R., Nura, M., Shiddique, A., Paul, D., Mamun, R., Shahria, S., & Quayum, M. (2018). Effect of Yarn Count & Stitch Length on the Fabric Width, GSM, WPI and CPI of 1x1 Rib Fabrics. 7, 94–100. <https://doi.org/10.5923/j.textile.20180704.03>
- Rezania, S., Md Din, M. F., Mohamad, S., Sohaili, J., Mat Taib, S., Mohd Yusof, M. B., Kamyab, H., Darajeh, N., & Ahsan, A. (2017). Review on Pretreatment Methods and Ethanol Production from Cellulosic Water Hyacinth. *Bioresources*, 12, 2108–2124. <https://doi.org/10.15376/biores.12.1.Rezania>
- Rong, M., Zhang, M., Liu, Y., Yang, G., & Zeng, H. (2001). The effect of fiber treatment on the mechanical properties of unidirectional sisal-reinforced epoxy composites. *Composites Science and Technology*, 61, 1437–1447. [https://doi.org/10.1016/S0266-3538\(01\)00046-X](https://doi.org/10.1016/S0266-3538(01)00046-X)
- Roy Choudhury, A. K. (2017). Antishrink finishing. In *Principles of Textile Finishing* (pp. 41–59). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100646-7.00003-5>

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Sarker, E. (2016). Knitting Terms and Definition | Textile Study Center. Textile Study Center. <https://textilestudycenter.com/knitting-terms-and-definition/>
- Sorek, N., Yeats, T. H., Szemenyei, H., Youngs, H., & Somerville, C. R. (2014). The Implications of Lignocellulosic Biomass Chemical Composition for the Production of Advanced Biofuels. *BioScience*, 64(3), 192–201. <https://doi.org/10.1093/biosci/bit037>
- Spencer, D. J. (2001). Knitting technology ; A comprehensive handbook and practical guide. Woodhead Pub. <http://www.woodheadpublishingonline.com/openurl.asp?genre=book&isbn=978-1-85573-333-6>
- Sukumaran, K., Satyanarayana, K. G., Pillai, S. G. K., & Ravikumar, K. K. (2001). Structure, Physical and Mechanical Properties of Plant Fibers of Kerala. *Metal Materials and Process*, 13, 121–136.
- Sun, Y., & Cheng, J. (2002). Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: A review. *Bioresource Technology*, 83(1), 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00212-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00212-7)
- Textile Centre of Excellence. (2019). Principles | Knitting | Technology | Knowledge | Huddersfield Textiles. <http://www.tikp.co.uk/knowledge/technology/knitting/principles/>
- Thakur, S., Govender, P. P., Mamo, M. A., Tamulevicius, S., Mishra, Y. K., & Thakur, V. K. (2017). Progress in lignin hydrogels and nanocomposites for water purification: Future perspectives. *Vacuum*, 146, 342–355. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2017.08.011>
- Tsoumis, G. T. (1991). Science and technology of wood: Structure, properties, utilization. Van Nostrand Reinhold. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US9309904>
- Venter, M. (2015). A Methodology for Numerical Prototyping of Inflatable Dunnage Bags. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4114.8405>

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Yusof, Y., Ahmad, M. R., Saidin, W., Mustapa, M. S., & Tahar, M. S. (2011). Producing Paper Using Pineapple Leaf Fiber. *Advanced Materials Research*, 383–390, 3382–3386. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.383-390.3382>
- Zhao, Y., Man, Y., Wen, J., Guo, Y., & Lin, J. (2019). Advances in Imaging Plant Cell Walls. *Trends in Plant Science*, 24(9), 867–878. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.05.009>
- Zimmermann, T., Pöhler, E., & Geiger, T. (2004). Cellulose Fibrils for Polymer Reinforcement. *Advanced Engineering Materials*, 6(9), 754–761. <https://doi.org/10.1002/adem.200400097>
- ชุดิมา หวังเบญหมัด, & ธนากร พฤษรัตน์นภา. (2562). นวัตกรรมเส้นใยสับปะรดสู่ผลิตภัณฑ์แฟชั่นของกลุ่มรักบ้านเราสงขลา. *วารสารเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยทักษิณ*, 11(1), 13–30.
- ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย, & นันทยา เก่งเขต. (2014). ใบสับปะรด: แหล่งเส้นใยธรรมชาติที่ไม่ควรมองข้าม Pineapple leaf: Source of natural fiber that should not be ignored. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว (Srinakharinwirot Science Journal)*, 30(2). <http://ejournals.swu.ac.th/index.php/ssj/article/view/4821>
- ราชันย์ ภูมา. (2561). สับปะรด. <http://www.dnp.go.th/botany/Herbarium/Archives/PlantFile/>
- ลดามาศ เบญชา, ณัฐวดี ช่อเจริญ, ญาณสินี สุมา, & นิตยัตยา ผาสุขพันธุ์. (2559). ความเป็นไปได้เบื้องต้นในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดเชียงราย. 418–423.
- วีระศักดิ์, อ. (2542). *วิทยาศาสตร์เส้นใย* (Vol. 2542). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2004). *วิทยาศาสตร์สิ่งทอ. ความรู้และเทคโนโลยีสิ่งทอ*. <http://www2.mtec.or.th/th/research/textile/yarns.html>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2561). *ตารางแสดงรายละเอียดสับปะรดโรงงาน*. <http://www.oae.go.th/view/1>

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล



ก.1 สภาวะในการแยกเส้นใย

- ตัวแปรต้น

ในการทดลองนี้ได้รับรวบรวมผลการทดลองการแยกเส้นใยจากใบสับปะรดด้วยกระบวนการต่าง ๆ รวม 11 สิ่งทดลอง ดังนี้

Treatment 1 เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล Y_0

Treatment 2 เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลและตามด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1

Treatment 3 เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลและตามด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 2

Treatment 4 เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลและตามด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 3

Treatment 5 เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลและตามด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 4

Treatment 6 เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลและตามด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5

Treatment 7 เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลและตามด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1

Treatment 8 เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลและตามด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 2

Treatment 9 เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลและตามด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 3

Treatment 10 เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลและตามด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 4

Treatment 11 เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลและตามด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5

- ตัวแปรตาม

ความแข็งแรงต่อแรงดึง (force @ peak (N))

การยืดตัวสูงสุด (Elong @ Peak (mm))

ก.2 กระบวนการแยกเส้นใยต่อสมบัติเส้นใย

- ตัวแปรต้น

ในการทดลองนี้ได้รับรวบรวมผลการทดลองสมบัติของเส้นใยจากการแยกเส้นใยจากใบสับปะรดด้วยกระบวนการต่างๆ รวม 3 สิ่งทดลอง ดังนี้

Treatment 1 เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล Y_0

Treatment 2 เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลและตามด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5

Treatment 3 เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลและตามด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1

- ตัวแปรตาม

ลักษณะของเส้นใยสับปะรดภาพตาขาวและภาพตามขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง
มาตรฐาน

ความยาวของเส้นใย

ขนาดของเส้นใย

ความหยิกของเส้นใย

การดูดซึมน้ำ

ความหนาแน่น (density)

ความแข็งแรงต่อแรงดึง (force @ peak (MPa))

การยืดตัวสูงสุด (Elong @ Peak (mm))

ก.3 กระบวนการผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล

ในการทดลองนี้ได้รวบรวมผลการทดลองสมบัติที่ได้จากการเตรียมเส้นด้ายจากใบสับปะรด รวม
5 สิ่งทดลอง ดังนี้

- ตัวแปรต้น

Treatment 1 เส้นด้ายจากเส้นใย 20 เส้นผูกเส้นใยแต่ละมัดด้วยเงื่อนขัดสมาธิ (เส้นด้าย A)

Treatment 2 เส้นด้าย A สองเส้นนำมาเข้าเกลียว S (เส้นด้าย AS)

Treatment 3 เส้นด้าย A สองเส้นนำมาเข้าเกลียว Z (เส้นด้าย AZ)

Treatment 4 เส้นด้าย AS สองเส้นนำมาเข้าเกลียว Z (เส้นด้าย ASZ)

Treatment 5 เส้นด้าย AZ สองเส้นนำมาเข้าเกลียว S (เส้นด้าย AZS)

- ตัวแปรตาม

ความแข็งแรงต่อแรงดึง (force @ peak (MPa))

การยืดตัวสูงสุด (Elong @ Peak (mm))

โมดูลัสของยัง (Youngs Modulus (N/mm²))

ก.4 กระบวนการผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1

ในการทดลองนี้ได้รวบรวมผลการทดลองสมบัติที่ได้จากการเตรียมเส้นด้ายจากใบสับปะรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 รวม 5 สิ่งทดลอง ดังนี้

- ตัวแปรต้น

Treatment 1 เส้นด้ายจากเส้นใย 20 เส้นผูกเส้นใยแต่ละมัดด้วยเงื่อนขัดสมาธิ (เส้นด้าย A)

Treatment 2 เส้นด้าย A สองเส้นนำมาเข้าเกลียว S (เส้นด้าย AS)

Treatment 3 เส้นด้าย A สองเส้นนำมาเข้าเกลียว Z (เส้นด้าย AZ)

Treatment 4 เส้นด้าย AS สองเส้นนำมาเข้าเกลียว Z (เส้นด้าย ASZ)

Treatment 5 เส้นด้าย AZ สองเส้นนำมาเข้าเกลียว S (เส้นด้าย AZS)

- ตัวแปรตาม

ความแข็งแรงต่อแรงดึง (force @ peak (N))

การยืดตัวสูงสุด (Elong @ Peak (mm))

โมดูลัสของยัง (Youngs Modulus (N/mm²))

ก.5 กระบวนการผลิตผ้าฝ้ายจากเส้นด้ายใยสับปะรด

ในการทดลองนี้ได้รวบรวมผลการทดลองสมบัติที่ได้จากการเตรียมผ้าฝ้ายจากเส้นด้ายใยสับปะรด รวม 2 สิ่งทดลอง ดังนี้

- ตัวแปรต้น

Treatment 1 ผ้าฝ้ายจากเส้นด้ายใยสับปะรดที่ผ่านการแยกเชิงกล

Treatment 2 ผ้าฝ้ายจากเส้นด้ายใยสับปะรดที่ผ่านการแยกเชิงกลตามด้วยการปรับปรุงด้วย

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

- ตัวแปรตาม

การดูดความชื้น

น้ำหนักผ้า

การต้านทานการฉีกขาด

ก.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One - way ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวเป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลอง ที่มีต่อความแข็งแรงต่อแรงดึง ความยืดตัวสูงสุด ความเหนียว และร้อยละการติดของแบริ่งบนเส้นด้าย

ทดสอบโดยใช้สถิติ F-test ในการทดสอบ ซึ่งลักษณะการตั้งสมมุติฐานจะเป็นดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$$

H_1 : ค่า μ อย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน

สถิติที่ใช้ทดสอบ

$$F = \frac{MS_b}{MS_w} \quad df = k - 1 \text{ และ } n - k$$

การพิจารณาหาค่าสถิติ F ที่คำนวณได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($Sig > \alpha$) นั่นคือยอมรับ H_0 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ถ้าค่า F ที่คำนวณได้มีนัยสำคัญทางสถิติ ($Sig < \alpha$) นั่นคือปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน หากต้องการทราบว่าคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันให้ดำเนินการเปรียบเทียบต่อไป โดยเปรียบเทียบด้วยวิธี Least significance difference

ข้อตกลงเบื้องต้นในการทดสอบสถิติ F test

- (1) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดสอบในแต่ละกลุ่มจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ
- (2) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดสอบจะต้องมีความแปรปรวนเท่ากัน
- (3) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้แต่ละกลุ่มจะต้องเป็นอิสระกัน
- (4) ตัวแปรอิสระมีเพียงตัวเดียว แต่จำแนกระดับได้ตั้งแต่ 2 ระดับขึ้น ได้แก่ เส้นด้าย ที่ ลงแบ่งด้วย

สารลงแบ่งต่างกัน 5 สภาวะ

- (5) ตัวแปรตามมีเพียงตัวแปรเดียว โดยผลที่วัดได้จากตัวแปรตามนี้อยู่ ในมาตรวัด Interval and Ratio

ก.7 การทดสอบค่าความแปรปรวนของข้อมูล (test of homogeneity of variances)

การทดสอบค่าความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติทดสอบ ของ Bartlett's test Bartlett's Statistic (B_c)

$$B_c = B^* / C$$

$$B^* = 2.30259 \left[(\log S_p^2) \left(\sum_{i=1}^k (n_i - 1) \right) - \sum_{i=1}^k (n_i - 1) \log S_i^2 \right]$$

$$C = 1 + \frac{2}{3(k-1)} \left[\sum_{i=1}^k \frac{1}{(n_i - 1)} - \frac{1}{\sum_{i=1}^k (n_i - 1)} \right]$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^k (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{n_i - 1}$$

$$S_p^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (n_i - 1) S_i^2}{\sum_{i=1}^k (n_i - 1)}$$

การทดสอบว่าค่าความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่ โดยใช้ค่าสถิติทดสอบของ Bartlett's Test ตามสมมติฐานด้านล่างนี้

H_0 : ค่าความแปรปรวนของทุกกลุ่มเท่ากัน

H_1 : ค่าความแปรปรวนของบางกลุ่มแตกต่างกัน

ถ้า $B_c > c^2$ จะปฏิเสธสมมติฐาน จึงยอมรับ H_0 สรุปว่า ค่าความแปรปรวนของทุกกลุ่มเท่ากัน เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องทดสอบค่าเฉลี่ยต่อไป

ก.8 การทดสอบว่าค่าเฉลี่ยแต่ละคู่เท่ากันหรือไม่

หลังจากได้ปฏิเสธสมมติฐานค่าเฉลี่ยอย่างน้อยหนึ่งคู่มีความแตกต่างกันด้วยค่าสถิติ F - Test ของ One - Way ANOVA แล้ว ก็ต้องใช้สถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ในการทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่เท่ากันหรือไม่ ซึ่งมีสูตรดังข้างล่างนี้

$$LSD = t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-k} \sqrt{MSE \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}, n = \sum_{i=1}^k n_i$$

จะปฏิเสธสมมติฐานเมื่อค่า $|\bar{x}_i - \bar{x}_j| > LSD$ $|d| = |\bar{x}_i - \bar{x}_j|$

หรือเมื่อค่า Sig. ในการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ .05 ของค่าเฉลี่ยคู่ใดมีค่าน้อยกว่า .05 แล้ว แสดงว่าผลต่างของค่าเฉลี่ยคู่นั้นมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ภาคผนวก ข
การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเส้นใย



ข.1 การเตรียมเส้นใยเชิงกล

ชั่งน้ำหนักใบสับปะรด และนำใบสับปะรดเข้าเครื่องตีแยกเส้นใย โดยกำหนดรอบความเร็วของเครื่องตีประมาณ 3500 รอบต่อนาที นำเส้นใยไปผึ่งให้แห้ง ชั่งน้ำหนักเส้นใย

ตารางที่ ข.1 ผลผลิตของเส้นใยสับปะรดที่ได้จากการแยกใบสับปะรดเชิงกล

ลำดับ ที่	น้ำหนักใบสับปะรด (กิโลกรัม)	น้ำหนักเส้นใยหลังการสกัด และผึ่งให้แห้ง (กรัม)	ผลผลิตของเส้นใยสับปะรด (ร้อยละ)
1	1.00	74.90	7.49
2	1.00	78.50	7.85
3	1.00	77.50	7.75
Mean	1.00	76.97	7.69
SD	0.00	1.85	0.19

ข.2 การทำความสะอาดเส้นใยด้วยน้ำประปา

ตารางที่ ข.2 น้ำหนักของเส้นใยก่อนปรับสภาพหลังแช่น้ำทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที

ลำดับ ที่	น้ำหนักเส้นใยก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักเส้นใยหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักเส้นใยลดลง (ร้อยละ)
1	3.0036	2.7716	7.72
2	3.0198	2.8065	7.06
3	3.0149	2.8069	6.89
Mean	3.0128	2.7950	7.23
SD	0.0083	0.0203	0.44

ตารางที่ ข.3 น้ำหนักของเส้นใยก่อนปรับสภาพหลังแช่น้ำที่อุณหภูมิน้ำเดือด 30 นาที

ลำดับ ที่	น้ำหนักเส้นใยก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักเส้นใยหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักเส้นใยลดลง (ร้อยละ)
1	3.0007	2.7183	9.4111
2	3.0372	2.7959	7.9448
3	3.0006	2.7870	7.1186
Mean	3.0128	2.7671	8.1582
SD	0.0211	0.0425	1.1611

ตารางที่ ข.4 น้ำหนักของเส้นใยก่อนปรับสภาพหลังแช่น้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 60 นาที

ลำดับ ที่	น้ำหนักเส้นใยก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักเส้นใยหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักเส้นใยลดลง (ร้อยละ)
1	3.0002	2.7224	9.2594
2	3.0455	2.7949	8.2285
3	3.0086	2.7977	7.0099
Mean	3.0181	2.7717	8.1659
SD	0.0241	0.0427	1.1260

ตารางที่ ข.5 ค่าการยืดตัวสูงสุดและความแข็งแรงต่อแรงดึงของส้นใบที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกล แล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ

ลำดับ ที่	การยืดตัวสูงสุด (มิลลิเมตร)	ความแข็งแรงต่อแรงดึง (นิวตัน)
1	2.480	598.000
2	3.762	645.000
3	3.010	675.000
4	3.634	717.000
5	2.148	588.000
6	3.050	705.000
7	2.307	591.000
8	2.135	502.000
9	2.793	644.000
10	2.869	731.000
Mean	2.819	639.600
S.D.	0.572	71.190

ข.3 การทำความสะอาดเส้นใยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

ตารางที่ ข.6 น้ำหนักของเส้นใยสับปะรดหลังปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 30 นาที ที่ความเข้มข้นต่างกัน

โซเดียม ไฮดรอกไซด์	ลำดับที่	น้ำหนักเส้นใย ก่อนปรับสภาพ (กรัม)	น้ำหนักเส้นใย หลังปรับสภาพ (กรัม)	น้ำหนักเส้นใยลดลง (ร้อยละ)
0%	1	3.0007	2.7183	9.4111
	2	3.0372	2.7959	7.9448
	3	3.0006	2.7870	7.1186
	Mean	3.0128	2.7671	8.1582
	SD	0.0211	0.0425	1.1611
1%	1	3.0000	2.2214	25.9533
	2	3.0039	2.1845	27.2779
	3	3.0036	2.2348	25.5960
	Mean	3.0025	2.2136	26.2757
	SD	0.0022	0.0260	0.8861
2%	1	3.0008	2.1812	27.3127
	2	3.0187	2.1484	28.8303
	3	3.0181	1.9049	36.8841
	Mean	3.0125	2.0782	31.0090
	SD	0.0102	0.1509	5.1442
3%	1	3.0000	2.0767	30.7767
	2	3.0532	2.2464	26.4247
	3	3.0451	2.0500	32.6787
	Mean	3.0328	2.1244	29.9600
	SD	0.0287	0.1065	3.2060
4%	1	3.0004	1.9925	33.5922
	2	3.0265	2.1060	30.4147
	3	3.0136	2.0161	33.0999
	Mean	3.0135	2.0382	32.3689
	SD	0.0131	0.0599	1.7102
5%	1	3.0002	2.0416	31.9512
	2	3.0229	2.1709	28.1849
	3	3.0075	2.0454	31.9900
	Mean	3.0102	2.0860	30.7087
	SD	0.0116	0.0736	2.1858

ตารางที่ ข.7 น้ำหนักของเส้นใยสับปะรดหลังปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 60 นาที ที่ความเข้มข้นต่างกัน

โซเดียมไฮดรอกไซด์	ลำดับที่	น้ำหนักเส้นใย ก่อนปรับสภาพ (กรัม)	น้ำหนักเส้นใย หลังปรับสภาพ (กรัม)	น้ำหนักเส้นใยลดลง (ร้อยละ)
0%	1	3.0002	2.7224	9.2594
	2	3.0455	2.7949	8.2285
	3	3.0086	2.7977	7.0099
	Mean	3.0181	2.7717	8.1659
	SD	0.0241	0.0427	1.1260
1%	1	3	2.0941	30.1967
	2	3.0375	2.134	29.7449
	3	3	2.1002	29.9933
	Mean	3.0125	2.0724	29.9783
	SD	0.0217	0.0748	0.2263
2%	1	3	2.0608	31.3067
	2	3.0009	2.0593	31.3773
	3	3.0032	2.0827	30.6506
	Mean	3.0074	1.9829	31.1115
	SD	0.0102	0.2761	0.4007
3%	1	3.0717	2.0424	33.5091
	2	3.0204	2.0446	32.3070
	3	3.0396	2.0802	31.5634
	Mean	3.0439	2.0557	32.4598
	SD	0.0259	0.0212	0.9818
4%	1	3.0395	2.0204	33.5285
	2	3.098	2.0692	33.2085
	3	3.0355	2.0197	33.4640
	Mean	3.0577	2.0898	33.4004
	SD	0.035	0.0749	0.1692
5%	1	3.0717	2.0424	33.5091
	2	3.0204	2.0046	33.6313
	3	3.0396	2.0102	33.8663
	Mean	3.0439	2.0557	33.6689
	SD	0.0259	0.0212	0.1815

ตารางที่ ข.8 น้ำหนักของเส้นใยสับปะรดหลังปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที

โซเดียมไฮดรอกไซด์	ลำดับที่	น้ำหนักเส้นใย ก่อนปรับสภาพ (กรัม)	น้ำหนักเส้นใย หลังปรับสภาพ (กรัม)	น้ำหนักเส้นใยลดลง (ร้อยละ)
1%	1	3.0317	2.6453	12.75
	2	3.0062	2.6458	11.99
	3	3.0300	2.6424	12.79
	Mean	3.0226	2.6445	12.51
	SD	0.0143	0.0018	0.45
2%	1	3.0015	2.5930	13.61
	2	3.0320	2.5784	14.96
	3	3.0497	2.6381	13.50
	Mean	3.0277	2.6032	14.02
	SD	0.0244	0.0311	0.81
3%	1	3.0289	2.5796	14.83
	2	3.0236	2.5826	14.59
	3	3.0112	2.5616	14.93
	Mean	3.0212	2.5746	14.78
	SD	0.0091	0.0114	0.18
4%	1	3.0042	2.5400	15.45
	2	3.0410	2.5303	16.79
	3	3.0228	2.5303	16.29
	Mean	3.0227	2.5335	16.18
	SD	0.0184	0.0056	0.68
5%	1	3.0228	2.5063	17.09
	2	3.0214	2.5130	16.83
	3	3.0246	2.5110	16.98
	Mean	3.0229	2.5101	16.96
	SD	0.0016	0.0034	0.13

ข. 4การทำความสะอาดเส้นใยด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ตารางที่ ข.9 น้ำหนักของเส้นใยสับปะรดหลังปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	ลำดับที่	น้ำหนักเส้นใยก่อนปรับสภาพ (กรัม)	น้ำหนักเส้นใยหลังปรับสภาพ (กรัม)	น้ำหนักเส้นใยลดลง (ร้อยละ)
1%	1	3.0418	2.8177	7.37
	2	3.0241	2.8145	6.93
	3	3.0329	2.8087	7.39
	Mean	3.0329	2.8136	7.23
	SD	0.0089	0.0046	0.26
2%	1	3.0079	2.7601	8.24
	2	3.0000	2.7796	7.35
	3	3.0111	2.8076	6.76
	Mean	3.0063	2.7824	7.45
	SD	0.0057	0.0239	0.75
3%	1	3.0251	2.7846	7.95
	2	3.0071	2.7721	7.81
	3	3.0261	2.8054	7.29
	Mean	3.0194	2.7874	7.69
	SD	0.0107	0.0168	0.35
4%	1	3.0213	2.7671	8.41
	2	3.0148	2.7889	7.49
	3	3.0262	2.7739	8.34
	Mean	3.0208	2.7766	8.08
	SD	0.0057	0.0112	0.51
5%	1	3.0447	2.7621	9.28
	2	3.0354	2.7941	7.95
	3	3.0443	2.7898	8.36
	Mean	3.0415	2.5487	8.53
	SD	0.0053	0.3977	0.68

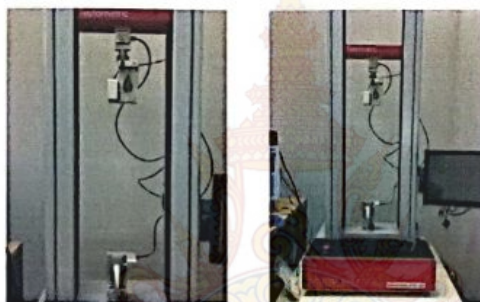
ข.5 ความแข็งแรงต่อแรงดึง ค่าการยึดตัวก่อนขาด และความเหนียวของเส้นใย

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง ค่าการยึดตัวก่อนขาด และความเหนียวของเส้นด้าย ตามมาตรฐาน ASTM D 2256-97

การเตรียมชิ้นทดสอบ

นำเส้นใยทดสอบแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (universal testing machine) ยี่ห้อ Testometric รุ่น M350-5AT เป็นเครื่องทดสอบแบบกึ่งอัตโนมัติโดยควบคุมการทดสอบแรงดึงและอัตราการยึดตัวของเส้นใยด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ที่สอดคล้องกับโปรแกรมการจับเส้นใยแบบหัวจับอัตโนมัติ (compressed air actuated clamps) เส้นใยจะถูกดึงอย่างต่อเนื่องจนขาด และเคลื่อนที่กลับสู่ตำแหน่งเดิมโดยอัตโนมัติ โดยแสดงผลการทดสอบออกมาทางชุดบันทึกแรงดึงและการยึดตัว



รูปที่ข.1 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์และโพลตเซลล์สำหรับวัดเส้นด้าย

ขั้นตอนการทดสอบเส้นด้าย

- (1) ปรับตั้งเครื่องทดสอบแรงดึงให้อยู่ในตำแหน่งศูนย์ (set zero)
- (2) ตั้งเครื่องให้ได้ความเร็วในการดึงตัวอย่างเส้นใยเท่ากับ 50 มิลลิเมตรต่อนาที
- (3) เลือกขนาด load cell เท่ากับ 50 กิโลกรัมฟอर्स (kgf)
- (4) ใส่เส้นด้ายที่เตรียมไว้เข้าไปใน clamps ทั้งด้านบนและด้านล่าง
- (5) ตั้งระยะห่างระหว่าง jaws ตัวบนและตัวล่าง (gauge length) เท่ากับ 100 มิลลิเมตร
- (6) ปรับตั้งเครื่องทดสอบแรงดึงให้อยู่ตำแหน่งศูนย์
- (7) ยึดเส้นด้ายด้วย Jaws ให้แน่น (ในการใส่เส้นด้ายจะต้องไม่มีแรงดึงมาเกี่ยวข้อง)
- (8) เปิดเครื่องทดสอบ เริ่มดึงเส้นด้าย เครื่องจะดึงเส้นด้ายจนขาด และบันทึกผล

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการบีบตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง (F- test)

ตารางที่ ข.10 การบีบตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

ตัวอย่าง ทดสอบ	ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ)				
	1	2	3	4	5
1	1.459	1.317	1.703	1.596	1.836
2	1.785	1.510	1.295	1.767	1.849
3	1.735	1.539	1.486	1.935	1.949
4	1.672	1.667	1.833	1.689	1.690
5	1.867	1.802	1.698	1.743	1.667
6	1.486	1.935	1.699	1.774	2.080
7	1.652	1.758	1.870	1.825	1.612
8	1.457	1.588	1.784	1.614	2.121
9	1.517	1.886	1.644	1.931	1.961
10	1.456	1.539	1.853	1.881	2.042
Mean	1.609	1.654	1.687	1.776	1.881
SD	0.153	0.192	0.179	0.120	0.180

ตารางที่ ข.11 ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลการยืดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

NaOH	N	mean	std. deviation	std. error	95% confidence interval of mean		Mini mum	Maxi mum
					lower	upper		
					bound	bound		
1%	10	1.609	0.153	0.049	1.491	1.726	1	2
2%	10	1.654	0.192	0.061	1.537	1.772	1	2
3%	10	1.687	0.179	0.057	1.569	1.804	1	2
4%	10	1.776	0.120	0.038	1.658	1.893	2	2
5%	10	1.881	0.180	0.057	1.763	1.998	2	2

การทดสอบค่าความแปรปรวนของข้อมูล (test of homogeneity of variances) โดยใช้ค่าสถิติทดสอบของ Bartlett's est ของข้อมูลการยืดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

$$\begin{aligned}
 Bc &= 2.1786 & \text{Sig.} &= 0.703 \\
 B^* &= 2.2754 & S_p^2 &= 0.0278 \\
 C &= 1.0444 & \log S_p^2 &= -1.5553 \\
 df=k-1 &= 4 & \alpha &= 0.05
 \end{aligned}$$

จากผลการวิเคราะห์ค่า Bartlett's Statistic (Bc) = 2.1786 Sig. = 0.703

ยอมรับ H_0 สรุปว่า ค่าความแปรปรวนของทุกกลุ่มเท่ากัน เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องทดสอบค่าเฉลี่ยต่อไป

ตารางที่ ข.12 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการยืดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใย
 สับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง (F- test)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.4677	4	0.1169	4.2003	0.006
Within Groups	1.2528	45	0.0278		
Total	1.7205	49			

Critical Value ($\alpha=0.05$) = F-table = 2.5787

ตารางที่ ข.13 การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ของข้อมูลการยืดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

คู่เปรียบเทียบ			d	LSD	p
NaOH 1 %	กับ	NaOH 2 %	0.05	0.15	0.566
NaOH 2 %	กับ	NaOH 3 %	0.03	0.15	0.701
NaOH 3 %	กับ	NaOH 1 %	0.08	0.15	0.310
NaOH 4 %	กับ	NaOH 1 %	0.17*	0.15	0.015
NaOH 4 %	กับ	NaOH 2 %	0.12	0.15	0.110
NaOH 4 %	กับ	NaOH 3 %	0.09	0.15	0.210
NaOH 5 %	กับ	NaOH 1 %	0.27*	0.15	0.002
NaOH 5 %	กับ	NaOH 2 %	0.23*	0.15	0.014
NaOH 5 %	กับ	NaOH 3 %	0.19*	0.15	0.026
NaOH 5 %	กับ	NaOH 4 %	0.11	0.15	0.144

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อนแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง (F- test)

ตารางที่ ข.14 ความแข็งแรงต่อนแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

ตัวอย่างทดสอบ	ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ)				
	1	2	3	4	5
1	357	321	445	405	448
2	445	286	378	402	371
3	456	338	385	448	483
4	351	396	414	417	416
5	268	443	329	417	391
6	284	396	377	383	525
7	442	448	377	456	374
8	291	398	416	381	498
9	331	388	351	448	479
10	348	402	448	392	501
Mean	357	382	392	415	449
SD	69	52	39	28	57

ตารางที่ ข.15 ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลความแข็งแรงต่อแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

NaOH	N	mean	std. deviation	std. error	95% confidence interval of mean		Mini mum	Maxi mum
					lower	upper		
					bound	bound		
1%	10	357.30	69.26	21.901	321.451	393.149	268	456
2%	10	381.60	51.68	16.341	345.751	417.449	286	448
3%	10	392.00	38.51	12.179	356.151	427.849	329	448
4%	10	414.90	27.58	8.721	379.051	450.749	381	456
5%	10	448.60	56.86	17.981	412.751	484.449	371	525

การทดสอบค่าความแปรปรวนของข้อมูล (test of homogeneity of variances) โดยใช้ค่าสถิติทดสอบของ Bartlett's est ของข้อมูลความแข็งแรงต่อแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

Bc=	7.8570	Sig.=	0.097
B*=	8.2062	S_p^2 =	0.0026
C=	1.0444	$\log S_p^2$ =	-2.5869
df=k-1=	4	α =	0.05

จากผลการวิเคราะห์ค่า Bartlett's Statistic (Bc) = 7.8570 Sig. = 0.097

ยอมรับ H_0 สรุปว่า ค่าความแปรปรวนของทุกกลุ่มเท่ากัน เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องทดสอบค่าเฉลี่ยต่อไป

ตารางที่ ข.16 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อน้ำดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง (F-test)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	48035.4800	4	12008.8700	4.6389	0.003
Within Groups	116493.8000	45	2588.7511		
Total	164529.2800	49			

Critical Value ($\alpha=0.05$) = F-table = 2.5787

ตารางที่ ข.17 การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ของข้อมูลความแข็งแรงต่อน้ำดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

คู่เปรียบเทียบ				d	LSD	p
NaOH 1 %	กับ	NaOH 2 %		24.30	45.83	0.387
NaOH 2 %	กับ	NaOH 3 %		10.40	45.83	0.617
NaOH 3 %	กับ	NaOH 1 %		34.70	45.83	0.188
NaOH 4 %	กับ	NaOH 1 %		57.60*	45.83	0.031
NaOH 4 %	กับ	NaOH 2 %		33.30	45.83	0.094
NaOH 4 %	กับ	NaOH 3 %		22.90	45.83	0.145
NaOH 5 %	กับ	NaOH 1 %		91.30*	45.83	0.005
NaOH 5 %	กับ	NaOH 2 %		67.00*	45.83	0.013
NaOH 5 %	กับ	NaOH 3 %		56.60*	45.83	0.019
NaOH 5 %	กับ	NaOH 4 %		33.70	45.83	0.116

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการยึดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง (F- test)

ตารางที่ ข.18 การยึดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

ตัวอย่าง ทดสอบ ที่	ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละ)				
	1	2	3	4	5
1	1.918	1.974	1.587	1.541	1.172
2	1.592	1.645	1.537	1.648	1.857
3	1.867	1.589	1.511	1.568	1.353
4	1.585	1.671	1.748	1.997	1.405
5	1.535	1.807	1.531	1.517	1.856
6	1.646	1.673	1.771	1.725	1.328
7	1.670	1.592	1.806	1.615	1.753
8	1.810	1.644	1.613	1.540	1.565
9	1.645	1.535	1.397	1.513	1.271
10	1.725	1.538	1.674	1.405	1.346
Mean	1.699	1.667	1.618	1.607	1.491
SD	0.128	0.134	0.131	0.162	0.251

ตารางที่ ข.19 ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลการยืดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

H ₂ O ₂	N	mean	std. deviation	std. error	95% confidence interval of mean		Mini mum	Maxi mum
					lower bound	upper bound		
1%	10	1.699	0.128	0.040	1.581	1.817	2	2
2%	10	1.667	0.134	0.042	1.549	1.785	2	2
3%	10	1.618	0.131	0.041	1.499	1.736	1	2
4%	10	1.607	0.162	0.051	1.489	1.725	1	2
5%	10	1.491	0.251	0.079	1.373	1.609	1	2

การทดสอบค่าความแปรปรวนของข้อมูล (test of homogeneity of variances) โดยใช้ค่าสถิติทดสอบของ Bartlett's est ของข้อมูลการยืดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

$$\begin{aligned}
 Bc &= 6.4686 & \text{Sig.} &= 0.167 \\
 B^* &= 6.7561 & S_p^2 &= 0.0281 \\
 C &= 1.0444 & \log S_p^2 &= -1.5517 \\
 df=k-1 &= 4 & \alpha &= 0.05
 \end{aligned}$$

จากผลการวิเคราะห์ค่า Bartlett's Statistic (Bc) = 6.4686 Sig. = 0.167

ยอมรับ H_0 สรุปว่า ค่าความแปรปรวนของทุกกลุ่มเท่ากัน เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องทดสอบค่าเฉลี่ยต่อไป

ตารางที่ ข.20 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการยืดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้นใย
สับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจน
เปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง (F- test)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.2533	4	0.0633	2.2556	0.078
Within Groups	1.2633	45	0.0281		
Total	1.5166	49			

Critical Value ($\alpha=0.05$) = F-table = 2.5787

ตารางที่ ข.21 การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least
Significant Difference (LSD) ของข้อมูลการยืดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ) ของเส้น
ใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจน
เปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

คู่เปรียบเทียบ				d	LSD	p
H ₂ O ₂ 1 %	กับ	H ₂ O ₂ 2 %		0.03	0.15	0.585
H ₂ O ₂ 2 %	กับ	H ₂ O ₂ 3 %		0.05	0.15	0.416
H ₂ O ₂ 3 %	กับ	H ₂ O ₂ 1 %		0.08	0.15	0.174
H ₂ O ₂ 4 %	กับ	H ₂ O ₂ 1 %		0.09	0.15	0.175
H ₂ O ₂ 4 %	กับ	H ₂ O ₂ 2 %		0.06	0.15	0.379
H ₂ O ₂ 4 %	กับ	H ₂ O ₂ 3 %		0.01	0.15	0.874
H ₂ O ₂ 5 %	กับ	H ₂ O ₂ 1 %		0.21*	0.15	0.035
H ₂ O ₂ 5 %	กับ	H ₂ O ₂ 2 %		0.18	0.15	0.070
H ₂ O ₂ 5 %	กับ	H ₂ O ₂ 3 %		0.13	0.15	0.178
H ₂ O ₂ 5 %	กับ	H ₂ O ₂ 4 %		0.12	0.15	0.236

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อนแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง (F- test)

ตารางที่ ข.22 ความแข็งแรงต่อนแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

ตัวอย่างทดสอบ	ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละ)				
	1	2	3	4	5
1	536	411	337	295	436
2	445	406	397	488	368
3	515	420	397	335	371
4	448	465	496	363	377
5	417	422	391	476	422
6	416	439	408	355	375
7	451	493	417	425	359
8	483	450	388	414	357
9	439	380	378	325	371
10	462	440	388	342	341
Mean	461	433	400	382	378
SD	39	32	40	66	29

ตารางที่ ข.23 ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลความแข็งแรงต่อแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

H ₂ O ₂	N	mean	std. deviation	std. error	95% confidence interval of mean		Mini mum	Maxi mum
					lower bound	upper bound		
1%	10	461.200	39.434	12.470	430.749	491.651	416	536
2%	10	432.600	32.160	10.170	402.149	463.051	380	493
3%	10	399.700	40.011	12.653	369.249	430.151	337	496
4%	10	381.800	65.542	20.726	351.349	412.251	295	488
5%	10	377.700	29.208	9.236	347.249	408.151	341	436

การทดสอบค่าความแปรปรวนของข้อมูล (test of homogeneity of variances) โดยใช้ค่าสถิติทดสอบของBartlett's est ของข้อมูลความแข็งแรงต่อแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

$$\begin{aligned}
 Bc &= 7.5770 & \text{Sig.} &= 0.108 \\
 B^* &= 7.9138 & S_p^2 &= 0.0019 \\
 C &= 1.0444 & \log S_p^2 &= -2.7287 \\
 df=k-1 &= 4 & \alpha &= 0.05
 \end{aligned}$$

จากผลการวิเคราะห์ค่า Bartlett's Statistic (Bc) = 7.5770 Sig. = 0.108

ยอมรับ H_0 สรุปว่า ค่าความแปรปรวนของทุกกลุ่มเท่ากัน เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องทดสอบค่าเฉลี่ยต่อไป

ตารางที่ ข.24 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อแรง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง (F- test)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	50750.2000	4	12687.5500	6.7927	0.000
Within Groups	84051.8000	45	1867.8178		
Total	134802.0000	49			

Critical Value ($\alpha=0.05$) = F-table = 2.5787

ตารางที่ ข.25 การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ของข้อมูลความแข็งแรงต่อแรงดึง (เมกะปาสคาล) ของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1-5 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาแช่ 1 ชั่วโมง

คู่เปรียบเทียบ				d	LSD	p
H ₂ O ₂ 1 %	กับ	H ₂ O ₂ 2 %		28.60	38.93	0.093
H ₂ O ₂ 2 %	กับ	H ₂ O ₂ 3 %		32.90	38.93	0.058
H ₂ O ₂ 3 %	กับ	H ₂ O ₂ 1 %		61.50	38.93	0.003
H ₂ O ₂ 4 %	กับ	H ₂ O ₂ 1 %		79.40*	38.93	0.005
H ₂ O ₂ 4 %	กับ	H ₂ O ₂ 2 %		50.80*	38.93	0.046
H ₂ O ₂ 4 %	กับ	H ₂ O ₂ 3 %		17.90	38.93	0.472
H ₂ O ₂ 5 %	กับ	H ₂ O ₂ 1 %		83.50*	38.93	0.000
H ₂ O ₂ 5 %	กับ	H ₂ O ₂ 2 %		54.90*	38.93	0.001
H ₂ O ₂ 5 %	กับ	H ₂ O ₂ 3 %		22.00	38.93	0.179
H ₂ O ₂ 5 %	กับ	H ₂ O ₂ 4 %		4.10	38.93	0.860

ข.6 สมบัติของเส้นใย

นำเส้นใย 3 ชนิด คือ 1) เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ 2) เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5 และ 3) เส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลตามด้วยการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 มาทดสอบสมบัติของเส้นใยดังนี้ ทดสอบลักษณะของเส้นใยสับปะรดด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง ความยาว ขนาด ความหยิก ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ

การทดสอบความยาวของเส้นใยตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM D 1440-02 Standard Test for Length and Length Distribution of Cotton Fibers ทดลองโดยใช้เส้นใยมีความยาว 10 – 50 เซนติเมตร จัดเรียงเส้นใยให้เท่ากันจากนั้นหาค่าเฉลี่ยของความยาวเส้นใยที่ได้



ตารางที่ ข.26 ความยาวของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน

ชั้น ตัวอย่าง	กระบวนการเชิงกลตาม ด้วยการปรับสภาพด้วย น้ำ (เซนติเมตร)	กระบวนการเชิงกล และปรับสภาพด้วย NaOH 5% (เซนติเมตร)	กระบวนการเชิงกลและปรับ สภาพด้วย H_2O_2 1% (เซนติเมตร)
1	75.20	63.70	66.40
2	71.30	66.80	57.10
3	72.50	63.90	64.40
4	63.00	73.80	65.90
5	71.80	67.00	73.40
6	73.80	60.00	63.50
7	67.00	57.10	58.40
8	64.40	56.40	73.90
9	72.40	56.10	65.20
10	62.60	62.20	65.40
11	60.40	70.20	67.50
12	72.10	72.70	71.90
13	65.00	76.10	65.30
14	67.00	72.60	72.00
15	74.70	71.00	78.10
16	68.70	71.30	63.20
17	66.40	70.80	65.30
18	67.80	76.10	75.50
19	57.20	72.80	74.20
20	61.90	68.00	67.10
Mean	67.76	67.43	67.69
SD	5.15	6.44	5.59

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยขนาดของเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน (F- test)

วัดขนาดของเส้นใยตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM D 1577-01 Standard Test for Linear Density of Textile Fibers โดยตัดเส้นใยให้มีขนาดความยาว 20 เซนติเมตร จำนวน 20 เส้น วัดเบอร์เส้นใยด้วยระบบตรง (direct system) หรือวัดความหนาแน่นเชิงเส้น (linear density)

ดีเนียร์ (Denier) เป็นหน่วยการวัดขนาดของเส้นใย โดยเป็นน้ำหนักในหน่วยกรัมของเส้นใยที่มีความยาว 9,000 เมตร เส้นใยที่มีค่าดีเนียร์ต่ำจึงมีความละเอียดมากกว่า เส้นใยที่มีค่าดีเนียร์สูงเนื่องจากมีน้ำหนักน้อยกว่าในความยาวที่เท่ากัน

เท็กซ์ (Tex) เป็นหน่วยการวัดขนาดของเส้นใยคล้ายกับดีเนียร์ แต่เป็นน้ำหนักในหน่วยกรัมของเส้นใยที่มีความยาว 1,000 เมตร



ตารางที่ ข.27 ขนาดของเส้นใยลัมเบิร์ตที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน

กระบวนการ	ขั้นทดสอบ	จำนวนเส้นใย (เส้น)	ความยาวเส้นใย (เซนติเมตร)	ความยาวเส้นใย (กิโลเมตร)	น้ำหนักเส้นใย (กรัม)	ขนาดเส้นใย (เท็กซ์)	ขนาดเส้นใย (ดีเนียร์)
กระบวนการ	1	20	20	0.0002	0.0215	5.3750	48.3750
เชิงกลตาม	2	20	20	0.0002	0.0217	5.4250	48.8250
ด้วยการ	3	20	20	0.0002	0.0219	5.4750	49.2750
ปรับสภาพ	4	20	20	0.0002	0.0214	5.3500	48.1500
ด้วยน้ำ	5	20	20	0.0002	0.0213	5.3250	47.9250
กระบวนการ	1	20	20	0.0002	0.0136	3.4000	30.6000
เชิงกลและ	2	20	20	0.0002	0.0135	3.3750	30.3750
ปรับสภาพ	3	20	20	0.0002	0.0134	3.3500	30.1500
ด้วย NaOH	4	20	20	0.0002	0.0120	3.0000	27.0000
5%	5	20	20	0.0002	0.0132	3.3000	29.7000
กระบวนการ	1	20	20	0.0002	0.0130	3.2500	29.2500
เชิงกลและ	2	20	20	0.0002	0.0128	3.2000	28.8000
ปรับสภาพ	3	20	20	0.0002	0.0135	3.3750	30.3750
ด้วย H ₂ O ₂	4	20	20	0.0002	0.0144	3.6000	32.4000
1%	5	20	20	0.0002	0.0130	3.2500	29.2500

ตารางที่ ข.28 ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลขนาดของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน

process	N	mean	std. deviation	std. error	95% confidence interval of mean		Mini mum	Maxi mum
					lower	upper		
					bound	bound		
H ₂ O	5	48.510	0.542	0.242	47.090	49.930	48	49
NaOH 5%	5	29.565	1.472	0.658	28.145	30.985	27	31
H ₂ O ₂ 1%	5	30.015	1.455	0.651	28.595	31.435	29	32

การทดสอบค่าความแปรปรวนของข้อมูล (test of homogeneity of variances) โดยใช้ค่าสถิติทดสอบของ Bartlett's test ของข้อมูลขนาดของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน

$$\begin{array}{llll}
 Bc = & 3.4906 & Sig. = & 0.175 \\
 B^* = & 3.8784 & S_p^2 = & 1.5255 \\
 C = & 1.1111 & \log S_p^2 = & 0.1834 \\
 df = k - 1 = & 2 & \alpha = & 0.05
 \end{array}$$

จากผลการวิเคราะห์ค่า Bartlett's Statistic (Bc) = 3.4906 Sig. = 0.175

ยอมรับ H_0 สรุปว่า ค่าความแปรปรวนของทุกกลุ่มเท่ากัน เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องทดสอบค่าเฉลี่ยต่อไป

ตารางที่ ข.29 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยขนาดของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน (F- test)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1168.6342	2	584.3171	383.0332	0.000
Within Groups	18.3060	12	1.5255		
Total	1186.9402	14			

Critical Value ($\alpha=0.05$) = F-table = 3.8853

ตารางที่ ข.30 การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ของข้อมูลขนาดของเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน

คู่เปรียบเทียบ			d	LSD	p
H ₂ O	กับ	NaOH 5%	18.95*	1.70	0.000
NaOH 5%	กับ	H ₂ O ₂ 1%	0.45	1.70	0.640
H ₂ O ₂ 1%	กับ	H ₂ O	18.50*	1.70	0.000

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความหยิกของเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน (F-test)

ทดสอบความหยิกของเส้นใย โดยหาจากอัตราส่วนของความหยิก (crimp ratio) ระหว่างผลต่างของเส้นใยที่ถูกยืดคลายออกจนเป็นเส้นตรง (L) กับความยาว ดั้งเดิมของเส้นใยที่มีความหยิกอยู่ (L₀) เปรียบเทียบกับความยาวดั้งเดิม

ตารางที่ ข.31 ความหยิกของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน

กระบวนการ	ชั้นทดสอบ	ความยาวเดิมของเส้นใยที่มีความหยิก (LO) (เซนติเมตร)	ความยาวของเส้นใยที่ถูกยืดคลายออกจนเป็นเส้นตรง (L) (เซนติเมตร)	การหยิกของเส้นใย (%)
กระบวนการเชิงกลและตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ	1	60.50	61.60	1.82
	2	60.80	61.90	1.81
	3	59.50	60.50	1.68
	4	62.10	63.15	1.69
	5	60.90	62.00	1.81
กระบวนการเชิงกลและปรับสภาพด้วย NaOH 5%	1	66.20	67.90	2.57
	2	64.00	65.40	2.19
	3	63.80	65.20	2.19
	4	71.50	73.30	2.52
	5	62.90	64.40	2.38
กระบวนการเชิงกลและปรับสภาพด้วย H ₂ O ₂ 1%	1	63.40	64.70	2.05
	2	60.20	61.50	2.16
	3	59.70	61.00	2.18
	4	68.70	70.20	2.18
	5	68.60	70.10	2.19

ตารางที่ ข.32 ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลความหนืดของเส้นใย สับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน

process	N	mean	std. deviation	std. error	95% confidence interval of mean		Mini mum	Maxi mum
					lower	upper		
					bound	bound		
H ₂ O	5	1.762	0.070	0.032	1.629	1.895	2	2
NaOH 5%	5	2.370	0.178	0.080	2.237	2.503	2	3
H ₂ O ₂ 1%	5	2.152	0.058	0.026	2.019	2.285	2	2

การทดสอบค่าความแปรปรวนของข้อมูล (test of homogeneity of variances) โดยใช้ค่าสถิติทดสอบของ Bartlett's test ของข้อมูลความหนืดของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน

$$\begin{aligned}
 Bc &= 5.4203 & \text{Sig.} &= 0.067 \\
 B^* &= 6.0226 & S_p^2 &= 0.0134 \\
 C &= 1.1111 & \log S_p^2 &= -1.8730 \\
 df=k-1 &= 2 & \alpha &= 0.05
 \end{aligned}$$

จากผลการวิเคราะห์ค่า Bartlett's Statistic (Bc) = 5.4203 Sig. = 0.067

ยอมรับ H_0 สรุปว่า ค่าความแปรปรวนของทุกกลุ่มเท่ากัน เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องทดสอบค่าเฉลี่ยต่อไป

ตารางที่ ข.33 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความหนืดของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน (F- test)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.9488	2	0.4744	35.4123	0.000
Within Groups	0.1608	12	0.0134		
Total	1.1096	14			

Critical Value ($\alpha=0.05$) = F-table = 3.8853

ตารางที่ ข.34 การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ของข้อมูลความหนืดของเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน

คู่เปรียบเทียบ			d	LSD	p
H ₂ O	กับ	NaOH 5%	0.61*	0.16	0.001
NaOH 5%	กับ	H ₂ O ₂ 1%	0.22*	0.16	0.050
H ₂ O ₂ 1%	กับ	H ₂ O	0.39*	0.16	0.000

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน (F- test)

ความหนาแน่น (density) ทดสอบโดยหาความหนาแน่นโดยวิธีการแทนที่ด้วยน้ำ โดยใช้ภาชนะบรรจุน้ำปริมาณ 30 มิลลิลิตร บันทึกน้ำหนักรวมภาชนะ จากนั้นนำเส้นใยธรรมชาติ ใส่ในภาชนะบรรจุน้ำข้างต้น จนระดับของน้ำเพิ่มขึ้นอีก 1 มิลลิลิตร บันทึกน้ำหนักอีกครั้ง ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยค่าความหนาแน่นสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Y = (B-A)/10$$

Y = คือความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

A = น้ำหนักก่อนใส่เส้นใยธรรมชาติ (กรัม)

B = น้ำหนักหลังใส่เส้นใยธรรมชาติ (กรัม)

ตารางที่ ข.35 ความหนาแน่นของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน

กระบวนการ	ชิ้นทดสอบ	น้ำหนักภาชนะบรรจุ น้ำ (กรัม)	น้ำหนักภาชนะบรรจุ น้ำและเส้นใย (กรัม)	ความหนาแน่นของเส้นใย (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
กระบวนการเชิงกล	1	101.3085	102.5385	1.2300
และตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ	2	101.3588	102.5458	1.1870
	3	101.1824	102.4887	1.3063
กระบวนการเชิงกล	1	101.2596	102.7158	1.4562
และปรับสภาพด้วย NaOH 5%	2	101.2988	102.5058	1.2070
	3	101.3041	102.5097	1.2056
กระบวนการเชิงกล	1	101.1127	102.3590	1.2463
และปรับสภาพด้วย H ₂ O ₂ 1%	2	101.1289	102.5165	1.3876
	3	101.2853	102.5478	1.2625

ตารางที่ ข.36 ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลความหนาแน่นของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน

process	N	mean	std. deviation	std. error	95% confidence interval of mean		Mini mum	Maxi mum
					lower bound	upper bound		
H ₂ O	5	1.241	0.060	0.035	1.056	1.426	1	1
NaOH 5%	5	1.290	0.144	0.083	1.104	1.475	1	1
H ₂ O ₂ 1%	5	1.299	0.077	0.045	1.114	1.484	1	1

การทดสอบค่าความแปรปรวนของข้อมูล (test of homogeneity of variances) โดยใช้ค่าสถิติทดสอบของ Bartlett's test ของข้อมูลความหนาแน่นของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน

$$\begin{array}{llll} Bc = 1.3633 & \text{Sig.} = & 0.506 \\ B^* = 1.6663 & S_p^2 = & 0.0101 \\ C = 1.2222 & \log S_p^2 = & -1.9936 \\ df = k-1 = & 2 & \alpha = & 0.05 \end{array}$$

จากผลการวิเคราะห์ค่า Bartlett's Statistic (Bc) = 1.3633 Sig. = 0.506

ยอมรับ H_0 สรุปว่า ค่าความแปรปรวนของทุกกลุ่มเท่ากัน เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องทดสอบค่าเฉลี่ยต่อไป

ตารางที่ ข.37 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน (F- test)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.0058	2	0.0029	0.2841	0.762
Within Groups	0.0609	6	0.0101		
Total	0.0667	8			

Critical Value ($\alpha=0.05$) = F-table = 5.1433

ตารางที่ ข.38 การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ของข้อมูลความหนาแน่นของเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน

คู่เปรียบเทียบ				d	LSD	p
H ₂ O	กับ	NaOH 5%		0.05	0.20	0.633
NaOH 5%	กับ	H ₂ O ₂ 1%		0.01	0.20	0.928
H ₂ O ₂ 1%	กับ	H ₂ O		0.06	0.20	0.369

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของเส้นใยที่แยกด้วยกระบวนการต่างกัน (F-test)

การดูดซึมน้ำ มาตรฐาน ASTM D 570 ทดสอบโดยการอบเส้นใยธรรมชาติ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วันเพื่อไล่ความชื้นออกแล้วชั่งน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำไปแช่น้ำจนครบเวลา 2 ชั่วโมง นำขึ้นมาจากน้ำซับน้ำออกจากผิวและทิ้งไว้ เป็นเวลา 1 วันเพื่อให้อยู่ในสภาวะอิมมัวแห้ง (saturated surface dry) แล้วชั่งน้ำหนักอิมมัวแห้ง ทดสอบซ้ำ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

$$K = (B-A)/A \times 100$$

K = ค่าการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)

A = น้ำหนักแห้งหลังอบ (กรัม)

B = น้ำหนักอิมมัวแห้ง (กรัม)

ตารางที่ ข.39 ค่าการดูดซึมน้ำของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน

กระบวนการ	ขั้นทดสอบ	น้ำหนักเส้นใยแห้ง หลังอบ (กรัม)	น้ำหนักเส้นใยอิมมัว ผิวแห้ง (กรัม)	การดูดซึมน้ำ (%)
กระบวนการเชิงกล	1	0.4928	0.5063	2.7394
และตามด้วยการ	2	0.4918	0.5060	2.8874
ปรับสภาพด้วยน้ำ	3	0.4784	0.4897	2.3620
กระบวนการเชิงกล	1	0.5297	0.5479	3.4359
และปรับสภาพด้วย	2	0.4899	0.5060	3.2864
NaOH 5%	3	0.4947	0.5111	3.3151
กระบวนการเชิงกล	1	0.5133	0.5300	3.2535
และปรับสภาพด้วย	2	0.5147	0.5315	3.2640
H ₂ O ₂ 1%	3	0.4905	0.5082	3.6086

ตารางที่ ข.40 ค่าสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ของข้อมูลค่าการดูดซึมน้ำของเส้นใย สับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน

process	N	mean	std. deviation	std. error	95% confidence interval of mean		Mini mum	Maxi mum
					lower	upper		
					bound	bound		
H ₂ O	5	2.663	0.271	0.156	2.295	3.031	2	3
NaOH	5	3.346	0.079	0.046	2.978	3.714	3	3
5%								
H ₂ O ₂	5	3.375	0.202	0.117	3.007	3.744	3	4
1%								

การทดสอบค่าความแปรปรวนของข้อมูล (test of homogeneity of variances) โดยใช้ค่าสถิติทดสอบของ Bartlett's est ของข้อมูลขนาดของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน

$$\begin{array}{ll}
 Bc = 2.0200 & \text{Sig.} = 0.364 \\
 B^* = 2.4688 & S_p^2 = 0.0402 \\
 C = 1.2222 & \log S_p^2 = -1.3962 \\
 df = k - 1 = 2 & \alpha = 0.05
 \end{array}$$

จากผลการวิเคราะห์ค่า Bartlett's Statistic (Bc) = 2.0200 Sig. = 0.364

ยอมรับ H_0 สรุปว่า ค่าความแปรปรวนของทุกกลุ่มเท่ากัน เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องทดสอบค่าเฉลี่ยต่อไป

ตารางที่ ข.41 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าการดูดซึมน้ำของเส้นใยสับปะรดที่สกัดด้วยกระบวนการแตกต่างกัน (F- test)

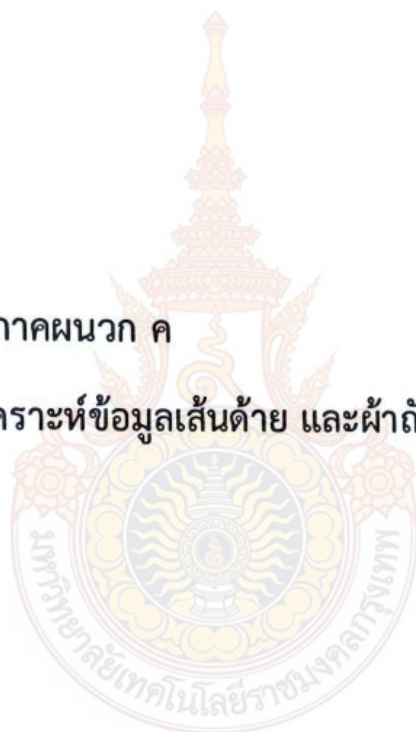
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.9747	2	0.4873	12.1341	0.008
Within Groups	0.2410	6	0.0402		
Total	1.2157	8			

Critical Value ($\alpha=0.05$) = F-table = 3.8853

ตารางที่ ข.42 การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยสถิติทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ของข้อมูลค่าการดูดซึมน้ำของเส้นใยที่สกัดด้วยกระบวนการต่างกัน

คู่เปรียบเทียบ				d	LSD	p
H ₂ O	กับ	NaOH 5%		0.68*	0.40	0.040
NaOH 5%	กับ	H ₂ O ₂ 1%		0.03	0.40	0.831
H ₂ O ₂ 1%	กับ	H ₂ O		0.71*	0.40	0.025

ภาคผนวก ค
การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเส้นด้าย และผ้าถัก



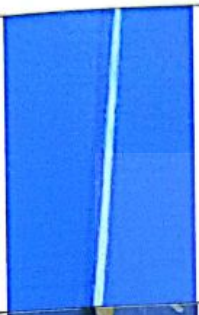




นำเส้นใยลึบประรดที่ยังไม่ผ่านกระบวนการตกแต่งด้วยสารเคมี และผ่านการตกแต่งด้วยสารเคมี มาป็นด้วยมือให้เป็นเส้นด้าย 5 ชนิด ดังนี้

- ฟ้นเส้นด้ายจากเส้นใย 40 เส้น (เส้นด้าย A)
- เส้นด้าย A สองเส้นนำมาเข้าเกลียว S (เส้นด้าย AS)
- เส้นด้าย A สองเส้นนำมาเข้าเกลียว Z (เส้นด้าย AZ)
- เส้นด้าย AS สองเส้นนำมาเข้าเกลียว Z (เส้นด้าย ASZ)
- เส้นด้าย AZ สองเส้นนำมาเข้าเกลียว S (เส้นด้าย AZS)

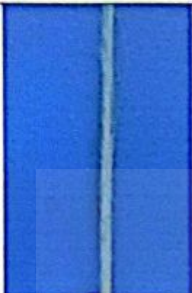
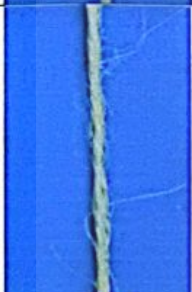

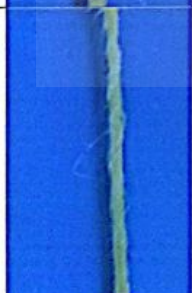

นำเส้นด้ายทั้งห้าชนิด ทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นด้าย และการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยืดตัวของเส้นใย โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Strength Tester) รุ่น INSTRON 5569 ตามมาตรฐาน ASTM D3822 -01 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers กำหนดใช้ Load cell ขนาด 10 N ตั้งค่าความเร็วทดสอบ 30 มิลลิเมตร/นาที โดยนำตัวอย่างเส้นใยมาติดบนกระดาษแข็งรูปตัวซี ระยะทดสอบเส้นใยยาว 25 มิลลิเมตร



ตารางที่ ค.1 ค่าความแข็งแรงต่อการดึงของเส้นด้ายสับปรดก่อนปรับสภาพหลังแช่น้ำทิ้งไว้ 60 นาที ฟันมือแต่ละชนิด

ชนิดเส้นด้าย	ลักษณะเส้นด้าย	ครั้งที่	การยืดตัว ณ จุด ขาด (ร้อยละ)	ความแข็งแรงต่อ แรงดึง (เมกะ ปาสคาล)
A		1	1.324	9085.000
		2	1.939	11246.000
		3	2.074	9521.000
		Mean	1.779	9950.667
		S.D.	0.400	1142.777
AS		1	2.455	24783.000
		2	2.744	22663.000
		3	2.069	22744.000
		Mean	2.423	23396.667
		S.D.	0.339	1201.283
AZ		1	2.138	22225.000
		2	2.042	28876.000
		3	2.185	26622.000
		Mean	2.122	25907.667
		S.D.	0.073	3382.551
ASZ		1	2.131	47726.000
		2	2.868	41693.000
		3	2.894	41144.000
		Mean	2.631	43521.000
		S.D.	0.433	3651.968
AZS		1	2.122	50386.000
		2	2.322	47805.000
		3	2.398	50304.000
		Mean	2.281	49498.333
		S.D.	0.143	1467.043

ตารางที่ ค.2 ค่าความแข็งแรงต่อการดึงของเส้นด้ายลัษณะ 1 หลังปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แช่ทิ้งไว้ 60 นาที ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1

ชนิดเส้นด้าย	ลักษณะเส้นด้าย	ครั้งที่	การยืดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ)	ความแข็งแรงต่อแรงดึง (เมกะปาสคาล)
A		1	1.579	17977.000
		2	2.090	21231.000
		3	1.941	20824.000
		Mean	1.870	20010.667
		S.D.	0.263	1772.925
AS		1	2.918	44401.000
		2	3.424	47577.000
		3	2.481	44250.000
		Mean	2.941	45409.333
		S.D.	0.472	1878.772
AZ		1	2.154	43846.000
		2	2.610	46440.000
		3	2.051	45197.000
		Mean	2.272	45161.000
		S.D.	0.297	1297.375
ASZ		1	2.928	50304.000
		2	2.749	47455.000
		3	2.620	50230.000
		Mean	2.766	49329.667
		S.D.	0.155	1623.931
AZS		1	3.048	45098.000
		2	3.470	49977.000
		3	3.309	50433.000
		Mean	3.276	48502.667
		S.D.	0.213	2957.330

ตารางที่ ค.3 เบอร์ด้ายของเส้นด้ายสับประรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลและตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ

ชนิดเส้นด้าย	ความยาว ของเส้นด้าย (ชม.)	น้ำหนักของ เส้นด้าย (กรัม)	ขนาดของ เส้นด้าย (เอ็นอี; Ne)	ขนาดของ เส้นด้าย (ดีเนียร์; Denier)	ขนาดของ เส้นด้าย (เท็กซ์; Tex)
A	20	0.0222	5.31	999.00	111.00
AS	20	0.0637	1.85	2866.50	318.50
AZ	20	0.0617	1.91	2776.50	308.50
ASZ	20	0.0969	1.22	4360.50	484.50
AZS	20	0.0869	1.36	3910.50	434.50

ตารางที่ ค.4 เบอร์ด้ายของเส้นด้ายสับประรดที่แยกด้วยกระบวนการเชิงกลร่วมด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1

ชนิดเส้นด้าย	ความยาว ของเส้นด้าย (ชม.)	น้ำหนักของ เส้นด้าย (กรัม)	ขนาดของ เส้นด้าย (เอ็นอี; Ne)	ขนาดของ เส้นด้าย (ดีเนียร์; Denier)	ขนาดของ เส้นด้าย (เท็กซ์; Tex)
A	20	0.0179	6.59	805.50	89.50
AS	20	0.0593	1.99	2668.50	296.50
AZ	20	0.0455	2.59	2047.50	227.50
ASZ	20	0.0847	1.39	3811.50	423.50
AZS	19.70	0.0774	1.50	3536.04	392.89

ตารางที่ ค.5 น้ำหนักและความหนาของผ้าดักที่ดักด้วยเส้นด้ายสับปะรดที่เตรียมจากเส้นใยจากการแยกเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ และเส้นใยแยกโดยวิธีทางเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วย H_2O_2 1%

ชนิดของตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มิลลิเมตร)	ระยะตามแนวหน้ากว้างของผ้า (มิลลิเมตร)	ระยะตามแนวความยาวของผ้า (มิลลิเมตร)	พื้นที่ผ้า (ตารางเซนติเมตร)	น้ำหนักผ้าต่อพื้นที่ (กรัมต่อตารางเซนติเมตร)
เส้นใยจากการแยกเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วย H_2O	1	8.10	2.60	150.00	90.00	13.50	0.60
	2	8.30	2.60	150.00	90.00	13.50	0.61
	3	8.03	2.50	154.00	90.00	13.86	0.58
	4	8.04	3.00	160.00	90.00	14.40	0.56
	5	8.10	2.70	150.00	90.00	13.50	0.60
	Mean	8.11	2.68	152.80	90.00	13.75	0.59
	SD	0.11	0.19	4.38	0.00	0.39	0.02
เส้นใยแยกโดยวิธีทางเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วย H_2O_2 1%	1	7.32	2.90	146.00	93.00	13.58	0.54
	2	7.22	2.70	150.00	90.00	13.50	0.54
	3	7.26	2.80	155.00	90.00	13.95	0.52
	4	7.32	2.60	157.00	90.00	14.13	0.52
	5	7.22	2.90	156.00	90.00	14.04	0.51
	Mean	7.27	2.78	152.80	90.60	13.84	0.53
	SD	0.05	0.13	4.66	1.34	0.28	0.01

ตารางที่ ค.6 น้ำหนักและความหนาของผ้าฝ้ายที่ถักด้วยเส้นด้ายสับประรดที่เตรียมจากเส้นใยจากการแยกเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ และเส้นใยแยกโดยวิธีทางเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วย H_2O_2 1% หลังการชักครั้งที่ 1

ชนิดของตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มิลลิเมตร)	ระยะตามแนวหน้ากว้างของผ้า (มิลลิเมตร)	ระยะตามแนวความยาวของผ้า (มิลลิเมตร)	พื้นที่ผ้า (ตารางเซนติเมตร)	น้ำหนักผ้าต่อพื้นที่ (กรัมต่อตารางเซนติเมตร)
เส้นใยจาก	1	7.96	3.30	140.00	80.00	11.20	0.59
การแยก	2	7.93	3.40	140.00	80.00	11.20	0.59
เชิงกลแล้ว	3	7.94	3.10	146.00	84.00	12.26	0.57
ตามด้วย	4	7.95	2.80	130.00	85.00	11.05	0.55
การปรับ	5	7.96	2.68	140.00	84.00	11.76	0.59
สภาพด้วย	Mean	7.95	3.06	139.20	82.60	11.49	0.58
H_2O	SD	0.01	0.31	5.76	2.41	0.51	0.02
เส้นใยแยก	1	7.16	3.50	132.00	83.00	10.56	0.53
โดยวิธีทาง	2	7.16	3.00	138.00	90.00	11.45	0.53
เชิงกลแล้ว	3	7.24	2.60	135.00	90.00	12.15	0.52
ตามด้วย	4	7.29	2.90	133.00	84.00	11.97	0.52
การปรับ	5	7.25	3.00	130.00	83.00	10.79	0.52
สภาพด้วย	Mean	7.22	3.00	133.60	86.00	11.38	0.52
H_2O_2 1%	SD	0.06	0.32	3.05	3.67	0.70	0.01

ตารางที่ ค.7 น้ำหนักและความหนาของผ้าดักที่ดักด้วยเส้นด้ายสับประดที่เตรียมจากเส้นใยจากการแยกเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ และเส้นใยแยกโดยวิธีทางเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วย H_2O_2 1% หลังการซักครั้งที่ 2

ชนิดของตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มิลลิเมตร)	ระยะตามแนวหน้ากว้างของผ้า (มิลลิเมตร)	ระยะตามแนวความยาวของผ้า (มิลลิเมตร)	พื้นที่ผ้า (ตารางเซนติเมตร)	น้ำหนักผ้าต่อพื้นที่ (กรัมต่อตารางเซนติเมตร)
เส้นใยจาก	1	7.87	3.30	130.00	82.00	10.66	0.58
การแยก	2	7.82	3.20	132.00	80.00	10.56	0.58
เชิงกลแล้ว	3	7.85	2.90	133.00	85.00	11.31	0.57
ตามด้วย	4	7.88	3.40	120.00	88.00	10.56	0.55
การปรับ	5	7.89	3.30	130.00	83.00	10.79	0.58
สภาพด้วย	Mean	7.86	3.22	129.00	83.60	10.78	0.57
H_2O	SD	0.03	0.19	5.20	3.05	0.31	0.02
เส้นใยแยก	1	7.08	3.10	125.00	80.00	10.38	0.52
โดยวิธีทาง	2	7.08	3.10	130.00	83.00	11.70	0.52
เชิงกลแล้ว	3	7.10	3.36	132.00	90.00	11.88	0.51
ตามด้วย	4	7.12	3.40	130.00	90.00	10.92	0.50
การปรับ	5	7.08	2.90	122.00	83.00	10.13	0.50
สภาพด้วย	Mean	7.09	3.17	127.80	85.20	11.00	0.51
H_2O_2 1%	SD	0.02	0.21	4.15	4.55	0.78	0.01

ตารางที่ ค.8 น้ำหนักและความหนาของผ้าฝ้ายที่ถักด้วยเส้นด้ายสับปะรดที่เตรียมจากเส้นใยจากการแยกเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วยน้ำ และเส้นใยแยกโดยวิธีทางเชิงกลแล้วตามด้วยการปรับสภาพด้วย H_2O_2 1% หลังการซักครั้งที่ 3

ชนิดของตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มิลลิเมตร)	ระยะตามแนวหน้ากว้างของผ้า (มิลลิเมตร)	ระยะตามแนวความยาวของผ้า (มิลลิเมตร)	พื้นที่ผ้า (ตารางเซนติเมตร)	น้ำหนักผ้าต่อพื้นที่ (กรัมต่อตารางเซนติเมตร)
เส้นใยจาก	1	7.66	3.50	130	80	1.17	0.57
การแยก	2	7.64	3.70	130	82	11.18	0.57
เชิงกลแล้ว	3	7.57	3.70	130	85	11.05	0.55
ตามด้วย	4	7.60	3.40	125	83	10.38	0.53
การปรับ	5	7.66	3.40	123	80	1.16	0.57
สภาพด้วย	Mean	7.63	3.54	127.60	82	6.99	0.56
H_2O	SD	0.04	0.15	3.36	2	5.32	0.02
เส้นใยแยก	1	7.07	3.30	125	78	9.75	0.52
โดยวิธีทาง	2	7.08	3.90	122	79	9.64	0.52
เชิงกลแล้ว	3	7.07	3.80	125	86	10.75	0.51
ตามด้วย	4	7.17	3.20	125	84	10.50	0.51
การปรับ	5	7.08	3.40	123	86	10.58	0.50
สภาพด้วย	Mean	7.09	3.52	124.00	82.60	10.24	0.51
H_2O_2 1%	SD	0.04	0.31	1.41	3.85	0.51	0.01

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวกัญญารัตน์ มุ่งเขตกลาง
วัน เดือน ปีเกิด	11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2535
ที่อยู่	30/5 ม.9 ซ.เพชรเกษม54 บางด้วน ภาษีเจริญ กทม. 10160
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554 – 2558 ปริญญาตรี คณะศิลปกรรมศาสตร์ สาขาการออกแบบ เอกการออกแบบเครื่องแต่งกาย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย	พ.ศ. 2558 – 2561 บริษัท ประชาอาภรณ์ จำกัด (มหาชน) ตำแหน่ง Uniform designer. Work wears, Office wears.
	พ.ศ. 2561 - 2563 ห้างหุ้นส่วนจำกัด สมบูรณ์ การ์เมนต์ ตำแหน่ง Fashion-Graphic designer. Men's wear.
	พ.ศ. 2563 – ปัจจุบัน Kingsap Co.,Ltd. ตำแหน่ง Graphic designer-Admin Facebook page.
ผลงานวิจัย	ปริญญาตรี ศิลปนิพนธ์ โครงการพิเศษ การออกแบบเครื่องแต่งกายของสตรีโดยได้รับแรงบันดาลใจจากเรื่องราวความเป็นมาและความหมายของกิเลส (Kilesa)