



การพัฒนาผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งทอ
DEVELOPMENT OF NONWOVEN FROM BORASSUS FRUIT FIBER
FOR TEXTILE PRODUCTS

ว่าที่ร้อยตรีธีระพงษ์ ฐานะ
ACTING SUB LIEUTENANT TEERAPONG TANA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานวัตกรรมสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

การพัฒนาผ้าไหมทอจากเส้นใยผลตาลสุกสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งทอ

ว่าที่ร้อยตรีธีระพงษ์ ฐานะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานวัตกรรมสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ปีการศึกษา 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

DEVELOPMENT OF NONWOVEN FROM BORASSUS FRUIT FIBER
FOR TEXTILE PRODUCTS

ACTING SUB LIEUTENANT TEERAPONG TANA



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN TEXTILES INNOVATION
FACULTY OF TEXTILES INDUSTRY
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY KRUNGTHEP
ACADEMIC YEAR 2020
COPYRIGHT OF RAJAMANGALA UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY KRUNGTHEP

หน้าลิขสิทธิ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้าวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ และข้อความต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า



ว่าที่ร้อยตรีธีระพงษ์ ฐานะ
(ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์)

COPYRIGHT © 2020

ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2563

RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY KRUNGTHEP

FACULTY OF TEXTILE INDUSTRIES

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งทอ
 โดย ว่าที่ร้อยตรีธีระพงษ์ ฐานะ
 สาขาวิชา นวัตกรรมสิ่งทอ
 ปีการศึกษา 2563

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ อนุมัติให้นับ
 วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา นวัตกรรมสิ่งทอ

..... คณบดีคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภัทรานิษฐ์ สิทธิณพนธ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
 (ว่าที่พันตรี ดร.สมชาย อุดร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์
 (ดร.เกษม มานะรุ่งวิทย์)

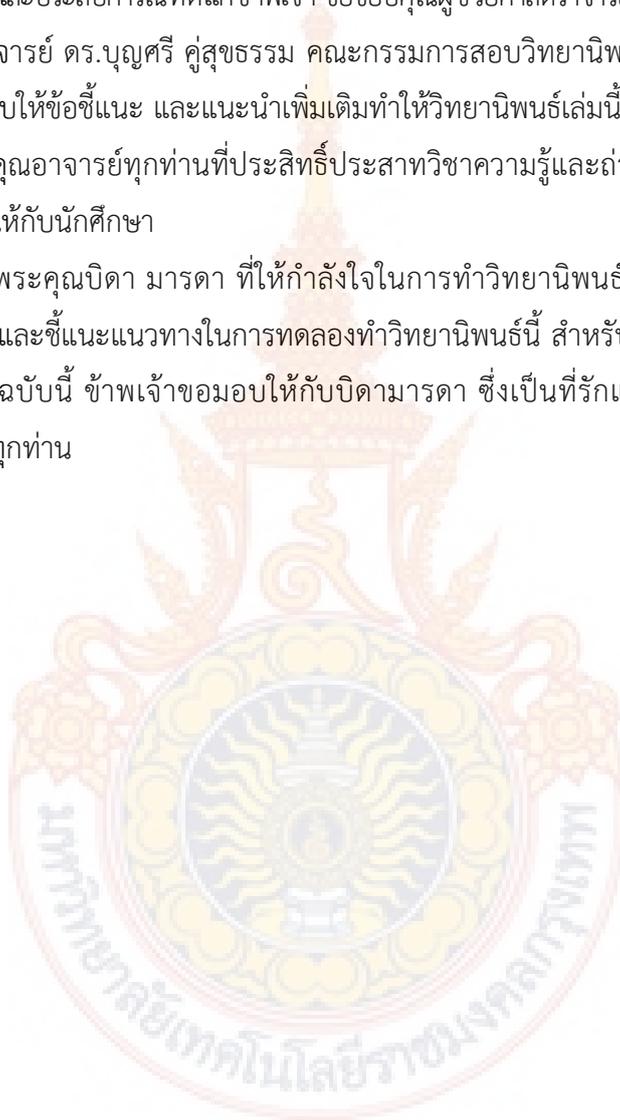
..... กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร.บุญศรี คู่สุขธรรม)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ว่าที่พันตรี ดร.สมชาย อุดร และ ดร.เกษม มานะรุ่งวิทย์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนพล มงคลรัตนาสีห์ และรองศาสตราจารย์ ดร.บุญศรี คู่สุขธรรม คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาสละเวลาของท่านช่วยตรวจสอบให้ข้อชี้แนะ และแนะนำเพิ่มเติมทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีในระดับปริญญาโทให้กับนักศึกษา

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณ เพื่อน ๆ คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทดลองทำวิทยานิพนธ์นี้ สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครู อาจารย์ที่เคารพทุกท่าน



หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกสำหรับ ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ
นักศึกษา	ว่าที่ร้อยตรี ธีระพงษ์ ฐานะ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ว่าที่พันตรี ดร.สมชาย อุคร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.เกษม มานะรุ่งวิทย์
ปีการศึกษา	2563

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกสำหรับสร้างผลิตภัณฑ์สิ่งทอทดลองโดยศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 และที่อัตราส่วนผสมของเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 10 ผลการทดลองพบว่า แผ่นผ้าไม่ทอที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ คือใช้อัตราส่วนเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ผสมกับเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 แผ่นผ้าไม่ทอที่ได้มีความหนา 2.10 มิลลิเมตร ลักษณะเป็นแผ่นแบนที่มีความแข็ง มีความยืดหยุ่นต่ำ มีค่าน้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทออยู่ที่ 601.98 กรัมต่อตารางเมตร แผ่นผ้าไม่ทอตามแนวนานเครื่องจักรมีระยะการยืดตัว ณ จุดขาด 27.45 มิลลิเมตร แรงดึง ณ จุดขาด 474.99 นิวตัน และแผ่นผ้าไม่ทอตามแนวขวางเครื่องจักรมีระยะการยืดตัว ณ จุดขาด 24.86 มิลลิเมตร แรงดึง ณ จุดขาด 469.07 นิวตัน เมื่อนำแผ่นผ้าไม่ทอไปตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำและสารยับยั้งแบคทีเรียพบว่า แผ่นผ้าไม่ทอมีสมบัติการสะท้อนน้ำ และสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย สตาฟีโลคอคคัส ออเรียส และ เคล็บซีเอลลา นิวโมนี โดยเชื้อไม่สามารถเจริญเติบโตได้แผ่นผ้าไม่ทอ และเชื้อแบคทีเรียยังไม่สามารถเจริญเติบโตใกล้แผ่นที่ระยะ 10 มิลลิเมตร สามารถนำแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 มาสร้างผลิตภัณฑ์รองเท้าสำหรับ สุภาพบุรุษ สุภาพสตรี และเด็ก

คำสำคัญ : ผ้าไม่ทอ เส้นใยผลตาลสุก ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ

Thesis Title	Development of Nonwoven from Borassus Fruit Fiber for Textile Products
By	Acting Sub.Lt. Teerapong Tana
Major	Textiles Innovation
Advisor	Acting Maior Dr. Somchai Udon
Joint advisor	Dr. Kasem Manarungwit
Academic Year	2020

Abstract

The objective of this research is to develop nonwoven sheet borassus fruit fiber from for the creation of textile products. The experiment was conducted to study the mixing ratio of 80% of borassus fruit fiber and 20% of polypropylene fiber and the mixing ratio of 90% of borassus fruit fiber and 10% of polypropylene fiber. The experimental results showed that the nonwoven sheet suitable for making textile product is the ratio using 80% of borassus fruit fiber mixed with 20% of polypropylene fiber. The nonwoven sheet is 2.10 mm thick. The sheet is flat and strong with low flexibility. The weight of the nonwoven sheet is 601.98 g/m². The sheet along the machine is elongated at break at 27.45 millimeter and tensile strength at break at 474.99 Newton at the same time the sheet across the machine is elongated at break at 24.86 mm. and tensile strength at break at 469.07 Newton. When the nonwoven sheet was treated with water repellent and antibacterial agent, it was found that nonwoven fabric has water-repellent and antibacterial namely *Staphylococcus aureus* and *Klebsiella pneumonia* properties. The said bacteria cannot grow underneath the nonwoven sheet and also cannot grow near the sheet at the distance of 10 mm. The nonwoven sheet made from 80 % of borassus fruit fibers and 20 % of polypropylene fibers can be used to make shoes products for men, women and children.

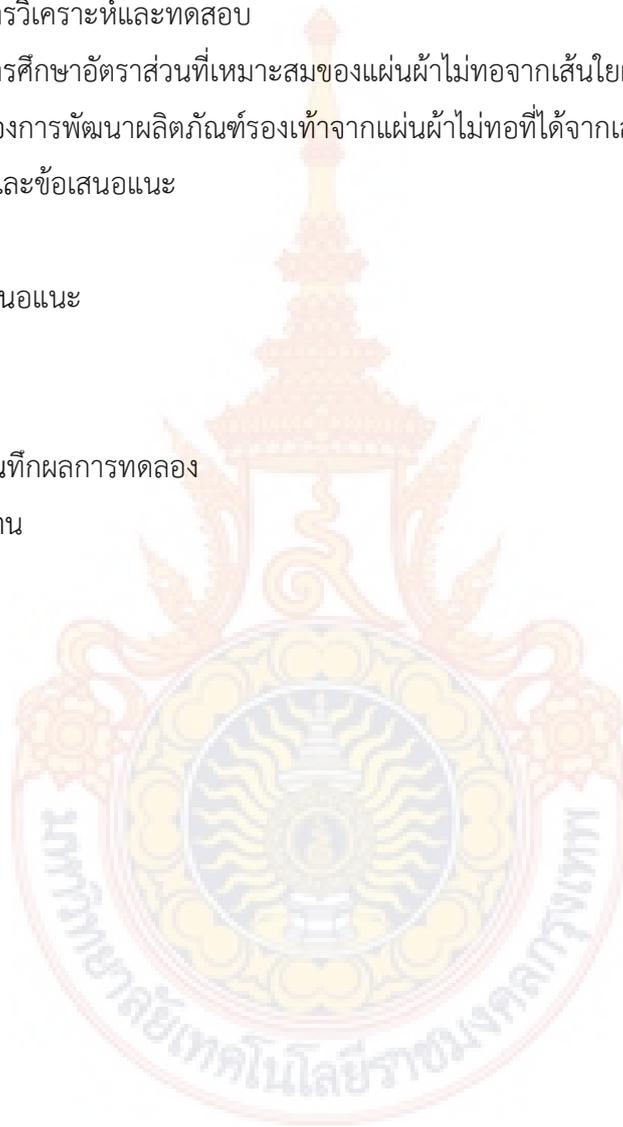
Keywords: nonwoven; textile products; ripe borassus fruit fibers

สารบัญ

	หน้า
หน้าอนุมัติ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เส้นใยจากผลลูกตาล (Borassus Fruit Fiber)	3
2.2 เส้นใยพอลิโพรพิลีน	8
2.3 ผ้าไม่ทอ (Nonwovens)	10
2.4 การตกแต่งสิ่งทอ (Textile Finishes)	17
2.5 การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	19
2.6 การออกแบบรองเท้าเชิงการยศาสตร์	22
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 วัสดุอุปกรณ์	34
3.2 แหล่งที่มาของผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก	35
3.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นผ้าไม่ทอเส้นใยผลตาลสุก	35
3.4 ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จผ้าไม่ทอ	37
3.5 การวิเคราะห์และทดสอบสมบัติของแผ่นผ้าไม่ทอ	38
3.6 การพัฒนาและแปรรูปผลิตภัณฑ์	44

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 ผลการขึ้นรูปแผ่นผ้าไม่ทอและสมบัติของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก	50
4.2 ผลการวิเคราะห์และทดสอบ	54
4.3 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก	58
4.4 ผลของการพัฒนาผลิตภัณฑ์รองเท้าจากแผ่นผ้าไม่ทอที่ได้จากเส้นใยผลตาลสุก	58
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุป	60
5.2 ข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม	62
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก บันทึกผลการทดลอง	66
การนำเสนอผลงาน	76
ประวัติผู้เขียน	85



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าความเค้น (stress) และค่าความเครียด (strain) ของเส้นใยจากผลลูกตาลในสภาวะแห้งและเปียก	4
ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยหยาบและเส้นใยละเอียดที่ได้จากผลของลูกตาล	5
ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบสมบัติของเส้นใยที่ได้จากผลของลูกตาลกับเส้นใยธรรมชาติอื่น ๆ	5
ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบขนาดของร่องเท้าตามมาตรฐานสากลร่องเท้าสุภาพบุรุษ	25
ตารางที่ 2.5 การเปรียบเทียบขนาดของร่องเท้าตามมาตรฐานสากลร่องเท้าสุภาพสตรี	25
ตารางที่ 2.6 การเปรียบเทียบขนาดของร่องเท้าตามมาตรฐานสากลร่องเท้าเด็ก	26
ตารางที่ 4.1 ลักษณะของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกแต่ละชนิด	51
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย	52
ตารางที่ 4.3 ผลของอัตราส่วนผสมต่อเวลาในการดูดซึมน้ำแบบหยดน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอ	53
ตารางที่ 4.4 ผลของอัตราส่วนผสมต่อร้อยละการดูดซึมน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอ	53
ตารางที่ 4.5 ผลของอัตราส่วนผสมต่อร้อยละการพองตัวของแผ่นผ้าไม่ทอ	54
ตารางที่ 4.6 ผลของอัตราส่วนผสมต่อค่าน้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ	56
ตารางที่ 4.7 ผลของอัตราส่วนผสมต่อค่าความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอ	56
ตารางที่ 4.8 ผลของอัตราส่วนผสมต่อค่าระยะการยืดตัว ณ จุดขาด ของแผ่นผ้าไม่ทอ	57
ตารางที่ ก.1 ผลการดูดซึมน้ำแบบหยดน้ำ	67
ตารางที่ ก.2 ร้อยละการดูดซึมน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอ	68
ตารางที่ ก.3 ร้อยละการดูดซึมน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอ	69
ตารางที่ ก.4 น้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ	70
ตารางที่ ก.5 ความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอ	71
ตารางที่ ก.6 ผลการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก ณ จุดสูงสุดตามแนวขนานเครื่องจักร	72
ตารางที่ ก.7 ผลการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก ณ จุดสูงสุดตามแนวขวางเครื่องจักร	73
ตารางที่ ก.8 ผลการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก ณ จุดขาดตามแนวขนานเครื่องจักร	74
ตารางที่ ก.9 ผลการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก ณ จุดขาดตามแนวขวางเครื่องจักร	75

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ลักษณะภาพตัดตามยาว และภาพตัดตามขวางของเส้นใยที่ได้จากผลตาล	3
ภาพที่ 2.2 การเตรียมผลตาลสุกสำหรับการยี่	6
ภาพที่ 2.3 การยี่ผลตาลสุกเพื่อแยกแ่งออกจากเส้นใยผลตาลสุก	6
ภาพที่ 2.4 เส้นใยผลตาลสุกที่หลุดออกมา	6
ภาพที่ 2.5 เส้นใยผลตาลสุกหลังจากทำความสะอาด	7
ภาพที่ 2.6 เส้นใยผลตาลสุกหลังจากกำจัดแ่ง	7
ภาพที่ 2.7 เส้นใยผลตาลสุก	8
ภาพที่ 2.8 การเรียงตัวของโครงสร้างพอลิโพรพิลีนทั้ง 3 ชนิด	9
ภาพที่ 2.9 โครงสร้างในผ้าทอ (ซ้าย) และผ้าไม่ทอ (ขวา)	10
ภาพที่ 2.10 กระบวนการผลิตผ้าไม่ทอแบบดราย-เลด	11
ภาพที่ 2.11 ผ้าไม่ทอแบบปักด้วยเข็มปัก	12
ภาพที่ 2.12 ไส้กรองทำจากผ้าไม่ทอแบบเว็ท-เลด	12
ภาพที่ 2.13 การยึดติดโดยการใช้เข็มเจาะ	13
ภาพที่ 2.14 ลักษณะเข็มเจาะที่ผ่านเส้นใย	13
ภาพที่ 2.15 เข็มชนิด conventional barbed needle	15
ภาพที่ 2.16 เข็มชนิด formed – bard needle	15
ภาพที่ 2.17 เข็มชนิด side – hook needle	15
ภาพที่ 2.18 เข็มชนิด fork needle	15
ภาพที่ 2.19 ลักษณะการเชื่อมยึดความร้อน (thermal bonding) โดยใช้ลูกกลิ้งร้อน	16
ภาพที่ 2.20 ลักษณะการเชื่อมยึดความร้อน (thermal bonding) โดยใช้ลมร้อน	16
ภาพที่ 2.21 โครงสร้างโดยทั่วไปของสารประกอบฟลูออโอโรคาร์บอน	17
ภาพที่ 2.22 แสดงการเคลื่อนไหวส่วนเท้า	23
ภาพที่ 2.23 แสดงการวัดสัดส่วนเท้า	24
ภาพที่ 3.1 เครื่องผสมเส้นใย (Blending Machine)	35
ภาพที่ 3.2 เครื่องสาวเส้นใย (Carding Machine)	36
ภาพที่ 3.3 เครื่องโรยแผ่นเส้นใยชนิด Cross Laid (Cross Laid Machine)	36
ภาพที่ 3.4 เครื่องยึดแผ่นผ้าไม่ทอชนิดเข็มปัก (Needle Punching Machine)	36

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3.5 แผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกผสมกับเส้นใยพอลิโพรพิลีน	37
ภาพที่ 3.6 เครื่องแพดเดอร์	38
ภาพที่ 3.7 เครื่องมินิสเตนเดอร์	38
ภาพที่ 3.8 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	39
ภาพที่ 3.9 อุปกรณ์การทดสอบหาน้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ	40
ภาพที่ 3.10 อุปกรณ์การทดสอบหาค่าความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอ	40
ภาพที่ 3.11 เครื่องทดสอบความแข็งแรงของแผ่นผ้าไม่ทอ ยี่ห้อ Testometric รุ่น M350-5AT	41
ภาพที่ 3.12 การทดสอบการดูดซึมน้ำแบบหยดน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอ	42
ภาพที่ 3.13 การทดสอบสมบัติการดูดซับน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอ	43
ภาพที่ 3.14 การทดสอบสมบัติการพองตัวของแผ่นผ้าไม่ทอ	44
ภาพที่ 3.15 การออกแบบรองเท้าสำหรับสุขภาพบุรุษ	45
ภาพที่ 3.16 การออกแบบรองเท้าสำหรับสุขภาพสตรี	46
ภาพที่ 3.17 การออกแบบรองเท้าสำหรับเด็ก	46
ภาพที่ 3.18 การวางแบบรองเท้า	47
ภาพที่ 3.19 การเย็บประกบชิ้นส่วนของรองเท้า	47
ภาพที่ 3.20 ชิ้นส่วนรองเท้าเย็บประกบตามแบบ	48
ภาพที่ 3.21 การยึดอัดรองเท้าตามแม่พิมพ์รองเท้า	48
ภาพที่ 3.22 การติดพื้นด้านนอกรองเท้า	48
ภาพที่ 3.23 แผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกที่สกรีนด้วยถ่านชาร์โคลมาเย็บผ้าตาข่าย	49
ภาพที่ 3.24 พื้นรองเท้านี้ด้านในประกอบด้วยตัวรองเท้า	49
ภาพที่ 4.1 แผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 และเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20	50
ภาพที่ 4.2 แผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 และเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 10	50
ภาพที่ 4.3 ลักษณะผิวของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 และเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20	55
ภาพที่ 4.4 ลักษณะผิวของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 และเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 10	55
ภาพที่ 4.5 ผลิตภัณฑ์รองเท้าสำหรับสุขภาพบุรุษ	58
ภาพที่ 4.6 ผลิตภัณฑ์รองเท้าสำหรับสุขภาพสตรี	59
ภาพที่ 4.7 ผลิตภัณฑ์รองเท้าสำหรับเด็ก	59

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันในประเทศไทยมีต้นตาลโตนด จำนวนมาก เนื้อที่ปลูกทั้งหมด 10,417 ไร่ ผลผลิตต่อปี 4,469 ตัน พื้นที่ปลูกทั้งหมด 7 จังหวัด (กุหลาบ หมายสุขกลาง, 2560) ซึ่งส่วนต่าง ๆ ของต้นตาลโตนดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบ แต่ในส่วนของผลแก่นอกจกานำมาฝานเปลือก เพื่อนำเปลือกที่เป็นเส้นใยสีเหลืองคั้นเอาน้ำสำหรับทำขนมแล้ว ส่วนของเส้นใยนั้นนำมาใช้เป็นฝอยสำหรับล้างจาน หรือนำมาเป็นฝอยสำหรับขัดตัว ส่วนที่เหลือก็จะนำไปทิ้งทำให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังมีผลตาลสุกอีกจำนวนมากที่ตกอยู่ตามพื้นที่สวนสาธารณะและตามแหล่งท่องเที่ยว ไม่ได้นำผลของตาลสุกนั้นมาใช้ประโยชน์ ทำให้เกิดผลกระทบต่ออื่น ๆ เกิดขึ้นตามมาอีกมากมาย ถึงแม้จะมีการเก็บผลตาลสุกบางส่วนไปทำประโยชน์แล้วก็ตาม

รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์ และคณะ (2557) ได้สังเกตเห็นปัญหานี้ขึ้น จึงผลิตเครื่องมือต้นแบบสำหรับแยกเส้นใยตาล และเครื่องมือต้นแบบทำความสะอาดเส้นใยตาล กำจัดแป้ง สิ่งสกปรก และฟอกขาว งานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เส้นใยจากผลตาลสำหรับสิ่งทอเทคนิค โดยผลิตเครื่องมือที่พัฒนาสำหรับแยกเส้นใยจากลูกตาลและทำความสะอาดเส้นใยตาล โดยได้เส้นใยตาลออกมาในปริมาณที่มาก นอกจากนี้ยังมีการนำเส้นใยที่ได้ไปต่อยอดทำเป็นเส้นด้าย โดยการปั่นเข้าเกลียวรวมกับเส้นใยชนิดอื่น และได้ออกมาเป็นเส้นด้ายสำหรับทำผลิตภัณฑ์ รวมถึงมีการนำเส้นใยตาลไปทำเป็นผ้าไม่ทอ (nonwovens) โดยผสมกับเส้นใยชนิดอื่น ๆ เนื่องจากเส้นใยตาลที่ได้มีความหยาบและแข็งจากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำเอาเส้นใยตาลนี้มาต่อยอดทำเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอต่อไป

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาต่อยอดงานวิจัยของ รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์ เรื่องการประยุกต์ใช้เส้นใยจากผลตาลสำหรับสิ่งทอเทคนิค โดยการนำเส้นใยจากผลลูกตาลสุกสำเร็จรูปมาทำการขึ้นรูปเป็นผ้าไม่ทอโดยใช้กระบวนการทางอุตสาหกรรม ทำการศึกษาสมบัติของผ้าไม่ทอที่ผลิตได้ และหาแนวทางในการนำผ้าไม่ทอดังกล่าวมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่เหมาะสมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการขึ้นรูปเส้นใยผลตาลสุกเป็นผ้าไม่ทอ
- 1.2.2 เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก
- 1.2.3 เพื่อศึกษาสมบัติของผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก

1.2.4. เพื่อนำผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากเส้นใยผลตาลสุกผ้าไม่ทอ จึงกำหนดขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1.3.1 ใช้เส้นใยผลตาลสุกที่เตรียมไว้แล้ว โดยงานวิจัยของ (รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์ และคณะ, 2557) เรื่อง การพัฒนาเส้นใยจากผลลูกตาลเพื่อผลิตแผ่นกันความร้อน และการประยุกต์ใช้งานสำหรับสิ่งทอเทคนิค

1.3.2 ผลิตผ้าไม่ทอด้วยการยึดติดโดยการใช้เข็มเจาะ (needle puncting)

1.3.3 ผลิตผ้าไม่ทอเส้นใยผสมโดยยึดเส้นใยระหว่างเส้นใยผลตาลสุกและเส้นใยพอลิโพรพิลีนด้วยวิธีการเชื่อมยึดความร้อน (thermal bonding) แบบใช้ลูกกลิ้งร้อน

1.3.4 ศึกษาผลการขึ้นรูปเป็นผ้าไม่ทอ โดยใช้เส้นใยพอลิโพรพิลีนเป็นส่วนผสม

อัตราส่วนเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 เส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 10

อัตราส่วนเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 เส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20

1.3.5 นำผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์รองเท้า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบวิธีการผลิตของเส้นใยผลตาลสุกต่อกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ

1.4.2 ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการออกแบบผลิตภัณฑ์ผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก

1.4.3 ทราบสมบัติของเส้นใยผลตาลสุกต่อกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ

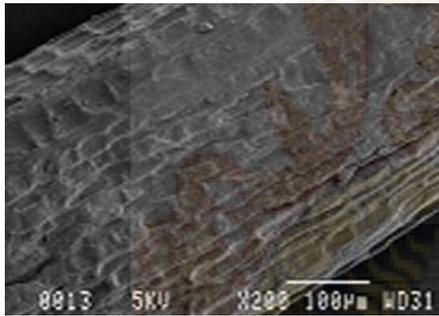
1.4.4 ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอใหม่ ๆ ที่เกิดจากเส้นใยผลตาลสุก

บทที่ 2

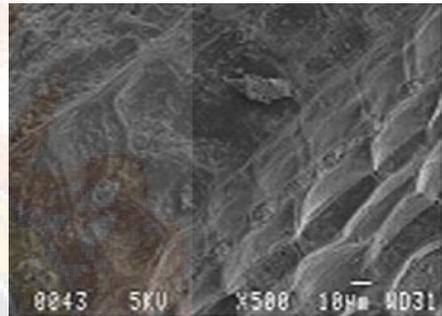
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เส้นใยจากผลลูกตาล (Borassus Fruit Fiber)

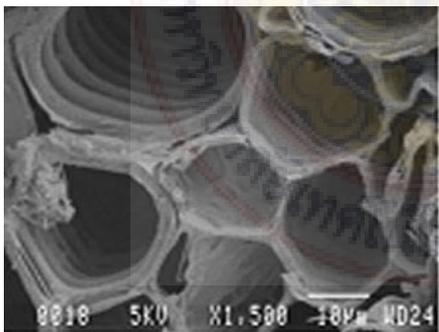
เส้นใยจากผลลูกตาล (รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์ และคณะ, 2557) เป็นเส้นใยเซลลูโลสที่ได้จากการลอก เส้นใยที่อยู่ภายในผลของลูกตาลโตนด (palmyrah or toddy palm) ที่แก่เต็มที่แล้ว เส้นใยที่ได้มาจากลูกตาลจะมีสีน้ำตาลเข้ม และจะกลายเป็นสีเหลืองออกน้ำตาลเมื่อนำมาล้างด้วยน้ำเปล่า เส้นใยที่ลอกออกมาแล้วจะประกอบไปด้วย เส้นใยาว เส้นใยสั้น เส้นใยหยาบ และเส้นใยละเอียด และสังเกตเห็นเส้นใยไม่มีความเรียบ และถ้าใช้เอทานอลทำการสกัดนำสิ่งสกปรกออกจากเส้นใยพบว่ามีสิ่งสกปรกหลุดออกมาประมาณร้อยละ 1.97-3.62 แต่ถ้าใช้คาร์บอนเตตระคลอไรด์ในการสกัดนำสิ่งสกปรกออกจากเส้นใยพบว่ามีสิ่งสกปรกหลุดออกมาประมาณร้อยละ 1.64 ลักษณะภาพตัดตามยาว และภาพตัดตามขวางเมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ส่องประเมินผลปรากฏดังภาพที่ 2.1



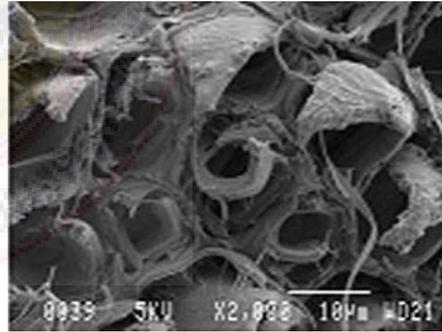
ภาพตัดตามยาวของเส้นใยหยาบจากผลตาล



ภาพตัดตามยาวของเส้นใยละเอียดจากผลตาล



ภาพตัดตามขวางของเส้นใยหยาบจากผลตาล



ภาพตัดตามขวางของเส้นใยละเอียดจากผลตาล

ภาพที่ 2.1 ลักษณะภาพตัดตามยาว และภาพตัดตามขวางของเส้นใยที่ได้จากผลตาล
ที่มา (รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์ และคณะ, 2557)

2.1.1 สมบัติทางกายภาพเส้นใยที่ได้จากผลของลูกตาล ที่สำคัญมีดังนี้

- 1) เส้นผ่านศูนย์กลางมีค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 90 ไมโครเมตร ขึ้นไป และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 120 ไมโครเมตร
- 2) ความยาวเฉลี่ยอยู่ที่ 81 มิลลิเมตร
- 3) ค่าอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวอยู่ที่ 1:700 ซึ่งโดยปกติแล้วเป็นครึ่งหนึ่งของเส้นใยฝ้าย (1:1400)
- 4) เส้นใยจากผลของลูกตาลจะไม่ค่อยพบความหยิกงอ
- 5) ความละเอียดของเส้นใยในรูปของค่าความหนาแน่นเชิงเส้น (linear density) มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 62 เท็กซ์ และมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 30 เท็กซ์ และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 43 เท็กซ์
- 6) ค่าความเป็นผลึก (degree of crystallinity) อยู่ที่ระดับร้อยละ 52 และขนาดของผลึก (crystallite size) มีค่าประมาณ 18 \AA ($2\theta = 21^\circ$)
- 7) ค่าความหนาแน่นของเส้นใยมีค่า 0.778 – 0.800 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 8) ค่า Moisture regain มีค่าร้อยละ 9.9 และค่า moisture content มีค่าร้อยละ 9.0
- 9) สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 80 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) สามารถละลายเส้นใยได้หมด
- 10) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นไม่ละลายเส้นใย
- 11) กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 และ 5 นอร์มอล จะทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเกิดการพองตัวร้อยละ 195.23 และร้อยละ 209.52 ตามลำดับ
- 12) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 และ 5 นอร์มอล จะทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเกิดการพองตัวร้อยละ 128.57 และร้อยละ 180.95 ตามลำดับ
- 13) น้ำจะทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเกิดการพองตัวประมาณร้อยละ 233.33
- 14) ค่าความเค้น (stress) และค่าความเครียด (strain) ในสภาวะแห้งและเปียกมีค่าดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าความเค้น (stress) และค่าความเครียด (strain) ของเส้นใยจากผลลูกตาลในสภาวะแห้งและเปียก
ที่มา (รัตนพล มงคลรัตนาสีธิ และคณะ, 2557)

สภาพเส้นใย	ความเค้นที่จุดคราก (เซนตินิวตัน/เท็กซ์)	ความเหนียวที่จุดขาด (เซนตินิวตัน/เท็กซ์)	ร้อยละสัมประสิทธิ์ของการแปรปรวนของความเหนียวที่จุดขาด	การยืดตัว ณ จุดขาด (ร้อยละ)	ร้อยละสัมประสิทธิ์ของการแปรปรวนของการยืดตัว ณ จุดขาด
แห้ง	0.247	0.618	49.35	25.58	32.74
เปียก	0.177	0.486	49.77	24.04	42.05

จากตารางที่ 2.1 จะพบว่าเส้นใยผลตาลสุกในสภาวะแห่งนั้นจะมีความแข็งแรงกว่าเส้นใยผลตาลสุกที่เปียก

- องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยหยาบและเส้นใยละเอียดที่ได้จากผลของลูกตาล ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยหยาบและเส้นใยละเอียดที่ได้จากผลของลูกตาล
ที่มา (รัตนพล มงคลรัตนาสีธิ และคณะ, 2557)

องค์ประกอบทางเคมี	เส้นใยหยาบ	เส้นใยละเอียด
ร้อยละแอลฟา เซลลูโลส	45.69	53.40
ร้อยละเฮมิเซลลูโลส	32.77	29.60
ร้อยละลิกนิน	21.54	17.00

จากตารางที่ 2.2 จะพบว่าเส้นใยหยาบมีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสน้อยกว่าเส้นใยละเอียด แต่มีปริมาณลิกนินและเฮมิเซลลูโลสสูงกว่าเส้นใยละเอียด

- การเปรียบเทียบสมบัติของเส้นใยที่ได้จากผลของลูกตาลกับเส้นใยธรรมชาติอื่น ๆ ดัง ตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบสมบัติของเส้นใยที่ได้จากผลของลูกตาลกับเส้นใยธรรมชาติอื่น ๆ
ที่มา (รัตนพล มงคลรัตนาสีธิ และคณะ, 2557)

คุณสมบัติ	ฝ้าย	ปอกระเจา	ลินิน	มะพร้าว	ตาล
ความหนาแน่น (ก./ลบ.ซม.)	1.5–1.6	1.3	1.5	1.2	0.7–0.8
ความทนต่อแรงดึง (เมกะปาสคาล)	287–597	393–773	345–1035	175	24.3
โมดูลัสเริ่มต้น (จิกะปาสคาล)	5.5–12.6	26.5	27.6	4.0–6.0	0.074
การยืดตัว ณ จุดขาด(ร้อยละ)	7.0–8.0	1.5–1.8	2.7–3.2	30.0	25–26
น้ำหนักสัมพัทธ์ของ ความทนต่อแรงดึง (ร้อยละ)	105–110	100–105	102–106	----	80
ค่าการดูดความชื้น	8.5	13.0	12.0	10.0	10.0

จากตารางที่ 2.3 จะพบว่าเส้นใยผลตาลสุกนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่นพบว่า ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด มีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับเส้นใยธรรมชาติอื่น ๆ

2.1.2 ขั้นตอนการผลิตเส้นใยตาล

1) นำลูกตาลสุกมาปอกเปลือก เพื่อเตรียมสำหรับการยี้ ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การเตรียมผลตาลสุกสำหรับการยี้
ที่มา (รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์ และคณะ, 2557)

2) นำผลตาลสุกที่ปอกเปลือกเสร็จแล้ว มายี้ผลลูกตาลสุกเพื่อแยกแฉ่งออกจากเส้นใยผลตาลสุก โดยการใช้เครื่องมือที่มีใบพัดเป็นแกนกลางทำการกวน ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การยี้ผลตาลสุกเพื่อแยกแฉ่งออกจากเส้นใยผลตาลสุก
ที่มา (รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์ และคณะ, 2557)

3) เมื่อแยกแฉ่งออกจากเส้นใยผลตาลสุกแล้ว จะได้เส้นใยตาลที่หลุดออกมา ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 เส้นใยผลตาลสุกที่หลุดออกมา
ที่มา (รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์ และคณะ, 2557)

4) นำเส้นใยผลตาลสุกที่ได้จากการยีมาทำความสะอาดเส้นใย โดยนำเส้นใยใส่ลงในหม้อประมาณ 2 กิโลกรัม เปิดน้ำใส่ 40 ลิตร ใส่ผงซักฟอกลงไป 1-2 ถ้วยตวง จากนั้นนำหม้อไปต้มจนเดือด และกวนเส้นใยเป็นระยะ ประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายน้ำออก และเติมน้ำสะอาด 40 ลิตร เพื่อล้างเส้นใยอีกครั้ง โดยทำการกวนเส้นใยเป็นระยะ ประมาณ 20 นาที โดยไม่ต้องให้ความร้อน จากนั้นนำเส้นใยผลตาลที่ล้างทำความสะอาดแล้วไปตากแห้ง ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 เส้นใยผลตาลสุกหลังจากทำความสะอาด
ที่มา (รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์ และคณะ, 2557)

5) นำเส้นใยผลตาลสุกที่ได้จากการทำความสะอาด มาทำความสะอาดในส่วนการกำจัดแป้งที่อยู่บนเส้นใยผลตาลสุก โดยเติมน้ำทำความสะอาดลงในหม้อ 40 ลิตร ใส่เอนไซม์ลงไป 200 ซีซี (5 กรัมต่อลิตร) จากนั้นนำเส้นใยที่ผ่านการทำความสะอาดใส่ลงในหม้อแล้วนำหม้อไปต้มจนน้ำเดือด ทำการกวนเส้นใยเป็นระยะประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นเทน้ำออก และเติมน้ำสะอาด 40 ลิตร เพื่อล้างเส้นใยอีกครั้ง โดยทำการกวนเส้นใยเป็นระยะ ประมาณ 20-30 นาที โดยไม่ต้องให้ความร้อน จากนั้นนำเส้นใยตาลไปตากแห้ง ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 เส้นใยผลตาลสุกหลังจากกำจัดแป้ง
ที่มา (รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์ และคณะ, 2557)

6) นำเส้นใยผลตาลสุกที่ได้จากการทำความสะอาดและกำจัดแป้งแล้ว มาทำการกำจัดสิ่งสกปรกและฟอกขาว โดยเติมน้ำใส่ลงไป 40 ลิตร ใส่สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1200 ซีซี, โซดาไฟ 800 ซีซี, โซเดียมซัลเฟต 300 ซีซี ลงไปในหม้อ จากนั้นนำเส้นใยที่ผ่านการกำจัดแป้งใส่ลงในหม้อแล้วนำหม้อไปต้มให้เดือดเป็นเวลา 10 นาที และทำการกวนเป็นระยะ จากนั้นถ่ายน้ำออกและเติมน้ำสะอาดใส่ลงในหม้อประมาณ 40 ลิตร เพื่อล้างเส้นใยอีกครั้ง โดยทำการกวนเส้นใยเป็นระยะเป็นเวลา 15 นาที โดยไม่ต้องให้ความร้อน จากนั้นถ่ายน้ำออก แล้วเติมน้ำสะอาดประมาณ 40 ลิตร เพื่อล้างทำความสะอาดอีกรอบ จากนั้นจึงนำเส้นใยผลตาลสุกไปตากแห้งแล้วเก็บบรรจุใส่ถุง ดังภาพที่ 2.7



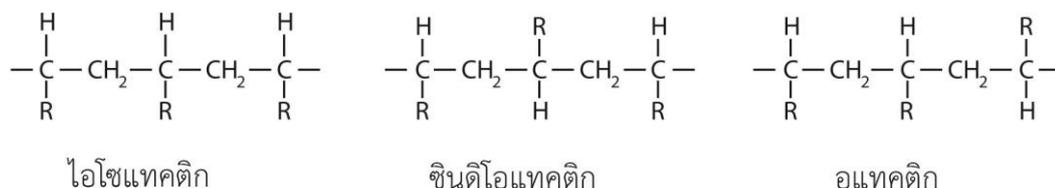
ภาพที่ 2.7 เส้นใยผลตาลสุก

ที่มา (รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์ และคณะ, 2557)

2.2 เส้นใยพอลิโพรพิลีน

พอลิโพรพิลีน (PP) เป็นพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นโดย Giulio Natta และนักเคมีชาวเยอรมัน Karl Rehn ในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 1954 ในประเทศสเปน โดย พอลิโพรพิลีน ที่สังเคราะห์ขึ้นเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบผลึกชนิดไอโซแทคติก (isotactic) การค้นพบครั้งนี้เป็นการบุกเบิกนำไปสู่การผลิตเพื่อการค้า ต่อมาในปี 1957 และ Giulio Natta และผู้ร่วมงานยังได้สังเคราะห์ เส้นใยพอลิโพรพิลีน ชนิดซินดิโอแทคติก (syndiotactic) ขึ้นเป็นครั้งแรก

พอลิโพรพิลีน เป็นเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) คือ พอลิเมอร์พลาสติก ที่สามารถขึ้นรูป โดยใช้ความร้อนซ้ำ ๆ ได้หลายครั้ง พอลิโพรพิลีนเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรง ประกอบด้วย โมโนเมอร์ของ พอลิโพรพิลีน หลาย ๆ ตัวเกิดจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของก๊าซพอลิโพรพิลีน โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นสารประกอบพวกโลหะ เช่น ไทเทเนียมคลอไรด์ การใช้ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา และสภาวะของการเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน ทำให้ได้พอลิโพรพิลีนที่มีการจัดเรียงโครงสร้างแตกต่างกัน 3 ชนิด คือ ไอโซแทคติก ซินดิโอแทคติก และ อแทคติก ขึ้นอยู่กับทิศทางการจับของหมู่เมธิลกับอะตอมคาร์บอน ดังแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 การเรียงตัวของโครงสร้างพอลิโพรพิลีนทั้ง 3 ชนิด

พอลิโพรพิลีนชนิด isotactic นำมาผลิตเป็นพลาสติกที่ใช้อยู่โดยทั่วไป เนื่องจากโครงสร้างมีการจัดเรียงของหมู่เมธิลอยู่ด้านเดียวกันอย่างเป็นระเบียบจึงมีความเป็นผลึกสูง จึงทำให้พอลิเมอร์มีความแข็งแรง ทนทาน ซึ่งตรงกันข้ามกับชนิด atactic จะมีความเหนียวมากกว่าเนื่องจากหมู่เมธิลนั้นมีการจัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ (amorphous) ส่วนชนิด syndiotactic หมู่เมธิลจัดเรียงตรงข้ามกันมีความแข็งแรงน้อยกว่า แต่จะทนทานมากกว่าชนิด isotactic

2.2.1 คุณสมบัติของพอลิโพรพิลีน

- 1) มีความแข็งแรง ความเปราะและแตกง่ายน้อยกว่าพอลิเอทิลีนและมีผิวแข็งแรง ทนทานต่อการขีดข่วนคงตัวไม่เสียรูปง่าย
- 2) มีความทนทานมากสามารถทำเป็นบานพับในตัวเมื่อไม่ได้ผสม สีมืดลักษณะขาวขุ่นไม่ทึบแต่ไม่ใส ทึบแสงกว่าพอลิเอทิลีน (PE) แต่ไม่ใสเท่ากับพอลิสไตรีน (PS)
- 3) มีน้ำหนักเบา เนื่องจากมีความหนาแน่นน้อย ในช่วง 0.855-0.946 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ด้วยเหตุนี้จึงสามารถลอยน้ำได้ เช่นเดียวกับพอลิเอทิลีน
- 4) มีจุดหลอมเหลวสูง 130-171 องศาเซลเซียส จึงสามารถทนอุณหภูมิสูงที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Sterilization : 100 องศาเซลเซียส) ได้
- 5) เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก แม้ที่อุณหภูมิสูง
- 6) มีความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดี
- 7) ทนทานต่อสารเคมีส่วนมาก ได้แก่ กรด ด่าง แอลกอฮอล์ ตัวทำละลายอินทรีย์

2.2.2 การสลายตัวของพอลิโพรพิลีน

พอลิโพรพิลีนเกิดการสลายตัวได้ง่ายในสภาวะที่มีแรงกระแทก ความร้อน ออกซิเจน และแสงอัลตราไวโอเล็ต เนื่องจากโครงสร้างมี tertiary carbon atom ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย ทำให้ตัดพันธะพอลิเมอร์สายสั้นลง และให้สารกลุ่มอัลดีไฮด์ กรดคาร์บอกซิลิก แลคโตนและเอสเทอร์ออกมา ทำให้พอลิเมอร์ไม่คงทน มีรอยแตก และเหลือง

2.3 ผ้าไม่ทอ (Nonwovens)

ผ้าไม่ทอ คือ ผ้าที่เกิดจาก การขึ้นรูปจากเส้นใยโดยตรง ซึ่งแตกต่างจากผ้าทอ หรือผ้าถัก โดยทั่วไปที่มีการขึ้นรูปเส้นใยให้เป็นเส้นด้ายก่อนแล้วจึงนำไปถักทอขึ้นรูปเป็นผ้า ดังนั้นถ้าเรานำเอา แผ่นผ้าไม่ทอมาส่องกล้องขยายดูโครงสร้าง ก็จะเห็นเป็นเส้นใยพาดสานกันไปในทุก ทิศทาง ดังภาพที่ 2.9 ผ้าไม่ทอมีข้อเด่นคือ สามารถออกแบบให้ มีลักษณะและสมบัติที่หลากหลายเพื่อให้ เหมาะสม สำหรับการใช้งานที่แตกต่างกันไป ซึ่งลักษณะและ สมบัติที่หลากหลายของผ้าไม่ทอนี้เกิด จากการ เลือกใช้เส้นใยที่มีอยู่หลากหลายชนิดทั้งเส้นใย ธรรมชาติและเส้นใยประดิษฐ์ผสมผสานกับ กระบวนการขึ้นรูปผ้าไม่ทอที่สามารถทำได้หลายเทคนิค ผ้าไม่ทอมีกระบวนการผลิตรวดเร็ว ผลิตได้ ในปริมาณมากและต้นทุนการผลิตต่ำจึงสามารถใช้ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้วทิ้ง (disposable)



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างในผ้าทอ (ซ้าย) และผ้าไม่ทอ (ขวา)
ที่มา (จุรีรัตน์ ประसार, 2552)

2.3.1 ขั้นตอนการผลิตผ้าไม่ทอ

ขั้นตอนการผลิตผ้าไม่ทอ แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลักดังนี้

1) การขึ้นรูปแผ่น (web formation) การขึ้นรูปแผ่น เป็นขั้นตอนการกระจายและ โรยเส้นใยลงบนวัสดุรองรับเพื่อทำให้เป็นแผ่น (web) โดยเส้นใยที่ใช้อาจอยู่ในรูปเส้นใยโดยตรง (เทคนิคทราย-เลต และเว็ตเลต) หรือทำการขึ้นรูปเส้นใยจากเม็ดพลาสติกแล้วจึงโรยขึ้นรูปเป็นแผ่น (เทคนิคการปั่นหลอม (melt spinning)) เส้นใยที่ใช้สำหรับ เทคนิคทราย-เลต (dry-laid) และเว็ต-เลต (wet-laid) ส่วนใหญ่จะเป็นเส้นใยสั้นโดยใช้ลมและน้ำ ตามลำดับ เป็นตัวกลางในการกระจายเส้นใย ลงบนวัสดุเพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นผ้าไม่ทอ ส่วนเทคนิคการปั่นหลอมมีวิธีการคือ ใช้เส้นใยยาวที่ขึ้นรูปจาก เม็ดพลาสติกที่ถูกหลอมเหลวและอัดผ่านหัวฉีดจะถูกโรยอย่างต่อเนื่องลงบนสายพานที่เคลื่อนที่เพื่อขึ้น รูปเป็นแผ่นผ้าไม่ทอ

2) การยึดเส้นใยในแผ่น (bonding process) การยึดเส้นใยในแผ่น เป็นขั้นตอนการยึด ตรึงเส้นใยในแผ่นไว้ ด้วยกันเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของแผ่นสามารถทำได้โดยวิธีต่าง ๆ ซึ่งจะมีผล

ต่อลักษณะและความ แข็งแรงของแผ่นผ้าไม่ทอที่ได้ โดยแบ่งออกเป็น 3 วิธี ดังนี้คือ วิธีการเชื่อมยึด ความร้อน (thermal bonding) วิธีการเชื่อมยึดด้วยเคมี (chemical bonding) และวิธีการเชื่อมยึด ด้วยกระบวนการทางกล (mechanical bonding)

2.3.2 ประเภทของผ้าไม่ทอ

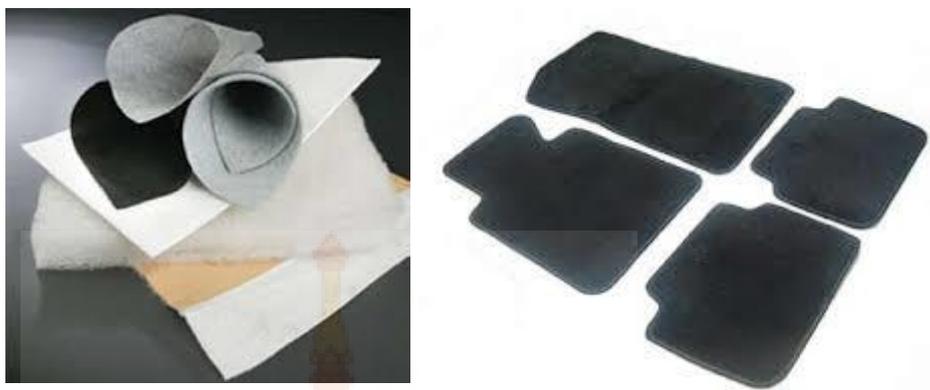
ผ้าไม่ทอมีหลากหลายประเภทขึ้นอยู่กับการใช้เทคนิคในการขึ้นรูปแผ่น และเทคนิคการยึดเส้นใยในแผ่น ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างของผ้าไม่ทอที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังนี้

1) ทราย-เลตนอนวูฟเวน (dry-laid nonwovens) เป็นกลุ่มของผ้าไม่ทอที่มีการขึ้นรูป แผ่นจากเส้นใยสั้น (เช่น เส้นใยธรรมชาติและเส้นใย ประดิษฐ์) โดยทำการกระจายเส้นใยสั้นให้มีความ สม่ำเสมอแล้วโรยกระจายลงบนสายพานเพื่อขึ้นรูป เป็นแผ่นผ้าไม่ทอ อาจมีขั้นตอนการสาางเส้นใย (carding) เพื่อให้เส้นใยมีความสม่ำเสมอและจัด เรียงตัวดีขึ้น แล้วจึงทำการยึดเส้นใยในแผ่นด้วย เทคนิคต่าง ๆ เช่น การยึดเชื่อมด้วยความร้อน การยึดเชื่อมด้วยเคมี การปักด้วยเข็มปัก (needle punch) และการปักด้วยเข็มน้ำ (hydroentanglement) ผ้าไม่ทอแบบ ปักด้วยเข็มปัก (needle-punched nonwoven) ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 กระบวนการผลิตผ้าไม่ทอแบบทราย-เลต
ที่มา (จูรีรัตน์ ประसार, 2552)

ก็จัดอยู่ในกลุ่มนี้เช่นกัน โดยมีการใช้งานในพรมรองพื้นและฉนวนบุผนังในรถยนต์ สิ่งทอธรณี ฉนวนกันความร้อน และผิวลูกเทนนิส เป็นต้น ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 ผ้าไม่ทอแบบปักด้วยเข็มปัก
ที่มา (จूरिरัตน์ ประसार, 2552)

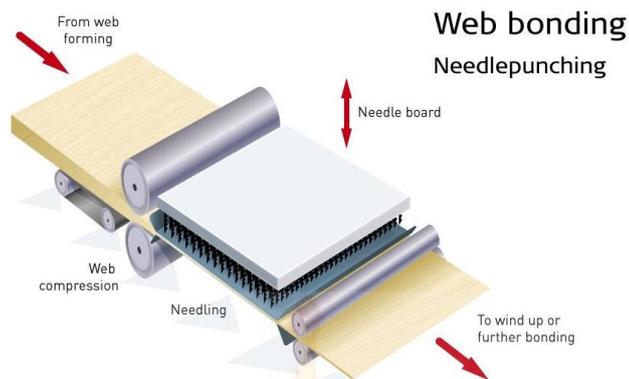
2) เว็ต-เลดนอนวูฟเวน (wet-laid nonwovens) เป็นกลุ่มของผ้าไม่ทอที่มีการขึ้นรูปจากเส้นใยสั้นซึ่งมีขนาดสั้นกว่าที่ใช้ใน ดราย-เลดนอนวูฟเวน เส้นใยที่ใช้อาจเป็นชนิดอินทรีย์ และอนินทรีย์ เช่น เส้นใยแก้ว ก็ได้ ในการผลิตจะทำการกระจายเส้นใยในน้ำแล้วจึงโรยลงบนสายพานตะแกรงเพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นผ้าไม่ทอ ผ้าไม่ทอประเภทนี้ส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายกระดาษคือมีโครงสร้างที่แน่น (ความหนาแน่นสูง) มีสมบัติเด่น คือ การดูดซับที่ดี การยึดเส้นใยในแผ่นส่วนใหญ่ใช้ เทคนิคการเชื่อมยึดด้วยเคมี และการเชื่อมยึดด้วยความร้อน ปัจจุบันใช้การปักด้วยเข็มน้ำด้วย ตัวอย่างการใช้งาน ได้แก่ ผลิตภัณฑ์สำหรับเช็ดทำความสะอาด (wipes) กระดาษกรองกาแฟ (coffee filter) ไส้กรองแผ่นแยกในแบตเตอรี่ (battery separator) เป็นต้น ดังภาพตัวอย่างที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 ไส้กรองทำจากผ้าไม่ทอแบบเว็ต-เลด
ที่มา (จूरिरัตน์ ประसार, 2552)

2.3.3 การยึดติดโดยใช้เข็มเจาะ (needle puncting)

เป็นวิธีการที่ใช้ในการผลิตผ้าไม่ทอในทางการค้าที่เก่าแก่มากที่สุด การตีหรือเจาะด้วยเข็ม (needling) ซ้ำ ๆ กันจะทำให้แผ่นเส้นใยมีความคงรูปและแข็งแรงมากขึ้น ดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 การยึดติดโดยใช้เข็มเจาะ
ที่มา (edana,2019)

เป็นการยึดติดแผ่นเส้นใยโดยใช้เข็มเจาะ ซึ่งแผ่นเส้นใยจะถูกส่งเข้าไปในระหว่างแผ่นโลหะเจาะรู 2 แผ่น โดยมี Needle Board ทำหน้าที่เคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งเป็นผลให้เกิดการเจาะของเข็มลงบนแผ่นเส้นใยตามจำนวนเข็มที่ต้องการ เข็มทำหน้าที่ให้เส้นใยยึดติดกัน เข็มจะแทงทะลุลงไปบนแผ่นเส้นใยและนำเส้นใยให้ยึดกันเป็นผืนผ้า เข็มที่ใช้มีลักษณะตรงเหมือนเข็มเย็บขนาดใหญ่ ตอนส่วนปลายที่จะแทงลงไปบนแผ่นเส้นใยมีเงี่ยงเหมือนเบ็ดตกปลาอันสั้น ๆ ติดเป็นระยะ ดังภาพที่ 2.14 เวลากดแทงลงในแผ่นเส้นใยเข็มจะพาเอาเส้นใยติดตามกลิ้งลงไปบนแผ่นเส้นใย แต่พอดึงเข็มขึ้นมาเส้นใยจะหลุดอยู่ในสภาพแนวตั้งและรังเส้นใยในแผ่นให้ติดกัน การใช้เข็มทำให้เส้นใยยึดติดกันเนื้อผ้าจะแน่นขึ้น ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของเข็มที่เรียงตัวอยู่ในแผ่นบอร์ดจะเจาะผ่านรูบนแผ่นโลหะและเจาะผ่านทะลุแผ่นเส้นใยลงสู่แผ่นรองรับเข็ม

ภาพที่ 2.13 การยึดติดโดยใช้เข็มเจาะ
ที่มา (edana,2019)



ภาพที่ 2.14 ลักษณะเข็มเจาะที่ผ่านเส้นใย
ที่มา (สุจิระ ขอจิตต์เมตต์, 2555)

การเคลื่อนที่ลงของ needle board จะทำให้เส้นใยด้านบนของแผ่นเส้นใยโดนผลักด้วยเข็ม ลงมาด้านล่างของแผ่นเส้นใย ผลของการตีซ้ำ ๆ หลายครั้งทำให้เกิดการอัดตัวของเส้นใยมากขึ้น การขัดตัวยึดเกาะกันของเส้นใยจะเกิดขึ้นภายในแผ่นเส้นใย ก้านเข็มที่ติดอยู่ในรูเจาะจะเคลื่อนที่ต่ำลง จากตัวป้อนแผ่นเส้นใย จนกระทั่งถึงแผ่นรองรับแผ่นเส้นใยผ่านแผ่นกดตัวบนทะลุลงไปในแผ่นรองรับ ตัวล่าง เรียกว่า ระยะการผ่านทะลุ (penetration depth) ตามปกติจะลึกประมาณ 9.12 มิลลิเมตร และสามารถปรับตั้งได้โดยเปลี่ยนระดับของแผ่นรองรับตัวล่าง เมื่อเข็มถอนตัวขึ้น แผ่นรองรับตัวล่าง ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เส้นใยติดเข็มขึ้นมา ระยะผ่านทะลุเป็นระยะที่เข็มแทงทะลุลงไปเรียกว่า แนวเจาะ (stroke) สำหรับเครื่องแบบนี้จะเจาะได้ลึก 76 มิลลิเมตร เข็มเจาะได้นาทีละ 100-700 ครั้ง ปลายเข็มเจาะที่ใช้กันเป็นส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม ซึ่งแต่ละด้านของรูปสามเหลี่ยมมี 3 เกรียง เมื่อถอนเข็มขึ้นแล้วต้องไม่พาเอาเส้นใยขึ้นมาอีก เข็มเจาะแต่ละรูมีพื้นที่ 2 ตารางเซนติเมตรที่ เรียกว่าความถี่ของรูเจาะ (punching density : p)

ความถี่ของรูเจาะ (p) ต่อหน่วยพื้นที่ตารางเซนติเมตร โดยเส้นใยจะถูกส่งผ่านการตีของเข็ม ครั้งเดียว สามารถคำนวณได้จาก

$$P = N \times \text{Stroke/cm.}$$

เช่น $N = 10$ และ เมื่อ $a = 0.2 \text{ cm / Strock}$

$$= N \times 1 / a$$

$$= 10 \times 1 / 0.2$$

$$= 10 \times 5$$

$$= 50 \text{ เข็มต่อตารางเซนติเมตร}$$

โดยที่

- จำนวนของเข็ม (N) ต่อความกว้างของ needle board (cm)
- จำนวนของเข็มที่เจาะบนเส้นใย (strock / cm.) การเจาะของเข็ม

จะถูกควบคุมโดยอัตราการส่งเส้นใย (a) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการตี ที่ต่อเนื่องของ needle board

ประสิทธิภาพการอัดตัวด้วยเข็มพิจารณาจากความถี่ของรูเจาะ ระยะผ่านทะลุและขนาดตัวเข็ม การเลือกขนาดตัวเข็มขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ เช่น เส้นใยสังเคราะห์ เส้นใยลินิน ซึ่งเป็นเส้นใยค่อนข้างใหญ่ จะใช้เข็มขนาด 14-25 ส่วนเส้นใยสังเคราะห์เส้นเล็กละเอียดผสมใยฝ้ายจะใช้เข็มขนาด 30-36

ปัจจัยที่มีผลต่อการขัดตัวของเส้นใยในแผ่นเส้นใย คือ

1. ความลึกในการเจาะของเข็มกำหนดโดยระยะห่างระหว่างผิวหน้าของแผ่นรองรับเข็มกับ ปลายเข็มในตำแหน่งที่ต่ำที่สุดกำหนดหน่วยเป็นมิลลิเมตร

2. ชนิดของเข็ม

- 1) conventional barbed needle ลักษณะตัวเข็มกลมเรียบ ปลายแหลม ดังภาพที่ 2.15

ภาพที่ 2.15 เข็มชนิด conventional barbed needle

- 2) formed – bard needle ลักษณะตัวเข็มแบน ปลายแหลม ดังภาพที่ 2.16

ภาพที่ 2.16 เข็มชนิด formed – bard needle

- 2) side – hook needle ลักษณะตัวเข็มมีแฉก ปลายแหลม ดังภาพที่ 2.17

ภาพที่ 2.17 เข็มชนิด side – hook needle

- 2) fork needle ลักษณะตัวเข็มเรียบ ปลายแฉก ดังภาพที่ 2.18

ภาพที่ 2.18 เข็มชนิด fork needle

3. ชนิดและขนาดของเข็มที่ใช้ รวมทั้งปริมาณการเจาะของเข็มในแผ่นเส้นใยในการผลิต

4. ลักษณะของเส้นใย คือ

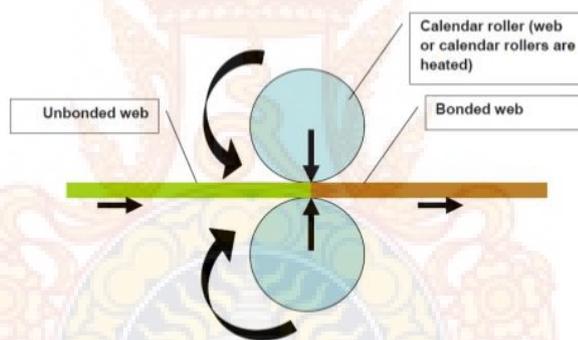
- 1) ชนิดของเส้นใย
- 2) ความยาวของเส้นใย
- 3) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย
- 4) การตกแต่งผิวของเส้นใย

ในการเลือกเข็มเพื่อนำมาใช้งานขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต เช่น ในการทำผ้าสักหลาดอัดอย่างง่าย พื้นผิวหน้าทั้ง 2 ด้านของผ้าจะเรียบเข็มที่ใช้จะเป็นแบบ 3 แฉก หรืออาจจะมากกว่า ขนาดของเข็มที่ใช้จะเป็นเข็มละเอียดหรือหยาบขึ้นอยู่กับขนาดความโตของเส้นใยในแผ่นเส้นใย ส่วนเข็มแบบ side – hook และ fork จะใช้ในการทำผืนผ้าชนิดพิเศษ เช่น ผ้าม่านหยาบ

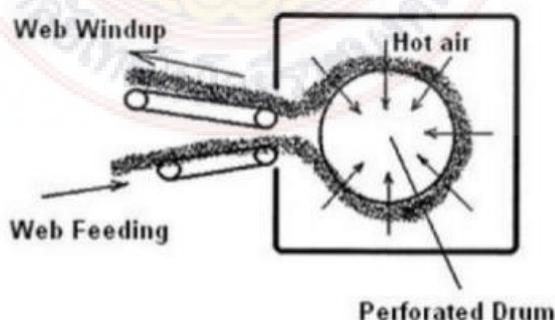
2.3.4 วิธีการเชื่อมยึดความร้อน (thermal bonding)

วิธีการเชื่อมยึดความร้อน (thermal bonding) เช่น ใช้ลูกกลิ้งร้อน (hot calendars) ดังแสดงในภาพที่ 2.19 และลมร้อน (hot air) ดังแสดงในภาพที่ 2.20 เพื่อให้บางส่วนของเส้นใย (หรือเม็ดกาวพลาสติก) มีการหลอม และยึดติดกันภายหลังทำให้เป็นตัวลงการใช้ลูกกลิ้งร้อนจะทำให้แผ่นผ้าไม่ทอที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นแบนที่มีความแข็งแตกต่างกัน ซึ่งจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับพื้นที่สัมผัสของลูกกลิ้งร้อนบนแผ่นผ้าไม่ทอ

หากลูกกลิ้งที่ใช้เป็นลูกกลิ้งเรียบซึ่งสัมผัสผ้าไม่ทอทั่วทั้งแผ่น ก็จะทำให้ได้แผ่นผ้าไม่ทอที่แบนเรียบ มีความแข็งแรงสูง หากใช้ลูกกลิ้งที่มีพื้นที่สัมผัสน้อยลง เช่น เป็นลายนูนก็จะทำให้มีการยึดตรึงเส้นใยเฉพาะตำแหน่ง ผ้าไม่ทอที่ได้ก็จะมี ความฟูมากขึ้น มีสัมผัส และการโค้งงอที่ดีขึ้น แต่ความแข็งแรงน้อยลง เช่นเดียวกับในกรณีที่ใช้ลมร้อนแทนการใช้ลูกกลิ้งจะทำให้ได้แผ่นผ้าไม่ทอที่มีลักษณะฟูมากขึ้น มีสัมผัสความนิ่มและโค้งงอได้มากขึ้น แต่ความแข็งแรงก็น้อยลงเช่นกัน ดังนั้นเทคนิคที่เลือกใช้จึงขึ้นอยู่กับลักษณะและสมบัติของผ้าไม่ทอที่ต้องการ



ภาพที่ 2.19 ลักษณะการเชื่อมยึดความร้อน (thermal bonding) โดยใช้ลูกกลิ้งร้อน
ที่มา (Imran, M. A., 2012)



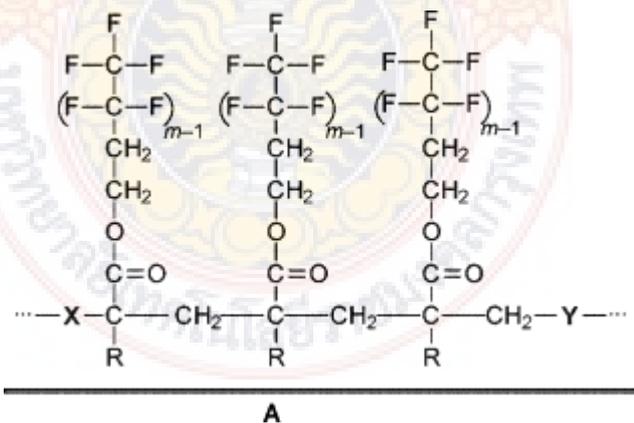
ภาพที่ 2.20 ลักษณะการเชื่อมยึดความร้อน (thermal bonding) โดยใช้ลมร้อน
ที่มา (Imran, M. A., 2012)

2.4 การตกแต่งสิ่งทอ (Textile Finishes)

การตกแต่งสิ่งทอ หมายถึงการกระทำด้วยวิธีใด ๆ กับเส้นใย เส้นด้ายหรือผ้ายก่อนหรือ หลังการผลิตเป็นผืนเพื่อเปลี่ยนลักษณะที่เห็นและสัมผัสให้ดีขึ้นและเพิ่มสมบัติที่ดีในด้านต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมที่จะใช้ประโยชน์ต่อไป

2.4.1 การตกแต่งเพื่อสะท้อนน้ำ ด้วยสารฟลูออโรคาร์บอน (fluorocarbon)

ภัทรา คุ่มเขต (2555) กล่าวถึงการตกแต่งเพื่อสะท้อนน้ำด้วยสารฟลูออโรคาร์บอน เป็นสารที่นิยมนำมาใช้ในการเคลือบผิววัสดุสิ่งทอ เพื่อทำให้วัสดุสิ่งทอมีสมบัติสะท้อนน้ำและน้ำมัน ฟลูออโรคาร์บอนนั้นสังเคราะห์โดยผสมผสานกลุ่ม perfluoro alkyl เข้าไปยังมอนอเมอร์ของ acrylic หรือ urethane หลังจากนั้นจะเกิดการสร้างพันธะทางเคมี ทำให้สารมีโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น มีน้ำหนักมากขึ้น นำไปสู่การตกแต่งสำเร็จลงบนผ้า ขั้นตอนสุดท้ายของพอลิเมอร์เมื่อนำไปใช้กับเส้นใย ควรจะมีรูปแบบโครงสร้างที่พื้นผิวด้านนอกมีความหนาแน่นสำหรับการสะท้อนน้ำได้สูงสุด ดังภาพที่ 2.21 โครงสร้างทั่วไปของฟลูออโรคาร์บอนความยาวของโซ่ ควรยาวประมาณ 8-10 คาร์บอนส่วนใหญ่ ตัวทำให้เกิดช่องว่างขนาดเล็กและเอทิลีนสามารถแก้ไขเพื่อปรับปรุงส่วนผสมและความสามารถในการละลายของพอลิเมอร์ สารนี้จะทำให้สิ่งทอมีค่าพลังงานที่ผิวต่ำ ทำให้น้ำและน้ำมันไม่สามารถซึมผ่านผิวได้ ซึ่งน้ำและน้ำมัน เป็นสิ่งสกปรกกลุ่มใหญ่ที่พบบนผ้า น้ำหรือน้ำมัน ส่วนใหญ่ไม่ซึมผ่านผิวผ้าที่เคลือบด้วยฟลูออโรคาร์บอน



ภาพที่ 2.21 โครงสร้างโดยทั่วไปของสารประกอบฟลูออโรคาร์บอน
ที่มา (Lämmermann D, 1991)

2.4.2 การตกแต่งเพื่อยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide nanoparticles)

ณศรา แก้วคง (2557) ได้กล่าวไว้ว่าในช่วงหลายปีที่ผ่านมา อนุภาคนาโน (nanoparticles) ซึ่งมีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 1-100 นาโนเมตร ได้เข้ามามีบทบาทในงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อนุภาคนาโนที่ได้จากการสังเคราะห์สารอนินทรีย์ออกไซด์ เช่น คอปเปอร์ออกไซด์ เหล็กออกไซด์ และซิงค์ออกไซด์ อนุภาคนาโนออกไซด์ เหล่านี้มีสมบัติเด่นคือ มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย จึงได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เพื่อเพิ่มสมบัติพิเศษให้กับวัสดุสิ่งทอ อีกทั้งสารเหล่านี้ยังมีความเสถียรและความปลอดภัยต่อผู้สวมใส่ โดยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย ต้านรังสียูวี และสามารถทำความสะอาดตัวเอง (self-cleaning) จึงนิยมนำมาตกแต่งบนวัสดุสิ่งทอ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบโดยเฉพาะแบคทีเรียที่สามารถสร้างสปอร์ ที่ทนความร้อนและความดันสูง โดยมีกลไกการยับยั้งแบคทีเรียโดยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ได้หลายวิธี ตัวอย่างเช่น อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ มีประจุบวกสามารถจับกับผิวของแบคทีเรียที่มีประจุลบได้ด้วยแรงทางประจุ (electrostatic force) ทำให้ผนังเซลล์ของแบคทีเรียมีช่องว่าง อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์สามารถเข้าไปทำลายเซลล์ นอกจากนี้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ยังสามารถเข้าไปขัดขวางกระบวนการส่งผ่านอเล็กตรอนของชั้นเมมเบรน (membrane) เมื่อกิจกรรมภายในเซลล์ของแบคทีเรียถูกทำลาย จึงทำให้แบคทีเรียตายลงในที่สุด

2.4.3 การตกแต่งเพื่อยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ด้วยผงถ่านชาร์โคล (charcoal)

รุจิรา ปิ่นแก้ว (2556) ได้กล่าวไว้ว่า ชาร์โคล หรือผงถ่าน หรือ ผงคาร์บอนกัมมันต์ ซึ่งเป็นผงถ่านที่ได้จากการเผาไม้ไผ่ที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อไม้ไผ่ถูกเผาด้วยความร้อนสูงขนาดนี้จะปล่อยรังสีอินฟราเรดคลื่นยาว และประจุลบ หรือ negative ion ที่สามารถเปลี่ยนอนุมูลอิสระให้เป็นออกซิเจน นอกจากนี้ในถ่านไม้ไผ่ยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุ อาทิ แคลเซียม โปแตสเซียม โซเดียมและธาตุเหล็ก ซึ่งมีสรรพคุณในการขับพิษสารตกค้างในร่างกายและผิวหนัง ช่วยขจัดเซลล์ผิวที่ตาย และช่วยยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ผงถ่านกัมมันต์ เป็นรูปแบบหนึ่งของคาร์บอนที่นำมาผ่านการสังเคราะห์ทางเคมี เพื่อเพิ่มฤทธิ์ให้มากขึ้น จึงเป็นที่มาของคำว่า Activated Charcoal โดยจะเรียกสั้น ๆ ว่า “ถ่าน” แต่ไม่ใช่ชนิดเดียวกับถ่านฟืนที่เราใช้ในการหุงต้ม ลักษณะของผงถ่านกัมมันต์ จะมีอนุภาคเล็ก ๆ หรือเป็นผงเม็ดเล็ก จะมีรูพรุน ซึ่งมีขนาดเล็ก-ใหญ่ แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน

2.5 การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การออกแบบผลิตภัณฑ์มีความหมาย ปัจจัย และหลักการดังกล่าวของ Computer Fun. (2561) ซึ่งกล่าวไว้ว่าการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นด้วยกรรมวิธีทางด้านอุตสาหกรรม และสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรม โดยมีการวิเคราะห์หาข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ ข้อมูลเกี่ยวกับตลาดแล้วนำมาปรับปรุงผลิตภัณฑ์เพื่อผลิตเป็นจำนวนมาก ๆ ให้อยู่ในความนิยมของตลาด ในราคาพอสมควร

2.5.1 ปัจจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์

การออกแบบผลิตภัณฑ์มีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 4 ประการคือ

- 1) การออกแบบที่สัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์
- 2) การออกแบบที่สัมพันธ์กับวัสดุและกระบวนการผลิต
- 3) การออกแบบที่สัมพันธ์กับความต้องการของผู้บริโภค
 - ความต้องการที่สอดคล้องกับความเป็นอยู่
 - ความสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ
- 4) การออกแบบที่มีคุณค่าทางความสวยงาม

2.5.2 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกำหนดองค์ประกอบของงานออกแบบผลิตภัณฑ์

การออกแบบผลิตภัณฑ์มีปัจจัย (design factors) มากมายที่นักออกแบบที่ต้องคำนึงถึง แต่ในที่นี้จะขอกกล่าวเพียงปัจจัยพื้นฐาน 10 ประการ ที่นิยมใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาสร้างสรรค์ผลงานเชิงอุตสาหกรรม ซึ่งปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ และเป็นตัวกำหนดองค์ประกอบของงานออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ ได้แก่

1) หน้าที่ใช้สอย (Function) ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดจะต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือสามารถตอบสนองประโยชน์ใช้สอยตามที่ผู้บริโภคต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในหนึ่งผลิตภัณฑ์นั้นอาจมีหน้าที่ใช้สอยอย่างเดียวหรือหลายหน้าที่ก็ได้ แต่หน้าที่ใช้สอยจะดีหรือไม่ นั้น ต้องใช้งานไประยะหนึ่งถึงจะทราบข้อบกพร่อง

2) ความสวยงามน่าใช้ (Aesthetics or sales appeal) ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมานั้นจะต้องมีรูปทรง ขนาด สี สันสวยงาม น่าใช้ ตรงตามรสนิยมของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย เป็นวิธีการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมและได้ผลดีเพราะความสวยงามเป็นความพึงพอใจแรกที่คนเราสัมผัสได้ก่อนมักเกิดมาจากรูปร่างและสีเป็นหลักการกำหนดรูปร่างและสีในงานออกแบบผลิตภัณฑ์นั้นไม่เหมือนกับการกำหนดรูปร่างและสีในงานจิตรกรรม ซึ่งสามารถที่จะแสดงหรือกำหนดรูปร่างและ

สีได้ตามความนึกคิดของจิตรกร แต่ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์นั้นจำเป็นต้องยึดข้อมูลและกฎเกณฑ์ ผสมผสานของรูปร่างและสีสรรระหว่างทฤษฎีทางศิลปะและความพึงพอใจของผู้บริโภคเข้าด้วยกัน ถึงแม้ว่ามนุษย์แต่ละคนมีการรับรู้และพึงพอใจในเรื่องของความงามได้ไม่เท่ากัน และไม่มีกฎเกณฑ์ การตัดสินใจใด ๆ ที่เป็นตัวชี้ขาดความถูกต้องความผิด แต่คนเราส่วนใหญ่ก็มีแนวโน้มที่จะมองเห็นความงามไปในทิศทางเดียวกันตามธรรมชาติตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ ของที่ระลึก และของตกแต่งบ้านต่าง ๆ ความสวยงามก็คือหน้าที่ใช้สอยนั่นเอง และความสวยงามจะสร้างความประทับใจแก่ผู้บริโภคให้เกิดการตัดสินใจซื้อได้

3) ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics) การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นต้องเข้าใจกายวิภาคเชิงกลเกี่ยวกับขนาด สัดส่วน ความสามารถและขีดจำกัดที่เหมาะสมสำหรับอวัยวะต่าง ๆ ของผู้ใช้ การเกิดความรู้สึกที่ดีและสะดวกสบายในการใช้ผลิตภัณฑ์ ทั้งทางด้านจิตวิทยา (psychology) และสรีระวิทยา (physiology) ซึ่งแตกต่างกันไปตามลักษณะเพศ เผ่าพันธุ์ ภูมิภาค และสังคมแวดล้อมที่ใช้ผลิตภัณฑ์นั้นเป็นข้อบังคับในการออกแบบ การวัดคุณภาพทางด้าน กายวิภาคเชิงกล (ergonomics) พิจารณาได้จากการใช้งานได้อย่างกลมกลื่นต่อการสัมผัส ตัวอย่างเช่น การออกแบบเก้าอี้ต้องมีความนุ่มนวล มีขนาดสัดส่วนที่ นั่งแล้วสบาย โดยอิงกับมาตรฐานผู้ใช้ของชาวตะวันตกมาออกแบบเก้าอี้สำหรับชาวเอเชีย เพราะอาจเกิดความไม่พอดีหรือไม่สะดวกในการใช้งานออกแบบปุ่มบังคับ ด้ามจับของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ผู้ใช้ต้องใช้ร่างกายไปสัมผัสเป็นเวลานานจะต้องกำหนดขนาด (dimensions) ส่วนโค้ง ส่วนเว้า ส่วนตรง ส่วนแคบของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้อย่างพอเหมาะกับร่างกายหรืออวัยวะของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เพื่อทำให้เกิดความถนัดและความสะดวกสบายในการใช้ รวมทั้งลดอาการเมื่อยล้าเมื่อใช้ไปนาน ๆ

4) ความปลอดภัย (Safety) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการดำรงชีพของมนุษย์ มีทั้งประโยชน์และโทษในตัว การออกแบบจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สินของผู้บริโภคเป็นสำคัญ ไม่เลือกใช้วัสดุ สี กรรมวิธีการผลิต ฯลฯ ที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้หรือทำลายสิ่งแวดล้อม ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ต้องแสดงเครื่องหมายเตือนไว้ให้ชัดเจนและมีคำอธิบายการใช้แบบมากับผลิตภัณฑ์ด้วย ตัวอย่างเช่น การออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ควรมีส่วนป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้จากความเมื่อยล้าหรือพลังเฉลอ เช่น จากการสัมผัสกับส่วนกลไกทำงาน จากความร้อน จากไฟฟ้าดูด ฯลฯ จากการสัมผัสกับส่วนกลไกทำงาน จากความร้อน จากไฟฟ้าดูด ฯลฯ หลีกเลี่ยงการใช้วัสดุที่ง่ายต่อการเกิดอัคคีภัยหรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพ และควรมีสัญลักษณ์หรือคำอธิบายติดเตือนบนผลิตภัณฑ์ไว้ การออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับเด็กต้องเลือกใช้วัสดุที่ไม่มีสารพิษเจือปน เพื่อป้องกันเวลาเด็กเอาเข้าปากกัดหรืออม ชิ้นส่วนต้องไม่มีส่วนแหลมคมให้เกิดการบาดเจ็บ มีข้อความหรือสัญลักษณ์บอกเตือน เป็นต้น

5) ความแข็งแรง (Construction) ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมานั้นจะต้องมีความแข็งแรงในตัว ทนทานต่อการใช้งานตามหน้าที่และวัตถุประสงค์ที่กำหนดโครงสร้างมีความเหมาะสมตามคุณสมบัติของวัสดุ ขนาด แรงกระทำในรูปแบบต่าง ๆ จากการใช้งาน ตัวอย่างเช่น การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ที่ดีต้องมีความมั่นคงแข็งแรง ต้องเข้าใจหลักโครงสร้างและการรับน้ำหนัก ต้องสามารถควบคุมพฤติกรรมการใช้งานให้กับผู้ใช้ด้วย เช่น การจัดทำทางในการใช้งานให้กับผู้ใช้ด้วย เช่น การจัดทำทางในการใช้งานให้เหมาะสม สะดวกสบาย ถูกสุขลักษณะ และต้องรู้จักผสมความงามเข้ากับชิ้นงานได้อย่างกลมกลืน เพราะโครงสร้างบางรูปแบบมีความแข็งแรงดีมากแต่ขาดความสวยงามจึงเป็นหน้าที่ของนักออกแบบที่จะต้องเป็นผู้ประสานสองสิ่งเข้ามาอยู่ในความพอดีให้ได้ นอกจากการเลือกใช้ประเภทของวัสดุ โครงสร้างที่เหมาะสมแล้ว ยังต้องคำนึงถึงความประหยัดควบคู่กันไปด้วย

6) ราคา (Cost) ก่อนการออกแบบผลิตภัณฑ์ควรมีการกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่จะใช้ว่าเป็นกลุ่มใด อาชีพอะไร ฐานะเป็นอย่างไร ซึ่งจะช่วยให้นักออกแบบสามารถกำหนดแบบผลิตภัณฑ์และประมาณราคาขายให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายได้ใกล้เคียงมากขึ้น การจะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีราคาเหมาะสมนั้น ส่วนหนึ่งอยู่ที่การเลือกใช้ชนิด หรือเกรดของวัสดุ และวิธีการผลิตที่เหมาะสมผลิตได้ง่ายและรวดเร็ว แต่ในกรณีที่ประมาณราคาจากแบบสูงกว่าที่กำหนดก็อาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาองค์ประกอบด้านต่าง ๆ กันใหม่เพื่อลดต้นทุน แต่ทั้งนี้ต้องคงไว้ซึ่งคุณค่าของผลิตภัณฑ์นั้น

7) วัสดุ (Materials) การออกแบบควรเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความใส ผิวมันวาว ทนความร้อน ทนกรดต่างไม่สิ้น ฯลฯ ให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาถึงความง่ายในการดูแลรักษา ความสะดวกรวดเร็วในการผลิต สั่งซื้อและคงคลัง รวมถึงจิตสำนึกในการรณรงค์ช่วยกันพิทักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการเลือกใช้วัสดุที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ (recycle) ก็เป็นสิ่งที่นักออกแบบต้องตระหนักถึงในการออกแบบร่วมด้วยเพื่อช่วยลดกันลดปริมาณขยะของโลก

8) กรรมวิธีการผลิต (Production) ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดควรออกแบบให้สามารถผลิตได้ง่าย รวดเร็ว ประหยัดวัสดุ ค่าแรงและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ แต่ในบางกรณีอาจต้องออกแบบให้สอดคล้องกับกรรมวิธีของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิม และควรตระหนักอยู่เสมอว่าไม่มีอะไรที่จะลดต้นทุนได้รวดเร็วอย่างมีประสิทธิภาพ มากกว่าการประหยัดเพราะการผลิตทีละมาก ๆ

9) การบำรุงรักษาและซ่อมแซม (Maintenance) ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดควรออกแบบให้สามารถบำรุงรักษา และแก้ไขซ่อมแซมได้ง่าย ไม่ยุ่งยากเมื่อมีการชำรุดเสียหายเกิดขึ้น ง่ายและสะดวกต่อการทำความสะอาดเพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งควรมีค่าบำรุงรักษา และการสึกหรอต่ำ ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องมือ เครื่องจักรกล เครื่องยนต์ และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่มีกลไกภายในซับซ้อน อะไหล่บางชิ้นย่อมมีการเสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้

งานหรือจากการใช้งานที่ผิดวิธี การออกแบบที่ตึ้นนั้นจะต้องศึกษาถึงตำแหน่งในการจัดวางกลไกแต่ละชิ้น เพื่อที่จะได้ออกแบบส่วนของฝากรอบบริเวณต่าง ๆ ให้สะดวกในการถอดซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอะไหล่ได้โดยง่าย นอกจากนี้การออกแบบยังต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น การใช้ชิ้นส่วนร่วมกันให้มากที่สุด โดยเฉพาะอุปกรณ์ยึดต่อการเลือกใช้ชิ้นส่วนขนาดมาตรฐานที่หาได้ง่าย การถอดเปลี่ยนได้เป็นชุด ๆ การออกแบบให้บางส่วนสามารถใช้เก็บอะไหล่ หรือใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงรักษาได้ในตัว เป็นต้น

10) การขนส่ง (Transportation) ผลผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบควรคำนึงถึงการประหยัดค่าขนส่ง ความสะดวกในการขนส่ง ระยะทาง เส้นทางขนส่ง (ทางบก ทางน้ำหรือทางอากาศ) การกินเนื้อที่ในการขนส่ง (มิติความจุ กว้าง,ยาว,สูง ของรถยนต์ส่วนบุคคล รถบรรทุกทั่วไป ตู้บรรทุกสินค้า ฯลฯ) ส่วนการบรรจุหีบห่อต้องสามารถป้องกันไม่ให้เกิดการชำรุดเสียหายของผลิตภัณฑ์ได้ง่าย กรณีที่ผลิตภัณฑ์ที่ทำการออกแบบนั้นมีขนาดใหญ่ อาจต้องออกแบบให้ชิ้นส่วนสามารถถอดประกอบได้ง่าย เพื่อให้หีบห่อมีขนาดเล็กลง ตัวอย่างเช่น การออกแบบเครื่องเรือนชนิดถอดประกอบได้ ต้องสามารถบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในตู้สินค้าที่เป็นขนาดมาตรฐานเพื่อประหยัดค่าขนส่งรวมทั้งผู้ซื้อสามารถทำการขนส่งและประกอบชิ้นส่วนให้เข้ารูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้โดยสะดวกด้วยตัวเอง

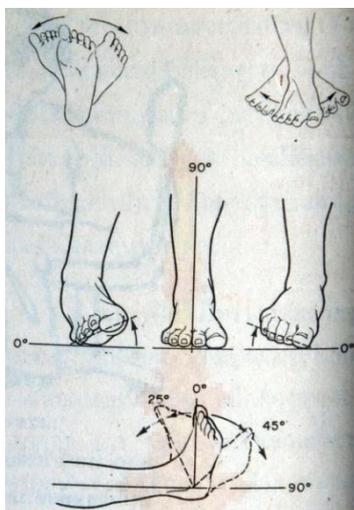
งานออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ดีจะต้องผสมผสานปัจจัยต่าง ๆ ทั้งรูปแบบ (form) ประโยชน์ใช้สอย (function) ภายวิภาคเชิงกล (ergonomics) และอื่น ๆ ให้เข้ากับวิถีการดำเนินชีวิต แพชั่น หรือแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นกับผู้บริโภคเป้าหมายได้อย่างกลมกลืนลงตัวมีความสวยงามโดดเด่น มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ตั้งอยู่บนพื้นฐานทางการตลาด และความเป็นไปได้ในการผลิตจำนวนมาก ส่วนการให้ลำดับความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์และความซับซ้อนของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เช่น การออกแบบเสื้อผ้า กระเป๋า รองเท้าตามแฟชั่น อาจพิจารณาที่ประโยชน์ใช้สอย ความสะดวกสบายในการใช้ และความสวยงาม เป็นหลัก แต่สำหรับการออกแบบยานพาหนะ เช่น จักรยาน รถยนต์ หรือเครื่องบิน อาจต้องคำนึงถึงปัจจัยดังกล่าวครบทุกข้อหรือมากกว่านั้น

2.6 การออกแบบรองเท้าเชิงการยศาสตร์

2.6.1 เท้า

จิราพร วรแสน. (2559) กล่าวได้ไว้ว่า เท้าจะประกอบไปด้วยกระดูก 28 ชิ้น ต่อเข้ากับข้อเท้า มีกล้ามเนื้อที่เกาะมาจากขาหอนล่างมาที่เท้า 13 มัด และกล้ามเนื้อภายในฝ่าเท้าอีก 19 มัด โครงสร้างของเท้ามีส่วนโค้งของฝ่าเท้าทั้งตามยาวและตามขวาง ทำให้เท้าสามารถรับน้ำหนักได้หลายเท่าของน้ำหนักตัว เท้ามีความแข็งแรงรับน้ำหนักไปที่ปลายเท้าได้ เช่น นักเต้นระบำบัลเล่ท์ และยังสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพพื้นผิวที่รองรับฝ่าเท้า เช่น เดินเท้าเปล่าบนพื้นทราย เป็นต้น การเคลื่อนไหวของเท้า (foot movement) ประกอบด้วย การเคลื่อนไหวของข้อเท้า ซึ่งมีการเคลื่อนไหวแบบการงอ

หรือการกดฝ่าเท้าลง การยกหลังเท้าขึ้นและการเคลื่อนไหวระหว่างเท้ากับนิ้วเท้า ซึ่งมีการงอและการเหยียด รวมทั้งมีการยกฝ่าเท้าออกด้านนอกหรือการตะแคงฝ่าเท้าออกด้านนอกดังภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.22 แสดงการเคลื่อนไหวส่วนเท้า
ที่มา (สันต์ หัตถิรัตน์, 2526)

2.6.2 รองเท้า

รองเท้าเป็นเครื่องมือที่มนุษย์นำมาใช้กับเท้า เพื่อป้องกันอันตรายอันเกิดจากการสัมผัสกับพื้นผิวต่าง ๆ หรือการเจ็บเท้าจากการเดินหรือ การวิ่ง รองเท้ามีหลายประเภทตามวัสดุและประโยชน์การใช้งาน ในปัจจุบันรองเท้าจัดเป็นเครื่องแต่งกายที่มีความหลากหลายตามสมัยนิยม เช่น รองเท้าแตะ รองเท้าผ้าใบ รองเท้าส้นสูง รองเท้าสำหรับการเล่นกีฬา ซึ่งได้แยกตามประเภทของกีฬา แต่ละชนิดอีกด้วย เช่น รองเท้าสำหรับตีกอล์ฟ รองเท้าสำหรับเล่นฟุตบอล เป็นต้น โดยมีส่วนประกอบของรองเท้า มีดังนี้

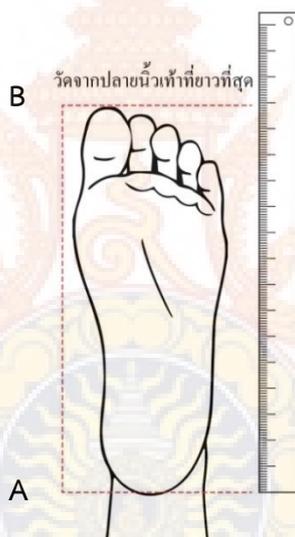
- 1) ส่วนที่หุ้มนิ้วเท้า (toe box) ซึ่งอาจจะมีรูปร่างกลมหรือออกเหลี่ยม เมื่อใส่รองเท้าแล้วจะต้องมีพื้นที่ให้นิ้วเท้าขยับ
- 2) ส่วนบนบริเวณที่เป็นรูรองเท้าใช้เชือกผูกเรียกว่า vamp ควรจะทำจากผ้าหรือหนังหากแข็งเกินไปจะทำให้เกิดตาปลา ควรใส่รองเท้าที่ใช้เชือกผูก
- 3) ส่วนพื้นรองเท้า (sole) ซึ่งประกอบด้วยพื้นด้านที่เท้าเราสัมผัสเรียกว่า (Insole) ส่วนพื้นรองเท้าเรา (outsole) สำหรับแผ่นที่รองรับแรงกระแทกอยู่ระหว่างกลางเรียก (Midsole) และส่วนที่สัมผัสกับพื้น พื้นรองเท้าที่ดีควรจะนุ่มเพื่อกันการกระแทกและพื้นรองเท้าไม่ควรหนาเกินไป
- 4) ส่วนส้นเท้า (heel) เป็นส่วนที่สำคัญเพราะเป็นส่วนรับน้ำหนักเวลาเราเดิน ควรจะเลือกส้นเท้าที่กว้างและนุ่มส้นรองเท้าไม่ควรเกิน 2 นิ้วส้นยิ่งสูงจะทำให้เจ็บฝ่าเท้าได้มากขึ้น

- 5) ส่วนพื้นบริเวณส้นเท้า (heel counter) เป็นส่วนที่อยู่บริเวณส้นเท้าเพื่อให้เวลาเดินเท้ามีความมั่นคงไม่ล้ม ควรบุด้วยวัสดุที่นุ่ม
- 6) Heel tab คือส่วนของรองเท้าที่ล้อมรอบเอ็นร้อยหวาย ควรจะบุด้วยวัสดุที่นุ่ม
- 7) ส่วนที่บุในรองเท้าควรจะทำด้วยวัสดุที่นุ่มและที่สำคัญต้องไม่มีตะเข็บ
- 8) พื้นส่วนที่เว้าเข้าของพื้นรองเท้า (ส่วนที่ทำให้เรารู้สึกว่าเป็นเท้าข้างซ้ายหรือขวา)

2.6.3 การวัดขนาดส้นเท้า

การวัดขนาดไซส์เท้า มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

- 1) วางเท้าลงบนกระดาษ และวาดรูปเท้าลงบนกระดาษ
- 2) วัดจากส้นเท้าไปยังปลายนิ้วเท้าที่ยาวที่สุด
- 2) วัดจาก จุด A ไป จุด B โดยให้นิ้วกลางอยู่กึ่งกลาง ดังภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 แสดงการวัดส้นเท้า

2.6.4 การวัดขนาดรองเท้าตามมาตรฐานสากล

การวัดขนาดรองเท้าตามขนาดมาตรฐานสากล สามารถนำความยาวที่ได้จากหัวข้อ 2.6.3 มาเปรียบเทียบกับขนาดความยาว เพื่อหาขนาดของรองเท้าตามมาตรฐานสากล ทั้ง 3 ประเภทได้แก่

- 1) การวัดขนาดรองเท้าตามมาตรฐานสากลรองเท้าสุภาพบุรุษ สามารถนำความยาวที่ได้มาเปรียบเทียบกับ ตารางที่ 2.4
- 2) การวัดขนาดรองเท้าตามมาตรฐานสากลรองเท้าสุภาพสตรี สามารถนำความยาวที่ได้มาเปรียบเทียบกับ ตารางที่ 2.5
- 3) การวัดขนาดรองเท้าตามมาตรฐานสากลรองเท้าเด็ก สามารถนำความยาวที่ได้มาเปรียบเทียบกับ ตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบขนาดของรองเท้าตามมาตรฐานสากลรองเท้าสุภาพบุรุษ

ขนาดมาตรฐานสากลรองเท้าสุภาพบุรุษ			
USA	UK	Eure	ความยาว(เซนติเมตร)
6.5	5.5	39	24.5
7	6	39.5	25
7.5	6.5	40	25.5
8	7	41	26
8.5	7.5	41.5	26.5
9	8	42	27
9.5	8.5	42.5	27.5
10	9	43	28
10.5	9.5	44	28.5
11	10	45	29
11.5	10.5	45.5	29.5
12	11	46	30
12.5	11.5	47	30.5

ตารางที่ 2.5 การเปรียบเทียบขนาดของรองเท้าตามมาตรฐานสากลรองเท้าสุภาพสตรี

ขนาดมาตรฐานสากลรองเท้าสุภาพสตรี			
USA	UK	Eure	ความยาว(เซนติเมตร)
5	2	35	22
5.5	2.5	35.5	22.5
6	3	36	23
6.5	3.5	36.5	23.5
7	4	37	24
7.5	4.5	37.5	24.5
8	5	38	25

ขนาดมาตรฐานสากลรองเท้าสุภาพสตรี (ต่อ)			
USA	UK	Eure	ความยาว(เซนติเมตร)
8.5	5.5	38.5	25.5
9	6	39	26
9.5	6.5	39.5	26.5
10	7	40	27
10.5	7.5	40.5	27.5
11	8	41	28

ตารางที่ 2.6 การเปรียบเทียบขนาดของรองเท้าตามมาตรฐานสากลรองเท้าเด็ก

ขนาดมาตรฐานสากลรองเท้าเด็ก			
USA	UK	Eure	ความยาว(เซนติเมตร)
4c	3	19	11.4
5c	4	20	12.1
6c	5	22	13
7c	6	23	14
8c	7	24	14.6
9c	8	25	15.6
10c	9	27	16.5
11c	10	28	17.1
12c	11	29	18.1
13c	12	30	19.1
1y	13	32	19.7
2y	1	33	20.3
3y	2	34	21.6
4y	3	36	22.2
5y	4	37	23.2

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากเส้นใยลูกตาลมีปริมาณมากและหาได้ง่าย ดังนั้นการนำเส้นใยจากลูกตาลมาผลิตเป็นผ้าไม่ทอ และนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากลูกตาลเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการทำขนม และปัจจุบันมีความต้องการใช้วัตถุดิบสูงขึ้น ทำให้มีวัสดุเส้นใยจากลูกตาลมากพอที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ต่าง ๆ ได้อีกมาก ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเส้นใยลูกตาล ดังนี้

ชาญชัย สิริเกษมเลิศ (2554) ได้ทำการศึกษา เรื่อง เส้นใยลูกตาล เส้นใยรักชโลก เส้นใยลูกตาลเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการยีเอาเนื้อตาลสุกไปทำขนมตาล มีมากในจังหวัดเพชรบุรีและสุโขทัย เส้นใยลูกตาลมีองค์ประกอบคือ ลิโนินร้อยละ 12.20 เซลลูโลสร้อยละ 62.90 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 18.42 และเพกตินร้อยละ 1.55 ซึ่งมีปริมาณเซลลูโลสสูง เส้นใยลูกตาลเป็นเส้นใยที่มีผนังเซลล์พืช (เซลลูโลสและลิโนิน) ในปริมาณที่สูงซึ่งมีบทบาทอย่างยิ่งต่อการกำหนดสมบัติของเส้นใย ทำให้เป็นตัวดูดซับน้ำและความชื้นได้ดี รวมทั้งมีผลทำให้เส้นใยมีความแข็งแรง สามารถทนต่อการย่อยด้วยกรดและด่างได้สูงเนื่องจากอิทธิพลของผนังเซลล์พืช จากกล้องจุลทรรศน์ทำให้ทราบลักษณะภายในตามภาคตัดขวางเส้นใยลูกตาล การปรับปรุงคุณภาพของเส้นใยลูกตาลให้เหมาะกับการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยการหมักเส้นใยลูกตาลแบบชีวเคมี (biochemical) แบบการหมักในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน (anaerobic) เป็นการหมักภายใต้สภาพน้ำขังนาน 14 วัน โดยใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ em (effective microorganism) และให้สารอาหารสำหรับจุลินทรีย์ ได้แก่ไนโตรเจนและกากน้ำตาล เพื่อให้จุลินทรีย์ช่วยย่อยกลุ่มคาร์โบไฮเดรต (ประกอบด้วยลิโนิน เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส) ในเส้นใยพบว่าลักษณะของเส้นใยมีความละเอียดความแข็งแรงและการยึดตัวขณะขาดเพิ่มเข้า มีความนุ่มดีขึ้นมาก ลักษณะของสีเส้นใยยังคงเอกลักษณ์สีเหลือง

พิทักษ์ อุปัญญา และจันทร์เพ็ญ ชุมแสง (2554) ได้ทำการศึกษา เรื่อง การพัฒนาเส้นใยตาลในเชิงอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยปกติแล้วเส้นใยที่ได้จากผลของลูกตาลจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เป็นเส้นใยหยาบ (coarse fiber) ส่วนที่เป็นเส้นใยละเอียด (fine fiber) ในการพัฒนาเครื่องแยกเส้นใยที่ได้จากผลของลูกตาลสุก สำหรับประเทศไทยได้มีทีมนักวิจัย ของพิทักษ์ อุปัญญา และจันทร์เพ็ญ อุปัญญา ได้ทำการสร้างเครื่องมือเพื่อปรับปรุงเส้นใยลูกตาลด้วยกระบวนการทางกายภาพ ดังนี้ การสร้างเครื่องบีบเส้นใยลูกตาล ซึ่งเครื่องนี้ประกอบไปด้วยมอเตอร์ ขนาด 1 แรงม้า จำนวน 1 ตัว ลูกกลิ้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว จำนวน 2 ตัว ซึ่งทิศทางการหมุนของลูกกลิ้งจะหมุนในทิศทางตรงกันข้ามด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที หลักการทำงานของเครื่อง เมื่อป้อนเส้นใยจากด้านบนของเครื่องแล้ว ลูกกลิ้งจะทำหน้าที่หมุนในทิศทางตรงกันข้ามเพื่อบีบให้เส้นใยเกิดการแตกออก และแรงบีบอัดของลูกกลิ้งจะเป็นการนวดเส้นใยให้มีความนิ่มและความโค้งตัวดีขึ้น

วิโรจน์ โภชนกุล และสาธิต พุทธชัยรงค์ (2558) ได้ทำการศึกษา เรื่อง การศึกษาการใช้เส้นใยลูกตาลสำหรับผลิตภัณฑ์กระเป๋าเดินทาง ศึกษาโดยนำเส้นใยลูกตาลมาทำเป็นผลิตภัณฑ์กระเป๋าเดินทาง เริ่มดำเนินงานวิจัยโดยการแยกเส้นใยตาลออกจากเมล็ดและทำความสะอาด นำเส้นใยตาลมาผลิตเส้นด้ายใยตาลร้อยละ 100 ขนาดเส้นด้ายเบอร์ 2 แล้วนำเส้นด้ายใยตาลมาทอผ้า 3 โครงสร้าง ดังนี้คือ ลายขัด 1×1 ลายทแยง 2×1 ลายขัด 2×2 โดยทั้ง 3 ลายจะถูกกำหนดให้มีความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อ 1 นิ้ว 3 ระดับ ผ้าที่ทอได้นำไปทดสอบสมบัติทางด้านเชิงกลความแข็งแรงจากการวิจัยพบว่าผ้าทอลายขัด 1×1 มีสมบัติต้านทานต่อการขูดถูได้สูงสุดในทุกระดับความถี่เส้นด้ายพุ่ง ในขณะที่ลายขัด 2×2 มีสมบัติต้านทานต่อการฉีกขาดได้สูงสุดในทุกระดับความถี่เส้นด้ายพุ่ง ส่วนความต้านทานต่อแรงดึงกลับพบว่าลายทแยง 2×1 มีค่าความต้านทานสูงสุด อย่างไรก็ตามจากลักษณะการใช้งานสำหรับกระเป๋าเดินทางนั้น คุณสมบัติที่สำคัญคือทนทานต่อการขูด ถู ดังนั้นโครงสร้างผ้าใยตาลที่เหมาะสมคือ ลายขัด 1×1

เจนจิรา ขุนทอง และปิยาภรณ์ อรุมุต (2561) ได้ทำการศึกษา เรื่อง การศึกษาแผ่นผนังเส้นใยจากเปลือกตาลโตนดที่สามารถดูดซับเสียงได้ ทดลองโดยการศึกษาความยาวของเส้นใยและขนาดที่เหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นแผ่นผนัง (ความหนา 2 นิ้ว ขนาด 10 × 10 เซนติเมตร, 15 × 15 เซนติเมตร และ 20 × 20 เซนติเมตร) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการดูดซับเสียง และศึกษาในช่วงความถี่ของเสียงที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ดี คือ ช่วงที่ 400 – 4,000 Hz ผลการทดลองความสามารถในการดูดซับเสียงของเส้นใยจากเปลือกลูกตาลโตนดที่ความหนา 2 นิ้ว รูปแบบที่ทำเป็นผนังมี 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 คือ การตัดเส้นใยจากเปลือกตาลโตนดเพื่อให้เส้นใยมีความยาวของเส้นที่สม่ำเสมอกันและเพื่อการยึดติดของตัวประสาน รูปแบบที่ 2 คือ การนำเส้นใยที่ได้ไม่ผ่านกระบวนการตัดใด ๆ ใช้ความยาวของเส้นที่มี พบว่าแผ่นผนังเส้นใยจากเปลือกลูกตาลโตนดสามารถดูดซับเสียงได้อยู่ที่ 400 – 1,400 Hz รูปแบบที่ 1 ความสามารถในการดูดซับเสียงอยู่ที่ 400 – 1,200 Hz หรืออยู่ที่ 2.6 – 7.8 dB ส่วนรูปแบบที่ 2 ความสามารถในการดูดซับเสียงอยู่ที่ 400 – 1,400 Hz หรืออยู่ที่ 2.6 – 9 dB

ประภาพันธุ์ พื้นนวล และคณะ (2561) ได้ทำการศึกษา เรื่อง การศึกษาและพัฒนาวัสดุจากเส้นใยกาบตาลเพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ศึกษาโดยการนำกาบตาลอ่อนพรมน้ำให้ชุ่มและคลุ่มด้วยผ้าชุบน้ำจนกาบตาลมีความอ่อนตัว นิ่ม เหมาะสำหรับการทอด้วยเครื่องทอโดยใช้ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อแยกเส้นใยที่อยู่ภายในกาบตาล ซึ่ง 1 ชั่วโมง สามารถใช้เครื่องทอด้วยระบบมอเตอร์ไฟฟ้า ทอกาบตาลได้ 30 กาบ หรือกาบละ 2 นาที และจากการศึกษาวิจัยพบว่าลักษณะทางกายภาพของเส้นใยกาบตาล มีลักษณะเส้นใยที่เหนียว ทนความร้อน ทนสารเคมี มีความยาวประมาณ 60 – 80 เซนติเมตร ขนาดเส้นใยตัดขวาง ประมาณ 1 – 2 มิลลิเมตร สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผลการประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์วัสดุจากเส้นใยกาบตาล ผู้วิจัยได้รวบรวมสรุปข้อมูลนำมาสร้างแบบ จำนวน 10 รูปแบบ และใช้ทฤษฎีวิศวกรรมย้อนรอยใน

การตัดทอนรูปแบบผลิตภัณฑ์ให้เหลือจำนวน 5 รูปแบบ นำไปเขียนโปรแกรม 3 มิติ ด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้รูปแบบผลิตภัณฑ์มีความเสมือนจริงมากที่สุด จากนั้นนำรูปแบบที่ได้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านการผลิตและการออกแบบผลิตภัณฑ์วัสดุจากเส้นใยกาบตาลประเมินผลจากการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์วัสดุจากเส้นใยกาบตาล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและการผลิตผลิตภัณฑ์วัสดุจากเส้นใยกาบตาล พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันว่า ผลิตภัณฑ์วัสดุจากเส้นใยกาบตาล รูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 4.54$, S.D. = 0.12) รองลงมาคือรูปแบบที่ 5 ($\bar{X} = 3.63$, S.D. = 0.09) รองลงมาคือ รูปแบบที่ 2 ($\bar{X} = 3.59$, S.D. = .16) รองลงมาคือรูปแบบที่ 4 ($\bar{X} = 3.50$, S.D. = 0.08) และ รูปแบบที่ 3 ($\bar{X} = 3.36$, S.D. = 0.15) ตามลำดับ

รัตนพล มงคลรัตนาสีธิ (2558) ได้ทำการศึกษา เรื่อง การพัฒนาเส้นใยจากผลลูกตาลเพื่อผลิตแผ่นกันความร้อน และการประยุกต์ใช้งานสำหรับสิ่งทอเทคนิค งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากเส้นใยของผลลูกตาลซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร โดยทำการศึกษาสมบัติเชิงกายภาพและเชิงเคมีของเส้นใยตาล ประดิษฐ์เครื่องแยกเส้นใยและเครื่องล้างและทำความสะอาดเส้นใย ตลอดจนการผลิตแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยตาล และนำมาประยุกต์ใช้งานเป็นฉนวนกันความร้อนสำหรับผลิตภัณฑ์ ถุงนอน (sleeping bag) ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา (insulation t-bar ceiling) กระเป๋ากักเก็บอุณหภูมิร้อน-เย็น (insulated bag) และเสื้อแจ็คเก็ตกันหนาว (jacket) จากผลการวิจัยพบว่าตาลสุกหนึ่งผลมีเส้นใยประมาณร้อยละ 14-15 เส้นใยตาลประกอบไปด้วยเส้นใยหยาบ และเส้นใยละเอียด โดยให้สมบัติทางกายภาพที่มีความแตกต่างกันดังนี้ เส้นใยหยาบมีความละเอียด 82.4 เท็กซ์ (Tex) ความยาว 190.3 มิลลิเมตร ความแข็งแรง 47.3 เมกะปาสคาล (MPa) ระยะยืดตัวออกร้อยละ 46.8 ค่าความชื้นร้อยละ 9.9 เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.26 มิลลิเมตร และอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 731.9 ในขณะที่เส้นใยละเอียดมีความละเอียดของเส้นใยเป็น 8.0 เท็กซ์ (Tex) ความยาว 81.5 มิลลิเมตร ความแข็งแรง 71.6 เมกะปาสคาล (MPa) ระยะยืดตัวออกร้อยละ 53.7 ค่าความชื้นร้อยละ 10.1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.089 มิลลิเมตร และอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 915.7 ส่วนสมบัติเชิงเคมีพบว่าเส้นใยตาลที่ผ่านการกำจัดแป้งแล้วมีปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 54.06 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 26.93 ลิกนินร้อยละ 17.4 เถ้าร้อยละ 1.10 และไขมันร้อยละ 0.77 เครื่องแยกเส้นใยตาลออกจากกะลาตาลให้ประสิทธิภาพร้อยละ 95-98 เส้นใยของผลลูกตาลสุกถูกนำมาผสมกับเส้นใยพอลิเอสเตอร์ โดยใช้สัดส่วนของเส้นใยตาลเป็นร้อยละ 60-90 และเส้นใยพอลิเอสเตอร์เป็นร้อยละ 10-40 จากนั้นนำมาขึ้นรูปเป็นผ้าไม่ทอโดยใช้กระบวนการ needle punch ซึ่งจะได้แผ่นผ้าไม่ทอ 3 ขนาดความหนา ดังนี้ ความหนา 3 มิลลิเมตรซึ่งมีน้ำหนัก 300 กรัม/ตารางเมตร ความหนา 20 มิลลิเมตรซึ่งมีน้ำหนัก 250 กรัม/ตารางเมตร และความหนา 30 มิลลิเมตรซึ่งมีน้ำหนัก 600 กรัม/ตารางเมตร เมื่อนำแผ่นผ้าไม่ทอไปทำเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอพบว่า แผ่นผ้าไม่ทอขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร มีค่าความต้านทานความร้อนอยู่ในช่วง 0.0422 - 0.0491 ตารางเมตร-เคลวินต่อวัตต์ แผ่นผ้าไม่ทอขนาดความหนา 20

มิลลิเมตร มีค่าความต้านทานความร้อนอยู่ในช่วง 0.1899 – 0.2016 ตารางเมตร-เคลวินต่อวัตต์ และ แผ่นผ้าไม่ทอขนาดความหนา 30 มิลลิเมตร มีค่าความต้านทานความร้อนอยู่ในช่วง 0.4470 – 0.5491 ตารางเมตร-เคลวินต่อวัตต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน-เย็นได้อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับเส้นใยพอลิเอสเตอร์ซึ่งเป็นเส้นใยที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าว มีสมบัติที่สามารถทนต่อการลุกไหม้ไฟ ตามมาตรฐาน ISO 3795-1989 ตลอดจนมีสมบัติที่ดีในการป้องกันแบคทีเรียได้ตามมาตรฐาน AATCC 100-2004

นันทชัย ชูศิลป์ (2556) ได้ทำการศึกษา เรื่อง สมบัติเชิงกลของซีเมนต์เพสต์เสริมเส้นใย ตาลโตนด งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยตาลโตนดมาเสริมกำลังให้กับซีเมนต์เพสต์ เพื่อให้ซีเมนต์เพสต์มีคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมดีขึ้น โดยใช้ก้อนตัวอย่างขนาด 100 x 100 x 100 มิลลิเมตร นำมาเสริม เส้นใยตาลโตนดที่ความยาว 2, 4, 6 และ 8 เซนติเมตร เสริมกับซีเมนต์เพสต์ที่ อัตราร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.44 คงที่ทุกส่วนผสม เพื่อใช้ทดสอบกำลังรับแรงอัด และความหนาแน่นที่อายุการบ่ม 7, 14 และ 28 วัน และใช้ก้อนตัวอย่างขนาด 400 x 100 x 20 มิลลิเมตร นำมาเสริมเส้นใยตาลโตนดที่ความยาว 35 เซนติเมตร เสริมกับซีเมนต์เพสต์ในอัตราร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ โดยใช้ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.44 คงที่ทุกส่วนผสม เพื่อใช้ทดสอบแรงดัด และความหนาแน่นของซีเมนต์เพสต์เสริมเส้นใยตาลโตนด โดยผลทั้งหมดจะถูกเปรียบเทียบกับซีเมนต์เพสต์ล้วน ผลการศึกษาพบว่า ความยาวและปริมาณของเส้นใยที่เสริมในซีเมนต์เพสต์ในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้กำลังรับแรงอัด และความหนาแน่นของซีเมนต์เพสต์เสริมเส้นใยตาลโตนดมีค่ากำลังรับแรงอัดที่ลดลง และค่าความหนาแน่นที่ลดน้อยลงด้วย โดยกำลังรับแรงอัดลดลงในอัตราร้อยละ 35.3 และความหนาแน่นลดลงในอัตราร้อยละ 5 แต่ในทางตรงกันข้ามซีเมนต์เพสต์ที่เสริมเส้นใยตาลโตนดใน ปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงดัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยกำลังรับแรงดัดเพิ่มขึ้นใน อัตราร้อยละ 38.9 เนื่องจากเส้นใยตาลโตนดเป็นวัสดุที่ช่วยในการยึดเกาะ ทำให้ซีเมนต์เพสต์ผสมใย ตาลโตนดไม่แยกขาดออกจากกัน ในขณะที่ซีเมนต์เพสต์นั้นเกิดการแตกร้าว นอกจากนี้ พบว่าอายุการบ่มที่ เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการรับกำลังอัด และความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นด้วย

จตุรงค์ ลังกาพิณธุ์ และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษา เรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องแยก เส้นใยลูกตาลสุก เครื่องแยกเส้นใยลูกตาลสุกถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อลดเวลาและแรงงานในการ แยกเส้นใยจากเมล็ดตาลสุก เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดแยกเส้นใยลูกตาลสุกมี ลักษณะเป็นตะแกรงหมุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มิลลิเมตร ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ควบคุมเครื่องป้อนลูกตาลสุกที่ผ่าน การยี่เนื้อตาลแล้วลงในช่องป้อนทางด้านหน้าของเครื่องเข้าสู่ชุดแยกเส้นใย ซึ่งเมล็ดตาลจะหมุนทำให้ เส้นใยที่ติดกับเมล็ดตาลถูกตัดด้วยใบมีดที่อยู่ภายในชุดแยกเส้นใย โดยเส้นใยที่ถูกตัดแยกแล้วจะไหล

ลงช่องทางออกทางด้านล่างของเครื่อง จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วรอบของชุดแยกเส้นใยลูกตาล 400 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์การแยกเส้นใยลูกตาลสูง 94.3 ± 1 ร้อยละ 5 ความสามารถในการทำงาน 4.8 ± 0.3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.68 กิโลวัตต์-ชั่วโมง จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าเมื่อใช้เครื่องต้นแบบทำงาน 1,440 ชั่วโมงต่อปี มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 9 บาทต่อกิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุน 6 เดือน และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 164 ชั่วโมงต่อปี

จุฑามาศ ช้อนนาค (2559) ได้ทำการศึกษา เรื่อง การศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติการสะท้อนน้ำของผ้าใยตาล เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติการสะท้อนน้ำของผ้าใยตาล โดยใช้ผ้าใยตาลผสมใยไผ่สะท้อนน้ำ ทอผ้าด้วยกี่กระตุกแบบหัตถกรรม อัตราส่วนเส้นใยตาลร้อยละ 60 เรยอนร้อยละ 40 ผสมเส้นใยไผ่ร้อยละ 100 สัดส่วน 1:1, 1:4, 1:8 และ 4:8 แล้วผ่านกรรมวิธีกันน้ำแบบธรรมชาติ ทดสอบการสะท้อนน้ำ ตามเกณฑ์การทดสอบ ASTM D779-03 (dry indicator method) แนวทางการออกแบบด้านเทคนิค ใช้หลักการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ QFD โดยตัวแทนกลุ่มลูกค้ามีความเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ประเภท หมวกสูงสุดร้อยละ 15 สรุปเป้าหมายของการออกแบบของผลิตภัณฑ์ใหม่คือ คือ หมวกพับเก็บได้ รูปทรงไม่ยุ่งยาก กันแดด ระบายความชื้นได้ดีและไม่เปียกน้ำ ประยุกต์กับแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้ ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์กรรม TRIZ ได้ตารางความสัมพันธ์ คือ การพับซ้อน ความหมายในตาราง TRIZ คือการแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ และความเป็นพลวัตเป็นเทคนิคการออกแบบเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามหลักการออกแบบ โดยออกแบบการตัดเย็บหมวกเป็น 2 ชั้น เมื่อต้องการใช้งานเปลี่ยนรูปแบบการใช้งานได้ 2 ลักษณะ คือ เปิดศีรษะ แบบ Visor และปิดศีรษะ แบบ Cap ปรับขนาดได้ โดยมีราคาจำหน่ายที่ 150-250 บาท ผลิตได้ทั้งในระบบหัตถกรรม และระบบอุตสาหกรรม มีค่าความพึงพอใจกลุ่มตัวอย่างจากบุคลากรภายในวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย จำนวน 85 คน ในระดับมากที่สุด = 4.66 และ S.D. = 0.17

Sudhakara P. และคณะ (2011) ได้ทำการศึกษา เรื่อง การชะลอการติดไฟ (flame retardant) ของเส้นใยจากผลของลูกตาล ที่ผ่านการปรับสภาพและไม่ปรับสภาพด้วย diglycidylphenyl phosphate (DGPP) และ diglycidyl ether of bisphenol-A resin (DGEPA) และจากผลการศึกษาพบว่า เส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพด้วย DGEPA มีค่าร้อยละ Limiting Oxygen Index (LOI) อยู่ที่ร้อยละ 20 และมีค่าร้อยละ Char yield อยู่ที่ร้อยละ 7 ในขณะที่ใช้สาร DGEPA ร่วมกับสาร DGPP ที่ปริมาณร้อยละ 5 10 15 และ 20 ปรับสภาพเส้นใยพบว่า เส้นใยชะลอการติดไฟเพิ่มขึ้นตามปริมาณสาร DGPP ที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าร้อยละ LOI เริ่มจากร้อยละ 28 เป็นร้อยละ 32 ในขณะที่ค่า char yield เริ่มจากร้อยละ 14 เป็นร้อยละ 27 ทั้งนี้ค่า LOI เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณออกซิเจนที่น้อยที่สุดที่ทำให้ไฟติด ดังนั้นถ้าค่านี้มีค่ามากนั้นหมายความว่าวัสดุนั้น ๆ ติดไปยาก แต่ถ้าค่านี้มีค่าน้อยนั้นหมายถึงวัสดุนั้นติดไปได้ง่าย ส่วนค่า char yield นั้นแสดงถึงประสิทธิภาพการเผาไหม้ โดยถ้าค่า char yield

มีค่าน้อย แสดงว่าวัสดุนั้นเกิดการเผาไหม้ดีมีเถ้าเหลือน้อย (ไม่ชะลอการติดไฟ) แต่ถ้ามีค่า char yield มากนั้นแสดงว่าวัสดุนั้นเกิดการเผาไหม้ไม่ดี มีเถ้าเหลือมาก (ชะลอการติดไฟ)

Reddy,O.K.และคณะ (2009) การศึกษาสมบัติการถูกทำลายด้วยความร้อน (thermal degradation) และสมบัติความแข็งแรง ต่อแรงดึงขาด (Tensile strength) ของเส้นใยที่ได้จากผลของลูกตาลที่ผ่านการปรับสภาพและไม่ปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 ผลการศึกษาการถูกทำลายด้วยความร้อนตั้งแต่อุณหภูมิ 50 – 600 องศาเซลเซียส พบว่าความคงทนต่อความร้อนของเส้นใยตาลมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเส้นใยตาลถูกปรับสภาพโดยใช้สารละลายต่างสำหรับสมบัติความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด เมื่อเส้นใยตาลถูกปรับสภาพด้วยสารละลายต่างจะมีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นมาก และจากผลการศึกษาสรุปได้ว่าเส้นใยจากผลของลูกตาลที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายต่างสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุเสริมแรงร่วมกับเทอร์โมพลาสติกที่อุณหภูมิไม่เกิน 260 องศาเซลเซียส

Sudhakara P. และคณะ (2012) การศึกษาสมบัติเกี่ยวกับความร้อน (thermal) เชิงกล (mechanical) สัณฐานวิทยา (morphological) ของวัสดุประกอบ (composites) ระหว่างเส้นใยจากผลลูกตาลและเส้นใยพอลิโพรพิลีน โดยใช้เส้นใยลูกตาลจำนวนร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ซึ่งเส้นใยนี้ผ่านและไม่ผ่านการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นนำมาผสมกับเส้นใยพอลิโพรพิลีนโดยใช้สารเพิ่มความเข้ากันได้ (compatibilizer ชนิด maleated polypropylene (MAPP) พบว่ามีค่า tensile strength 23.487 MPa, tensile modulus 1508.14 mpa, flexural strength 42.40 MPa, flexural modulus 1189.96 mpa และมีค่า impact strength อยู่ที่ 25.36 ซึ่งมีสมบัติเชิงกลสูงกว่าเส้นใยตาลที่ไม่ปรับสภาพด้วยสารละลายต่าง

Mahesawari C. U. และคณะ (2013) การศึกษาสมบัติทางกายภาพ ส่วนประกอบทางเคมีและความแข็งแรงของเส้นใยจากผลลูกตาล นอกจากนี้ได้ทำการเปรียบเทียบวัสดุเชิงประกอบ (composites materials) ระหว่างเส้นใยจากผลของลูกตาลสัดส่วนร้อยละ 5-20 ผสมกับพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงที่ผ่านและไม่ผ่านการดัดแปร (modified and unmodified high-density polyethylene; HDPE) โดยมีการใส่และไม่ใส่สาร MA-g-HDPE (95:5) ซึ่งเป็นสารเพิ่มความเข้ากัน จากนั้นสารผสมตามสัดส่วนต่าง ๆ จะถูกฉีดอัดออกมาโดย single-screw extruder ที่อุณหภูมิ 180-190 องศาเซลเซียส และใช้ความเร็วรอบของ screw เป็น 60 รอบต่อนาที เมื่อนำเส้นใยจากผลของลูกตาลผสมกับ high-density polyethylene และ MA-g-HDPE (HDPE) ในสัดส่วนที่แตกต่างกันจะให้ค่า โมดูลัส (modulu)และค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงกว่า เส้นใยจากผลของลูกตาลผสมกับ High-density polyethylene (HDPE) นอกจากนี้พบว่าถ้าใช้เส้นใยลูกตาลที่สัดส่วนร้อยละ 15 โดยน้ำหนักจะให้สมบัติเชิงกลดีกว่าสัดส่วนอื่น ๆ

Boopathi L. และคณะ (2012) การศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และเชิงกลของเส้นใยที่ได้จากผลของลูกตาลทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และร้อยละ 15 โดยมีค่าความหนาแน่นของเส้นใยจากผลลูกตาลที่ผ่านการปรับสภาพสูงกว่าเส้นใยจากผลลูกตาลที่ไม่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายต่าง และเส้นใยจากผลลูกตาลที่ผ่านการปรับสภาพมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ปริมาณไขมัน ปริมาณลิกนิน และปริมาณเฮมิเซลลูโลส ของเส้นใยน้อยกว่าเส้นใยจากผลลูกตาลที่ไม่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายต่าง แต่มีปริมาณความชื้น และปริมาณเซลลูโลส สูงกว่าเส้นใยจากผลลูกตาลที่ไม่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายต่าง



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดกรอบการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเส้นใยตาล ประกอบด้วย การศึกษาและค้นหาข้อมูลด้านการขึ้นรูปแผ่นผ้าในรูปแบบผ้าไม่ทอ (Nonwovens) การศึกษาสมบัติของเส้นใยตาล และการทำผลิตภัณฑ์

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ

- 1) เส้นใยผลตาลสุก
- 2) เส้นใยพอลิโพรพิลีน

3.1.2 อุปกรณ์สำหรับขึ้นรูปแผ่นผ้าไม่ทอ

- 1) เครื่องผสมเส้นใย (Blending Machine)
- 2) เครื่องสาวเส้นใย (Carding Machine)
- 3) เครื่องโรยแผ่นเส้นใยชนิด Cross Laid (Cross Laid Machine)
- 4) เครื่องยัดติดเส้นใยโดยใช้เข็มเจาะ (Needle Punching Machine)

3.1.3 อุปกรณ์สำหรับการตกแต่งสำเร็จผ้าไม่ทอ

- 1) เครื่องบีบอัด เครื่องแพดเดอร์ (padder)
- 2) เครื่องมินิสเตนเตอร์ (mini-stenter machine)

3.1.4 อุปกรณ์สำหรับทดสอบแผ่นผ้าไม่ทอ

- 1) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)
ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-IT300
- 2) เครื่องตัดชิ้นงานตัวอย่างแบบใบมีดทรงกลม (Circular Sample Cutter)
ยี่ห้อ James H. Heal รุ่น 230/103
- 3) เครื่องวัดความหนาแบบเข็ม
- 4) เครื่องทดสอบความแข็งแรงของผ้า (Universal Testing Machine)
ยี่ห้อ Testometric รุ่น M350-5AT
- 5) เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น XS204
- 6) เครื่องอบลมร้อน ยี่ห้อ Binder รุ่น FD115

- 7) ตู้ควบคุมความชื้น ยี่ห้อ Sanplatec รุ่น Auto C-3BS
- 8) บิวเรต และสแตนพร้อมที่หนีบบิวเรต
- 9) เวอร์เนียคาลิปเปอร์
- 10) ตู้ควบคุมอุณหภูมิ
- 11) งานเพาะเชื้อ

3.1.5 สารเคมีที่ใช้

- 1) สารฟลูออโรคาร์บอน (fluorocarbon)
- 2) อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์

3.2 แหล่งที่มาของเส้นใยผลตาลสุก

การวิจัยนี้ได้นำเส้นใยผลตาลสุกมาจากการวิจัยการประยุกต์ใช้เส้นใยจากผลตาลสำหรับสิ่งทอเทคนิค (รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์ และคณะ, 2557) โดยมีขั้นตอนการผลิตเส้นใยผลตาลสุก แสดงในหัวข้อที่ 2.1

3.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นผ้าไม่ทอเส้นใยผลตาลสุก

นำเส้นใยผลตาลสุกจากการวิจัยการประยุกต์ใช้เส้นใยจากผลตาลสำหรับสิ่งทอเทคนิค (รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์ และคณะ, 2557) มาขึ้นรูปเป็นแผ่นผ้าไม่ทอโดยทำการทดลอง ใช้เส้นใยผลตาลสุกเป็นหลักและผสมกับเส้นใยพอลิโพรพิลีนโดยมีอัตราส่วนที่ผสมแตกต่างกัน 2 อัตราส่วน ได้แก่ เส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 เส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 และเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 เส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 10 โดยเริ่มต้นด้วยการผสมเส้นใยผลตาลสุกกับเส้นใยพอลิโพรพิลีนให้เข้ากันตามอัตราส่วนที่กำหนดข้างต้นในเครื่องผสมเส้นใย ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 เครื่องผสมเส้นใย (blending machine)

จากนั้นนำเส้นใยที่ผสมเข้ากันดีแล้วป้อนเข้าสู่เครื่องสานเส้นใย ดังภาพที่ 3.2 เพื่อทำการสานเส้นใยให้จัดเรียงตัวขนานกันตามความยาวของเส้นใยและแผ่เป็นแผ่นเรียบสม่ำเสมอ



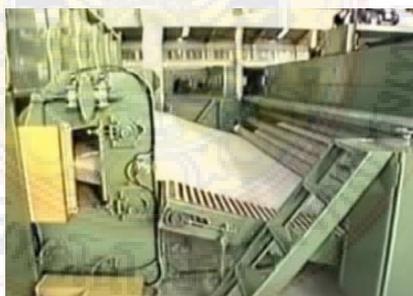
ภาพที่ 3.2 เครื่องสาวเส้นใย (carding machine)

หลังจากนั้นทำการโรยแผ่นเส้นใยจากเครื่องสาวใยที่รวมตัวกันอย่างหลวม ๆ ลงบนวัสดุรองรับเพื่อทำให้เป็นแผ่นด้วยเครื่องโรยแผ่นเส้นใยชนิด cross laid ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 เครื่องโรยแผ่นเส้นใยชนิด cross laid (cross laid machine)

ลำดับต่อไป เป็นการทำให้แผ่นเส้นใยเกิดการยึดติดกันโดยวิธีการปักเพื่อให้เกิดเกาะเกี่ยวกันระหว่างเส้นใยกับเส้นใยด้วยเครื่อง (needle punching machine) ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 เครื่องยึดแผ่นผ้าไมทอชนิดเข็มปัก (needle punching machine)

ซึ่งในขั้นตอนนี้แผ่นเส้นใยจะถูกส่งเข้าไประหว่างแผ่นโลหะเจาะรู 2 แผ่น โดยมี Needle Board ทำหน้าที่เคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งเป็นผลให้เกิดการเจาะของเข็มลงบนแผ่นเส้นใยตามจำนวนเข็มที่ต้องการ เข็มทำหน้าที่ให้เส้นใยยึดติดกัน เข็มจะแทงทะลุลงไปบนแผ่นเส้นใยและนำเส้นใยให้ยึดกันเป็นผืนผ้า เข็มที่ใช้มีลักษณะตรงเหมือนเข็มเย็บขนาดใหญ่ ตอนส่วนปลายที่จะแทงลงไปบนแผ่นเส้นใยมีเงี่ยงเหมือนเบ็ดตกปลาอันสั้น ๆ ติดเป็นระยะ เวลาแทงลงบนแผ่นเส้นใยเข็ม

จะพาเอาเส้นใยติดตามลึกลงไปในแผ่นเส้นใย แต่พอดึงเข็มขึ้นมาเส้นใยจะหลุดอยู่ในสภาพแหว่งและ ร้างเส้นใยในแผ่นให้ติดกัน การใช้เข็มทำให้เส้นใยยึดติดกันเนื้อผ้าจะแน่นขึ้น ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของเข็มที่เรียงตัวอยู่ในแผ่นบอร์ดจะเจาะผ่านรูบนแผ่นโลหะและเจาะผ่านทะลุแผ่น เส้นใยลงสู่แผ่นรองรับเข็ม จึงทำให้ยึดเกี่ยวกันออกมาเป็นแผ่นผ้าไม่ทอและกระบวนการสุดท้ายของการขึ้นรูปผ้าไม่ทอในครั้งนี้คือการทำให้เส้นใยพอลิโพรพิลีนหลอมตัวยึดเกาะกับเส้นใยผลตาลสุกด้วยวิธีใช้ลมร้อนเป่า เนื่องจากเราผสมเส้นใยพอลิโพรพิลีนเข้าไปเพื่อช่วยให้เส้นใยผลตาลสุกเกิดการยึดเกาะและคงรูปมากยิ่งขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 180-190 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 นาที ทำให้เส้นใยพอลิโพรพิลีนหลอมตัวและยึดติดกับเส้นใยผลตาลสุกที่ใช้เป็นส่วนผสมหลัก ดังภาพที่ 3.5 และในขั้นตอนนี้จะทำหลังจากผ้าไม่ทอผ่านออกมาจากเครื่อง needle punching แล้ว



เส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80

เส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90

เส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20

เส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 10

ภาพที่ 3.5 แผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกผสมกับเส้นใยพอลิโพรพิลีน

3.4 ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จผ้าไม่ทอ

เป็นการนำผ้าไม่ทอที่ผ่านการขึ้นรูป มาทำการตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำและสารต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ด้วยกระบวนการจุ่มอัด (padding) โดยเริ่มต้นด้วยการเตรียมสารละลายสำหรับการจุ่มอัด ซึ่งประกอบด้วยสารสะท้อนน้ำจำนวน 200 กรัมต่อลิตรและสารต้านทานเชื้อแบคทีเรียจำนวน 50 กรัมต่อลิตร กวนให้เข้ากันแล้วนำผ้าไม่ทอจุ่มลงในสารละลายดังกล่าว 30 วินาที จากนั้นนำผ้าไม่ทอเข้าเครื่องบีบอัด (padder) โดยการบีบอัดด้วยลูกกลิ้งใช้เปอร์เซ็นต์การบีบอัด (% Pick up) ที่ 80 โดยใช้สูตร

$$\% \text{ Pick up} = \frac{\text{น้ำหนักผ้าแห้ง} - \text{น้ำหนักผ้าเปียก}}{\text{น้ำหนักผ้าแห้ง}} \times 100$$

สารเคมีจะเข้าไปอยู่ในผ้าปริมาณ ร้อยละ 80 ของน้ำหนักผ้า ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 เครื่องแพดเดอร์

ต่อจากนั้นนำแผ่นผ้าไม่ทอที่ผ่านการจุ่มอัดแล้วไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และนำไปทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันต่อที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที โดยในขั้นตอนการทำแห้งและขั้นตอนการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะทำในเครื่องมินิสเตนเตอร์ (mini-stenter machine) ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 เครื่องมินิสเตนเตอร์

3.5 การวิเคราะห์และทดสอบสมบัติของแผ่นผ้าไม่ทอ

ทำการวิเคราะห์และทดสอบแผ่นผ้าไม่ทอที่เกิดจากการผสมกันระหว่างเส้นใยผลตาลสุก และเส้นใยพอลิโพรพิลีนที่อัตราส่วนแตกต่างกันในหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.5.1 การวิเคราะห์พื้นฐานวิทยาของแผ่นผ้าไม่ทอ

นำแผ่นผ้าไม่ทอไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope – SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-IT300 ดังภาพที่ 3.8 ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อดูรูปพรรณสัณฐานภายนอกของแผ่นผ้าไม่ทอ



ภาพที่ 3.8 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
(Scanning Electron Microscope – SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-IT300

3.5.2 การทดสอบลักษณะการโค้งงอของแผ่นผ้าไม่ทอด้วยมือ

สังเกตลักษณะของแผ่นผ้าไม่ทอที่ได้ทั้ง 2 อัตราส่วน เพื่อดูลักษณะการเป็นแผ่นของผ้าไม่ทอ เส้นใยที่ติดกันบนแผ่น ช่องว่างภายในแผ่น ความยืดหยุ่นโดยการดึงด้วยมือ และความแข็ง โดยการบิดงอแผ่นผ้าไม่ทอ

3.5.3 การทดสอบน้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ

ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 9073-1: 1989 (Textiles — Test methods for nonwovens — Part 1: Determination of mass per unit area) มีวิธีการทดสอบดังนี้

- 1) นำชิ้นทดสอบมาปรับสภาพที่อุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 4 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 2) เครื่องตัดชิ้นงานตัวอย่างแบบใบมีดทรงกลม (Circular Sample Cutter) ยี่ห้อ James H. Heal รุ่น 230/103 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 103 มิลลิเมตร
- 3) สุ่มตัดทั้งหมด 3 ตำแหน่ง โดยแต่ละตำแหน่งจะมีพื้นที่เป็น 100 ตารางเซนติเมตร ตัดชิ้นทดสอบทางออกจากแผ่นผ้าไม่ทออย่างน้อย 10 เซนติเมตร
- 4) นำชิ้นงานทดสอบไปชั่งด้วยเครื่องชั่งที่มีจุดทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกค่าที่ได้ และนำไปคำนวณ ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

$$\text{สูตร น้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ (กรัมต่อตารางเมตร)} = \frac{M}{3} \times 100$$

เมื่อ M = น้ำหนักของชิ้นงานทดสอบ

$$\text{สูตร น้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ (ออนซ์ต่อตารางหลา)} = \frac{\text{น้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ (กรัม)}}{33.901}$$



ภาพที่ 3.9 อุปกรณ์การทดสอบหาน้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ

3.5.4 การทดสอบหาความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอ

ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 9073-2: 1997 (Textiles — Test methods for nonwovens — Part 2: Determination of thickness) มีวิธีการทดสอบดังนี้

- 1) นำผ้าไม่ทอมาปรับสภาวะที่อุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 4 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 2) ปรับตีนผี (presser-foot) ตามมาตรฐาน เมื่อน้ำหนักสมดุลอยู่ในตำแหน่ง $2.05 \text{ กรัม} \pm 0.05 \text{ กรัม}$
- 3) ย้ายตีนผี (presser-foot) ไปทางขวาและยึดขึ้นทดสอบ เลื่อนตีนผี (presser-foot) ไปทางซ้ายอย่างช้า ๆ จนกระทั่งหลอดไฟส่องสว่าง หลังจาก 10 วินาที ให้อ่านความหนาเป็นมิลลิเมตรจากมาตรวัด ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 อุปกรณ์การทดสอบหาค่าความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอ

3.5.5 การทดสอบหาความแข็งแรงของแผ่นผ้าไม่ทอ

ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 9073-18: 2008 (Textiles - Test methods for nonwovens - Part 18: Determination of breaking strength and elongation of nonwoven materials using the grab tensile test) มีวิธีการทดสอบดังนี้

1) ตัดชิ้นทดสอบตามแนวขนานเครื่องจักรและแนวขวางเครื่องจักร โดยตัดชิ้นงานให้ห่างจากริมแผ่นผ้าไม่ทอประมาณ 150 มิลลิเมตร ให้มีขนาดความกว้าง 100 ± 1 มิลลิเมตร และมีขนาดความยาว 95 ± 1 มิลลิเมตร

2) ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine) ยี่ห้อ Testometric รุ่น M350-5AT โดยยึดชิ้นทดสอบให้อยู่กึ่งกลางขอบหน้าของตัวยึดจับ

3) ใช้โหลดเซลล์ (Lode Cell) น้ำหนัก 500 กิโลกรัมฟอร์ส (kgf) ตั้งระยะห่างระหว่างที่จับ (ความยาวเกจ) ที่ 75 ± 1 มิลลิเมตร ความเร็วในการดึงทดสอบ 300 ± 10 มิลลิเมตร ต่อนาที เดินเครื่องดึงชิ้นทดสอบจนกระทั่งขาด บันทึกค่าผลการทดลอง ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง ดังภาพที่ 3.11

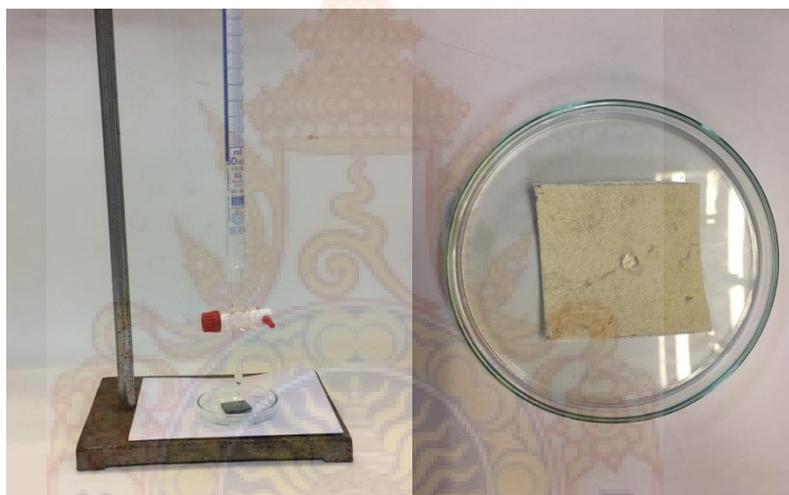


ภาพที่ 3.11 เครื่องทดสอบความแข็งแรงของแผ่นผ้าไม่ทอ ยี่ห้อ Testometric รุ่น M350-5AT

3.5.6 การทดสอบการดูดซึมน้ำแบบหยดน้ำของแผ่นผ้าไมทอ

ดัดแปลงการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.321-2530 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระดาษทำลูกฟูก) มีวิธีการทดสอบดังนี้

- 1) ตัดชิ้นทดสอบขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร ใส่น้ำกลั่นในบิวเรต
- 2) วางชิ้นทดสอบบนจานเพาะเชื้อ จัดบิวเรตให้อยู่ในแนวตั้งฉาก ปลายของบิวเรตห่างจากชิ้นทดสอบ ประมาณ 10 มิลลิเมตร
- 3) หยดน้ำกลั่น 1 หยด (ประมาณ 0.05 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ลงตรงส่วนกลางของชิ้นทดสอบ
- 4) นำจานเพาะเชื้ออีกอันมาครอบปิดไว้ เริ่มต้นจับเวลาที่เมื่อน้ำกลั่นกระทบชิ้นทดสอบ จนกระทั่งชิ้นทดสอบดูดซึมน้ำจนหมด บันทึกเวลา ทำซ้ำ 3 ครั้ง ดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 การทดสอบการดูดซึมน้ำแบบหยดน้ำของแผ่นผ้าไมทอ

3.5.7 การทดสอบสมบัติการดูดซับน้ำของแผ่นผ้าไมทอ

ดัดแปลงการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C209-98 Section 14 Water Absorption (Standard Test Methods for Cellulosic Fiber Insulating Board) มีวิธีการทดสอบดังนี้

- 1) ตัดชิ้นงานทดสอบให้มีขนาด 10 มิลลิเมตร x 20 มิลลิเมตร ก่อนการทดสอบ นำชิ้นงานตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 50 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 2) นำชิ้นงานตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
- 3) นำชิ้นงานตัวอย่างไปแช่ในน้ำปริมาตร 25 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง 23 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

4) เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำชิ้นงานขึ้นมาผึ่งทิ้งไว้ 10 นาที ซับน้ำส่วนเกินบนผิวนอกของชิ้นงานออกด้วยกระดาษชำระ แล้วนำชิ้นงานตัวอย่างชั่งน้ำหนักทันทีอีกครั้ง ดังภาพที่ 3.13 เพื่อคำนวณหาร้อยละการดูดซับน้ำ ดังสมการ

$$\text{ร้อยละการดูดซับน้ำ} = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100$$

เมื่อ W1 และ W2 คือ น้ำหนักก่อนการแช่น้ำ (กรัม) และน้ำหนักหลังการแช่น้ำ (กรัม) ตามลำดับ



ภาพที่ 3.13 การทดสอบสมบัติการดูดซับน้ำของแผ่นผ้าไม้อท

3.5.8 การทดสอบสมบัติการพองตัวของแผ่นผ้าไม้อท

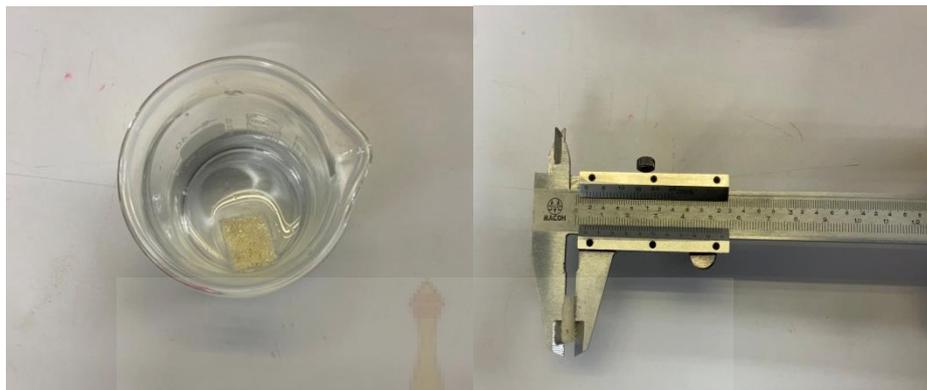
ดัดแปลงการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C209-98 Section 14 Water Absorption (Standard Test Methods for Cellulosic Fiber Insulating Board) มีวิธีการทดสอบดังนี้

1) ตัดชิ้นงานทดสอบให้มีขนาด 10 มิลลิเมตร x 20 มิลลิเมตร ก่อนการทดสอบ นำชิ้นงานตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 50 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2) นำชิ้นงานตัวอย่างไปวัดขนาดความหนาด้วยเวอร์เนีย แล้วนำชิ้นงานตัวอย่างไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 23 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำชิ้นงานตัวอย่างวัดขนาดความหนาอีกครั้ง ดังภาพที่ 3.14 เพื่อคำนวณหาร้อยละการพองตัว ดังสมการ

$$\text{ร้อยละการพองตัว} = \frac{t2 - t1}{t1} \times 100$$

เมื่อ t1 และ t2 คือ ความหนาก่อนการแช่น้ำ (มิลลิเมตร) และความหนาหลังการแช่น้ำ (มิลลิเมตร) ตามลำดับ



ภาพที่ 3.14 การทดสอบสมบัติการพองตัวของแผ่นผ้าไม่ทอ

3.5.9 การทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียเชิงคุณภาพของแผ่นผ้าไม่ทอ

การทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียเชิงคุณภาพโดยวิธีการวัดขนาดของโซนยับยั้ง (Inhibition zone) ในการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียใช้ สตาฟีโลคอคคัส ออเรียส เป็นตัวแทนของแบคทีเรียแกรมบวก และ เคล็บซีเอลลา นิวโมเนีย เป็นตัวแทนของแบคทีเรียแกรมลบ ได้รับความอนุเคราะห์จาก สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งตั้งอยู่ที่ ซอยตรีมิตร ถนนพระรามที่ 4 แขวง พระโขนง เขต คลองเตย จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

- 1) เพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลว (Nutrient Broth or NB) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง
- 2) นำมาปรับปริมาณของเชื้อเริ่มต้นโดยปิเปตเชื้อมา 5 มิลลิลิตร โดยใส่ในขวดรูปชมพู่ที่มีอาหารเหลว 100 มิลลิลิตร แล้วจึงจุดเชื้อแบคทีเรียที่ใช้มาปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ เทอาหารแข็ง (Nutrient Agar or NA) ปริมาตร 15 มิลลิลิตร (ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส) ลงไป ให้กระจายอาหารให้ทั่วจานเพาะเชื้อ วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนอาหารแข็งตัว
- 3) ตัดชิ้นทดสอบที่ปราศจากเชื้อให้มีขนาดเหมาะสม แล้วนำแผ่นทดสอบไปวางบนจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้
- 4) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำมาวัดขนาดของโซนยับยั้งที่เกิดขึ้นด้วยไม้บรรทัด

3.6 การพัฒนาและแปรรูปผลิตภัณฑ์

ผู้พัฒนามีแนวคิดในการนำแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาสูก ซึ่งจากการทดสอบพบว่ามีคุณสมบัติพิเศษเหมาะแก่การนำไปพัฒนาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์รองเท้า เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาสูกในงานวิจัยครั้งนี้

3.6.1 การพัฒนารองเท้า

ผู้พัฒนามีแนวคิดในการเลือกใช้แผ่นผ้าไม่ทอ อัตราส่วนที่เหมาะสมได้แก่เส้นใยผลตาลสูง ร้อยละ 80 เส้นใยโพลีโพรพิลีนร้อยละ 20 จากการทดสอบที่มีคุณสมบัติพิเศษ มีความคงทนต่อการฉีกขาด สามารถสะท้อนน้ำ และสามารถยับยั้งแบคทีเรีย ของแผ่นผ้าไม่ทอ มาออกแบบให้ได้รูปแบบที่ร่วมสมัย โดยยึดหลักการออกแบบที่ต้องคำนึงถึงประโยชน์การใช้สอย ความสวยงามน่าใช้ ความสะดวกสบายในการใช้ และสามารถใช้งานได้ดี ในราคาที่เหมาะสม จึงนำมาพัฒนาแปรรูปผลิตเป็นรองเท้า มีจำนวน 3 คู่ ได้แก่ รองเท้าสำหรับสุภาพบุรุษ สุภาพสตรี และรองเท้าสำหรับเด็ก โดยมีรายละเอียด ดังนี้

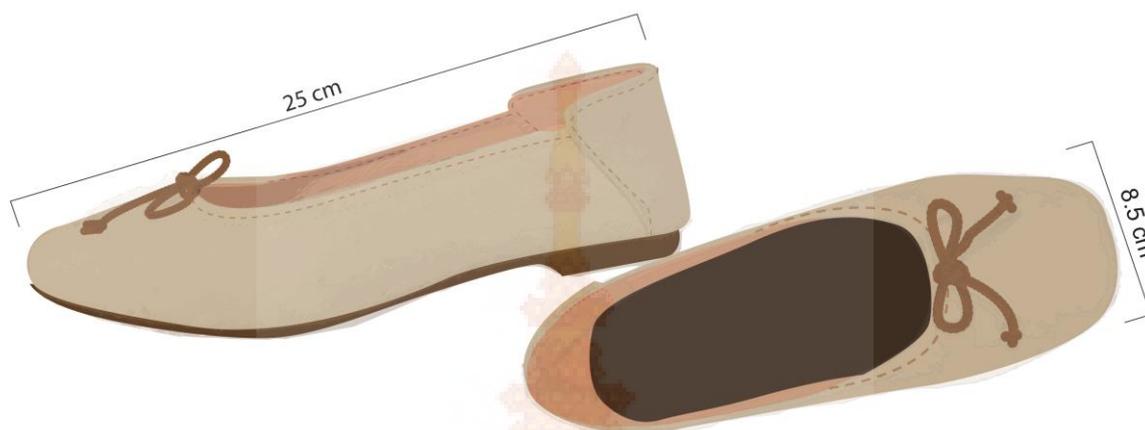
1) รองเท้าสำหรับสุภาพบุรุษ ขนาดมาตรฐาน 9 USA 8 UK (ขนาดความยาว 27 เซนติเมตร ความกว้าง 10 เซนติเมตร) มีการใช้หนังเทียมรองด้านในรองเท้า เพื่อลดความเสียดสีและให้ความรู้สึกนุ่มสบายเท้าไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองกับผิวหนังได้ มีการตัดเจาะแผ่นผ้าเพื่อให้เกิดความสวยงามดูมีมิติ ส่วนพื้นรองเท้านั้น นำแผ่นผ้าไม่ทอไปสกรีนด้วยถ่านชาร์โคลลงบนชั้นส่วนที่เป็นพื้นรองเท้าด้านใน เพื่อช่วยในการดูดซับกลิ่น นอกจากนี้มีการเสริมพื้นเท้าด้วยยาง เพื่อป้องกันไม่ให้ผ้าไม่ทอนั้นสัมผัสกับพื้นโดยตรง ดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 การออกแบบรองเท้าสำหรับสุภาพบุรุษ

2) รองเท้าสำหรับสุภาพสตรี ขนาดมาตรฐาน 8 USA 5 UK (ขนาดความยาว 25 เซนติเมตร ความกว้าง 8.5 เซนติเมตร) มีการใช้หนังเทียมรองด้านในรองเท้า เพื่อลดความเสียดและให้ความรู้สึกนุ่มสบายเท้าเช่นเดียวกับรองเท้าผู้ช่วยเพื่อ ไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองกับผิวหนังได้

มีการนำแผ่นผ้าไม่ทอมาตัดแล้วทำเป็นเชือก เพื่อผูกเป็นโบว์ตกแต่งรองเท้าด้านหน้าให้มีความสวยงามยิ่งขึ้น นอกจากนี้ได้นำแผ่นผ้าไม่ทอไปสกรีนด้วยถ่านชาร์โคลลงบนชิ้นส่วนที่เป็นพื้นรองเท้าด้านใน เพื่อช่วยในการดูดซับกลิ่นเหมือนรองเท้าสุภาพบุรุษ และมีการเสริมพื้นเท้าด้วยยาง เพื่อป้องกันไม่ให้ผ้าไม่ทอนั้นสัมผัสกับพื้นโดยตรง ดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 การออกแบบรองเท้าสำหรับสุภาพสตรี

3) รองเท้าสำหรับเด็ก ขนาดมาตรฐาน 11c USA 10 UK (ขนาดความยาว 17 เซนติเมตร ความกว้าง 7 เซนติเมตร) มีการใช้หนังเทียมรองด้านในรองเท้า เพื่อลดความเสียดและให้ความรู้สึกนุ่มสบายเท้าไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองกับผิวหนังได้ ส่วนพื้นรองเท้าชิ้นนั้น นำแผ่นผ้าไม่ทอไปสกรีนด้วยถ่านชาร์โคลลงบนชิ้นส่วนที่เป็นพื้นรองเท้าด้านใน เพื่อช่วยในการดูดซับกลิ่น นอกจากนี้มีการเสริมพื้นเท้าด้วยยาง เพื่อป้องกันไม่ให้ผ้าไม่ทอนั้นสัมผัสกับพื้นโดยตรงเช่นเดียวกันกับของรองเท้าของสุภาพบุรุษ ดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 การออกแบบรองเท้าสำหรับเด็ก

3.6.2 ขั้นตอนการตัดเย็บผลิตภัณฑ์รองเท้า

หลังจากได้ทำการออกแบบรองเท้าแล้ว ได้นำไปตัดชิ้นส่วนของรองเท้าแต่ละแบบที่ได้ออกแบบไว้ และเย็บขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์โดยช่างชำนาญด้านการเย็บรองเท้า คุณณารัตน์ ชำนาญพาณิชย์ ที่อยู่ 1348/3 ซอยกาญจนาภิเษก แขวงบางแค เขตบางแค จังหวัดกรุงเทพมหานคร เพื่อให้ได้รองเท้าตามมาตรฐานและเหมาะสมกับการใช้งาน โดยมีขั้นตอนการตัดเย็บดังนี้

- 1) นำแบบรองเท้า มาวางบนแผ่นผ้าไม่ทอ แล้วตัดให้ได้รูปทรงตามแบบดังภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 การวางแบบรองเท้า

- 2) นำชิ้นผ้าไม่ทอที่ตัดแบบ แล้วนำมาเย็บประกบด้วยเข็มเย็บผ้าขนาดใหญ่ดังภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.19 การเย็บประกบชิ้นส่วนของรองเท้า

3) เมื่อนำแต่ละชิ้นส่วนมาเย็บประกบชิ้นกันแล้วจะได้ทรงตามแบบ ดังภาพที่ 3.20



ภาพที่ 3.20 ชิ้นส่วนรองเท้าเย็บประกบตามแบบ

4) นำชิ้นส่วนที่เย็บประกบแล้วมาอัดด้วยกาวพื้นรองเท้าด้านใน จากนั้นยึดอัดด้วยแม่พิมพ์รองเท้า ดังภาพที่ 3.21



ภาพที่ 3.21 การยึดอัดรองเท้าตามแม่พิมพ์รองเท้า

5) นำพื้นรองเท้าด้านนอกมาประกบเข้ากับตัวรองเท้า ดังรูปที่ 3.22



ภาพที่ 3.22 การติดพื้นด้านนอกรองเท้า

6) นำแผ่นผ้าไม่ทอ มาสกรีนด้วยถ่านชาร์โคล แล้วนำแบบพื้นรองเท้ามาวางตัดให้ได้รูปทรงตามแบบ แล้วนำผ้าตาข่ายมาเย็บประกบพื้นรองเท้า เพื่อลดการเสียดสีกับผิวหนัง ดังภาพที่ 3.23



ภาพที่ 3.23 แผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกที่สกรีนด้วยถ่านชาร์โคลมาเย็บผ้าตาข่าย

7) ขั้นตอนสุดท้ายนำแผ่นรองเท้าด้านใน มาประกอบกับรองเท้า เป็นอันสำเร็จเรียบร้อย ดังภาพที่ 3.24



ภาพที่ 3.24 พื้นรองเท้าด้านในประกอบกับตัวรองเท้า

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลการขึ้นรูปแผ่นผ้าไม่ทอ และสมบัติของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก

ขึ้นรูปเป็นแผ่นผ้าไม่ทอ 2 อัตราส่วน ได้แก่ เส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 20 ดังภาพที่ 4.1 และเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10 ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 แผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 และเส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 20



ภาพที่ 4.2 แผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 และเส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10

4.1.1 ลักษณะของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก

นำแผ่นผ้าไม่ทอทั้ง 2 อัตราส่วน ที่ได้จากการขึ้นรูปและตกแต่งสำเร็จผ้าไม่ทอมาสังเกต ลักษณะของแผ่นผ้าไม่ทอที่ได้ เพื่อคุณลักษณะการเป็นแผ่นของผ้าไม่ทอซึ่งพบว่า ลักษณะของแผ่นผ้า เส้นใยที่ติดกันบนแผ่น ช่องว่างภายในแผ่น ความยืดหยุ่นโดยการดึงด้วยมือ และความแข็งโดยการ บิดงอแผ่นผ้าไม่ทอ ได้ลักษณะของแผ่นผ้าไม่ทอ แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกแต่ละชนิด

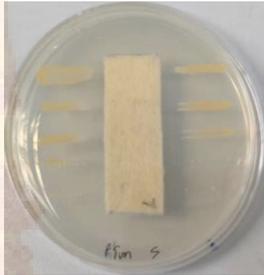
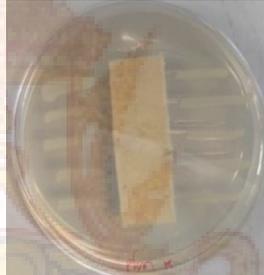
ชนิดของผ้าไม่ทอ	ลักษณะของแผ่นผ้าไม่ทอ		
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 80 เส้น ใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 20			มีลักษณะเป็นแผ่น เนื้อเส้น ใยอัดแน่นติดกัน มีช่องว่าง ภายในน้อย มีความ ยืดหยุ่นต่ำ มีความแข็ง จับบิดงอได้ปานกลาง ไม่มี เส้นใยส่วนเกินหลุดออกมา
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 90 เส้น ใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10			มีลักษณะเป็นแผ่นฟู เนื้อไม่อัดแน่นติดกัน มีช่องว่างภายในสูง ไม่มีความแข็ง จับบิดงอได้ง่าย มีเส้นใย ส่วนเกินหลุดออกมา

จากการสังเกตลักษณะของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกแต่ละชนิดพบว่าแผ่นผ้าไม่ทอจากส่วนผสมเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 เส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 มีความแข็งมากกว่าแผ่นผ้าไม่ทอจากส่วนผสมเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 เส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 10 และไม่มีเส้นใยส่วนเกินหลุดออกมาด้วย เนื่องจากแผ่นผ้าไม่ทอจากส่วนผสมเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 และเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 มีส่วนผสมของเส้นใยพอลิโพรพิลีนสูงกว่า

4.1.2 ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

ใช้ สตาฟีโลคอคคัส ออเรียส เป็นตัวแทนของแบคทีเรียแกรมบวก และ เคล็บซีเอลลานิวโมเนีย เป็นตัวแทนของแบคทีเรียแกรมลบ ทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียโดยวิธีการวัดขนาดของโซนยับยั้ง ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

ชนิดของผ้าไม่ ทอ	ผลการทดสอบ	ลักษณะที่ได้หลังทดสอบ ของแกรมบวก (สตาฟีโล คอคคัส ออเรียส)	ลักษณะที่ได้หลังทดสอบ ของแกรมลบ (เคิลีบซี เอลลา นิวโมเนีย)
เส้นใยผลตาล สุกร้อยละ 80 เส้นใยพอลิโ รฟิลีน ร้อยละ 20	สามารถยับยั้งเชื้อ แบคทีเรียทั้ง 2 เชื้อได้ พื้นที่ในการยับยั้ง เท่ากับที่ 10 มิลลิเมตร		
เส้นใยผลตาล สุกร้อยละ 90 เส้นใยพอลิโ รฟิลีน ร้อยละ 10	สามารถยับยั้งเชื้อ แบคทีเรียทั้ง 2 เชื้อได้ พื้นที่ในการยับยั้ง เท่ากับที่ 10 มิลลิเมตร		

จากผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียพบว่าเชื้อแบคทีเรีย สตาฟีโลคอคคัส ออเรียส และ เคิลีบซีเอลลา นิวโมเนีย ทั้ง 2 เชื้อ ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ผ่านผ้าไม่ทอที่ทดสอบได้ และแบคทีเรียไม่เจริญเติบโตใกล้แผ่นผ้าไม่ทอที่ทดสอบทั้ง 2 อัตราส่วน ที่ 10 มิลลิเมตร

4.1.3 ผลการดูดซึมน้ำแบบหยดน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอ

ตัดชิ้นทดสอบขนาด 50 x 50 เซนติเมตร หยดน้ำกลั่น 1 หยด ลงตรงส่วนกลางของชิ้นทดสอบ โดยปลายปิเปตอยู่ห่างจากชิ้นทดสอบประมาณ 10 มิลลิเมตร นำงานเพาะเชื้อครอบปิดไว้ เริ่มต้นจับเวลาทันทีเมื่อน้ำกลั่นกระทบชิ้นทดสอบ จนกระทั่งชิ้นทดสอบดูดซึมน้ำจนหมด โดยดัดแปลงการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.321-2530 ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ ก.1 (แสดงในภาคผนวก) นำค่าเวลาในการดูดซึมน้ำแบบหยดน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอไปทดสอบ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลของอัตราส่วนผสมต่อเวลาในการดูดซึมน้ำแบบหยดน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอ

อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใย ผลตาลสุก และเส้นใยพอลิโพรพิลีน (ร้อยละ)	เวลาในการดูดซึมน้ำแบบ หยดน้ำของ แผ่นผ้าไม่ทอ (ชั่วโมง)	เวลาในการดูดซึมน้ำ แบบหยดน้ำของ แผ่นผ้าไม่ทอ (นาที)
80 : 20	7.413	461.333
90 : 10	7.363	456.333

จากผลการทดลองพบว่าแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 20 ใช้เวลาในการดูดซึมน้ำแบบหยดน้ำอยู่ที่ 7.40 ชั่วโมง หรือ 460 นาที และแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10 ใช้เวลาในการดูดซึมน้ำแบบหยดน้ำอยู่ที่ 7.36 ชั่วโมง หรือ 456 นาที ซึ่งทั้ง 2 อัตราส่วนใช้เวลาในการดูดซึมน้ำแบบหยดน้ำไม่แตกต่างกันมากนัก

4.1.4 การดูดซึมน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอ

ตัดชิ้นงานทดสอบให้มีขนาด 10 x 20 มิลลิเมตร นำไปอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างไปชั่งน้ำหนัก หลังจากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างไปแช่ในน้ำปริมาตร 25 มิลลิตร ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำชิ้นงานขึ้นมาผึ่งทิ้งไว้ 10 นาที ซับน้ำส่วนเกินออก แล้วนำชิ้นงานตัวอย่างชั่งน้ำหนักทันทีอีกครั้ง โดยดัดแปลงการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C209-98 Section 14 Water Absorption ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ ก.2 (แสดงในภาคผนวก) นำค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอไปทดสอบ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลของอัตราส่วนผสมต่อร้อยละการดูดซึมน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอ

อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยผลตาลสุก และเส้นใยพอลิโพรพิลีน (ร้อยละ)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ
80 : 20	148.047
90 : 10	210.529

จากผลการทดลองพบว่าแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 20 มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำต่ำกว่าแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10 ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเส้นใยเส้นใยพอลิโพรพิลีน สูงกว่าทำให้แผ่นผ้าไม่ทอมีเนื้อแน่นขึ้น ส่งผลให้ร้อยละการดูดซึมน้ำลดลง

4.1.5 การพองตัวของแผ่นผ้าไม่ทอ

ตัดชิ้นงานทดสอบให้มีขนาด 10 มิลลิเมตร x 20 มิลลิเมตร นำไปอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างไปวัดขนาดความหนาด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ แล้วนำชิ้นงานตัวอย่างไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำชิ้นงานตัวอย่างวัดขนาดความหนาด้วยเวอร์เนียอีกครั้ง โดยตัดแปลงการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C209-98 Section 14 Water Absorption ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ ก.3 (แสดงในภาคผนวก) นำค่าร้อยละการพองตัวของแผ่นผ้าไม่ทอไปทดสอบ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลของอัตราส่วนผสมต่อร้อยละการพองตัวของแผ่นผ้าไม่ทอ

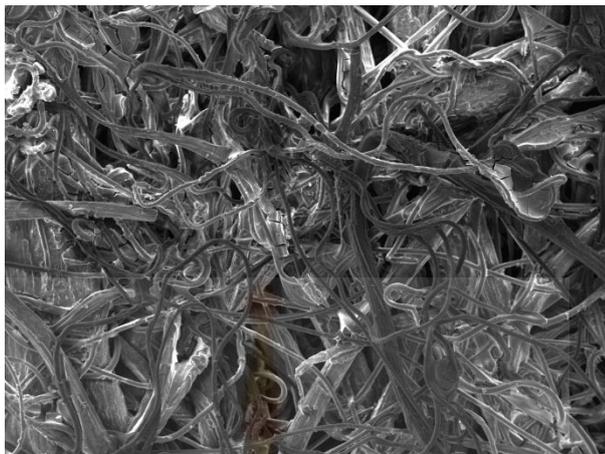
อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยผลตาลสุก และเส้นใยพอลิโพรพิลีน (ร้อยละ)	ร้อยละการพองตัว
80 : 20	4.762
90 : 10	6.883

จากผลการทดลองพบว่าแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 มีค่าร้อยละการพองตัวต่ำกว่าแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10 โดยจากผลการทดลองร้อยละการดูดซับน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอที่ต่ำกว่าเช่นกัน จึงส่งผลให้ร้อยละการพองตัวต่ำกว่าด้วย

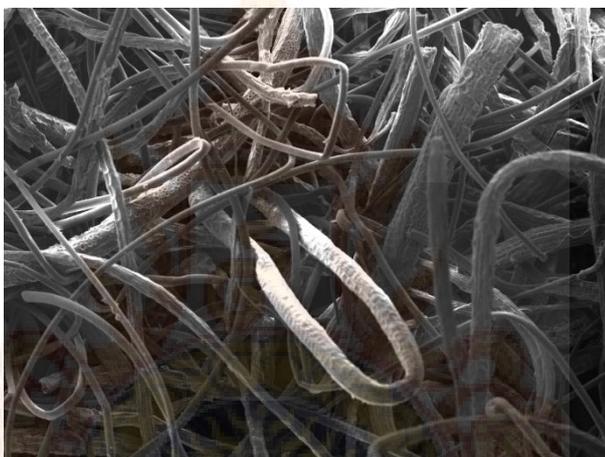
4.2 ผลการวิเคราะห์และทดสอบ

4.2.1 สัณฐานวิทยาของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก

นำแผ่นผ้าไม่ทอทั้ง 2 อัตราส่วน ไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope – SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-IT300 ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อดูรูปพรรณสัณฐานภายนอกของแผ่นผ้าไม่ทอที่กำลังขยาย 50 เท่า ได้ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.3 – 4.4



ภาพที่ 4.3 ลักษณะผิวของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 และเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20



ภาพที่ 4.4 ลักษณะผิวของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 และเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 10

จากการสังเกตรูปร่างลักษณะภายนอกของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกแต่ละชนิดที่กำลังขยาย 50 เท่า พบว่าแผ่นผ้าไม่ทอจากส่วนผสมเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 เส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 เส้นใยมีความสม่ำเสมอ จัดเรียงตัวดี มีโครงสร้างที่แน่น (ความหนาแน่นสูง) และช่องว่างระหว่างเส้นใยน้อยกว่าแผ่นผ้าไม่ทอจากส่วนผสมเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 และเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 10

4.2.2 น้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ

นำชิ้นทดสอบมาปรับสภาวะ ตัดผ้าไม่ทอด้วยเครื่องตัดชิ้นงานตัวอย่างแบบใบมีดทรงกลม ตามมาตรฐาน ISO 9073-1: 1989 นำชิ้นงานทดสอบไปชั่งด้วยเครื่องชั่งที่มีจุดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ ก.4 (แสดงในภาคผนวก) นำค่าน้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอไปทดสอบ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลของอัตราส่วนผสมต่อค่าน้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ

อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยผล ตาลสุกและเส้นใยพอลิโพรพิลีน (ร้อยละ)	ค่าน้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ (กรัมต่อตารางเมตร)	ค่าน้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ (ออนซ์ต่อตารางหลา)
80 : 20	601.987	17.747
90 : 10	435.570	12.841

จากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยผลตาลสุกและเส้นใยพอลิโพรพิลีนมีผลต่อน้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ โดยพบว่าส่วนผสมระหว่างเส้นใยตาลและเส้นใยพอลิโพรพิลีนที่อัตราส่วนร้อยละ 80 ต่อ 20 มีค่าน้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอสูงกว่าส่วนผสมระหว่างเส้นใยผลตาลสุกและเส้นใยพอลิโพรพิลีนที่อัตราส่วนร้อยละ 90 ต่อ 10 ทั้งนี้เนื่องจากมีอัตราส่วนผสมของเส้นใยพอลิโพรพิลีนสูงกว่าทำให้แผ่นผ้าไม่ทอมีน้ำหนักสูงกว่า เพราะแผ่นผ้าไม่ทอนี้ผ่านวิธีการเชื่อมยึดความร้อน (thermal bonding) โดยใช้ลูกกลิ้งร้อน (hot calendars) เพื่อให้บางส่วนของเส้นใยพอลิโพรพิลีนมีการหลอม และยึดติดกัน ภายหลังทำให้เย็นตัวลง แผ่นผ้าไม่ทอที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นแบนที่มีความแข็ง และช่องว่างระหว่างเส้นใยแตกต่างกัน ซึ่งจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับพื้นที่สัมผัสของลูกกลิ้งร้อนบนแผ่นผ้าไม่ทอ และปริมาณของเส้นใยพอลิโพรพิลีน โดยเส้นใยพอลิโพรพิลีนทำหน้าที่เป็นตัวประสานให้เส้นใยเชื่อมติดกัน เมื่อปริมาณของเส้นใยพอลิโพรพิลีนมากขึ้นทำให้น้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอมีค่ามากขึ้นด้วย

4.2.3 ความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอ

นำแผ่นผ้าไม่ทอมาปรับสภาวะแล้วนำมาทดสอบด้วยเครื่องวัดความหนาแบบเข็มชี้ ตามมาตรฐาน ISO 9073-2: 1997 ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ ก.5 (แสดงในภาคผนวก) นำค่าความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอไปทดสอบ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลของอัตราส่วนผสมต่อค่าความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอ

อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใย ผลตาลสุกและเส้นใยพอลิโพรพิลีน (ร้อยละ)	ค่าความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอ (เซนติเมตร)
80 : 20	0.21
90 : 10	0.37

จากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยผลตาลสุกและเส้นใยพอลิโพรพิลีนมีผลต่อความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอ โดยพบว่าอัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยตาล และเส้นใยพอลิโพรพิลีนที่ร้อยละ 80 ต่อ 20 ได้แผ่นผ้าไม่ทอที่มีความหนา 2.10 มิลลิเมตร หรือ 0.21 เซนติเมตร และที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 90 ต่อ 10 ได้แผ่นผ้าไม่ทอที่มีความหนา 3.73 มิลลิเมตร หรือ 0.37 เซนติเมตร เนื่องจากแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 10 มีความโปร่ง และช่องว่างระหว่างเส้นใยสูงกว่าแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 จึงทำให้แผ่นมีความหนามากกว่า

4.2.4 ความแข็งแรงของแผ่นผ้าไม่ทอ

นำแผ่นผ้าไม่ทอมาปรับสภาวะ ดัดขึ้นทดสอบตามแนวขนานเครื่องจักรและแนวขวางเครื่องจักร ดัดขึ้นทดสอบให้มีขนาดความกว้าง 100 ± 1 มิลลิเมตร และมีขนาดความยาว 95 ± 1 มิลลิเมตร ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบบอเนกประสงค์ ยี่ห้อ Testometric รุ่น M350-5AT ยึดขึ้นทดสอบให้อยู่กึ่งกลางขอบหน้าของตัวยึดจับ ใช้โหลดเซลล์ น้ำหนัก 500 กิโลกรัมฟอร์ส ตั้งระยะห่างระหว่างที่จับ ที่ 75 ± 1 มิลลิเมตร ความเร็วในการดึงทดสอบ 300 ± 10 มิลลิเมตรต่อนาที เดินเครื่องดึงขึ้นทดสอบจนกระทั่งขาด ตามมาตรฐาน ISO 9073-18: 2008 ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ ก.6 - ก.9 (แสดงในภาคผนวก) นำค่าระยะการยืดตัว และแรงดึง ณ จุดขาดของแผ่นผ้าไม่ทอไปทดสอบ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลของอัตราส่วนผสมต่อค่าระยะการยืดตัว ณ จุดขาด ของแผ่นผ้าไม่ทอ

อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยผลตาลสุกและเส้นใยพอลิโพรพิลีน (ร้อยละ)	ระยะการยืดตัว ณ จุดขาดของแผ่นผ้าไม่ทอตามแนวขนานเครื่องจักร (มิลลิเมตร)	แรงดึง ณ จุดขาด ของแผ่นผ้าไม่ทอตามแนวขนานเครื่องจักร (นิวตัน)	ระยะการยืดตัว ณ จุดขาดของแผ่นผ้าไม่ทอตามแนวขวางเครื่องจักร (มิลลิเมตร)	แรงดึง ณ จุดขาด ของแผ่นผ้าไม่ทอตามแนวขวางเครื่องจักร (นิวตัน)
80 : 20	27.45	474.99	24.86	469.08
90 : 10	108.79	-0.63	65.66	0.53

จากผลการทดลองพบว่าแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 ตามแนวขนานเครื่องจักร และตามแนวขวางเครื่องจักรมีระยะการยืดตัว ณ จุดขาดต่ำกว่าแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10 แต่ในทาง

กลับกันพบว่าค่าแรงดึง ณ จุดขาด ของแผ่นผ้าไม่ทอตามแนวขนานเครื่องจักร และตามแนวขวาง เครื่องจักรที่อัตราส่วน 80 ต่อ 20 มีค่าสูงกว่าที่อัตราส่วน 90 ต่อ 10 แสดงให้เห็นว่าแผ่นผ้าไม่ทอจาก เส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 20 มีความแข็งแรงสูงกว่าเนื่องจากต้องใช้ แรงดึงแผ่นผ้าไม่ทอจนขาดมากกว่าแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10

4.3 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกที่อัตราส่วนต่างกัน ที่กล่าวมาข้างต้นนั้น เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกในการทำ ผลิตภัณฑ์รองเท้า พบว่าแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 20 มีภาพรวมของสมบัติทางกายภาพที่ดีกว่าแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 ต่อเส้นใย พอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10 ดังนั้นจึงเลือกแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ต่อเส้นใย พอลิโพรพิลีน ร้อยละ 20 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก เพื่อนำไป พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยการทำเป็นรองเท้า

4.4 ผลของการพัฒนาผลิตภัณฑ์รองเท้าจากแผ่นผ้าไม่ทอที่ได้จากเส้นใยผลตาลสุก

นำแผ่นผ้าไม่ทอ อัตราส่วนที่เหมาะสมได้แก่เส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 เส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 มาพัฒนาแปรรูปผลิตเป็นรองเท้า มีจำนวน 3 คู่ ได้แก่

1) รองเท้าสำหรับสุภาพบุรุษ ขนาดมาตรฐาน 9 USA 8 UK (ขนาดความยาว 27 เซนติเมตร ความกว้าง 10 เซนติเมตร) ดังภาพที่ 4.5 ซึ่งจัดอยู่ในรองเท้าประเภท penny loafer สามารถใส่รองเท้าคู่กับชุดสูทสำหรับการแต่งกายไปร่วมงานที่เป็นทางการ อีกทั้งยังสามารถใส่รองเท้า คู่กับกางขาสั้น หรือ กางเกงชิโน่ คู่กับเสื้อเชิ้ต หรือเสื้อโปโล เพื่อการแต่งกายแบบลำลองได้



ภาพที่ 4.5 ผลิตภัณฑ์รองเท้าสำหรับสุภาพบุรุษ

2) รองเท้าสุภาพสตรี ขนาดมาตรฐาน 11c USA 10 UK (ขนาดความยาว 17 เซนติเมตร ความกว้าง 7 เซนติเมตร) ดังภาพที่ 4.6 ซึ่งจัดอยู่ในรองเท้าประเภท รองเท้าบัลเลต์ เป็นรองเท้าสันไม่สูงมากนัก จึงเหมาะสำหรับการใส่รองเท้าคู่กับการแต่งกายแบบไม่เป็นทางการมากนัก สามารถสวมใส่รองเท้ากับชุดลำลองในโอกาสต่างๆ เช่น ใส่ท่องเที่ยว ขอบปิ้งหรือวันหยุดพักผ่อนที่ไม่ต้องการความเป็นทางการมาก



ภาพที่ 4.6 ผลิตภัณฑ์รองเท้าสำหรับสุภาพสตรี

3) รองเท้าสำหรับเด็ก ขนาดมาตรฐาน 11c USA 10 UK (ขนาดความยาว 17 เซนติเมตร ความกว้าง 7 เซนติเมตร) ดังภาพที่ 4.7 ซึ่งจัดอยู่ในรองเท้าประเภท penny loafer เป็นรองเท้าประเภทเดียวกันรองเท้าสุภาพบุรุษ สามารถสวมใส่รองเท้าคู่กับชุดสูท ในโอกาสที่เป็นทางการ หรือสวมใส่รองเท้าคู่กับ กางเกงขาสั้นเสื้อโปโล เพื่อการแต่งกายในแบบชุดลำลอง อีกทั้งยังสามารถสวมใส่รองเท้าโดยไม่ใส่ถุงเท้าก็ได้เช่นกัน



ภาพที่ 4.7 ผลิตภัณฑ์รองเท้าสำหรับเด็ก

จากผลของการพัฒนาผลิตภัณฑ์รองเท้าจากแผ่นผ้าไม่ทอที่ได้จากเส้นใยผลตาลสุก ทั้ง 3 รูปแบบ พบว่า การผลิตรองเท้าสามารถทำได้ง่าย เนื่องจากแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกนั้น มีความยืดหยุ่นสูง สามารถจับบิดโค้งงอได้ดี สามารถเย็บด้วยเข็มจักรอุตสาหกรรมได้ ผลิตภัณฑ์รองเท้าที่สำเร็จมาแล้วนั้น มีความสวยงาม แข็งแรง คงทน และดูแลรักษาได้ง่าย เหมาะสำหรับผู้ที่ชื่นชอบผลิตภัณฑ์ทางเลือกที่แสวงหาผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากผลการดำเนินงานวิจัยการพัฒนาผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งทอนั้นสามารถสรุปได้ดังนี้

1. สามารถนำเส้นใยผลตาลสุกไปขึ้นรูปเป็นผ้าไม่ทอได้โดยการผสมกับเส้นใยพอลิโพรพิลีนและนำเข้าสู่กระบวนการผลิตเป็นผ้าไม่ทอโดยใช้วิธีการขึ้นรูปแบบใช้เข็มเจาะ (needle punching) ก่อนจากนั้นนำแผ่นผ้าไม่ทอไปผ่านขั้นตอนการรีดร้อนอีกครั้ง ด้วยลูกกลิ้งร้อน (hot calendars)

2. อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยผลตาลสุกกับเส้นใยพอลิโพรพิลีน ที่เหมาะสมในงานวิจัยครั้งนี้คือ 80 : 20 โดยพบว่าอัตราส่วนผสมดังกล่าวสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นผ้าไม่ทอได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากกว่าอัตราส่วนผสมอื่น ขณะที่ผลผลิตซึ่งเป็นผ้าไม่ทอที่ได้มีสมบัติเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆต่อไปได้

3. สมบัติของผ้าไม่ทอที่ผ่านการทดสอบพบว่า ผ้ามีความเรียบสม่ำเสมอ มีความคงรูปดี เส้นใยมีการจัดเรียงตัวค่อนข้างสม่ำเสมอและยึดเกาะกันดีทำให้ไม่มีเส้นใยหลุดออกมาจากผืนผ้า และเมื่อนำผ้าไม่ทอไปตากแห้งด้วยสารสะทอนน้ำ และสารป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียพบว่าผ้าไม่ทอมีสมบัติการสะทอนน้ำและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้ดี

4. ผ้าไม่ทอที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้มีสมบัติเหมาะสมสำหรับนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในชีวิตประจำวันได้ ผู้วิจัยได้ประเมินสมบัติความเหมาะสมต่างๆและพิจารณาเห็นว่าควรจะนำผ้าไม่ทอที่ผลิตได้ไปผลิตเป็นรองเท้าสำหรับสุภาพบุรุษ สุภาพสตรี และเด็ก โดยมีจุดหมายคือเป็นรองเท้าที่ผลิตมาจากเส้นใยธรรมชาติ คือเส้นใยผลตาลสุก ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งให้มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้นและยังเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้ผู้บริโภคที่แสวงหาผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติอีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ใช้อัตราส่วนการผสมอื่น เพื่อให้ได้คุณสมบัติของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกแตกต่างออกไป เพื่อศึกษาว่าคุณสมบัติของอัตราส่วนนั้น มีคุณสมบัติอย่างไร
2. การพัฒนาปรับปรุงคุณภาพแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก โดยนำเส้นใยชนิดอื่น มาผสมกับเส้นใยผลตาลสุก เพื่อให้ได้คุณสมบัติที่แตกต่างไป
3. การปรับปรุงวิธีการขึ้นรูปผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก ด้วยวิธีที่แตกต่างออกไป เช่นการเพิ่มความร้อนลูกกลิ้งร้อน เพื่อให้เส้นใยเกิดการยึดเกาะกันเพิ่มมากขึ้น
4. เนื่องจากเส้นใยจากผลตาลสุกมีขนาดเส้นใยที่ไม่เท่ากัน ดังนั้น จึงแนะนำให้มีการคัดแยกเส้นใยผลตาลสุก ให้ได้มีขนาดที่เหมาะสมสำหรับการนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นผ้าไม่ทอ
5. การพัฒนาปรับปรุงคุณภาพเส้นใย ควรจะเลือกเส้นใยละเอียดมาใช้งาน ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผิวสัมผัสที่ดี และไม่มีปัญหาเรื่องเส้นใยหยาบแทงโผล่ทะลุออกมา
6. ควรมีการตกแต่งเส้นใยผลตาลสุกให้เหมาะกับวัตถุประสงค์ที่นำไปใช้ก่อนที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นผ้าไม่ทอ เช่น การตกแต่งเส้นใยให้มีความนุ่มหรือตกแต่งเส้นใยให้มีความเหนียวไม่แตกเปราะง่ายก่อนนำไปขึ้นรูป
7. ตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มคุณสมบัติพิเศษให้กับแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก เช่น การป้องกันการติดไฟ หรือตกแต่งกลิ่น เป็นต้น
8. สามารถนำคุณสมบัติเด่น ของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทออื่นนอกจากรองเท้า

บรรณานุกรม

- กุหลาบ หมายสุขกลาง ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกรมส่งเสริมการเกษตร. (2560). [ออนไลน์]. **ตาลโตนด**. [สืบค้นวันที่ 7 ตุลาคม 2562]. จาก <http://www.agriin.doe.go.th>
- จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุนัน ปานสาคร, รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, อโณทัย นาบุญ และณัฐพงษ์ ดอกกะฐิน. (2559). “การออกแบบและสร้างเครื่องแยกเส้นใยลูกตาลสุก”. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชชมงคลธัญบุรี**, ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 : 37-44.
- จุฑามาศ ช้อนนาค. (2559). “การศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติการสะท้อนน้ำของผ้าใยตาล เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์”. **วารสารศิลปกรรมศาสตร์วิชาการ วิจัย และงานสร้างสรรค์ ราชชมงคลธัญบุรี**, ปีที่ 3 : 109-127.
- จूरรัตน์ ประสาร.(2552). “ผ้าไม่ถักไม่ทอ”. **วารสารเทคโนโลยีวัสดุ**, ปีที่ 15 ฉบับที่ 57 : 21-26.
- เจนจิรา ขุนทอง และปิยาภรณ์ อรุณต. (2561). “การศึกษาแผ่นผนังเส้นใยจากเปลือกตาลโตนดที่สามารถดูดซับเสียงได้”. **สารอาศรมวัฒนธรรมวลัยลักษณ์ ฉบับพิเศษ**, ปีที่ 18 : 47-65.
- จิราพร วรแสน. (2559). **การยศาสตร์**.(พิมพ์ครั้งที่ 1).กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง
- ชาญชัย สิริเกษมเลิศ. (2554). “นวัตกรรมเส้นใยรักโลก : เส้นใยลูกตาล (Palm Fibers)”. **นิตยสาร TTIS TEXTILE DIGEST**, ปีที่ 19 ฉบับที่ 172 : 34-35.
- ณศร่า แก้วคง. (2557). **การพัฒนาผ้าใยยังแบคทีเรียบนวัสดุสิ่งทอ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเคมีนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- นันทชัย ชูศิลป์, ชนาภัทร คุ่มภัย, ชาญณรงค์ ศรีแปลก และวิไล สิตพงษ์. (2556) “สมบัติเชิงกลของซีเมนต์เพสต์เสริมเส้นใยตาลโตนด”. **วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต**, ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 : 89-99.
- ประภาพันธุ์ พันนวล, พิชัย สดภิบาล และทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา. (2561). “การศึกษาและพัฒนาวัสดุจากเส้นใยกาบตาลเพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์”. **วารสารวิชาการ ศิลปะ สถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**, ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 : 1-19.
- พีชเกษตร.คอม. (30 พฤษภาคม 2558). [ออนไลน์]. **ตาลโตนด (Palmyra Palm) ประโยชน์ และสรรพคุณตาลโตนด**. [สืบค้นวันที่ 7 มกราคม 2562]. จาก <https://puechkaset.com/%E0%B8%95%E0%B8%B2%E0%B8%A5%E0%B9%82%E0%B8%95%E0%B8%99%E0%B8%94/>.
- พิทักษ์ อุปัญญา และจันทร์เพ็ญ ชุมแสง. (2554). **การใช้เส้นด้ายใยลูกตาลมาพัฒนาคุณภาพผ้าทอพื้นเมือง**. รายงานวิจัยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

- ภัทรระ วรศิริ. (2554). **การศึกษาคุณสมบัติการนำความร้อนผ้าไม่ทอจาเศษรังไหม**. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ภัทรรา คุ่มเขต. (2555). **เทคโนโลยีการตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำมันของผ้าทอมือเพื่อผลิตชุดเซฟ**. วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์, ณัฐดนัย รุ่งเรืองกิจไกร, จริญญา คล้ายจ้อย, ศิริอร วณิชโชตยานนท์, กิตติศักดิ์ อริยะเครือ, มนัส แป้งใส, ก้องเกียรติ มหาอินทร์, จิตติ พัทธวณิช, จันท์แก้ว, เรืองศักดิ์ มานะสุนทร, สาคร ชลสาคร, จันท์เพ็ญ ชุมแสง, นัฐยา พรรณรัตนศิลป์ และพิทักษ์ อุปัญญา. (2557). **การพัฒนาเส้นใยจากผลลูกตาลเพื่อผลิตแผ่นกันความร้อน และการประยุกต์ใช้งานสำหรับสิ่งทอเทคนิค**. (รายงานการวิจัย). สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- รุจิรา ปิ่นแก้ว. (2556). **การผลิตและการเตรียมถ่านกัมมันต์จากขังข้าวโพดเพื่อใช้ในการดูดซับมีเทน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- นันทชัย ชูศิลป์, ชนาภัทร คุ่มภัย, ชาญณรงค์ ศรีแปลก และวิไล สิตพงษ์. (2556). “สมบัติเชิงกลของซีเมนต์เพสต์เสริมเส้นใยตาลโตนด”. **วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต**. ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 : 89-99.
- วิโรจน์ โภชนกุล และสาธิต พุทธชัยยงค์.(2558). **การศึกษาการใช้เส้นใยลูกตาลสำหรับผลิตภัณฑ์กระเป๋าเดินทาง**. หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.
- สุจิระ ขอบจิตต์เมตต์. (2555). **“ผ้าไม่ทอ”** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทริบเพิล กรุ๊ป จำกัด
- สันต์ หัตถิรัตน์. (2526). [วารสารออนไลน์]. “การตรวจร่างกายตอนที่ 50 การตรวจตามระบบ การตรวจแขน ขา และข้อ (ต่อ).” **นิตยสารหมอชาวบ้าน**. [สืบค้นวันที่ 7 ตุลาคม 2563]. จาก <https://www.doctor.or.th/article/detail/6681>
- Boopathi, L., Sampath, P. S., & Mylsamy,K. (2012) Investigation of physical, chemical and mechanical properties of raw and alkali treated Borassus fruit fiber. **Composites Part B: Engineering**, 43(8) : 3044-3052.
- Computer Fun. (20 ธันวาคม 2561). [ออนไลน์]. “**หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์**.” [สืบค้นวันที่ 7 มกราคม 2562]. จาก https://www.teachernu.com/anuwat_panipat/sketchup/
- Edana. (n.d.). [online]. **Web bonding**. [Cited January 7, 2019]. Available from : <https://www.edana.org/nw-related-industry/how-are-nonwovens-made>

- Imran, M. A. (2012). [online]. **Non woven textiles**. [Cited January 7, 2019]. Available from : <https://www.slideshare.net/awaisimran12/non-woven-textiles>
- Lämmermann D., **Melliand Textilberichte**.1991, 72 : 949-954, E380
- Maheswari, C. U., Reddy, K. O., Muzenda, E., Shukla, M., & Rajulu, A. V. A (2013) Comparative study of modified and unmodified high-density polyethylene borassus fiber Composites. **International Journal of Polymer Analysis and Characterization**, 18 (6) : 439-450.
- Reddy, K. O., Maheswari, C. U., Rajulu, A. V., & Guduri, B. R. (2009) Thermal degradation parameters and tensile properties of Borassus flabellifer fruit fiber reinforcement. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, 28 (18): 2297-2301.
- Sudhakara, P., Devi, K. A. P., Prasad, V. C., Reddy, O. K., Woo, D. L., Kim, B. S., & Song, J. I. (2012) Thermal, mechanical, and morphological properties of maleated polypropylene compatibilized Borassus fruit fiber/polypropylene composites. **Journal of Applied Polymer Science**. 128 (2) : 976-982
- Sudhakara, P., Kannan, P. & Obireddy, K. (2011) Flame retardant diglycidylphenylphosphate and diglycidyl ether of bisphenol-A resins containing Borassus fruit fiber composites. **Journal of Materials Science**, 46 (15) : 5176-5183.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
บันทึกผลการทดลอง



ตารางที่ ก.1 ผลการดูดซึมน้ำแบบหยดน้ำ

ชนิดของผ้าไม่ ทอ	ลักษณะหยดน้ำ บนแผ่นผ้าไม่ทอ ก่อนซึมนลงบนแผ่น	ลักษณะหยดน้ำ บนแผ่นผ้าไม่ทอ หลังซึมนลงบนแผ่น	ชั้นตัวอย่าง ที่	เวลาใน การดูดซึมน้ำแบบ หยดน้ำ (ชั่วโมง)	เวลาใน การดูดซึมน้ำแบบ หยดน้ำ (นาที)
เส้นใยผลตาล สุกร้อยละ 80 เส้นใยพอลิ โพรพิลีน ร้อยละ 20			1	7.40	460
			2	7.45	465
			3	7.39	459
			Mean	7.41	461
			SD.	0.03	3
เส้นใยผลตาล สุกร้อยละ 90 เส้นใยพอลิ โพรพิลีน ร้อยละ 10			1	7.37	457
			2	7.37	457
			3	7.35	455
			Mean	7.36	456
			SD.	0.01	1

ตารางที่ ก.2 ร้อยละการดูดซับน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอ

ชนิดของแผ่นผ้าไม่ทอ	ชั้นตัวอย่างที่	น้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ ก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ หลังแช่น้ำ (กรัม)	ร้อยละการดูดซับน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอ
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 80 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 20	1	0.1033	0.2379	130.3001
	2	0.1354	0.3551	162.2600
	3	0.1107	0.2785	151.5808
	Mean	0.1165	0.2905	148.0470
	SD.	0.0168	0.0595	16.2704
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 90 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10	1	0.1110	0.3720	235.1351
	2	0.1007	0.3366	234.2602
	3	0.1132	0.2968	162.1908
	Mean	0.1083	0.3351	210.5287
	SD.	0.0067	0.0376	41.8641

ตารางที่ ก.3 ร้อยละการดูดซับน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอ

ชนิดของแผ่นผ้าไม่ทอ	ชั้นตัวอย่างที่	ความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอ ก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)	ความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอ หลังแช่น้ำ (มิลลิเมตร)	ร้อยละการพองตัวของแผ่นผ้าไม่ทอ
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 80 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 20	1	2.10	2.20	4.76
	2	2.10	2.20	4.76
	3	2.10	2.20	4.76
	Mean	2.10	2.20	4.76
	SD.	0.00	0.00	0.00
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 90 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10	1	3.90	4.20	7.69
	2	3.80	4.00	5.26
	3	3.90	4.20	7.69
	Mean	3.87	4.13	6.88
	SD.	0.06	0.12	1.40

ตารางที่ ก.4 น้ำหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ

ชนิดของแผ่น ผ้าไม่ทอ	ลักษณะชั้นทดสอบ	ชั้น ตัวอย่าง ที่	น้ำหนัก ของแผ่น ผ้าไม่ทอ (กรัม)	น้ำหนัก ของแผ่น ผ้าไม่ทอ (กรัมต่อ ตาราง เมตร)	น้ำหนัก ของแผ่น ผ้าไม่ทอ (ออนซ์ต่อ ตาราง หลา)
เส้นใยผลตาล สุกร้อยละ 80 เส้นใยพอลิ โพรพิลีน ร้อยละ 20		1	6.0614	606.1400	17.8697
		2	5.7133	571.3300	16.8435
		3	6.2849	628.4900	18.5286
		Mean	6.0199	601.9867	17.7472
		SD.	0.2881	28.8055	0.8492
เส้นใยผลตาล สุกร้อยละ 90 เส้นใยพอลิ โพรพิลีน ร้อยละ 10		1	4.0856	408.5600	12.0448
		2	4.4421	444.2100	13.0958
		3	4.5394	453.9400	13.3827
		Mean	4.3557	435.5700	12.8411
		SD.	0.2389	23.8919	0.7044

ตารางที่ ก.5 ความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอ

ชนิดของแผ่นผ้าไม่ทอ	ชั้นตัวอย่างที่	ความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอ (มิลลิเมตร)	ความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอ (เซนติเมตร)
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 80 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 20	1	2.10	0.21
	2	2.10	0.21
	3	2.10	0.21
	Mean	2.10	0.21
	SD.	0.00	0.00
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 90 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10	1	3.60	0.36
	2	3.90	0.39
	3	3.70	0.37
	Mean	3.73	0.37
	SD.	0.15	0.02

ตารางที่ ก.6 ผลการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก ณ จุดสูงสุด ตามแนวขนานเครื่องจักร

ชนิดของ แผ่นผ้าไม่ทอ	ชั้น ตัวอย่าง ที่	ตามแนวขนานเครื่องจักร			
		การยืดตัว ณ จุดสูงสุด (มิลลิเมตร)	แรงดึง ณ จุดสูงสุด (นิวตัน)	ความเครียด ณ จุดสูงสุด (ร้อยละ)	ความเค้น ณ จุดสูงสุด (นิวตันต่อ ตาราง มิลลิเมตร)
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 80 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 20	1	21.892	766.100	23.044	38.305
	2	22.566	697.100	23.754	34.855
	3	21.922	652.200	23.076	32.610
	Mean	22.127	705.133	23.291	35.257
	SD.	0.381	57.373	0.401	2.869
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 90 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10	1	44.647	62.840	46.997	3.142
	2	41.130	58.630	43.295	2.932
	3	36.150	54.380	38.053	2.719
	Mean	40.642	58.617	42.782	2.931
	SD.	4.269	4.230	4.494	0.212

ตารางที่ ก.7 ผลการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก ณ จุดสูงสุด ตามแนวขวางเครื่องจักร

ชนิดของ แผ่นผ้าไม่ทอ	ชั้น ตัวอย่าง ที่	ตามแนวขวางเครื่องจักร			
		การยืดตัว ณ จุดสูงสุด (มิลลิเมตร)	แรงดึง ณ จุดสูงสุด (นิวตัน)	ความเครียด ณ จุดสูงสุด (ร้อยละ)	ความเค้น ณ จุดสูงสุด (นิวตันต่อ ตาราง มิลลิเมตร)
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 80 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 20	1	13.117	845.200	13.807	42.260
	2	12.855	646.200	13.532	32.310
	3	14.931	538.900	15.717	26.945
	Mean	13.634	676.767	14.352	33.838
	SD.	1.131	155.421	1.190	7.771
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 90 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10	1	20.965	85.040	22.068	4.252
	2	23.103	94.830	24.319	4.742
	3	25.119	97.970	26.441	4.899
	Mean	23.062	92.613	24.276	4.631
	SD.	2.077	6.744	2.187	0.337

ตารางที่ ก.8 ผลการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก ณ จุดขาด
ตามแนวขนานเครื่องจักร

ชนิดของ แผ่นผ้าไม่ทอ	ชั้น ตัวอย่าง ที่	ตามแนวขนานเครื่องจักร			
		การยืดตัว ณ จุดสูงสุด (มิลลิเมตร)	แรงดึง ณ จุดสูงสุด (นิวตัน)	ความเครียด ณ จุดสูงสุด (ร้อยละ)	ความเค้น ณ จุดสูงสุด (นิวตันต่อ ตาราง มิลลิเมตร)
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 80 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 20	1	26.842	488.660	28.255	24.433
	2	25.878	454.620	27.240	22.731
	3	29.640	481.690	31.200	24.085
	Mean	27.453	474.990	28.898	23.750
	SD.	1.954	17.982	2.057	0.899
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 90 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10	1	113.830	-0.670	119.821	-0.034
	2	102.148	-1.090	107.524	-0.055
	3	110.393	-0.130	116.203	-0.006
	Mean	108.790	-0.630	114.516	-0.032
	SD.	6.004	0.481	6.320	0.025

ตารางที่ ก.9 ผลการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก ณ จุดขาด
ตามแนวขวางเครื่องจักร

ชนิดของ แผ่นผ้าไม่ทอ	ชั้น ตัวอย่าง ที่	ตามแนวขวางเครื่องจักร			
		การยืดตัว ณ จุดสูงสุด (มิลลิเมตร)	แรงดึง ณ จุดสูงสุด (นิวตัน)	ความเครียด ณ จุดสูงสุด (ร้อยละ)	ความเค้น ณ จุดสูงสุด (นิวตันต่อ ตาราง มิลลิเมตร)
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 80 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 20	1	22.796	464.900	23.245	23.245
	2	30.230	476.240	31.821	23.812
	3	21.573	466.090	22.708	23.304
	Mean	24.866	469.077	25.925	23.454
	SD.	4.685	6.232	5.113	0.312
เส้นใยผลตาลสุก ร้อยละ 90 เส้นใยพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 10	1	64.848	0.230	68.261	0.012
	2	69.204	0.560	72.846	0.028
	3	62.932	0.790	66.244	0.040
	Mean	65.661	0.527	69.117	0.027
	SD.	3.214	0.281	3.383	0.014

การนำเสนอผลงาน

การเตรียมผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก

The preparation of nonwoven fabric made of borassus fruit fiber

ธีระพงษ์ ฐานะ.งานประชุมวิชาการระดับนานาชาติเชิงสร้างสรรค์ ราชชมงคลกรุงเทพวิชาการ 2563. 6-7 สิงหาคม 2563. แกรนด์แปซิฟิก ซอฟเฟอร์ริน รีสอร์ททแอนด์สปา ชะอำ จ.เพชรบุรี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ; กรุงเทพฯ: หน้า 133-139.



การเตรียมผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุก

The preparation of nonwoven fabric made of borassus fruit fiber

ว่าที่ร้อยตรีธีระพงษ์ ฐานะ^{1*}, ว่าที่พันตรี ดร. สมชาย อุคร², ดร. เกษม มาะรุ่งวิทย์³
Teerapong Tana^{1*}, Somchai Udorn², Kasem Manarungvit³

¹นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
²อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
³อาจารย์ประจำสาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์สิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
*Corresponding author: Tel: 0617729066, E-mail: aut676@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อทดลอง โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของ เส้นใยผลตาลสุกผสมกับเส้นใยโพลีโพรพิลีน ที่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพของผ้าไม่ทอ สองอัตราส่วน คือ เส้นใยผลตาลสุกต่อเส้นใยโพลีโพรพิลีนที่อัตราส่วน 80:20 และ 90:10 กระบวนการขึ้นรูปผ้าไม่ทอเริ่มด้วยขั้นตอนการผสมเส้นใย การสางเส้นใย การยัดแผ่นเส้นใยด้วยเข็มปัก และการหลอมทอโพรพิลีนโดยใช้ลมร้อน ผลการทดลองพบว่าผ้าไม่ทอที่เหมาะสมในการทำเลิศกัณฑ์ คือใช้เส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ผสมกับเส้นใยโพลีโพรพิลีนร้อยละ 20 ผลการทดลองพบว่า ผ้าไม่ทอที่ผลิตได้มีความหนาเฉลี่ย 2.10 มิลลิเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 602 กรัมต่อตารางเมตร ลักษณะเป็นแผ่นแบนราบที่มีความแข็งและคงรูป มีความยืดหยุ่นต่ำ และมีอนำผ้าไม่ทอดังกล่าวไปตกแต่งด้วยสารกันน้ำและสารป้องกันแบคทีเรีย พบว่าผ้าไม่ทอมีสมบัติการกันน้ำ และสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดี
คำสำคัญ: ผ้าไม่ทอ เส้นใยผลตาลสุก เส้นใยโพลีโพรพิลีน

ABSTRACT

The objective of this research was to study some appropriate ratios of borassus fruit fibers mixed with polypropylene fibers that affect the physical of nonwoven sheet from borassus fruit fibers mixed with polypropylene fibers two ratios at a percentage 80:20 and 90:10 in forming process a nonwoven sheet with mixing fibers, carding fibers, needle punching, and thermal bonding using hot air. The results showed that the optimum nonwoven sheet for making the new products was used borassus fruit fibers 80 percent mixed with polypropylene fibers 20 percent. The consequence indicated that a nonwoven sheet has bulkiness is 2.10 millimeters and mean weight is 602 grams to square meter. A flat sheet is hard and low flexibility. The nonwoven sheet after decorating by waterproof and antibacterial substance, the effect displayed that the nonwoven sheet has waterproof qualification and good bacteriostatic effect.

Keyword: nonwoven, borassus fruit fibers, polypropylene fiber



1. บทนำ

ปัจจุบันในประเทศไทยมีต้นตาลโตนด จำนวนมาก เนื้อที่ปลูกทั้งหมด 10,417 ไร่ ผลผลิตต่อปี 4,469 ตัน พื้นที่ปลูกทั้งหมด 7 จังหวัด [1] ซึ่งส่วนต่าง ๆ ของต้นตาลโตนดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบ แต่ในส่วนของผลแก่นอกจากนำมาผ่านเปลือก เพื่อนำเปลือกที่เป็นเส้นใยสีเหลืองคั้นเอาน้ำสำหรับทำขนมแล้ว ส่วนของเส้นใยนำมาใช้เป็นฝอยล้างจาน หรือนำมาเป็นฝอยขัดตัว [2] ส่วนที่เปลือกก็จะนำไปทิ้งทำให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ซึ่งมีผลตาลสุกอีกเป็นจำนวนมากที่ตกอยู่ตามพื้นที่สวนสาธารณะ และตามแหล่งท่องเที่ยว ไม่ได้นำผลของตาลสุกนั้นมาใช้ประโยชน์ ทำให้เกิดผลกระทบอื่น ๆ เกิดขึ้นตามมาอีกมากมาย ถึงแม้จะมีการเก็บผลตาลสุกบางส่วนไปทำประโยชน์แล้วก็ตาม [3] - [5] รัตน์พล มงคลรัตนาลิทธิ์ อาจารย์และนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครและคณะฯ ได้เล็งเห็นถึงปัญหาที่ จึงผลิตเครื่องมือต้นแบบสำหรับแยกเส้นใยตาล และเครื่องมือต้นแบบทำความสะอาดเส้นใยตาล จากงานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เส้นใยจากผลตาล สำหรับสิ่งทอเทคนิค โดยผลิตเครื่องมือที่พัฒนาสำหรับแยกเส้นใยจากลูกตาลและทำความสะอาดเส้นใยตาล โดยได้เส้นใยตาลออกมาในปริมาณที่มาก แล้วมีผู้นำเส้นใยที่ได้ไปต่อยอดทำเส้นใยปั่นเข้ากลีเยวรวมกับเส้นใยชนิดอื่น และได้ออกมาเป็นเส้นด้ายสำหรับทำผลิตภัณฑ์ และมีการนำเส้นใยตาลไปทำเป็นผ้าไม่ทอ (Nonwovens) ผสมกับเส้นใยชนิดอื่น ๆ เนื่องจากเส้นใยตาลที่มีความหยาบและแข็ง จากที่กล่าวมานั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำเส้นใยตาลนี้มาต่อยอดทำเป็นผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเป็นการนำเส้นใยผลตาลสุกจากงานวิจัยของ รัตน์พล มงคลรัตนาลิทธิ์และคณะฯ เรื่องการประยุกต์ใช้เส้นใยจากผลตาลสำหรับสิ่งทอเทคนิค มาต่อยอด โดยการนำเส้นใยจากผลลูกตาลสุกสำเร็จรูปมาทำการขึ้นรูปเป็นผ้าไม่ทอโดยใช้กระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมสิ่งทอ และศึกษามบัตินของผ้าไม่ทอที่ผลิตได้ เพื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ต่อไป เช่น การทำรองเท้าสำหรับสุภาพบุรุษและสตรี

2. วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

2.1.1 เส้นใยจากผลตาลสุก ได้รับความอนุเคราะห์จากผลงานวิจัยของ รัตน์พล มงคลรัตนาลิทธิ์ และคณะฯ จากผลงานวิจัยเรื่อง “การประยุกต์ใช้เส้นใยจากผลตาลสำหรับสิ่งทอเทคนิค” ซึ่งเส้นใยดังกล่าวมีวิธีการเตรียมตามหัวข้อ 2.2.1

2.1.2 เส้นใยทอโพรพิลีน อุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ในการขึ้นรูปให้เส้นใยจากผลตาลสุกเป็นแผ่นผ้าไม่ทอ เช่น เครื่องผสมเส้นใย (Blending Machine), เครื่องสางใย (Carding Machine), เครื่องโรยแผ่นเส้นใยชนิด Cross Laid (Cross Laid Machine) และ เครื่องยึดแผ่นผ้าไม่ทอชนิดเข็มปัก (Needle Punching Machine) ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท ไทย นอนวูฟเวน จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ ณ เลขที่ 111 ม. 2 ต. ห้วยโรง อ. เขาย้อย จ. หนองบัวลำภู

2.1.3 สารสะท้อนน้ำประเภทฟลูออโรคาร์บอน (STARGUARD FCS) และสารต้านทานเชื้อแบคทีเรียประเภทซิงค์นาโนออกไซด์ (Zinc Nano Oxide) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท สตาร์เทค เคมีคอล อินดัสทรี จำกัด

2.2 วิธีการศึกษา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเส้นใยผลตาลสุกมาขึ้นรูปเป็นผ้าไม่ทอพบว่า ผ้าไม่ทอที่ขึ้นรูปจากเส้นใยผลตาลสุกเพียงชนิดเดียว ไม่สามารถนำมาขึ้นรูปเป็นผ้าไม่ทอได้ เนื่องจากเส้นใยจากผลตาลสุกมีความแข็ง หยาบ และแตกหักง่าย ทำให้เส้นใยไม่สามารถยึดเกาะกันเป็นแผ่นได้ด้วยตัวเอง คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะผสมเส้นใยโพรพิลีนลงไปเพื่อเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะของเส้นใยผลตาลสุกให้เพิ่มมากขึ้น โดยกำหนดอัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใย ผลตาลสุกกับเส้นใย โพรพิลีน เพื่อศึกษามบัตินของผ้าไม่ทอที่ได้ เป็น 2 อัตราส่วน ได้แก่ เส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ผสมกับเส้นใย โพรพิลีนร้อยละ 20 และเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 ผสมกับเส้นใยโพรพิลีนร้อยละ 10 จากนั้นจึงนำผ้าไม่ทอที่ได้มาทำการวิเคราะห์ ทดสอบและทดสอบสมบัติต่อไป



221 การเตรียมเส้นใยตาลจากผลตาลสุก

เส้นใยตาลจากผลตาลสุก [3] ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นเส้นใยที่ได้มาจากกระบวนการแยกแยะตาลออกจากผลของลูกตาลสุกของชาวบ้านในจังหวัดเพชรบุรี โดยชาวบ้านจะทำการยี้ลูกตาลสุกและแยกส่วนที่เป็นแป้งตาลออกไปใช้ประโยชน์ ขณะที่เส้นใยที่ติดอยู่กับฝักการจะถูกทิ้งไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการนำเอาวัสดุเหลือทิ้งมาทำประโยชน์ โดยเส้นใยดังกล่าวจะถูกนำมาผ่านกระบวนการลอกแป้งด้วยเอนไซม์เข้มข้น 0.5 % การกำจัดสิ่งสกปรกด้วยไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้น 2 % และการฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 3 % หลังจากนั้นล้างทำความสะอาดแล้วนำไปตากแห้งเพื่อรอกนำมาใช้ในรูปแบบต่อไป

222 กระบวนการขึ้นรูปแผ่นผ้าไม่ทอ

เริ่มต้นด้วยการผสมเส้นใยผลตาลสุกกับเส้นใยพอลิโพรพิลีนให้เข้ากันตามอัตราส่วนที่กำหนดข้างต้นในเครื่องผสมเส้นใย ดังรูปที่ 1 จากนั้นนำเส้นใยที่ผสมเข้ากันดีแล้วป้อนเข้าสู่เครื่องสานเส้นใย ดังรูปที่ 2 เพื่อทำการสานเส้นใยให้จัดเรียงตัวขนานกันตามความยาวของเส้นใยและแผ่เป็นแผ่นเรียบสม่ำเสมอ หลังจากนั้นทำการโรยแผ่นเส้นใยจากเครื่องสานใยที่รวมตัวกันอย่างหลวม ๆ ลงบนวัสดุรองรับเพื่อทำให้เป็นแผ่นด้วยเครื่องโรยแผ่นเส้นใยชนิด cross laid ดังรูปที่ 3 ลำดับต่อไป เป็นการทำให้แผ่นเส้นใยเกิดการยึดติดกันโดยวิธีการปักเพื่อให้เกิดเกาะเกี่ยวกันระหว่างเส้นใยกับเส้นใยด้วยเครื่อง (Needle Punching Machine) ดังรูปที่ 4 ซึ่งในขั้นตอนนี้แผ่นเส้นใยจะถูกส่งเข้าไประหว่างแผ่นโลหะเจาะรู 2 แผ่น โดยมี Needle Board ทำหน้าที่เคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งเป็นผลให้เกิดการเจาะของเข็มลงบนแผ่นเส้นใยตามจำนวนเข็มที่ต้องการ เข็มทำหน้าที่ให้เส้นใยยึดติดกัน เข็มจะแทงทะลุลงไปบนแผ่นเส้นใยและนำเส้นใยให้ยึดกันเป็นผืนผ้า เข็มที่ใช้มีลักษณะตรงเหมือนเข็มเย็บขนาดใหญ่ ตอนส่วนปลายที่จะแทงลงไปบนแผ่นเส้นใยมีเงี่ยงเหมือนเบ็ดตกปลาอันสั้น ๆ ติดเป็นระยะเวลาดึงลงบนแผ่นเส้นใยเข็มจะพาเอาเส้นใยติดตามลึกลงไปบนแผ่นเส้นใย แต่พอดึงเข็มขึ้นมาเส้นใยจะหลุดอยู่ในสภาพแนวตั้งและรังเส้นใยในแผ่นให้ติดกัน การใช้เข็มทำให้เส้นใยยึดติดกันเนื้อผ้าจะแน่นขึ้น ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของเข็มที่เรียงตัวอยู่ในแผ่นบอร์ดจะทะลุผ่านรูบนแผ่นโลหะและจะผ่านทะลุแผ่นเส้นใยลงสู่แผ่นรองรับเข็ม จึงทำให้ยึดเกี่ยวกันออกมาเป็นแผ่นผ้าไม่ทอและกระบวนการสุดท้ายของการขึ้นรูปผ้าไม่ทอในครั้งนี้คือการทำให้เส้นใย

พอลิโพรพิลีนหลอมตัวยึดเกาะกับเส้นใยผลตาลสุกด้วยวิธีใช้ลมร้อนเป่า เนื่องจากเราผสมเส้นใยพอลิโพรพิลีนเข้าไปเพื่อช่วยให้เส้นใยผลตาลสุกเกิดการยึดเกาะและคงรูปมากยิ่งขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 180-190 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 นาที ทำให้เส้นใยพอลิโพรพิลีนหลอมตัวและยึดติดกับเส้นใยผลตาลสุกที่ใช้เป็นส่วนผสมหลัก และในขั้นตอนนี้จะทำหลังจากผ้าไม่ทอผ่านออกมาจากเครื่อง Needle Punching แล้ว



รูปที่ 1 เครื่องผสมเส้นใย (Blending Machine)



รูปที่ 2 เครื่องสานเส้นใย (Carding Machine)



รูปที่ 3 เครื่องโรยแผ่นเส้นใยชนิด Cross Laid (Cross Laid Machine)



รูปที่ 4 เครื่องยึดแผ่นผ้าไม่ทอชนิดเข็มปัก (Needle Punching Machine)



2.23 การตกแต่งสำเร็จผ้าไม่ทอ

เป็นการนำผ้าไม่ทอที่ผ่านการขึ้นรูปและประเมินว่ามีสมบัติเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้มาทำการตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำและสารต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ด้วยกระบวนการจุ่มอัด (Padding) โดยเริ่มต้นด้วยการเตรียมสารละลายสำหรับการจุ่มอัด ซึ่งประกอบด้วยสารสะท้อนน้ำจำนวน 200 กรัมต่อลิตรและสารต้านทานเชื้อแบคทีเรียจำนวน 50 กรัมต่อลิตร กวนให้เข้ากันแล้วนำผ้าไม่ทอจุ่มลงในสารละลายดังกล่าว 30 วินาที จากนั้นนำผ้าไม่ทอเข้าเครื่องบีบอัด (Padder) ด้วย 9% ปิกอัพเท่ากับ 80 ตามรูปที่ 5 ต่อจากนั้นนำผ้าไม่ทอผ่านการจุ่มอัดแล้วไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และนำไปทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันต่อที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที โดยในขั้นตอนการทำแห้งและขั้นตอนการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะทำงานในเครื่องมินิสเตนเตอร์ (Mini-Stenter Machine) ตามรูปที่ 6



รูปที่ 5 เครื่องเพดเดอร์



รูปที่ 6 เครื่องมินิสเตนเตอร์

2.24 การวิเคราะห์และทดสอบสมบัติทางกายภาพ

2.2.4.1 การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาโดยการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope – SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-IT300 กำลังขยาย 50 เท่า เพื่อดูสัณฐานภายนอกของแผ่นผ้าไม่ทอที่ผลิตได้ทั้ง 2 อัตราส่วน

2.2.4.2 การทดสอบหาหน้าหนักของแผ่นผ้าไม่ทอ ตามมาตรฐาน ISO 9073-1: 1989 (Textiles — Test methods for nonwovens — Part 1: Determination of mass per unit area)

2.2.4.3 การทดสอบหาความหนาของแผ่นผ้าไม่ทอ ตามมาตรฐาน ISO 9073-2: 1997 (Textiles — Test methods for nonwovens — Part 2: Determination of thickness)

2.2.4.4 การทดสอบหาความแข็งแรงของแผ่นผ้าไม่ทอ ตามมาตรฐาน ISO 9073-18: 2008 (Textiles — Test methods for nonwovens — Part 18: Determination of breaking strength and elongation of nonwoven materials using the grab tensile test) ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine) ยี่ห้อ Testometric รุ่น M350-5AT

2.2.5 การทดสอบสมบัติการดูดซับน้ำของแผ่นผ้าไม่ทอ ดัดแปลงการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.321-2530

2.2.6 การทดสอบสมบัติการต้านทานแบคทีเรีย ตามมาตรฐาน ISO 147

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

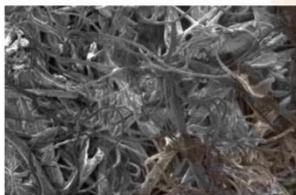
3.1 ผลการขึ้นรูปเป็นแผ่นผ้าไม่ทอและการวิเคราะห์สัณฐานลักษณะภายนอกของผ้าไม่ทอทั้ง 2 อัตราส่วนที่ผลิตได้ เป็นไปตามรูปที่ 7 และ 8 และเมื่อนำไปวิเคราะห์สัณฐานวิทยาโดยการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 50 เท่า เป็นไปตามรูปที่ 9 และ 10



รูปที่ 7 ลักษณะผ้าไม่ทออัตราส่วน 80:20



รูปที่ 8 ลักษณะผ้าไม่ทออัตราส่วน 90:10



รูปที่ 9 ภาพ SEM ผ้าไม่ทออัตราส่วน 80:20



รูปที่ 10 ภาพ SEM ผ้าไม่ทออัตราส่วน 90:10

โดยลักษณะของผ้าไม่ทอที่เกิดจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ผสมเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 มีลักษณะเป็นแผ่นแข็ง คงรูป เนื้อเส้นใยอัดแน่นติดกัน ช่องว่างภายในเส้นใยน้อย มีความยืดหยุ่นต่ำ จับบิดงอได้ปานกลาง และมีเส้นใยส่วนที่ไม่เกิดการยึดเกาะหลุดออกมาเล็กน้อย ขณะที่ผ้าไม่ทอที่เกิดจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 ผสมเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 10 มีลักษณะเป็นแผ่นฟู เนื้อเส้นใยเกาะเกี่ยวกันอย่างหลวม ๆ ไม่แข็งและไม่คงรูป มีช่องว่างภายในโครงสร้างผ้าห่าง จับบิดงอได้ง่าย และมีเส้นใยส่วนที่ไม่เกิดการยึดเกาะหลุดออกมาจากพื้นผ้าเป็นจำนวนมาก ไม่เหมาะจะนำไปใช้งาน คณะผู้วิจัยจึงเลือกผ้าไม่ทอที่เกิดจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ผสมเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 มาทำการตกแต่งสำเร็จด้วยสารสะท้อนน้ำและสารป้องกันแบคทีเรียเพื่อทดสอบสมบัติต่อไป

3.2 ผลการทดสอบหาค่าน้ำหนัก, ความหนาและความแข็งแรงของผ้าไม่ทอ

ผลการทดสอบพบว่าผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ผสมกับเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 มีความหนาเฉลี่ยที่ 2.10 มิลลิเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 602 กรัมต่อตารางเมตร มีค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดที่ 475 นิวตัน ระยะการยืดตัว ณ จุดขาดอยู่ที่ 27.5 มิลลิเมตร ขณะที่ผ้าไม่ทอที่เกิดจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 ผสมกับเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 10 มีความหนาเฉลี่ยที่ 3.73 มิลลิเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 436 กรัมต่อตารางเมตร มีค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดที่ 0.63 นิวตัน ระยะการยืดตัว ณ จุดขาดอยู่ที่ 108.8 มิลลิเมตร ซึ่งผลการทดสอบทำให้ประเมินได้ว่าผ้าไม่ทอที่เกิดจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 90 ผสมกับเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 10 ไม่มีความแข็งแรงพอที่จะนำมาใช้งานได้ ๆ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเลือกผ้าไม่ทอที่เกิดจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ผสมกับเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 มาทำการตกแต่งสมบัติการสะท้อนน้ำและการป้องกันแบคทีเรียต่อไป

3.3 ผลการทดสอบการตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำและสารป้องกันแบคทีเรีย

การทดสอบการตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำและสารป้องกันแบคทีเรียทำเฉพาะผ้าไม่ทอที่เกิดจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ผสมกับเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 เท่านั้น



3.3.1 ผลการทดสอบการสะท้อนน้ำ

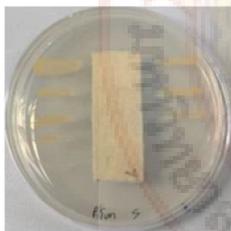
จากผลการทดสอบพบว่าผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกหรือร้อยละ 80 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 ในการสะท้อนน้ำด้วยมาตรฐาน STANDARD SPARY TEST RATINGS ได้ผลการสะท้อนน้ำอยู่ที่ 100 (ISO 5) ซึ่งสามารถสะท้อนน้ำได้ 100% ดังรูปที่ 11 ซึ่งจากผลการทดสอบทำให้ประเมินได้ว่าผ้าไม่ทอที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำแล้วมีสมบัติเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานกับงานที่ต้องการสมบัติการสะท้อนน้ำได้ดี



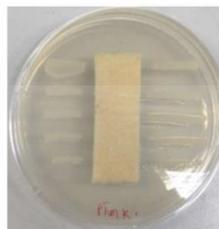
รูปที่ 11 ภาพการสะท้อนน้ำของผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกร้อยละ 80 ต่อเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20

3.3.2 ผลการทดสอบการป้องกันแบคทีเรีย

ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียพบว่าเชื้อแบคทีเรีย สตาฟีโลคอคคัส ออเรียส ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก และเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ คือ เคล็บซีเอลลา นิวโมเนีย ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ผ่านผ้าไม่ทอที่ทดสอบได้ และเชื้อทั้ง 2 ชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตใกล้แผ่นผ้าไม่ทอที่ระยะ 10 มิลลิเมตร ได้ดังรูปที่ 12 และ 13



รูปที่ 12 ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย สตาฟีโลคอคคัสออเรียส



รูปที่ 13 ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย เคล็บซีเอลลา นิวโมเนีย

4. สรุปผลการวิจัย

สามารถนำเส้นใยจากผลตาลสุกมาผสมกับเส้นใยสังเคราะห์ คือ เส้นใยพอลิโพรพิลีนแล้วขึ้นรูปเป็นผ้าไม่ทอด้วยกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอในรูปแบบอุตสาหกรรมได้ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำเส้นใยจากผลตาลสุกมาขึ้นรูปเป็นผ้าไม่ทอเพื่อนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสมคือ ส่วนผสมของเส้นใยจากผลตาลสุกร้อยละ 80 และเส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 20 และเมื่อนำผ้าไม่ทอที่ได้ไปทำการตกแต่งสำเร็จ เช่น การตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำและสารป้องกันแบคทีเรีย พบว่าให้ผลการตกแต่งเป็นที่น่าพอใจ โดยผ้าไม่ทอที่ผ่านการตกแต่งแล้วสามารถนำไปสร้างสรรเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่น่าสนใจได้หลากหลาย เช่น ใช้เป็นส่วนประกอบของรองเท้า และกระเป๋า เป็นต้น ดังนั้นผ้าไม่ทอจากเส้นใยผลตาลสุกจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ดีให้แก่ผู้ที่กำลังแสวงหาวัสดุชนิดใหม่ ๆ ที่ได้จากวัสดุเหลือทิ้งตามธรรมชาติ เพื่อนำมาผลิตเป็นชิ้นงานที่ตอบสนองต่อกระแสความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ



6. อ้างอิง

- [1] กุหลาบ หมายสุชกลาง ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกรมส่งเสริมการเกษตร. (2560). [ออนไลน์]. ตาลโตนด [สืบค้นวันที่ 7 ตุลาคม 2562]. จาก <http://www.agriinfo.doe.go.th/year60/plant/tortor/perennia/tantanoode.pdf>.
- [2] พีชเกษตร.คอม. (30 พฤษภาคม 2558).[ออนไลน์]. ตาลโตนด (Palmyra Palm) ประโยชน์ และสรรพคุณตาลโตนด. [สืบค้นวันที่ 7 มกราคม 2562]จาก www.puechaset.com
- [3] รัตน์พล มงคลรัตนลัทธี ญัฐต๋นย์,รุ่งเรืองกิจไกร จรุงญู คล้ายจ้อย ,ศิริอร วณิชโชตยานนท์ กิตติศักดิ์ อริยะศรีอมน์ส แบ่งใส, ก้องเกียรติ มหาอินทร์,จิตติ พัทธวณิช ศรีณย์,จันทร์แก้ว เริงศักดิ์ มานะสุนทร, สาคร ชลสาคร,จันทร์เพ็ญ ชุมแสง,นัฐยา พรรณรัตน์ศิลป์,พิทักษ์ อุปัญญา (2557). การประยุกต์ใช้เส้นใยจากผลลูกตาลเพื่อผลิตแผ่นกันความร้อน ตอนที่ 1: สมบัติเชิงกายภาพและเชิงเคมีของเส้นใยจากผลลูกตาลสุก. วารสารคัลเลอร์เวย์. ปีที่ 20. ฉบับที่ 115. หน้า 23-26.
- [4] รัตน์พล มงคลรัตนลัทธี ญัฐต๋นย์,รุ่งเรืองกิจไกร จรุงญู คล้ายจ้อย ,ศิริอร วณิชโชตยานนท์ กิตติศักดิ์ อริยะศรีอมน์ส แบ่งใส, ก้องเกียรติ มหาอินทร์,จิตติ พัทธวณิช ศรีณย์,จันทร์แก้ว เริงศักดิ์ มานะสุนทร, สาคร ชลสาคร,จันทร์เพ็ญ ชุมแสง,นัฐยา พรรณรัตน์ศิลป์,พิทักษ์ อุปัญญา (2557). การประยุกต์ใช้เส้นใยจากผลลูกตาลเพื่อผลิตแผ่นกันความร้อน ตอนที่ 2: สมบัติของแผ่นกันความร้อนจากผ้าไม่ทอ (Nonwoven) ที่ผลิตจากเส้นใยผลลูกตาลสุกผสมเส้นใยพอลิเอสเตอร์. วารสารคัลเลอร์เวย์. ปีที่ 20. ฉบับที่ 116. หน้า 17-20.
- [5] รัตน์พล มงคลรัตนลัทธี ญัฐต๋นย์,รุ่งเรืองกิจไกร จรุงญู คล้ายจ้อย ,ศิริอร วณิชโชตยานนท์ กิตติศักดิ์ อริยะศรีอมน์ส แบ่งใส, ก้องเกียรติ มหาอินทร์,จิตติ พัทธวณิช ศรีณย์,จันทร์แก้ว เริงศักดิ์ มานะสุนทร, สาคร ชลสาคร,จันทร์เพ็ญ ชุมแสง,นัฐยา พรรณรัตน์ศิลป์,พิทักษ์ อุปัญญา (2557). การประยุกต์ใช้เส้นใยจากผลลูกตาลเพื่อผลิตแผ่นกันความร้อน ตอนที่ 3: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบแผ่นกันความร้อนจากผ้าไม่ทอ (Nonwoven) ที่ผลิตจากเส้นใยผลลูกตาลสุกผสมเส้นใยพอลิเอสเตอร์. วารสารคัลเลอร์เวย์. ปีที่ 20. ฉบับที่ 117. หน้า 45-48.

CreTech²⁰²⁰

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

เกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า
ธีระพงษ์ ฐานะ, สมชาย อุดร และเกษม มานะรุ่งวิทย์

สำหรับบทความวิจัย เรื่อง

การเตรียมผ้าไม้ทอจากเส้นใยผลตาลสุก

ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ การประชุมวิชาการระดับชาติเทคโนโลยีเชิงสร้างสรรค์ ครั้งที่ ๔
ณ แกรนด์แปซิฟิก โซฟเฟอริน รีสอร์ทแอนด์สปา ซะอำ จังหวัดเพชรบุรี
วันที่ ๕ - ๗ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๓



นายสมพร ปิยะพันธ์

รักษาการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

CreTech²⁰²⁰

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

เกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า
ธีระพงษ์ ฐานะ, สมชาย อุดร และเกษม มานะรุ่งวิทย์

ได้รับรางวัลโปสเตอร์ดาวรุ่ง เรื่อง

การเตรียมผ้าไม้ทอจากเส้นใยผลตาลสุก

ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ การประชุมวิชาการระดับชาติเทคโนโลยีเชิงสร้างสรรค์ ครั้งที่ ๔
ณ แกรนด์แปซิฟิก โซฟเฟอริน รีสอร์ทแอนด์สปา ซะอำ จังหวัดเพชรบุรี
วันที่ ๕ - ๗ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๓



นายสมพร ปิยะพันธ์

รักษาการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ว่าที่ร้อยตรี ธีระพงษ์ ฐานะ
วัน เดือน ปีเกิด	21 พฤษภาคม 2532
ที่อยู่	9/8 หมู่ 3 ตำบล ทรงคนอง อำเภอ พระประแดง จังหวัด สมุทรปราการ 10130
ประวัติการศึกษา	2555 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาออกแบบแฟชั่นและสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ความชำนาญเฉพาะด้าน	1.) การออกแบบแฟชั่นและสิ่งทอ 2.) การออกแบบ LOGO 3.) การทอผ้า
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย	
พ.ศ.2555 - 2559	ตำแหน่ง นักออกแบบ
พ.ศ.2559 -2561	นักวิชาการศึกษา
พ.ศ.2561 – ปัจจุบัน	นักวิชาการศึกษาปฏิบัติการ

