การพัฒนาเครื่องปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยดาหลาส่วนลำต้น

Development of Machine of Improving Fineness of Dala Fiber from Stalk

สุธา ลอยเดือนฉาย (Sutha Loidueanchai)* ดร.กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล (Dr.Kantima Chaochanchaikul)**
ดร.แววบุญ แย้มแสงสังข์ (Dr.Weawboon Yamsaengsung) ***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรปรับปรุงความละเอียดเส้นใย โดยเปรียบเทียบกับวิธีทางเคมี โดยศึกษาเส้นใยจากต้นดาหลา ซึ่งเป็นพืชพื้นถิ่นที่พบได้ทางภาคใต้ของประเทศไทย เครื่องจักรประกอบด้วยชุดลูกกลิ้งพาเส้นใย และชุดลูกกลิ้งบีบอัดเส้นใย ซึ่งขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟกำลังไฟ 745 วัตต์ เส้นใยที่ได้นำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ขนาดเส้นใย สมบัติเชิงกล และสมบัติทางสัญฐานวิทยา ผลการทดลองพบว่าเส้นใยที่ได้จากเครื่องจักรมีขนาดเล็กกว่าเส้นใยที่ได้จากวิธีเคมี เมื่อทำการประเมินความพึงพอใจพบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความพึงใจต่อเครื่องจักรร้อยละ 97 เครื่องจักรปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยมีความเร็วในการผลิตมากกว่าวิธีเคมี 400 เท่า

ABSTRACT

The purpose of this study was to design and development the fiber fineness improvement machine and compared with chemical method. Dala *(Etlingera elatior)* a local plant in Southern Thailand, was used in this experiment. Two main components of the machine were fiber delivery rollers and fiber compression rollers driven by a 745 watt electric motor. Fibers were characterized for their chemical composition, fibers size, mechanical properties and morphological properties. It was found that the fibers obtained from the fiber fineness improvement machine had smaller size when compared with chemical method. The fiber fineness improvement machine were most satisfied by the expert at 97 %. The machine capacity was 400 times faster than chemical method.

คำสำคัญ: เครื่องปรับปรุงเส้นใย ดาหลา สิ่งทอ

Keywords: Fiber Machine, Dala, Textile

*นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

***อาจารย์ แขนงเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บทนำ

การตื่นตัวของสังคมด้านสิ่งแวดล้อม ทำให้ธุรกิจและองค์กรต่างๆ ตระหนักและให้ความสนใจ รวมถึงภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งจำเป็นต้องค้นคว้าวิจัย เพื่อสร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยีในกระบวนการผลิตสิ่งทอให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเส้นใยดาหลาบ้านนาโอน จังหวัดนราธิวาส เป็นผู้ผลิตเส้นใยจากต้นดาหลา (*Etlingera elatior (Jack) R.M. Smith*) ที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยได้รับการส่งเสริมทางวิชาการจากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร อำเภอรือเสาะ จังหวัดนราธิวาส ใช้กระบวนการตีแยกเส้นใยดาหลาสดด้วยเครื่องแยกเส้นใยสำหรับพืช แล้วจึงปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยดาหลาด้วยวิธีทางเคมีใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 17-20 วัน ในการผลิตเป็นเส้นด้ายสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งใช้ระยะเวลานาน ใช้แรงงานจำนวนมาก และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งจากเคมีตกค้างในเส้นใยดาหลา และเคมีเหลือทิ้งจากกระบวนการแช่หมัก จากสภาพปัญหาดังกล่าวทางผู้วิจัยจึงได้เสนอโครงการ การปรับปรุงเส้นใยดาหลาโดยจะดำเนินการออกแบบพัฒนาและสร้างเครื่องจักรต้นแบบทดแทนวิธีเคมี เพื่อเป็นการแก้ปัญหาด้านระยะเวลาในการผลิต จำนวนแรงงาน และลดปัญหามลภาวะจากเคมีปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมให้กับกระบวนการผลิตเส้นใยดาหลาสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอต้นน้ำ

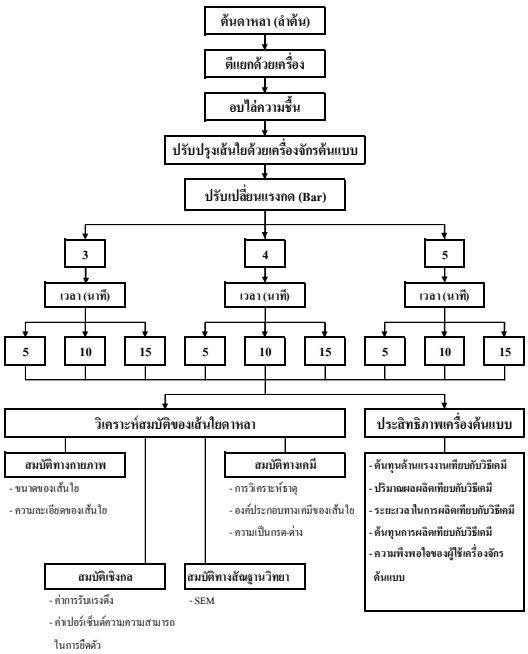
วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องจักรต้นแบบเพื่อปรับปรุงเส้นใยดาหลาจากส่วนลำต้น โดยวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบสมบัติเส้นใยดาหลาจากการปรับปรุงด้วยการใช้เครื่องจักรต้นแบบกับวิธีเคมี และเพื่อประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจในการใช้เครื่องจักรแทนการใช้สารเคมี

วิธีการวิจัย

วิธีการทดลอง

การออกแบบและพัฒนาเครื่องจักร เพื่อปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยดาหลา ดังแสดงในภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทดลอง

การเตรียมเส้นใยสดจากต้นดาหลา

วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเส้นใยดาหลาบ้านนาโอน จังหวัดนราธิวาส ดำเนินการเตรียมเส้นใยด้วยเครื่องตีแยกเส้นใยซึ่งเป็นวิธีเชิงกล โดยตัดต้นดาหลา แยกใบออกจากลำต้น ทุบ และผ่าลำต้นดาหลาออกเป็นส่วนๆ ตามแนวยาว เพื่อลดขนาดของลำต้น ใส่เข้าเครื่องตีแยกเส้นใย จะได้เส้นใยสดที่มีความยาว นำเส้นใยสดที่ได้มามัดเป็นวง และนำไปแขวนตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ โดยใช้ระยะเวลาตากเฉลี่ยประมาณ 2 วัน

การปรับปรุงเส้นใยดาหลาด้วยวิธีเคมี

วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเส้นใยดาหลาบ้านนาโอน ปรับปรุงเส้นใยด้วยการแช่หมักสารเคมีสกัด ซึ่งพัฒนาวิธีมาจากงานวิจัยการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับดาหลาในเชิงพาณิชย์ด้วยการสกัดเส้นใยจากลำต้นดาหลาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการทอผ้าในจังหวัดนราธิวาสของกรมวิชาการเกษตร (ดาริกา:2558) โดยจะนำเส้นใยที่ผ่านการตากแดดจนแห้งแล้ว มาเขย่า หรือฟาดเพื่อให้เศษเนื้อเยื่อต่างๆที่เกาะตามผนังของเส้นใยซึ่งแห้งแล้วหลุดออก เพื่อลดระยะเวลาในการแช่สารเคมี แล้วจึงนำเส้นใยใส่ในถังหมักขนาด 100 ลิตร ซึ่งบรรจุสารเคมีสูตรเฉพาะของทางวิสาหกิจชุมชนบ้านนาโอนจำนวน 60 ลิตร โดยเติมสารเคมีให้ท่วมเส้นใย ทำการหมักแช่เป็นเวลา 7, 15 และ 30 วันตามลำดับของการใช้ซ้ำของสารเคมี โดยใช้หมักซ้ำได้เพียง 3 ครั้ง เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด นำเส้นใยมาล้างทำความสะอาด จากนั้นนำเส้นใยมายีเพื่อให้เส้นใยแยกออกจากกันโดยใช้มือยีและจับแยกทีละเส้น เส้นใยที่ผ่านการแยกด้วยมือแล้วจะนำไปทำความสะอาดด้วยน้ำยาซักผ้าให้สะอาด แล้วจึงนำไปตากให้แห้ง เพื่อบรรจุถุงรอการส่งจำหน่ายต่อไป

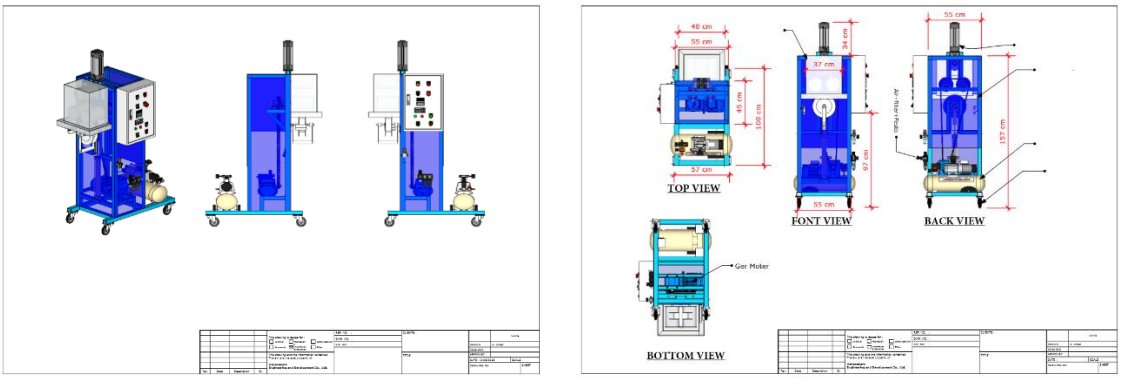
การออกแบบและสร้างเครื่องจักรในการปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยดาหลา

แนวคิดในการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบเบื้องต้น กำหนดให้สามารถบีบอัดเส้นใยได้ด้วยแรงกดจากกระบอกลมที่มีแรงกดขนาดต่างๆ กัน และสามารถปรับตั้งระยะเวลาในการทำงานของเครื่องจักรได้ จึงกำหนดชุดอุปกรณ์หลักๆ ประกอบด้วย

1) ขนาดเครื่องจักรต้นแบบ กำหนดขนาดโดยประมาณ ความกว้าง 55 เซนติเมตร ความยาว 100 เซนติเมตร และความสูง 180 เซนติเมตร โครงสร้างผลิตจากวัสดุเหล็กรูปพรรณ และเหล็กแผ่น และมีระยะความสูงของชุดลูกกลิ้ง 150 เซนติเมตรจากฐานเครื่องจักร เพื่อให้เหมาะสมกับคนทำงานซึ่งเป็นสุภาพสตรี

2) ชุดปรับปรุงเส้นใย เป็นชุดลูกกลิ้งชนิดสแตนเลสซึ่งต้องสัมผัสกับเส้นใย ทำหน้าที่ในการปรับปรุงเส้นใยจากแรงกดประกอบด้วย (1) อุปกรณ์ลูกกลิ้ง สำหรับพาเส้นใย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12 เซนติเมตร ยาวประมาณ 26 เซนติเมตร จำนวน 2 ลูก (2) อุปกรณ์ลูกกลิ้งกดอัดเส้นใย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร ยาวประมาณ 20 เซนติเมตรจำนวน 1 ลูก

3) ชุดส่งกำลัง ทำหน้าที่ส่งกำลังให้กับชุดปรับปรุงเส้นใย ประกอบด้วย (1) ชุดส่งกำลังกดอัด ใช้อุปกรณ์กระบอกลมขนาดพื้นที่ 125 ตารางเซนติเมตร ระยะเคลื่อนออกของแกนประมาณ 7 เซนติเมตร สำหรับส่งกำลังให้ลูกกลิ้งกดอัดเส้นใย โดยใช้แรงดันลมจากเครื่องปั๊มลม ผ่านชุดปรับแรงดันลม (2) ชุดปรับแรงดันลม สำหรับปรับแรงดันกระบอกลม โดยติดตั้งตัวกรองลมดักน้ำและปรับแรงดันลม (Regulator) ซึ่งสามารถปรับแรงดันตั้งแต่ 0 – 5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (3) ชุดส่งกำลังขับ สำหรับอุปกรณ์ลูกกลิ้งพาเส้นใย โดยใช้มอเตอร์กระแสสลับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ มีกำลังไฟฟ้า 745 วัตต์ ส่งกำลังผ่านชุดเกียร์อัตราทด 1:60 และโซ่ขับผ่านเฟืองของลูกกลิ้งพาเส้นใย แบบร่างของเครื่องจักรต้นแบบดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แบบร่างลักษณะของเครื่องจักรต้นแบบ

การทดสอบการปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยดาหลาด้วยเครื่องจักรต้นแบบ

นำเส้นใยที่เตรียมไว้ ใส่ลงในเครื่องจักรต้นแบบที่สร้างขึ้น โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างทดลองแบ่งเป็น 9 กลุ่มตัวอย่าง กำหนดแรงกดบีบเส้นใย โดยปรับตั้งแรงดันกระบอกลมที่ 3, 4, 5 Bar โดยในแต่ละแรงดันมีระยะเวลาในการบีบ 5, 10 และ 15 นาที ตามลำดับ ลักษณะการทำงานของเครื่องจักร ดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 การปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยด้วยเครื่องจักรต้นแบบ

การเก็บรวมรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บข้อมูลผลจากการทดลอง โดยเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงด้วยเครื่องจักรบีบอัดที่แรงกด 3, 4 และ 5 Bar ที่ระยะเวลา 5, 10 และ 15 นาที และเส้นใยที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงด้วยวิธีเคมีของวิสาหกิจชุมชนบ้านนาโอน นำเส้นใยไปวิเคราะห์ทดสอบทางห้องปฏิบัติการ โดยเครื่องมือดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์ขนาดเส้นใย วิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Micro Scope) ที่กำลังขยาย 1000 เท่า ร่วมกับโปรแกรม ImageJ เพื่อดูลักษณะของเส้นใย และวัดขนาดของเส้นใย

การทดสอบความละเอียดของเส้นใย วิเคราะห์ด้วยเครื่อง WIRA Cotton Fineness Meter การทดสอบเป็นการวัดการไหลผ่านของอากาศในกลุ่มเส้นใยตัวอย่างจำนวน 5 กลุ่มๆ 5 กรัม แสดงค่าเป็นไมโครแนร์ (Micronaire)

การทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย และการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยืดตัวของเส้นใย วิเคราะห์ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Strength Tester) รุ่น INSTRON 5569 ตามมาตรฐาน ASTM D3822 - 01 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers กำหนด Load cell ขนาด 10 N ความเร็วทดสอบ 30 mm/min ตัวอย่างเส้นใยติดบนกระดาษแข็งรูปตัวซี ระยะทดสอบเส้นใย 25 มิลลิเมตร โดยค่าการรับแรงดึงของเส้นใยที่ทำการวัดวิเคราะห์ มีหน่วยเป็นเซนตินิวตัน (cN) และค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยืดตัวมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

การวิเคราะห์ SEM-EDS วิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดแบบฟิลด์อิมิชชั่น (Field Emission Scanning Electron Microscope; FESEM) เชื่อมต่อกับระบบการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคการกระจายพลังงานรังสีเอ็กซ์ (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy: EDS) วิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของตัวอย่างโดยมีช่วงธาตุที่วิเคราะห์ได้ตั้งแต่ธาตุเบริลเลียม (Beryllium; Be) ถึงธาตุแคลิฟอร์เนียม (Californium; Cf)

การวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในเส้นใย การวิเคราะห์หาปริมาณโฮโลเซลลูโลส ตามวิธี acid chlorite ตามวิธีของ Browing (1963) วิเคราะห์หาปริมาณเซลลูโลสตามวิธี TAPPI (1999) วิเคราะห์หาปริมาณลิกนินตามวิธี TAPPI (2002) และการคำนวณหาปริมาณเฮมิเซลลูโลส (สาลินี:2559)

การศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใย ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดแบบฟิลด์อิมิชชั่น (Field Emission Scanning Electron Microscope; FESEM) รุ่น Nova™ NanoSEM 450 กำลังขยายสูงสุด 2,000,000 เท่า ที่ความดันสุญญากาศต่ำที่ 500 Pa ใช้การถ่ายภาพเพื่อตรวจวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิว ขนาด รูปร่างของอนุภาค และลักษณะการกระจายของเฟสในโครงสร้างจุลภาค โดยในการวิจัยนี้ ใช้ศักย์ไฟฟ้า 15 kV กำลังขยาย 100, 200 และ 500 เท่า

การสำรวจความพึงพอใจในการใช้เครื่องจักรต้นแบบ ทำการสำรวจโดยใช้แบบสอบถาม ด้วยเทคนิค IOC (Index of Item – Objective Congruence) เป็นเทคนิคในการแสดงความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ เป็นค่าที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามเป็นรายข้อ ช่วยให้ทราบได้ว่าเครื่องจักรต้นแบบมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และความต้องการของผู้ใช้งานมากน้อยเพียงใด

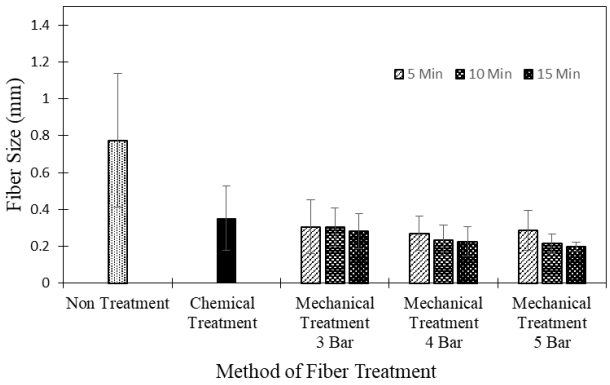
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องจักรต้นแบบกับวิธีเคมี เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องจักรต้นแบบและวิธีเคมี โดยประมาณการจากด้านต่างๆ ได้แก่ ระยะเวลาในการผลิต ต้นทุนด้านแรงงาน และต้นทุนการผลิต

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 สมบัติเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยด้วยเครื่องจักรต้นแบบ

สมบัติทางกายภาพของเส้นใย

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกลด้วยเครื่องจักรต้นแบบ พบว่าเมื่อเวลาในการการบีบอัดเพิ่มขึ้นทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง และยังพบว่าเมื่อเพิ่มความดันในการบีบอัดทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง โดยขนาดเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลแล้วทำให้ได้เส้นใยที่มีขนาดเล็ก ที่ แรงกด 5 Bar ระยะเวลา 15 นาที โดยขนาดเส้นใยเฉลี่ยจะมีขนาดเล็กกว่าเส้นใยจากวิธีเคมีของวิสาหกิจชุมชนบ้านนาโอน การเพิ่มแรงกดและระยะเวลาในการบีบอัดทำให้เส้นใยดาหลามีขนาดเล็กลง เพราะแรงจากการบีบอัดของลูกกลิ้งของเครื่องจักรต้นแบบจะไปแยกเส้นใยให้แตกออกจากกัน ทำให้ขนาดของเส้นใยมีขนาดเล็กลง ดังแสดงในภาพที่ 4

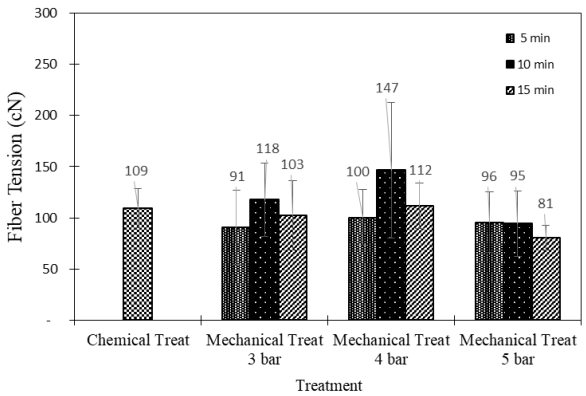


ภาพที่ 4 กราฟแสดงขนาดเส้นใยดาหลาที่ปรับปรุงด้วยด้วยเครื่องจักรต้นแบบและวิธีเคมี

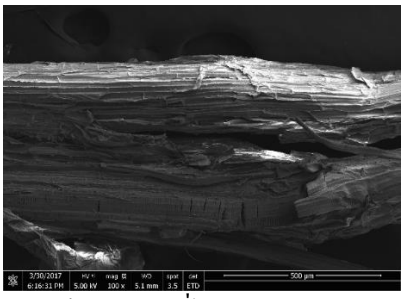
เส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงความละเอียดด้วยเครื่องจักรต้นแบบและปรับปรุงด้วยวิธีเคมีของวิสาหกิจชุมชนบ้านนาโอน มีค่าความละเอียดมากกว่า 8 ไมโครแนร์ แสดงว่าเส้นใยมีความละเอียดอยู่ในระดับความหยาบสูง ตามลักษณะเฉพาะตัวของเส้นใยดาหลา ซึ่งจะมีลักษณะใกล้เคียงกับพืชที่นำเส้นใยจากส่วนของเปลือกหรือลำต้นมาใช้งาน กรณีพืชอื่นๆ เช่น ป่าน ปอ เป็นต้น

สมบัติเชิงกลของเส้นใย

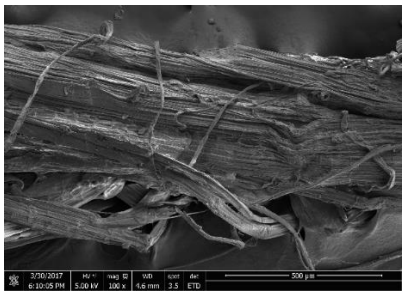
จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 ตัวอย่าง พบว่า การปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยด้วยเครื่องจักรต้นแบบ ที่แรงดัน 4 Bar เป็นเวลา 10 นาที เส้นใยมีค่าการรับแรงดึงของเส้นใยมากที่สุดที่ 147 เซนตินิวตัน ขณะที่วิธีเคมีมีค่าการรับแรงดึงของเส้นใยเท่ากับ 109 เซนตินิวตัน ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลกระทบระหว่างแรงกดและระยะเวลา โดยที่มีแรงกดที่กระทำต่อเส้นใยจาก 5 นาที เป็น 10 นาที เส้นใยมีค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยในทิศทางที่เพิ่มขึ้น และค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยจะลดลงหลังจากใช้แรงกดนานกว่า 10 นาที เพราะเมื่อมีแรงกระทำต่อเส้นใยดาหลาในระยะเวลาหนึ่ง ส่งผลให้เส้นใยแยกเป็นเส้นใยขนาดเล็กลงจึงมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่เมื่อใช้ระยะเวลานานขึ้นเส้นใยถูกแรงกดกระทำเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการหักพับของเส้นใยจึงทำให้ความแข็งแรงของเส้นใยลดลง โดยเส้นใยที่ผ่านการบีบอัดเป็นเวลานานด้วยแรงดันทำให้เกิดการหักและพับของเส้นใย ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยของเส้นใยดาหลา



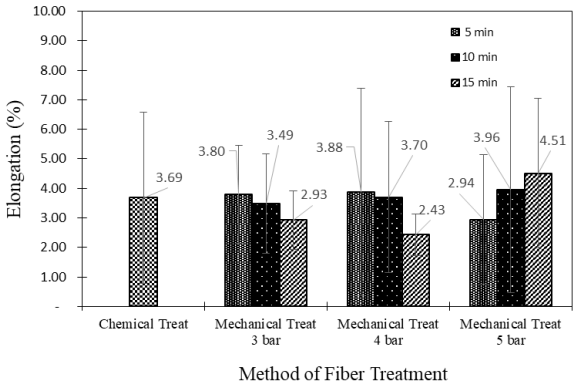
ก) เส้นใยดาหลาที่ไม่ผ่านการปรับปรุง



ข) เส้นใยดาหลาปรับปรุงความละเอียดด้วยเครื่องจักรต้นแบบที่แรงดัน 5 Bar เวลา 5 นาที

ภาพที่ 6 ลักษณะเส้นใยดาหลาที่ผ่านการปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยด้วยเครื่องจักรต้นแบบ

การปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยด้วยเครื่องจักรต้นแบบ ที่ขนาดแรงดัน 5 Bar เป็นเวลา 15 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยืดตัวของเส้นใยมากที่สุด 4.51 % ที่แรงดัน 5 Bar เป็นเวลา 10 นาที มีค่ารองลงมาที่ 3.96 % โดยวิธีเคมีมีค่าเท่ากับ 3.69 % ดังแสดงในภาพที่ 7 ค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยืดตัวของวิธีเชิงกลมีแนวโน้มที่จะลดลง เพราะแรงบีบอัดจะทำให้เส้นใยเกิดการหัก พับ เมื่อมีแรงดึงจึงเกิดการฉีกขาดได้จากรอยหัก รอยพับ หรือรอยแตกที่เกิดขึ้น โดยเส้นใยที่ผ่านการบีบอัดที่เวลามากขึ้นทำให้เกิดการหักและพับของเส้นใย



ภาพที่ 7 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยืดตัวของเส้นใยดาหลา

สมบัติทางเคมีของเส้นใย

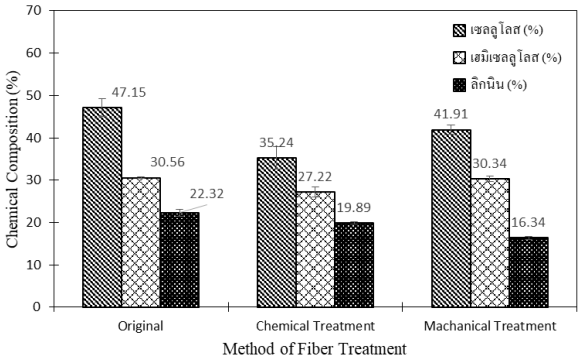
ธาตุองค์ประกอบทางเคมีที่ตรวจพบในเส้นใย คือ คาร์บอน และออกซิเจน ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เซลลูโลส, เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน และธาตุองค์ประกอบที่มาจากธาตุอาหารที่พืชดูดซึม ได้แก่ โพแทสเซียม แมกนีเซียมคลอรีน แคลเซียม และพบปริมาณธาตุโซเดียมในเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยวิธีเคมี 0.56% มากกว่าเส้นใยดาหลาก่อนปรับปรุงที่ 0.20% และเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยเครื่องจักรต้นแบบ สูงสุดที่ 0.32% แสดงถึงการปรับปรุงด้วยวิธีเคมีจะมีสารเคมีที่ตกค้างในเส้นใยมากกว่า ดังแสดงในภาพที่ 8

Method of Fiber Treatment			Mass (%)								
			C	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca
Non Treatment			53.69	44.72	0.20	0.16	-	-	-	-	1.42
Chemical Treatment			50.55	47.53	0.56	0.10	-	-	0.76	-	0.55
Mechanical Treatment	3 Bar	5 Min	52.36	44.79	0.32	0.13	-	-	0.14	1.21	1.20
		10 Min	53.06	44.83	0.09	0.18	-	0.26	-	0.81	0.95
		15 Min	57.73	40.91	-	0.23	-	-	-	0.39	0.74
	4 Bar	5 Min	55.50	41.41	0.27	0.37	-	-	-	1.09	1.35
		10 Min	56.70	42.79	-	0.10	-	-	-	0.31	0.30
		15 Min	54.55	41.04	0.15	0.36	-		0.44	2.44	1.08
	5 Bar	5 Min	53.96	44.88	-	0.26	-	-	-	0.42	0.47
		10 Min	57.48	42.16	-	-	-	-	-	0.36	-
		15 Min	59.29	39.70	-	-	0.48	-	-	0.40	0.74

ภาพที่ 8 แสดงค่าองค์ประกอบทางเคมีในเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงความละเอียดโดยเครื่องจักรต้นแบบ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในเส้นใย

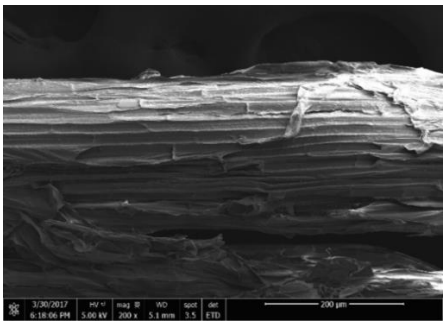
การปรับปรุงเส้นใยด้วยเครื่องจักรต้นแบบและวิธีเคมี ทำให้ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินลดลง โดยวิธีเคมีสามารถขจัดเฮมิเซลลูโลสได้มากกว่าการใช้เครื่องจักรต้นแบบ เพราะสารละลายที่ใช้ในวิธีเคมีสามารถกระทำต่อเส้นใยได้ทั่วถึงตลอดเส้นใย แต่การใช้เครื่องจักรต้นแบบ แรงกดจากเครื่องจักรจะไม่สามารถกระทำได้ตลอดเส้นใย จึงทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูงกว่าวิธีเคมี ดังแสดงในภาพที่ 9



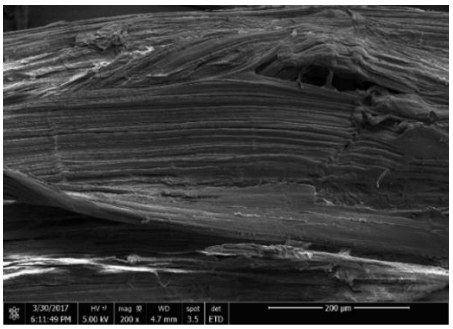
ภาพที่ 9 กราฟแสดงปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในเส้นใยดาหลาอบแห้ง

การวิเคราะห์สมบัติสัณฐานวิทยาของเส้นใย

การปรับปรุงเส้นใยด้วยเครื่องจักรต้นแบบ ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง ตามระยะเวลาที่แรงกดกระทำต่อเส้นใย เพราะระยะเวลาในการกด ส่งผลให้โครงสร้างของเส้นใยมีการแยกตัวมากขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 11 และตามขนาดแรงกดที่กระทำต่อเส้นใย เพราะความดันที่ใช้ในการกด ส่งผลให้โครงสร้างของเส้นใยมีการแยกและพับที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 12 ส่วนการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง เพราะสารละลายด่างจะกำจัดลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส ไข และกรดไขมัน ของเส้นใยออกบางส่วน (A. El. Oudiani, 2012) ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง ดังแสดงในภาพที่ 10

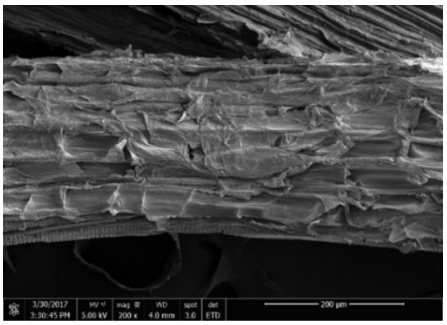


ก) เส้นใยดาหลาที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง

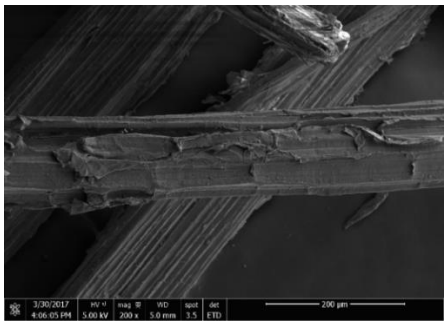


ข) เส้นใยดาหลาปรับปรุงด้วยวิธีเคมี

ภาพที่ 10 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยดาหลาปรับปรุงด้วยวิธีเคมี ที่ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า

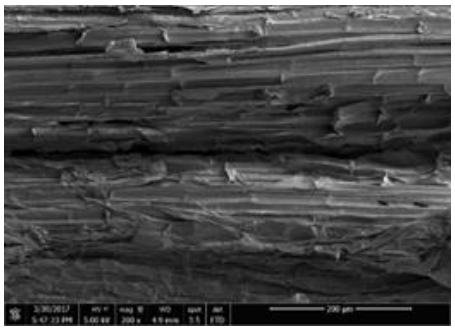


ก) เส้นใยดาหลาปรับปรุงด้วยเครื่องจักรต้นแบบ ที่แรงกด 3 Bar 5 นาที

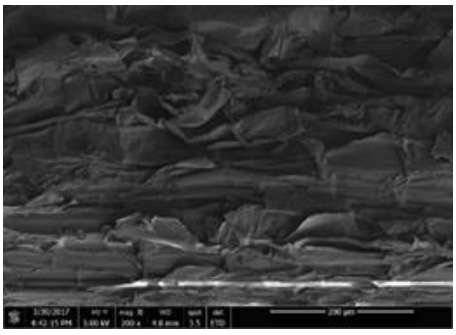


ข) เส้นใยดาหลาปรับปรุงด้วยเครื่องจักรต้นแบบ ที่แรงกด 3 Bar 10 นาที

ภาพที่ 11 แสดงลักษณะทางของเส้นใยดาหลาที่ปรับปรุงด้วยเครื่องจักรต้นแบบ ที่แรงกด 3 Bar



ก) เส้นใยดาหลาปรับปรุงด้วยเครื่องจักรต้นแบบ ที่แรงกด 3 Bar เป็นเวลา 5 นาที



ข) เส้นใยดาหลาปรับปรุงด้วยเครื่องจักรต้นแบบ ที่แรงกด 4 Bar เป็นเวลา 5 นาที

ภาพที่ 12 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยเครื่องจักรต้นแบบ เป็นเวลา 5 นาที

ตอนที่ 2 ผลการสำรวจความพึงพอใจในการใช้เครื่องจักรต้นแบบด้วยเทคนิค IOC

ผลการสำรวจความพึงพอใจในการใช้เครื่องจักรต้นแบบ ที่ได้พัฒนาขึ้น โดยเป็นความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ที่เกี่ยวข้องจำนวน 7 ท่าน พบว่า เครื่องจักรต้นแบบสำหรับปรับปรุงเส้นใยมีความเหมาะสมโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 97.14

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องจักรต้นแบบและวิธีเคมี

การวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องจักรต้นแบบ ดีกว่าในด้านระยะเวลาในการผลิต ต้นทุนด้านแรงงาน ต้นทุนการผลิต เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพจากวิธีเคมีที่วิสาหกิจชุมชนบ้านนาโอนใช้อยู่เดิม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการประมาณการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้เครื่องจักรต้นแบบและวิธีเคมี

รายการเปรียบเทียบ	วิธีเคมี	วิธีเชิงกลด้วยเครื่องจักรต้นแบบ	ผลต่าง
1. ระยะเวลาในการผลิตเส้นใย ต่อผลผลิตเส้นใยดาหลา 2 กิโลกรัม	408 ชั่วโมง หรือ 17 วัน (ระยะเวลาแช่สารเคมีเฉลี่ย)	2 ชั่วโมง (300 – 350 กรัมเส้นใย ต่อระยะเวลา 20 นาที)	406 ชั่วโมง
2. แรงงานที่ใช้ในการผลิตเส้นใย (คน-วัน)	8	1	7
3. ต้นทุนการผลิต ผลผลิตเส้นใยดาหลา 2 กิโลกรัม	ต้นทุนสารเคมี 20 ลิตรๆ ละ 200 บาทเป็นเงิน 4,000 บาท	ประมาณการต้นทุนไฟฟ้า 20 บาท และซ่อมบำรุง 100 บาท	3,880 บาท

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์สมบัติเส้นใยที่ผ่านเครื่องจักรต้นแบบ

เมื่อนำต้นดาหลามาทำให้เป็นเส้นใยด้วยเครื่องจักรต้นแบบ พบว่าเมื่อเวลาในการการบีบอัดเพิ่มขึ้นทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง และยังพบว่าเมื่อเพิ่มแรงดันในการบีบอัดทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง โดยเส้นใยที่มีขนาดเล็กที่สุดจากผลการทดลองได้จากการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลด้วยเครื่องจักรต้นแบบ ที่แรงกด 5 Bar ระยะเวลา 15 นาที โดยค่าความละเอียดของเส้นใยดาหลา มีค่าความละเอียดมากกว่า 8 ไมโครแนร์

กรณีสมบัติเชิงกล พบว่าค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยของเส้นใยขึ้นอยู่กับแรงกดและระยะเวลา โดยเส้นใยจะมีค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยในทิศทางที่เพิ่มขึ้น และค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยจะลดลงหลังจากใช้แรงกดนานกว่า 10 นาที เพราะเมื่อมีแรงกระทำต่อเส้นใยดาหลาในระยะเวลาหนึ่ง ส่งผลให้เส้นใยแยกเป็นเส้นใยขนาดเล็กลงจึงมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่เมื่อใช้ระยะเวลานานขึ้นเส้นใยถูกแรงกดกระทำเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการหักพับของเส้นใยจึงทำให้ความแข็งแรงของเส้นใยลดลง ค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยืดตัวของเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยเครื่องจักรต้นแบบ มีแนวโน้มที่จะลดลง เพราะแรงบีบอัดจากวิธีเชิงกลจะทำให้เส้นใยเกิดการหัก พับ เมื่อมีแรงดึงจึงเกิดการฉีกขาดได้จากรอยหัก รอยพับ หรือรอยแตกที่เกิดขึ้น

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของเส้นใย พบว่าเส้นใยที่ผ่านเครื่องปรับปรุงความละเอียดของเส้นใย มีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินลดลง เป็นที่น่าสังเกตว่าวิธีเคมีสามารถขจัดเฮมิเซลลูโลสได้ดีกว่าวิธีเชิงกล เพราะสารละลายที่ใช้ในการปรับปรุงเส้นใยดาหลา สามารถกระทำต่อเส้นใยได้ทั่วถึงตลอดเส้นใย แต่การใช้เครื่องจักรต้นแบบจะไม่สามารถกระทำได้ตลอดเส้นใย จึงทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูงกว่าวิธีเคมี

อย่างไรก็ตามวิธีกล ก็ยังเป็นวิธีที่น่าสนใจในการปรับปรุงเส้นใย เพราะข้อดีหลายประการ เช่น ระยะเวลาในการปรับปรุงเส้นใยน้อยกว่ามาก ไม่มีสารเคมีตกค้างในเส้นใย และไม่ต้องกำจัดสารเคมีที่เหลือจากกระบวนการปรับปรุงเส้นใยแบบวิธีเคมี การปรับปรุงด้วยวิธีเคมี ค่าความเป็นด่างสูงกว่าการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล คาดว่าน่าจะมีการใช้สารเคมีซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างในการปรับปรุงเส้นใย ส่งผลให้มีสารเคมีบางส่วนตกค้างในเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุง และคาดว่าสารละลายที่วิสาหกิจชุมชนฯใช้ในการปรับปรุงเส้นใยมีส่วนผสมของโซเดียมไฮดรอกไซด์

ด้านสัญฐานวิทยาพบว่า เส้นใยที่ได้จากเครื่องปรับปรุงความละเอียดของเส้นใย จะมีขนาดเล็กลงตามระยะเวลาที่แรงกดกระทำต่อเส้นใย เพราะระยะเวลาในการกด ส่งผลให้โครงสร้างของเส้นใยมีการแยกตัวมากขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น และความดันที่ใช้ในการกด ส่งผลให้โครงสร้างของเส้นใยมีการแยกและหักพับที่เพิ่มขึ้น

ตอนที่ 2 ผลการสำรวจโดยใช้แบบสอบถาม ด้วยเทคนิค IOC

เครื่องปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยมีความเหมาะสมโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 97.14 ทั้งในด้านการออกแบบ ด้านการใช้งานเครื่องและความปลอดภัย และด้านผลผลิต

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องจักรต้นแบบและวิธีเคมี

ประสิทธิภาพของเครื่องปรับปรุงความละเอียดของเส้นใย ดีกว่าการปรับปรุงเส้นใยด้วยการใช้สารเคมี ในด้านระยะเวลาในการผลิต ต้นทุนด้านแรงงาน ต้นทุนการผลิต เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพจากวิธีเคมีที่วิสาหกิจชุมชนบ้านนาโอนใช้อยู่เดิม

สรุปผลการวิจัย

ได้ออกแบบและสร้างเครื่องจักรต้นแบบเพื่อปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยดาหลา ทดลองใช้งานโดยผู้เกี่ยวข้อง ได้แก่ สมาชิกของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเส้นใยดาหลาบ้านนาโอน จังหวัดนราธิวาส จากการนำไปใช้งานอย่างต่อเนื่อง ยังไม่พบปัญหาจากการใช้งานเครื่องจักร เมื่อพิจารณาสมบัติเส้นใยดาหลาที่ผ่านการปรับปรุงความละเอียดโดยใช้เครื่องจักร พบว่าเครื่องจักรต้นแบบสามารถแยกเส้นใยให้มีขนาดเล็กลงได้ โดยระยะเวลาในการปรับปรุงเส้นใย ที่ให้ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยเฉลี่ยสูงสุดคือ 10 นาที ซึ่งมีค่าสูงกว่าการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี สภาวะที่เหมาะสมในการใช้เครื่องจักรต้นแบบเพื่อปรับปรุงความละเอียดของเส้นใย คือ ที่แรงกด 4 Bar 10 นาที การใช้เครื่องจักรต้นแบบ มีข้อดีกว่าการใช้วิธีเคมี คือมีระยะเวลาในการผลิตน้อยกว่า และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า เนื่องจากไม่มีการใช้สารเคมีในกระบวนการ การศึกษาประสิทธิภาพและความพึงพอใจในการใช้เครื่องจักรต้นแบบ พบว่ามีความความเหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 97.14

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.แววบุญ แย้มแสงสังข์ และ ผศ.ดร.กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล ที่ได้กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความทุ่มเททั้งการปรึกษาแนะนำ และกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จได้เป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ศิรินทร ทองแสง ที่ให้ความกรุณามาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำที่

ผู้วิจัยจะได้ไปฏิบัติให้เกิดประโยชน์ต่อไป ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์เส้นใย และทีมงานห้องวิจัยทุกๆท่าน ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรรณราย รักษ์งาร ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อาจารย์สาลินี ศรีวงษ์ชัย คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ที่ให้คำแนะนำความรู้และความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ทดสอบเส้นใย ผู้วิจัยจะนำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปเผยแพร่ให้เกิดประโยชน์ หากมีความผิดพลาดประการใดผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

ดาริกา ดาวจันอัด, อนันต์ อักษรศร และคณะ. การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับดาหลาในเชิงพาณิชย์ด้วยการสกัดเส้นใยจากลำต้นดาหลาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการทอผ้าในจังหวัดนราธิวาส. ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร; 2558; 123-136.

สาลินี ศรีวงษ์ชัย. การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากการปรับสภาพก้อนเชื้อเห็ดเก่าด้วยความร้อนชื้น. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6; 25 พฤศจิกายน 2559; กรุงเทพมหานคร. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช; 2559.

A. El Oudiani, Yassin Chaabouni, Slah MsahliSlah FaouziSakli. Morphological and crystalline characterization of NaOH and NaOCl treated Agave americana L. fiber. Industrial Crops and Products 2012; 36(1):257-266