Engng.J.CMU.[2008] 15 (2),16-25

วารสารวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Engineering Journal
Chiang Mai University

การพัฒนาเส้นใยต้นกล้วยสำหรับสิ่งทอ
Development of Banana Fiber for Textile

ภาณุ ปัญโญใหญ่ และ เสริมเกียรติ จอมจันทร์ยอง
Panu Panyoyai and Sermkiat Jomjunyong
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะพัฒนาเส้นใยต้นกล้วย เพื่อนำใช้ในสิ่งทอ โดยจะทำการศึกษา พัฒนา และทดลองในเรื่องของชนิดของวัตถุดิบที่นำมาผลิต กรรมวิธีการผลิต และเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต โดยเครื่องจักรในงานวิจัยจะอาศัยแรงตีจากใบพัดโลหะที่ส่งแรงขับมาจากมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อกำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการออกไป และทำให้เส้นใยแยกตัวออกจากกัน เส้นใยที่ได้นี้จะมีความกว้างประมาณ 130 μm จากผลการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตของเส้นใย คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ส่งผลให้ได้ปริมาณของผลผลิตสูงที่สุดมีค่าประมาณ 1,300 rpm ซึ่งมีค่าร้อยละของน้ำหนักเส้นใยอยู่ที่ 0.6926% และจากการทดสอบคุณสมบัติของเส้นใยพบว่า เส้นใยจากลำต้นของกล้วยน้ำว้ามีค่าความสามารถในการต้านทานแรงดึงสูงที่สุด โดยมีค่าความเค้นเฉลี่ยเท่ากับ 723.28 MPa ค่าความเครียดเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 และค่า Young's Modulus เฉลี่ยเท่ากับ 28.29 GPa เมื่อนำผลการทดสอบคุณสมบัติของเส้นใยไปเปรียบเทียบกับเส้นใยที่มาจากท้องตลาดแล้ว พบว่าค่าของคุณสมบัติทางกายภาพ และความสามารถในการต้านทานแรงดึงของเส้นใยจากงานวิจัยมีค่าทัดเทียมกันกับเส้นใยจากท้องตลาด นั่นแสดงว่าเส้นใยจากงานวิจัยสามารถที่จะถูกพัฒนาเพื่อนำไปใช้ได้จริงในวงการอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ABSTRACT

The research aims at developing banana fiber for textile industry. The study, development and experiment focused on type of raw material, production/ process and machines. The machine is used in the research utilizes the physical force on the metal paddle, driven by the electric motor, to exclude the unwanted objects and hence the split into fiber. The output fiber is approximately 130 μm wide. From the experiment, it was found that the factor affecting the output quantity is the speed of the motor. The motor speed for the optimal productivity is approximately 1,300 rpm. This setting will produce the fiber weight at 0.6926%. From the mechanical property testing, it was found that Kluai Nam Wa banana (Pisang Awak) hold maximum tensile strength at the average of 723.28 MPa of stress and the average strain of 3.97, equivalent to Young's Modulus of 28.29 GPa. The properties benchmarking of the experimental fiber and market-available fiber also indicates that the banana fiber from the experiment is competitive in term of physical properties and tensile strength. It is therefore conclusive that the banana fiber from the research can be developed and commercialized for the textile industry.

1. บทนำ

กล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจที่คนไทยรู้จักกันดี เพราะใช้เป็นอาหารและมีประโยชน์ใช้สอยหลายชนิด โดยสามารถใช้ประโยชน์และมีมูลค่าในทุก ๆ ส่วน นอกจากนั้นกล้วยยังสามารถปลูกและเจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย โดยมีเนื้อที่การเพาะปลูกรวมประมาณ 7 – 8 แสนไร่ และปริมาณการส่งออกกล้วยของประเทศไทยอยู่ในอันดับ 3 ของทวีปเอเชีย เหตุนี้รัฐบาลไทยจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญความสำคัญของกล้วย เพราะเป็นพืชเศรษฐกิจที่ตลาดต่างประเทศมีความต้องการมาก จึงมีการบรรจุไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 ที่จะให้เร่งรัดในการค้นคว้า วิจัย และส่งเสริมให้เกษตรกรขยายพื้นที่การปลูก เพื่อส่งผลผลิตไปจำหน่ายในตลาดต่างประเทศมากยิ่งขึ้น

กล้วยเป็นพืชที่สามารถใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ได้ทุกส่วน ซึ่งส่วนต่างๆ ของกล้วยนั้นสามารถนำมาแปรรูปเป็นสินค้าอุปโภคและบริโภคได้หลายชนิด ได้แก่ ผลกล้วยสามารถนำมาบริโภคสดได้ และนำมาแปรรูปเป็นอาหารได้หลากหลาย เปลือกกล้วยเมื่อนำไปตากแห้งจะสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนการใช้ฟืนได้ ใบกล้วยหรือใบตองมักจะถูกนำมาใช้ในการห่ออาหารหรือสิ่งของ มวนบุหรี่ ใช้สำหรับงานประดิษฐ์ต่างๆ รากกล้วยสามารถใช้ทำเป็นสมุนไพรรักษาโรคเบาหวาน ดอกกล้วยหรือปลีนำมาใช้ปรุงอาหาร และลำต้นเมื่อนำมาแยกออกเป็นกาบกล้วยจะสามารถผลิตเส้นใยเพื่อนำมาทำเชือกกล้วย กระดาษ หรือสิ่งทอได้ จึงทำให้กล้วยเป็นพืชผลที่น่าสนใจ และควรแก่การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพ มีคุณภาพ และมีความแปลกใหม่ยิ่งขึ้นไป

จากการศึกษาถึงวัฐจักรของกล้วยแล้วนั้น พบว่าลำต้นเทียมของกล้วยนั้นเป็นสิ่งเหลือใช้จากการเกษตร โดยเมื่อได้มีการออกผลหนึ่งเครือแล้วจะไม่มีออกผลในเครือต่อไปอีก องค์ประกอบของต้นกล้วย พบว่าในกาบกล้วยนั้นมีส่วนประกอบของเส้นใยธรรมชาติที่มีคุณสมบัติด้านทานแรงดึงได้สูงอยู่ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ประโยชน์ได้หลายชนิด โดยการประยุกต์ใช้เส้นใยจากต้นกล้วยในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจ ซึ่งในประเทศไทยมีการวิจัยและพัฒนาในเรื่องนี้บ้างแล้ว เช่นตัวอย่างงานวิจัยของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตโชติเวช ได้ทำการทดลองแยกเส้นใยจากส่วนที่เป็นกาบกล้วยด้วยวิธีแยกแบบหัตถกรรม แล้วนำมาผลิตเป็นผืนผ้าด้วยเครื่องทอมือ คุณสมบัติของเส้นด้ายจะสามารถดูดซึมสีได้ดี มีความเหนียว และอายุการใช้งานค่อนข้างนาน สำหรับการผลิตสิ่งทอจากใยกล้วยเพื่อการค้าในประเทศไทยนั้นได้มีกลุ่มแม่บ้านของตำบลหนองขาม อำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา ทำการทอผ้าจากใยกล้วยน้ำว้าหรือกล้วยตานี โดยใช้เส้นใยฝ้ายเป็นเส้นยืนและเส้นใยกล้วยเป็นเส้นพุ่ง ผืนผ้าที่ได้จากการทอถูกนำไปตัดเย็บเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความสวยงามไม่แพ้ผลิตภัณฑ์จากเส้นไหม โดยในปัจจุบันได้มีภาคเอกชนมารับซื้อผืนผ้าที่ทอจากใยกล้วย เพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์และส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น

ปัจจุบันอุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก โดยมีรายได้การส่งออกติดอันดับ 1 ใน 3 ของภาคอุตสาหกรรมไทยทั้งหมดมาโดยตลอดระยะเวลา 6 ปี ถ้าพิจารณามูลค่าการส่งออกในอุตสาหกรรมสิ่งทอของไทยตั้งแต่ปี 2541 – 2546 พบว่ามีมูลค่าส่งออกมากกว่า 300,000 ล้านบาทมาโดยตลอด และมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี 2546 ที่ผ่านมามีมูลค่าการส่งออกรวมทั้งสิ้น 353,008 ล้านบาท และมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นจากปี 2545 เท่ากับร้อยละ 1.37 จากแนวโน้มดังกล่าวจึงสามารถพยากรณ์ได้ว่าในอนาคตมูลค่าการส่งออกของอุตสาหกรรมสิ่งทอจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น จึงทำให้ภาครัฐได้ให้ความสำคัญกับอุตสาหกรรมสิ่งทอของไทยเป็นอย่างมาก ดังนั้นทางกระทรวงอุตสาหกรรมจึงมีนโยบายที่จะส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมด้านนี้โดยตรง เพื่อให้มีศักยภาพของกระบวนการผลิต ด้านระบบการจัดการที่ดี ด้านความสามารถในการลดต้นทุน ด้านมาตรฐานคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้เป็นสากล และด้าน

กลยุทธ์การแข่งขันในระดับการค้าโลก ดังนั้นจึงเป็นโอกาสที่ดีสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ของไทยในอุตสาหกรรมสิ่งทอที่ภาครัฐจะสนับสนุนให้ธุรกิจเติบโตได้ต่อเนื่อง

ดังที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้ดำเนินการวิจัยมีความสนใจในการศึกษาและพัฒนาเส้นใยต้นกล้วยเพื่อใช้ในสิ่งทอ เนื่องจากสิ่งทอจากเส้นใยต้นกล้วยนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะทำการพัฒนาเพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ มีการยอมรับอย่างกว้างขวาง และสามารถพัฒนาเป็นสินค้าในอุตสาหกรรมสิ่งทอที่มีศักยภาพสูงในการส่งออก โดยการศึกษานี้จะมุ่งเน้นในขั้นตอนการผลิตเส้นใยที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยเริ่มต้นตั้งแต่การคัดเลือกวัตถุดิบ การพัฒนาเครื่องรีดเส้นใยกล้วยต้นแบบ และการพัฒนากรรมวิธีการผลิต โดยผลลัพธ์ของการวิจัยนี้ก็คือพัฒนาเส้นใยต้นกล้วยให้สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

2. เส้นใยจากลำต้นกล้วย

เส้นใยจากลำต้นกล้วยจัดเป็นเส้นใยธรรมชาติที่ได้มาจากพืช ซึ่งเส้นใยธรรมชาติมีข้อดีที่เป็นทรัพยากรที่ไม่หมดสิ้น เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม น้ำหนักเบา และเป็นฉนวนไฟฟ้าและความร้อนได้ดี ส่วนข้อเสีย คือ มีคุณภาพและราคาที่ไม่คงที่ มักเสียหายระหว่างการผลิต ขึ้นราและติดไฟได้ง่าย

เส้นใยธรรมชาติจะประกอบไปด้วยเซลลูโลสที่เป็นส่วนประกอบที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรง และความสม่ำเสมอของเส้นใย สารกึ่งเซลลูโลสที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับเส้นใยเช่นกัน และลิกนินที่เพิ่มความยืดหยุ่นของเส้นใย โดยเส้นใยธรรมชาติที่มีปริมาณของเซลลูโลสสูงจะมีความเหมาะสมที่จะนำไปผลิตเป็นกระดาษ และผลิตภัณฑ์สิ่งทอ จากงานวิจัยของ Narendra Reddy และ Yiqi Yang [8] พบว่าเส้นใยธรรมชาติที่ได้จากลำต้นกล้วยนั้นมีปริมาณของเซลลูโลสอยู่ที่ 60 – 65% สารกึ่งเซลลูโลสอยู่ที่ 6 – 8% และลินินอยู่ที่ 5 – 10% และเมื่อได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของเส้นใยแล้วนั้น พบว่าเส้นใยจากลำต้นกล้วยมีความหนาแน่นเท่ากับ 1.3 g/cm^2 ค่าความเค้นแรงดึงเท่ากับ 791 MPa ค่าความเครียดเท่ากับ 2.1% ค่า Young's Modulus เท่ากับ 30 GPa เมื่อทำการเปรียบเทียบกับเส้นใยธรรมชาติที่ได้จากพืชชนิดอื่นๆ แล้วนั้น พบว่าการที่เส้นใยจากลำต้นกล้วยมีปริมาณเซลลูโลสที่สูง และมีคุณสมบัติที่มีความเหนียวสูงนี้ จึงทำให้เส้นใยจากลำต้นกล้วยมีความเหมาะสมที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอ

3. วิธีการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้ เป็นการศึกษาและพัฒนาเส้นใยต้นกล้วย เพื่อใช้ในสิ่งทอ ซึ่งเป็นการนำเอาสิ่งเหลือใช้จากการเกษตรมาผลิตให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้น และสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ รวมไปถึงการสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนผู้ปลูกกล้วยจากการผลิตสินค้าหัตถกรรมท้องถิ่น โดยหลักการอย่างคร่าวๆ ของงานวิจัยนี้จะเป็นการสกัดเส้นใยธรรมชาติจากลำต้นกล้วยโดยใช้เครื่องจักรกลเป็นเครื่องทุ่นแรง แล้วนำเส้นใยที่ได้มาผ่านกรรมวิธีที่จะส่งผลให้เส้นใยต้นกล้วยมีคุณสมบัติที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ นอกเหนือจากนั้นยังมีการนำเอาองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมในสาขาต่างๆ มาพัฒนาเครื่องจักรและกรรมวิธีการผลิตให้มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้มาซึ่งเส้นใยที่มีคุณภาพ

โดยกรอบแนวคิดของการศึกษาวิจัยนี้ จะเริ่มต้นจากการศึกษาวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการทดลอง นั่นคือ ลำต้นกล้วยทั้งหมด 3 ชนิดตามขอบเขตของงานวิจัย จากนั้นจะเป็นการศึกษาและพัฒนาเครื่องจักรที่จะนำไปใช้ในการสกัดเส้นใยจากลำต้นกล้วย ลำดับต่อไปจะเป็นการศึกษาและพัฒนากรรมวิธีการผลิตเส้นใยจากลำต้นกล้วย ตั้งแต่กระบวนการจัดเตรียมวัตถุดิบ วิธีการใช้เครื่องจักร จนไปถึงกระบวนการหลังจากที่ได้เส้นใยออกมาแล้ว จากนั้นก็จะถึงขั้นตอนของการทดสอบคุณสมบัติเส้นใย เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ แล้วจึงทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของกระบวนการผลิตเส้นใยต้นกล้วยต่อไป

โดยผลการทดลองทั้งหมดจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับเส้นใยต้นกล้วยที่มีอยู่แล้วในท้องตลาด ทั้งในเรื่องของประสิทธิภาพของกรรมวิธีการผลิต คุณสมบัติของเส้นใย และทางด้านเศรษฐศาสตร์

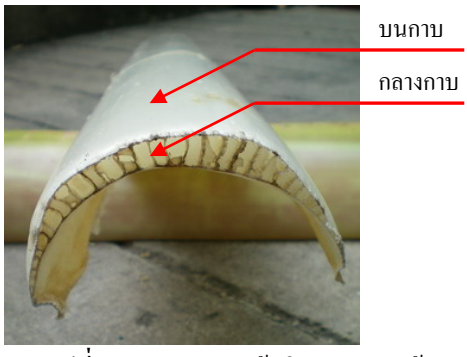
4. ผลการวิจัย

4.1 การศึกษาวัตถุดิบ

จากขอบเขตของงานวิจัยที่จะได้ทำการศึกษาชนิดของต้นกล้วยที่มีการปลูกในประเทศไทยอย่างน้อย 3 ชนิด ซึ่งเมื่อศึกษาจากข้อมูลของกรมส่งเสริมการเกษตรในปี พ.ศ.2541 พบว่าชนิดของกล้วยที่ปลูกมากที่สุดในประเทศไทย 3 อันดับแรก ได้แก่ กล้วยน้ำว้า 1,192,133 ไร่ กล้วยไข่ 203,896 ไร่ และกล้วยหอม 157,456 ไร่ ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อคำนึงถึงปริมาณการเพาะปลูกแล้ว ทางผู้วิจัยจึงคัดเลือกชนิดของต้นกล้วย 3 ชนิดที่จะนำมาศึกษา ได้แก่ กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ และกล้วยหอม

จากข้อมูลที่ได้ศึกษาจากต้นกล้วยทั้ง 3 ชนิด พบว่าความแตกต่างที่เห็นได้ชัด คือ ขนาดของลำต้นกล้วย ซึ่งต้นกล้วยที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ กล้วยน้ำว้า รองลงมาเป็นกล้วยหอม และกล้วยไข่ ตามลำดับ ในลำต้นของกล้วยทั้ง 3 ชนิด เมื่อทำการแยกกาบออกมาแล้วนั้นมีความคล้ายคลึงกันตรงที่ความกว้าง ความหนา และน้ำหนักของแต่ละกาบในลำต้นเดียวกันนั้นจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่จะมีความแตกต่างกันในเรื่องของสีของกาบที่เรียงจากความเข้มจากด้านนอกเข้าสู่ด้านใน ความโค้งของกาบที่กาบด้านนอกจะมีความโค้งน้อยกว่าด้านใน และความอ่อนตัวของกาบด้านในจะสูงกว่ากาบด้านนอกทีมีความแข็งกว่า จากข้อสังเกตเหล่านี้ทางผู้วิจัยจึงทำการแยกออกเป็น 3 ระดับกาบ ได้แก่ กาบนอก กาบกลาง และกาบใน และเนื่องจากความอ่อนตัวที่แตกต่างกันของระดับกาบนี้เองทางผู้วิจัยจึงได้ตั้งข้อสมมติฐานของระดับกาบนี้ไว้ว่าในแต่ละระดับกาบอาจส่งผลให้ปริมาณผลผลิตที่ได้จากเครื่องแยกเส้นใยจกลำต้นกล้วยมีความแตกต่างกัน และอาจมีผลต่อคุณสมบัติทางกลของเส้นใยด้วย

ในกาบของลำต้นกล้วย ซึ่งพบว่ามีเส้นใยธรรมชาติอยู่เป็นจำนวนมาก โดยตำแหน่งของเส้นใยที่พบมีอยู่ 2 ตำแหน่งด้วยกัน ได่แก่ บริเวณบนของกาบ ซึ่งเป็นที่ที่มีเส้นใยจำนวนมาก และบริเวณกลางกาบ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตำแหน่งของเส้นใยของกาบกล้วย

4.2 การศึกษาและพัฒนาเครื่องจักร

เครื่องจักรที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้ เป็นเครื่องจักรที่ใช้หลักการสกัดโดยใช้แรงกลจากใบพัดโลหะ เข้าตีกาบกล้วยเพื่อให้ส่วนที่ไม่ใช่เส้นใยขาด และหลุดออกไปให้คงเหลือเพียงเส้นใยที่ต้องการที่มีความเหนียวเท่านั้น ดังรูปที่ 2 ซึ่งแรงกลของใบพัดดังกล่าวจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับ และใช้สายพานเป็นตัวส่งผ่านแรงหมุนไปยังใบพัด ดังรูปที่ 3

รูปที่ 2 เครื่องแยกเส้นใยจากลำต้นกล้วย

รูปที่ 3 ใบพัดสำหรับตี

หลักการทำงานของเครื่องแยกเส้นใยจากลำต้นกล้วยนี้ เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างคนและเครื่องจักร โดยผู้ปฏิบัติงานต้องสอดกาบกล้วยเข้าทางช่องป้อนวัตถุดิบทีละกาบ โดยใช้มือทั้ง 2 ข้างจับที่ส่วนปลายของกาบกล้วยไว้ เครื่องจักรจะดูดชิ้นงานเข้าไป เมื่อสอดชิ้นงานเข้าไปจนใกล้ระยะที่มือจับอยู่นั้น ให้ผู้ปฏิบัติงานออกแรงดึงชิ้นงานออกมาจนสุด ส่วนที่กาบกล้วยถูกสอดเข้าไปนั้นจะถูกใบพัดของเครื่องจักรตีส่วนที่ไม่ต้องการออกไป หลงเหลือแต่เส้นใยที่มีลักษณะแตกกันออกเป็นเส้นๆ ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 หลักการป้อนวัตถุดิบเข้าสู่เครื่องจักร

การพัฒนาเครื่องแยกเส้นใยจากลำต้นกล้วยของผู้วิจัย ได้ทำการติดตั้งตัวควบคุมความถี่ไฟฟ้ากระแสสลับ (Inverter) เพื่อให้เครื่องจักรมีความเร็วรอบของมอเตอร์หลากหลาย โดย Inverter นี้สามารถที่จะปรับค่าความถี่ไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0 – 60 Hz ส่งผลให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ปรับได้ตั้งแต่ 0 – 1,800 rpm เมื่อคำนวณไปถึงความเร็วรอบของใบพัดตีแล้ว สามารถที่จะปรับได้ตั้งแต่ 0 – 1,543 rpm ซึ่งความเร็วรอบของมอเตอร์นี้จะถูกนำมาใช้เป็นอีกหนึ่งตัวแปรเกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรต่อไป

4.3 การศึกษาเพื่อกำหนดปัจจัยเกี่ยวกับวัตถุดิบและเครื่องจักร

ผลการศึกษาใน 2 หัวข้อก่อนหน้านี้ได้สรุปไว้ถึงปัจจัยที่เกี่ยวกับวัตถุดิบ และเครื่องจักรที่จะถูกนำมาทดสอบ เพื่อกำหนดหาค่าของปัจจัยที่ส่งผลให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพสูงสุดและได้มาซึ่งผลผลิตมีค่ามากที่สุด เนื่องจากปัจจัยที่จะส่งผลต่อปริมาณผลผลิตนั้นมีค่อนข้างมาก จึงจำเป็นที่จะต้องกำหนดปัจจัยบางประการให้มีค่าคงที่เสียก่อน โดยเริ่มจากการกำหนดชิ้นงานที่จะป้อนให้เป็นมาตรฐาน จากนั้นจึงกำหนดปัจจัยของเครื่องจักรให้เป็นมาตรฐานเช่นกัน

จากการทดลองเพื่อกำหนดปัจจัยเกี่ยวกับวัตถุดิบหรือชิ้นงานป้อนให้คงที่ โดยมีความเหมาะสมต่อการผลิตมากที่สุด สามารถที่จะสรุปชิ้นงานมาตรฐานได้ดังต่อไปนี้

1) ความยาวของวัตถุดิบ เท่ากับ 70 เซนติเมตร
2) ความกว้างของวัตถุดิบให้แบ่งกาบออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กัน
3) การป้อนวัตถุดิบเข้าไปยังเครื่องจักรนั้นให้ทำการคว่ำกาบ
4) ระดับของกาบที่แตกต่างกันจะส่งผลให้ผลผลิตเส้นใยที่ได้แตกต่างกันไปด้วย

จากการทดลองเพื่อกำหนดปัจจัยเกี่ยวกับเครื่องจักรให้คงที่ โดยมีความเหมาะสมต่อการผลิตมากที่สุด สามารถที่จะสรุปได้ดังต่อไปนี้

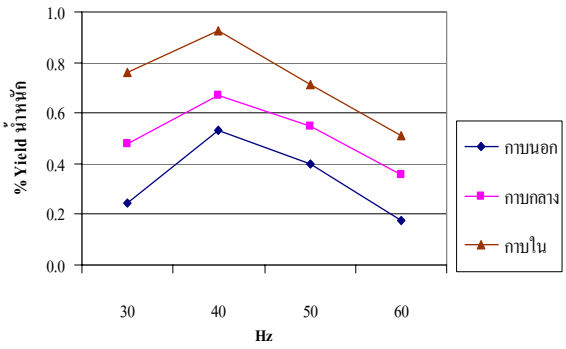
1) ใบพัดตีของเครื่องแยกเส้นใยจากลำต้นกล้วยให้มีจำนวน 12 ใบพัด
2) ความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ส่งผลให้ความเร็วรอบของใบพัดสามารถตีชิ้นงานให้เกิดเป็นผลผลิตเส้นใยที่เหมาะสมได้นั้นมีค่าเริ่มต้นที่ 30 Hz

ดังนั้นปัจจัยที่จะถูกนำมาพิจารณาในกระบวนการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) มี 2 ปัจจัย ดังต่อไปนี้

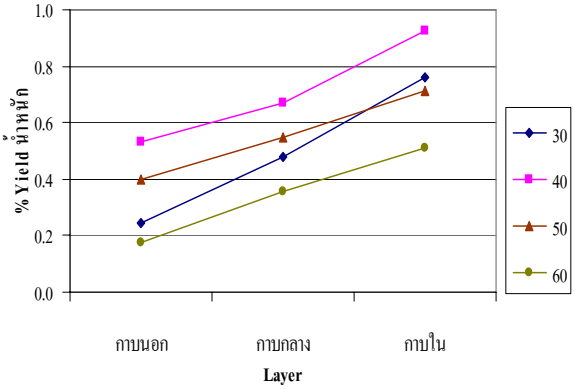
1) ระดับของกาบกล้วย มีทั้งหมด 3 ระดับ ได้แก่ กาบนอก กาบกลาง และกาบใน

2) ความถี่ไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่มอเตอร์ เพื่อปรับค่าความเร็วรอบ มีทั้งหมด 4 ระดับ ได้แก่ 30, 40, 50, และ 60 Hz

ผลสรุปของการออกแบบการทดลองเชิง Factorial Design โดยที่ผลลัพธ์ (Response) ของผลผลิตนั้นจะพิจารณาถึงร้อยละผลผลิตของน้ำหนักเส้นใย พบว่าปัจจัยระดับกาบกล้วย และค่าความถี่ไฟฟ้ามีผลต่อผลลัพธ์อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่วัตถุดิบระดับกาบใน และความถี่ไฟฟ้าที่ 40 Hz หรือความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1,200 rpm จะให้ร้อยละผลผลิตมากที่สุด แต่สำหรับอันตรกิริยา (Interaction) ระหว่างระดับขอกาบและความถี่ไฟฟ้านั้นไม่มีผลต่อร้อยละผลผลิตของน้ำหนักเส้นใย ดังรูปที่ 5 และ 6

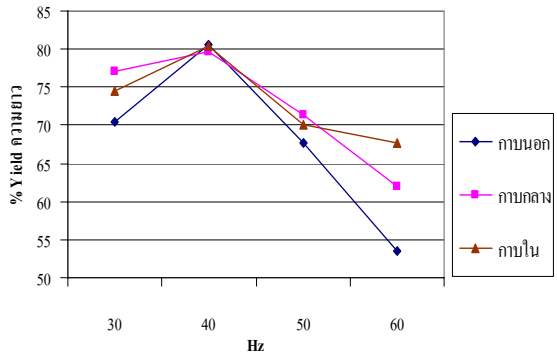


รูปที่ 5 ร้อยละของน้ำหนักผลผลิตในแต่ละระดับกาบที่มีความถี่ไฟฟ้าแตกต่างกัน

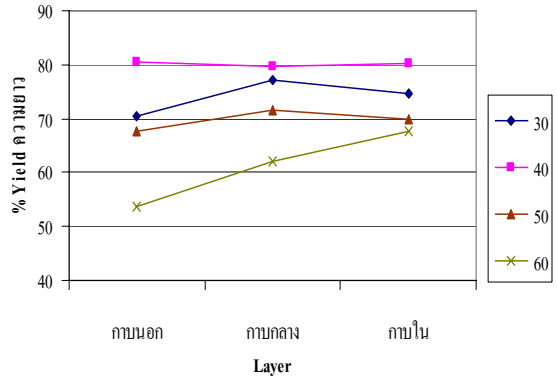


รูปที่ 6 ร้อยละของน้ำหนักผลผลิตในแต่ละความถี่ไฟฟ้าที่มีระดับกาบแตกต่างกัน

สำหรับผลลัพท์ (Response) ของผลิตที่พิจารณาถึงร้อยละผลผลิตของความยาวเส้นใย พบว่าปัจจัยระดับกาบกล้วย ค่าความถี่ไฟฟ้า และอันตรกิริยา (Interaction) ระหว่างระดับขอกาบและความถี่ไฟฟ้ามีผลต่อผลลัพธ์อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ความถี่ไฟฟ้าที่ 40 Hz หรือความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1,200 rpm จะให้ร้อยละผลผลิตมากที่สุด ดังรูปที่ 7 และ 8



รูปที่ 7 ร้อยละของความยาวผลผลิตในแต่ละระดับกาบที่มีความถี่ไฟฟ้าแตกต่างกัน



รูปที่ 8 ร้อยละของความยาวผลผลิตในแต่ละความถี่ไฟฟ้าที่มีระดับกาบแตกต่างกัน

เทคนิคที่นำมาหาค่าที่ดีที่สุดของผลลัพท์ที่มีผลมาจากปัจจัยของค่าความถี่ไฟฟ้านั้น ได้นำเอาวิธีการพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology : RSM) มาใช้ โดยสมการที่ส่งผลให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดแสดงไว้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมการการคำนวณ ค่าของปัจจัยความถี่ไฟฟ้า และผลลัพท์ที่ดีที่สุดที่ได้จากวิธีการพื้นผิวผลตอบ

ชนิดของผลลัพท์	สมการ	ความถี่ไฟฟ้า (Hz)	ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)	ค่าของผลลัพท์ (%)
ร้อยละของน้ำหนักผลผลิต	$Y = -1.33331 + 0.0947797 X - 0.00110856 X^2$	42.73	1,280	0.6926
ร้อยละของความยาวผลผลิต	$Y = 20.7599 + 2.96250 X - 0.0385913 X^2$	38.37	1,150	77.6148

จากสมการทั้ง 2 ในตารางที่ 1 จะส่งผลให้ผลลัพท์มีค่าที่ดีที่สุดแตกต่างกันไป แต่เมื่อมีการเลือกสมการใดสมการหนึ่ง หรือค่าของความถี่ไฟฟ้าใดความถี่ไฟฟ้าหนึ่งที่จะต้องใช้ในการผลิตจริง จึงได้มีการสลับกันแทนค่าเพื่อนำมาเปรียบเทียบผลลัพท์กัน โดยที่ความถี่ไฟฟ้าที่ 38.37 Hz หรือความเร็วรอบของมอเตอร์ประมาณ 1,150 rpm จะส่งผลให้ได้ร้อยละของน้ำหนักผลผลิตเท่ากับ 0.6714% คิดเป็น 96.94% ของผลลัพท์ที่ดีที่สุด และที่ความถี่ไฟฟ้าที่ 42.73 Hz หรือความเร็วรอบของมอเตอร์ประมาณ 1,280 rpm จะส่งผลให้ได้ร้อยละของความยาวผลผลิตเท่ากับ 76.8864% คิดเป็น 99.06% ของผลลัพท์ที่ดีที่สุด ดังนั้นความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ดีที่สุดจึงอยู่ที่ประมาณ 1,280 rpm

อย่างไรก็ตามทั้งสมการและค่าที่ดีที่สุดของปัจจัยความถี่ไฟฟ้า เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันกับค่าที่ได้นำไปทดลองจริง พบว่าค่าดังกล่าวมีค่าที่แตกต่างกันพอสมควร แต่มีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกัน สาเหตุอาจเนื่องมาจากปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น วัตถุดิบที่ได้มาจากกล้วยคนละต้น คนละแหล่งที่มา และอายุของต้นกล้วยที่แตกต่างกัน เป็นต้น

4.4 การศึกษาและพัฒนากรรมวิธีการผลิต

กรรมวิธีการผลิตตั้งแต่ต้นจนจบของการผลิตเส้นใยจากลำต้นกล้วยโดยใช้เครื่องจักร เริ่มต้นจากการตัดต้นกล้วยที่ออกผลผลิตไปแล้ว จากนั้นนำต้นกล้วยดังกล่าวมาทำการลอกกาบออกจากกัน ขั้นตอนต่อไปเป็นการตัดกาบกล้วยให้มีความยาว 70 เซนติเมตร และแบ่งความกว้างของกาบออกเป็น 3 ส่วน เมื่อได้วัตถุดิบมาแล้ว จึงทำการป้อนกาบกล้วยเข้าสู่เครื่องแยกเส้นใย โดยลักษณะของการป้อนเข้านั้นให้ทำการคว่ำกาบลง วิธีการป้อนเข้านั้นให้ทำการจับวัตถุดิบที่ปลายข้างหนึ่ง ให้ระยะจับอยู่ที่ประมาณ 10 เซนติเมตร ดันวัตถุดิบเข้าไปจนใกล้ระยะจับ จากนั้นให้ดึงกาบกล้วยออกมา ส่วนที่ถูกป้อนเข้าไปด้านในเครื่องจักรนั้นจะถูกตีจนเหลือแต่เส้นใยออกมาแล้วนำเส้นใยเหล่านั้นไปตากแห้ง โดยใช้เวลาประมาณ 1 วัน จากนั้นให้นำเส้นใยที่แห้งเต็มที่แล้วนั้นตัดเอาส่วนจับออกไปให้เหลือเพียงเส้นใยเท่านั้น ต่อมาจึงทำการแยกเส้นใยออกจากกัน โดยคัดเลือกเฉพาะเส้นใยที่มีความยาวมากเท่านั้น ส่วนเส้นใยสั้นให้คัดแยกออกไป จากการเก็บข้อมูลในขั้นตอนนี้พบว่า เส้นใยที่มีความยาวที่เหมาะสมจะเหลือเพียง 50% ของน้ำหนักเส้นใยแห้งที่ได้ออกมาจากเครื่องจักรเท่านั้น ที่เหลือ 50% จะเป็นเส้นใยสั้นที่ไม่สามารถนำไปผลิตต่อได้ ลำดับต่อไปเป็นการต่อเส้นใยเข้าด้วยกันโดยใช้การมัดเข้าด้วยกัน เพื่อให้เส้นใยมีความยาวขึ้น เส้นใยที่ต่อเข้าด้วยกันเหล่านี้จะถูกนำไปม้วนเข้ากับหลอดด้ายจนเต็ม เพื่อนำไปจำหน่ายต่อไป ดังรูปที่ 9

รูปที่ 9 ผลิตภัณฑ์เส้นใยจากลำต้นกล้วย

เวลาในการผลิตผลิตภัณฑ์ 1 หลอดนั้นจะใช้เวลาในการจัดเตรียมวัตถุดิบ 2.83 นาที เวลาในการแยกเส้นใยด้วยเครื่องจักร 2.8 นาที เวลาในการตากให้เส้นใยให้แห้ง 1 วัน และเวลาในกรรมวิธีหลังออกจากเครื่องจักร 214 นาที ซึ่งกรรมวิธีการผลิตเส้นใยจากลำต้นกล้วยโดยใช้เรื่องจักรนี้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแช่น้ำแล้วมีข้อดี คือ เวลาการผลิตทั้งกระบวนการรวดเร็วกว่า และไม่ก่อให้เกิดน้ำเสีย แต่มีข้อเสีย คือ เส้นใยที่ได้น้ำมีความสั้นกว่า ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่า

4.5 การทดสอบคุณสมบัติของเส้นใย

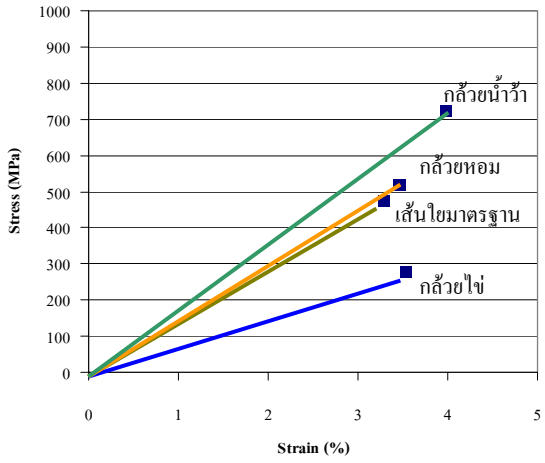
การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยที่มีชนิดของต้นกล้วยที่แตกต่างกันนั้น ซึ่งได้แก่ ความกว้าง ปริมาตร น้ำหนัก และความหนาแน่นของเส้นใย พบว่าผลการวิเคราะห์จากวิธีการเชิงสถิติแบบ One-way Anova นั้นไม่มีความแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยจากท้องตลาดแล้ว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องของคุณสมบัติทางกายภาพเช่นกัน โดยเส้นใยจากลำต้นกล้วยนั้นจะมีความกว้างของเส้นใยประมาณ 130 μm และมีน้ำหนัก 0.5 mg ต่อความยาวเส้นใย 50 cm

สำหรับผลการวิเคราะห์จากวิธีการเชิงสถิติแบบ One-way Anova ของคุณสมบัติความต้านทานแรงดึงของเส้นใยที่มีชนิดของกล้วยที่แตกต่างกันและเส้นใยมาตรฐานนั้น พบว่าค่าความเค้นและค่า Young's Modulus จะมีผลเมื่อชนิดของกล้วยมีการเปลี่ยนแปลง แต่สำหรับความสามารถในการยืดตัวของเส้นใยของชนิดกล้วยที่แตกต่างกันนั้นมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติความต้านทานแรงดึงของเส้นใยจากลำต้นกล้วยที่มีชนิดของกล้วยที่แตกต่างกัน

ชนิดของกล้วย	ความเค้น (MPa)	ความเครียด	ค่า Young's Modulus (GPa)
กล้วยน้ำว้า	723.28	3.97	28.29
กล้วยไข่	277.96	3.53	12.58
กล้วยหอม	518.58	3.46	22.09
เส้นใยมาตรฐาน	477.55	3.27	20.34

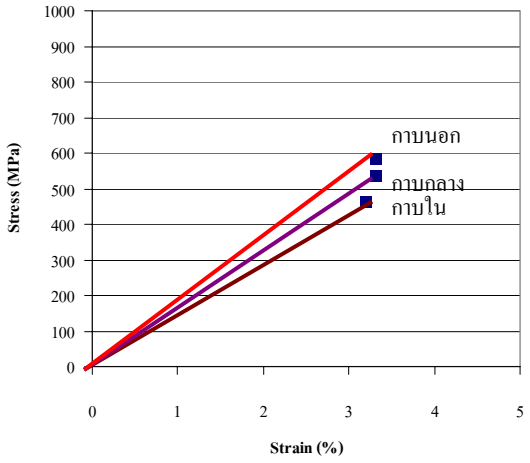
จากตารางที่ 2 สามารถที่จะนำไปวิเคราะห์สมบัติความต้านทานแรงดึงโดยใช้ Stress-Strain Curve **(รูปที่ 10)** พบว่าเส้นใยที่ได้จากกล้วยน้ำว้าเป็นเส้นใยที่มีความต้านทางแรงดึงสูงที่สุด รองลงมาเป็นกล้วยหอม เส้นใยมาตรฐาน และกล้วยไข่ ตามลำดับ นั่นหมายถึง เส้นใยจากกล้วยน้ำว้า และกล้วยหอมสามารถที่จะนำไปผลิตในอุตสาหกรรมสิ่งทอที่มีคุณสมบัติทัดเทียมกับเส้นใยมาตรฐานได้



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบ Stress – Strain Curve ของเส้นใยที่ได้จากงานวิจัยและเส้นใยมาตรฐาน

สำหรับเส้นใยที่มาจากระดับกาบที่แตกต่างกันนั้น จากผลการวิเคราะห์จากวิธีการเชิงสถิติแบบ One-way Anova ของคุณสมบัติความต้านทานแรงดึงของเส้นใย พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ดังรูปที่ 11 นั่นแสดงถึงเส้นใยจากระดับกาบที่แตกต่างกันสามารถที่จะ

นำมาใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ในทุกระดับกาบ โดยไม่มีความแตกต่างกันของคุณสมบัติความต้านทานแรงดึง



รูปที่ 11 Stress – Strain Curve ของเส้นใยที่มาจากระดับกาบที่แตกต่างกัน

4.6 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

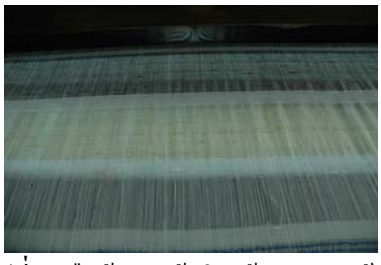
กรรมวิธีการผลิตเส้นใยจากลำต้นกล้วยโดยอาศัยเครื่องแยกเส้นใยนี้มีต้นทุนในการผลิตโดยแยกเป็นต้นทุนคงที่ ซึ่งได้แก่ เครื่องจักร และอุปกรณ์การผลิต ประมาณ 50,150 บาท และต้นทุนผันแปร ซึ่งได้แก่ ค่าวัตถุดิบ แรงงาน และค่าไฟฟ้า ประมาณ 116.71 บาทต่อหลอด ราคาขายที่อิงจากเส้นใยมาตรฐานของผู้ประกอบการ ราคา 250 บาทต่อหลอด ดังนั้นจุดคุ้มทุนของการผลิตเส้นใยจากลำต้นกล้วยโดยอาศัยเครื่องจักรอยู่ที่ 377 หลอด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับการผลิตด้วยวิธีการแช่น้ำ พบว่าต้นทุนการผลิตโดยอาศัยเครื่องจักรนั้นสูงกว่ามาก เนื่องจากการใช้แรงงานในกระบวนการต่อเส้นใยที่สูงกว่าถึง 6 เท่า เพราะการที่เส้นใยที่ออกมาจากเครื่องจักรมีความสั้นกว่าถึง 6 เท่านั่นเอง

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถที่จะสรุปได้ว่าการผลิตเส้นใยจากลำต้นกล้วยโดยใช้เครื่องจักรนี้มีความเป็นไปได้ในการผลิตเชิงพาณิชย์ที่จะส่งผลกำไรให้กับผู้ประกอบการ แต่เนื่องจากราคาขายที่แพงกว่าเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่น เช่น ฝ้าย อาจส่งผลกระทบต่อการนำไปใช้ที่แพร่หลายของผู้บริโภค

4.7 การทดลองเพื่อนำไปใช้ในสิ่งทอ

เส้นใยจากลำต้นกล้วยที่ได้จากงานวิจัยนี้ เมื่อนำไปทดลองตามกระบวนการการผลิตสิ่งทอ พบว่าในกระบวนการตีเกลียวสามารถทำได้ โดยเส้นใยมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่ใช้เวลาในการผลิตนาน ในกระบวนการฟอกขาวโดยใช้น้ำสบู่และโซดาแอ๊ซเพื่อทำให้เส้นใยเกิดความขาว และอ่อนตัวนั้น ไม่สามารถที่จะทำได้ โดยเส้นใยที่ได้จะมีสีน้ำตาลแดง และไม่เกิดการอ่อนตัว

กระบวนการย้อมสีเคมี และสีธรรมชาตินั้น พบว่าเส้นใยที่ได้จากงานวิจัยสามารถดูดซับสีได้ดีและทำให้มีความเงางามเพิ่มสูงขึ้น และในกระบวนการทอผ้า พบว่าเส้นใยจากลำต้นกล้วยนี้ไม่สามารถที่จะใช้เป็นเส้นยืนได้ เนื่องจากความเปราะของเส้นใย สามารถใช้เป็นเส้นพุ่งเท่านั้น โดยทำการผสมกับเส้นใยฝ้าย ซึ่งสามารถทอเป็นผืนผ้าได้จริง ดังรูปที่ 12 ผืนผ้าที่ได้มีความเงางามคล้ายเส้นไหม แต่ลักษณะผ้าจะมีความแข็งตัวสูง ไม่อ่อนนุ่ม แต่เมื่อนำไปผ่านกระบวนการซักด้วยผงซักฟอกแล้วจะทำให้ผืนผ้ามีความอ่อนนุ่มสูงขึ้น และมีการหดตัว



รูปที่ 12 ผืนผ้าจากเส้นใยกล้วยผสมกับฝ้าย

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า การผลิตเส้นใยจากลำต้นกล้วยโดยใช้เครื่องจักรนี้ สามารถที่จะนำไปผลิตได้จริง และผลผลิตดังกล่าวก็สามารถที่จะ

นำไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอได้เช่นกัน เนื่องจากคุณสมบัติที่ได้นั้นมีความทัดเทียมกันทั้งในด้านกายภาพและความสามารถในการต้านทานแรงดึง โดยกล้วยที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปผลิตจริงได้แก่ กล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม ในการผลิตด้วยเครื่องจักรค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เหมาะสมที่จะส่งผลให้ได้ผลผลิตมากที่สุดอยู่ที่ประมาณ 1,300 rpm ส่งผลให้ได้เส้นใยที่ 0.6926% ของน้ำหนัก

กรรมวิธีการผลิตของงานวิจัยนี้เมื่อเทียบจากเวลาแล้ว พบว่าจะใช้ระยะเวลาโดยรวมที่รวดเร็วกว่าวิธีการของผู้ประกอบการ รวมไปถึงไม่ส่งผลให้เกิดการเน่าเสียของน้ำที่ใช้ในการหมักสกัดด้วย แต่ข้อเสียเปรียบของเส้นใยที่ได้จากงานวิจัยนี้ คือ การที่ความยาวของเส้นใยต่อ 1 เส้นที่มีความยาวสั้น จึงส่งผลให้ต้นทุนแรงงานในการผลิตสูง และทำให้ราคาขายสูง อาจส่งผลต่อการใช้อย่างแพร่หลายของผู้บริโภค เส้นใยจากการทอลองสามารถที่จะนำไปตีเกลียว ย้อมสีเคมี ย้อมสีธรรมชาติ และนำไปทอเป็นผืนผ้าได้จริง

งานวิจัยนี้ควรที่จะได้รับการพัฒนาต่อเนื่อง โดยแนวทางการพัฒนา ได้แก่ การพัฒนาเครื่องจักรที่สามารถผลิตเส้นใยจากลำต้นกล้วยที่มีความยาวสูงขึ้น การลดเวลาในการต่อเส้นใยเข้าด้วยกัน รวมไปถึงการพัฒนาคุณภาพและคุณสมบัติของเส้นใยจากลำต้นกล้วยนี้ให้ทัดเทียมกับเส้นใยฝ้าย หรือไหม เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของสิ่งที่เหลือใช้จากการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยสามารถที่จะผลิตเป็นสินค้าหัตถกรรมของชุมชนผู้ปลูกกล้วย จนถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอนี้ให้เป็นที่สนใจในวงกว้างและตลาดสิ่งทอในระดับต่างประเทศต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] ทศพล อินทรแพทย์, ประสิทธิ์ สระทองหน และ สายัญ ทรัพย์กรณ์. 2544. เครื่องแยกเส้นใยจากกาบกล้วย. โครงการตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม วิทยาเขตเทเวศร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

[2] ธนิต กาศเกษม, พัฒนพงษ์ โพนชัย และ อนิรุตติ์ พลภูเมือง. 2545. การพัฒนาเครื่องตีเส้นใยกล้วย. ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

[3] วีระศักดิ์ อุดมกิจดชา. 2542. วิทยาศาสตร์เส้นใย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[4] K. Murali Mohan Rao and K. Mohana Rao, “Extraction and Tensile Properties of Natural Fibers : Vakka, Date and Bamboo”, Composite Structures, 2005.

[5] Ketty Bilba, Marie-Ange Arsene and Alex Ouensanga, “Study of Banana and Coconut Fibers : Botanical Composition, Thermal Degradation and Textural Observation”, Bioresource Technology 98, p.58 – 68, 2007.

[6] Laly A. Pothan, Petra Potschke, Rudiger Habler and Sabu Thomas, “The Static and Dynamic Mechanical Properties of Banana and Glass Fiber Woven Fabric-Reinforced Polyester Composite”, Journal of Composite Materials, Vol.39 No.11, 2005.

[7] N. Cordeiro, M.N. Belgacem, I.C. Torres and J.C.V.P. Moura, “Chemical Composition and Pulping of Banana Pseudo-stems”, Industrial Crops and Products 19, p.147 – 154, 2004.

[8] Narendra Reddy and Yiqi Yang, “Biofibers from Agriculture Byproducts for Industrial Applications”, Trends in Biotechnology, Vol.23 No.1, January 2005.