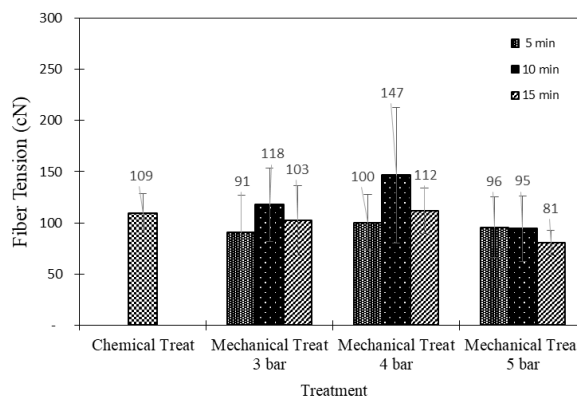


ภาพที่ 4 กราฟแสดงขนาดเส้นใยคาหลาที่ปรับปรุงด้วยด้วยเครื่องจักรต้นแบบและวิธีเคมี

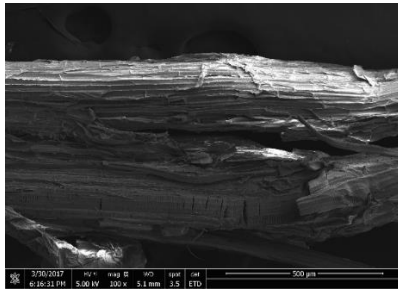
เส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงความละเอียดด้วยเครื่องจักรต้นแบบและปรับปรุงด้วยวิธีเคมีของวิสาหกิจชุมชน บ้านนาโอน มีค่าความละเอียดมากกว่า 8 ไมโครเมตร แสดงว่าเส้นใยมีความละเอียดอยู่ในระดับความหยาบสูง ตามลักษณะเฉพาะตัวของเส้นใยคาหลา ซึ่งจะมีลักษณะใกล้เคียงกับพืชที่นำเส้นใยจากส่วนของเปลือกหรือลำต้นมาใช้งานกรณีพืชอื่นๆ เช่น ป่าน ปอ เป็นต้น

สมบัติเชิงกลของเส้นใย

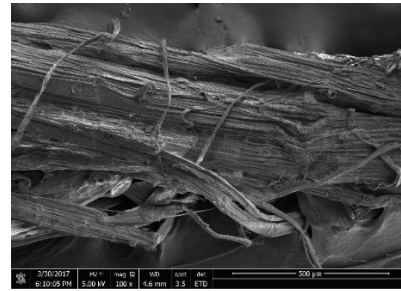
จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 ตัวอย่าง พบว่า การปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยด้วยเครื่องจักรต้นแบบ ที่แรงดัน 4 Bar เป็นเวลา 10 นาที เส้นใยมีค่าการรับแรงดึงของเส้นใยมากที่สุดที่ 147 เซนตินิวตัน ขณะที่วิธีเคมีมีค่าการรับแรงดึงของเส้นใยเท่ากับ 109 เซนตินิวตัน ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลกระทบระหว่างแรงกดและระยะเวลา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



ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยของเส้นใยคาหลา



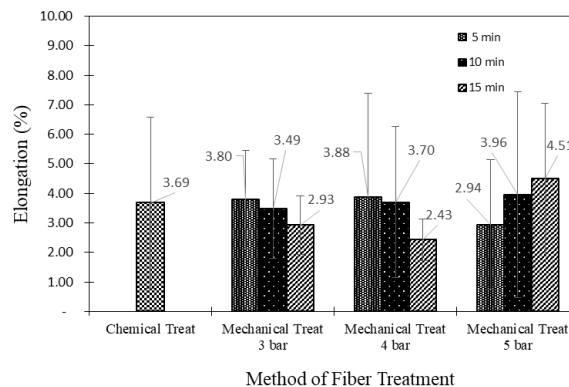
ก) เส้นใยคาหลาที่ไม่ผ่านการปรับปรุง



ข) เส้นใยคาหลาปรับปรุงความละเอียดด้วย
เครื่องจักรต้นแบบที่แรงดัน 5 Bar เวลา 5 นาที

ภาพที่ 6 ลักษณะเส้นใยคาหลาที่ผ่านการปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยด้วยเครื่องจักรต้นแบบ

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



ภาพที่ 7 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยึดตัวของเส้นใยคาหลา

สมบัติทางเคมีของเส้นใย

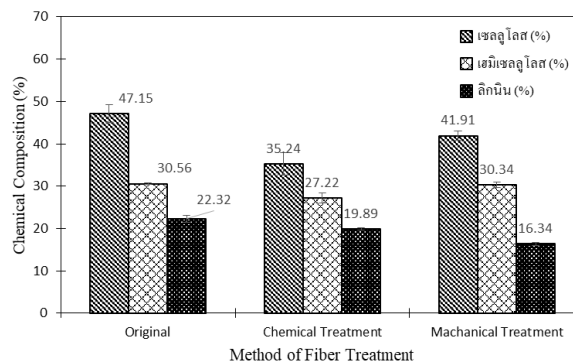
ธาตุองค์ประกอบทางเคมีที่ตรวจพบในเส้นใย คือ คาร์บอน และออกซิเจน ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เซลลูโลส, เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน และธาตุองค์ประกอบที่มาจากธาตุอาหารที่พืชดูดซึม ได้แก่ โพแทสเซียม แมกนีเซียมคลอรีน แคลเซียม และพบปริมาณธาตุโซเดียมในเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยวิธีเคมี 0.56% มากกว่าเส้นใยคาหลาก่อนปรับปรุงที่ 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

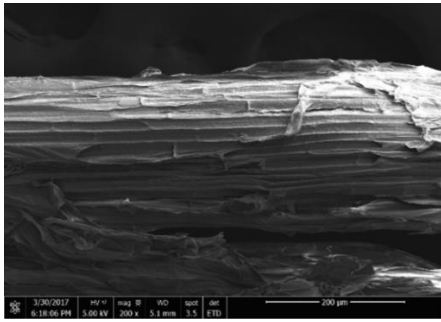
การปรับปรุงเส้นใยด้วยเครื่องจักรต้นแบบและวิธีเคมี ทำให้ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินลดลง โดยวิธีเคมีสามารถกำจัดเฮมิเซลลูโลสได้มากกว่าการใช้เครื่องจักรต้นแบบ เพราะสารละลายที่ใช้ในวิธีเคมีสามารถกระทำต่อเส้นใยได้ทั่วถึงตลอดเส้นใย แต่การใช้เครื่องจักรต้นแบบ แรงกดจากเครื่องจักรจะไม่สามารถกระทำได้ดีตลอดเส้นใย จึงทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูงกว่าวิธีเคมี ดังแสดงในภาพที่ 9



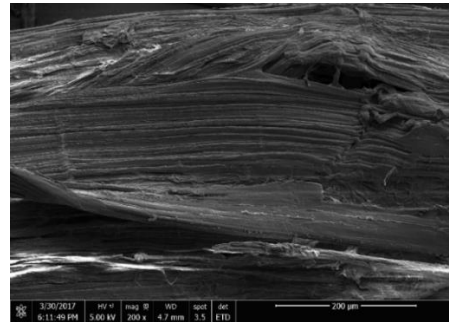
ภาพที่ 9 กราฟแสดงปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในเส้นใยดาหลายแบบ

การวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานวิทยาของเส้นใย

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

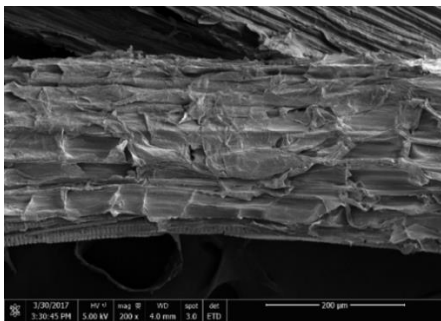


ก) เส้นใยคากาที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง

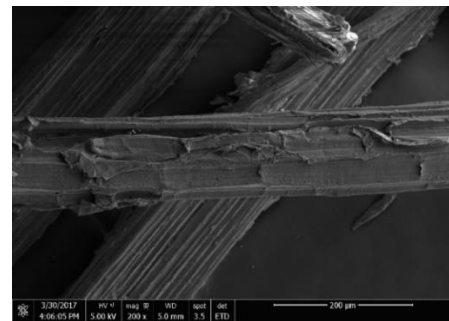


ข) เส้นใยคากาปรับปรุงด้วยวิธีเคมี

ภาพที่ 10 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยคากาปรับปรุงด้วยวิธีเคมี ที่ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า

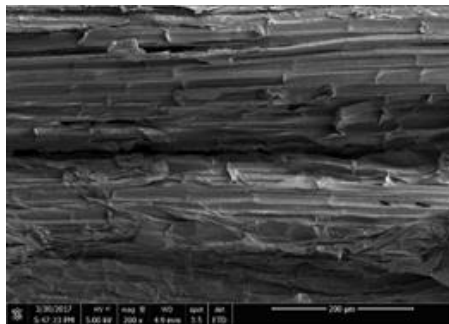


ก) เส้นใยคากาปรับปรุงด้วยเครื่องจักรต้นแบบ ที่
แรงกด 3 Bar 5 นาที

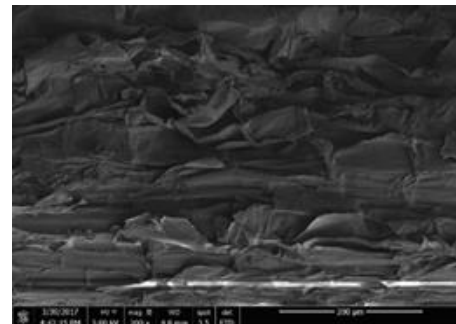


ข) เส้นใยคากาปรับปรุงด้วยเครื่องจักรต้นแบบ ที่
แรงกด 3 Bar 10 นาที

ภาพที่ 11 แสดงลักษณะทางของเส้นใยคากาที่ปรับปรุงด้วยเครื่องจักรต้นแบบ ที่แรงกด 3 Bar



ก) เส้นใยคากาปรับปรุงด้วยเครื่องจักร
ต้นแบบ ที่แรงกด 3 Bar เป็นเวลา 5 นาที



ข) เส้นใยคากาปรับปรุงด้วยเครื่องจักร
ต้นแบบ ที่แรงกด 4 Bar เป็นเวลา 5 นาที

ภาพที่ 12 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยเครื่องจักรต้นแบบ เป็นเวลา 5 นาที

ตอนที่ 2 ผลการสำรวจความพึงพอใจในการใช้เครื่องจักรต้นแบบด้วยเทคนิค IOC

ผลการสำรวจความพึงพอใจในการใช้เครื่องจักรต้นแบบ ที่ได้พัฒนาขึ้น โดยเป็นความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ และผู้ที่เกี่ยวข้องจำนวน 7 ท่าน พบว่า เครื่องจักรต้นแบบสำหรับปรับปรุงเส้นใยมีความเหมาะสม โดยรวมคิดเป็นร้อยละ 97.14

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องจักรต้นแบบและวิธีเคมี

การวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องจักรต้นแบบ ดีกว่าในด้านระยะเวลาในการผลิต ต้นทุนด้านแรงงาน ต้นทุนการผลิต เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพจากวิธีเคมีที่วิสาหกิจชุมชนบ้านนาโอนใช้อยู่เดิม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการประมาณการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้เครื่องจักรต้นแบบและวิธีเคมี

รายการเปรียบเทียบ	วิธีเคมี	วิธีเชิงกลด้วยเครื่องจักรต้นแบบ	ผลต่าง
1. ระยะเวลาในการผลิตเส้นใย ต่อผลผลิตเส้นใยคาหลา 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 ผลผลิตเส้นใยคาหลา 2 กิโลกรัม	ต้นทุนสารเคมี 20 ลิตรๆ ละ 200 บาทเป็นเงิน 4,000 บาท	ประมาณการ ต้นทุนไฟฟ้า 20 บาท และซ่อมบำรุง 100 บาท	3,880 บาท

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์สมบัติเส้นใยที่ผ่านเครื่องจักรต้นแบบ

เมื่อนำต้นคาหลามาทำให้เป็นเส้นใยด้วยเครื่องจักรต้นแบบ พบว่าเมื่อเวลาในการการบีบอัดเพิ่มขึ้นทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง และยังพบว่าเมื่อเพิ่มแรงดันในการบีบอัดทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง โดยเส้นใยที่มีขนาดเล็กที่สุดจากผลการทดลอง ได้จากการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลด้วยเครื่องจักรต้นแบบ ที่แรงกด 5 Bar ระยะเวลา 15 นาที โดยค่าความละเอียดของเส้นใยคาหลา มีค่าความละเอียดมากกว่า 8 ไมโครเมตร

กรณีสมบัติเชิงกล พบว่าค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยของเส้นใยขึ้นอยู่กับแรงกดและระยะเวลา โดยเส้นใยจะมีค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยในทิศทางที่เพิ่มขึ้น และค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยจะลดลงหลังจากใช้แรงกดนานกว่า 10 นาที เพราะเมื่อมีแรงกระทำต่อเส้นใยคาหลาในระยะเวลาหนึ่ง ส่งผลให้เส้นใยแยกเป็นเส้นใยขนาดเล็กลงจึงมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่เมื่อใช้เวลานานขึ้นเส้นใยถูกแรงกดกระทำเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการหักพับของเส้นใยจึงทำให้ความแข็งแรงของเส้นใยลดลง ค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยืดตัวของเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยเครื่องจักรต้นแบบ มีแนวโน้มที่จะลดลง เพราะแรงบีบอัดจากวิธีเชิงกลจะทำให้เส้นใยเกิดการหัก พับ เมื่อมีแรงดึงจึงเกิดการฉีกขาดได้จากรอยหัก รอยพับ หรือรอยแตกที่เกิดขึ้น

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของเส้นใย พบว่าเส้นใยที่ผ่านเครื่องปรับปรุงความละเอียดของเส้นใย มีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินลดลง เป็นที่น่าสังเกตว่าวิธีเคมีสามารถกำจัดเฮมิเซลลูโลสได้ดีกว่าวิธีเชิงกล เพราะสารละลายที่ใช้ในการปรับปรุงเส้นใยคาหลา สามารถกระทำต่อเส้นใยได้ทั่วถึงตลอดเส้นใย แต่การใช้เครื่องจักรต้นแบบจะไม่สามารถกระทำได้ดีตลอดเส้นใย จึงทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูงกว่าวิธีเคมี

อย่างไรก็ตามวิธีกล ก็ยังเป็นวิธีที่น่าสนใจในการปรับปรุงเส้นใย เพราะข้อดีหลายประการ เช่น ระยะเวลาในการปรับปรุงเส้นใยน้อยกว่ามาก ไม่มีสารเคมีตกค้างในเส้นใย และไม่ต้องกำจัดสารเคมีที่เหลือจากกระบวนการปรับปรุงเส้นใยแบบวิธีเคมี การปรับปรุงด้วยวิธีเคมี ค่าความเป็นด่างสูงกว่าการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล คาดว่าน่าจะมีการใช้สารเคมีซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างในการปรับปรุงเส้นใย ส่งผลให้มีสารเคมีบางส่วนตกค้างในเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุง และคาดว่าสารละลายที่วิสาหกิจชุมชนฯ ใช้ในการปรับปรุงเส้นใยมีสวนผสมของโซเดียมไฮดรอกไซด์

ด้านสัญญาณวิทยภาพพบว่า เส้นใยที่ได้จากเครื่องปรับปรุงความละเอียดของเส้นใย จะมีขนาดเล็กลงตามระยะเวลาที่แรงกดกระทำต่อเส้นใย เพราะระยะเวลาในการกด ส่งผลให้โครงสร้างของเส้นใยมีการแยกตัวมากขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น และความดันที่ใช้ในการกด ส่งผลให้โครงสร้างของเส้นใยมีการแยกและหักพับที่เพิ่มขึ้น

ตอนที่ 2 ผลการสำรวจโดยใช้แบบสอบถาม ด้วยเทคนิค IOC

เครื่องปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยมีความเหมาะสม โดยรวมคิดเป็นร้อยละ 97.14 ทั้งในด้านการออกแบบ ด้านการใช้งานเครื่องและความปลอดภัย และด้านผลผลิต

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องจักรต้นแบบและวิธีเคมี

ประสิทธิภาพของเครื่องปรับปรุงความละเอียดของเส้นใย ดีกว่าการปรับปรุงเส้นใยด้วยการใช้สารเคมี ในด้านระยะเวลาในการผลิต ต้นทุนด้านแรงงาน ต้นทุนการผลิต เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพจากวิธีเคมีที่วิสาหกิจชุมชนบ้านนาอินใช้อยู่เดิม

สรุปผลการวิจัย

ได้ออกแบบและสร้างเครื่องจักรต้นแบบเพื่อปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยคาหลา ทดลองใช้งานโดยผู้เกี่ยวข้อง ได้แก่ สมาชิกของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเส้นใยคาหลาบ้านนาอิน จังหวัดนครราชสีมา จากการนำไปใช้งานอย่างต่อเนื่อง ยังไม่พบปัญหาจากการใช้งานเครื่องจักร เมื่อพิจารณาสมบัติเส้นใยคาหลาที่ผ่านการปรับปรุงความละเอียดโดยใช้เครื่องจักร พบว่าเครื่องจักรต้นแบบสามารถแยกเส้นใยให้มีขนาดเล็กลงได้ โดยระยะเวลาในการปรับปรุงเส้นใย ที่ให้ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยเฉลี่ยสูงสุดคือ 10 นาที ซึ่งมีค่าสูงกว่าการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี สภาวะที่เหมาะสมในการใช้เครื่องจักรต้นแบบเพื่อปรับปรุงความละเอียดของเส้นใย คือ ที่แรงกด 4 Bar 10 นาที การใช้เครื่องจักรต้นแบบ มีข้อดีว่าการใช้วิธีเคมี คือมีระยะเวลาในการผลิตน้อยกว่า และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า เนื่องจากไม่มีการใช้สารเคมีในกระบวนการ การศึกษาประสิทธิภาพและความพึงพอใจในการใช้เครื่องจักรต้นแบบ พบว่ามีความเหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 97.14

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.แววบุญ แยมแสงสังข์ และ ผศ.ดร.กัลทิมา เชาวัญญชัยกุล ที่ได้กรุณาได้รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความทุ่มเททั้งการปรึกษาแนะนำ และกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จได้เป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ศิรินทร ทองแสง ที่ให้ความกรุณามาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำที่

ผู้วิจัยจะได้ไปปฏิบัติให้เกิดประโยชน์ต่อไป ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์เส้นใย และทีมงานห้องวิจัยทุกๆท่าน ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรพรรณราย รักษ์งาร ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อาจารย์ สาลินี ศรีวงษ์ชัย คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ที่ให้คำแนะนำความรู้และความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ทดสอบเส้นใย ผู้วิจัยจะนำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปเผยแพร่ให้เกิดประโยชน์ หากมีความผิดพลาดประการใดผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- คาริกา ดาวจันอัด, อนันต์ อักษรสร และคณะ. การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับคาหลาในเชิงพาณิชย์ด้วยการสกัดเส้นใยจากลำต้นคาหลาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการทอผ้าในจังหวัดนราธิวาส. ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร; 2558; 123-136.
- สาลินี ศรีวงษ์ชัย. การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากการปรับสภาพก้อนเชื้อเห็ดเก่าด้วยความร้อนขึ้น. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6; 25 พฤศจิกายน 2559; 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