



การผลิตและการใช้กระบวนการทางภาพตรวจสอบสมบัติของเส้นใยสำหรับไหมออร์

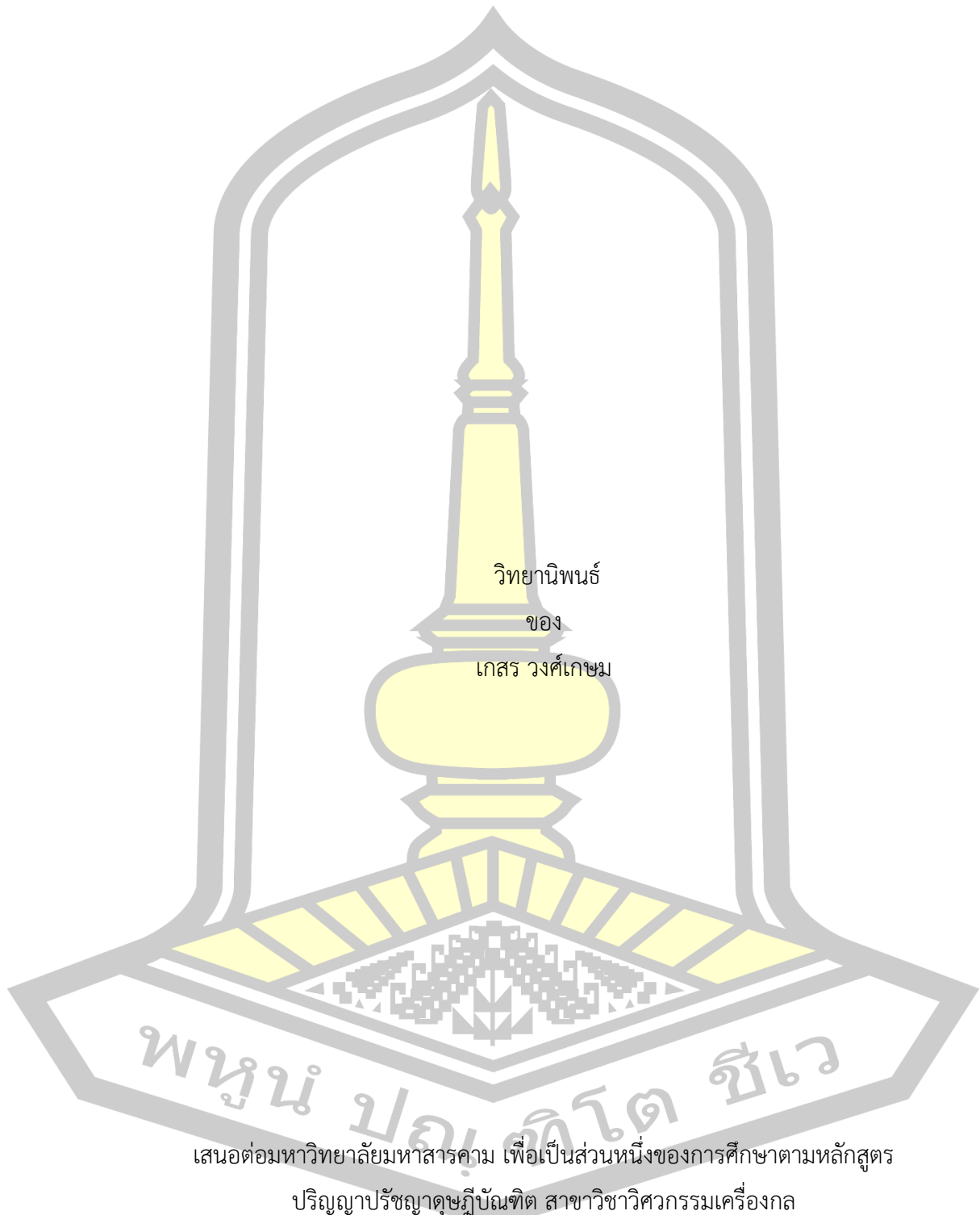
วิทยานิพนธ์
ของ
เกสร วงศ์เกษม

พหุ ภัณฑิโต ชิเว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
มีนาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การผลิตและการใช้กระบวนการทางภาพตรวจสอบสมบัติของเส้นใยสำหรับไหมอีรี่



วิทยานิพนธ์

ของ

เกสร วงศ์เกษม

พูน ปลูกโต ชีเว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

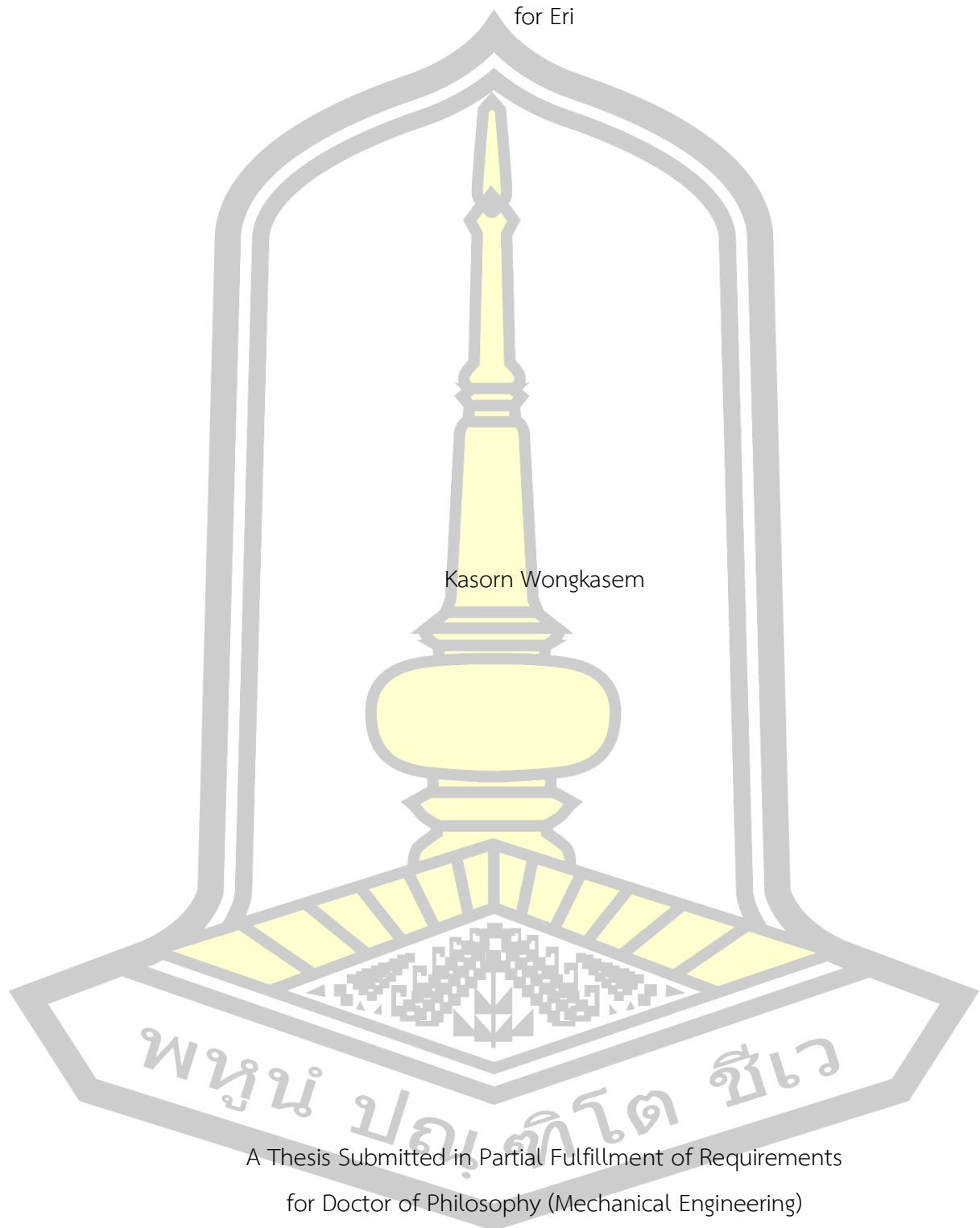
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

มีนาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Production and Inspection Using Image Processing to Inspect the Properties of Fibers

for Eri



Kasorn Wongkasem

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering)

March 2019

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางเกสร วงศ์เกษม แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา ศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ศ. ดร. ระพีพันธ์ ปิตาคะโส)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. เกียรติสิน กาญจนวนิชกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รศ. ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป)

กรรมการ

(ผศ. ดร. อธิวัฒน์ ชมภูคำ)

กรรมการ

(ผศ. ดร. วสันต์ ดั่งคำจันทร์)

กรรมการ

(รศ. ดร. บพิช บุปไพโรจน์)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา ศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(รศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การผลิตและการใช้กระบวนการทางภาพตรวจสอบสมบัติของเส้นใยสำหรับไหมอیری		
ผู้วิจัย	เกสร วงศ์เกษม		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกียรติสิน กาญจนวนิชกุล รองศาสตราจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป		
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2562

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงไหมอیریและผลิตผลิตภัณฑ์ของไหมอیریมากขึ้น เช่น เส้นใย เส้นด้ายและผืนผ้า ราคาของผลิตภัณฑ์ขึ้นกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น ปัญหาที่พบคือ ยังไม่มีเครื่องมือที่ช่วยเกษตรกรรายย่อยผลิตเส้นใยหรือเส้นด้ายให้ได้คุณภาพ ตลอดจน ระบบในการตรวจก็ยังคงเป็นแบบมองด้วยตาเปล่าหรือตรวจผ่านกล้องจุลทรรศน์ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ พัฒนาเครื่องมือที่ช่วยในการผลิตเส้นใยและเส้นด้าย อีกทั้งประยุกต์ใช้กระบวนการทางภาพตรวจสอบคุณภาพของเส้นใยและเส้นด้าย โดยพัฒนาเครื่องเปดรังไหมและเครื่องสาวไหมเพื่อผลิตเส้นใย เครื่องเปดรังไหมมีขนาดโดยรวมคือ มีความกว้าง 600 มิลลิเมตร ยาว 1800 มิลลิเมตร และสูง 930 มิลลิเมตร น้ำหนักโดยประมาณ 150 กิโลกรัม เครื่องเปดรังไหมสามารถปรับความเร็วของตัวป้อนได้ตั้งแต่ 0.324 ถึง 0.810 เมตรต่อนาที จากการทดลองพบว่า เครื่องเปดรังไหมสามารถเปดรังไหมได้ดีที่สุดเมื่อปรับอัตราการป้อนแผ่นรังไหมเข้าเครื่องที่ 0.324 เมตรต่อนาที โดยเส้นใยที่ได้จะมีปมปมเหลืออยู่เพียงร้อยละ 3.20 ได้เส้นด้ายที่มีขนาดเล็กคือเบอร์ 3 (Metric Count) และมีความสม่ำเสมอโดยมีปมปมอยู่ที่ 122 ปม สำหรับเครื่องสาวรังไหมที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ มีขนาดโดยรวมคือกว้าง 800 มิลลิเมตร ยาว 1,800 มิลลิเมตร และสูง 1500 มิลลิเมตร น้ำหนักโดยประมาณ 500 กิโลกรัม เครื่องประกอบด้วย ถาดป้อนรังไหม หัวป้อนรังไหมเข้าตัวเครื่อง ลูกกลิ้งตัวกลางพันด้วยหนามพันสั้นใช้นำเส้นใยไปหัวสาวต่างๆ หัวหนามสาวจำนวน 2 หัว และหัวม้วนเก็บไหม สามารถปรับความเร็วของลูกกลิ้งตัวป้อนได้ตั้งแต่ 0.068 ถึง 5.34 เมตรต่อนาที และลูกกลิ้งหนามสาวสามารถปรับความเร็วได้ตั้งแต่ 371.33 ถึง 491.97 เมตรต่อนาที จากการทดลองพบว่า เส้นใยที่ได้จากการสาวมีการกระจายตัวอย่างเป็นระเบียบและไม่มีปมปมเหลือในเส้นใยเลย เครื่องสาวเส้นใยที่มีการป้อนแผ่นเส้นใยด้วยความเร็ว 0.068 เมตรต่อนาที พบว่า มีอัตราการผลิตเฉลี่ยคือ 750 กรัมต่อชั่วโมง เส้นด้ายที่ผลิตจากเส้นใยของเครื่องสาวมีขนาดโดยเฉลี่ยอยู่ที่เบอร์ 4 ในกรณีสาวรังไหม และเบอร์ 6 ในกรณีสาวไหมที่เปิดแล้วในการพัฒนากระบวนการทางภาพเพื่อช่วยในการตรวจสอบ

คุณภาพเส้นใยโดยพิจารณาจากร้อยละของปมปมที่เหลือบนเส้นใย โดยเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีการนับพื้นที่ พบว่า มีค่าความแม่นยำโดยเฉลี่ยร้อยละ 86.98 และเมื่อใช้กระบวนการทางภาพที่พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยหาปมปมบนเส้นด้าย พบว่า มีค่าความแม่นยำโดยเฉลี่ยร้อยละ 95.71 และเมื่อเทียบเวลาในการทำงานพบว่าสามารถลดเวลาในการทำงานได้ถึง 100 เท่า จากผลการวิจัยที่ผ่านมา สามารถกล่าวได้ว่า เครื่องเปิดรังไหมและเครื่องสาวไหมตลอดจนกระบวนการทางภาพที่ได้พัฒนาเพื่อช่วยตรวจสอบคุณภาพเส้นใยเส้นด้าย สามารถช่วยในกระบวนการผลิตเส้นใยเส้นด้ายได้เป็นอย่างดี และสามารถนำไปต่อยอดใช้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงและผลิตไหมอริได้ต่อไป

คำสำคัญ : ไหมอริ, เครื่องเปิดรังไหม, เครื่องสาวไหม



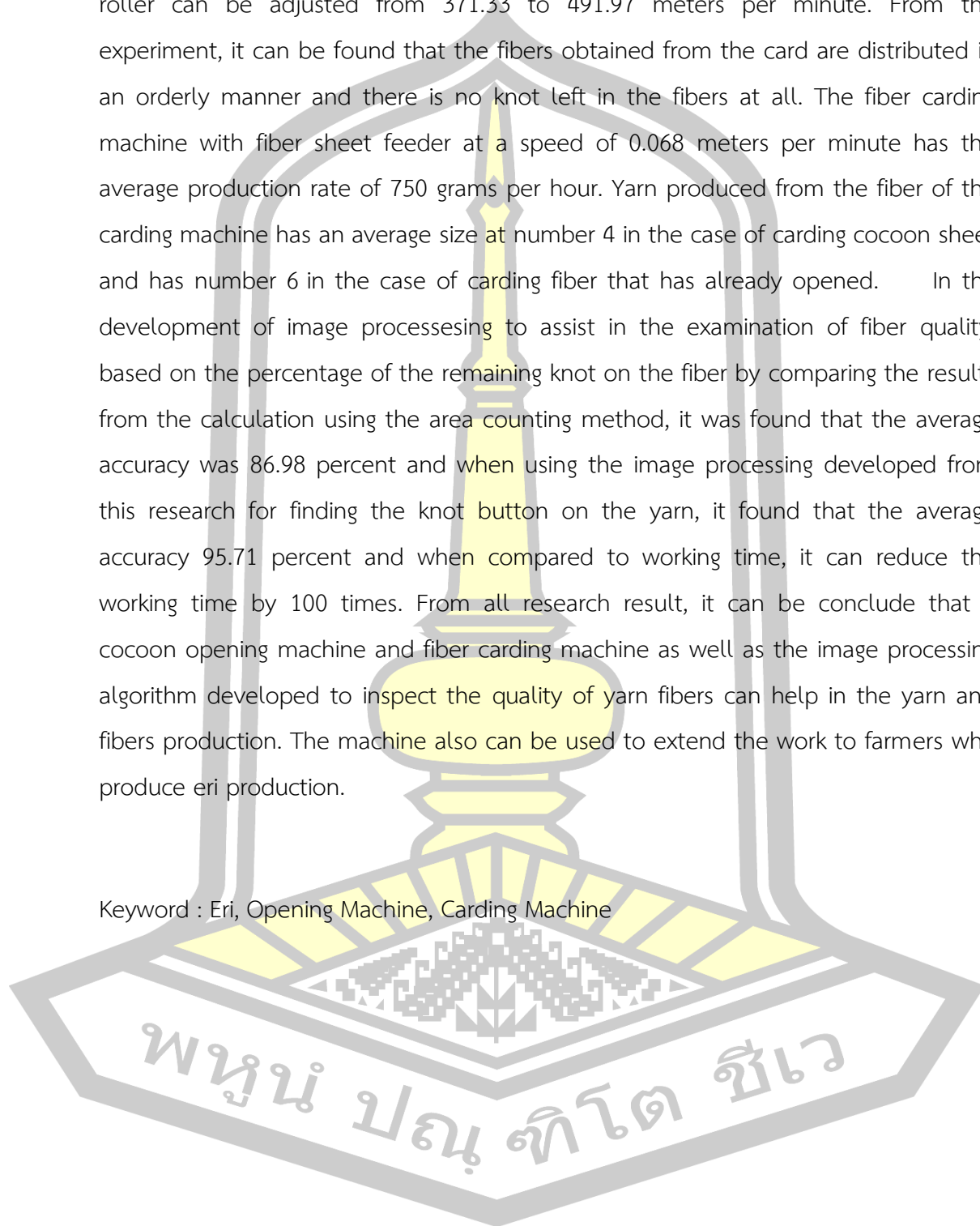
TITLE	Production and Inspection Using Image Processing to Inspect the Properties of Fibers for Eri		
AUTHOR	Kasorn Wongkasem		
ADVISORS	Assistant Professor Kiattisin Kanjanawanishkul , Ph.D. Associate Professor Keartisak Sriprateep , Ph.D.		
DEGREE	Doctor of Philosophy	MAJOR	Mechanical Engineering
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2019

ABSTRACT

At present, there are more encouragement for farmers to raise eri silk and produce more products such as fibers, yarns and fabrics. The price of the product depends on the quality of the product. The problem is there are no tools that help farmers to produce fibers or yarns, as well as the inspection system is still inspected by a naked eye or inspected via microscope. Therefore, the objective of this research is to develop tools that help in the fibers and yarns production and applying the image processing to check the quality of fibers and yarns by developing a cocoon opening machine and a fibers carding machine. The cocoon opening machine has a total size of 600 mm, length of 1800 mm, and height of 930 mm, weight of about 150 kg. The cocoon machine can adjust the feeder speed from 0.324 to 0.810 m per minute. From the experiment, it found that the cocoon opening machine can best open the cocoon when adjusting the feed rate of cocoon sheet to 0.324 meters per minute. The knot remained in fiber is only 3.20 percent, the smaller yarn is 3 (Metric Count) was obtained and yarn has the consistency with a knot at 122 knots. For the cocoon opening machine developed in this research, the overall size is 800 mm wide, 1,800 mm long and 1500 mm high, weighing about 500 kg. The machine consists of a cocoon tray, a cocoon feeder for feeding cocoon sheet into the machine, an intermediate roller was installed thorns which have short teeth. This intermediate roller is used to bring fibers to various threads. Moreover, a carding machine consists of two heads of thorns and a roller for keep fiber. The speed of

the feeder roller can be adjusted from 0.068 to 5.34 meters per minute and the roller can be adjusted from 371.33 to 491.97 meters per minute. From the experiment, it can be found that the fibers obtained from the card are distributed in an orderly manner and there is no knot left in the fibers at all. The fiber carding machine with fiber sheet feeder at a speed of 0.068 meters per minute has the average production rate of 750 grams per hour. Yarn produced from the fiber of the carding machine has an average size at number 4 in the case of carding cocoon sheet and has number 6 in the case of carding fiber that has already opened. In the development of image processing to assist in the examination of fiber quality, based on the percentage of the remaining knot on the fiber by comparing the results from the calculation using the area counting method, it was found that the average accuracy was 86.98 percent and when using the image processing developed from this research for finding the knot button on the yarn, it found that the average accuracy 95.71 percent and when compared to working time, it can reduce the working time by 100 times. From all research result, it can be conclude that a cocoon opening machine and fiber carding machine as well as the image processing algorithm developed to inspect the quality of yarn fibers can help in the yarn and fibers production. The machine also can be used to extend the work to farmers who produce eri production.

Keyword : Eri, Opening Machine, Carding Machine



กิตติกรรมประกาศ

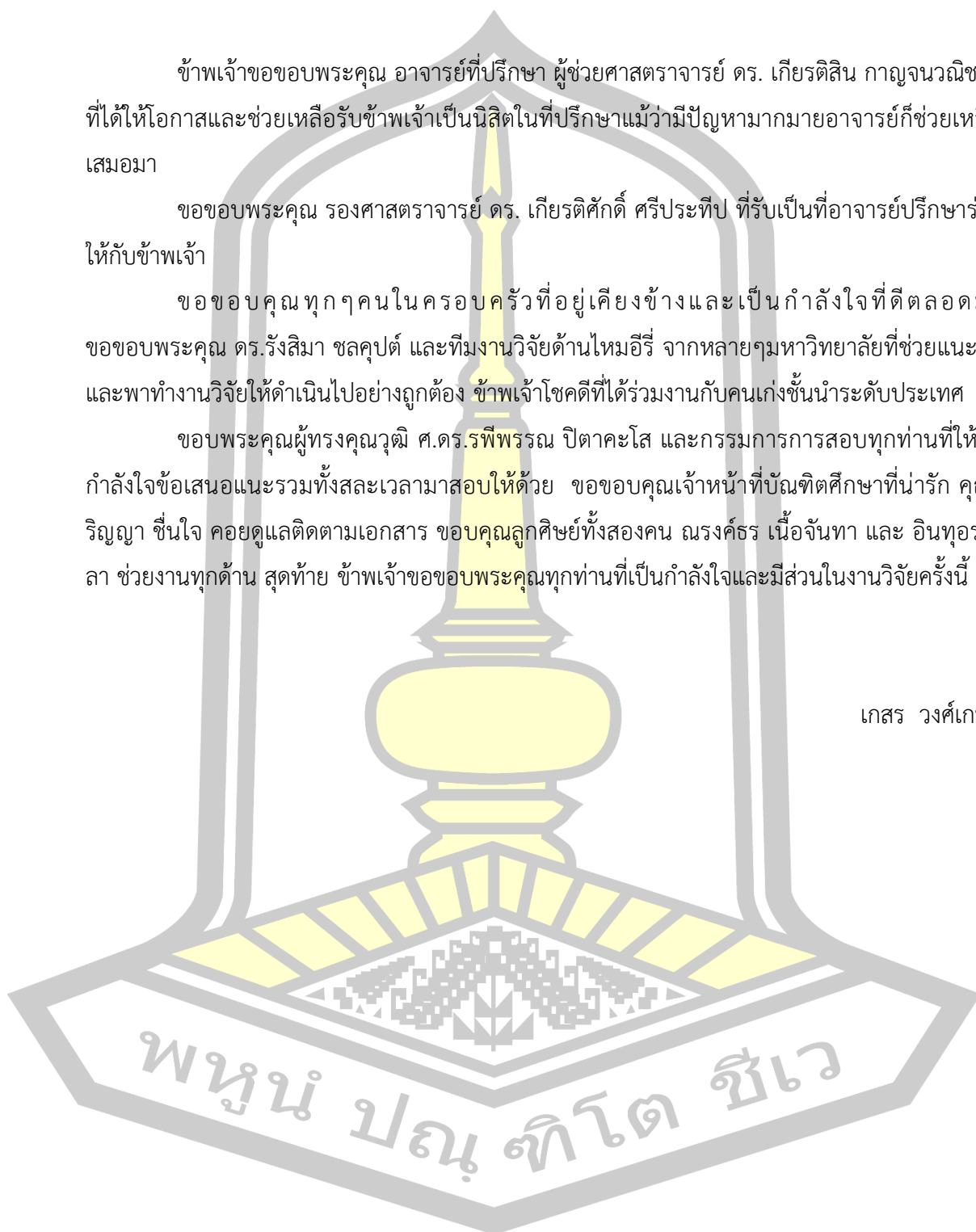
ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกียรติสิน กาญจนวณิชกุล ที่ได้ให้โอกาสและช่วยเหลือรับข้าพเจ้าเป็นนิสิตในที่ปรึกษาแม้ว่ามีปัญหามากมายอาจารย์ก็ช่วยเหลือเสมอมา

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป ที่รับเป็นที่อาจารย์ปรึกษาร่วมให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณทุกๆคนในครอบครัวที่อยู่เคียงข้างและเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา ขอขอบพระคุณ ดร.รังสีมา ชลคุปต์ และทีมงานวิจัยด้านไหมอีรี่ จากหลายๆมหาวิทยาลัยที่ช่วยแนะนำและพาทำงานวิจัยให้ดำเนินไปอย่างถูกต้อง ข้าพเจ้าโชคดีที่ได้ร่วมงานกับคนเก่งชั้นนำระดับประเทศ

ขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ศ.ดร.รพีพรรณ ปีตาคะโส และกรรมการการสอบทุกท่านที่ให้ทั้งกำลังใจข้อเสนอแนะรวมทั้งสละเวลามาสอบให้ด้วย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บัณฑิตศึกษาที่น่ารัก คุณวริญญา ชื่นใจ คอยดูแลติดตามเอกสาร ขอขอบคุณลูกศิษย์ทั้งสองคน ณรงค์ธร เนื้อจันทา และ อินทุอร ปีลา ช่วยงานทุกด้าน สุดท้าย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านที่เป็นกำลังใจและมีส่วนในงานวิจัยครั้งนี้

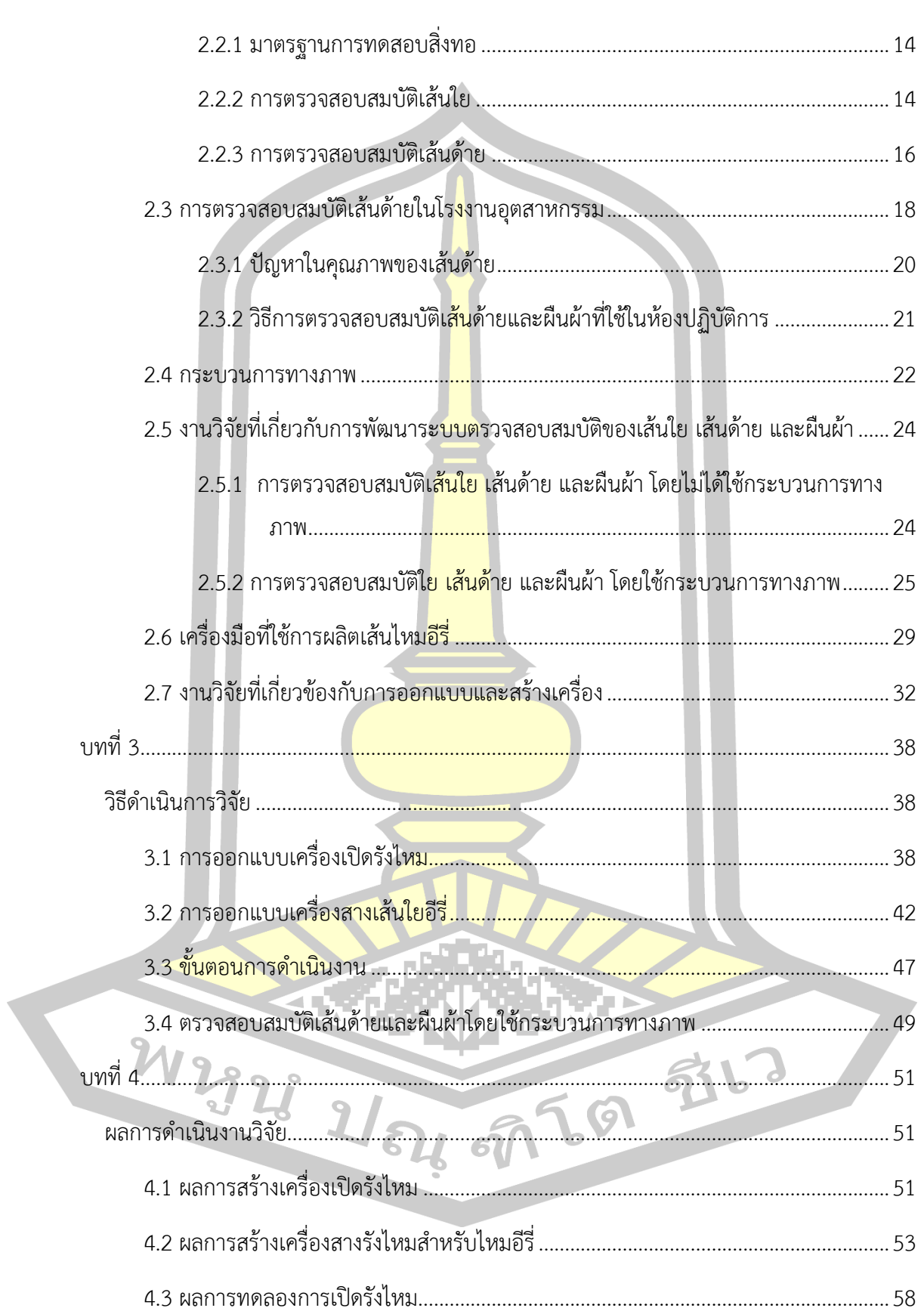
เกสร วงศ์เกษม



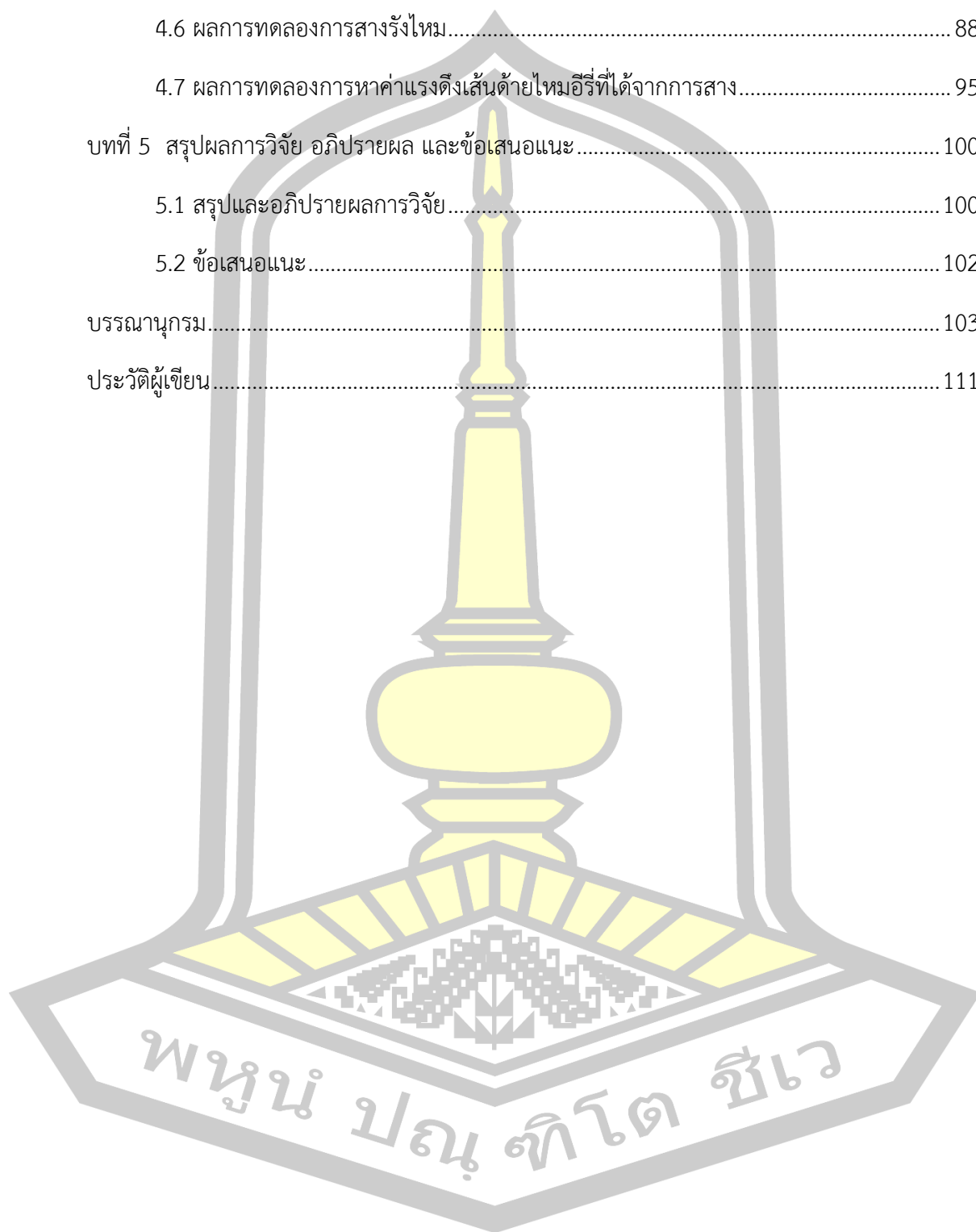
สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพประกอบ.....	ฐ
บทที่ 1.....	1
บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของการวิจัย.....	1
1.2 ความมุ่งหมายของงานวิจัย.....	3
1.3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	4
1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	4
1.5 ขอบเขตงานวิจัย.....	4
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้จากงานวิจัยครั้งนี้.....	4
บทที่ 2.....	5
ปริทัศน์เอกสารข้อมูล.....	5
2.1 นิยามของเส้นใย เส้นด้าย และผืนผ้า.....	5
2.1.1 เส้นใย.....	5
2.1.2 เส้นด้าย.....	10
2.1.3 ผ้า.....	11
2.2 การตรวจสอบสมบัติของเส้นด้าย เส้นใย รวมทั้งผืนผ้า.....	12

2.2.1	มาตรฐานการทดสอบสิ่งทอ	14
2.2.2	การตรวจสอบสมบัติเส้นใย	14
2.2.3	การตรวจสอบสมบัติเส้นด้าย	16
2.3	การตรวจสอบสมบัติเส้นด้ายในโรงงานอุตสาหกรรม	18
2.3.1	ปัญหาในคุณภาพของเส้นด้าย	20
2.3.2	วิธีการตรวจสอบสมบัติเส้นด้ายและฝืนผ้าที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ	21
2.4	กระบวนการทางภาพ	22
2.5	งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาระบบตรวจสอบสมบัติของเส้นใย เส้นด้าย และฝืนผ้า	24
2.5.1	การตรวจสอบสมบัติเส้นใย เส้นด้าย และฝืนผ้า โดยไม่ได้ใช้กระบวนการทางภาพ	24
2.5.2	การตรวจสอบสมบัติใย เส้นด้าย และฝืนผ้า โดยใช้กระบวนการทางภาพ	25
2.6	เครื่องมือที่ใช้การผลิตเส้นไหมออร์รี่	29
2.7	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างเครื่อง	32
บทที่ 3	38
วิธีดำเนินการวิจัย	38
3.1	การออกแบบเครื่องเปิดรังไหม	38
3.2	การออกแบบเครื่องสาวเส้นใยออร์รี่	42
3.3	ขั้นตอนการดำเนินงาน	47
3.4	ตรวจสอบสมบัติเส้นด้ายและฝืนผ้าโดยใช้กระบวนการทางภาพ	49
บทที่ 4	51
ผลการดำเนินงานวิจัย	51
4.1	ผลการสร้างเครื่องเปิดรังไหม	51
4.2	ผลการสร้างเครื่องสาวรังไหมสำหรับไหมออร์รี่	53
4.3	ผลการทดลองการเปิดรังไหม	58



4.5 ผลการทดลองการหาค่าแรงดึงเส้นด้ายไหมอีรี่.....	74
4.6 ผลการทดลองการสาวรังไหม.....	88
4.7 ผลการทดลองการหาค่าแรงดึงเส้นด้ายไหมอีรี่ที่ได้จากการสาว.....	95
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	100
5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย.....	100
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	102
บรรณานุกรม.....	103
ประวัติผู้เขียน.....	111



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 Yarn number system [47]	17
ตาราง 2 Size of yarns [47]	18
ตาราง 3 Standard Test Methods [51].....	19
ตาราง 4 Factor of fiber sample produced by opening machine.....	48
ตาราง 5 Factor of fiber sample produced by carding machine.....	49
ตาราง 6 Name of the sample used in the experiment.....	59
ตาราง 7 ผลการทดลองหาร้อยละของปมปมที่เหลืออยู่ในเส้นใย.....	73
ตาราง 8 Rate of yarn spinning.....	80
ตาราง 9 Results of tensile test.....	81
ตาราง 10 ผลการวัดความสม่ำเสมอและเบอร์ของเส้นด้าย.....	87
ตาราง 11 Name of sample in experiments.....	90
ตาราง 12 Average of knot remaining on the fiber when varied speed of feeder.....	94
ตาราง 13 Average of knot remaining on the fiber when varied speed of carding head	95
ตาราง 14 Results of tensile test.....	98
ตาราง 15 Amount of knot on yarn.....	99

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 เส้นใยธรรมชาติ	6
ภาพประกอบ 2 เส้นใยสังเคราะห์	6
ภาพประกอบ 3 รูปร่างตัดขวางของเส้นใยแบบต่างๆ [47]	8
ภาพประกอบ 4 เส้นด้ายชนิดพิเศษ	10
ภาพประกอบ 5 ผ้าทอมือ	11
ภาพประกอบ 6 ผ้าถักลายต้นสน	12
ภาพประกอบ 7 เครื่องมือสำหรับหาขนาดของเส้นใย เส้นด้าย	13
ภาพประกอบ 8 เครื่องมือทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยและเส้นด้าย	13
ภาพประกอบ 9 เครื่องมือทดสอบน้ำหนักของผ้าและหาจำนวนเส้นด้าย	14
ภาพประกอบ 10 ตารางค่าการทดสอบสมบัติเส้นใยต่างๆ [48]	15
ภาพประกอบ 11 เส้นด้ายจากไหมบ้าน	17
ภาพประกอบ 12 เส้นด้ายจากไหมอีรี่	17
ภาพประกอบ 13 วิธีทดสอบสมบัติของผืนผ้าในห้องทดลอง[50]	21
ภาพประกอบ 14 ชิ้นผ้าตัวอย่างและผลการวิเคราะห์โครงสร้างของผ้า [50]	21
ภาพประกอบ 15 ผืนผ้าตัวอย่างและอุปกรณ์วัดความหนาของผืนผ้า[50]	22
ภาพประกอบ 16 กระบวนการประมวลผลทางภาพ	22
ภาพประกอบ 17 เครื่องทดสอบสมบัติเส้นใยโดยใช้กระบวนการทางภาพ [55]	25
ภาพประกอบ 18 ระบบ OM ที่ใช้หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้าย [44]	26
ภาพประกอบ 19 ระบบ Capacitive Uster 4 ที่ใช้หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้าย [44] ...	26
ภาพประกอบ 20 ระบบ OASYS ที่ใช้หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้าย [44]	27
ภาพประกอบ 21 ระบบที่ใช้หาค่าความเป็นขน (Hariness) ของเส้นด้าย [42]	27

ภาพประกอบ 22 ระบบที่ใช้วิเคราะห์เกลียวในเส้นด้าย [46].....	28
ภาพประกอบ 23 บล็อกไดอะแกรมของวิธีการตรวจสอบข้อบกพร่องบนพื้นผ้า [59].....	29
ภาพประกอบ 24 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบแบบอัตโนมัติเพื่อหาเส้นใยแปลกปลอม [60].....	29
ภาพประกอบ 25 ไดอะแกรมขั้นตอนการปั่นไหมอีรี่ด้วยมือ	30
ภาพประกอบ 26 ขั้นตอนการยี่สาวรังไหม.....	30
ภาพประกอบ 27 การปั่นเส้นไหมด้วยเครื่องปั่นฝ้าย.....	31
ภาพประกอบ 28 เป็นเครื่องตีไหมอีรี่แบบหยาบ [63].....	32
ภาพประกอบ 29 เครื่องมือสาวไหมอีรี่ Amber Charka ที่ใช้ในอินเดีย	32
ภาพประกอบ 30 เส้นไหมอีรี่ที่สาวได้จาก Amber Charka	32
ภาพประกอบ 31 ส่วนประกอบเครื่องคัดขนาดมั่งคุด[64]	33
ภาพประกอบ 32 ส่วนต่างๆของผลมะพร้าวอ่อน [65].....	34
ภาพประกอบ 33 เครื่องต้นแบบที่ใช้ในการปกอกเปลือกมะพร้าวอ่อน [65].....	34
ภาพประกอบ 34 เครื่องปกอกมะพร้าวอ่อนแบบอัตโนมัติ [65].....	35
ภาพประกอบ 35 แนวคิดการออกแบบการปรับความลาดเอียงของกลไกตามขนาดแอปเปิ้ล [66]...	36
ภาพประกอบ 36 แสดงผลการคัดขนาดแอปเปิ้ล [66].....	36
ภาพประกอบ 37 รังไหมอีรี่ที่ลอกกาวแล้ว.....	39
ภาพประกอบ 38 แบบของเครื่องเปิดรังไหม (หน่วย มิลลิเมตร).....	39
ภาพประกอบ 39 แบบของถาดป้อนแผ่นรังไหม (หน่วย มิลลิเมตร).....	40
ภาพประกอบ 40 แบบของลูกรีดป้อนรังไหม (หน่วย มิลลิเมตร)	40
ภาพประกอบ 41 หัวเปิดรังไหม (หน่วย มิลลิเมตร)	41
ภาพประกอบ 42 แบบฝาครอบ (หน่วย มิลลิเมตร).....	41
ภาพประกอบ 43 แบบของเครื่องสาวรังไหม (หน่วยมิลลิเมตร)	45
ภาพประกอบ 44 แบบของแผ่นประกบด้านข้างเครื่อง (หน่วยมิลลิเมตร).....	46
ภาพประกอบ 45 แบบของโครงเครื่อง (หน่วยมิลลิเมตร)	46

ภาพประกอบ 46 แบบของถาดป้อนรังไหม (หน่วยมิลลิเมตร).....	47
ภาพประกอบ 47 แบบลูกรีดป้อน หัวหนามสางและหัวม้วนเก็บใยไหม (หน่วยมิลลิเมตร).....	47
ภาพประกอบ 48 แสดงเครื่องเปิดรังไหม.....	52
ภาพประกอบ 49 เครื่องเปิดรังไหมด้านข้างซ้าย.....	52
ภาพประกอบ 50 เครื่องเปิดรังไหมด้านข้างขวา.....	52
ภาพประกอบ 51 เครื่องเปิดรังไหมด้านหน้า.....	53
ภาพประกอบ 52 ลักษณะหนามบนหัวเปิด.....	53
ภาพประกอบ 53 แกนด้านในของ ลูกกลิ้ง หัวหนามสางและหัวม้วนเก็บ.....	54
ภาพประกอบ 54 ลูกกลิ้ง หัวหนามสางและหัวม้วนเก็บ.....	54
ภาพประกอบ 55 การพันหนามบนลูกกลิ้งตัวนำเส้นใย.....	55
ภาพประกอบ 56 การติดตั้งลูกกลิ้งตัวดึงเส้นใยเข้าเครื่อง.....	55
ภาพประกอบ 57 ภาพด้านบนและภาพด้านข้างเมื่อติดตั้งลูกกลิ้งต่างๆและหัวหนามสางแล้ว.....	56
ภาพประกอบ 58 เครื่องสางเส้นใยเมื่อติดตั้งลูกกลิ้งต่างๆและหัวหนามสางแล้ว.....	56
ภาพประกอบ 59 การติดตั้งมอเตอร์และตู้ควบคุมกับเครื่องสางเส้นใย.....	57
ภาพประกอบ 60 ทิศทางการหมุนของลูกกลิ้งและหัวหนามสาง.....	58
ภาพประกอบ 61 อัลกอริธึมที่ใช้ในการหาร้อยละปมปมของกระบวนการทางภาพ.....	62
ภาพประกอบ 62 ผลของการสางเส้นใยเมื่อลูกกลิ้งป้อนหมุน 2RPM เมื่อรังไหมถูกตัดก่อนต้มลอกกว.....	63
ภาพประกอบ 63 ผลของการสางเส้นใยเมื่อลูกกลิ้งป้อนหมุน 3RPM.....	64
ภาพประกอบ 64 ผลของการสางเส้นใยเมื่อลูกกลิ้งป้อนหมุน 4 RPM.....	64
ภาพประกอบ 65 ผลของการสางเส้นใยเมื่อลูกกลิ้งป้อนหมุน 5RPM.....	64
ภาพประกอบ 66 ผลของการสางเส้นใยเมื่อลูกกลิ้งป้อนหมุน 2RPM.....	65
ภาพประกอบ 67 ผลของการสางเส้นใยเมื่อลูกกลิ้งป้อนหมุน 3RPM.....	65
ภาพประกอบ 68 ผลของการสางเส้นใยเมื่อลูกกลิ้งป้อนหมุน 4RPM.....	65

ภาพประกอบ 69 ผลของการวางเส้นใยเมื่อถูกกลิ้งป้อนหมุน 5RPM.....	66
ภาพประกอบ 70 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A21	66
ภาพประกอบ 71 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A22	66
ภาพประกอบ 72 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A23	67
ภาพประกอบ 73 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A31	67
ภาพประกอบ 74 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A32	67
ภาพประกอบ 75 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A33	68
ภาพประกอบ 76 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A41	68
ภาพประกอบ 77 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A42	68
ภาพประกอบ 78 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A43	69
ภาพประกอบ 79 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A51	69
ภาพประกอบ 80 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A 52	69
ภาพประกอบ 81 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A53	70
ภาพประกอบ 82 เปรียบเทียบความแม่นยำในการหาปมปมบนเส้นใยเมื่อวางหนึ่งรอบ.....	70
ภาพประกอบ 83 เปรียบเทียบความแม่นยำในการหาปมปมบนเส้นใยเมื่อวางซ้ำสองรอบ	70
ภาพประกอบ 84 เปรียบเทียบความแม่นยำในการหาปมปมบนเส้นใยเมื่อวางซ้ำสามรอบ.....	71
ภาพประกอบ 85 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่ของปมที่เหลืออยู่บนเส้นใย	74
ภาพประกอบ 86 เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ถูกตัดก่อนต้มลอกกาว ป้อน 2 รอบต่อนาที.....	75
ภาพประกอบ 87 เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ถูกตัดก่อนต้มลอกกาว ป้อน 3 รอบต่อนาที.....	75
ภาพประกอบ 88 เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ถูกตัดก่อนต้มลอกกาว ป้อน 4 รอบต่อนาที.....	76
ภาพประกอบ 89 เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ถูกตัดก่อนต้มลอกกาว ป้อน 5 รอบต่อนาที.....	76
ภาพประกอบ 90 เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ไม่ถูกตัดก่อนต้มลอกกาว ป้อน 2 รอบต่อนาที.....	76
ภาพประกอบ 91 เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ไม่ถูกตัดก่อนต้มลอกกาว ป้อน 3 รอบต่อนาที	77
ภาพประกอบ 92 เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ไม่ถูกตัดก่อนต้มลอกกาว ป้อน 4 รอบต่อนาที.....	77

ภาพประกอบ 93	เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ไม่ถูกตัดก่อนต้มลอกกวา ป้อน 5 รอบต่อนาที.....	77
ภาพประกอบ 94	การทดสอบหาแรงดึงโดยใช้เครื่อง Tensile Test NRI-TS 500 2S	78
ภาพประกอบ 95	กราฟที่ได้จากการทดสอบแรงดึงของเส้นด้าย A21.....	78
ภาพประกอบ 96	กราฟที่ได้จากการทดสอบแรงดึงของเส้นด้าย A22.....	78
ภาพประกอบ 97	กราฟที่ได้จากการทดสอบแรงดึงของเส้นด้าย A23.....	79
ภาพประกอบ 98	อัตราการปั่นเส้นด้ายในเงื่อนไขต่างๆ.....	82
ภาพประกอบ 99	ค่าความต้านทานแรงดึงของเส้นด้ายที่ผลิตในเงื่อนไขต่าง.....	82
ภาพประกอบ 100	ผลการรันโปรแกรมกระบวนการทางภาพเพื่อหาค่าปุมปมบนเส้นด้าย	85
ภาพประกอบ 101	ผลการรันโปรแกรมกระบวนการทางภาพเพื่อหาค่าปุมปมบนเส้นด้าย	86
ภาพประกอบ 102	ตัวอย่างการทำงานการสางเส้นใยของเครื่อง	90
ภาพประกอบ 103	ของเส้นใยที่เกิดจากการสาง	91
ภาพประกอบ 104	เส้นใยที่เกิดจากการสางแผ่นรังไหม	91
ภาพประกอบ 105	เส้นใยที่เกิดจากการสางแผ่นใยไหม	92
ภาพประกอบ 106	ผลการสแกนเส้นใยของการสางรังไหม CF2	92
ภาพประกอบ 107	ผลการสแกนเส้นใยของการสางรังไหม OF2.....	93
ภาพประกอบ 108	ผลการสแกนเส้นใยของการสางรังไหม CC98	93
ภาพประกอบ 109	ผลการสแกนเส้นใยของการสางรังไหม OC98	93
ภาพประกอบ 110	เส้นด้ายที่เกิดจากการสางแผ่นรังไหม CF2.....	96
ภาพประกอบ 111	เส้นด้ายที่เกิดจากการสางแผ่นรังไหม CC98	96
ภาพประกอบ 112	เส้นด้ายที่เกิดจากการสางแผ่นรังไหม OF2	97
ภาพประกอบ 113	เส้นด้ายที่เกิดจากการสางแผ่นรังไหม OF98.....	97

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของการวิจัย

เส้นไหมอีรี่(Eri silk) ซึ่งปัจจุบันเป็นเส้นไหมที่กำลังได้รับการส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมเลี้ยงและผลิตเส้นด้ายและผ้ามากขึ้น เนื่องจากเป็นไหมที่เลี้ยงง่ายและเลี้ยงด้วยมันสำปะหลัง ไหมอีรี่มีเอกลักษณ์ที่สำคัญคือ มีความคงทน มีความมันวาวและมีความนุ่ม เส้นใยอีรี่สามารถใช้ทอเป็นเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มที่มีความสวยงามแตกต่างจากผ้าทอจากเส้นใยชนิดอื่นเหมาะทำเป็นผ้าม่าน ผ้าปูเตียง ผ้าปูโต๊ะและทอเป็นพรม รวมทั้งสามารถปั่นเส้นใยด้วยเครื่องจักรในโรงงานผสมกับเส้นใยฝ้ายได้ ขั้นตอนการผลิตเส้นใย เส้นไหมอีรี่นั้นมีความยุ่งยาก เพราะไหมอีรี่นั้นเป็นรังไหมที่มีกาวเคลือบที่เส้นใย ดังนั้นในการผลิตต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอน ได้แก่ การตัดรังไหม การต้มลอกกาว การเปิดรังไหม การสาวเส้นใย ตลอดจน การปั่นเส้นด้ายและการทอให้เป็นผืนผ้า จากการศึกษาข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์อีรี่ร่วมกับการลงพื้นที่วิสาทกิจชุมชนและกลุ่มเกษตรกรหลายแห่งได้แก่ กลุ่มเกษตรกรบ้านโนนศิลา จังหวัดขอนแก่น กลุ่มเกษตรกรบ้านหนองหญ้าปล้อง จังหวัดขอนแก่น วิสาหกิจชุมชนศูนย์ศิลปาชีพบ้านนาโประงจังหวัดอุดรธานี เป็นต้น พบว่าการผลิตแต่ละขั้นตอนต้องอาศัยทักษะและประสบการณ์ของผู้ผลิต นอกจากทักษะและประสบการณ์แล้ว ในบางขั้นตอน เช่น การเปิดรังหรือการสาวรังไหมต้องใช้เวลานาน และมักขาดแรงงาน จากการศึกษาข้อมูลราคาขายรังไหมและผลิตภัณฑ์อีรี่ในตลาดพบว่า ราคารังไหมสดอยู่ที่กิโลกรัมละ 200 บาท รังไหมที่แยกดักแต่อกแล้วกิโลกรัมละ 400 บาท ราคาเส้นใยกิโลกรัมละ 800 บาท ส่วนเส้นด้ายกิโลกรัมละ 2700 บาท [1] แม้ว่าราคาเส้นใยและเส้นด้ายจะได้ราคาสูงกว่ารังไหมสดหลายเท่า แต่เกษตรกรยังตัดสินใจขายรังสดออกไปให้โรงงาน เนื่องจากขั้นตอนการผลิตเส้นใยนั้นใช้เวลานาน จากการศึกษาข้อมูลที่ผ่านมาและการทดลองเปิดรังไหมในเกษตรกรทั้งสามกลุ่มพบว่าเกษตรกรหนึ่งคนสามารถผลิตเส้นใยประมาณ 0.3 กิโลกรัมรังไหมต่อชั่วโมง หรือได้ประมาณ 2 กิโลกรัมรังไหมต่อวัน โดยฉีกรังไหมที่ลอกกาวแล้วทีละรัง อย่างไรก็ตาม เกษตรกรบางกลุ่มยังคงพยายามที่จะผลิตเส้นด้ายและผืนผ้าเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ครบวงจร ในการศึกษาได้ทำการทดลองปั่นเส้นด้ายโดยใช้เครื่องปั่นแบบเมดาลิ จักรา (Medali Jakra) พบว่าสามารถปั่นเส้นด้ายในอัตรา 0.3 กิโลกรัมเส้นด้ายต่อชั่วโมง หรือประมาณ 2 กิโลกรัมต่อวัน แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ เส้นด้ายมีขนาดใหญ่ มีความไม่สม่ำเสมอคือมีปมปมมากเกินไป ทำให้การทอขึ้นรูปเป็นผืนผ้านั้น ทำได้ยาก ผ้าที่ได้จากเส้นด้ายที่ไม่สม่ำเสมอจะไม่มี ความแน่น เส้นด้ายที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอนี้ก็จะขายได้ราคาต่ำไม่คุ้มทุน จากการสัมภาษณ์พบว่า เกษตรกรต้องการเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มอัตราผลิตเส้นใยและเส้นด้าย การพัฒนางานสำหรับการผลิตไหมอีรี่ ไม่เพียงแต่ต้องเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตเส้นใย เส้นด้าย ผืนผ้า แต่ต้องพัฒนาระบบการตรวจสอบ

สมบัติของเส้นใยเส้นด้ายด้วย โดยจากการศึกษาการพัฒนางานวิจัยและการตั้งมาตรฐานคุณภาพเส้นใยเส้นด้ายที่เกี่ยวกับไหมอีรี่พบว่ายังอยู่ในวงจำกัด หน่วยงานเอกชนยังลังเลที่จะเข้ามาพัฒนาเทคโนโลยีด้านนี้ เนื่องจากยังต้องการเห็นความแน่นอนในปริมาณการผลิต ต้องการคุณภาพรังและเส้นใยที่ได้มาตรฐาน เพื่อการดำเนินงานในเชิงพาณิชย์ ที่ต้องมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนที่ชัดเจน ดังนั้น หากมีการออกแบบระบบที่สามารถผลิตเส้นไหมอีรี่ที่มีคุณภาพรวมถึงมีระบบที่น่าเชื่อถือเพื่อใช้ตรวจสอบสมบัติและลักษณะทางกายภาพของเส้นใยและเส้นด้ายที่ผลิตจากไหมอีรี่ จะทำให้มาตรฐานการผลิตไหมอีรี่ในประเทศไทยดีขึ้น ในงานการตรวจสอบสมบัติของเส้นใย เส้นด้ายและผืนผ้า มีประเด็นที่สำคัญสำหรับงานวิจัยคือ กรณีศึกษาหรือตัวอย่างเส้นด้ายและผ้าที่ใช้ในการตรวจสอบ ซึ่งในงานวิจัยต่างๆมีความหลากหลาย เช่น ตรวจสอบเส้นใยและผ้าที่ทำจากขนสัตว์ ผ้าย หรือเส้นไหมผสม เป็นต้น มีงานวิจัยที่หลายงานที่เกี่ยวข้องกับการหาสมบัติของเส้นด้ายเป็นเส้นใยธรรมชาติและผ้าที่ทอจากด้ายธรรมชาติ เช่น การหาลักษณะโครงสร้างและค่าความต้านทานแรงดึงของเส้นไหมที่สาวจากหนอนไหม “Sattunidee” [46] การหาค่าความต้านทานแรงดึงของเส้นไหมอีรี่ผสมอะคริลิก [47] การหาสมบัติทางกลของเส้นไหมชนิด *Bombyx mori* [47] สายพันธุ์ต่างๆ เมื่อสายพันธุ์ถูกพัฒนาคุณสมบัติของเส้นด้ายและผืนผ้าของไหมแต่ละสายพันธุ์จะแตกต่างกันออกไปด้วย อย่างไรก็ตาม ยังมีงานวิจัยจำนวนไม่มากที่ใช้ตัวอย่างและศึกษาสมบัติเส้นด้ายและผ้าที่ทอจากเส้นไหมเหล่านี้ โดยเฉพาะเส้นไหมอีรี่ (Eri silk)

ในปัจจุบัน ผู้ประกอบการโรงงานทอผ้ามักเริ่มต้นตรวจสอบคุณภาพตั้งแต่เส้นใย หรือเส้นด้าย ที่จะนำไปใช้ในการทอผ้า ตลอดจนกระบวนการทอ เพื่อให้ได้ผ้าทอที่คุณภาพดีที่สุด [2-3] การตรวจสอบคุณภาพเส้นด้าย โดยทั่วไปจะประกอบด้วย การตรวจสอบความแข็งแรงของเส้นด้าย และลักษณะของเส้นด้าย เช่น ขนาดของเส้นด้าย จำนวนเกลียวของเส้นด้าย ความไม่สม่ำเสมอของเส้นด้าย โดยทั่วไปการตรวจสอบสมบัติของเส้นด้ายและผ้าที่ดำเนินการในโรงงานนั้น จะต้องทำโดยผู้ชำนาญการของโรงงานที่ผ่านการฝึกอบรมมาอย่างดี [14,19,24] ซึ่งกระบวนการตรวจสอบของแต่ละโรงงานจะต้องทำตามมาตรฐานการตรวจสอบเส้นด้ายและผ้า จึงใช้เวลานานในการตรวจสอบ เนื่องจากเป็นการใช้การตรวจสอบโดยแรงงานคน ดังนั้น การตรวจสอบคุณภาพของผ้าและด้ายควรจะมีการพัฒนาระบบตรวจสอบที่รวดเร็วและให้ความแม่นยำในการตรวจสอบเพื่อลดเวลาในกระบวนการนี้ มีงานวิจัยที่ใช้ ระบบสแกนและคอมพิวเตอร์วิทัศน์ในการหาสมบัติของเส้นด้าย โดยใช้หาจำนวนปม ขนาดเส้นด้าย และหาคุณภาพผิวหน้าของเส้นด้าย [42-45] ตัวอย่างเส้นด้ายที่ใช้ในงานวิจัยคือเส้นด้ายประเภทสังเคราะห์ที่ผลิตโดยเครื่องปั่นด้ายอุตสาหกรรม ในงานวิจัยที่ผ่านมาระบบตรวจสอบอัตโนมัติสามารถแบ่งเป็นส่วนๆ คือ ส่วนการรับภาพ ส่วนการปรับปรุงภาพหรือกระบวนการทางภาพ การเปรียบเทียบ และการตัดสินใจ โดยทั่วไป ส่วนการรับภาพ ประกอบด้วย แหล่งรับภาพ แสงไฟ ตัวตรวจจับ และ เพรมรับภาพ ส่วนที่เป็นหน่วยกระบวนการได้แก่ คอมพิวเตอร์

ซอฟต์แวร์ ดิจิตอลอินพุท/เอาต์พุท และโครงข่าย [16, 21, 23, 34] ส่วนการปรับปรุงภาพหรือกระบวนการทางภาพ มีงานเลือกใช้วิธีการกระบวนการทางภาพแตกต่างกันไป ตามลักษณะของภาพประกอบรับได้จากส่วนรับภาพและลักษณะของวัตถุที่ต้องการตรวจสอบหารอยตำหนิ ทั้งนี้จากการศึกษากระบวนการทางภาพประกอบใช้ในงานวิจัยต่างๆ สามารถแบ่งอัลกอริธึมต่างๆออกเป็นสามกลุ่มคือ กลุ่มวิธีแบบสถิติ ได้แก่ อัลกอริธึม Grey level thresholding งานวิจัยที่ใช้คือ [7, 11, 12] Cross –correlation ใช้โดย [11 ,12, 20, 35] Histogram Properties ใช้โดย [7,20,23,37] Edge detection ใช้โดย [11,12,22,28,39] Morphological Operation ใช้โดย [11, 12, 38, 40, 41] กลุ่มที่สองคือ กลุ่มวิธีแบบสเปกตรัล ได้แก่ อัลกอริธึม Fourier analysis ใช้โดย [11 12 ,14, 37, 40] Wavelet transform ใช้โดย [9,10,11,15,21] กลุ่มที่ 3 กลุ่มวิธีแบบจำลอง Guass model ใช้โดย [7, 11 ,12, 25, 26] Poisson model ใช้โดย [11,17]

จากการศึกษาและงานวิจัยในกระบวนการผลิตเส้นใย เส้นด้ายอริรี การตรวจสอบสมบัติเส้นใยและเส้นด้าย และสามารถสรุปได้ว่า เป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีเครื่องผลิตเส้นใย เส้นด้าย เพื่อช่วยเพิ่มอัตราการผลิตของกลุ่มเกษตรกร สำหรับระบบตรวจสอบที่สมบัติทางกายภาพโดยใช้กระบวนการทางภาพ ระบบจะต้องทำงานได้รวดเร็วและแม่นยำ ช่วยในการตรวจสอบได้ดี ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมีจุดประสงค์ที่สามารถแบ่งออกเป็นสองงานหลักๆ กล่าวคือ พัฒนาเครื่องเปิดรังไหม (Opening Machine) และเครื่องสาวไหมอริรี (Carding Machine) เพื่อผลิตเส้นใย พัฒนาระบบการตรวจสอบ เส้นใย เส้นด้ายอริรีโดยใช้กระบวนการทางภาพ โดยเลือกใช้หรือพัฒนาอัลกอริธึมในกระบวนการทางภาพประกอบให้ผลรวดเร็ว แม่นยำ และลดความซับซ้อนในการแสดงผล ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักในการทำงานของระบบตรวจสอบอัตโนมัติ

1.2 ความมุ่งหมายของงานวิจัย

ความมุ่งหมายของงานวิจัยสามารถแบ่งเป็นสองข้อหลักๆ คือ

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเปิดรังไหมและเครื่องสาวไหมใหม่ เพื่อผลิตเส้นใยและเส้นด้ายแบบต่างๆ เพื่อใช้เป็นตัวอย่างกรณีศึกษาสำหรับระบบตรวจสอบเส้นใย เส้นด้าย ด้วยกระบวนการทางภาพ
2. เพื่อศึกษาและพัฒนาอัลกอริธึมของกระบวนการทางภาพสำหรับระบบตรวจสอบสมบัติ เส้นใย เส้นด้าย และสร้างระบบตรวจสอบอัตโนมัติโดยใช้กระบวนการทางภาพเพื่อตรวจสอบเส้นใย เส้นด้าย

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย

- 1 ออกแบบและสร้างเครื่องเปิดรังไหมและเครื่องสายใยอีรี่ และผลิตเส้นไหมเพื่อนำมาใช้ในการทดสอบโดยใช้กระบวนการทางภาพ
- 2 ศึกษาสมบัติทางกลตลอดจน ชนิดรอยตำหนิแบบต่างๆของเส้นใย เส้นด้าย เพื่อนำมาหาพารามิเตอร์และตัวแปรที่เหมาะสมในการแบ่งชนิด
- 3 ศึกษาและพัฒนาอัลกอริธึมที่เหมาะสมทางกระบวนการทางภาพ สำหรับใช้รับภาพ และวิเคราะห์ภาพ
- 4 เขียนซอฟต์แวร์เพื่อทดสอบการอัลกอริธึมที่พัฒนาที่ใช้วิเคราะห์ สมบัติ เส้นใย เส้นด้าย
- 5 ทดสอบความแม่นยำของอัลกอริธึม โดยทดลอง ตรวจสอบ เส้นใย เส้นด้าย เปรียบเทียบกับโปรแกรมมาตรฐานที่ใช้ในอุตสาหกรรม

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มีทั้งข้อมูลที่แสดงได้ด้วยภาพ และผลตัวเลขข้อมูลทางสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์โดยซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น การวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่ใช้แยกแยะสมบัติและรอยตำหนิในเส้นใย เส้นด้าย สามารถตรวจสอบได้จากผลที่ปรากฏตามภาพว่าแยะแยะประเภทใด ถูกต้องหรือไม่ ส่วนค่าต่างๆที่ได้เช่นเปอร์เซ็นต์ของความสม่ำเสมอ ค่าแรงดึง ปรากฏเป็นสถิติสามารถนำมาวิเคราะห์ความถูกต้องของอัลกอริธึมของกระบวนการทางภาพ ส่วนข้อมูล เช่นความเร็วในการใช้งาน ความแม่นยำ และความสะดวกในการใช้งาน

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

1. ตัวอย่างเส้นด้ายที่ใช้ในการตรวจสอบสมบัติ เส้นด้าย ใช้ตัวอย่างเส้นไหมอีรี่ที่ผลิตจากเครื่องปั่นไหมอีรี่ที่สร้างขึ้นในงานวิจัยโดยนำผลวิเคราะห์ที่ได้เปรียบเทียบกับมาตรฐานไหม มอก.121 ขนาดเส้นด้ายชนิดปั่นมือ
2. ระบบตรวจสอบสมบัติเส้นด้ายและผ้าโดยกระบวนการทางภาพประกอบพัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ เป็นการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพเท่านั้นไม่รวมถึงสมบัติของความแข็งแรงในเส้นด้าย

1.6. ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยครั้งนี้

ได้เครื่องสายและเครื่องเปิดรังเพื่อผลิตเส้นใยอีรี่ และระบบตรวจสอบเส้นใย เส้นด้าย โดยใช้กระบวนการทางภาพ ซึ่งระบบสามารถทำงานได้รวดเร็วและแม่นยำ ช่วยในการตรวจจับได้ดี สามารถลดปัญหาในการทำงานการตรวจสอบที่ใช้เวลานาน และมีความไม่น่าเชื่อถือ อีกทั้งช่วยลดต้นทุนด้านแรงงานได้

บทที่ 2

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

ในการทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้แบ่งออกเป็นสองส่วนหลักๆ ส่วนแรกประกอบด้วย การทบทวนเอกสารงานวิจัยเกี่ยวกับ นิยามของเส้นใยเส้นด้าย การตรวจสอบสมบัติของเส้นใยเส้นด้าย โดยใช้เครื่องมือสำหรับทดสอบสมบัติเส้นใย เส้นด้าย และผืนผ้า ที่มีอยู่ในอุตสาหกรรมปัจจุบัน และทบทวนงานวิจัยที่ใช้กระบวนการทางภาพและคอมพิวเตอร์วิทัศน์ในการตรวจสอบสมบัติเส้นใย เส้นด้าย และผืนผ้า ในส่วนที่สองจะเกี่ยวข้องกับการเตรียมเส้นใย เส้นด้าย สำหรับใช้งานวิจัย โดยจะมุ่งประเด็นไปที่ขั้นตอนการเตรียมเส้นไหมอิตาลี และการผลิตไหมอิตาลี ซึ่งจะเป็นการกล่าวถึงเครื่องมือที่ใช้ผลิตไหมอิตาลีในปัจจุบัน

2.1 นิยามของเส้นใย เส้นด้าย และผืนผ้า

2.1.1 เส้นใย

เส้นใยหมายถึงวัสดุหรือสารใดๆทั้งที่เกิดจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น ที่มีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับหรือมากกว่า 100 สามารถขึ้นรูปเป็นผ้าได้ และต้องเป็นองค์ประกอบที่เล็กที่สุดของผ้า ไม่สามารถแยกย่อยในเชิงกลได้อีก ประเภทของเส้นใยสามารถแยกได้เป็น สองประเภทใหญ่ๆ คือ เส้นใยธรรมชาติและเส้นใยประดิษฐ์ ในกลุ่มของเส้นใยธรรมชาติแบ่งย่อยได้เป็นเส้นใยที่มาจากพืช จากสัตว์ และจากแร่ ส่วนเส้นใยประดิษฐ์สามารถแยกเป็นเส้นใยที่ประดิษฐ์จากธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ และเส้นใยที่ประดิษฐ์จากวัสดุอื่นๆ [47,48,50,51,52] ภาพประกอบ 1 แสดงเส้นใยธรรมชาติ ภาพประกอบ 2 แสดงเส้นใยสังเคราะห์

2.1.1.1 สมบัติของเส้นใย มีผลโดยตรงต่อสมบัติของผ้าที่ทำขึ้นจากเส้นใยนั้นๆ ผ้าที่ทำจากเส้นใยที่แข็งแรงก็จะมีความแข็งแรงทนทานด้วย หรือเส้นใยที่สามารถดูดซับน้ำได้ดีจะส่งผลให้ผ้าสามารถดูดซับน้ำและความชื้นได้ดี เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในส่วนที่มีการสัมผัสกับผิวและดูดซับน้ำ เช่น ผ้าเช็ดตัว ผ้าอ้อม เป็นต้น ความแตกต่างของเส้นใยขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และการเรียงตัวของโมเลกุล ซึ่งส่วนผสมและความแตกต่างในปัจจุบันทั้งสามนี้ทำให้เส้นใยมีสมบัติที่หลากหลายและแตกต่างกัน ซึ่งสมบัติของเส้นใยก็จะมีผลต่อสมบัติของผ้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเส้นใยนั้น ทั้งในส่วนที่เป็นที่ต้องการและไม่ต้องการต่อการนำไปใช้งาน ยกตัวอย่างเช่น ในเส้นใยที่สามารถดูดซับน้ำได้น้อย จะส่งผลให้ผ้าที่ทำจากเส้นใยชนิดนี้มีสมบัติดั่งนี้เกิดไฟฟ้าสถิตย์ (Static build-up) บนเนื้อผ้าได้ง่าย ทำให้ผ้าลื่นติดตัว , ผ้าแห้งเร็ว เนื่องจากมีปริมาณน้ำที่ดูดซับน้อยและไม่มีพันธะ (bond) ระหว่างเส้นใยและ โมเลกุลของน้ำ, ย้อมติดสียาก เนื่องจากการย้อมสีส่วนใหญ่อาศัยน้ำเป็นตัวกลางพาโมเลกุลของสีเข้าไปในเนื้อผ้า ผ้าที่ไม่ดูดซับน้ำจึง

ติดสีย้อมได้ยากกว่า, สวมใส่สบายน้อยกว่า เนื่องจากการเห็งือที่อยู่บนผิวถูกดูดซับน้อยทำให้รู้สึกเปียกชื้นได้ , คงรูปได้ขณะเปียก (หรือขณะซัก) และผ้ายับน้อย ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับมีน้อย และไม่เกิดพันธะระหว่างเส้นใย และโมเลกุลของน้ำ ที่จะทำให้โครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป



ภาพประกอบ 1 เส้นใยธรรมชาติ



ภาพประกอบ 2 เส้นใยสังเคราะห์

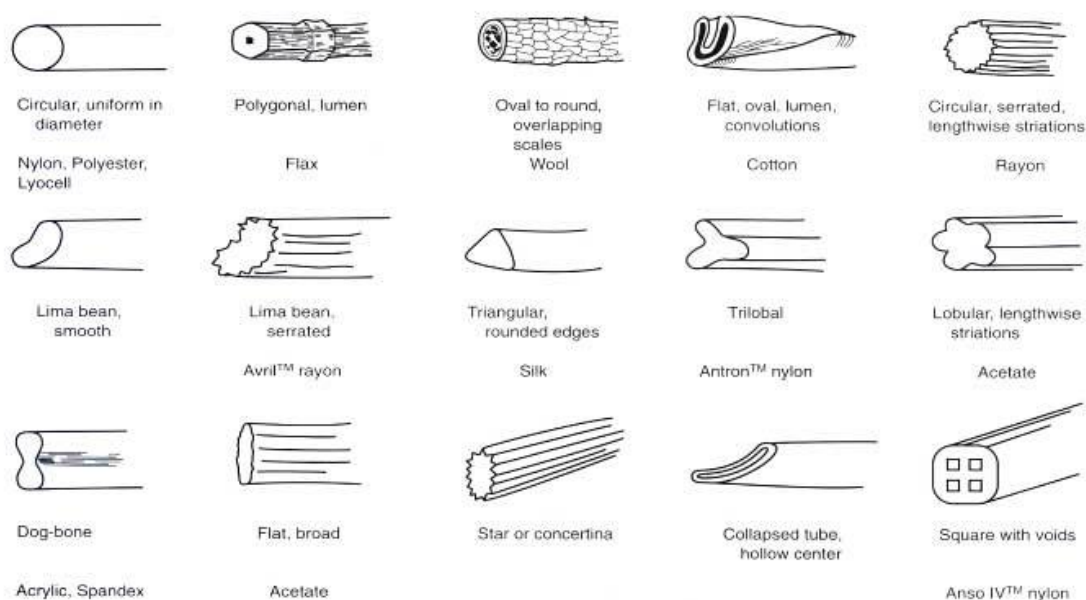
2.1.1.2 โครงสร้างทางกายภาพหรือโครงสร้างทางสัณฐาน (morphology) ของเส้นใยสามารถสังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์ (microscope) ที่มีกำลังขยาย 250-1000 เท่า โครงสร้างทางกายภาพนั้นครอบคลุมถึง ความยาว ขนาดหรือเส้นผ่าศูนย์กลาง รูปร่างภาคตัดขวาง (cross-sectional shape) รูปร่างของผิวเส้นใย และความหยักของเส้นใย

2.1.1.3 ความยาวเส้นใย (Fiber length) เส้นใยมีทั้งชนิดสั้นและยาว ซึ่งความยาวของเส้นใยจะมีผลต่อสมบัติและการนำไปใช้งานของผลิตภัณฑ์สิ่งทอ เส้นใยสั้น (Staple fiber) เป็นเส้นใยที่มีความยาวอยู่ในช่วง 2 ถึง 46 เซนติเมตร (หรือ 1 ถึง 18 นิ้ว) เส้นใยธรรมชาติทั้งหมดยกเว้นไหม เป็นเส้นใยสั้น ยกตัวอย่างเช่น เส้นใยฝ้าย ฝ้าย ขนสัตว์ เส้นใยสั้นที่มาจากเส้นใยประดิษฐ์มักทำเป็นเส้นยาวก่อนแล้วตัด (chop) เป็นเส้นใยสั้นตามความยาวที่กำหนด เส้นใยยาว (Filament fiber) เป็นเส้นใยที่มีความยาวต่อเนื่องไม่สิ้นสุด มีหน่วยวัดเป็นเมตรหรือหลา เส้นใยยาวส่วนใหญ่เป็นเส้นใยประดิษฐ์ ยกเว้นไหมซึ่งเป็นเส้นใยยาวที่มาจากธรรมชาติ เส้นใยยาวอาจเป็นชนิดเส้นยาวเดี่ยว (monofilament) ที่มีเส้นใยเพียงเส้นเดียว หรือเส้นใยยาวกลุ่ม (multifilament) ซึ่งจะมีเส้นใยมากกว่า 1 เส้นรวมอยู่ด้วยกันตลอดความยาว เส้นยาวที่ออกมาจากหัวฉีด (spinnerets) จะมีลักษณะเรียบซึ่งมีลักษณะเรียบคล้ายเส้นใยไหม หากต้องการลักษณะเส้นใยที่หยักก็จะต้องนำไปผ่านกระบวนการทำหยัก (crimp) ซึ่งเส้นใยที่ได้จะมีลักษณะคล้ายเส้นใยฝ้าย หรือขนสัตว์ ซึ่งส่วนมากเส้นใยที่ทำหยักมักจะนำไปตัดเพื่อทำเป็นเส้นใยสั้น

2.1.1.4 ขนาดของเส้นใย มีผลต่อสมรรถนะการใช้งานและสมบัติทางผิวสัมผัส (hand properties) เส้นใยที่มีขนาดใหญ่จะให้ความรู้สึกที่หยابและแข็งของเนื้อผ้า แต่ในขณะเดียวกันก็ให้ความแข็งแรงมากกว่าเมื่อเทียบกับเส้นใยชนิดเดียวกันที่มีขนาดเล็กกว่า ผ้าที่ทำจากเส้นใยที่มีขนาดเล็กหรือมีความละเอียดก็จะให้ความนุ่มต่อสัมผัส และจัดเข้ารูป (drape) ได้ง่ายกว่า เส้นใยธรรมชาตินั้นมักมีขนาดที่ไม่สม่ำเสมอ คุณภาพของเส้นใยธรรมชาติมักจะวัดจากความละเอียดของเส้นใย เส้นใยที่มีความละเอียดมาก (ขนาดเล็ก) จะมีคุณภาพประอบดีกว่า การวัดความละเอียดมักวัดจากเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใย (ภายใต้กล้องจุลทรรศน์) ในหน่วยของไมโครเมตร (1 ไมโครเมตรเท่ากับ 1/1000 มิลลิเมตร) สำหรับเส้นใยประดิษฐ์ที่ผลิตในอุตสาหกรรม ขนาดของเส้นใยจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น ขนาดของรูในหัวฉีด (spinneret holes) การดึงยึดขณะที่ปั่นเส้นใยและหลังการการปั่นเส้นใย รวมไปถึงปริมาณและความเร็วของการอัดน้ำพลาสติกผ่านหัวฉีดในกระบวนการปั่นเส้นใย เส้นใยประดิษฐ์ที่สามารถควบคุมความสม่ำเสมอได้ดีกว่าเส้นใยธรรมชาติ แต่ก็ยังมีส่วนที่ไม่สม่ำเสมอบ้างเนื่องจากความไม่คงที่ (irregularity) ของกระบวนการผลิต หน่วยที่มักใช้วัดความละเอียดของเส้นใยประดิษฐ์คือดีเนียร์ และ เท็กซ์ ดีเนียร์ (Denier) เป็นหน่วยการวัดขนาดของเส้นใย โดยเป็นน้ำหนักในหน่วยกรัมของเส้นใยที่มีความยาว 9,000 เมตร เส้นใยที่มีค่าดีเนียร์ต่ำจึงมีความละเอียดมากกว่า เส้นใยที่มีค่าดีเนียร์สูงเนื่องจากมีน้ำหนักน้อยกว่าในความยาวที่เท่ากัน เท็กซ์ (Tex) เป็นหน่วยการวัดขนาดของเส้นใยคล้ายกับดีเนียร์ แต่เป็นน้ำหนักในหน่วยกรัมของเส้นใยที่มีความยาว 1,000 เมตร ดีเนียร์ต่อฟิลาเมนต์ (Denier per filament, DPF) เป็นค่าที่วัดความละเอียดของเส้นใยที่อยู่ในเส้นด้ายซึ่งมีจำนวนเส้นใยตั้งแต่ 2 ขึ้นไป ดังนั้นค่าดีเนียร์ต่อฟิลาเมนต์จึงเท่ากับดีเนียร์ของฟิลาเมนต์นั้นหารด้วยจำนวนฟิลาเมนต์ (หรือจำนวนเส้นใย) ทั้งหมด โดยทั่วไปเส้นใยที่ใช้สำหรับเสื้อผ้า

มีขนาดอยู่ในช่วง 1 ถึง 7 ดีเนียร์ เส้นใยสำหรับทำพรมมีขนาดใหญ่อยู่ในช่วง 15 ถึง 24 ดีเนียร์ เส้นใยขนาดเท่ากันไม่ได้หมายความว่ามีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานชนิดเดียวกันได้ เส้นใยที่ใช้สำหรับเสื่อผ้ามักจะนิ่มและละเอียดเกินกว่าที่จะทนต่อแรงกดได้ดีเหมือนเส้นใยที่ใช้ทำพรม ในทางกลับกันเส้นใยที่ใช้ทำพรมก็ให้ความรู้สึกต่อผิวสัมผัสที่ละเอียดน้อยกว่าเส้นใยที่ใช้ทำเสื่อผ้า

2.1.1.5 รูปร่างหน้าตัดขวางของเส้นใย มีผลต่อความเป็นมันวาว ลักษณะเนื้อผ้า และสมบัติต่อผิวสัมผัส เส้นใยมีรูปร่างหน้าตัดที่หลากหลายกัน เช่นวงกลม สามเหลี่ยม ทรงคล้ายกระดูก (dog bone) ทรงรูปถั่ว (bean-shaped) เป็นต้น ความแตกต่างของรูปร่างหน้าตัดขวางของเส้นใยธรรมชาติ เกิดจากลักษณะการสร้างเซลล์โลสในขณะที่พืชเติบโต เช่นในเส้นใยฝ้าย หรือการกระบวนการสร้างโปรตีนในสัตว์ เช่น ขนสัตว์ หรือรูปร่างของช่อง (orifice) ในตัวไหมที่ทำหน้าที่ฉีดเส้นใยไหมออกมา สำหรับเส้นใยประดิษฐ์รูปร่างของหน้าตัดของเส้นใยขึ้นอยู่กับรูปร่างของรูในหัวฉีด ลักษณะผิวของเส้นใยมีทั้งแบบเรียบ เป็นแฉก หรือขรุขระ ซึ่งลักษณะผิวนี้มีผลต่อความเป็นมันวาว สมบัติต่อผิวสัมผัส เนื้อผ้า และการเปื้อนง่ายหรือยาก ความหยักในเส้นใยช่วยเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะ (cohesiveness) ระหว่างเส้นใย ทำให้สามารถคืนตัวจากแรงอัด (resilience) ได้ดี ทนต่อแรงเสียดสี (resistance to abrasion) มีความยืดหยุ่น มีเนื้อเต็ม (bulk) และให้ความอบอุ่น (warmth) รูปร่างตัดขวางแบบต่างๆของเส้นใยแสดงดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 รูปร่างตัดขวางของเส้นใยแบบต่างๆ [47]

2.1.1.6 สมบัติของเส้นใยที่มีผลต่อสมบัติผ้า ได้แก่ สมบัติความเป็นมันวาว (Luster) สมบัตินี้เกี่ยวข้องกับปริมาณแสงที่ถูกสะท้อนกลับโดยผิวหน้าของผ้า ซึ่งผ้าที่สะท้อนแสงกลับออกมามากก็จะเป็นมันวาวมาก สมบัตินี้ขึ้นอยู่กับลักษณะผิวหน้าของเส้นใย ด้าย สารเติมแต่ง และโครงสร้างผ้า ผ้าใหม่เป็นตัวอย่างหนึ่งที่มีความมันวาวสูงเนื่องจากเส้นใยใหม่มีผิวหน้าที่เรียบและเป็นเส้นยาวต่อเนื่อง (filament) การเลือกระดับของความมันวาวของผ้าขึ้นอยู่กับการใช้งาน การทิ้งตัวของผ้า (Drape) สมบัติการทิ้งตัวของผ้าเกี่ยวข้องกับลักษณะที่ผ้าตกลงบนรูปร่างที่เป็น 3 มิติ เช่นบนร่างกาย หรือบนโต๊ะ ว่าสามารถโค้งงอตามรูปทรงที่ผ้าวางอยู่ได้มากน้อยเพียงใด ผ้าที่สามารถทิ้งตัวได้ดีก็จะดูอ่อนนุ่ม สามารถจัดเข้ากับรูปทรงได้ง่าย ส่วนผ้าที่ทิ้งตัวได้น้อยมักจะมี ความแข็ง สมบัติเหล่านี้ขึ้นอยู่กับความละเอียดของเส้นใย รวมทั้งลักษณะของเส้นด้ายและโครงสร้าง (การถักทอ) ของผ้าด้วย, เนื้อผ้า (Texture) เป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องทั้งด้านที่มองเห็นด้วยตาและที่สัมผัสด้วยมือ ผ้าอาจจะมีผิวที่ดูเรียบ หรือขรุขระ ผ้าที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติมักจะมีผิวที่ดูไม่สม่ำเสมอเมื่อเทียบกับผ้าที่ทำจากเส้นใยประดิษฐ์ที่มีผิวเรียบ สมบัติของเนื้อผ้าขึ้นอยู่กับความเรียบของผิวหน้าของเส้นใยและเส้นด้าย ลักษณะการถักทอผ้าและการตกแต่งสำเร็จก็มีผลต่อสมบัติเนื้อผ้าเช่นกัน, สมบัติต่อผิวสัมผัส (Hand) สมบัติต่อผิวสัมผัสเกี่ยวข้องกับความรู้สึกต่อผิวเมื่อสัมผัสกับเนื้อผ้า ผ้าแต่ละชนิดอาจให้ความรู้สึกเย็น อุ่น หนา บาง ลื่น หรือนุ่ม แตกต่างกันไป สมบัตินี้ขึ้นอยู่กับสมบัติผิวหน้าของเส้นใย และเส้นด้าย รวมทั้งโครงสร้าง (การถักทอ) ของผ้าด้วย, สมบัติการทนต่อแรงเสียดสี เป็นสมบัติที่บอกรถึงความสามารถของผ้าที่ทนต่อแรงขัดถู หรือเสียดสี ที่มักเกิดขึ้นตลอดเวลาการใช้งานของสิ่งทอ โดยเฉพาะเสื้อผ้า นอกจากนี้ความสามารถในการพับงอไปมาโดยไม่ขาด (flexibility) ก็เป็นสมบัติสำคัญที่เกี่ยวข้องกับสมบัติความทนของผ้า, สมบัติความทนต่อแรงดึง เป็นความสามารถของผ้าในการทนต่อแรงดึง ซึ่งความแข็งแรงนั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของเส้นใยแล้ว ยังขึ้นอยู่กับลักษณะของเส้นด้ายและการขึ้นรูปเป็นผ้าอีกด้วย, สมบัติความใส่สบาย (Comfort properties) สมบัติความใส่สบายเกี่ยวข้องกับการที่ผู้สวมใส่รู้สึกเมื่อสวมใส่สิ่งทอภายใต้สภาวะสิ่งแวดล้อมและ กิจกรรมต่างๆ สมบัตินี้มีความซับซ้อนเพราะนอกจากจะขึ้นอยู่กับสมบัติของผ้าที่เกี่ยวข้องจริงต่อความรู้สึกสบายในการสวมใส่แล้ว ยังขึ้นอยู่กับอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งสำคัญมากคือความรู้สึกพึงพอใจของผู้สวมใส่ที่มีต่อผลิตภัณฑ์สิ่งทอนั้นๆ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความแตกต่างหลากหลายขึ้นอยู่กับรสนิยมส่วนตัว และทัศนคติที่ผู้สวมใส่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในที่นี้จะขอกกล่าวถึงเฉพาะปัจจัยกลุ่มแรกที่เกิดจากตัว

ผลิตภัณฑ์เอง, สมบัติการดูดซับน้ำ (Absorbency) เป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของเส้นใยที่จะดูดซับโมเลกุลของน้ำจากร่างกาย (ผิวหนัง) หรือจากอากาศรอบๆ

2.1.2 เส้นด้าย

เส้นด้ายมีลักษณะเป็นเส้นยาวที่ประกอบขึ้นจากเส้นใยหลายๆเส้นรวมกัน โดยอาจมีการขึ้นเกลียวหรือไม่ก็ได้ ด้ายแบ่งเป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ ด้ายจากเส้นใยสั้น (spun yarn) ด้ายจากเส้นใยยาว (filament yarn) และ ด้ายชนิดพิเศษ (special yarn) ด้ายจากเส้นใยสั้น (Spun yarn) ประกอบด้วยเส้นใยสั้นที่ขึ้นเกลียว (twist) เพื่อให้ยึดติดกันเป็นเส้นด้าย ผิวมันจะไม่เรียบ เนื่องจากมีปลายของเส้นใยโผล่ออกมา ด้ายจากเส้นใยยาว (Filament yarn) ประกอบด้วยเส้นใยยาว (filament) ที่รวมกันเป็นกลุ่มโดยอาจจะมีการขึ้นเกลียวเพียงเล็กน้อย ผิวมีลักษณะเรียบ เส้นใยอาจมีลักษณะเป็นเส้นตรงเรียงกัน หรือมีลักษณะฟู (bulky) เนื่องจากการทำหยัก (crimp) บนเส้นใยยาว ด้ายชนิดพิเศษ (Special yarn) เป็นด้ายที่มีผลผลิตขึ้นเพื่อใช้ในงานเฉพาะทาง ภาพประกอบ 4 แสดงลักษณะของเส้นด้ายชนิดพิเศษซึ่งเป็นเส้นด้ายโพลีเอสเตอร์ยาสีฟ้าเสพติดย้อม



ภาพประกอบ 4 เส้นด้ายชนิดพิเศษ

2.1.2.1 ขนาดของด้าย (Yarn size) สามารถวัดได้ด้วยการระบบวัดหลายแบบ คือ เลขด้าย (yarn number) ดีเนียร์ (denier) และ เท็กซ์ (tex) ระบบการวัดแบบเลขด้าย (yarn number) มักใช้กับด้ายที่ทำด้วยเส้นใยสั้น (spun yarn) โดยเป็นค่าความยาว (หลา) ต่อน้ำหนัก 1 ปอนด์ของด้าย หน่วยวัดความยาวหนึ่งที่ใช้ในระบบนี้คือ แองค์ (hank) โดย 1 แองค์ยาว 840 หลา ด้ายที่มีขนาดเล็กก็จะมีค่าเลขด้ายสูงกว่าด้ายที่มีขนาดใหญ่กว่า ดีเนียร์และเท็กซ์ (denier and tex) ใช้กับด้ายที่ทำด้วยเส้นใยยาว เป็นการวัดค่าน้ำหนัก (กรัม) ต่อความยาว 9000 เมตร เช่นเดียวกับที่ใช้กับเส้นใย

2.1.3 ผ้า

ผ้าคือวัสดุที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบน สามารถผลิตจากสารละลาย เส้นใย เส้นด้าย หรือวัสดุพื้นฐานเหล่านี้รวมกัน เมื่อแบ่งแยกตามลักษณะการผลิต สามารถแบ่งประเภทของผ้าออกเป็น 3 แบบ คือ ผ้าทอ (woven fabrics) ผ้าถัก (knitted fabrics) และ ผ้าอื่น ๆ

2.1.3.1 ผ้าทอ เป็นผ้าที่เกิดจากกระบวนการทอโดยใช้เครื่องทอ (weaving loom) โดยมีเส้นยืน (warp yarn) และเส้นพุ่ง (filling or weft yarn) ที่ทอขัดในแนวตั้งฉากกัน และจุดที่เส้นทั้งสองสอดประสานกัน (interlacing) จะเป็นจุดที่เส้นด้ายเปลี่ยนตำแหน่งจากด้านหนึ่งของผ้าไปด้านตรงข้าม การทอในปัจจุบันมีการพัฒนา จากการทอด้วยมือ (hand looms) ไปเป็นการใช้เครื่องจักรในการทอ โดยใช้เทคนิคหลากหลายรูปแบบ แตกต่างกันไป เช่น Air-jet loom, Rapier loom, Water-jet loom, Projectile loom, Double-width loom, Multiple-shed loom, Circular loom, Triaxial loom ภาพประกอบ 5 แสดงผ้าทอมือ บ้านท่ากระจ่าย



ภาพประกอบ 5 ผ้าทอมือ

2.1.3.2 ผ้าถัก เป็นผ้าที่เกิดจากการใช้เข็ม (needles) ถักเพื่อให้เกิดเป็นห่วงของด้ายที่มีการสอดขัดกัน (interlocking loops) โดยจะมีเส้นที่อยู่แนวตั้ง (Wales) และเส้นที่อยู่ในแนวนอน (courses) ประเภทของผ้าถัก Filling-Knit fabrics เช่น Jersey, Rib structure, Interlock structure, Purl knits, Warp knit fabrics เช่น tricot warp knit, Raschel warp knit, Simplex, Milanese ภาพประกอบ 6 แสดงลักษณะของผ้าถัก



ภาพประกอบ 6 ผ้าถักลายต้นสน

2.2 การตรวจสอบสมบัติของเส้นด้าย เส้นใย รวมทั้งผืนผ้า

โดยทั่วไปการตรวจสอบสมบัติของเส้นด้าย และเส้นใย รวมทั้งผืนผ้าต่างๆ จะมีการควบคุมสภาวะต่างๆ กล่าวคือ ควบคุมอุณหภูมิความชื้นของห้องทดสอบ ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน เช่น สภาวะมาตรฐาน ISO และ BS จะต้องควบคุมให้มีความชื้นสัมพัทธ์ 65+2% และมีอุณหภูมิ 27°C ห้องควบคุมสภาวะจะใช้เป็นห้องทดสอบ เพื่อวิเคราะห์เส้นใยทดสอบผ้าในเรื่องโครงสร้าง ความหนา เบอร์ด้าย ความเหนียว ความทนต่อการขัดถู การหดภายหลังการซัก และคุณสมบัติกายภาพอื่น ๆ ส่วนเครื่องทดสอบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ เครื่องทดสอบและอุปกรณ์จะทำหน้าที่สำหรับตรวจ วัด และทดสอบ จะต้องเลือกใช้ชนิด ตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน และต้องมีความแม่นยำและเที่ยงตรง สามารถสอบเทียบให้มีค่าความสัมพันธ์กับมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ (ภาพประกอบ 7-9 แสดงเครื่องมือทดสอบที่ใช้ในศูนย์ตรวจสอบสมบัติ เส้นใย เส้นด้าย) นอกจากนั้น การทดสอบในแต่ละครั้งจะต้องเลือกใช้วิธีการทดสอบที่เป็นมาตรฐาน และเป็นที่ยอมรับในวิธีทดสอบมาตรฐาน การทดสอบจะต้องทำตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ใช้ และแสดงมาตรฐานจะต้องอ้างอิงถึงวิธีการทดสอบที่ใช้ เช่น อ้างอิงถึงวิธีการทดสอบของ AATCC ควรระบุชื่อของวิธีทดสอบนั้นว่าเป็นวิธีใด เช่น AATCC Test Method 93 – 1978 หรืออ้างอิงถึงวิธีของ ASTM ก็ระบุลงไปว่าเป็นวิธีใด เช่น ASTM D 1682 – Grab Method เป็นต้น



ภาพประกอบ 7 เครื่องมือสำหรับหาขนาดของเส้นใย เส้นด้าย

[ที่มา: <http://www.thaitextile.org/lab/content.php?id=ARC0120814173208&lang=th>]



ภาพประกอบ 8 เครื่องมือทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยและเส้นด้าย

[ที่มา: <http://www.thaitextile.org/lab/content.php?id=ARC0120814173208&lang=th>]

พหุ ประถม ศึกษาศาสตร์



ภาพประกอบ 9 เครื่องมือทดสอบน้ำหนักของผ้าและหาจำนวนเส้นด้าย

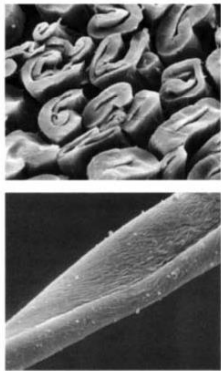
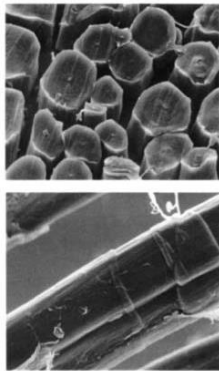
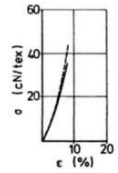
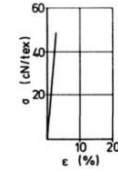
[ที่มา: <http://www.thaitextile.org/lab/content.php?id=ARC0120814173208&lang=th>]

2.2.1 มาตรฐานการทดสอบสิ่งทอ มาตรฐานจะเป็นสิ่งชี้วัดที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์ กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือความสามารถของผู้ผลิต จึงทำให้ผู้บริโภคสามารถตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าได้ถูกต้องตามความประสงค์มากขึ้น และยังลดต้นทุนในการประเมินเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ มาตรฐานมีผลทางกฎหมาย (Technical Regulation) และมีผลในทางปฏิบัติ (Standard) ทั้งที่เกิดจากแรงกระตุ้นจากตลาด (Market Forces) อำนาจเหนือตลาด (Market Predominance) หรือระบบกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา (Intellectual Property System) แต่ในบางบริบท มาตรฐานจะครอบคลุมเฉพาะแนวปฏิบัติทางเทคนิคเกี่ยวกับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือกรรมวิธีผลิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งไม่มีผลผูกมัดทางกฎหมายแต่ประการใด ระดับมาตรฐานมีหลายระดับ ซึ่งแยกได้เป็น 4 ระดับ คือ 1) มาตรฐานระดับบริษัท (Company standards) เป็นมาตรฐานที่เกิดจากการกำหนด ของผู้ผลิต เพื่อใช้เป็นแนวทางในการผลิต การซื้อขาย 2) มาตรฐานระดับสมาคม (Association standards) เป็นมาตรฐานที่เกิดจาก กลุ่มบุคคลหรือสมาคมที่มีผลประโยชน์เกี่ยวข้องกัน ร่วมกันสร้างมาตรฐานขึ้น เช่น American Association of Textile Chemists and Colorists (AATCC) ของสหรัฐอเมริกาและ The Society of Dyers and Colorists (SDS) ของอังกฤษ 3) มาตรฐานระดับประเทศ (National standards) เป็นมาตรฐานที่ได้จากการประชุม 4) มาตรฐานระหว่างประเทศ (International standards) เป็นมาตรฐานที่ได้จากการ ร่วมพิจารณา กำหนดมาตรฐานของประเทศต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นพื้นฐานทั่วไป ในการซื้อขายระหว่างประเทศ เช่น มาตรฐานระหว่างประเทศขององค์การ ระหว่างประเทศ (International Organization for Standardization : ISO) เช่น ISO 9000 ISO 14000

2.2.2 การตรวจสอบสมบัติเส้นใย

ประเภทของการทดสอบเส้นใย ได้แก่

- 1) ความยาวเส้นใย โดยใช้เครื่อง Fiber length วัดความยาวของเส้นใย
- 2) ขนาดเส้นใย ใช้กล้องจุลทรรศน์ขยายและวัดขนาดหน้าตัดของเส้นใย มีหน่วยของไมโครเมตร (1 ไมโครเมตรเท่ากับ 1/1000 มิลลิเมตร) สำหรับเส้นใยประดิษฐ์ที่ผลิตใน อุตสาหกรรมขนาดของเส้นใยจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ขนาดของรูในหัวฉีด (spinneret holes) การดึงยืดขณะที่ปั่นเส้นใยและหลังการปั่นเส้นใย
- 3) การทดสอบความแข็งแรง ใช้มาตรฐาน ASTM D 3822-01 = Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile fibers
- 4) รูปร่างหน้าตัดขวางของเส้นใย, ลักษณะผิวภายนอกของเส้นใย และ ความหยัก (crimp) ใช้กล้องจุลทรรศน์ขยายและวัดขนาดหน้าตัดของเส้นใย ภาพประกอบ 10 แสดงค่าการทดสอบสมบัติเส้นใยฝ้ายและลินิน

	Natural fibers	
	Cotton (CO)	Flax/Linen (LI)
Microphotographs of cross-section and longitudinal view		
Force/elongation diagram		
Produced as	Cellulose/fiber	Cellulose/long fiber
Fineness (titer) dtex	1...1.6...2...4	Elementary: 1...7 tech. 10-40
Length mm	10...25...32...60	Elementary: 10-40 tech. 45-80
Sold as Density g/cm ³	Staple 1.50...1.54	Staple 1.43...1.52
Force/elongation properties	Tenacity in standard atmosphere cN/tex (daN/mm ²) 20...50 (35...70) Wet (as % of dry strength) (8) 100...110 Loop strength % 65...70 Knot strength % 60...100 Elongation at max. force % 6...10 Wet (as % of dry elongation) 100...110 Elongation at break % 6...10	30...55 (45...80) 105...120 (tech. fiber) 20...40 1.5...4.0 110...125 1.5...4.0

▼ page 836

ภาพประกอบ 10 ตารางค่าการทดสอบสมบัติเส้นใยต่างๆ [48]

2.2.3 การตรวจสอบสมบัติเส้นด้าย

การทดสอบเบอร์เส้นด้าย หรือ ขนาดเส้นด้าย (Yarn Number) มีสองระบบ

1) Direct system เป็นระบบที่ขนาดแปรเป็นสัดส่วนโดยตรงกับเบอร์ของเส้นด้าย ซึ่งกำหนดเป็นค่าเดนเยอร์ (denier) และ เทกซ์ (Text) เดนเยอร์ (denier) คือค่าที่แสดงน้ำหนักเป็นกรัมของเส้นด้ายที่ยาว 900 เมตร เทกซ์ (Tex) คือค่าที่แสดงน้ำหนักเป็นกรัมของเส้นด้ายยาว 1000 เมตร “เดนเยอร์จะใช้สำหรับวัดขนาดเส้นด้ายใยยาว ส่วนเทกซ์จะใช้บอกขนาดของเส้นด้าย ใยยาว หรือใยสั้นก็ได้”

2) Indirect system เป็นระบบที่ขนาดแปรเป็นสัดส่วนผกผันกับเบอร์ของเส้นด้าย โดยเส้นด้ายที่มีขนาดโตจะมีเบอร์เล็กลง ถ้าเส้นด้ายขนาดเล็กเบอร์จะมีค่าสูงขึ้น ระบบนี้จะใช้กับการวัดขนาดของเส้นด้ายใยธรรมชาติ โดยเฉพาะฝ้ายและขนแกะซึ่งแบ่งออกเป็นหน่วยวัดแบบต่าง ๆ ได้แก่ English count, Worsted count, Woolen count มาตรฐานที่ใช้วัดขนาดเส้นด้ายคือ ASTM D 2256-97, ASTM D2255-02 , ASTM D1425-96 , ASTM D1059-01 (ภาพประกอบ 11 และ 12 แสดงลักษณะของเส้นด้ายจากไหมธรรมชาติ) ระบบกลับ (Indirect system) เป็นระบบที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางที่เรียกว่า ด้ายเบอร์ 40, 20 เป็นต้น โดยที่ เบอร์เส้นด้าย = ความยาวเส้นด้าย / น้ำหนักเส้นด้าย คือ เบอร์เส้นด้ายยิ่งสูงเส้นด้ายยิ่งมีขนาดเล็ก ระบบนี้ ใช้กับฝ้าย และลินิน การทดสอบทำโดยวัดความยาวและชั่งน้ำหนัก ส่วนการคำนวณจะทำระบบใดก็ได้ เพราะว่าเมื่อรู้ระบบหนึ่งแล้วก็สามารถจะแปลงไปสู่อีกระบบหนึ่งได้ โดยมีตารางแปลงให้ เส้นด้ายที่ใช้วัดหาน้ำหนัก และความยาวนี้อาจได้มาจากการแกะเอาด้ายออกจากผ้าผืน หรือมาจากเส้นด้ายที่เป็นใจ ๆ อยู่แล้ว (hank) ถ้าวัดเส้นด้ายที่เป็นแองก์ เบอร์เส้นด้าย จะคิดจากความยาวของเส้นด้ายใช้หน่วยแองก์ ต่อน้ำหนัก 1 ปอนด์ ดังนั้น เบอร์เส้นด้าย = ความยาวเส้นด้ายเป็นแองก์ / น้ำหนักเส้นด้ายเป็นปอนด์ หน่วยความยาวแองก์ มีความยาวต่างกันในฝ้าย ขนสัตว์สั้น และขนสัตว์ยาว เส้นด้ายฝ้าย 1 แองก์ = 840 หลา เส้นด้ายขนสัตว์สั้น 1 แองก์ = 300 หลา เส้นด้ายขนสัตว์ยาว 1 แองก์ = 560 หลา ตาราง 1 สรุประบบเบอร์เส้นด้าย ส่วนตาราง 3 สรุป ขนาดของเส้นด้าย

พหุ ประถมศึกษา



ภาพประกอบ 11 เส้นด้ายจากไหมบ้าน



ภาพประกอบ 12 เส้นด้ายจากไหมอิตาลี

ตาราง 1 Yarn number system [47]

Unit	System	Meaning	Application
Tex	Direct	Weight (Grams) of 1,000 Meters	Staple or Filament
Denier	Direct	Weight (Grams) of 9,000 Meters.	Filament
Cotton count	Indirect	Number of 840 yards length/ Pound.	Staple
Metric count	Indirect	Number of 1,000 Meters. length/ Kilogram.	Staple
Worsted count	Indirect	Number of 560 yards length/ Pound.	Staple

ตาราง 2 Size of yarns [47]

Type	Tex	Denier	Cotton count
Fine	6-10	50-90	60-100
Medium	12-20	100-180	30-50
Heavy	30-60	280-600	10-20

2.3 การตรวจสอบสมบัติเส้นด้ายในโรงงานอุตสาหกรรม

เส้นด้ายที่ผลิตออกมาเพื่อการใช้งานด้านทอผ้า (Weaving) หรือถักผ้า (Knitting) ที่อยู่ในรูปของลูกด้าย ห่อกรอ (Cone) เมื่อตกลงซื้อขายกันระหว่างผู้ผลิตกับผู้ใช้งานในปัจจุบัน มักมีข้อตกลงเบื้องต้นหรือข้อมูลเฉพาะด้านที่ใช้พิจารณาในขั้นพื้นฐานที่เป็นเอกลักษณ์ประจำก็คือ ค่า CV% ค่า U% ค่า Nep และความเหนียว คุณภาพเหล่านี้จะใช้อ้างอิงถึงประสิทธิภาพของการใช้งาน ดังนั้นการควบคุมคุณภาพในทุกขั้นตอนการผลิตจะช่วยให้ค่า CV%, U% และค่า Nep อยู่ในเกณฑ์ตามที่ต้องการได้ ค่าต่างๆ เหล่านี้จะแปรเปลี่ยนไปตามสภาพการต่างๆ ขณะพันเข้าหลอดด้ายในเครื่องกรอเส้นด้าย Winding ซึ่งทำให้คุณภาพในด้านความเหนียว ความสม่ำเสมอลดลงไปจากเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ทั้งฝ่ายผลิตอันได้แก่โรงงานปั่นด้าย และผู้ใช้ซึ่งได้แก่โรงงานทอผ้า และโรงงานถักผ้า ในปัจจุบันการกำหนดค่าความเหนียวหรือความแข็งแรงของเส้นด้ายได้แปรเปลี่ยนไปตามสถานการณ์ปัจจุบัน กล่าวคือ การวัดค่าความแข็งแรงวัดออกมาในรูปของเส้นด้ายเดี่ยวเพียงเส้นเดียว (Single Strength) มีหน่วยเป็น (CN/Tex) ความเหนียวในลักษณะนี้จะวัดทุกหน่วยความยาว 1 หลานั้นหมายถึงทุกๆ ความยาว 1 หลานจะต้องมีความแข็งแรงใกล้เคียงกัน โดยที่ไม่ให้เส้นด้ายขาดในขณะทำการทดสอบ ซึ่งจะช่วยให้ทราบคุณสมบัติในด้านความเหนียวได้เป็นอย่างดี ดังนั้นเส้นด้ายที่ผลิตออกมาจากเครื่องกรอต้องมามีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ในทุกๆ หน่วยความยาวตลอดทั้งลูกด้าย ซึ่งจะช่วยให้การทอผ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น [50] ตาราง 3 เป็นรายละเอียดมาตรฐานการตรวจสอบสมบัติเส้นใยเส้นด้ายที่ใช้ในอุตสาหกรรมและห้องปฏิบัติการทดสอบ [51]

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 3 Standard Test Methods [51]

Yarn Tests	Standard Test Methods
Yarn Numbers (Per Yarn)	Woven Fabric <ul style="list-style-type: none"> ▪ ASTM D1059, ISO 7211/5, JIS L 1096 Knitted Fabric <ul style="list-style-type: none"> ▪ ASTM D1059, JIS L 1018 Skein Form <ul style="list-style-type: none"> ▪ ASTM D1907 ,BS EN ISO 2060, ISO 2060 TIS 121 book 6
Yarn Twist	ASTM D1422/ 1423, BS EN ISO 2061, ISO 2061, TIS 121 book 7
Unevenness	ASTM D1425, ISO 16549
Hariness	ASTM D1425
Tenacity	ASTM D2256, ISO 2062
Number of Ply	In-house method
Length of Thread	JIS L 1095
Yarn Friction	JIS L 1095
Direction of Twist	ISO 2061
Number of Filament	In-house method
Type of Yarn (Staple/Filament)	In-house method
Crimp Number	ASTM D3937 , JIS L1015
Weight of Yarn & Core/ Weight of Yarn Core	In-house method
Single Thread Strength	ASTM D885, ASTM D2256, ASTM D7269 BS EN ISO 2062, ISO2062 JIS L 1013/ 1095, TIS 121 book 8

2.3.1 ปัญหาในคุณภาพของเส้นด้าย

เส้นด้ายเล็กใหญ่ผิดปกติ (Thin Place and Thick Place) โดยทั่วไปมักเกิดปัญหาคืบขึ้นกับแผนกควบคุมคุณภาพ ที่ไม่สามารถควบคุมน้ำหนักต่อหลาของเครื่องจักรแต่ละแผนกให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่โรงงานได้กำหนดไว้ ความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักที่เกิดขึ้นเป็นปัญหาที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ แต่ถ้าควบคุมให้ดีสามารถกำหนดให้อยู่ในขอบเขตตามที่ต้องการได้เป็นต้น เพราะทุกแผนกของเครื่องจักรในแต่ละเครื่องก็มีอุปกรณ์ควบคุมน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาได้แก่ การเปลี่ยนเฟืองหนักเบา (Draft Change Gear) หรือถ้าเป็นเครื่องจักรที่ทันสมัยก็จะมีระบบการควบคุมน้ำหนักโดยอัตโนมัติ (Auto Leveler) เป็นต้น

เส้นด้ายมีจุดไขปลาส (Nep) อาจเป็นผลมาจากการใช้วัตถุดิบไม่สอดคล้องกับเบอร์เส้นด้ายที่ทำ หรือเครื่องจักรที่ใช้ในระบบการปั่นด้ายมีหมามไม่คมโดยเฉพาะหมามาจากเครื่องสายใย อันได้แก่ หมาม Taker -in หมาม Cylinder หมาม Flat และหมาม Doffer เป็นต้น

เส้นด้ายพอง (Slub or Fly) แยกเป็นสองลักษณะ คือ กรณีเส้นด้ายเกิดเป็น Slub อาจเป็นเพราะ การรักษาความสะอาดในระบบการปั่นด้ายไม่ดีเท่าที่ควร หรือชิ้นส่วนเครื่องจักรในระบบ Draft เกิดสึกหรอและเกิดความเสียหาย เช่น เพลลา Roller ในเครื่องรีด (Drawing) ปั่นสอง (Roving) และปั่นสาม (Ring Spinning) เกิดการคดงอไม่ได้ศูนย์ หรือกรณีลูกหมาน (Top Roller) เป็นแพลหรือเป็นรอยแล้วไม่ทำการแก้ไข เป็นต้น ส่วนกรณีของ Fly อาจเกิดจากกรณีเศษเส้นใยที่อยู่ในระหว่างเครื่องปั่นด้ายปลิวติดเข้าไปกับเส้นด้ายในเครื่องปั่นสองและเครื่องปั่นสามแล้วไม่ได้กำจัดออกทำให้เส้นด้ายมีขนาดใหญ่กว่าปกติในตำแหน่งที่มีเศษเส้นใยปลิวติดปนเข้าไปเท่านั้น องค์ประกอบที่เป็นปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นต่อกระบวนการการร้อยด้ายที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้

ด้ายพันกันยุ่งเหยิง โดยปกติการหลีกเลี่ยงปัญหาเส้นด้ายขาดในขณะที่รอไม่สามารถกระทำได้อยู่แล้ว แต่เมื่อเครื่องอยู่ในสภาพปกติการต่อด้ายหรือขณะ Splicer จะต่อดิตภายใน 1 หรือ 2 ครั้ง เส้นด้ายก็จะติดกันแล้วเครื่องกรอสามารถทำงานได้ตามปกติ แต่ในบางครั้งหัวกรอเกิดปัญหาขึ้นการต่อด้ายเมื่อต่อไม่ติด 3 ครั้ง ระบบการหยุดเครื่องอัตโนมัติก็จะบังคับให้ Drum นั้นหยุดไม่สามารถเดินได้ เมื่อเกิดปัญหาในลักษณะนี้แล้ว ช่างเครื่องต้องรีบทำการปรับปรุงแก้ไขทันที

ด้ายพันเข้าหลอด 2 เส้น กรณีเช่นนี้เกิดขึ้นจากการที่ใบมีดไม่สามารถตัดเส้นด้ายให้ขาดออกจากกันในขณะที่ต่อด้าย แล้วปลายเส้นด้ายเคลื่อนที่อยู่เหนือหรือผ่าน Yarn Clearer ไปแล้ว อุปกรณ์ตัวนี้ได้แก่ Peyer หรือ Uster หรือ Keisokki เป็นต้น หรือเกิดขึ้นจากกรณีที่ Yarn Clearer ทำงานผิดปกติ กรณีเช่นนี้จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเส้นด้ายอย่างรุนแรง เพราะเมื่อเส้นด้ายเข้าไปในหลอดพร้อมๆ กัน 2 เส้นเท่ากับเส้นด้ายจะมีความโตนมากกว่าปกติ 2 เท่า เมื่อไม่ถูกกำจัดออกแล้วนำไปทอผ้าจะทำให้เข็มถักผ้าหักในขณะที่ผ่านเข้าเครื่อง Knitting หรือเกิดจุดหนาขึ้นในขณะที่ทอผ้า

2.3.2 วิธีการตรวจสอบสมบัติเส้นด้ายและผืนผ้าที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

วิธีการวิเคราะห์หาเบอร์เส้นด้าย

ตัดผ้าตัวอย่างขนาด 5*23 เซนติเมตร ทั้งแนวเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งอย่างละ 3 ชิ้น จากนั้นเลาะเส้นด้ายขึ้นละ 50 เส้น มัดเป็นปมหลวมๆ แล้วนำไปทดสอบเบอร์ วิเคราะห์หาเบอร์เส้นด้ายในระบบ Denier

วิธีการวิเคราะห์หาเกลียวเส้นด้าย

ตัดผ้าตัวอย่างขนาด 2.5*30 เซนติเมตร ทั้งในแนวเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง อย่างละ 1 ชิ้น แล้วเลาะเส้นด้ายขึ้นละ 10 เส้น นำไปทดสอบ วิเคราะห์หาเกลียวเส้นด้ายโดยดูทิศทางการตีเกลียว และนับจำนวนเกลียวต่อนิ้ว

วิธีการวิเคราะห์ชนิด สมบัติ และโครงสร้างผืนผ้า

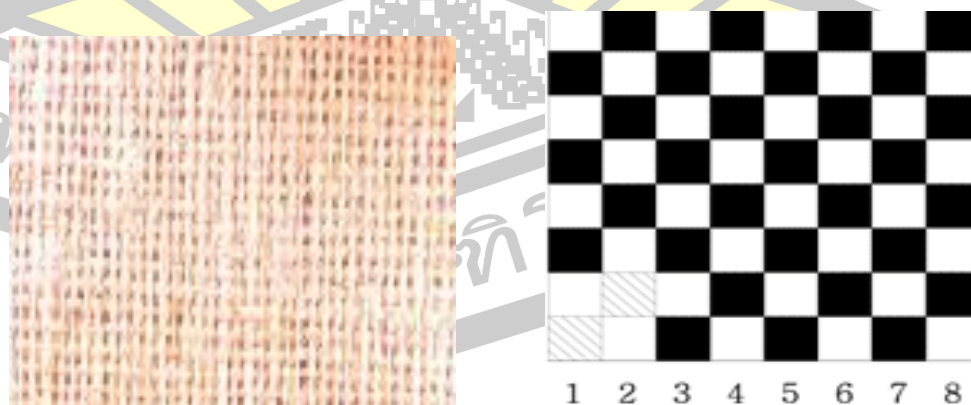
ตัดผ้าตัวอย่างขนาด 5*5 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น นำ Pickglass มาทดสอบโดยการวางลงบนผ้าตามกรอบที่กำหนดไว้คือ 1*1 นิ้ว และวิเคราะห์ ชนิดของผืนผ้า โครงสร้างผืนผ้า และนับจำนวนเส้นด้ายทั้งเส้นด้ายยืนและพุ่ง ภาพประกอบ 13 เป็นวิธีทดสอบสมบัติของผืนผ้าในห้องทดลอง และภาพประกอบ 14 เป็นตัวอย่างผลวิเคราะห์โครงสร้างผืนผ้า



ผ้าตัวอย่าง

การทดสอบ

ภาพประกอบ 13 วิธีทดสอบสมบัติของผืนผ้าในห้องทดลอง[50]



ภาพประกอบ 14 ชิ้นผ้าตัวอย่างและผลการวิเคราะห์โครงสร้างของผ้า [50]

วิธีการทดสอบหาความหนาของผืนผ้า (Thickness)

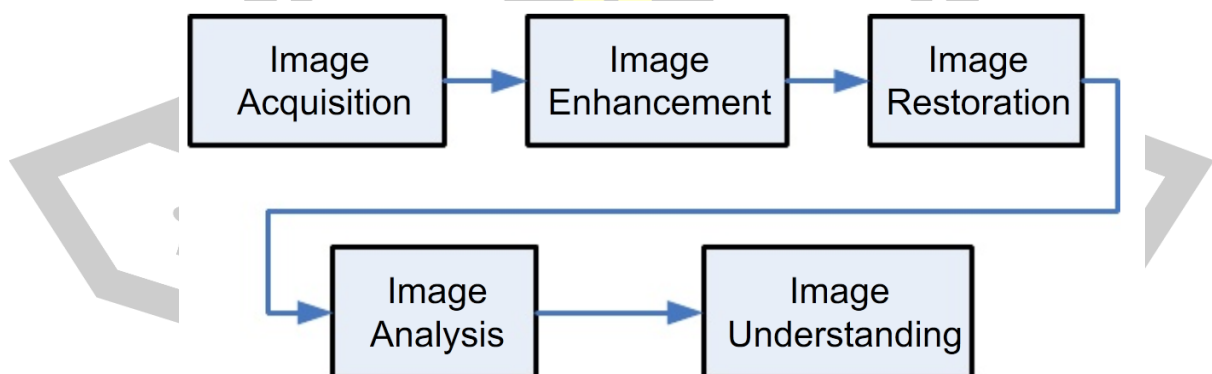
ตัดผ้าตัวอย่างขนาด 5*5 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น นำ Thickness มาทดสอบโดยปรับเข็มให้อยู่ที่ 0 แล้วทำการทดสอบ วัดความหนาเพื่อดูความสม่ำเสมอของผืนผ้าว่ามีความหนาเท่ากันหรือไม่ ภาพประกอบ 15 แสดง ผืนผ้าตัวอย่างและอุปกรณ์วัดความหนาของผืนผ้า



ภาพประกอบ 15 ผืนผ้าตัวอย่างและอุปกรณ์วัดความหนาของผืนผ้า[50]

2.4 กระบวนการทางภาพ

ภาพคืออาเรย์จำนวนจริงหรือจำนวนเชิงซ้อนโดยแสดงเป็น จำนวนจำกัดของบิต (Finite number of bit) ภาพจากวัตถุจะถูกบันทึกโดย Image Sensorแล้วบันทึกหรือส่งผ่านที่เก็บ แล้วไปประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์และภาพประกอบผ่านการประมวลผลแล้วถูกนำไปเก็บในที่เก็บชั่วคราว (Buffer) เพื่อให้แสดงผลหรือบันทึกไว้ ภาพประกอบ 16 แสดงกระบวนการประมวลผลทางภาพ



ภาพประกอบ 16 กระบวนการประมวลผลทางภาพ

โดยที่ Image Acquisition คือ การได้มาของภาพ ถ้ารูปภาพถูกจับแบบต่อเนื่องจำเป็นจะต้องใช้รูปภาพอย่างน้อย 25 รูปต่อหนึ่งวินาที เพื่อที่จะไม่ให้เห็นรูปที่ไม่ต่อเนื่อง ถ้ารูปภาพ

ประกอบต้องการจัดเก็บเป็นโมโนมี 256 ระดับ การนำภาพแบบมีสีเข้าสู่คอมพิวเตอร์จะเปรียบเสมือน การนำภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์ 3 รูปในเวลาเดียวกัน ซึ่งรายละเอียดขึ้นอยู่กับระบบชนิดของสี ในระบบ RGB จะใช้ความเข้มเป็น สีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงิน ในกล้องถ่ายภาพจะทำการแยกแถบสีดังกล่าวออกจากกันจึงทำให้ได้รูปภาพ 3 รูป เป็นของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ตามลำดับ ระบบกล้องวิดีโอได้พัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยมีทั้งกล้องวิดีโอแบบโมโน กล้องวิดีโอแบบมีสี นอกจากนี้ยัง ได้พัฒนาในเรื่องของขนาด ความสว่าง และความคมชัดของรูปภาพ และมีกระบวนการที่ใช้กับ อุปกรณ์สแกน เพื่อที่จะให้ได้ภาพประกอบคมชัด เวลาที่ใช้ในการสแกนเร็ว อุปกรณ์สแกนนี้มีทั้งแบบ ที่เคลื่อนที่ และแบบที่อยู่กับที่ โดยที่ความละเอียดอย่างต่ำ 10 dpi(จุดต่อนิ้ว) จนถึง 1000 dpi บาง ชนิดจะมีตัวสแกนแบบเป็นแถวเพียงแถวเดียว เวลาจะสแกนจะทำการเคลื่อนแถวนั้น ๆ ไปตาม บริเวณของรูปภาพ โดยปกติรูปภาพขนาด 2000X3000 จะใช้เวลาน้อยกว่า 20 วินาที ปัญหาหลัก ของอุปกรณ์สแกนประกอบด้วย สามารถสแกนได้ที่ละรูปเท่านั้น บางกระบวนการสแกนยังเชื่อถือ ไม่ได้ อุปกรณ์สแกนที่ใช่มือเป็นตัวสแกน การสแกนจะขึ้นอยู่กับความดันและตำแหน่งของแกสสที่ เคลื่อนที่ การได้มาของภาพแต่ละภาพจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์การรับภาพ วิธีการที่ใช้ใน การรับภาพ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับการนำเอาภาพนั้นๆ ไปใช้งานอีกด้วย เมื่อนำภาพต่างๆ เข้ามาสู่ คอมพิวเตอร์ จำเป็นที่จะทำให้คอมพิวเตอร์รู้จักโดยการแปลงรูปแบบให้ตรงกับระบบคอมพิวเตอร์ ต้องการ การประมวลผลของคอมพิวเตอร์จะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันถ้าภาพๆนั้นมาจากอุปกรณ์ที่ แตกต่างกัน ซึ่งการเลือกอุปกรณ์ต่างๆ ขึ้นอยู่กับหลายๆ ด้าน เช่น คุณภาพของภาพประกอบได้ ต้นทุนในการใช้อุปกรณ์

Image Representation และ Image Modeling คือ การสร้างภาพในแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ Image Enhancement คือการปรับปรุงคุณภาพของภาพเพื่อแสดงผลผ่านจอโดยไม่ เปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในภาพ การปรับปรุงภาพ เป็นกระบวนการในการแปลงข้อมูลภาพตัวเลข เพื่อที่จะสร้างภาพประกอบเน้นรายละเอียดที่ต้องการ หรือปรับพิสัยของโทนแสงที่ต้องการของภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลหรือรายละเอียดอื่นๆ ของภาพ เมื่อทำการปรับภาพจะมีการเน้นสารสนเทศ ในข้อมูลบางส่วน และอาจจะไปกดสารสนเทศในข้อมูลอีกส่วนหนึ่ง ผู้ใช้อาจจะต้องตัดสินใจวิธีการ ปรับปรุงภาพหลายๆ แบบในการทำงานครั้งหนึ่งๆ ซึ่งการปรับปรุงภาพแต่ละวิธี จะช่วยในการแปล ภาพในแง่มุมที่แตกต่างกัน

Image Restoration คือ การปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยใช้ข้อมูลที่ ทราบสาเหตุ (Minimize or remove known degradations) เช่น Noise filtering หรือ Correction of Geometric Distortion เป็นต้น Image restoration เป็นกระบวนการปรับปรุงภาพออกมาให้ เหมือนภาพดั้งเดิม ข้อแตกต่างระหว่าง Image restoration กับ Image enhancement คือ Image restoration เป็นการทำให้ภาพเหมือนภาพเดิมมากที่สุด แต่ Image enhancement ไม่สนใจว่า

ภาพประกอบออกมาจะเหมือนภาพเดิมหรือไม่ แต่ต้องการให้ภาพมีคุณภาพประกอบเหมาะสมที่จะนำไปประมวลผลในขั้นตอนถัดไป Image Analysis คือ การอธิบายลักษณะต่างๆในภาพ เช่น ขนาด หรือ การหมุนของวัตถุในภาพ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาระบบตรวจสอบสมบัติของเส้นใย เส้นด้าย และผืนผ้า

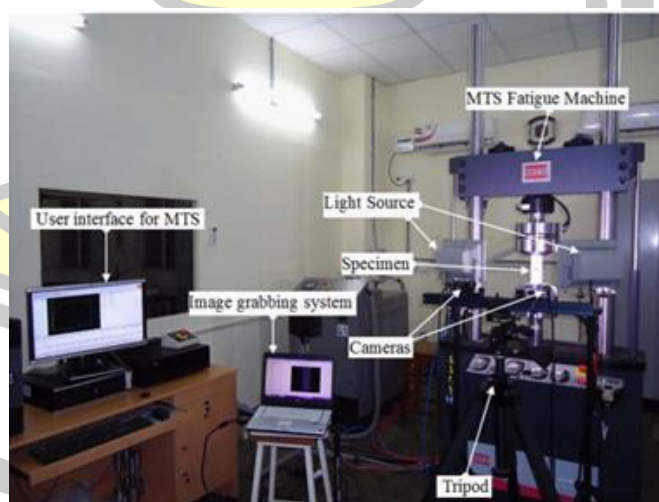
2.5.1 การตรวจสอบสมบัติเส้นใย เส้นด้าย และผืนผ้า โดยไม่ได้ใช้กระบวนการทางภาพ

ในการตรวจสอบสมบัติของเส้นใย เส้นด้ายและผืนผ้า มีทั้งงานวิจัยที่ใช้กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือในการเก็บภาพ งานที่ใช้เครื่องมือพิเศษในการดึง ตลอดจนมีการออกแบบเครื่องมือที่หาค่าต่างๆของเส้นใย เส้นด้ายและผืนผ้า Narenda และคณะ [46] ได้ทำการตรวจสอบเส้นใยไหมที่ผลิตด้วยหนอนไหมพันธุ์พิเศษ คือ uncommon Saturnidee พบว่าเส้นใยมีสมบัติทางกลไม่แตกต่างจากไหมชนิดอื่น แต่มีค่าต้านแรงดึงที่สูงกว่าไหมชนิดอื่น ข้อดีของไหมพันธุ์นี้คือมีความทนทานต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกสูงกว่าไหมพันธุ์ทั่วไป ในงานวิจัยนี้ใช้กล้องจุลทรรศน์ Hitachi S 53000 เป็นตัวจับภาพ เพื่อนำภาพมาวิเคราะห์ระดับโครงสร้างของเส้นใย และ ใช้เครื่องดึง 4444 USA มาใช้ทดสอบหาแรงดึง [50] Hossein Barani [49] ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนสแกน เส้นด้าย Nanofibrous ไฮบริดของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) และกรดโพลี-L-แลคไทด์ (PLLA) เพื่อตรวจสอบความเป็นขนของเส้นด้ายเพราะขนของเส้นด้ายมีผลต่อการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่ออกแบบเครื่องมือวัดแรงดึง อยู่ในรูปแบบเซ็นเซอร์ [54] โดยใช้ surface acoustic wave (SAW) เพื่อให้ได้ช่วงที่ตอบสนองโดยมีความไวที่ดีที่สุด ผลการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นแสดงให้เห็นว่ามีความไวสูงสุดจะเกิดขึ้นได้เมื่อเห็นความตึงเครียดเส้นด้ายมีความยาวตั้งต้นเท่ากับ 15 มิลลิเมตรและความกว้างเท่ากับ 3 มม Page และ Wang [54] ศึกษาแรงเฉือนของเส้นด้ายและเส้นหลอดของผ้า โดยหาความสัมพันธ์ของแรงเฉือนกับมุมเฉือน และวัดเรขาคณิตเส้นด้ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ การทดสอบการบีบอัดผ้า เพื่อที่จะประเมินความอยู่ตัวตามขวางของเส้นด้าย โดยใช้การบีบอัด KES-FB-3 มาตรฐาน ASTM 1388 ส่วนการทดสอบแรงดึงทำโดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง ของบริษัท อินสตรอน Gourier และ คณะ[55] วิเคราะห์คุณสมบัติทางกลของเส้นใยปอหลังจากอบที่ความร้อนแตกต่างกัน ทดสอบแรงดึงได้ทำตาม มาตรฐาน NFT 25-501-2 โดยใช้เส้นใยาว 10 มม. ในเครื่องทดสอบแรงดึง ชนิดเอ็มทีเอฟพร้อมกับโพลดเซลล์ และควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในห้องปฏิบัติการ (23 ± 0.5 °C, $48 \pm 2\%$ RH) การวิเคราะห์ Thermogravimetric ดำเนินการโดยใช้ Mettler Toledo TGA / DSC 1 เครื่อง อัตราความร้อนเป็น 3 °C / นาที และการวัดซ้ำสามครั้ง ส่วนการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาจะสังเกตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน JEOL JSM 6460LV สัณฐานวิทยา, สเปกตรัมและโครมาโตกราฟฟีของเส้นใย PET ได้ถูกศึกษา [57] ค่าเรืองแสงวัด ค่าการสะท้อนแสง และโครงสร้างศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ Leica DMRP และ Leitz Ortholux นอกจากนี้ งานวิจัย

ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบผ้าหลายงาน Kahl และ Ramming [57] ใช้เทคนิค X-ray microtomography เพื่อตรวจสอบโครงสร้างและวัสดุที่ใช้ทอผ้าในยุคหิน เทคนิค microtomography เอ็กซ์เรย์ ใช้ในงาน เช่นการใช้รังสีเอกซ์ตรวจเอกซเรย์ทางการแพทย์ ในการตรวจสอบใช้การกระจายสามมิติ เพื่อตรวจวัดลักษณะเล็กสเกลไมโครเมตร เป็นที่น่าสังเกตว่า งานวิจัยที่ใช้กล้องจุลทรรศน์จะเป็นงานที่ตรวจสอบโครงสร้างของเส้นใย เส้นด้าย ในระดับจุลภาค เนื่องจาก ต้องการอัตราการขยายสูง ดังนั้นการตรวจเส้นใยยังเป็นกระบวนการตรวจที่ใช้เวลานาน ในส่วนของการตรวจสอบสมบัติเส้นด้าย เส้นใย ซึ่งไม่ใช่ระดับโครงสร้างทางจุลภาคและสามารถตรวจสอบโดยใช้กล้อง CCD หรือแอสแคนเนอร์ จึงมีผู้พัฒนาระบบกระบวนการทางภาพขึ้นมาเพื่อตรวจสอบสมบัติดังกล่าว

2.5.2 การตรวจสอบสมบัติใย เส้นด้าย และผืนผ้า โดยใช้กระบวนการทางภาพ

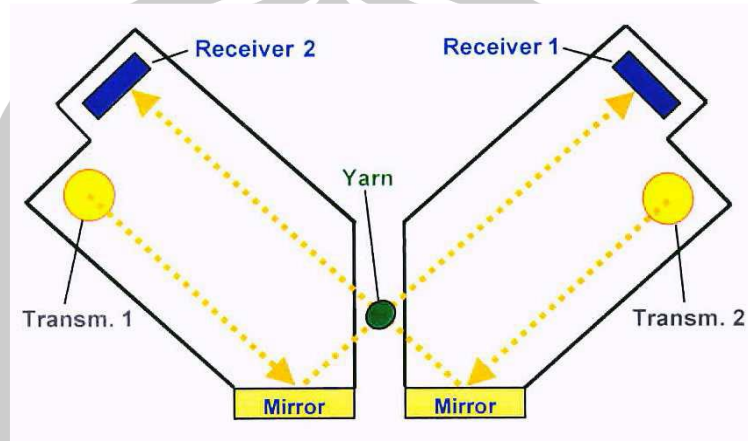
1) การตรวจสอบขนาด Kashfuddoja และคณะ [58] ศึกษาลักษณะการทดสอบหาสมบัติเส้นใยคาร์บอนเสริมโพลีเมอร์โดยใช้ความสัมพันธ์ภาพดิจิทัล การทดลองเป็นภาพแบบสามมิติ เครื่องมือใช้กล้อง CCD ที่มี Grasshopper (POINTGREY-GRAS-50S5M-C) ที่มีความละเอียด 2448×2048 pixels 2 ตัว กล้องที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เก็บภาพ 10 ภาพต่อวินาที โดยใช้ซอฟต์แวร์ Vic-Snap การทดสอบทั้งหมดจะดำเนินการที่อุณหภูมิห้องและเปรียบเทียบผลการทดสอบตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในตามมาตรฐาน ASTM เครื่องมือที่ใช้ทดสอบแสดงดังภาพประกอบ 17 ผลการทดสอบพบว่าการใช้กระบวนการทางภาพให้ผลและเทียบได้เป็นอย่างดี กับการตรวจสอบแบบมาตรฐาน



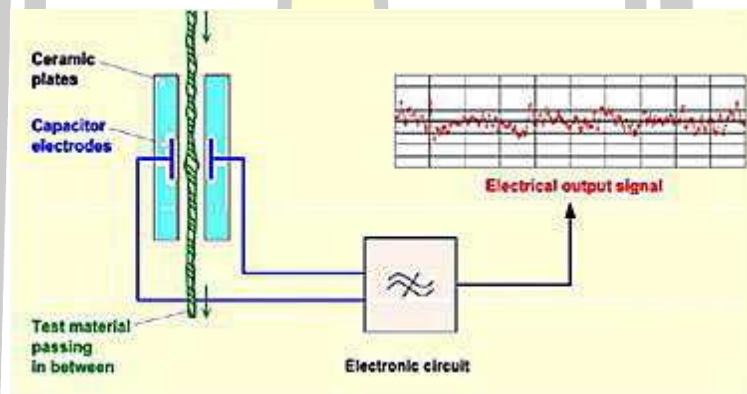
ภาพประกอบ 17 เครื่องทดสอบสมบัติเส้นใยโดยใช้กระบวนการทางภาพ [55]

Ibrahim และคณะ [44] พัฒนาระบบการตรวจสอบอัตโนมัติสำหรับตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายสามระบบ เพื่อนำผลมาเปรียบเทียบกัน ในงานวิจัยนี้ใช้ Optical Sensor,

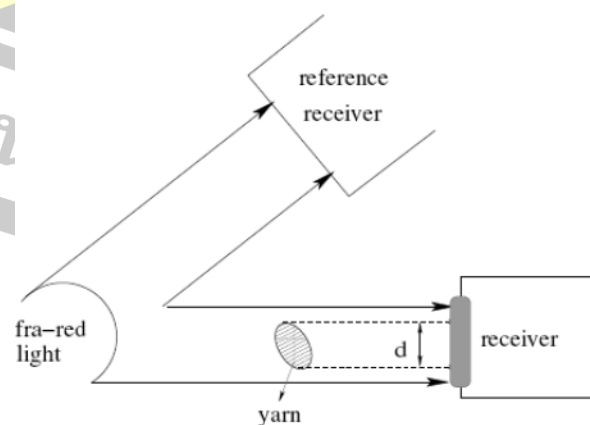
ระบบ Capacitive Uster 4 และ ระบบ OASYS สำหรับตรวจจับและใช้ โปรแกรม UNYARN ของ MATLAB ในการ วิเคราะห์ข้อมูล ภาพประกอบ 18 - 20 แสดงระบบทั้งสามแบบที่งานวิจัยนี้ใช้หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้าย



ภาพประกอบ 18 ระบบ OM ที่ใช้หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้าย [44]

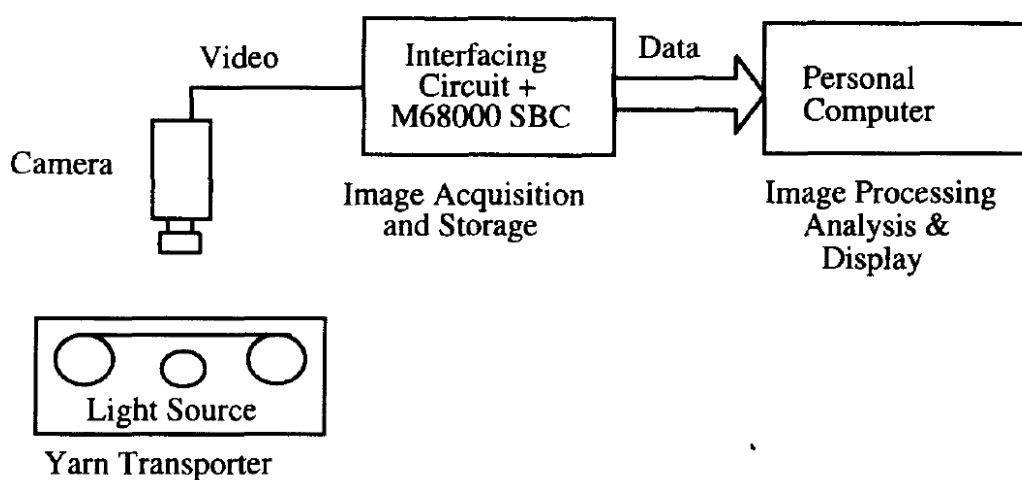


ภาพประกอบ 19 ระบบ Capacitive Uster 4 ที่ใช้หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้าย [44]



ภาพประกอบ 20 ระบบ OASYS ที่ใช้หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้าย [44]

2) การตรวจสอบความเป็นขนของเส้นด้าย (Hariness) Mike และคณะ [42] ได้พัฒนาระบบแสดกนเพื่อตรวจสอบความเป็นขนของเส้นด้ายที่ผลิตสามแบบ False twisted, Air Jet และ Natural spun ซึ่งเครื่องประกอบด้วย กล้อง CCD ระบบส่องสว่าง ระบบรับภาพและวิเคราะห์บน PC ภาพประกอบ 21 แสดงระบบที่ใช้หาค่าความเป็นขน (Hariness) ของเส้นด้าย และมีการวิเคราะห์ภาพเส้นด้ายโดยใช้ Spatial distribution และแปลงค่าโดย Fourier 1 มิติ จากการทดลองพบว่า ระบบที่ออกแบบสามารถทำงานได้รวดเร็วและสามารถประยุกต์ใช้ในการผลิตเส้นด้าย การตรวจสอบผิวหน้าของเส้นด้าย มีผู้พัฒนาโดยใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์คำนวณร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ [42] โดยพัฒนาซอฟต์แวร์ให้อยู่ในรูปแบบ GUI และระบบประกอบด้วย Image acquisition โดยใช้ scanner เป็นตัวรับภาพ ส่วนกระบวนการทางภาพ ใช้ Wavelet วิเคราะห์เพื่อหาค่า ความเป็นขนของเส้นด้ายจากนั้นใช้ Fourier transform, Butterworth เพื่อหาขนาดเส้นด้าย และใช้ Otsu เพื่อปรับค่า threshold สุดท้ายใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์แบ่งเส้นด้ายออกเป็นชนิดต่างๆ

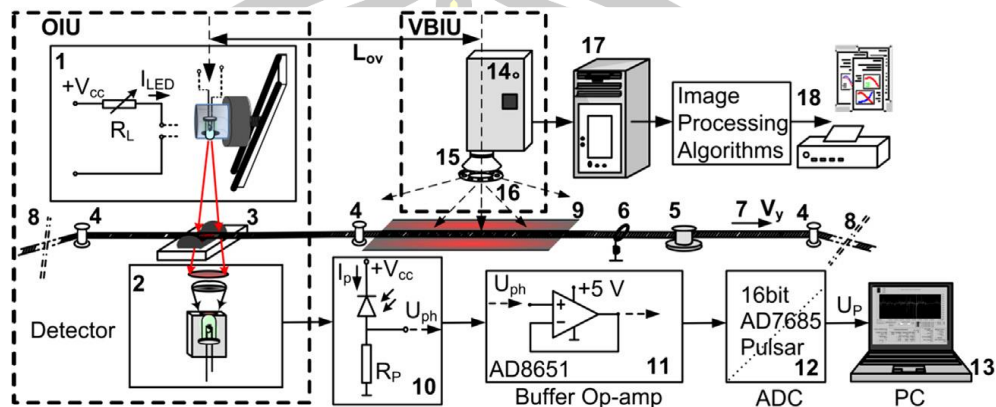


ภาพประกอบ 21 ระบบที่ใช้หาค่าความเป็นขน (Hariness) ของเส้นด้าย [42]

3) การตรวจสอบจำนวนเกลียวของเส้นด้าย

จำนวนเกลียวมีความสัมพันธ์กับสมบัติผืนผ้าที่ทอได้ เช่น ความแน่นและความยืดหยุ่นของผืนผ้า การตรวจสอบจำนวนเกลียวใช้การนับ ซึ่งมีข้อผิดพลาดมากและเป็นงานที่ใช้เวลามาก ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่ใช้กระบวนการทางภาพมาช่วยในการนับจำนวนเกลียว Sule [47] ได้พัฒนาอัลกอริทึมเพื่อวิเคราะห์ลักษณะของเกลียวและนับจำนวนเกลียวที่อยู่ในเส้นด้าย โดยใช้กล้อง CCD

เป็นตัวรับภาพ ในอัลกอริทึมประกอบด้วย Pre processing, Twist measurement โดยใช้ภาพสีเทา ซึ่งมีการกรองสัญญาณภาพ โดยใช้ Gaussian low pass และวิเคราะห์ผลโดย Eaglec เทียบกับวิธี Msqbt ภาพประกอบ 22 แสดงระบบที่ใช้วิเคราะห์เกลียวเส้นด้าย

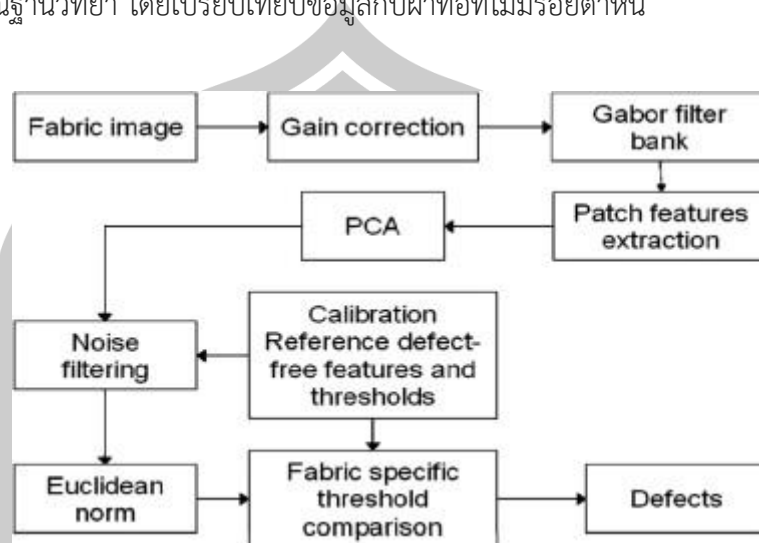


ภาพประกอบ 22 ระบบที่ใช้วิเคราะห์เกลียวในเส้นด้าย [46]

4) การตรวจสอบรอยตำหนิ

Bissi และ คณะ [39] พัฒนาวิธีการในการตรวจสอบข้อบกพร่องและโครงสร้างในเนื้อผ้า โดยเก็บภาพในฐานะข้อมูลภาพ Tilda และตรวจสอบโครงสร้างของผ้าโดยอาศัยหลักการสมมาตรของ Gabor การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (PCA) และข้อบกพร่องของผ้าใช้พารามิเตอร์ที่เฉพาะเจาะจง และเวกเตอร์แบบยุคลิดบาร์ แล้วเทียบกับผ้าที่มีพื้นผิวสม่ำเสมอและมีโครงสร้างแบบตาราง ขั้นตอนวิธีการผลลัพธ์ที่แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนที่ใช้มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการก่อนหน้านี้และประสบความสำเร็จ 98.8% ในขณะที่สำหรับเส้นด้ายโครงสร้างหนักอัตรา misdetection 5% วิธีการตรวจสอบข้อบกพร่องบนพื้นผ้าสามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมแสดงดังภาพประกอบ 23 Yang และคณะ [60] ตรวจจับเส้นใยแปลกปลอมโดยใช้กระบวนการทางภาพ และใช้ histogram ในการวิเคราะห์ โดยดูการกระจายระดับสีเทาของเส้นใยแปลกปลอม ผลของการวิเคราะห์กราฟได้นำมาใช้เพื่อเพิ่มความคมชัดของภาพ วิธี Otsu ใช้ในการแบ่งส่วนภาพโดยเปรียบเทียบกับวิธีการแบ่งส่วนอื่นๆ วิธี Otsu ได้รับการปรับปรุงพัฒนาโดยการปรับเปลี่ยนขั้นตอนการคำนวณต่างๆ จากการปรับปรุงพบว่า เห็นเส้นใยแปลกปลอมชัดเจนขึ้น ภาพประกอบ 2.24 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบแบบอัตโนมัติเพื่อหาเส้นใยแปลกปลอม Mak และ Peng [61] ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพขั้นสูงสำหรับการแก้ปัญหาของการตรวจสอบรอยตำหนิสำหรับสิ่งทอแบบอัตโนมัติ การตรวจสอบข้อบกพร่องประกอบด้วยค่าสมมาตร ตัวกรอง Gabor ใช้ในการทำ smoothing ผลการดำเนินงานของการตรวจสอบรอยตำหนิแบบ off-line สามารถตรวจสอบได้ถูกต้อง เครื่องมือตรวจสอบมีประสิทธิภาพและสามารถตรวจสอบได้แบบ real time ด้วย ต่อมา Mak และ Peng

[62] ได้ใช้เทคนิคตัวกรอง Gabor เพื่อตรวจสอบรอยตำหนิของผ้าทอแบบอัตโนมัติของผ้าทอ เพื่อหา ลักษณะทางสัญญาณวิทยา โดยเปรียบเทียบข้อมูลกับผ้าทอที่ไม่มีรอยตำหนิ



ภาพประกอบ 23 บล็อกไดอะแกรมของวิธีการตรวจสอบข้อบกพร่องบนพื้นผ้า [59]

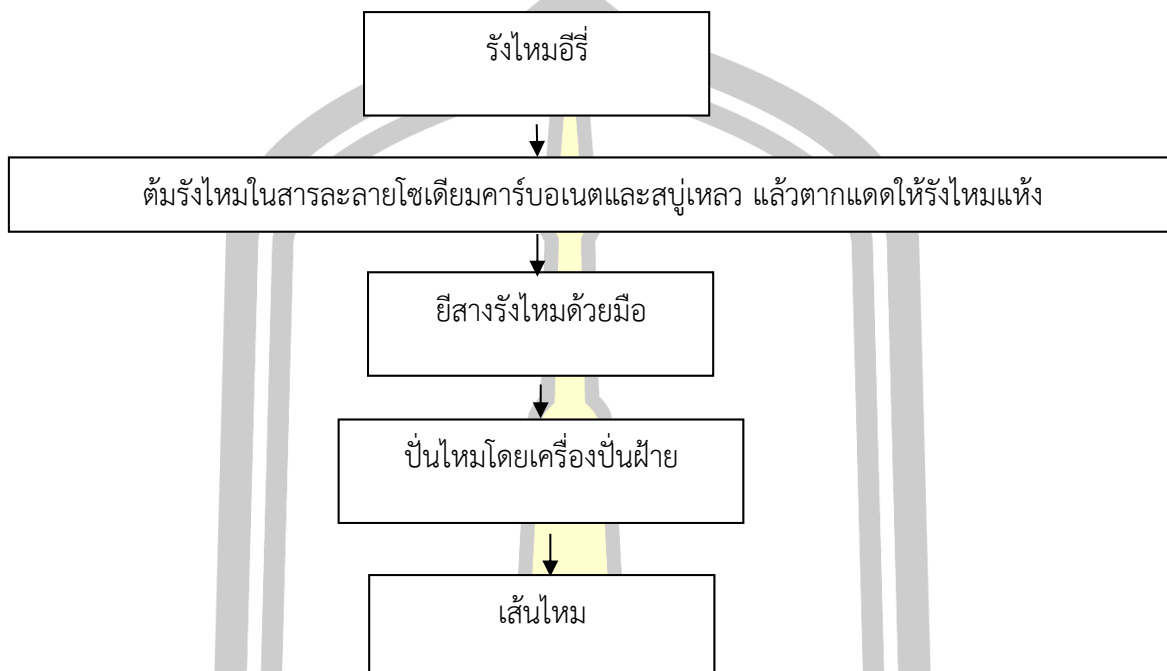


ภาพประกอบ 24 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบแบบอัตโนมัติเพื่อหาเส้นใยแปลกปลอม [60]

2.6 เครื่องมือที่ใช้การผลิตเส้นไหมอีรี่

การผลิตไหมอีรี่ในประเทศไทยยังเป็นการทำด้วยมือโดยเริ่มจากการต้มลอกกาไหม แล้วนำรังที่ลอกกาแล้วมายีฟู จากนั้นนำเส้นใยที่ยีฟูมาปั่นเป็นเส้นด้าย คล้ายการปั่นฝ้าย จากการศึกษาพบว่ารังไหมอีรี่มีลักษณะยาว เรียว สีขาว ค่อนข้างแบนขนาดเฉลี่ย 21x48 มิลลิเมตร เส้นใยไหมอีรี่เป็นเส้นสั้น ก่อนนำไปปั่นเส้นจะทำการต้มรังไหมด้วยสารละลายโซเดียม-คาร์บอเนตเพื่อลอกกาออก รังไหมจะติดกันเป็นแพ ตากแดดให้แห้ง แล้วจึงนำรังไหมที่ผ่านการลอกกาแล้วมายี

สาងเส้นใยให้แยกออกจากกัน แล้วนำไปปั่นเป็นเส้นไหมที่ละรัง ไตอะแกรมขั้นตอนการปั่นไหมอี่รี แสดงดังภาพประกอบ 25



ภาพประกอบ 25 ไตอะแกรมขั้นตอนการปั่นไหมอี่รีด้วยมือ

สภาพปัญหาที่เกิดขึ้น

การยีสางรังไหมอี่รี โดยการยีสางรังไหมอี่รีด้วยมือคนที่ละรัง เวลาที่ใช้เฉลี่ยต่อรังคือ 30 วินาที เพราะฉะนั้น 1 ชั่วโมงจะยีฟูได้ 120 รัง มีน้ำหนักเท่ากับ 45 กรัม ถ้ารังไหม 1 กิโลกรัม จำเป็นต้องใช้เวลาลงถึง 22.2 ชั่วโมง ซึ่งถือว่านานมาก ภาพประกอบ 26 แสดงขั้นตอนการยีสางรังไหม



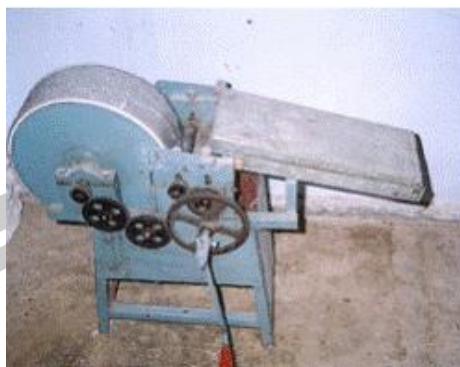
ภาพประกอบ 26 ขั้นตอนการยีสางรังไหม

ขั้นตอนการปั่นเส้นไหมจะนำเส้นไหมที่ยีสางไหมไปปั่นเป็นเส้นไหมด้วยเครื่องปั่นฝ้าย หรือเครื่องเมเดรี จักรรา โดยจะปั่นทีละรังมาต่อกันไป ซึ่งต้องใช้ความชำนาญของผู้ปฏิบัติ ถ้าปล่อยรังไหมไม่ทันเข้าเครื่องเส้นไหมจะขาด ทำให้เกิดรอยต่อเส้นไหม ถ้าปล่อยรังไหมโดยไม่ดึงไว้เส้นไหมจะมีขนาดใหญ่เป็นปมปม และความสามารถในการปั่นด้วยมือ สามารถทำได้ 115 กรัม ต่อ วันต่อ 8 ชั่วโมง ต่อ คน การปั่นเส้นไหมด้วยมือด้วยเครื่องปั่นฝ้าย แสดงไว้ในภาพประกอบ 27



ภาพประกอบ 27 การปั่นเส้นไหมด้วยเครื่องปั่นฝ้าย

ในประเทศอินเดีย การเลี้ยงไหมอีรี่เป็นที่นิยมมากเพราะตัวหนอนไหมอีรี่สามารถเติบโตง่าย เหมาะกับสภาพอากาศของอินเดีย และเครื่องนุ่งห่มของชาวอินเดียต้องการเส้นใยที่ให้ความอบอุ่น ในช่วงฤดูหนาว ชาวอินเดียจึงนิยมเลี้ยงไหมอีรี่เพื่อทำเป็นผ้าเพื่อใช้สอย [63] เทคนิคในการสาวไหมอีรี่จะเรียกว่า “Amber Charka” ซึ่งมีสองกระบวนการคือ มีการสางและไม่มีการสาง กระบวนการที่มีการสางประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ Coarse fillet drum , Carding machine, fibre cutter, Tape draw frame, Amber Charka ส่วนขั้นตอนที่ไม่มีการสาง คือ Coarse fillet drum , Fine fillet drum, fibre cutter, Tape draw frame, Amber Charka โดยทุกขั้นตอนเป็นกลไกที่ขับเคลื่อนด้วยแรงงานคน โดยใช้การหมุน ภาพประกอบ 28 เป็นเครื่องตีใยไหมอีรี่แบบหยาบ ภาพประกอบ 29 เป็นเครื่องมือสาวไหมอีรี่ Amber Charka ที่ใช้ในอินเดีย ซึ่งปัญหาในการผลิตไหมอีรี่ก็ไม่ต่างกับเกษตรกรผู้เลี้ยงไหมอีรี่ในประเทศไทยคือ การสาวไหมทำได้ช้าและมักจะได้เส้นไหมที่ไม่ได้มาตรฐาน ภาพประกอบ 30 แสดงไหมอีรี่ที่สาวได้จาก Amber Charka



ภาพประกอบ 28 เป็นเครื่องตีใยไหมอีรี่แบบหยาบ [63]



ภาพประกอบ 29 เครื่องมือสาวไหมอีรี่ Amber Charka ที่ใช้ในอินเดีย
(ที่มา: <http://sarvodayaparivartrust.org/work-at-doorstep/>)

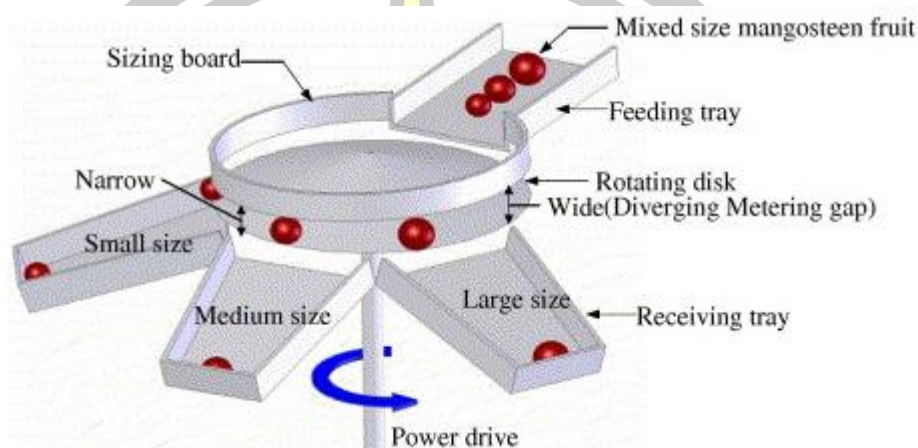


ภาพประกอบ 30 เส้นไหมอีรี่ที่สาวได้จาก Amber Charka
(ที่มา: <http://sarvodayaparivartrust.org/work-at-doorstep/>)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างเครื่อง

Jarimopas และคณะ [64] ได้ออกแบบเครื่องจักรเพื่อคัดขนาดมั่งคุดสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกผลไม้และผู้ประกอบการขนาดเล็ก และการประเมินผลทางเศรษฐกิจของเครื่องต้นแบบที่สร้าง

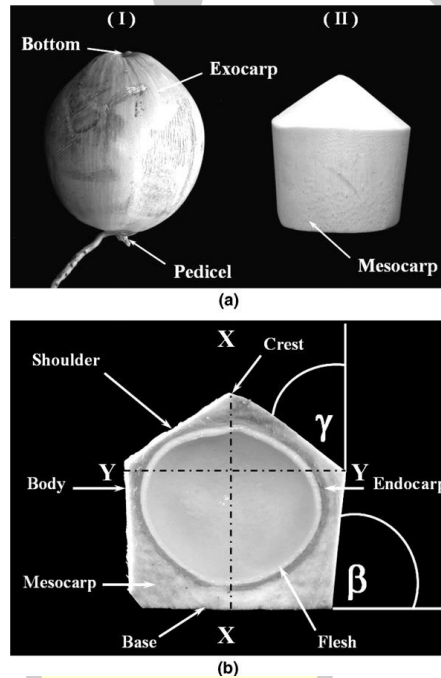
จากงานวิจัยแบบจำลองของเครื่องคัดขนาดมังคุดในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วยดิสก์หมุน บอร์ด กำหนดขนาด ถาดป้อน และถาดรับผลไม้ ต้นกำเนิดพลัง โดยอุปกรณ์ทั้งหมดที่ติดอยู่กับโครงเหล็กซึ่ง มีล้อยขนาดเล็ก 4 ล้อ ขนาดโครง กว้าง 820 มม ยาว 820 มม สูง 960 มม ดังแสดงรายละเอียดใน ภาพประกอบ 31



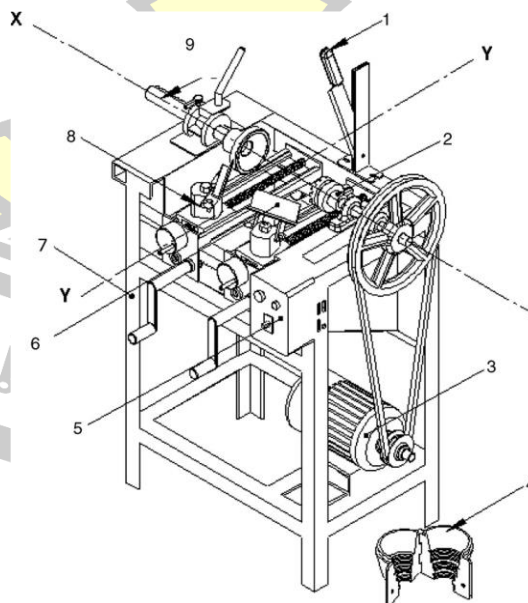
ภาพประกอบ 31 ส่วนประกอบเครื่องคัดขนาดมังคุด[64]

การทดสอบเครื่องต้นแบบในห้องปฏิบัติการได้ดำเนินการเพื่อตรวจสอบผลกระทบของการเปลี่ยนแปลง ในปัจจัยที่ควบคุมการปฏิบัติงาน คือ ช่องว่างการวัดแสง (เสต็ปและความลาดชัน) และ ความเร็วดิสก์ (7, 14, 21, และ 25 รอบต่อนาที) โดยทดสอบด้วยการทำงานอย่างต่อเนื่องเพื่อคัด ขนาดมังคุดผสม 650 กิโลกรัมใหม่ที่เพิ่งเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ยังได้คำนวณจุดคุ้มทุนและระยะเวลาใน การคืนทุนอีกด้วย ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าช่องว่างการวัดแสงและการตั้งค่าความเร็วดิสก์ส่งผลกระทบต่อ ประสิทธิภาพการคัดขนาดและกำลังการผลิตในระดับที่มีนัยสำคัญของ 5% การ วิเคราะห์วิศวกรรมทางเศรษฐกิจของเครื่องคัดขนาดมังคุดชี้ให้เห็นว่าจุดคืนทุนและระยะเวลาจ่ายคืน จะเป็น 46,020 กิโลกรัม / ปีและ 6.5 เดือน ตามลำดับ ซึ่งคิดจากค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง 453 ดอลลาร์ และอัตราค่าเช่า 2 ดอลลาร์ต่อตัน [64] นอกจากนี้ยังมีผู้พัฒนาเครื่องปอกมะพร้าวอ่อน [65] โดยตัดทั้งส่วนยอดและส่วนฐานของมะพร้าว เครื่องต้นแบบเบื้องต้นได้รับการออกแบบและสร้าง ขึ้น ประกอบด้วย (ก) ตัวจับยึดผลไม้ (ข) ตัวจับยึดยอดผลไม้ (ค) มีดตัดส่วนไหล่(ง) การมีด ส่วนกลาง (จ) มีดตัดฐาน (ฉ) มอเตอร์ไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์เฟสเดียว 220 โวลต์และ (ช) สวิตช์ควบคุม ผลไม้อ่อนถูกยึดและหมุนรอบแกนในแนวนอน ดำเนินการตัดที่ไหล่และส่วนกลาง โดยมีดที่ถูกติดตั้ง ใต้ผลไม้ และส่วนบนของแกนหมุนก็มีมีดติดตั้งเช่นกัน มีดถูกควบคุมโดยกลไกเพื่อลึงเปลือกให้เรียบ และปรับการเคลื่อนไหวในการตัด การเคลื่อนไหวตัดถูกควบคุมโดยอัตโนมัติ ภาพประกอบ 32 แสดง

ส่วนต่างๆของผลมะพร้าวอ่อน ภาพประกอบ 33 แสดงเครื่องต้นแบบที่ใช้ในการลอกเปลือกมะพร้าวอ่อน ซึ่งประกอบไปด้วย 1 เครื่องตัดฐาน; 2 เพลายึดก้าน; 3 มอเตอร์ไฟฟ้า; 4 ตัวยึดผลไม้; 5 กล่องควบคุม; 6 ตัวมีด; 7 โครง; 8 มีดตัดส่วนไหล่มีด 9 มีดตัดส่วนยอด โดย 1 อุปกรณ์ตัดฐาน; 2 เพลายึดก้าน; 3 มอเตอร์ไฟฟ้า; 4 ตัวยึดผลไม้; 5 กล่องควบคุม; 6 ตัวมีด; 7 โครง; 8 มีดตัดส่วนไหล่มีด; 9 มีดตัดส่วนยอด [65]

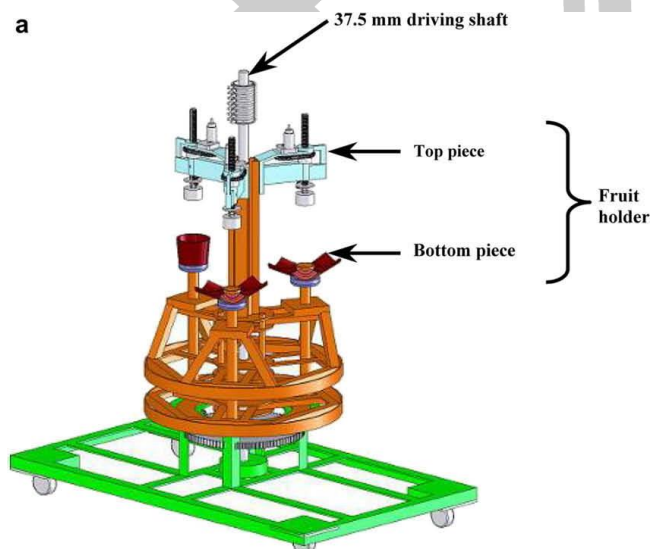


ภาพประกอบ 32 ส่วนต่างๆของผลมะพร้าวอ่อน [65]

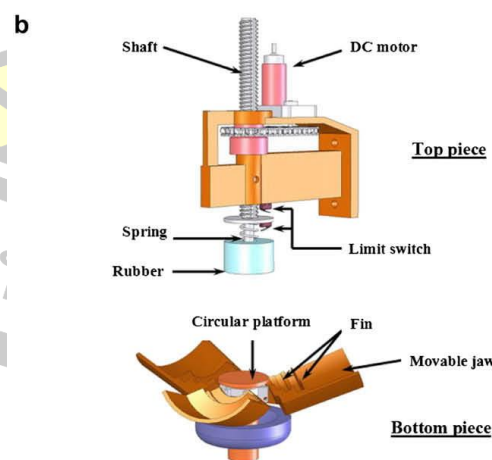


ภาพประกอบ 33 เครื่องต้นแบบที่ใช้ในการลอกเปลือกมะพร้าวอ่อน [65]

ในปี 2009 Jarimopas Bundit และคณะ [65] ได้พัฒนาเครื่องปอกมะพร้าวอ่อน โดยเป็นการออกแบบอัตโนมัติ ภาพประกอบ 34 จากภาพประกอบแสดง แนวคิดการออกแบบคือการตัดในแนวตั้ง โดยการหมุนผลไม้และตัดโดยใช้มีดคมที่ติดตั้งในแนวเอียงเอียง เครื่องต้นแบบมีสามส่วน ชั้นส่วนด้านล่างประกอบด้วยแพลตฟอร์มวงกลม ส่วนกลางประกอบด้วยตัวขากรรไกรสามชุดเพื่อหมุน แต่ละขากรรไกร ปิดทับด้วยโฟมยางเพื่อลดความเสียหายกับผลไม้ ขากรรไกรสามารถเปิดหรือปิดเพื่อตัดส่วนต่างๆของมะพร้าว ชั้นส่วนด้านบนก็จะยึดมะพร้าว ประกอบด้วยเพลา, สวิตช์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่จะ ขับเพลา สวิตช์ และมอเตอร์มีการติดตั้ง บนเพลาท้ายที่ปิดด้วยกรวยยาง ฟังก์ชันของกรวยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อบังคับด้านบนให้บีบอัดผลไม้ ในขณะที่ลิ้มิตสวิตช์ ควบคุมการบีบอัด และจับยึดผลไม้โดยอัตโนมัติ



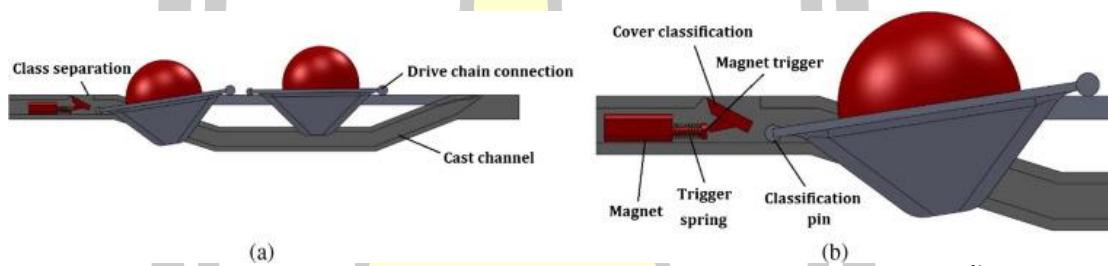
Fruit holders mounted on rotary base



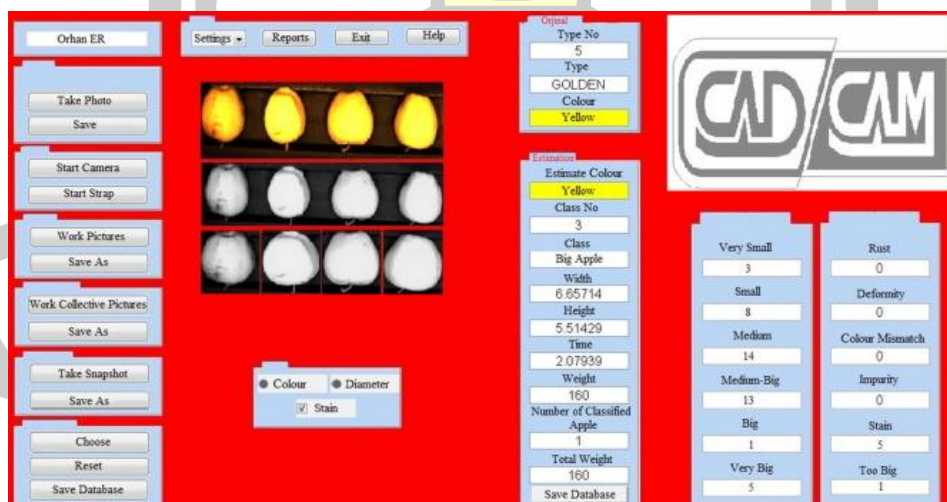
Close-up view

ภาพประกอบ 34 เครื่องปอกมะพร้าวอ่อนแบบอัตโนมัติ [65]

นอกจากนั้น จากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ประยุกต์ใช้กับทางการเกษตร ก็พบงานวิจัยที่ออกแบบและสร้างเครื่องคัดขนาดผลแอปเปิ้ล [66] การศึกษานี้เสนอระบบคัดแยกแอปเปิ้ลอัตโนมัติและระบบตรวจสอบคุณภาพซึ่งขึ้นอยู่กับการประมวลผลตามเวลาจริง พันธุ์แอปเปิ้ลทองคำและสตาร์กิงส์แสนอร่อยและสมิธ ถูกแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆตามขนาดขนาดและน้ำหนัก มันยังตรวจจับแอปเปิ้ลที่รับผลกระทบจากตกสะเก็ดคราบและเน่า ระบบที่นำเสนอประกอบด้วยลูกกลิ้งลำเลียงและสายพานลำเลียงระดับรวมกับห้องโดยสารที่ปิดล้อมด้วยการมองเห็นเครื่องโพลดเซลล์และหน่วยประมวลผล ลูกกลิ้งและสายพานลำเลียงมีสองช่องทาง(แสดงดังภาพประกอบ 35-36) ในการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านภาพของแอปเปิ้ลกล้องสีอุตสาหกรรมสองชุดถูกติดตั้งบนสายพานลำเลียงลูกกลิ้ง สามารถบันทึกและประมวลผลภาพสีภาพของแอปเปิ้ลที่กลิ้งอยู่บนสายพานได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพใน 0.52 วินาที เป็นผลให้เครื่องที่เสนอสามารถจัดเรียงแอปเปิ้ล 15 ผล โดยเฉลี่ยต่อวินาทีโดยใช้สองแซแนลตามเวลาจริง



ภาพประกอบ 35 แนวคิดการออกแบบการปรับความลาดเอียงของกลไกตามขนาดแอปเปิ้ล [66]



ภาพประกอบ 36 แสดงผลการคัดขนาดแอปเปิ้ล [66]

สรุปการทบทวนเอกสารงานวิจัย จากการศึกษาและงานวิจัยในกระบวนการตรวจสอบสมบัติเส้นด้าย และผ้าในการทอผ้าโดยใช้กระบวนการทางภาพพบว่า เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบวัตถุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วยลดเวลาในการตรวจสอบ โดยมีการพัฒนาอัลกอริธึมที่เหมาะสมกับตัวอย่างวัตถุที่นำมาใช้ กล่าวคือ ประเภทของเส้นใย เส้นด้ายและผืนผ้า ในการหาตัวอย่างชนิดเส้นด้ายและผ้าเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา ได้มุ่งประเด็นไปที่ไหมอีรี่ เนื่องจากไหมอีรี่เป็นเส้นไหมที่กำลังจะกลายเป็นสินค้าที่สำคัญทางเศรษฐกิจเนื่องจากการส่งเสริมจากทางภาครัฐ จากการศึกษาปัญหาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและคุณภาพของเส้นไหมอีรี่ สามารถสรุปได้ว่า การนำเส้นใยเส้นไหม และผืนผ้าที่ผลิตจากไหมอีรี่มาใช้เป็นตัวอย่างเพื่อศึกษาการตรวจสอบโดยใช้กระบวนการทางภาพเป็นเรื่องที่มีประโยชน์ และเป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีเครื่องผลิตเส้นไหมอีรี่เพื่อผลิตเส้นใย เส้นด้าย และผ้าทอจากไหมอีรี่ เพื่อใช้เป็นตัวอย่างสำหรับระบบตรวจสอบที่สมบัติทางกายภาพโดยใช้กระบวนการทางภาพ งานวิจัยนี้ จึงมีจุดประสงค์ที่สามารถแบ่งออกเป็นสองงานหลักๆ กล่าวคือ พัฒนาเครื่องสางและเครื่องปั่นไหมอีรี่ (Carding and Spinning machine) เพื่อผลิตเส้นใยเส้นด้าย ตัวอย่างกลุ่มต่างๆ และพัฒนาระบบการตรวจสอบ เส้นใย เส้นด้ายอีรี่ โดยใช้กระบวนการทางภาพ โดยเลือกใช้หรือพัฒนาอัลกอริธึมในกระบวนการทางภาพประกอบให้ผลรวดเร็ว แม่นยำ และลดความซับซ้อนในการแสดงผล ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักในการทำงานของระบบตรวจสอบอัตโนมัติ



บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้กล่าวถึงวิธีการดำเนินการวิจัยโดยเริ่มจากการออกแบบและสร้างเครื่องเปิดรังไหม และเครื่องสาวเส้นใย จากนั้นกล่าวถึงการออกแบบระบบกระบวนการทางภาพและรายละเอียดสมบัติ เส้นใย เส้นด้ายที่ต้องการตรวจสอบ

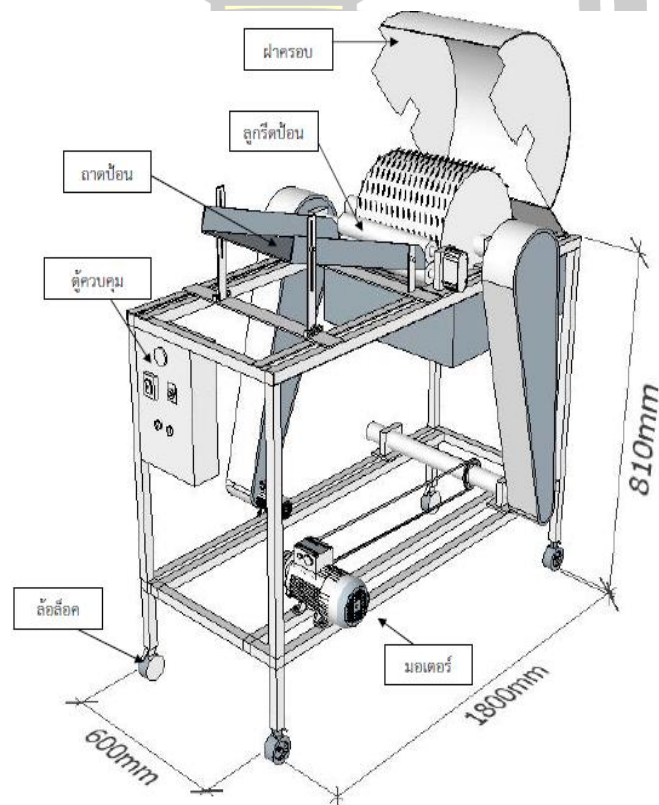
3.1 การออกแบบเครื่องเปิดรังไหม

จากการสำรวจพบว่า ใน 1 วัน (ทำงาน 6 ชั่วโมง) เกษตรกรผู้ผลิตไหมอีรี่สามารถผลิตใยไหมจากรังไหม 2 กิโลกรัม นั่นคือ 1 ชั่วโมง ผลิตได้ 0.3 กิโลกรัมรังไหมซึ่งเมื่อต้มลอกกาออกแล้ว กลายเป็นแผ่นรังไหมเป็นแผ่นมีขนาด ประมาณ กว้าง 30 เซนติเมตรและยาว 25 เซนติเมตร ลักษณะแผ่นรังไหมอีรี่แสดงดังภาพประกอบ 37 โดยแต่ละแผ่นมีน้ำหนักประมาณ 20 กรัม การออกแบบเครื่องเปิดรังไหมมีจุดประสงค์เพื่อให้เปิดรังที่เกาะกันออกให้กระจายตัวออกเป็นแผ่นเส้นใย แล้วจึงนำแผ่นเส้นใยที่ได้นำไปสาวให้เส้นใยเป็นระเบียบเรียงตัวกันมากขึ้น พร้อมทั้งจะนำไปปั่นเป็นเส้นไหมที่มีขนาดเล็กและมีความสม่ำเสมอได้ เครื่องเปิดเส้นใยประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ ตัวป้อนและหัวเปิดรังไหม หัวเปิดที่ทำจากหนามที่มีความยาวเพื่อจะได้ดึงเส้นใยที่เกาะกันเป็นก้อนออก นอกจากนั้นมุมเอียงของหนามที่ติดตั้งบนหัวเปิดก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน โดยในงานวิจัยจะได้ศึกษาการเปิดรังไหมเมื่อหนามสูงทำมุม 45 องศา และติดตั้งแบบสลับฟันปลา นอกจากนั้น อัตราการป้อนแผ่นรังไหมเข้าไปในเครื่องเปิดก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยด้วย จากการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปิดรังไหม จึงได้ออกแบบเครื่องเปิดรังไหม โดยแสดงดังภาพประกอบ 38 และมีเงื่อนไขการออกแบบดังนี้ 1) สาวรังไหมโดยใช้หนาม 2) ต้นกากลางของเครื่องใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 3) ระบบส่งกำลังใช้สายพานและโซ่ 4) ความเร็วลูกรีดป้อนรังไหม สามารถปรับความเร็วได้เพื่อใช้ในการป้อนรังไหม 5) รังไหมอีรี่ที่ป้อนเข้าเครื่องต้องผ่านการต้มลอกกาแล้ว แนวคิดขั้นตอนในการทำงานของเครื่อง เริ่มต้นจากการป้อนรังไหมที่ผ่านการต้มลอกกาแล้วเข้าไปในเครื่องสาวรังไหม รังไหมจะถูกหนามสาวแตกตัวเป็นใยไหม โดยให้ใยไหมติดอยู่กับหนามสาวไหม จากนั้นทำการตัดแล้วแกะแผ่นใยไหมออกจากลูกหนามสาวให้เป็นแผ่น จากภาพประกอบ 38 อธิบายลักษณะส่วนต่างๆของเครื่องได้ดังนี้ ถาดป้อนรังไหม ทำหน้าที่ป้อนแผ่นรังไหมเข้าไปในชุดสาวรังไหม ขนาดและลักษณะของถาดป้อนรังไหมแสดงดังแสดงในภาพประกอบ 39 ลูกรีดป้อนรังไหม (ดังแสดงในภาพประกอบ 40) ทำหน้าที่ดึงและรีดรังไหมจากถาดป้อนให้เข้าไปในหนามสาว ลักษณะเป็นเหล็กเพลากลม หัวเปิดรังไหม ทำหน้าที่ดึงใยไหมให้แยกออกจากกันแล้วติดอยู่กับหนาม จากนั้นจึงตัดใยไหมออกเป็นแผ่น มีลักษณะเป็นหนามเรียงแถว ดังแสดงในภาพประกอบ 41 ฝาครอบ (ภาพประกอบ 42) เพื่อป้องกันอันตราย

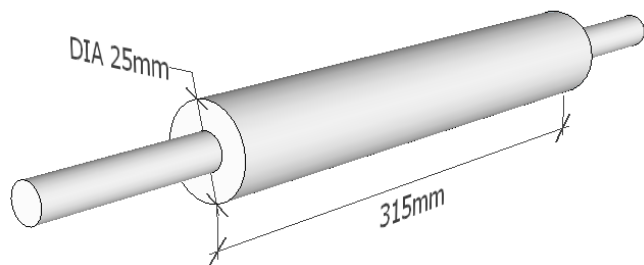
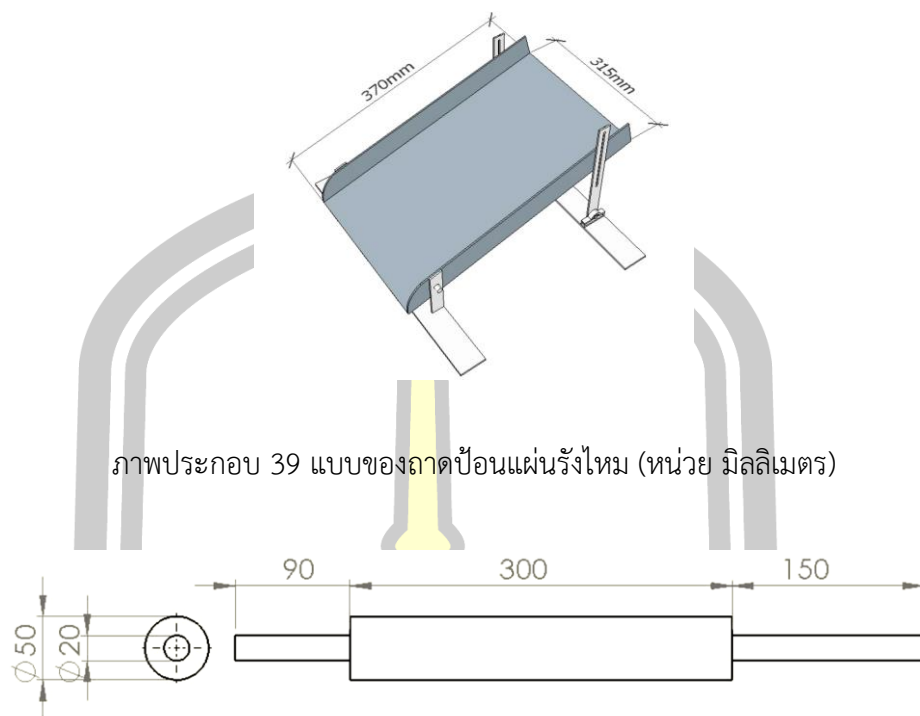
ขณะทำงานและป้องกันรังไหมกระเด็นออกจากเครื่อง ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเปิดรังไหม เริ่มจากนำรังไหมอีรี่ที่ผ่านการต้มลอกกาวแล้ว มาใส่ถาดป้อนรังไหม จากนั้นทำการเปิดเครื่อง ปรับรอบตัวป้อนตามที่ต้องการ แล้วตัวป้อนจะป้อนรังไหมเข้าหัวเปิดรังไหม หัวเปิดจะหมุนเพื่อเกี่ยวรังไหมที่ผ่านหัวป้อนเข้ามา ทำให้รังไหมกระจายตัว จากนั้นปิดเครื่องเพื่อลกรังไหมที่ผ่านการเปิดแล้ว ออกจากหัวเปิด เพื่อนำไปตัดและสานต่อไป



ภาพประกอบ 37 รังไหมอีรี่ที่ลอกกาวแล้ว

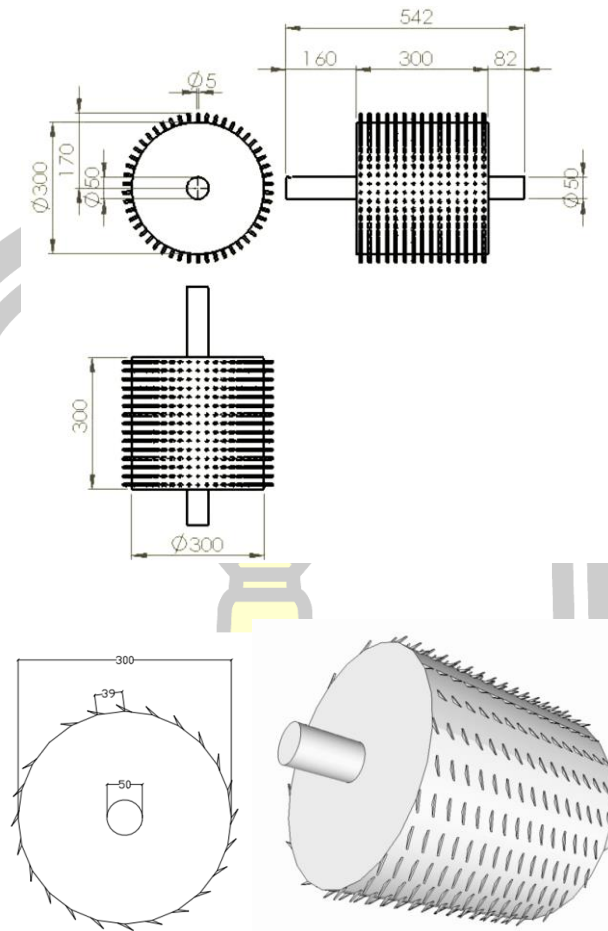


ภาพประกอบ 38 แบบของเครื่องเปิดรังไหม (หน่วย มิลลิเมตร)

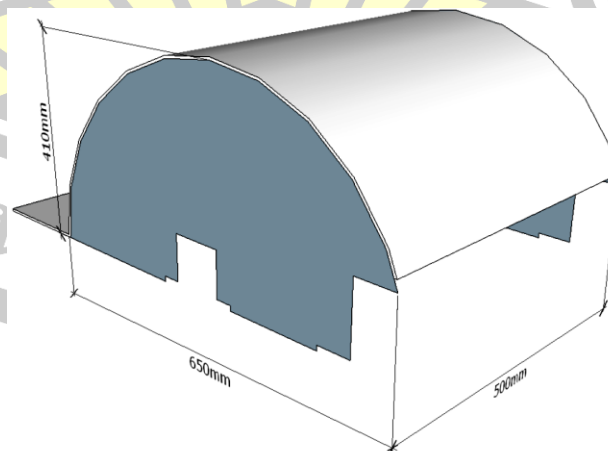


ภาพประกอบ 40 แบบของลูกรีดป้อนรังไหม (หน่วย มิลลิเมตร)





ภาพประกอบ 41 หัวเปิดรังไหม (หน่วย มิลลิเมตร)



ภาพประกอบ 42 แบบฝาครอบ (หน่วย มิลลิเมตร)

3.2 การออกแบบเครื่องสางเส้นใยอีรี

เส้นใยไหมอีรีเป็นเส้นใยยาว มีลักษณะเฉพาะคือมีเส้นใยยาวและมีลักษณะเหนียวพันกัน เป็นปมปมได้ง่าย อันเนื่องมาจากกาวที่รังไหม แม้ว่าการเตรียมเส้นใยรังไหมจะผ่านการต้มลอกกาวแล้ว ใยไหมก็ยังคงมีความเหนียวเมื่อเทียบกับเส้นใยไหมหม่อน ดังนั้น การทำเส้นด้ายอีรีจึงมีวิธีสองแบบ คือ การปั่นและการสาวโดยตรงจากหม้อต้ม ในงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะผลิตเส้นด้ายจากกรรมวิธีการปั่น เพราะจะได้เส้นด้ายที่มีปมปมน้อยกว่า ซึ่งเส้นด้ายที่มีปมปมน้อยนี้จะสามารถนำไปใช้พัฒนาทำเป็นผืนผ้าที่สวยงามได้ต่อไป จากการศึกษาของงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเครื่องสางโดยมากในอุตสาหกรรมเป็นเครื่องที่ออกแบบมาสำหรับสางเส้นใยฝ้าย ขนสัตว์ เส้นใยลินิน ซึ่งเป็นเส้นใยที่สั้น และมีความเหนียวน้อยกว่าเส้นใยอีรี อีกทั้งเครื่องสางส่วนใหญ่ มักจะมีขนาดใหญ่มีกำลังการผลิต ซึ่งจะเหมาะสำหรับติดตั้งในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอัตราการผลิตมากกว่า 1 ตัน กิโลกรัมรังไหมต่อวัน ในประเทศไทยจะมีโรงงานที่ผลิตเส้นด้ายไหมอีรีไม่ถึงสิบโรงงาน ดังนั้น เกษตรกรผู้เลี้ยงไหมอีรีผลิตเส้นใยโดยการสางด้วยมือ เรียกว่ายี่ฟู โดยทำทีละรัง เพราะฉะนั้นเงื่อนไขการออกแบบเครื่องสางเส้นใยสำหรับไหมอีรี จะคำนึงถึงอัตราการผลิตที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรรายย่อยหรือวิสาหกิจชุมชน เพื่อให้ได้เส้นใยที่เหมาะสมแล้วนำไปปั่นขึ้นเส้นด้ายที่มีความสม่ำเสมอและมีปมปมน้อยได้ เครื่องสางรังไหมอีรีจะใช้หลักการคือ หนามสางดึงใยไหมที่เกาะกันเป็นก้อนหลุดให้ออกจากกัน ซึ่งมุมเอียงความยาวของหนามสาง ตลอดจนความเร็วรอบของหัววางจะมีผลต่อลักษณะของเส้นใยที่สางได้ นอกจากนั้นจำนวนหัววางมีผลต่อคุณภาพของเส้นใย และเป็นปัจจัยต่ออัตราการผลิตของเส้นใยด้วย

เงื่อนไขในการออกแบบเครื่องสางรังไหม

- 1) จากยอดอัตราการสั่งซื้อเส้นใยเส้นด้ายพบว่า ต้องออกแบบเครื่องจักรให้มีอัตราการผลิตไม่น้อยกว่า 5 กิโลกรัมต่อวัน (คิดเวลาทำงานแปดชั่วโมง) หรือ 625 กรัมต่อชั่วโมง
- 2) แผ่นเส้นใยที่ได้มีความต่อเนื่องมีขนาดความกว้างและความยาวในหนึ่งรอบป้อนประมาณ 50 เซนติเมตร และ 188.5 เซนติเมตรตามลำดับ น้ำหนักของเส้นใยแผ่นละประมาณ 20-50 กรัม
- 3) มีหัววางจำนวนสามหัวเพื่อให้เส้นใยถูกสางอย่างเป็นระเบียบมากขึ้น
- 4) เครื่องสามารถปรับอัตราการป้อนรังไหมและความเร็วการสางของหนามสางได้
- 5) ต้องการผลิตแผ่นเส้นใยให้มีความกว้าง ประมาณ 30 เซนติเมตร
- 6) อัตราการผลิตเส้นใย 625 กรัมต่อชั่วโมง
- 7) ต้องการผลิตแผ่นเส้นใยให้มีความกว้าง ประมาณ 30 เซนติเมตร
- 8) การป้อนจะป้อนรังไหมหรือเส้นใยเข้าเป็นชุดๆโดยชุดหนึ่งจะหนักประมาณ 20 กรัม โดยแผ่นให้มีความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาวประมาณ 94.285 เซนติเมตร หนึ่งชั่วโมงต้องป้อน 32 ชุด

9) เลือกตัวป้อนเป็นทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร

10) การป้อนจะป้อนรังไหมหรือเส้นใยเข้าเป็นชุดๆโดยชุดหนึ่งจะหนักประมาณ 20 กรัม โดยแผ่ให้มีความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาวประมาณ 94.285 เซนติเมตร หนึ่งชั่วโมงต้องป้อน 32 ชุด หรือต้องหมุนด้วยความเร็วอย่างช้าที่สุดคือ 3017.143 เซนติเมตรต่อชั่วโมง หรือ 50.28 เซนติเมตร ต่อนาที

11) เลือกตัวป้อนเป็นทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร ลูกกลิ้งสำหรับป้อนรังไหมเข้าตัวเครื่อง 2 ลูก (ตามภาพประกอบ 3.11) ทำจากโลหะ ทรงกระบอกกวางตรงกลางเป็นแกนเพลลาของลูกกริด ที่ผิวลูกกริดมีการกลิ้งปาดหน้าเพื่อให้ผิวเรียบและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร ดังนั้น ลูกกลิ้งตัวป้อนต้องหมุนด้วยความเร็วรอบอย่างน้อย 1.6 รอบต่อนาที จะได้การผลิตที่อัตรา 640 กรัมต่อชั่วโมง ตัวป้อนนี้ ส่วนแกนเพลลาทำด้วยเหล็กเพลลากลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 700 มิลลิเมตร น้ำหนัก 1.726 กิโลกรัม (คำนวณจาก น้ำหนัก = วงนอก² mm x 0.006167 x ยาว m.) ดังนั้น น้ำหนักของลูกกลิ้งตัวป้อนจะอยู่ที่ 3.7 กิโลกรัม(คำนวณจากน้ำหนักเหล็กแผ่นตัดเหลี่ยม เท่ากับ หนา mm. x กว้าง cm. x ยาว cm. x 0.000785) ดังนั้นชุดตัวป้อนสองตัวรวมแกนเพลลา มีน้ำหนัก 10.852 กิโลกรัม จะมีการติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพื่อปรับความเร็วหรือปรับรอบของตัวป้อนได้ โดยเลือกอินเวอร์เตอร์ที่สามารถปรับความเร็วรอบของลูกกลิ้งสำหรับป้อนรังไหม สามารถปรับความเร็วรอบอยู่ระหว่าง 2-15 รอบต่อนาที และเป็นมอเตอร์กระแสตรงที่สามารถรับภาระได้ 15.19 กิโลกรัม (เมื่อคิดค่าความปลอดภัยที่เกิดจากแรงเสียดทาน เท่ากับร้อยละ 30 ของน้ำหนักชุดป้อน)

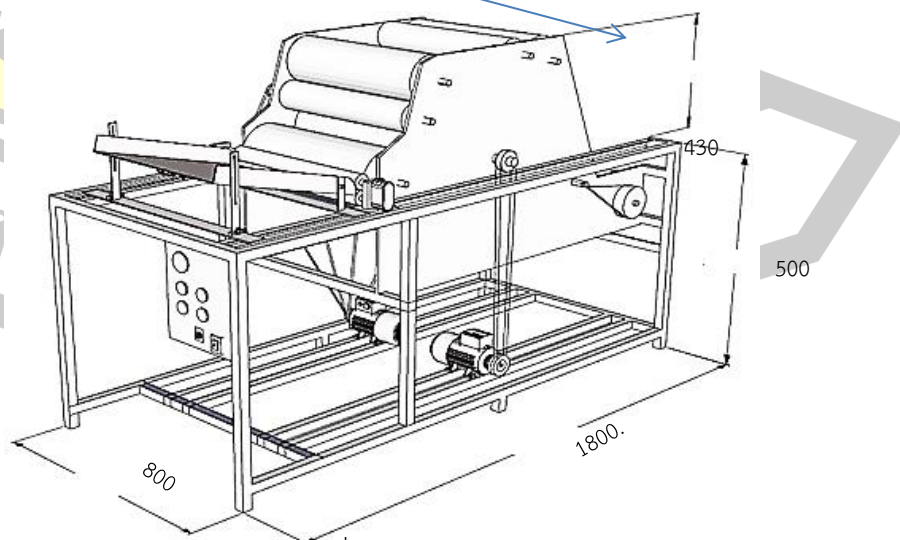
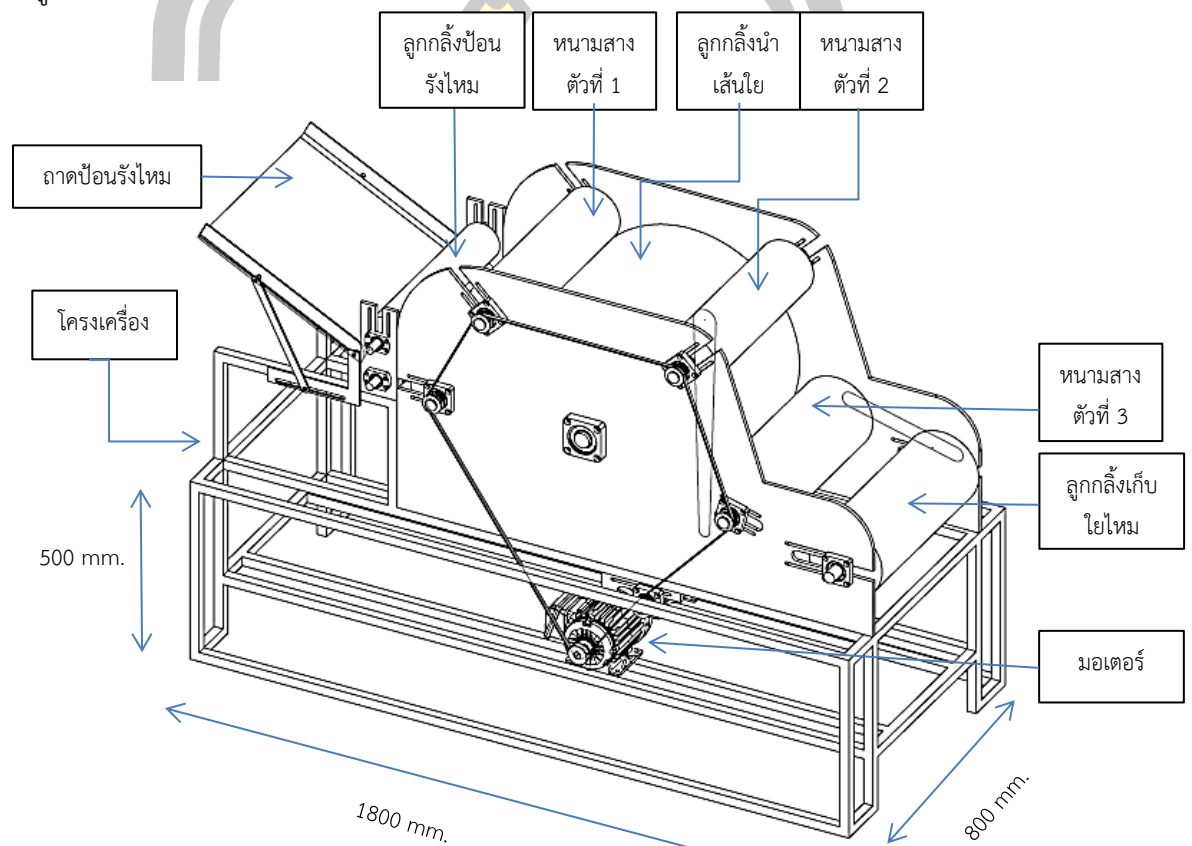
12) ลูกกลิ้งตัวกลางจะพันด้วยหนามพันสั้นมีขนาดใหญ่ใช้นำไปไหม และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 600 มิลลิเมตร มีความยาว 500 มิลลิเมตร ลูกกลิ้งตัวกลางทำหน้าที่พาเส้นใยเคลื่อนที่จากตัวป้อนไปที่หัวสาวและตัวม้วนเก็บ ดังนั้น จะต้องมีความใหญ่ เพื่อให้ป้อนได้อย่างต่อเนื่อง จากอัตราการผลิตคือ 625 กรัมต่อชั่วโมง หรือ ดังนั้นต้องหมุนด้วยความเร็วรอบ 0.266 รอบต่อนาทีเมื่อเทียบกับความเร็วรอบตัวป้อนตัวป้อน แต่เนื่องด้วย ต้องสงหลายรอบจนกว่าจะได้เส้นใยที่เป็นระเบียบต้องให้ลูกกลิ้งตัวกลางหมุนเป็น ความเร็วรอบ 1000 เท่าของตัวป้อน ดังนั้นควรหมุนด้วยความเร็ว 266 รอบต่อนาที น้ำหนักของลูกกลิ้งตัวกลางจะอยู่ที่ 22.19 กิโลกรัม(คำนวณจากน้ำหนักเหล็กแผ่นตัดเหลี่ยม เท่ากับ หนา mm. x กว้าง cm. x ยาว cm. x 0.000785) ส่วนแกนเพลลาทำด้วยเหล็กเพลลากลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร แกนเพลลามีน้ำหนัก 6.907 กิโลกรัม (คำนวณจาก น้ำหนัก = วงนอก² mm x 0.006167 x ยาว m.) หนามที่ใช้มี รวมน้ำหนักชุดตัวกลาง 29.097 คิดค่าแรงเสียดทานร้อยละ 30 ของน้ำหนัก ดังนั้น ภาระของการขับลูกกลิ้งตัวกลางคือ 37.817 กิโลกรัม

13) ลูกกลิ้งพันหนามแบบยาวเรียกว่าหัวหนามสางจำนวน 2 หัว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร มีความยาว 500 มิลลิเมตร ส่วนแกนเพลลาทำด้วยเหล็กเพลลากลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร ด้านนอกพันหนามที่มีขนาดความสูง 2 มิลลิเมตร เอียง 30 องศา เพื่อทำหน้าดึงเส้นใยออกจากกันไม่ให้เกิดปม ในที่นี้ออกแบบให้หนามสางหมุนด้วยความเร็วเดียวกันกับตัวกลาง เพื่อให้หมุนสอดคล้องกัน ดังนั้นจึงใช้พูลีย์และโซ่ในการส่งกำลังจากตัวกลางมาที่หนามสาง โดยขนาดของพูลีย์ตัวส่งและตัวรับมีขนาดเท่ากัน น้ำหนักของแกนหนามสางและแกนเพลลาทั้งสองชุดมีน้ำหนัก รวม = 18.86 กิโลกรัม หากคิดแรงเสียดทานของลูกกลิ้งหนามสางเป็นร้อยละ 30 ของน้ำหนักหนามสาง พบว่า มีภาระในการหมุนชุดหนามคือ 24.158 กิโลกรัม ดังนั้นจึงต้องเลือกมอเตอร์ที่สามารถรับภาระได้ที่ 63 กิโลกรัมและอินเวอร์เตอร์ที่สามารถปรับรอบได้ในระหว่าง 260 รอบต่อนาทีเป็นต้นไป

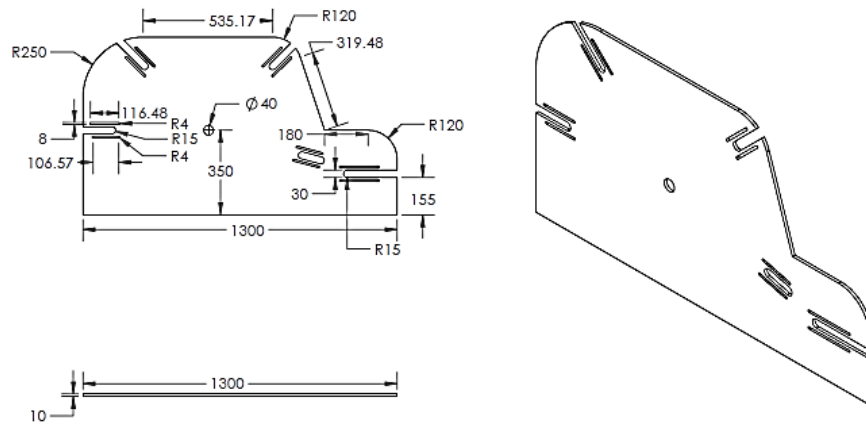
14) หัวม้วนเก็บใยไหมเป็นลักษณะลูกกลิ้งผิวเรียบสำหรับเก็บใยไหมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร มีความยาว 500 มิลลิเมตร คิดเป็นน้ำหนัก 7.39 กิโลกรัม ส่วนแกนเพลลาทำด้วยเหล็กเพลลากลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร คิดเป็นน้ำหนัก 3.88 กิโลกรัม ความเร็วรอบของการม้วนเก็บต้องน้อยกว่าการป้อนเข้า เนื่องจาก ป้องกันไม่ให้เส้นใยขาดงายดังนั้นด้วยความเร็วที่ป้อนเข้าคือ 50 เซนติเมตร ต่อนาที คือ ความเร็วรอบ 0.79 รอบต่อนาที หรือ 1 รอบต่อนาที ดังนั้นต้องหามอเตอร์ที่รับภาระได้ 11.3 กิโลกรัม

15) จากเงื่อนไขการออกแบบและการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่เกี่ยวกับเครื่องทำเส้นใย เส้นด้ายของไหมอีรี่ สามารถออกแบบเครื่องสางรังไหมดังภาพประกอบ 43 โดยสรุปเครื่องสางรังไหมประกอบด้วยโครงเครื่องทำจากเหล็กกล่องทนสนิมขนาด กว้างxยาว คือ 25 มิลลิเมตร x 25 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร แบบของโครงเครื่องแสดงดังภาพประกอบ 44 เหล็กแผ่นสำหรับประกบด้านข้างของเครื่องเพื่อป้องกันอันตราย(Cover) แผ่นประกบข้างมีจำนวนสองแผ่นประกบด้านซ้ายและขวา โดยเป็นเหล็กแผ่นที่มีการพับขึ้นรูปและเจาะเป็นช่องสำหรับส่วนของแกนเพลลาลูกรีดและหัวหนามสาง มีขนาดแสดงดังภาพประกอบ 45 ถาดป้อนรังไหมทำจากเหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร มีขนาดกว้าง 516 มิลลิเมตร ยาว 500 มิลลิเมตร ด้านข้างพับขอบสูงด้านละ 38 มิลลิเมตร โดยถาดป้อนติดตั้งให้สามารถเอียงทำมุมตั้งแต่ 0-60 องศา แบบของถาดป้อนรังไหมมีขนาดและแบบแสดงดังภาพประกอบ 46 ตัวป้อนเป็นทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร ลูกกลิ้งสำหรับป้อนรังไหมเข้าตัวเครื่อง 2 ลูก ทำจากโลหะทรงกระบอกกลวงตรงกลางเป็นแกนเพลลาของลูกรีด ที่ผิวลูกรีดมีการกลึงปาดหน้าเพื่อให้ผิวเรียบและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร ลูกกลิ้งตัวกลางจะพันด้วยหนามพันสั้นมีขนาดใหญ่ใช้น้ำใยไหม และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 600 มิลลิเมตร มีความยาว 500 มิลลิเมตร ส่วนแกนเพลลาทำด้วยเหล็กเพลลากลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ลูกกลิ้งพันหนามแบบยาวเรียกว่าหัวหนามสาง

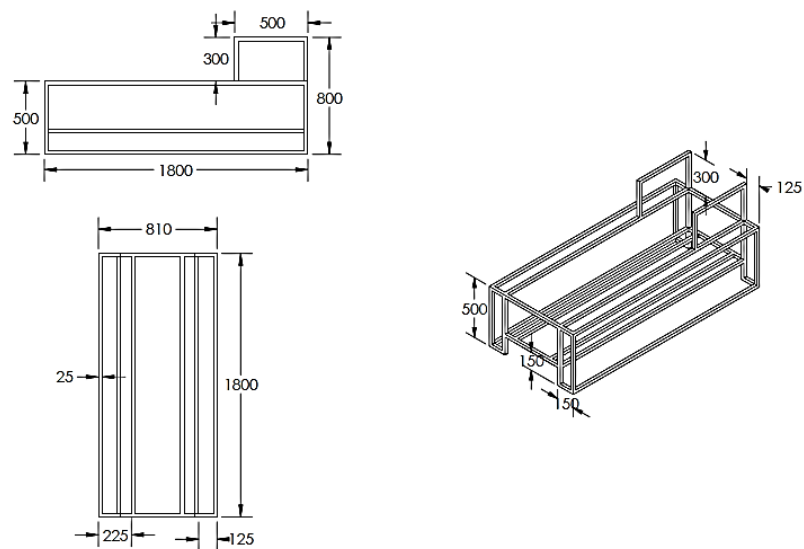
จำนวน 3 หัว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร มีความยาว 500 มิลลิเมตร ส่วนแกนเพลลาทำด้วยเหล็กเพลลากลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร ด้านนอกพันหนามที่มีขนาดความสูง 2 มิลลิเมตร เอียง 30 องศา เพื่อทำหน้าที่ดึงเส้นใยออกจากกันไม่ให้เกิดปม หัวม้วนเก็บใยไหมเป็นลักษณะลูกกลิ้งผิวเรียบสำหรับเก็บใยไหมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร มีความยาว 500 มิลลิเมตร ส่วนแกนเพลลาทำด้วยเหล็กเพลลากลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร แบบของลูกรีด ลูกกลิ้งกลาง หัวหนามสาม และหัวม้วนเก็บใยไหม แสดงดังภาพประกอบ 47



ภาพประกอบ 43 แบบของเครื่องสาวรังไหม (หน่วยมิลลิเมตร)

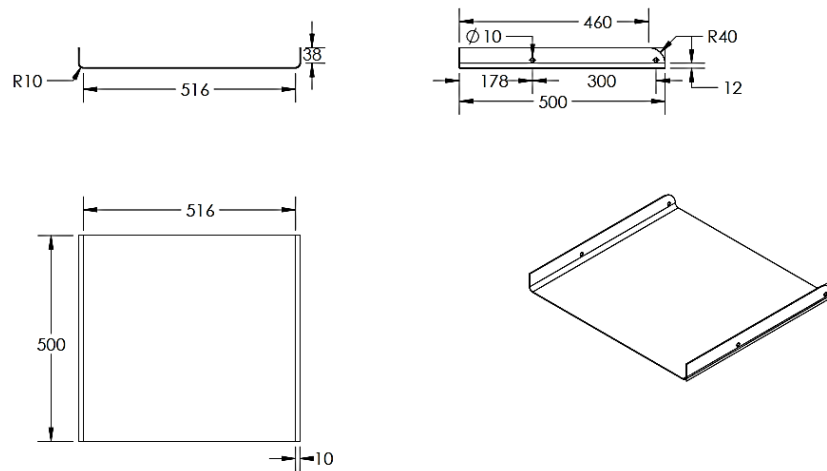


ภาพประกอบ 44 แบบของแผ่นประกบด้านข้างเครื่อง (หน่วยมิลลิเมตร)

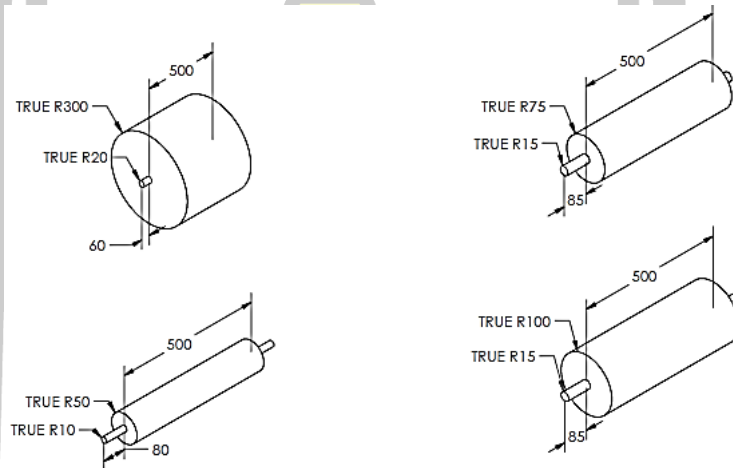


ภาพประกอบ 45 แบบของโครงเครื่อง (หน่วยมิลลิเมตร)





ภาพประกอบ 46 แบบของถาดป้อนรังไหม (หน่วยมิลลิเมตร)



ภาพประกอบ 47 แบบลูกรีดป้อน หัวหนามสางและหัวม้วนเก็บใยไหม (หน่วยมิลลิเมตร)

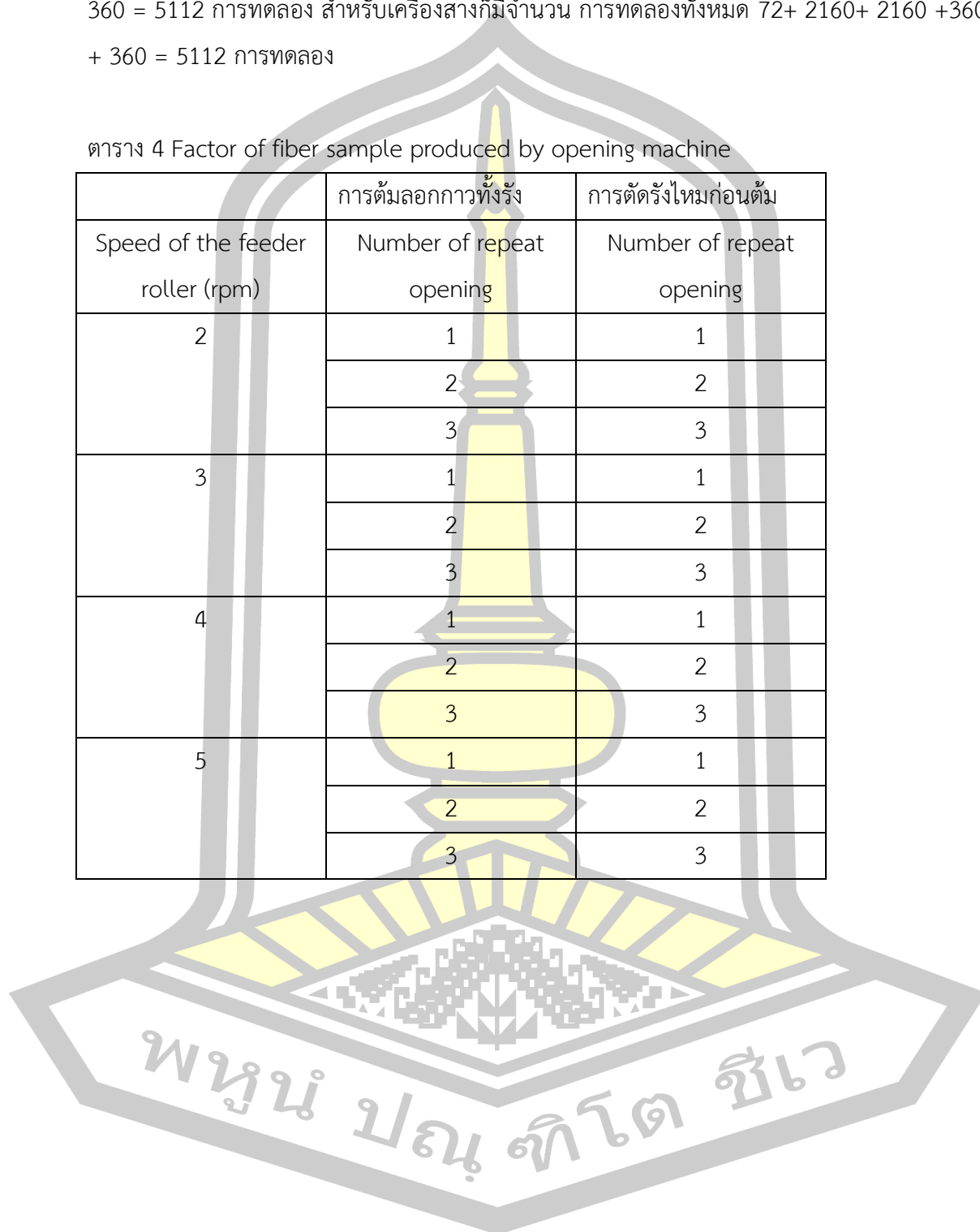
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ผลิตตัวอย่างใยไหมและเส้นด้าย โดยการปรับรอบของตัวป้อนในชุดเครื่องเปิด และสำหรับเครื่องสางใยไหมมีการปรับความเร็วของตัวป้อนและความเร็วรอบหัวสาง เพื่อให้ได้เส้นใยที่มีปัจจัยการผลิตต่างกัน จากนั้นนำไปปั่นเส้นด้าย ทดสอบแรงดึงและหาค่าความสม่ำเสมอของเส้นด้ายตลอดจนหาค่าเบอร์ด้าย เพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการผลิตเส้นใยและเส้นด้าย ตาราง 4 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อการใช้เครื่องเปิดรังไหมผลิตใยไหม ตาราง 5 แสดงรายละเอียดการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้เครื่องสางใยไหม ทุกตัวอย่างดำเนินการ 3 ซ้ำแล้วนำไปหาค่าการกระจายตัวของเส้นใยหรือเปอร์เซ็นต์การเปิดรังไหมตัวอย่างละ 30 ซ้ำ ปั่นเป็นเส้นด้ายจำนวน 3 ชุด แต่ละชุดนำไปหาค่าแรงดึงตามมาตรฐานจำนวน 20 ซ้ำ และ หาค่าความสม่ำเสมอจำนวน 5 ซ้ำ หาเบอร์

เส้นด้ายจำนวน 5 ซ้ำ รวม สำหรับเครื่องเปิดมีการทดลองทั้งหมดคือ $72 + 2160 + 2160 + 360 + 360 = 5112$ การทดลอง สำหรับเครื่องสางก็มีจำนวน การทดลองทั้งหมด $72 + 2160 + 2160 + 360 + 360 = 5112$ การทดลอง

ตาราง 4 Factor of fiber sample produced by opening machine

	การต้มลอกกาวทั้งรัง	การตัดรังไหมก่อนต้ม
Speed of the feeder roller (rpm)	Number of repeat opening	Number of repeat opening
2	1	1
	2	2
	3	3
3	1	1
	2	2
	3	3
4	1	1
	2	2
	3	3
5	1	1
	2	2
	3	3



ตาราง 5 Factor of fiber sample produced by carding machine

	Fiber sheet from opening machine	Cocoon Sheet
Speed of the feeder roller (rpm)	Speed of carding head (rpm)	Speed of carding head (rpm)
30	15	15
	20	20
	25	25
35	15	15
	20	20
	25	25
40	15	15
	20	20
	25	25
45	15	15
	20	20
	25	25

3.4 ตรวจสอบสมบัติเส้นด้ายและฝืนผ้าโดยใช้กระบวนการทางภาพ

การตรวจสอบสมบัติโดยใช้กระบวนการทางภาพจะสามารถตรวจสอบได้เฉพาะสมบัติทางกายภาพเท่านั้น เช่น ขนาดของเส้นด้าย จำนวนเกลียว จำนวนปม เป็นต้น ส่วนความแข็งแรงของเส้นด้ายต้องใช้เครื่องมือมาตรฐานทดสอบ การตรวจสอบสมบัติของเส้นใยเส้นด้าย ฝืนผ้า ในงานวิจัยนี้มีตัวอย่างเส้นใยและเส้นด้ายรวมทั้งหมด 144 ตัวอย่าง การหาสมบัติของเส้นใย เส้นด้าย ด้วย มีดังนี้

1. การหาปมของเส้นใย ทำโดยใช้มาตรฐาน ASTM D1059 คือ โดยการวางเส้นใยแล้วถ่ายภาพ แล้วนับปมด้วยการตีตารางพื้นที่ นำพื้นที่ปมเทียบกับจำนวนพื้นที่ทั้งหมด

2. การทดสอบขนาดเส้นด้าย ทำโดยใช้มาตรฐาน ASTM D1097 โดยใช้การหาขนาดด้วยหน่วย Metric count คือใช้น้ำหนักต่อความยาวของเส้นด้าย และเทียบกับขนาดของ Cotton ซึ่งเป็นด้ายแบบปั่น

3.การทดสอบความสม่ำเสมอของเส้นด้าย ทำโดยใช้มาตรฐานASTM 1425 คือการพันเส้นด้ายรอบกระดาษแข็งสี่ดำจำนวนสามสิบบรอบแล้วนับจำนวนปมปมบนเส้นด้าย แล้วเทียบจำนวนปมปม ตามวิธีของด้ายปั่น โดยอ้างอิงจากด้านฝ้าย

กระบวนการทางภาพโดยมีกระบวนการดังนี้ อ่านภาพเข้ามาในโปรแกรม สร้างองค์ประกอบวงกลมรัศมี ลบจุดที่มีค่าที่รัศมีน้อยกว่า x พิกเซลออกจากภาพ Label ส่วนประกอบในภาพ



บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

ผลการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย การสร้างเครื่องเปิดรังใหม่และเครื่องสางใยไหมอริ ผลการทดลองใช้เครื่อง รวมไปถึง อัลกอริธึมของกระบวนการทางภาพและผลของการตรวจสอบสมบัติเส้นใยและเส้นด้าย ในด้านแรงดึง ความสม่ำเสมอ และ จำนวนปมปม เพื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยเส้นด้ายที่ผลิตจากโรงงาน

4.1 ผลการสร้างเครื่องเปิดรังใหม่

จากการดำเนินการสร้าง เครื่องเปิดรังใหม่ตามทีออกแบบไว้ (รายละเอียดแสดงดังบทที่ 3) สามารถกล่าวได้ว่า เครื่องเปิดรังใหม่รังใหม่ มีส่วนประกอบดังนี้ 1) โครงเครื่อง ใช้เหล็กฉากขนาด 2.54 เซนติเมตร x 1 เซนติเมตร หน้า 0.14 เซนติเมตร ขนาดของเครื่องสางรังใหม่มีความสูง 100 เซนติเมตร กว้าง 60 เซนติเมตร และยาว 180 เซนติเมตร ถาดป้อนรังใหม่ ใช้เหล็กฉากเชื่อมติดกับเหล็กแผ่นหนา 4 มิลลิเมตร กว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร 2) ฝาครอบหัวเปิดทำจากเหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 66 เซนติเมตร กว้าง 36 เซนติเมตร 3) หัวเปิดรังใหม่ทรงกระบอกทำจากแผ่นเหล็กหนา 4 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 60 เซนติเมตร กว้าง 30 เซนติเมตร ที่ผิวของกระบอกและใช้ตะปู ขนาด 1 มิลลิเมตรในการทำนามโดยติดตั้งแบบสลับฟันปลา 4) ลูกรีดป้อนรังใหม่ทำจากเพลากลมกลิ้งลายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 25 เซนติเมตร 2 ตัว 5) ระบบส่งกำลังของหัวเปิด การขับหัวเปิดใช้มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยสายพานเป็นตัวส่งกำลัง ใช้พูลเลย์ และใช้ตุ๊กตาขนาด 1 นิ้วเป็นตัวยึดเพลาทิ้งหมด 6) ระบบส่งกำลังของลูกรีดป้อนรังใหม่ การขับลูกรีดป้อนรังใหม่ใช้มอเตอร์ขนาด 0.25 แรงม้า ปรับความเร็วรอบได้เป็นต้นกำลัง โดยใช้ชุดส่งกำลังคือ พูลเลย์ 2 นิ้ว ส่งกำลังต่อไปยังลูกรีด อัตราทด 1:1 เพื่อเพิ่มแรงในการป้อนรังใหม่ 7) ระบบไฟฟ้า ใช้ไฟฟ้า 1 เฟส 220 โวลต์ ในการขับมอเตอร์ ทั้ง 2 ตัว มี สวิตช์ ปิด-เปิดและปุ่มฉุกเฉิน สำหรับหยุดการทำงานของเครื่อง และตัวปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ขับลูกรีดป้อนรังใหม่ ภาพด้านต่างๆเครื่องเปิดรังใหม่ที่พัฒนาขึ้นแสดงดัง ภาพประกอบ 48 – 51 ส่วนภาพประกอบ 52 แสดงลักษณะของการติดตั้งนามสาง

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเปิดรังใหม่ เริ่มจากนำรังไหมอริที่ผ่านการต้มลอกกาวแล้ว มาใส่ถาดป้อนรังใหม่ จากนั้นทำการเปิดเครื่อง ปรับรอบตัวป้อนตามที่ต้องการ แล้วตัวป้อนจะป้อนรังไหมเข้าหัวเปิดรังใหม่ หัวเปิดจะหมุนเพื่อเกี่ยวรังไหมที่ผ่านหัวป้อนเข้ามา ทำให้รังไหมกระจายตัว จากนั้นปิดเครื่องเพื่อลกรังไหมที่ผ่านการเปิดแล้วออกจากหัวเปิด เพื่อนำไปตัดและสางต่อไป



ภาพประกอบ 48 แสดงเครื่องเปิดรีงใหม่



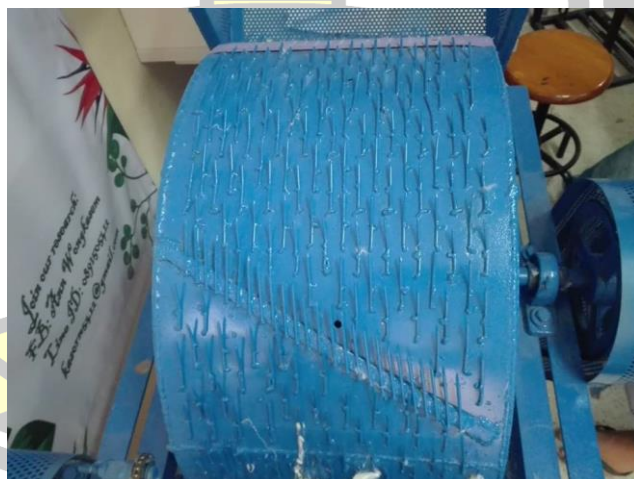
ภาพประกอบ 49 เครื่องเปิดรีงใหม่ด้านข้างซ้าย



ภาพประกอบ 50 เครื่องเปิดรีงใหม่ด้านข้างขวา



ภาพประกอบ 51 เครื่องเป็ดรีงใหม่ด้านหน้า



ภาพประกอบ 52 ลักษณะหนามบนหัวเปิด

4.2 ผลการสร้างเครื่องสร้างใหม่สำหรับไหมอีรี

จากการดำเนินการสร้างเครื่องสร้างใหม่ตามแบบที่ได้ออกไว้ รายละเอียดดังหัวข้อ 3.2 ได้ผลของการสร้างเครื่องและชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ โดยหลังจากจัดทำโครงแล้วได้ทำหัวรีดเพื่อป้อนรังไหม ลูกกลิ้งนำเส้นใย และหัวสาง ภาพประกอบ 53 แสดงการจัดทำลูกรีดและหัวหนามสางก่อนพันหนาม เมื่อหัวหนามถูกพันหนามแล้วมี ลักษณะแสดงดังภาพประกอบ 54 และ ภาพประกอบ 55

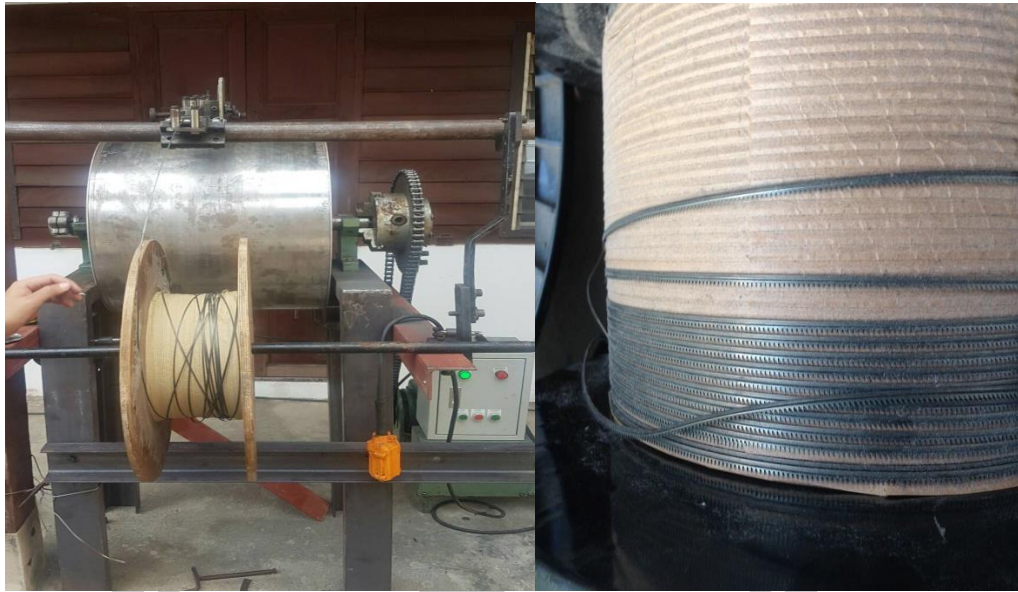
แสดงวิธีการพันหนามสางที่ลูกกลิ้งตัวกลางที่ทำหน้าที่พาเส้นใยให้ผ่านหัวสาง โดยรูปด้านขวาคือ ลักษณะของหนามสาง หลังจากพันหนามและจัดเตรียมลูกกลิ้งและหัวหนามสางทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว ติดตั้งลงบนโครงเครื่อง ภาพประกอบ 56 เป็นการติดตั้งลูกกลิ้งคู่แรกที่ใช้ดึงเส้นใยเข้าเครื่อง และ จากนั้นติดตั้งลูกกลิ้งและหนามสางจนครบ ภาพประกอบ 57 แสดงภาพด้านบนและด้านข้างของ เครื่องสางใยไหม ขั้นตอนสุดท้ายคือการติดตั้งมอเตอร์และตู้ควบคุมการทำงานของเครื่อง เครื่องที่ เสร็จสมบูรณ์แล้วแสดงดังภาพประกอบ 58 และ ภาพประกอบ 59



ภาพประกอบ 53 แกนด้านในของ ลูกกลิ้ง หัวหนามสางและหัวม้วนเก็บ



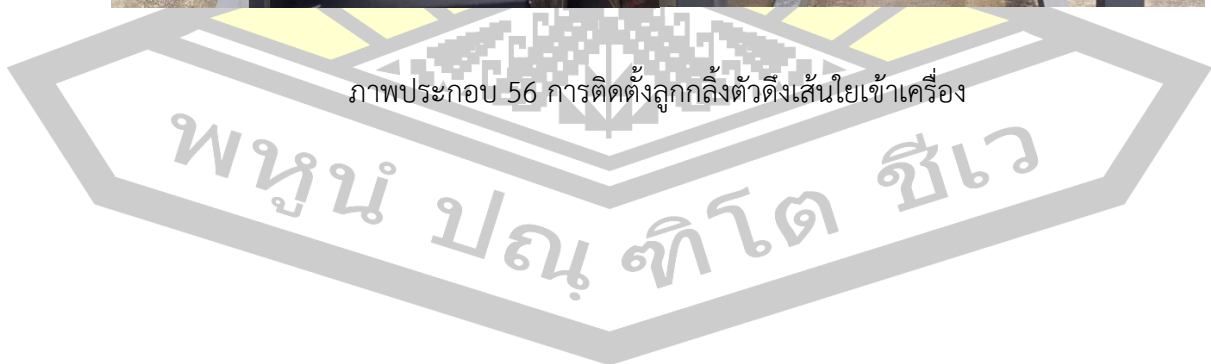
ภาพประกอบ 54 ลูกกลิ้ง หัวหนามสางและหัวม้วนเก็บ



ภาพประกอบ 55 การพันหนามบนลูกกึ่งตัวนำเส้นใย



ภาพประกอบ 56 การติดตั้งลูกกึ่งตัวนำเส้นใยเข้าเครื่อง





ภาพประกอบ 57 ภาพด้านบนและภาพด้านข้างเมื่อติดตั้งลูกกลิ้งต่างๆและหัวหนามสางแล้ว



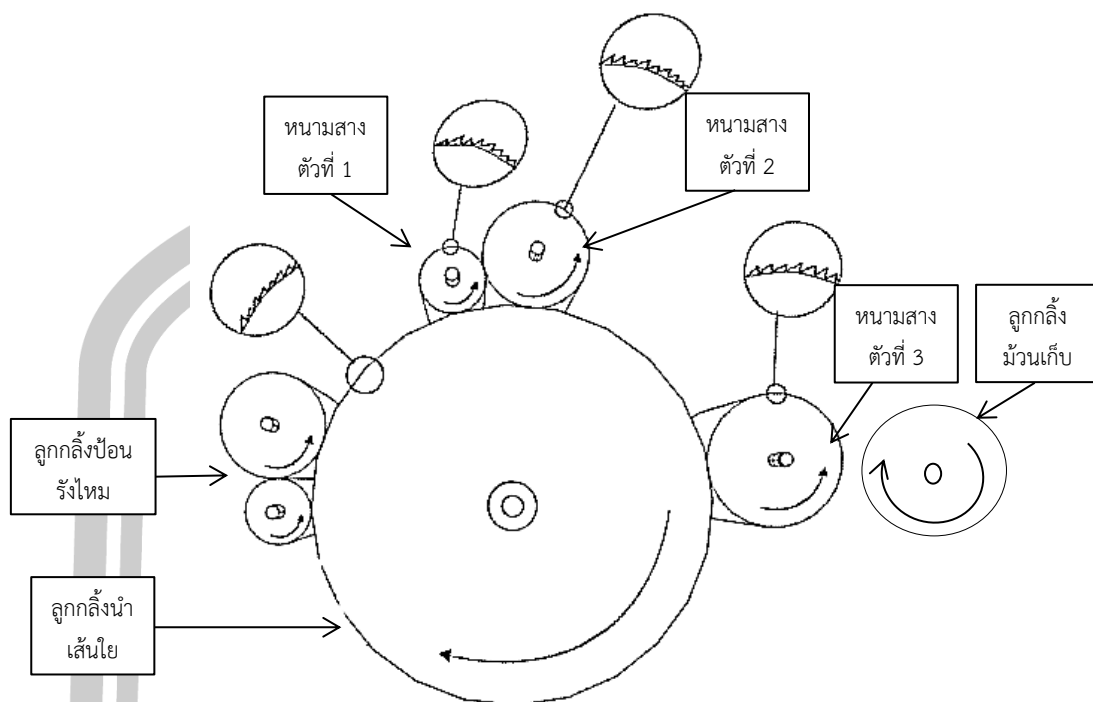
ภาพประกอบ 58 เครื่องสานเส้นใยเมื่อติดตั้งลูกกลิ้งต่างๆและหัวหนามสางแล้ว



ภาพประกอบ 59 การติดตั้งมอเตอร์และตู้ควบคุมกับเครื่องสาងเส้นใย

การทำงานของเครื่องสาងเส้นใย เริ่มจาก เปิดสวิทซ์เดินเครื่องปรับความเร็วของการป้อนเส้นใย ปรับความเร็วของการสาងเส้นใย โดยความเร็วของการป้อนเส้นใยและสาងเส้นใยสามารถปรับได้ตั้งแต่ 0-1เมตรต่อนาที และ 0-80 เมตรต่อนาทีตามลำดับ นำเส้นใยที่ต้มลอกขาวและผ่านการเปิดรังแล้วมาวางไว้ที่ถาดป้อนใย คลี่แผ่นใยใหม่ให้มีขนาดความกว้างประมาณ 500 มิลลิเมตรสามารถป้อนต่อเนื่องได้ครั้งละไม่เกิน 500 กรัม เนื่องจากใยใหม่จะพันเต็มหัวม้วนเก็บ จากนั้นลูกกลิ้งป้อนรังใหม่จะหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกาซึ่งจะมีทิศตรงกันข้ามกับลูกกลิ้งตัวกลางนำเส้นใย เพื่อตั้งให้ใยใหม่ที่อยู่ในรังป้อนเข้ามาวางบนหนามสันของลูกกลิ้งตัวกลางที่หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา เส้นใยนี้จะไปผ่านหัวหนามสาងตัวที่ 1 -3 ซึ่งหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา เพื่อทำการสาងเส้นใยให้เป็นระเบียบ หนามสาងที่พันอยู่ที่หัวหนามสาងนี้ มีขนาดความสูงของหนามมากกว่าที่ตัวกลาง เพื่อประโยชน์ในการสาងเส้น หลังจากนั้นเส้นใยจะเก็บที่หัวม้วนเก็บซึ่งหมุนในทิศทางเดียวกันกับลูกกลิ้งตัวกลางและเมื่อใยใหม่เต็มหัวม้วนเก็บก็สามารถถอดออกไปเพื่อเก็บใยใหม่ที่สาងแล้วออกจากหัวม้วนได้ ลักษณะการหมุนของลูกกลิ้งต่างๆและหัวหนามสาងในเครื่องจักร แสดงดังภาพประกอบ 60

ศูนย์ บณุ ทิโต ชีเว



ภาพประกอบ 60 ทิศทางการหมุนของลูกกลิ้งและหัวหนามสาง

4.3 ผลการทดลองการเปิดรังไหม

1) การทดลองการเปิดรังไหม ในการทดลองการเปิดรังไหมเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ทำให้ได้เส้นใยที่มีคุณภาพ มีปมปมเหลือน้อย พร้อมปั่นเป็นเส้นด้าย มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือการเตรียมรังไหมเพื่อต้มลอกกาว การต้มลอกกาวเริ่มต้นจากการนำรังไหมอีรีมาแช่น้ำยาล้างจานอย่างน้อย 10 ชั่วโมง จากนั้นนำไปต้มด้วยวิธีการใช้สารละลายสบู่ผสมกับโซเดียมคาร์บอเนต อัตราส่วนดังนี้ อัตราส่วนรังไหมต่อสารละลาย 1:30 โดยเตรียมสารละลายสบู่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 3 กรัมต่อลิตร และต้มลอกกาวที่ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง หลังผ่านการต้มลอกกาวทำการล้างน้ำร้อนและน้ำที่อุณหภูมิห้องจากนั้นนำไปแช่น้ำยาปรับผ้านุ่ม 1 ชั่วโมง ปิดแล้วนำไปตาก เมื่อรังไหมผ่านการลอกกาวแห้งแล้ว จะนำไปเปิดรังไหมโดยเครื่องเปิดรังไหม เนื่องจากรังไหมอีรีเป็นรังไหมที่ยาวมีโอกาสพันกันเป็นปมปมได้ จึงมีการตัดรังไหมตามขวางก่อนทำการต้มลอกกาวเพื่อให้เส้นใยสั้น ง่ายต่อการเปิดและสาง ในงานวิจัยนี้ ได้คำนึงถึงปัจจัยนี้ด้วย ในการเปิดรังไหมจะมีแบ่งตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่มใหญ่คือ กลุ่มแรกรังไหมถูกตัดรังไหมตามขวางก่อนต้มลอกกาวเพื่อให้ได้เส้นใยที่สั้นและลดการพันกัน (A) และอีกกลุ่มหนึ่งคือการต้มลอกกาวทั้งรัง (B) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ อัตราการป้อนแผ่นรังไหมเข้าไปยังเครื่องเปิด และจำนวนรอบของการเปิดซ้ำ ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดอัตราความเร็วการป้อนรังไหมเข้าเครื่องเปิด เป็น 0.324, 0.486, 0.648, 0.810 เมตรต่อนาที (2,3,4,5 รอบต่อนาที) น้ำหนักของแผ่นรังไหมที่เปิดรังแล้วใช้ในการทดลองแต่ละครั้งคือ 50 กรัม

และเตรียมแผ่นรังไหมให้อยู่ในสภาพอ่อนที่มีขนาดแผ่นกว้าง 0.3 เมตร โดยทดลองเปิดซ้ำเป็นจำนวน 1-3 ครั้ง และ ทำซ้ำตัวอย่างละสามซ้ำ การให้ชื่อตัวอย่างในการทดลองเป็นดังตารางที่ 6 ความหมายของชื่อสามารถยกตัวอย่าง เช่น A22 คือ ตัวอย่างนี้มีการตัดรังไหมก่อนต้มลอกกาวและเข้าเครื่องเปิดด้วยความเร็วรอบของหัวปั่น 2 รอบต่อนาที และเปิดซ้ำสองครั้ง

ตาราง 6 Name of the sample used in the experiment

Speed of the feeder roller (rpm)	Degumming non cut cocoon		Degumming cut cocoon	
	Number of repeat opening	Sample	Number of repeat opening	Sample
2	1	A21	1	B21
	2	A22	2	B22
	3	A23	3	B23
3	1	A31	1	B31
	2	A32	2	B32
	3	A33	3	B33
4	1	A41	1	B41
	2	A42	2	B42
	3	A43	3	B43
5	1	A51	1	B51
	2	A52	2	B52
	3	A53	3	B53

2) หลังจากการเปิดรังแล้ว จะได้นำใยไหมที่ได้มาหาค่า ความสามารถในการเปิดรังไหมของเครื่องที่การเปิดต่างๆกันโดยคำนวณเป็นร้อยละของปมปมที่เหลืออยู่ในแผ่นใยไหม โดยการใช้กระบวนการทางภาพคำนวณเปรียบเทียบกับกรหำร้อยละปมปมจากวิธีการชั่งน้ำหนัก โดยแต่ละตัวอย่างมีการทำซ้ำจำนวน 30 ซ้ำ การทดลองทำโดยแผ่นเส้นใยวางบนพื้นหลังสำหรับสแกนของเครื่อง Printer รุ่น EPSON L 360 ความละเอียด 5760 x 1440 DPI พื้นที่สแกน ความกว้าง 482 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตร แต่จำกัดพื้นที่การแผ่อยู่ที่ขนาดกว้าง 21 เซนติเมตร และยาว 29.7 เซนติเมตร เขียนอัลกอริธึมหาขนาดของพื้นที่ปมปมเทียบกับพื้นที่เส้นใยทั้งหมด ในการทดลองแต่ละ

ครั้งจะแสดน 30 ภาพ แล้วนำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยร้อยละของปุ่มปมที่ยังคงเหลืออยู่ในเส้นใย ผลของการหาปุ่มปมบนเส้นใยที่เหลือจากจากการบวนการทางภาพประกอบพัฒนาในงานวิจัย นำไปเทียบกับผลการวิเคราะห์ปมที่กระจุกตัวบนเส้นใย ที่ทำในห้องปฏิบัติการการทดสอบสิ่งทอที่สถาบันคั่นคว่า และพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร โดยใช้การประเมินโดยการแสดนและนับจำนวนพื้นที่ที่มีปุ่มปม หรือการกระจุกตัวของเส้นใย เทียบกับพื้นที่ทั้งหมดในภาพ โดยการสุ่มเลือกเส้นใยตัวอย่างละ 1 กรัมเพื่อออกบนพื้นที่ขนาดกว้าง 21 เซนติเมตร และยาว 29.7 เซนติเมตร ทำซ้ำจำนวน 30 ภาพ แล้วหาค่าเฉลี่ยของพื้นที่ ที่มีปุ่มปม โดยใช้วิธีทางสถิติ

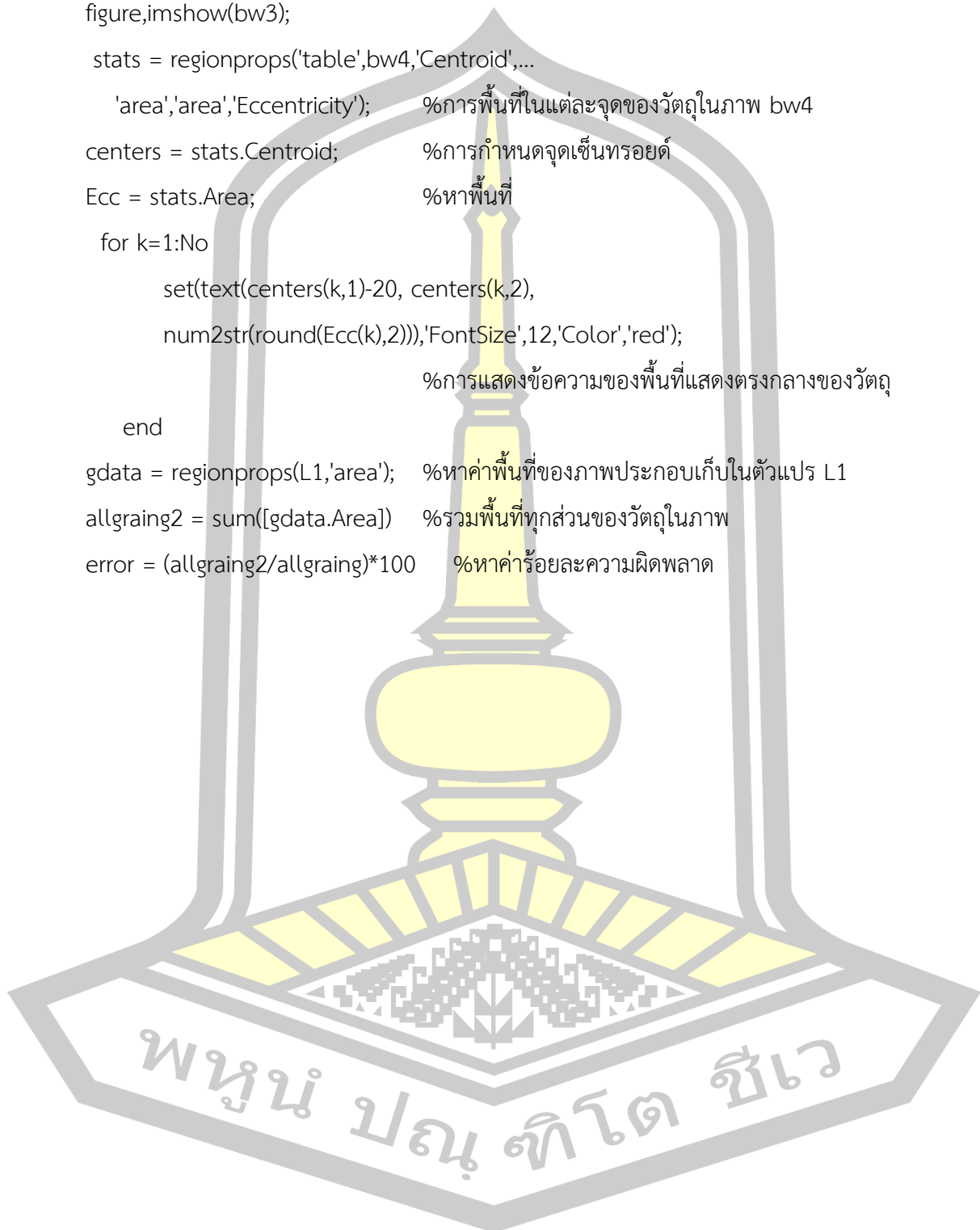
อัลกอริธึมในการค่าปุ่มปมในงานวิจัย เขียนบน โปรแกรม MATLAB2015 มีดังนี้ และสามารถเขียนเป็นแผนภาพดังภาพประกอบ 60

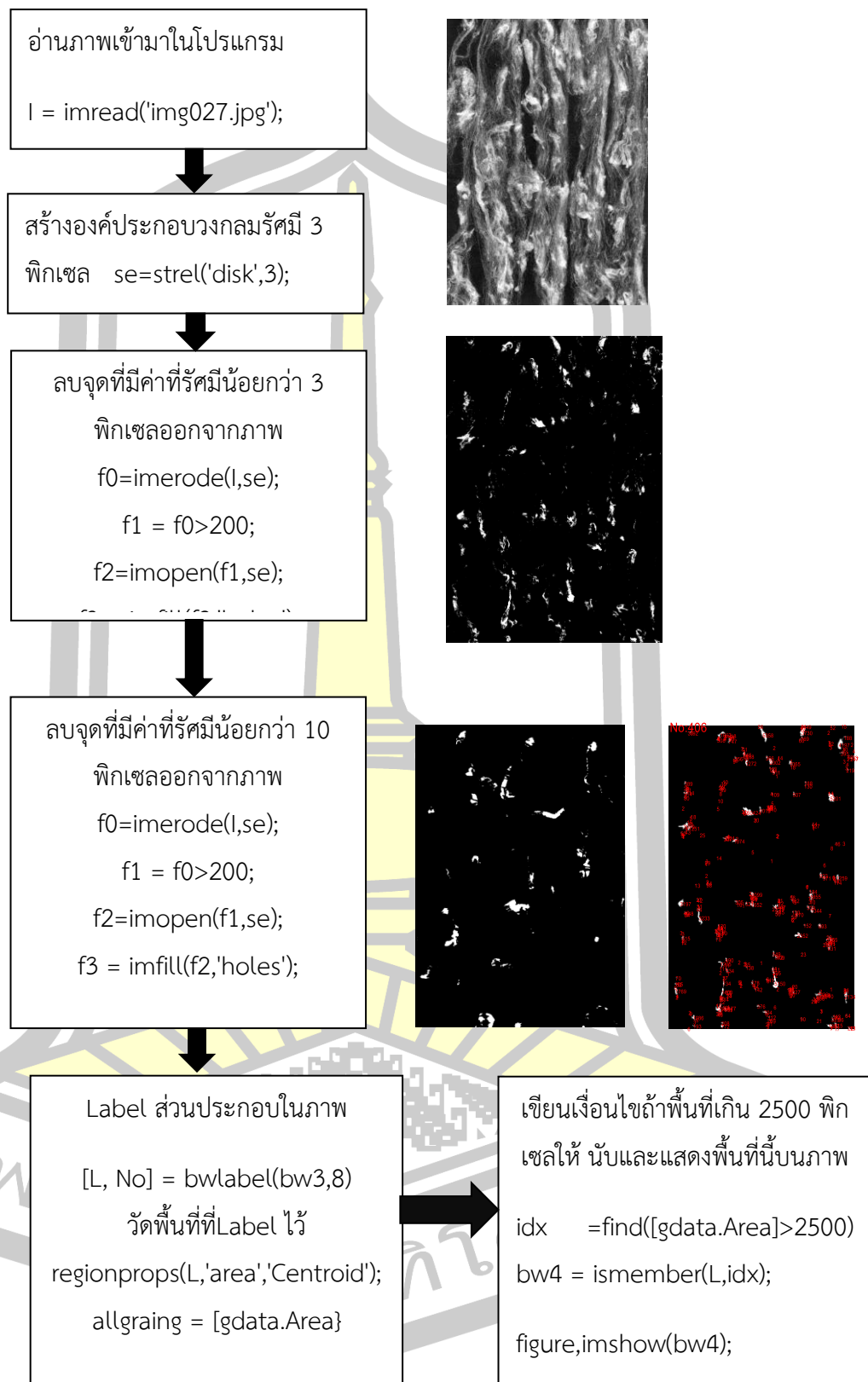
```
close all
clear
clc
I = imread('img178.jpg'); %อ่านภาพเข้ามา
figure,imshow(I); %แสดนภาพของไฟล์ที่ชื่อว่า (I)
t = graythresh(I); %การทำเทรตไฮแบบอัตโนมัติด้วยคำสั่ง matlab
t2 = im2bw(I,t); %ทำให้ภาพสีเป็นภาพขาว-ดำ ด้วยการทำให้เทรตไฮแยกพื้นหลัง
กับวัตถุ
[L, N] = bwlabel(t2); %กำหนดโครงสร้างของการนับ 8-connected ในภาพ (I)
gdata = regionprops(L,'area'); %หาพื้นที่ของแต่ละวัตถุในสมาชิกของ L ที่มีหน่วยเป็น pixel
allgraing = sum([gdata.Area]) %รวมพื้นที่ทั้งหมดของภาพ I ในหน่วย pixel
se=strel('disk',1); %กำหนดโครงสร้างลักษณะ disk ขนาดรัศมี 10
f0=imerode(I,se); %กำจัดส่วนที่เป็นส่วนเล็กๆ ตามการกำหนดตาม se
figure,imshow(f0);
f1 = f0>200; %ให้ภาพประกอบมีความเข้มแสดนมากกว่า 200 แสดน
figure,imshow(f1);
f2=imopen(f1,se); %กำจัดส่วนที่เป็นเล็กๆ ออกจากภาพ
f3 = imfill(f2,'holes'); %เติมส่วนที่เป็นหลุมในภาพ f2
f4 = bwareaopen(f3,50); %กำจัดส่วนที่เป็นเล็กๆ ออกจากภาพอีกครั้ง
figure,imshow(f4);
se = strel('disk',60); %กำหนดโครงสร้างลักษณะ disk ขนาดรัศมี 60
```

```

bw3 = imerode(f4,se);           %กำจัดส่วนที่เป็นส่วนเล็กๆ ตามการกำหนดตาม se
figure,imshow(bw3);
stats = regionprops('table',bw4,'Centroid',...
    'area','area','Eccentricity'); %การพื้นที่ในแต่ละจุดของวัตถุในภาพ bw4
centers = stats.Centroid;      %การกำหนดจุดเซ็นทรอยด์
Ecc = stats.Area;             %หาพื้นที่
for k=1:No
    set(text(centers(k,1)-20, centers(k,2),
        num2str(round(Ecc(k,2))), 'FontSize',12,'Color','red');
        %การแสดงความยาวของพื้นที่แสดงตรงกลางของวัตถุ
end
gdata = regionprops(L1,'area'); %หาค่าพื้นที่ของภาพประกอบเก็บในตัวแปร L1
allgrain2 = sum([gdata.Area]) %รวมพื้นที่ทุกส่วนของวัตถุในภาพ
error = (allgrain2/allgrain)*100 %หาค่าร้อยละความผิดพลาด

```





ภาพประกอบ 61 อัลกอริธึมที่ใช้ในการหาร้อยละของปริมาณของกระบวนการทางภาพ

3) ผลการทดลองจากการสาងเส้นใยที่ได้จาก ข้อ 1 นำไปปั่นขึ้นเส้นด้าย โดยปั่นด้วยมือโดยเครื่องเมดาลีจักรา (Medali Jakra)

4) นำเส้นด้ายที่ได้จากข้อ 3 ไปทดสอบหาแรงดึง โดยใช้เครื่อง Tensile Test NRI-TS 500 2S

5) วิเคราะห์ความสม่ำเสมอของเส้นด้าย โดยใช้อัลกอริธึมของกระบวนการทางภาพประกอบพัฒนาขึ้นเทียบกับ วิธีมาตรฐาน คือใช้เครื่องมือวิเคราะห์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Leica, LM750, Germany) โดยอาศัยโปรแกรม Leica 4.8 ในการนับจำนวนปุมปม

6) วิเคราะห์ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ร้อยละของปุมปม ค่าแรงดึง กับ ความสม่ำเสมอกับ เปรียบเทียบกับเส้นไหมอีรีที่ได้จากการยี่และปั่นด้วยมือที่ผลิตโดยกลุ่มแม่บ้านผู้ผลิตเส้นไหมบ้านโนนศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

ภาพประกอบ 62 ถึง 65 แสดงภาพเส้นใยของรังไหมที่ตัดก่อนต้มลอกกาว ที่ได้จากการเปิดที่ความเร็วรอบของตัวป้อน 2 3 4 5 รอบต่อนาที ในขณะที่ภาพประกอบ 66-69 แสดงภาพเส้นใยของรังไหมที่ต้มลอกกาวโดยไม่ตัดรัง และ ภาพประกอบ 70 ถึง 81 เป็นภาพตัวอย่างที่ได้จากการสแกนเส้นใยของการสาងแบบตัดรังก่อนการต้มลอกกาว และผลการใช้กระบวนการทางภาพหาพื้นที่ที่เป็นปม โดยภาพด้านซ้ายเป็นภาพสแกนและภาพด้านขวาเป็นภาพผลการหาพื้นที่ปุมปมบนภาพ เมื่อมีความเร็วรอบของลูกกลิ้งป้อน 2 3 4 5 รอบต่อนาที ตามลำดับ ผลของร้อยละค่าเฉลี่ยปุมปมบนเส้นใยที่สาងได้แสดงในตารางที่ 7 กราฟการเปรียบเทียบหาปุมปม แสดงดังภาพประกอบ 82-84



ภาพประกอบ 62 ผลของการสาងเส้นใยเมื่อลูกกลิ้งป้อนหมุน 2RPM เมื่อรังไหมถูกตัดก่อนต้มลอกกาว



ภาพประกอบ 63 ผลของการสานเส้นใยเมื่อลูกกิ้งป้อนหมุน 3RPM



ภาพประกอบ 64 ผลของการสานเส้นใยเมื่อลูกกิ้งป้อนหมุน 4 RPM



ภาพประกอบ 65 ผลของการสานเส้นใยเมื่อลูกกิ้งป้อนหมุน 5RPM



ภาพประกอบ 66 ผลของการสาងเส้นใยเมื่อลูกกิ่งป้อนหมุน 2RPM



ภาพประกอบ 67 ผลของการสาងเส้นใยเมื่อลูกกิ่งป้อนหมุน 3RPM



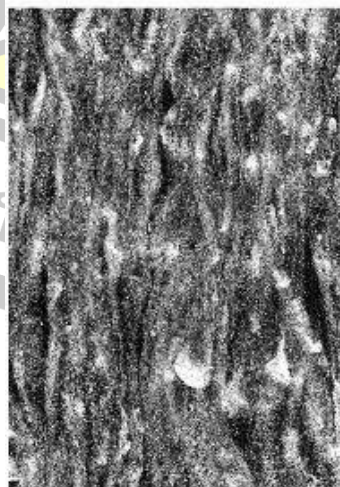
ภาพประกอบ 68 ผลของการสาងเส้นใยเมื่อลูกกิ่งป้อนหมุน 4RPM



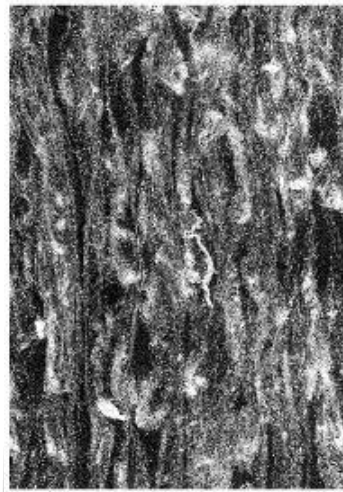
ภาพประกอบ 69 ผลของการสาងเส้นใยเมื่อลูกลิ้งป้อนหมุน 5RPM



ภาพประกอบ 70 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A21



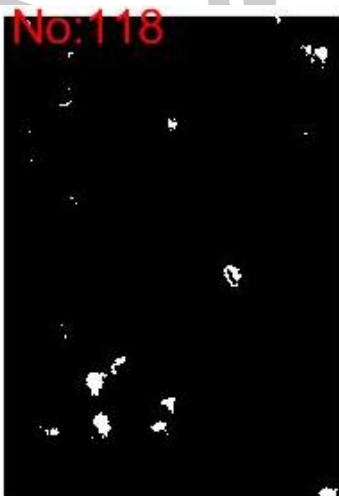
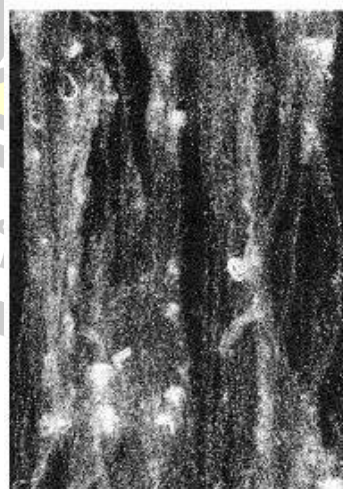
ภาพประกอบ 71 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A22



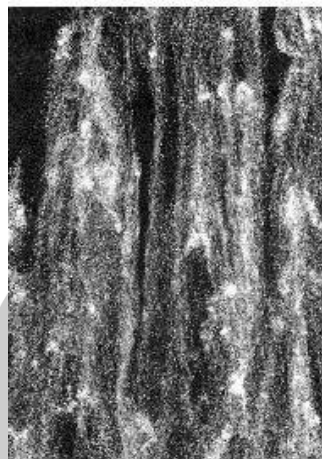
ภาพประกอบ 72 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A23



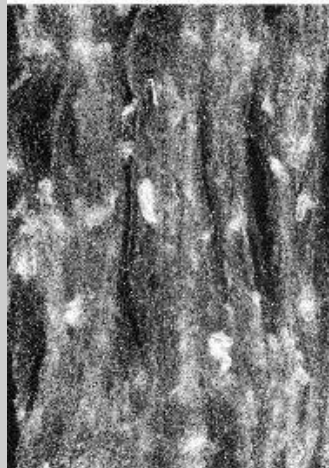
ภาพประกอบ 73 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A31



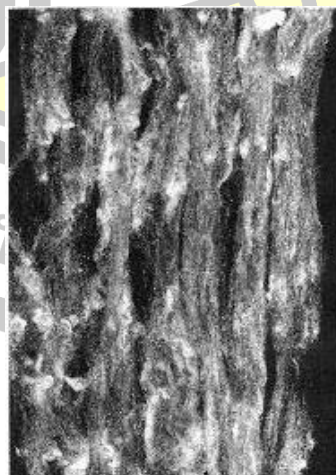
ภาพประกอบ 74 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A32



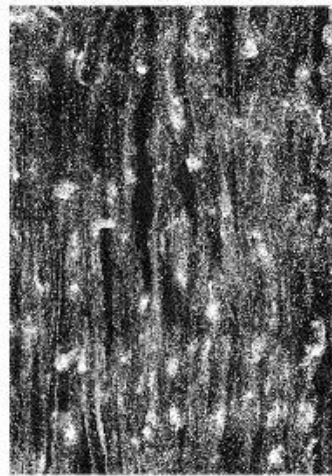
ภาพประกอบ 75 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A33



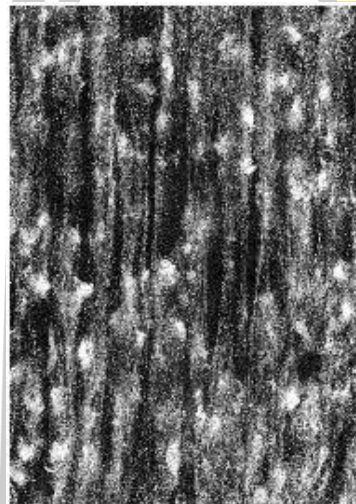
ภาพประกอบ 76 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A41



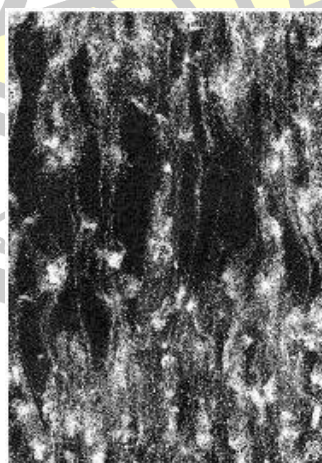
ภาพประกอบ 77 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A42



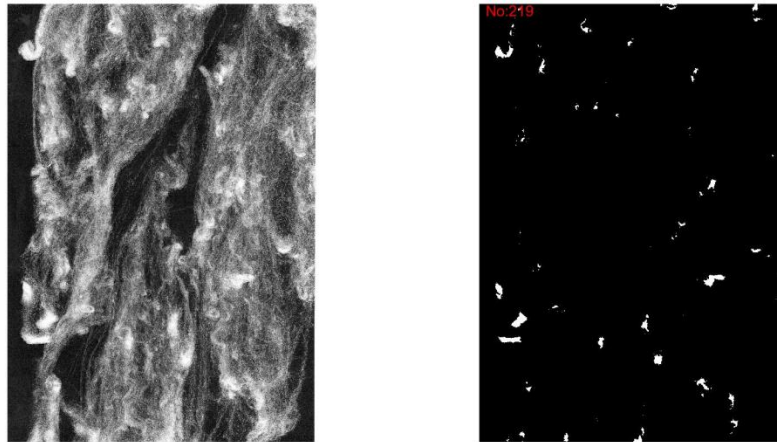
ภาพประกอบ 78 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A43



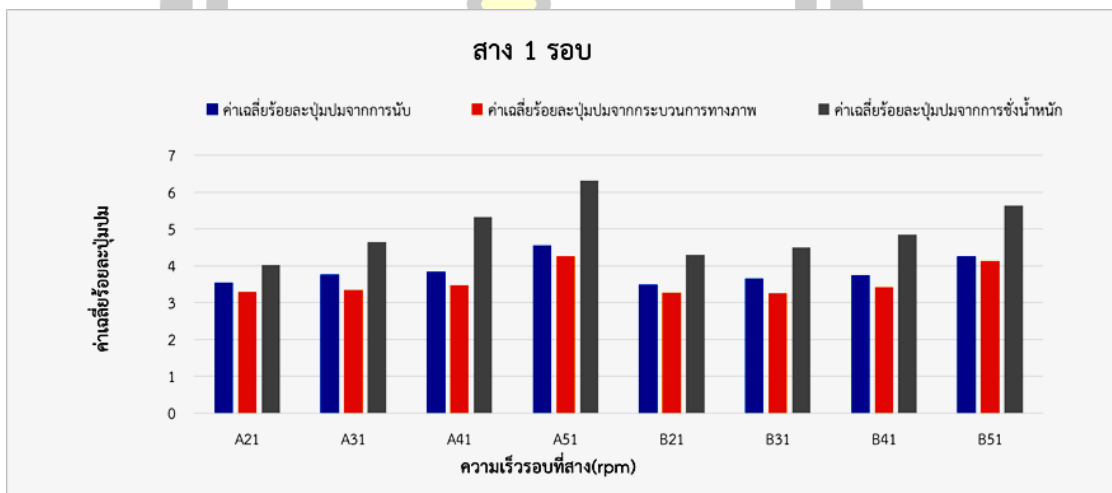
ภาพประกอบ 79 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A51



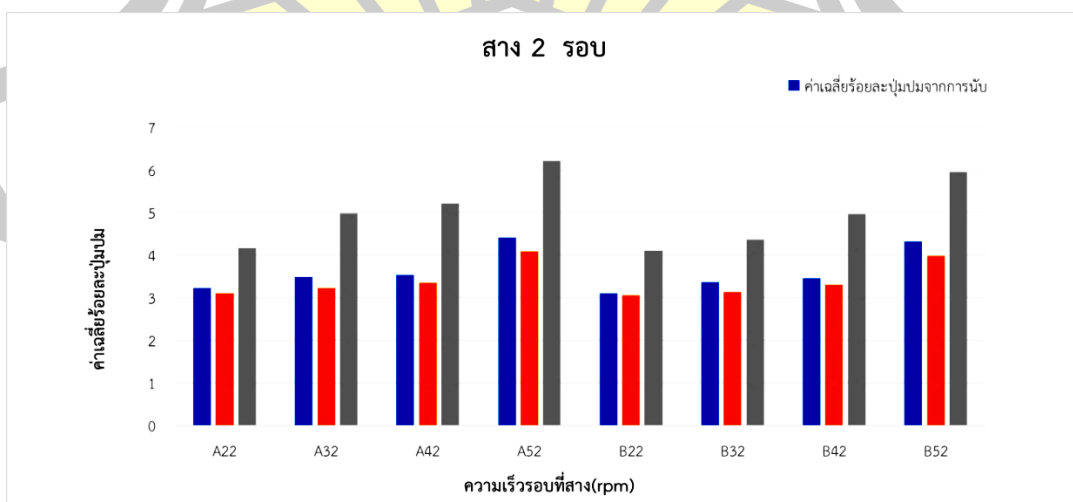
ภาพประกอบ 80 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปมบนเส้นใย ของ A 52



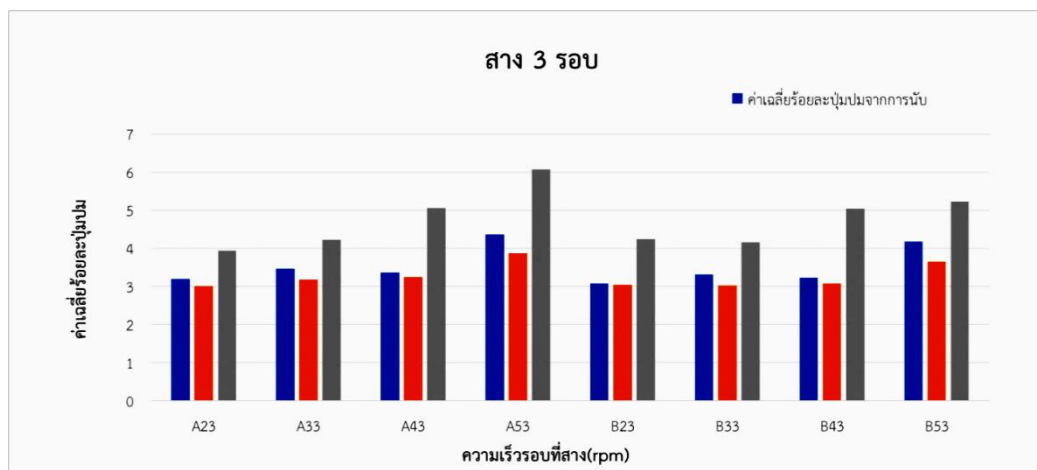
ภาพประกอบ 81 ผลการใช้กระบวนการทางภาพเพื่อหาพื้นที่ปั๊มบนเส้นใย ของ A53



ภาพประกอบ 82 เปรียบเทียบความแม่นยำในการหาปั๊มบนเส้นใยเมื่อสางหนึ่งรอบ



ภาพประกอบ 83 เปรียบเทียบความแม่นยำในการหาปั๊มบนเส้นใยเมื่อสางซ้ำสองรอบ



ภาพประกอบ 84 เปรียบเทียบความแม่นยำในการหาปั๊มบนเส้นใยเมื่อสางซ้ำสามรอบ

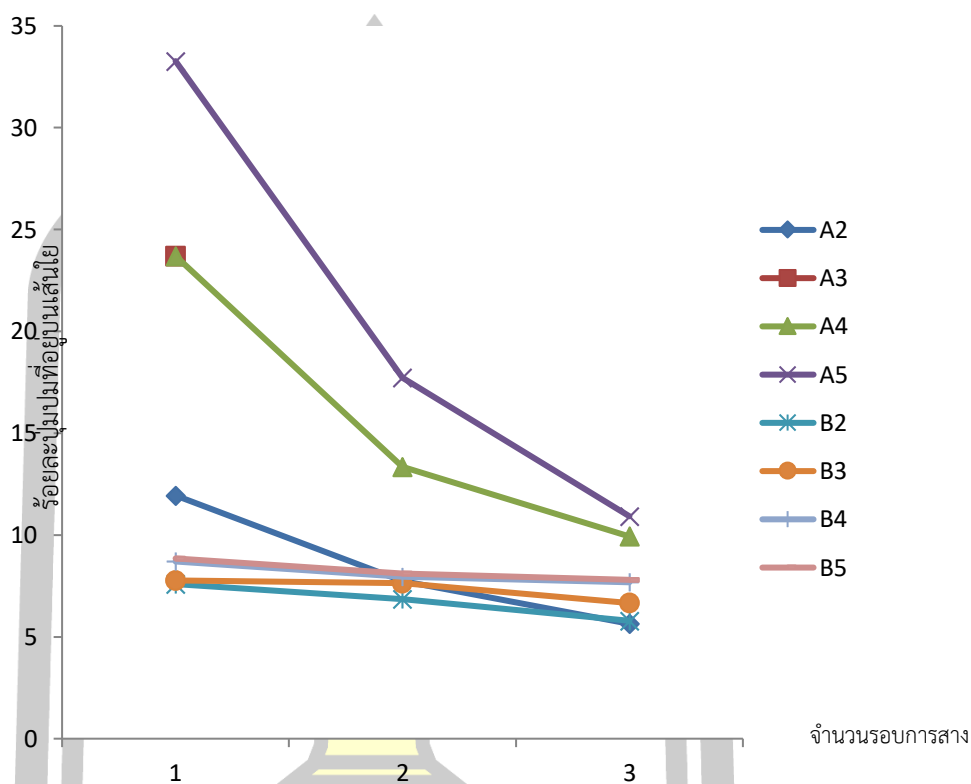
จากผลการทดลองการนับพื้นที่ของปั๊มโดยสุ่มนำตัวอย่างเส้นใยมาแผ่เป็นแผ่นและสแกนจำนวนตัวอย่างละ 30 ภาพ พบว่า การเตรียมรังไหมก่อนต้มและอัตราการป้อนรังไหมเข้าเครื่องเปิดรังไหมมีผลต่อคุณภาพของเส้นใยที่ได้ การป้อนรังไหมช้าๆเข้าเครื่องคือ อัตราการหมุนของลูกกลิ้งป้อน 2 รอบต่อนาที จะมีค่าเฉลี่ยของปั๊มปมน้อยที่สุด และเมื่อสางซ้ำจำนวนสามรอบ จะเห็นว่าเส้นไหมสามารถกระจายตัวได้เกือบทั้งหมดและยังคงมีปมเหลือเพียงร้อยละ 5.64 และ 5.79 เมื่อเพิ่มความเร็วยรอบของลูกกลิ้งป้อนเส้นใยมากขึ้น เป็น 3 4 5 รอบต่อนาที พบว่า เปรียบเทียบเมื่อสาง 1 รอบ ปมเหลืออยู่ในเส้นใยเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ รังที่ถูกตัดตามขวาง จะคงเหลือปั๊มมากกว่ารังไหมที่ต้มทั้งรัง เนื่องจากขนาดรังไหมที่เล็กลงทำให้หนามที่ถูกติดตั้งไว้ห่างกันประมาณ 2 เซนติเมตร มีความห่างเกินไปเมื่อเทียบกับขนาดรังเปิดไม่สามารถเกี่ยวเส้นใยเปิดได้ทั่วถึง ผลของการนับพื้นที่ปมที่เหลือในเส้นใยสามารถเขียนเป็นกราฟดังภาพประกอบ 85 จากกราฟสามารถอธิบายได้ว่า รังไหมที่ไม่ตัดรังจะมีค่าร้อยละของปั๊มปมที่เหลือบนเส้นใยน้อยกว่ารังไหมที่มีการตัดรังเมื่อเทียบกับอัตราการป้อนรังไหมเข้าสู่เครื่องเดียวกัน และรอบสางที่เท่ากัน และ ปั๊มปมจะมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราเร็วของการป้อนรังไหมเข้าเครื่องสาง จากการใช้การคำนวณทางสถิติด้วยโปรแกรม MiniTab 14 การหาค่า การพล็อตปัจจัยร่วมและปัจจัยหลัก (Mean Effect Plot และ Interaction Plot) อย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 พบว่า ทั้งการตัดและไม่ตัดรังไหมควรสางที่ 2 รอบต่อนาที และ จำนวนรอบสางคือ 3 เมื่อเทียบผลการหาร้อยละปั๊มปมที่อยู่บนเส้นใยซึ่งได้จากกระบวนการทางภาพเทียบกับวิธีการหาโดยการใช้น้ำหนัก พบว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกัน เพราะการหาด้วยการชั่งน้ำหนักเป็นการหาด้วยสายตาและจะประเมินความเป็นปั๊มเฉพาะปมที่เหลือเท่านั้น ในขณะที่กระบวนการทางภาพ ประเมินกลุ่มเส้นด้ายที่กระจุกตัวเป็นลักษณะของปม ทำให้มีค่าปมที่เหลือบนเส้นใยมากกว่าผล

ที่ได้จากการการหาปมและดึงออกมาซึ่งน้ำหนัก อย่างไรก็ตามแนวโน้มของร้อยละปมปมที่เหลือนบนเส้นใยมีแนวโน้มเดียวกันกับการประเมินผลทางภาพ และเมื่อนำค่าที่ได้ไปหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการเปิดรังไหมโดยพิจารณาปมปมที่เหลือนบนเส้นใย พบว่า รอบของการเปิดที่เหมาะสมคือทั้งการตัดและไม่ตัดรังไหมควรเปิดแผ่นรังไหมที่ความเร็วรอบของตัวป้อน 2 รอบต่อนาที และ จำนวนรอบเปิดซ้ำคือ 3 ครั้ง อย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับเส้นใยที่เปิดด้วยมือพบว่าเส้นใยที่เปิดด้วยเครื่องเปิดจะมีปมปมเหลือในเส้นใยในขณะที่เส้นใยที่เปิดด้วยมือไม่มีปมเหลือในเส้นใยเลย เมื่อจับเวลาอัตราการเปิดเส้นใยโดยป้อนต่อเนื่องกันแผ่นละ 50 กรัมเป็นเวลาหนึ่งชั่วโมง รวมเวลาลอกเส้นใยออกจากหัวเปิดพบว่า สำหรับการป้อนความเร็วรอบของตัวป้อน 2-5 รอบต่อนาที มีอัตราการเปิดเฉลี่ย 50 กรัม ใช้เวลา 1.5, 1.4, 1.3, 1.1, นาที รวมเวลาในการดึงออกประมาณ 1.5 นาที ต่อแผ่น หรือ 1000 กรัม ต่อชั่วโมง



ตาราง 7 ผลการทดลองหาร้อยละของปูมปมที่เหลืออยู่ในเส้นใย

Sample	Cut cocoon Percent of knots			Sample	Non cut cocoon ,Percent of knots		
	Lab.	Image processing	Weighting		Lab.	Image processing	Weighting
Cocoon sheet	98	98	98	Cocoon sheet	98	98	98
A21	3.55	3.28	4.02	B21	3.48	3.27	4.3
A22	3.22	3.10	4.16	B22	3.11	3.05	4.10
A23	3.20	3.00	3.94	B23	3.07	3.04	4.25
A31	3.76	3.35	4.65	B31	3.65	3.25	4.50
A32	3.49	3.22	4.98	B32	3.36	3.14	4.36
A33	3.47	3.17	4.23	B33	3.31	3.02	4.15
A41	3.84	3.47	5.32	B41	3.75	3.42	4.85
A42	3.54	3.35	5.21	B42	3.46	3.31	4.97
A43	3.36	3.25	5.05	B43	3.23	3.08	5.03
A51	4.55	4.26	6.32	B51	4.25	4.13	5.64
A52	4.42	4.09	6.21	B52	4.32	3.98	5.95
A53	4.36	3.87	6.07	B53	4.18	3.65	5.22
Manual	0	0	0	Manual	0	0	0

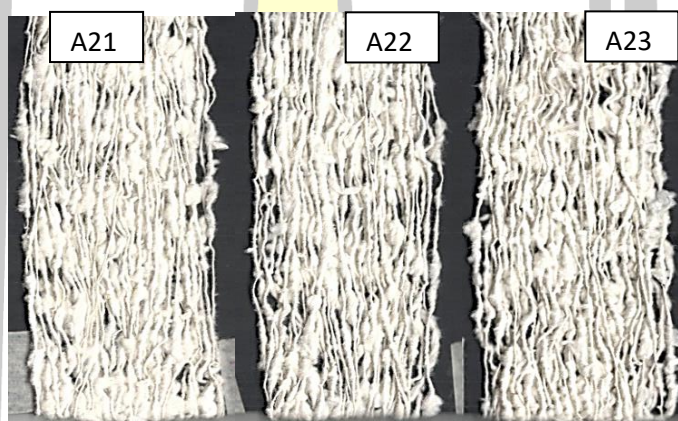


ภาพประกอบ 85 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่ของปมที่เหลืออยู่บนเส้นใย

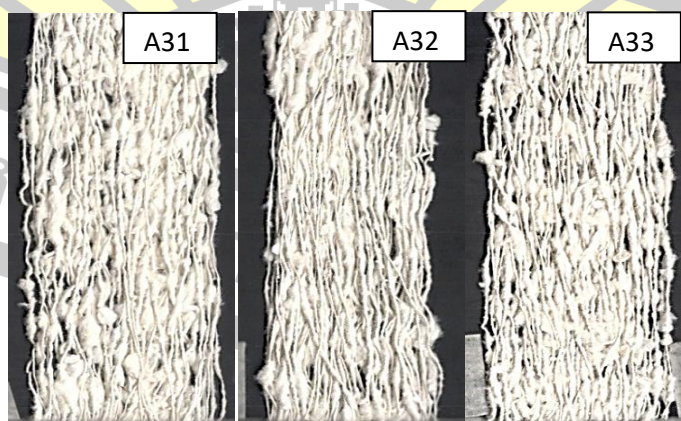
4.5 ผลการทดลองการหาค่าแรงดึงเส้นด้ายไหมอีรี่

ใช้เส้นใยที่ผลิตได้จากเครื่องสางเปรียบเทียบกับเส้นใยที่เปิดโดยใช้มือเปิดที่ละรัง ตัวอย่างเส้นใยมีทั้งแบบที่เตรียมรังไหมโดยการตัดรังไหมก่อนต้มลอกกาวและต้มรังไหมทั้งรัง และเป็นเส้นใยที่ได้จากการสางที่อัตราการปั่นต่างกันและรอบที่ต่างกัน การปั่นใช้เครื่องเมตาลีจักรา ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งคือใยไหม 50 กรัม ทดลองจับเวลาที่ใช้ในการทำเส้นด้ายเพื่อหาอัตราการปั่นเส้นด้ายต่อชั่วโมง ร้อยละน้ำหนักของเส้นด้ายที่ได้จากการปั่น ทดลองโดยปั่นตัวอย่างละสามซ้ำ กำหนดให้ใช้คนปั่นคนเดียวตลอดการทดลอง เส้นด้ายที่ได้จากการปั่นนี้นำไปทดสอบแรงดึง เบอร์ด้ายและความสม่ำเสมอของเส้นด้าย การทดสอบแรงดึงทำได้โดยใช้เครื่องดึง Tensile Test NRI-TS 500 2S ขนาด 5 กิโลนิวตัน (KN) เครื่องดึงรุ่นนี้ผลิตภายใต้มาตรฐานของ JIS B 7721 ISO 7500-1 เพื่อเก็บข้อมูลแรงดึงและระยะยืดของเส้นด้าย ขั้นตอนการทดลองคือ ตัดเส้นด้ายที่ทอได้งานวิจัย โดยตัดแบบสุ่มให้ทั่ว แต่ละเส้นมีความยาว 20 เซนติเมตร และเข้าเครื่องดึงจำนวน 30 เส้นต่อหนึ่งตัวอย่าง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของแรงดึงในตัวอย่างนั้น จากนั้นใช้วิธีทางสถิติพิจารณาปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมที่มีผลต่อแรงดึง ภาพประกอบ 86 ถึง 93 แสดงเส้นด้ายที่ปั่นได้โดยใช้เครื่องปั่นที่ผลิตขึ้นใน

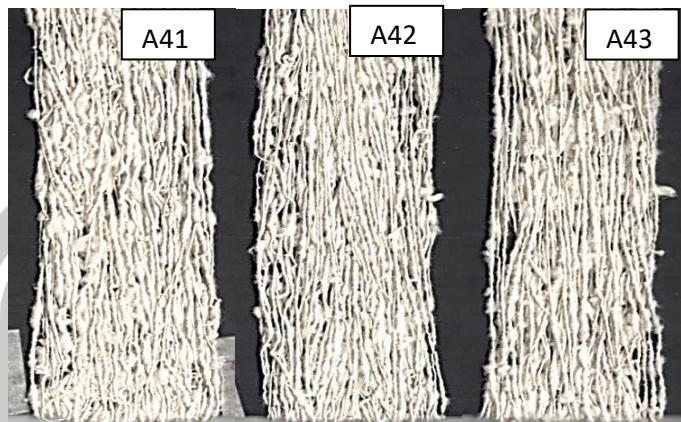
งานวิจัย โดยภาพประกอบ 86-89 เป็นภาพของเส้นใยที่เกิดจากการเตรียมรังไหมโดยการตัดรังตามยาวก่อนต้มลอกกาบ และภาพประกอบ 90-93 เป็นภาพของเส้นใยที่ได้จากการต้มรังไหมทั้งรัง แต่ละภาพประกอบจะมี 3 ภาพย่อย ตำแหน่งด้านซ้ายมือสุดหมายถึงเส้นด้ายที่เกิดจากการสาว 1 รอบ ภาพตรงกลางและภาพขวาสุดคือ เส้นด้ายที่เกิดจากเส้นใยที่ถูกเปิดสองรอบและสามรอบตามลำดับ ภาพประกอบ 94 เป็นภาพการทดลองขณะใช้เครื่อง Tensile Test NRI-TS 500 2S ทดสอบแรงดึงตัวอย่างเส้นด้าย และภาพประกอบ 95 –97 เป็นตัวอย่างกราฟที่ได้จากการทดสอบแรงดึงของเส้นด้ายแบบไม่ตัดรังในอัตราการป้อนเข้าเครื่องเปิด 5 รอบต่อนาทีของลูกกลิ้งป้อน เมื่อแกนนอนคือระยะดึง (Stroke) หน่วยเซนติเมตร แกนตั้งคือแรง หน่วยนิวตัน ภาพประกอบ 95 ใช้ตัวอย่างเส้นด้ายที่เกิดจากเส้นใยที่ถูกป้อนเข้าเครื่องสาว 1 รอบ ในขณะที่ภาพประกอบ 96 และ 97 เป็นกราฟผลการทดสอบแรงดึงของตัวอย่างเส้นด้ายที่เกิดจากเส้นใยที่ถูกป้อนเข้าเครื่องเปิด 2 และ 3 รอบ ตามลำดับ ผลการทดสอบอัตราการปั่นแสดงดังตารางที่ 7 และ ผลของการทดสอบแรงดึงแสดงดังตารางที่ 8



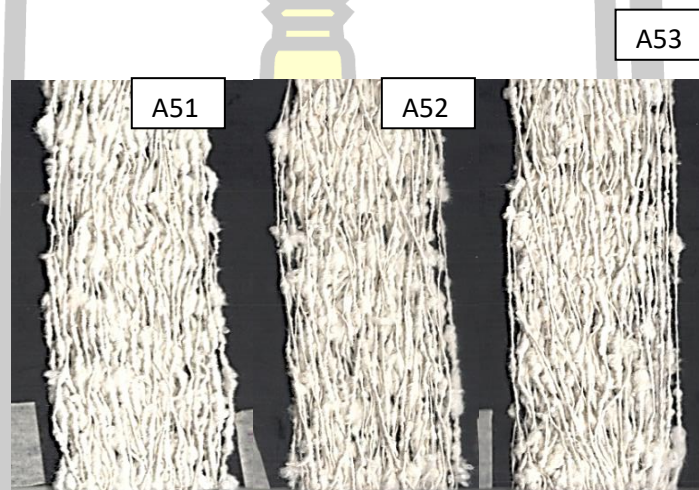
ภาพประกอบ 86 เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ถูกตัดก่อนต้มลอกกาบ ป้อน 2 รอบต่อนาที



ภาพประกอบ 87 เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ถูกตัดก่อนต้มลอกกาบ ป้อน 3 รอบต่อนาที



ภาพประกอบ 88 เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ถูกตัดก่อนต้มลอกกาว ป้อน 4 รอบต่อนาที



ภาพประกอบ 89 เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ถูกตัดก่อนต้มลอกกาว ป้อน 5 รอบต่อนาที



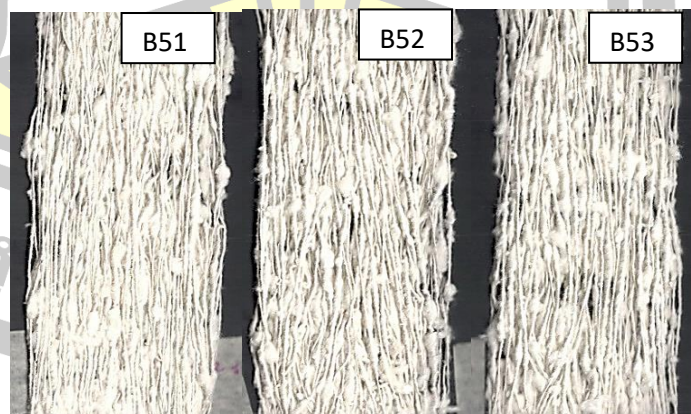
ภาพประกอบ 90 เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ไม่ถูกตัดก่อนต้มลอกกาว ป้อน 2 รอบต่อนาที



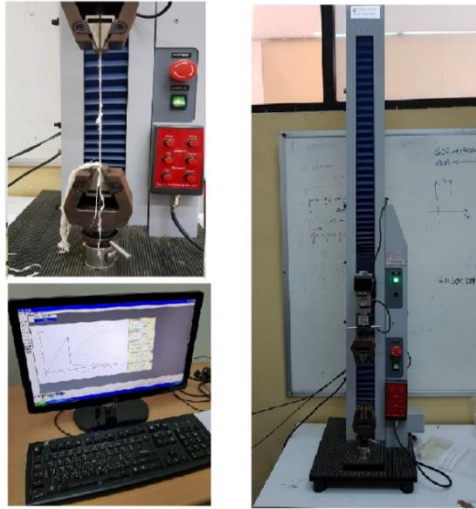
ภาพประกอบ 91 เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ไม่ถูกตัดก่อนต้มลอกกว ป้อน 3 รอบต่อนาที



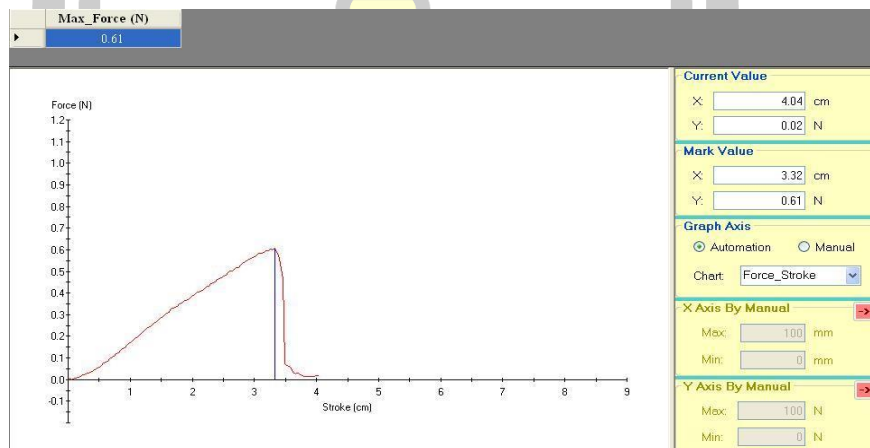
ภาพประกอบ 92 เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ไม่ถูกตัดก่อนต้มลอกกว ป้อน 4 รอบต่อนาที



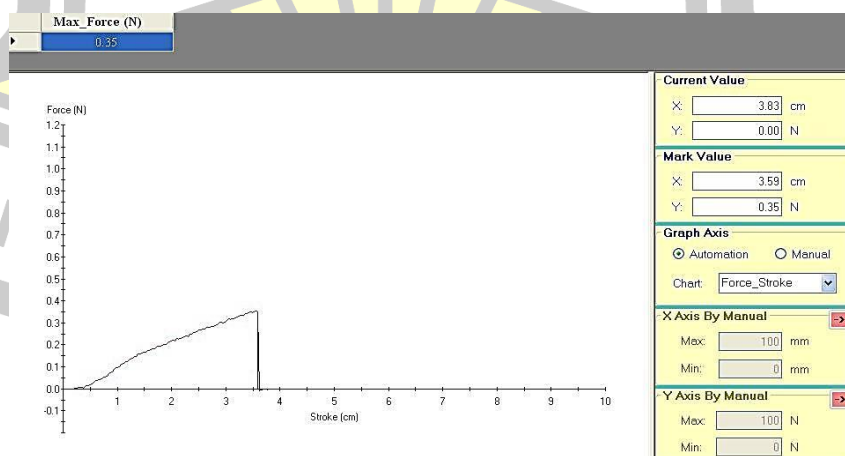
ภาพประกอบ 93 เส้นด้ายปั่นจากรังไหมที่ไม่ถูกตัดก่อนต้มลอกกว ป้อน 5 รอบต่อนาที



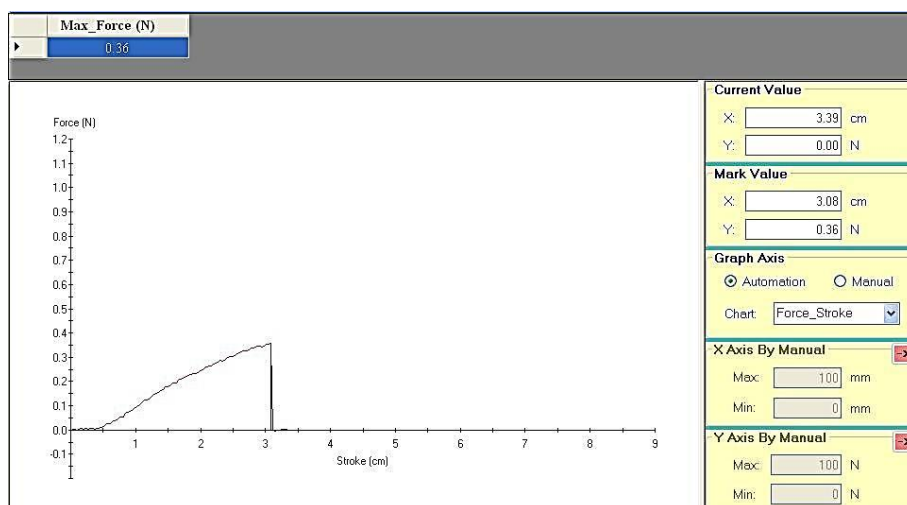
ภาพประกอบ 94 การทดลองหาแรงดึงโดยใช้เครื่อง Tensile Test NRI-TS 500 2S



ภาพประกอบ 95 กราฟที่ได้จากการทดสอบแรงดึงของเส้นด้าย A21



ภาพประกอบ 96 กราฟที่ได้จากการทดสอบแรงดึงของเส้นด้าย A22



ภาพประกอบ 97 กราฟที่ได้จากการทดสอบแรงดึงของเส้นด้าย A23

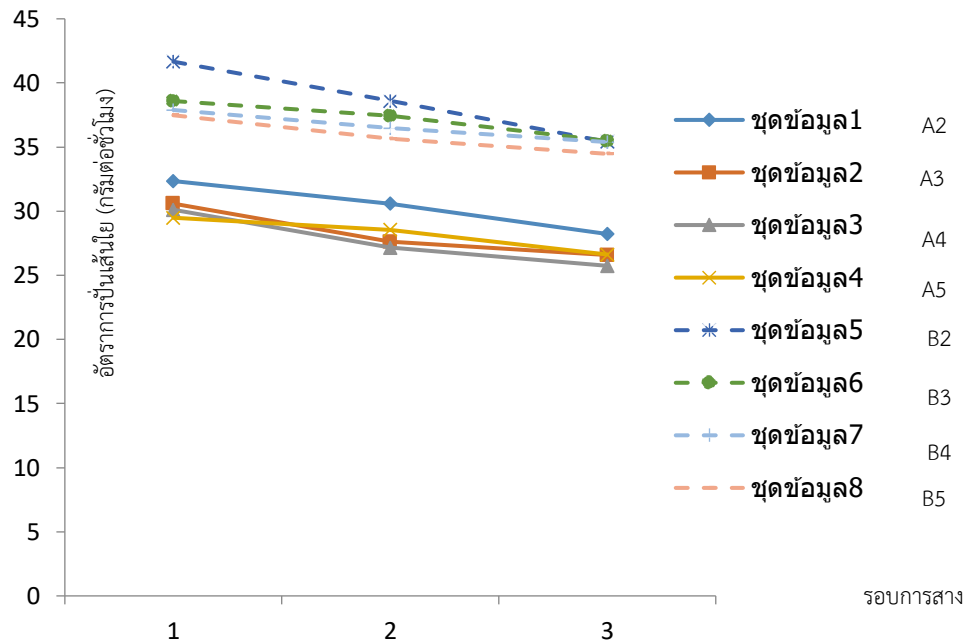
จากผลการปั่นไหมอีรีที่แสดงในตารางที่ 7 เส้นใยที่ได้จากเครื่องเปิดที่มีอัตราการป้อนเพิ่มขึ้น อัตราในการปั่นจะลดลง ในกรณีที่เส้นใยที่มีอัตราการป้อนเดียวกัน เส้นใยที่ถูกเปิดหลายครั้ง จะมีอัตราการปั่นลดลง เนื่องจาก เส้นใยที่มีการเปิดดีเป็นระเบียบกว่าการขึ้นเส้นด้ายจะทำให้ได้ง่ายกว่า ในขณะที่เดียวกันรอบการเปิดที่มากขึ้น จะมีเส้นใยที่มีเส้นสั้นมากขึ้นทำให้การต่อเส้นใยทำได้ช้ากว่า เส้นใยที่มีเส้นใยยาวที่สามารถเกี่ยวพันกันเป็นเส้นได้ง่ายกว่า อัตราการปั่นที่ดีที่สุดคือ โดยคิดปัจจัยหลักและปัจจัยรองคือ อัตราการปั่นเฉลี่ยต่อชั่วโมงและ ร้อยละน้ำหนักของเส้นด้ายที่ปั่นได้เมื่อเทียบกับเส้นใยที่เตรียมไว้ คือ เส้นใยที่ได้จากการป้อน 3 รอบต่อนาที เปิด 1 รอบ ซึ่งมีนัยสำคัญ ค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 การปั่นเส้นด้ายจากเส้นใยที่ผลิตจากเครื่องเปิดมีความใกล้เคียงกับการปั่นเส้นด้ายที่ได้จากการยี่ด้วยมือ เพื่อที่จะแสดงแนวโน้มของอัตราการปั่นเส้นด้ายในแต่ละเงื่อนไขให้เห็นชัดเจน จึงได้พล็อตเป็นกราฟแสดงดังภาพประกอบ 98 จากตาราง 8 เมื่อนำเส้นด้ายตัวอย่างจำนวนตัวอย่างละ 30 เส้นไปหาแรงดึงพบว่าค่าเฉลี่ยของการทนแรงดึงที่มากที่สุดคือ เส้นด้ายที่ปั่นจากเส้นใยที่มีความเร็วในการเปิดต่ำที่สุดคือ 2 รอบต่อนาที และผ่านการเปิด 1 รอบ และ จำนวนครั้งของการเปิดที่มากขึ้นทำให้ค่าทนแรงดึงต่ำลงเล็กน้อย เนื่องจากมีเส้นใยที่สั้นกว่าเกาะเกี่ยวกันได้ แข็งแรงน้อยกว่า แนวโน้มของความต้านทานแรงดึงในเส้นด้ายสามารถแสดงเป็นกราฟดังภาพประกอบ 99

ตาราง 8 Rate of yarn spinning

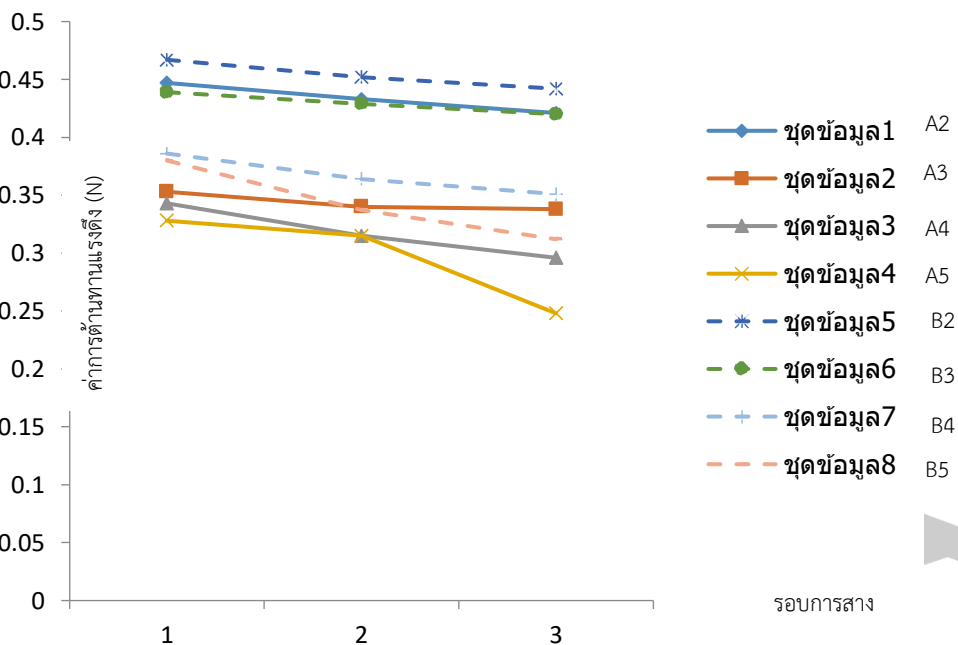
Sample	Cut cocoon			Sample	Non cut cocoon		
	Average of spinning rate (grams/hour)	Weight of yarn (grams)	Percent of yarn		Average of spinning rate (grams/hour)	Weight of yarn (grams)	Percent of yarn
A21	32.35	50	100.000	B21	41.66	43.3	86.600
A22	30.58	50	100.000	B22	38.59	50.88	100.000
A23	28.22	50	100.000	B23	35.41	50.03	100.000
A31	30.59	46.9	93.800	B31	38.59	46.55	93.10
A32	27.61	50	100.000	B32	37.42	49.4	98.80
A33	26.58	48.25	96.500	B33	35.48	50.00	100.00
A41	30.11	49.64	99.280	B41	37.89	45.92	91.84
A42	27.15	48.14	96.280	B42	36.48	49.77	99.54

ตาราง 9 Results of tensile test

Speed of feeder (rpm)	Repeat opening time	Average of tensile force (N)	
		Cut cocoon	Non cut cocoon
2	1	0.447	0.467
	2	0.433	0.452
	3	0.421	0.442
3	1	0.353	0.439
	2	0.340	0.429
	3	0.338	0.420
4	1	0.343	0.386
	2	0.315	0.364
	3	0.296	0.351
5	1	0.328	0.380
	2	0.315	0.337
	3	0.248	0.312
Yarn from manually open		0.228	0.355



ภาพประกอบ 98 อัตราการปั่นเส้นด้ายในเงื่อนไขต่างๆ



ภาพประกอบ 99 ค่าความต้านทานแรงดึงของเส้นด้ายที่ผลิตในเงื่อนไขต่างๆ

ในการปั่นเส้นด้ายมีการทดสอบค่าความสม่ำเสมอของเส้นด้าย ใช้หลักการของการทดสอบเส้นใยปั่น โดยการพันเส้นด้ายเข้ากับแผ่นกระดาษสีดำขนาดกว้าง 21.5 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร แล้ว ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Leica, LM750, GermBny) ถ่ายภาพซึ่งมีความละเอียด คิดเป็นความกว้าง 900 และความยาว 2386 พิกเซล ในการนับจำนวนปุ่มปม

อาศัยโปรแกรม Leica 4.8 ตามมาตรฐานการตรวจสอบเส้นด้ายแบบปั่นต้องตรวจตัวอย่างละ 5 ซ้ำ เป็นต้นไป นอกจากนั้น ยังได้พัฒนาอัลกอริธึมเพื่อหาจำนวนปุ่มปมเทียบกับโปรแกรม Leica 4.8 โดยพัฒนาบน MatLab 2015 อัลกอริธึมมีดังนี้

```

close all
clear
clc
I = imread('A31_1.jpg');           %อ่านภาพเข้ามา
figure, imshow(I);                %แสดงภาพของไฟล์ที่ชื่อว่า A31_1
g = rgb2gray(I);                  %แปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว-ดำ
figure, imshow(g);
f0 = g>100;                        %ให้ภาพประกอบมีความเข้มแสงมากกว่า 100 แสดง
figure, imshow(f0);

se = strel('disk', 6);             %กำหนดโครงสร้างลักษณะ disk ขนาดรัศมี 6
f3=imerode(f0,se);                %กำจัดส่วนที่เป็นส่วนเล็กๆ ตามการกำหนดตาม se
figure, imshow(f3);
[L, No] = bwlabel(f3,8);          %กำหนดโครงสร้างของการนับ 8-connected ในภาพ f3
gdata = regionprops(L,'area','Centroid'); %หาพื้นที่ของแต่ละวัตถุในสมาชิกของ L ที่มีหน่วยเป็น
pixel
idx = find([gdata.Area]>650) ;    %แสดงในส่วนที่เป็นพื้นที่ของ gdata ที่มากกว่า 650 pixel
bw4 = ismember(L,idx);            %การตรวจสอบความเป็นสมาชิกของภาพทั้งต้น(L)และ
                                  ภาพในส่วนของ(idx)
figure, imshow(bw4);

[L, num]=bwlabel(bw4);            %นับจำนวนของวัตถุในภาพ bw4
for k = 1:num
    [r, c] = find(L == k);        %รันเท่าจำนวน num ที่เก็บจำนวนสมาชิกของวัตถุในภาพ
    rbar = mean(r);               %ค่าเฉลี่ยของตัวแปร r
    cbar = mean(c);               %ค่าเฉลี่ยของตัวแปร c

```

```
text(cbar,rbar,num2str(k),'Color',[1,0,0]); %แสดงผลของจำนวนของวัตถุทั้งหมดที่เก็บในตัว
                                           แปร k ใน ตำแหน่งตรงกลางด้วยสีแดง
```

```
end
```

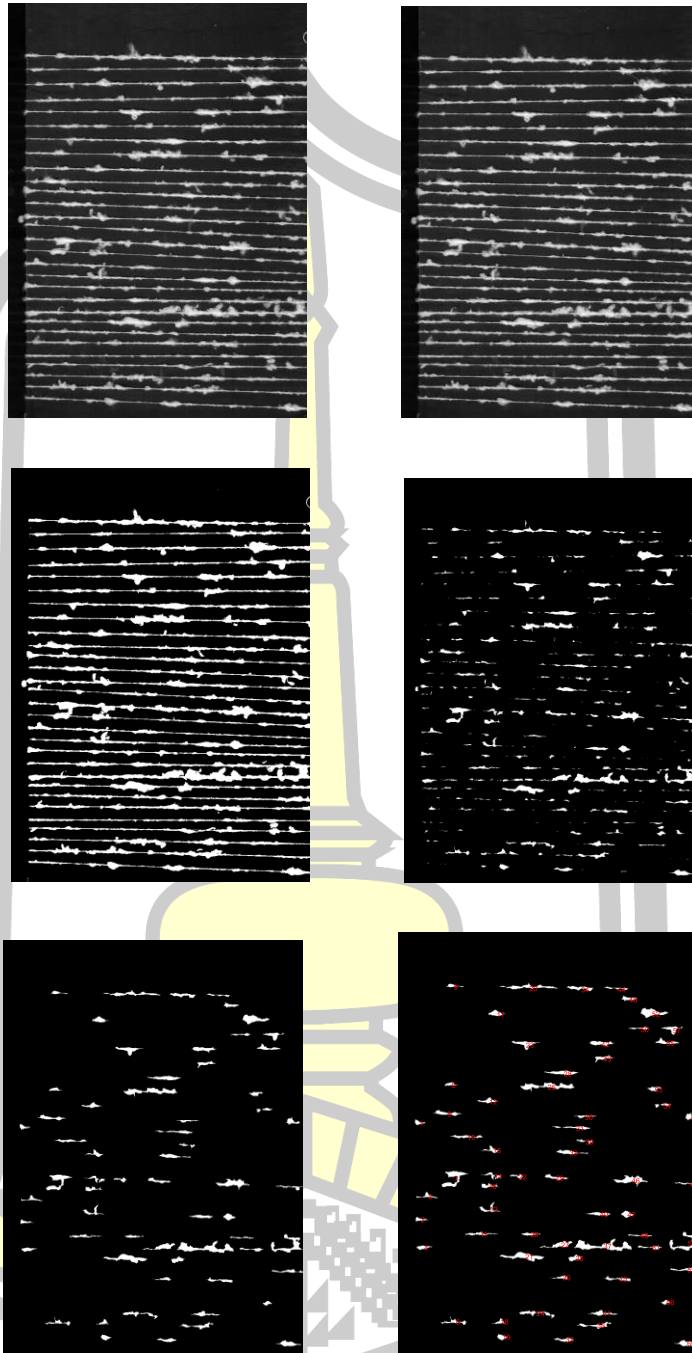
```
a=text(10,10,strcat('No:',num2str(length(idx))));
```

```
%แสดงข้อความจำนวนของวัตถุที่ตำแหน่ง คอลัมน์
ที่ 10 แถวที่ 10
```

```
set(a,'FontSize',28,'Color','red'); %ตั้งค่าขนาด สี ตัวอักษร
```

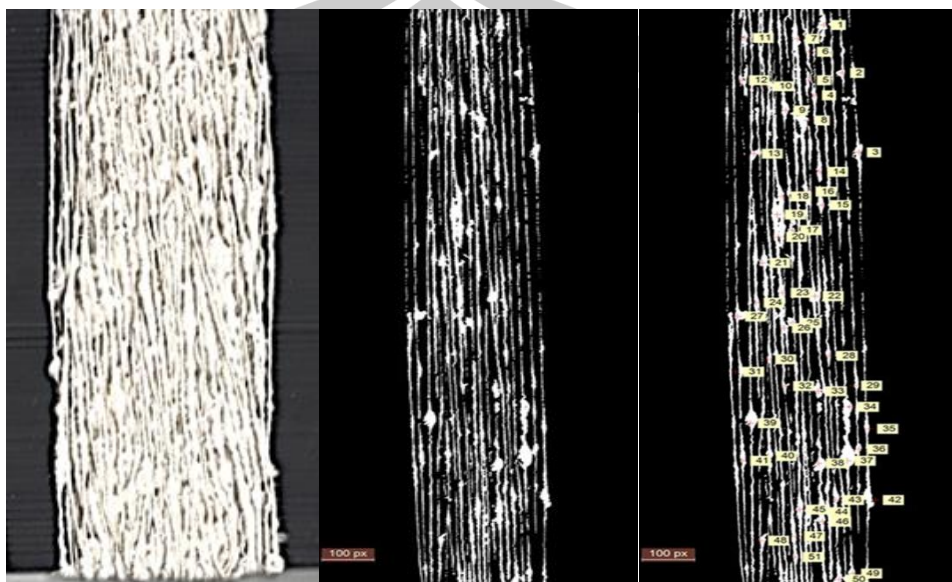
ผลการรันโปรแกรมกระบวนการทางภาพเพื่อหาค่าปุ่มปมบนเส้นด้ายแสดงดังภาพประกอบ 100 โดยจะเห็นว่า ในภาพประกอบเริ่มต้นที่ภาพประกอบดั้งเข้ามา ภาพต่อมาคือการปรับเป็นภาพขาวดำและต่อมาแสดงภาพประกอบเป็นภาพขาวดำ โดยแสดงสีขาวตรงที่มีความเข้มแสงเกิน 200 ต่อมาคือรูปแสดงผลการกำหนดการลบเส้นขนาดเล็กหรือเส้นที่ติดกันโดยใช้วิธีโครงสร้างที่เป็นวงกลมรัศมีขนาด 6 พิกเซล ภาพต่อมาเป็นผลของการให้แสดงในส่วนที่เป็นพื้นที่ของ gdata ที่มากกว่า 650 pixel จากนั้นเป็นผลการนับจำนวนของวัตถุในภาพ โดยใช้คำสั่ง bw4





ภาพประกอบ 100 ผลการรันโปรแกรมกระบวนการทางภาพเพื่อหาค่าปุ่มปมบนเส้นด้าย

ผลการใช้โปรแกรม Lieca 48 ได้ผลแสดงดังภาพประกอบ 4.52 โดยผู้ใช้เป็นคนพิจารณาว่า ตรงไหน เป็นปมแล้วคลิกเลือก เพื่อนับจำนวนปม



ภาพประกอบ 101 ผลการรันโปรแกรมกระบวนการทางภาพเพื่อหาค่าปมปมบนเส้นด้าย

นอกจากนั้นยังคำนวณหาเบอร์ด้ายตามระบบ Cotton Count และ Metric Count ซึ่งรายละเอียด การคำนวณแสดงไว้ในบทที่ 2 ผลของการวัดค่าความสม่ำเสมอและการคำนวณเบอร์เส้นด้ายแสดงไว้ ในตารางที่ 10 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า จำนวนรอบการสางเพิ่มขึ้น ความสม่ำเสมอมากขึ้น เส้นด้ายที่ ได้จากเส้นใยที่สางด้วยอัตราการป้อนที่มากขึ้น มีแนวโน้มให้ความสม่ำเสมอเพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ ทางสถิติด้วยวิธีปัจจัยหลักและปัจจัยรอง โดยที่มีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า เส้นด้ายจะมี ความสม่ำเสมอดีที่สุดเมื่อสางเส้นใยด้วยความเร็วรอบการป้อน 3 รอบต่อนาที และสางหนึ่งรอบ และ เส้นใยที่ได้จากรังไหมที่ไม่ตัดตรงจะให้ความสม่ำเสมอดีกว่าเส้นใยที่ได้จากการตัดตรงก่อนต้ม จากการ คำนวณเบอร์ด้ายในระบบ Cotton Count พบว่า เส้นด้ายที่ปั่นได้เป็นเส้นด้ายที่มีขนาดใหญ่ และเส้น ใยที่สางหลายรอบจะมีขนาดเส้นด้ายที่ใหญ่กว่าเส้นด้ายที่สางรอบเดียว นอกจากนี้เส้นด้ายที่ได้จาก การเส้นใยที่เตรียมด้วยการย้อมก็มีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกับเส้นใยที่ได้จากเครื่อง

ตาราง 10 ผลการวัดความสม่ำเสมอและเบอร์ของเส้นด้าย

Feeder speed (rpm)	Repeat opening time	Cut cocoon			Non cut cocoon		
		Metric Count	Number of knot (Lieca48)	Number of knot (Image processing)	Metric Count	Number of knot (Lieca48)	Number of knot (Image processing)
2	1	3.009	152	154	3.723	103.2	112
	2	2.201	141.4	149	2.653	93.6	101
	3	2.306	121.8	122	2.561	89	89
3	1	3.877	119.8	119	4.339	86.6	72
	2	2.830	105.6	119	2.993	87.5	89
	3	2.846	78.6	69	3.019	99	105
4	1	3.066	66.6	73	4.303	86.6	95
	2	4.034	71.4	69	3.024	83.5	88
	3	3.184	57.2	58	2.808	82	82
5	1	2.745	109.8	119	3.765	70.2	74
	2	2.681	76.8	71	3.321	62	68
	3	2.888	72.6	79	2.647	76	80
Yarn from manually opening		5.7	150.2	165	5.8	153	155
Yarn spun from sliver by factory		3.88	75	78	-	-	-

จากผลการดำเนินงานวิจัยการพัฒนาเครื่องเปิด โดยมีการทดลองเปิดใยไหมในกรณีที่ตั้งเครื่องก่อนต้ม ลอกกาวเทียบกับต้มลอกกาวทั้งรัง นอกจากนั้นยังนำเส้นใยที่ผลิตจากเงื่อนไขต่างๆ คือ การปรับ ความเร็วของหัวปั่นรังไหมและความเร็วของหนามเปิด เพื่อหาว่าพารามิเตอร์ใดที่เหมาะสมหรือทำให้ เปิดรังไหมได้เส้นใยที่กระจายตัวมากที่สุด โดยผลของการเปิดใยพิจารณาได้จากค่าปมปมที่ยังเหลือ บนเส้นใย โดยใช้กระบวนการทางภาพวิเคราะห์ จากการใช้วิธีทางสถิติ ปัจจัยหลักและปัจจัยอื่น วิเคราะห์พบว่า ที่อัตราการปั่นรังไหมที่ต่ำ (157 มิลลิเมตรต่อนาที) และ มีการเปิดซ้ำจำนวนสาม รอบ ทำให้สามารถเปิดเส้นใยได้กระจายตัวมากที่สุดคือ ไม่มีปมปมเหลือในเส้นใย จากการวิเคราะห์ คุณภาพเส้นด้ายโดยหาค่าความต้านทานแรงดึง ความสม่ำเสมอของเส้นด้าย พบว่า เส้นด้ายที่เกิดจาก เส้นใยที่ได้จากการเปิดในอัตราการปั่น 471 มิลลิเมตรต่อนาที และมีค่าความสม่ำเสมอสูง คือมีปม ปมเพียงแค่ 25 ปมเมื่อมีความยาวเส้นด้าย 1 กิโลเมตร

4.6 ผลการทดลองการสาวรังไหม

ปัจจัยที่มีผลต่อการสาวใยไหมคือ แผ่นใยไหมที่นำมาป้อนมาการเปิดหรือเป็นแผ่นรังไหมที่ ผ่านการต้มลอกกาว นอกจากนั้นยังมีความเร็วของการปั่นใยไหมเข้าเครื่อง ความเร็วของหัวสาว ขันตอนการเตรียมรังไหมสามขั้นตอน การต้มลอกกาวจะนำไปเปิดรังไหมโดยเครื่องเปิดรังไหม โดย เปิดที่อัตราความเร็วการปั่นรังไหม 0.235 เมตรต่อนาทีหรือ ความเร็วรอบของหัวปั่น 2 รอบต่อ นาทีและสาวซ้ำสามรอบ แผ่นเส้นใยที่ถูกเปิดรังแล้วจะนำมาเข้าเครื่องสาวรังไหมอีกครั้งหนึ่ง การ ทดลองเครื่องสาวรังไหมจะมีดังนี้

1. ทดลองปรับเปลี่ยนอัตราความเร็วการปั่นรังไหมเปิดเข้าเครื่องสาว เป็น 1.57, 1.895, 2.35, 2.76 เมตรต่อนาที (2,2.5,3.3.5 รอบต่อนาที) โดยให้ตัวแปรที่ควบคุมคือ ความเร็วของหนาม สาวอยู่ที่ประมาณ 3271.428 เมตรต่อนาที (229 รอบต่อนาที) , อัตราเร็วของชุดม้วน คือ 6.2 ต่อนาที หรือ 19.48 เมตรต่อนาที น้ำหนักของแผ่นรังไหมที่เปิดรังแล้วใช้ในการทดลองแต่ละครั้งคือ 50 กรัม และเตรียมแผ่นรังไหมให้อยู่ในสภาพป้อนที่มีขนาดแผ่นกว้าง 0.5 เมตร โดยทดลองซ้ำเป็น จำนวน 3 ครั้ง

2. ทดลองปรับเปลี่ยนความเร็วของหนามสาวอยู่ที่ 112.13 , 1856.4, 2399.04, 2813.16 เมตรต่อนาที (หรือ 98, 130, 163, 197 รอบต่อนาที) โดยให้ตัวแปรที่ควบคุมคือ อัตราความเร็วการ ปั่นรังไหมเปิดเข้าเครื่องสาว เป็น 1.895 เมตรต่อนาที (2.5 รอบต่อนาที) น้ำหนักของแผ่นรังไหมที่ เปิดรังแล้วใช้ในการทดลองแต่ละครั้งคือ 50 กรัม และเตรียมแผ่นรังไหมให้อยู่ในสภาพป้อนที่มีขนาด แผ่นกว้าง 0.5 เมตร โดยทดลองซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง

3. ผลการทดลองจากการสร้างเส้นใยที่ได้จาก ข้อ 1 และ 2 ไปตรวจสอบข้อมูลการเกิดปมของเส้นใย โดยใช้กระบวนการทางภาพ โดยตัวอย่างหนึ่งใช้ภาพจำนวน 30 ภาพ เพื่อหาค่าเฉลี่ยของพื้นที่การเกิดปมและคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของปมที่เหลืออยู่ในรังไหม

4. นำเส้นใยที่ได้จากการทดลองปั่นขึ้นเส้นด้าย นำเส้นด้ายที่ได้ไปทดสอบหาแรงดึง ความสม่ำเสมอของเส้นด้าย

5. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ร้อยละของปม ค่าแรงดึง กับ ความสม่ำเสมอกับเปรียบเทียบกับเส้นไหมอีรีที่ได้จากการย้อมและปั่นด้วยมือที่ผลิตโดยกลุ่มแม่บ้านผู้ผลิตเส้นไหมบ้านโนนศิลา อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดขอนแก่น

การให้ชื่อตัวอย่างในการทดลองเป็นดังตารางที่ 11 ความหมายของชื่อสามารถยกตัวอย่างเช่น CF1 คือ CF หมายถึงตัวอย่างคือแผ่นรังไหมที่นำมาทดลองสาง และทดลองโดยปรับความเร็วรอบของตัวป้อน หมายเลข 1 คือ ความเร็วรอบตัวป้อนคือ 1 รอบต่อนาที

OF1 หมายถึง ตัวอย่างคือแผ่นใยไหมที่ผ่านการเปิดแล้วนำมาทดลองสาง และทดลองโดยปรับความเร็วรอบของตัวป้อน หมายเลข 1 คือ ความเร็วรอบตัวป้อนคือ 1 รอบต่อนาที

CC98 หมายถึงตัวอย่างคือแผ่นรังไหม ที่ทดลองสางโดยปรับความเร็วรอบของตัวสาง หมายเลข 98 คือ ความเร็วรอบตัวป้อนคือ 98 รอบต่อนาที

OC98 หมายถึงตัวอย่างคือแผ่นใยไหมที่เปิดรังแล้วนำมาทดลองสาง และทดลองโดยปรับความเร็วรอบของตัวสาง หมายเลข 98 คือ ความเร็วรอบตัวป้อนคือ 98 รอบต่อนาที

ภาพประกอบ 101 แสดงภาพตัวอย่างการทำงานการสร้างเส้นใยของเครื่อง และภาพประกอบ 102 ของเส้นใยที่เกิดจากการสางแผ่นรังไหม ภาพประกอบ 103 ถึง 104 เป็นเส้นใยที่ได้จากการสางแผ่นรังไหมและสางแผ่นใยไหม ภาพประกอบ 105 ถึง 108 เป็นภาพตัวอย่างที่ได้จากการสแกนเส้นใยของการสร้างรังไหมและสางใยไหม และผลการใช้กระบวนการทางภาพหาพื้นที่ที่เป็นปม โดยภาพด้านซ้ายเป็นภาพสแกนและภาพด้านขวาเป็นภาพผลการหาพื้นที่ปมบนภาพ ผลของร้อยละค่าเฉลี่ยปมบนเส้นใยที่สางได้แสดงในตารางที่ 12 -13

พูนุ ปณุกิตโต ชีวะ

ตาราง 11 Name of sample in experiments

Feeder speed (rpm)	Cocoon sheet	Fiber sheet from opening	carding speed (rpm)	Cocoon sheet	Fiber sheet from opening
	Sample	Sample		Sample	Sample
2	CF2	OF2	98	CC98	OC98
2.5	CF2.5	OF2.5	130	CC130	OC130
3	CF3	OF3	163	CC163	OC163
3.5	CF3.5	OF3.5	168	CC168	OC168



ภาพประกอบ 102 ตัวอย่างการทำงานการสาวเส้นใยของเครื่อง

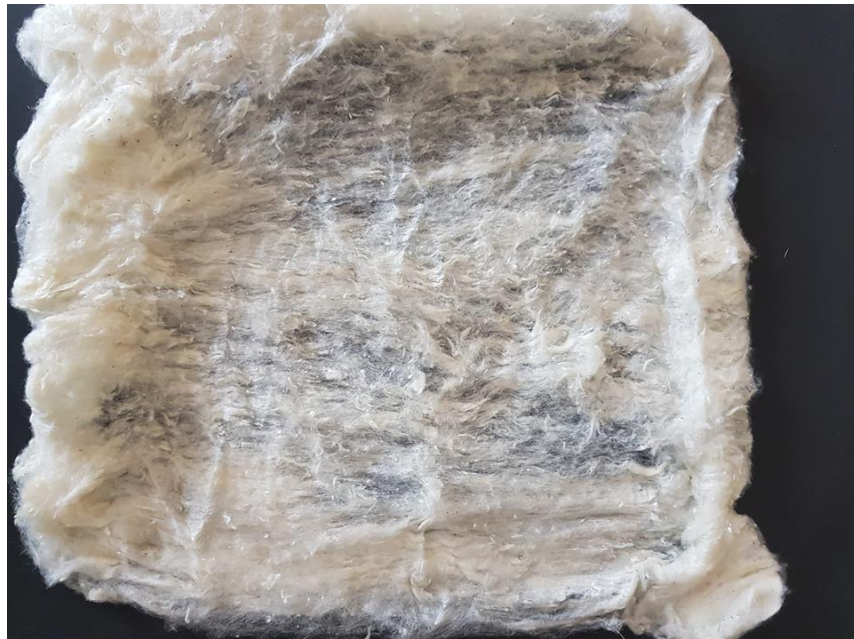


ภาพประกอบ 103 ของเส้นใยที่เกิดจากการสาว

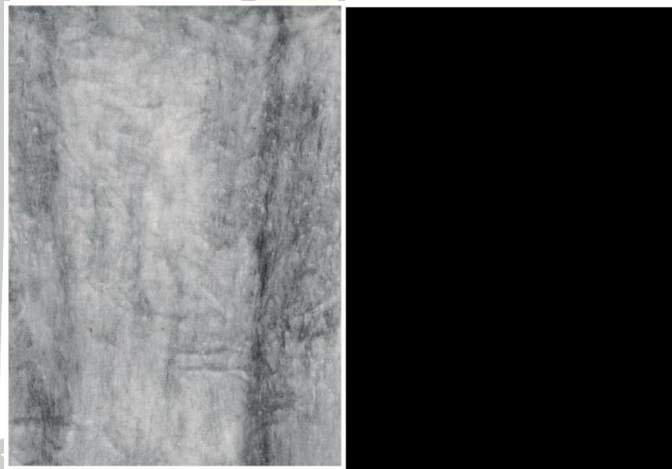


ภาพประกอบ 104 เส้นใยที่เกิดจากการสาวแผ่นรังไหม

พหุพันธ์ ปณฺ ทิโต ชีเว

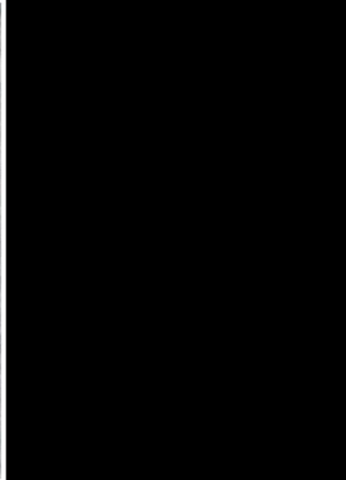


ภาพประกอบ 105 เส้นใยที่เกิดจากการสานแผ่นใยไหม



ภาพประกอบ 106 ผลการสแกนเส้นใยของการสานรังไหม CF2





ภาพประกอบ 107 ผลการสแกนเส้นใยของการสร้างไหม OF2



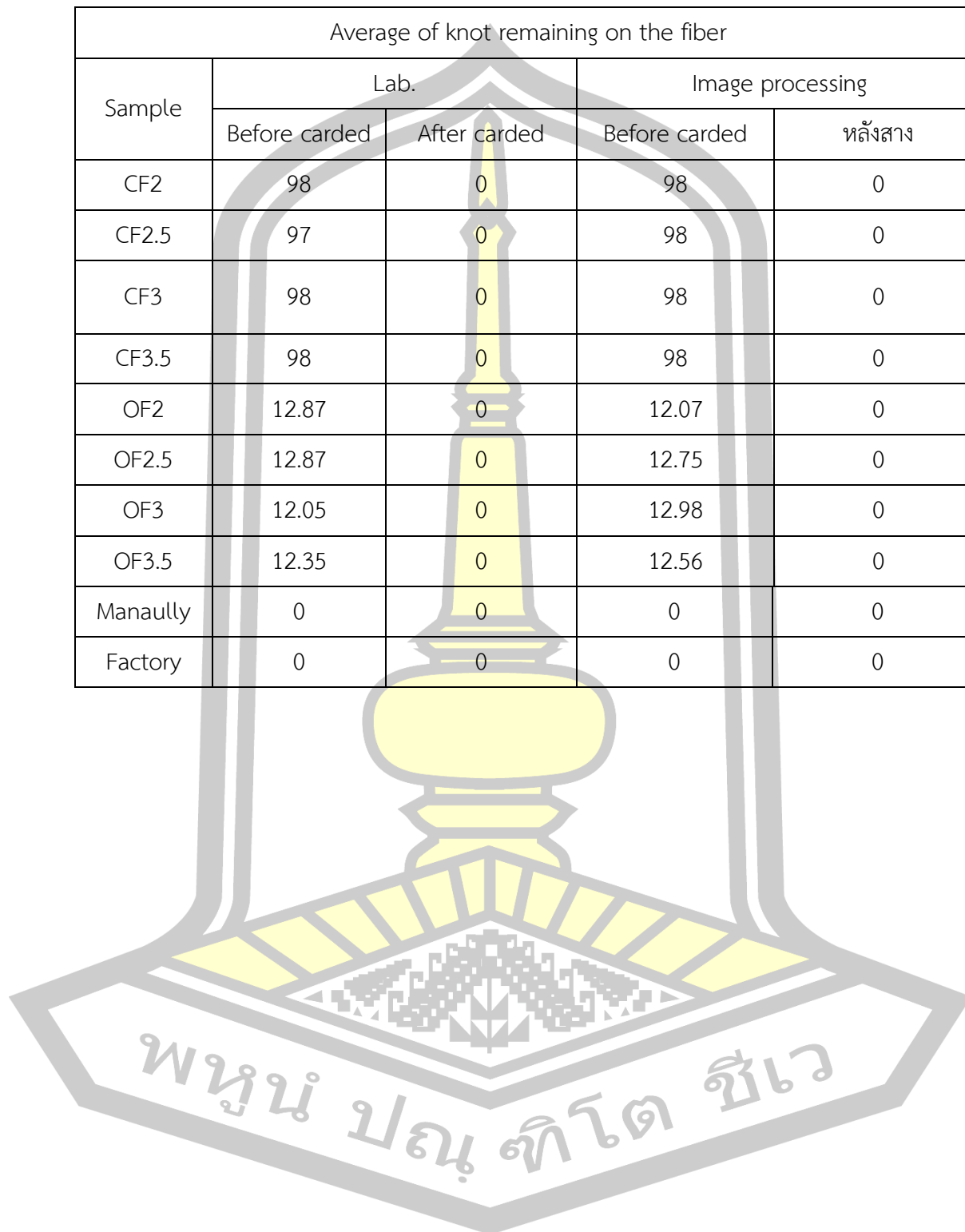
ภาพประกอบ 108 ผลการสแกนเส้นใยของการสร้างไหม CC98



ภาพประกอบ 109 ผลการสแกนเส้นใยของการสร้างไหม OC98

ตาราง 12 Average of knot remaining on the fiber when varied speed of feeder

Average of knot remaining on the fiber				
Sample	Lab.		Image processing	
	Before carded	After carded	Before carded	หลังสาง
CF2	98	0	98	0
CF2.5	97	0	98	0
CF3	98	0	98	0
CF3.5	98	0	98	0
OF2	12.87	0	12.07	0
OF2.5	12.87	0	12.75	0
OF3	12.05	0	12.98	0
OF3.5	12.35	0	12.56	0
Manually	0	0	0	0
Factory	0	0	0	0

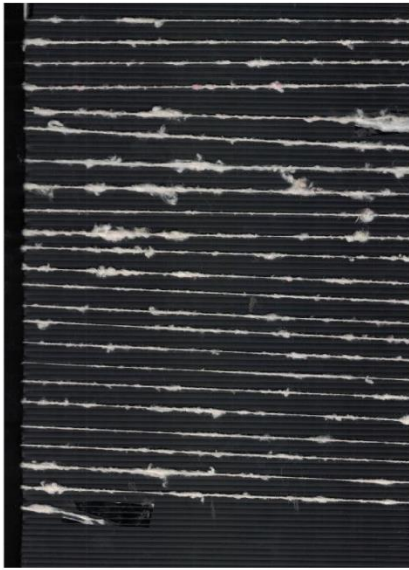


ตาราง 13 Average of knot remaining on the fiber when varied speed of carding head

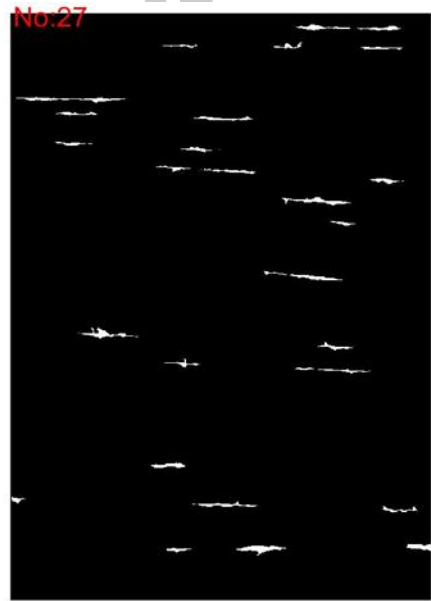
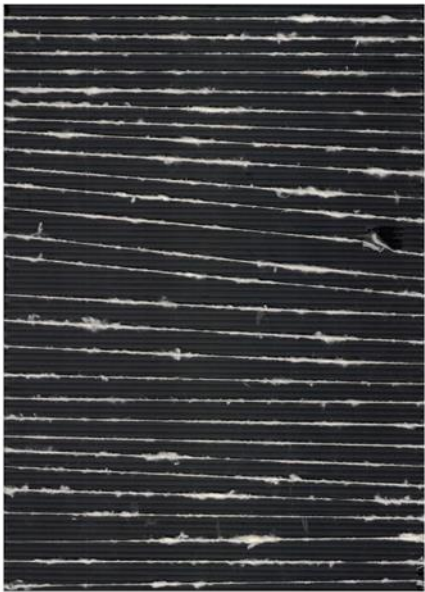
Sample	Average of knot remaining on the fiber			
	Lab.		Image processing	
	Before carded	After carded	Before carded	After carded
CC98	98	0	98	0
CC130	97	0	98	0
CC163	98	0	98	0
CC168	98	0	98	0
OC98	12.87	0	12.07	0
OC130	12.87	0	12.75	0
OC163	12.05	0	12.98	0
OC168	12.35	0	12.56	0
manually	0	0	0	0
factory	0	0	0	0

4.7 ผลการทดลองการหาค่าแรงดึงเส้นด้ายไหมอิตาลีที่ได้จากการสาว

ใช้ การปั่นใช้เครื่องแมดาลิจักรา ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งคือใช้ใยไหม 50 กรัม ทดลองจับเวลาที่ใช้ในการทำเส้นด้ายเพื่อหาอัตราการปั่นเส้นด้ายต่อชั่วโมง ร้อยละน้ำหนักของเส้นด้ายที่ได้จากการปั่น ทดลองโดยปั่นตัวอย่างละสามชั่วโมง กำหนดให้ใช้คนปั่นคนเดียวตลอดการทดลอง เส้นด้ายที่ได้จากการปั่นนำไปทดสอบแรงดึง เบอร์ด้ายและความสม่ำเสมอของเส้นด้าย การทดสอบแรงดึงทำได้โดยใช้เครื่องดึง Tensile Test NRI-TS 500 2S ขนาด 5 กิโลนิวตัน (KN) เครื่องดึงรุ่นนี้ผลิตภายใต้มาตรฐานของ JIS B 7721 ISO 7500-1 เพื่อเก็บข้อมูลแรงดึงและระยะยืดของเส้นด้าย ขั้นตอนการทดลองคือ ตัดเส้นด้ายที่ทอได้งานวิจัย โดยตัดแบบสุ่มให้ทั่ว แต่ละเส้นมีความยาว 20 เซนติเมตร และเข้าเครื่องดึงจำนวน 30 เส้นต่อหนึ่งตัวอย่าง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของแรงดึงในตัวอย่างนั้น จากนั้นใช้วิธีทางสถิติพิจารณาปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมที่มีผลต่อแรงดึง ภาพประกอบ 109 ถึง 112 แสดงเส้นด้ายที่ปั่นได้โดยใช้เครื่องปั่นที่ผลิตขึ้นในงานวิจัย โดยภาพประกอบ 109 และ 110 เป็นภาพของเส้นด้ายที่เกิดจากการสาวแผ่นรังไหม และภาพประกอบ 111-112 เป็นภาพของเส้นด้ายที่เกิดจากการสาวผ่านใยไหม ตาราง 14 คือผลการทดสอบแรงดึงเส้นด้าย

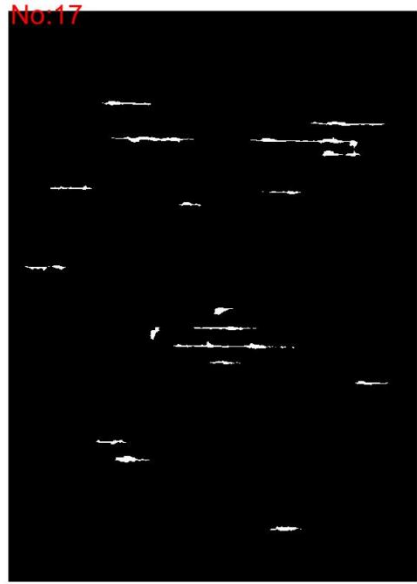


ภาพประกอบ 110 เส้นด้ายที่เกิดจากการสาบแผ่นรีงไหม CF2



ภาพประกอบ 111 เส้นด้ายที่เกิดจากการสาบแผ่นรีงไหม CC98





ภาพประกอบ 112 เส้นด้ายที่เกิดจากการสาងแผ่นรังไหม OF2



ภาพประกอบ 113 เส้นด้ายที่เกิดจากการสาងแผ่นรังไหม OF98

พูน ปรณ ทิโต ชีเว

ตาราง 14 Results of tensile test

Vary speed of feeder			Vary speed of carding head		
Sample	Tensile force (N)	Metric Count	Sample	Tensile force (N)	Metric Count
CF2	0.20	4.52	CC98	0.24	4.85
CF2.5	0.25	4.89	CC130	0.22	4.95
CF3	0.30	4.14	CC163	0.23	4.18
CF3.5	0.39	4.84	CC168	0.24	4.83
OF2	0.29	6.25	OC98	0.26	6.74
OF2.5	0.32	6.44	OC130	0.18	6.81
OF3	0.31	6.54	OC163	0.30	6.91
OF3.5	0.23	6.74	OC168	0.20	6.48
Manual	0.25	6.94	Manual	0.25	6.97
Factory	0.25	5.41	Factory	0.25	5.28

นอกจากนั้นยังคำนวณหาเบอร์ด้ายตามระบบ Cotton Count และ Metric Count ซึ่ง ผลของการวัดค่าความสม่ำเสมอและการคำนวณเบอร์เส้นด้ายแสดงไว้ในตารางที่ 15 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า จำนวนรอบการสางเพิ่มขึ้น ความสม่ำเสมอมากขึ้น เส้นด้ายที่ได้จากเส้นใยที่สางด้วยอัตราการป้อนที่มากขึ้น มีแนวโน้มให้ความสม่ำเสมอเพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีปัจจัยหลักและปัจจัยรอง โดยที่มีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า เส้นด้ายจะมีความสม่ำเสมอดีที่สุดเมื่อสางเส้นใยด้วยความเร็วรอบการป้อน 3 รอบต่อนาที และสางหนึ่งรอบ และเส้นใยที่ได้จากรังไหมที่ไม่ตัดรังจะให้ความสม่ำเสมอดีกว่าเส้นใยที่ได้จากการตัดรังก่อนต้ม จากการคำนวณเบอร์ด้ายในระบบ Cotton Count พบว่า เส้นด้ายที่ปั่นได้เป็นเส้นด้ายที่มีขนาดใหญ่ และเส้นใยที่สางหลายรอบจะมีขนาดเส้นด้ายที่ใหญ่กว่าเส้นด้ายที่สางรอบเดียว นอกจากนี้เส้นด้ายที่ได้จากการเส้นใยที่เตรียมด้วยการยีกีก็มีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกับเส้นใยที่ได้จากเครื่อง

ตาราง 15 Amount of knot on yarn

Vary speed of feeder			Vary speed of carding head		
Sample	Amount of knots		Sample	Amount of knots	
	Lab.	image processing		Lab.	image processing
CF2	115	129	CC98	108	118
CF2.5	132	141	CC130	150	155
CF3	148	153	CC163	152	163
CF3.5	142	157	CC168	137	146
OF2	70	75	OC98	65	69
OF2.5	65	68	OC130	87	90
OF3	78	87	OC163	67	72
OF3.5	58	62	OC168	62	71
Manual	150	165			
Factory	75	78			

จากผลการดำเนินงานวิจัยการพัฒนาเครื่องสาง โดยมีการทดลองสางใยไหมในกรณีที่ตั้งรั้งก่อนต้มลอกกาวเทียบกับต้มลอกกาวทั้งรั้ง นอกจากนั้นยังนำเส้นใยที่ผลิตจากเงื่อนไขต่างๆ คือ การปรับความเร็วของหัวปั่นรั้งไหมและความเร็วของหนามสาง เพื่อหาว่าพารามิเตอร์ใดที่เหมาะสมหรือทำให้สางรั้งไหมได้เส้นใยที่กระจายตัวมากที่สุด โดยผลของการสางใยพิจารณาได้จากค่าปุมปมที่ยังเหลือบนเส้นใย โดยใช้กระบวนการทางภาพวิเคราะห์ จากการใช้วิธีทางสถิติ ปัจจัยหลักและปัจจัยอื่น วิเคราะห์พบว่า ที่อัตราการปั่นรั้งไหมที่ต่ำ (2 รอบต่อนาที) และหัวสางที่หมุนช้าๆ (98 รอบต่อนาที) ใยได้กระจายตัวมากที่สุดคือ ไม่มีปุมปมเหลือในเส้นใย จากการวิเคราะห์คุณภาพเส้นด้ายโดยหาค่าความต้านทานแรงดึง ความสม่ำเสมอของเส้นด้าย พบว่า เส้นด้ายที่เกิดจากเส้นใยที่ได้จากการสางในอัตราการปั่น 98 รอบต่อนาที และมีค่าความสม่ำเสมอสูง คือ 25

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากงานวิจัยสามารถสรุปผลดำเนินงานวิจัยได้ในเรื่องของผลการพัฒนาเครื่องสางใยไหม ผลของการพัฒนาเครื่องปั่นเส้นด้าย ผลการทดลองการใช้เครื่องสางใยไหม การวิเคราะห์ผลของการปั่นเส้นด้าย สามารถเขียนเป็นข้อๆดังนี้

1. จากการพัฒนาเครื่องสางรังไหม เครื่องสางรังไหมมีรายละเอียดคือ มีขนาดโดยรวมคือ กว้าง 800 มิลลิเมตร ยาว 1,800 มิลลิเมตร และสูง 930 มิลลิเมตร น้ำหนักโดยประมาณ 500 กิโลกรัม ประกอบด้วยโครงเครื่องทำจากเหล็กกล่องทนสนิมขนาด มีเหล็กแผ่นสำหรับประกบด้านข้างของเครื่องเพื่อป้องกันอันตราย(Cover) ภาตป้อนรังไหมทำจากเหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร มีขนาด กว้าง 516 มิลลิเมตร ยาว 500 มิลลิเมตร โดยภาตป้อนติดตั้งให้สามารถเอียงทำมุมตั้งแต่ 0-60 องศา ลูกกลิ้งสำหรับป้อนรังไหมเข้าตัวเครื่อง 2 ลูก มีผิวเรียบและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร มีความยาว 500 มิลลิเมตร ลูกกลิ้งตัวกลางพันด้วยหนามพันสั้นใช้นำเส้นใยเข้าตัวเครื่อง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 600 มิลลิเมตร มีความยาว 500 มิลลิเมตร หัวหนามสางจำนวน 3 หัว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร มีความยาว 500 มิลลิเมตร หนามที่พันหัวสางที่มีขนาดความสูง 2 มิลลิเมตร เอียง 30 องศา หัวม้วนเก็บใยไหมเป็นลักษณะลูกกลิ้งผิวเรียบสำหรับเก็บใยไหมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร มีความยาว 500 มิลลิเมตร

2. จากการพัฒนาเครื่องเครื่องปั่นเส้นไหมอีรี่ เครื่องปั่นเส้นด้ายมีขนาดโดยรวมคือ กว้าง 400 มิลลิเมตร ยาว 500 มิลลิเมตร และสูง 770 มิลลิเมตร ประกอบด้วย โครงเป็นเหล็กกล่องขนาด กว้างและยาว 25 มิลลิเมตรเท่ากัน มีหัวรวมเส้นใย และมีชุดม้วนเก็บเส้นใย ติดตั้งมอเตอร์เกียร์ พร้อมชุดปรับรอบเพื่อปรับความเร็วในการปั่นเส้นด้าย และใช้การบังคับผ่านฟุตสวิตซ์

3. จากผลการทดลองการตรวจสอบร้อยละปมปมของการสางเส้นใยโดยปรับเปลี่ยนอัตราความเร็วการป้อนรังไหมเปิดเข้าเครื่องสาง เป็น 0.324, 0.486, 0.648, 0.810 เมตรต่อนาที (2,3,4,5 รอบต่อนาที) โดยให้ตัวแปรที่ควบคุมคือ ความเร็วของหนามสางอยู่ที่ประมาณ 15.7 เมตรต่อนาที (10 รอบต่อนาที) พบว่า เครื่องสางเส้นใยที่ได้ออกแบบขึ้นสามารถสางเส้นใยได้ดีคือ มีปมปมเหลือไม่เกินร้อยละ 02.95 การป้อนรังไหมเข้าๆเข้าเครื่องคือ อัตราการหมุนของลูกกลิ้งป้อน 2 รอบต่อนาที จะมีค่าเฉลี่ยของปมปมน้อยที่สุด และเมื่อสางซ้ำเป็นสองรอบและสามรอบ จะเห็นว่าเส้นไหมสามารถกระจายตัวได้เกือบทั้งหมดและยังคงมีปมเหลือเพียงร้อยละ 0.228 และ 0.193 เมื่อเพิ่มความเร็วรอบของลูกกลิ้งป้อนเส้นใยมากขึ้น เป็น 3 4 5 รอบต่อนาที พบว่า เปรียบเทียบเมื่อสาง 1 รอบ ปมเหลืออยู่ในเส้นใยเพิ่มขึ้น เป็นร้อยละ 0.259 0.290 0.2195 ตามลำดับ รังไหมที่มีไม้ตัดรังจะมีค่า

ร้อยละของปมปมที่เหลือนบนเส้นใยน้อยกว่ารังไหมที่มีการตัดรังเมื่อเทียบกับอัตราการป้อนรังไหมเข้าสู่เครื่องเดียวกัน และรอบสางที่เท่ากัน และ ปมปมจะมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราเร็วของการป้อนรังไหมเข้าสู่เครื่องสาง จากการใช้การคำนวณทางสถิติด้วยโปรแกรม _MiniTab 14 การหาค่า การพล็อตปัจจัยร่วมและปัจจัยหลัก (Mean Effect Plot และ Interaction Plot) พบว่า ทั้งการตัดและไม่ตัดรังไหม ควรสางที่ 2 รอบต่อนาที่ และ จำนวนรอบสางคือ 3 อย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

4. จากผลการปั่นเส้นด้ายไหมอิตาลี พบว่า เส้นใยที่ได้จากเครื่องสางที่มีอัตราการป้อนเพิ่มขึ้น อัตราในการปั่นจะลดลง ในกรณีที่เส้นใยที่มีอัตราการป้อนเดียวกัน เส้นใยที่ถูกสางหลายครั้งจะมีอัตราการปั่นลดลง เนื่องด้วย เส้นใยที่มีการสางดีเป็นระเบียบกว่าการขึ้นเส้นด้ายจะทำได้ง่ายกว่า ในขณะที่รอบการสางที่มากขึ้น จะมีเส้นใยที่มีเส้นสั้นมากขึ้นทำให้การต่อเส้นใยทำได้ช้ากว่า เส้นใยที่มีเส้นใยยาวที่สามารถเกี่ยวพันกันเป็นเส้นได้ง่ายกว่า อัตราการปั่นที่ดีที่สุดคือ โดยคิดปัจจัยหลักและปัจจัยรองคือ อัตราการปั่นเฉลี่ยต่อชั่วโมงและ ร้อยละน้ำหนักของเส้นด้ายที่ปั่นได้เมื่อเทียบกับเส้นใยที่เตรียมไว้ คือ เส้นใยที่ได้จากการป้อน 3 รอบต่อนาที่ สาง 1 รอบ ซึ่งมีนัยสำคัญ ค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 การปั่นเส้นด้ายจากเส้นใยที่ผลิตจากเครื่องสางมีความใกล้เคียงกับการปั่นเส้นด้ายที่ได้จากการยี่ด้วยมือ จากการหาแรงดึงพบว่าค่าเฉลี่ยของการทนแรงดึงที่มากที่สุดคือ เส้นด้ายที่ปั่นจากเส้นใยที่มีความเร็วในการสางต่ำที่สุดคือ 2 รอบต่อนาที่ และผ่านการสาง 1 รอบ และ จำนวนครั้งของการสางที่มากขึ้นทำให้ค่าทนแรงดึงต่ำลงเล็กน้อย เนื่องจากมีเส้นใยที่สั้นกว่าเกาะเกี่ยวกันได้แข็งแรงน้อยกว่า

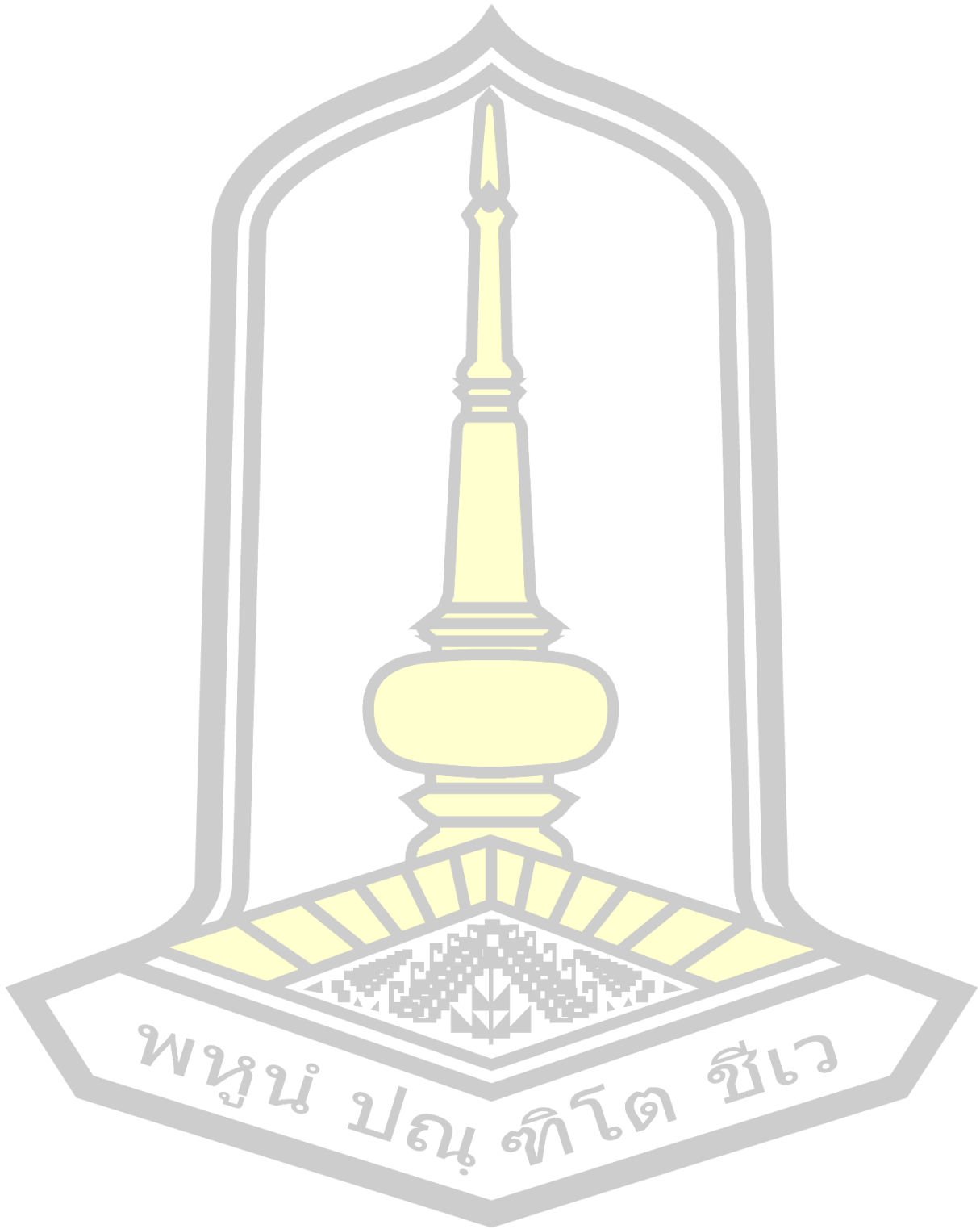
5. ในการปั่นเส้นด้ายมีการทดสอบค่าความสม่ำเสมอของเส้นด้าย สามารถสรุปได้ว่า จำนวนรอบการสางและอัตราการป้อนที่มากขึ้นจะเพิ่มความสม่ำเสมอมากขึ้น จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีปัจจัยหลักและปัจจัยรอง โดยที่มีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า เส้นด้ายจะมีความสม่ำเสมอที่สุดเมื่อสางเส้นใยด้วยความเร็วรอบการป้อน 3 รอบต่อนาที่ และสาง1 รอบ และเส้นใยที่ได้จากรังไหมที่ไม่ตัดรังจะให้ความสม่ำเสมอดีกว่าเส้นใยที่ได้จากการตัดรังก่อนต้ม จากการคำนวณเบอร์ด้ายในระบบ Cotton Count พบว่า เส้นด้ายที่ปั่นได้เป็นเส้นด้ายที่มีขนาดใหญ่ และเส้นใยที่สางหลายรอบจะมีขนาดเส้นด้ายที่ใหญ่กว่าเส้นด้ายที่สางรอบเดียว นอกจากนั้นเส้นด้ายที่ได้จากการเส้นใยที่เตรียมด้วยการยี่ก็มีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกับเส้นใยที่ได้จากเครื่อง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การเตรียมรังไหมมีผลต่อความสำเร็จของการสาวเส้นใยและปั่นเส้นด้าย การต้มลอกกาวย ควรต้มให้กาวหมดจากรังไหม โดยต้องทำความสะอาดรังไหมก่อนนำไปลอกกาว
2. เครื่องสาวรังไหมต้องมีการพัฒนาส่วนสไลเวอร์ (Sliver) เพิ่มเติมโดยการติดแปรงหวี (Doffer Comb) ก่อนเข้าหัวม้วนเก็บ เส้นใยที่สาวแล้วมีการสไลเวอร์จะทำให้เส้นใยเป็นระเบียบมากขึ้น เมื่อปั่นเป็นเส้นจะได้เส้นที่มีความสม่ำเสมอ
3. เครื่องปั่นขึ้นเส้นใยต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติมโดยเพิ่มส่วนของการม้วนเก็บเข้าอีก เข้าไปในตัวเครื่องเพื่อลดขั้นตอนการทำงานของเครื่องปั่นเส้น



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

1. Sangtamat.Tawit.,Sivilai.Sirimungkararat.,Weerasak.Saksirirat.andDuanphen. Wongsorn. 2007. Effect of some main and alternate food plants on growth of eri silkworm (*Samia ricini* D.). *Khon Kaen Agric.* 35(2) : 196-202.
2. Jana Prasert. Nattapol., 2018. Guidelines to Enhance the Industrial Potential of Eri Farmers. Department of Agricultural and Resource Economics Faculty of Economics. Kasetsart University.
3. Sivilai. S., Sangtamat. T., Saksiriret. W. and Waikakul. Y., 2004. New food plants for eri silkworm rearing. In Program and Abstracts of International Workshop on Wild Silkmoths and Silk “Current Advances and Development in Wild Silkmoths and Tropical *Bombyx* Silks” October 11-14. Sofiter Raja Orchid. Khon Kaen. Thailand. P63.
4. Chan. C. and Pang. G., Fabric defect detection by Fourier analysis, *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 36, No. 5, September/October, 2000, pp.1267-1276.
5. Conci A. and Proença C. B., A comparison between Image-processing Approaches to Textile Inspection, *Journal of the Textile Institute*, Vol. 91, Part 1, No. 2, 2000, pp. 317-323.
6. Schneiderman A. M., Optimum Quality Costs and Zero Defects: Are They Contradictory Concepts, *Quality Progress*, November, 1986, pp. C1-C4.
7. Xie X., A Review of Recent Advances in Surface Defect Detection using Texture analysis Techniques, *Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis*, Vol. 7, no. 3, 2008, pp. 1-22.
8. Behera B. K., Automatic fabric inspection systems, *The Indian Textile Journal*, June, 2009, 4p.
9. Dorrity J., Vachtsevanos G. and Jasper W., Real-time fabric defect detection and control in weaving processes, *National Textile Center, Annual Report*, August, 1995, pp. 143-152.

10. Dorrity J., Vachtsevanos G. and Jasper W., Real-time fabric defect detection and control in weaving processes, National Textile Center, Annual Report, November, 1996, pp. 113-122.
11. Kumar A., Computer vision-based fabric defect detection: a survey, IEEE, Transactions on Industrial Electronics, Vol. 55, Issue 1, 2008, pp. 348-363.
12. Mahajan P.M., Kolhe S.R. and Pati P.M., A review of automatic fabric defect detection techniques, Advances in Computational Research, ISSN: 0975-3273, Volume 1, Issue 2, 2009, pp.18-29.
13. Mitropoulos P., Koulamas C., Stojanovic R., Koubias S., Papadopoulos G., and Karagiannis G. A real-time vision system for defect detection and neural classification of web textile fabric, Proceedings of the SPIE Electronic Imaging '99 International Conference, San Jose, California, USA, January 23-29, 1999.
14. Sengottuvelan P., Wahi A. and Shanmugam A., Automatic Fault Analysis of Textile Fabric Using Imaging Systems, Research Journal of Applied Sciences, Vol. 3, Issue 1, 2008, pp. 26-31.
15. Su T.L., Kuo Y.L., Chen H.W. and Kung F.C., Grey Relational Analysis of an Automatic Identifying System for Clothing Texture. Fibres & Textiles in Eastern Europe, Vol. 18, No. 2, 2010, pp. 60-64.
16. Anagnostopoulos C., Anagnostopoulos I., Vergados D., Kouzas G., Kayafas E., Loumos V., and Stassinopoulos G., High performance computing algorithms for textile quality control, Mathematics and Computers in Simulation, Vol. 60, Issues 3-5, September, 2002, pp. 389-400.
17. Brzakovic D. and Vujovic N., Designing defect classification systems: a case study, Pattern Recognition, Vol. 29, No. 8, 1996, pp. 1401-1419.
18. Conci A. and Proença C. B., A Computer Vision Approach for Textile Inspection, Textile Research Journal, Vol. 70, 2000, pp. 347-350.
19. Paladini E. P., An expert system approach to quality control, Expert Systems with Applications, Vol. 18, 2000, pp. 133-151.
20. Zhang Y. F. and Bresee R. R., Fabric Defect Detection and Classification Using Image Analysis, Textile Research Journal, Vol. 65, January, 1995, pp. 1-9.

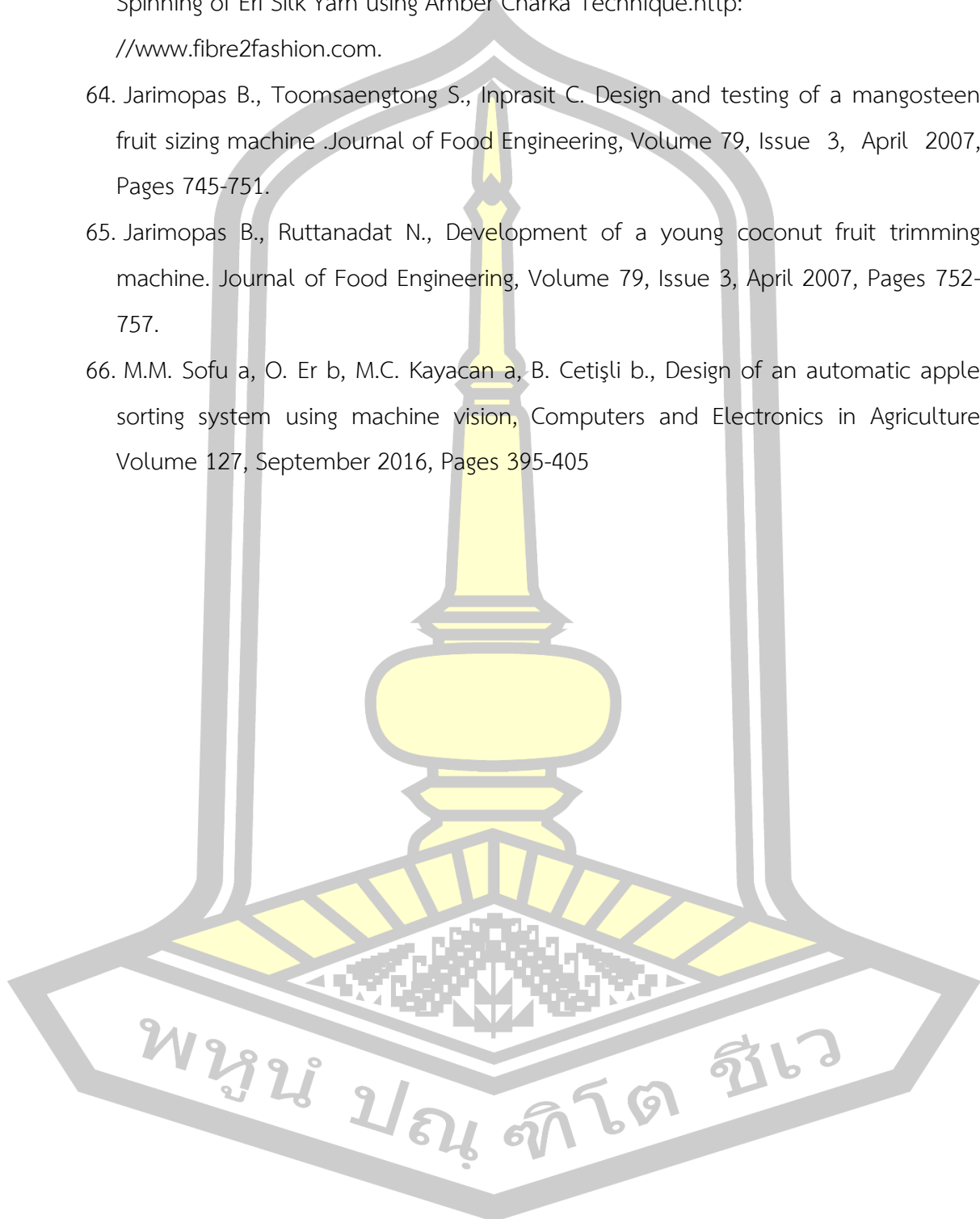
21. Anagnostopoulos C., Vergados D., Kayafas E., Loumos V. and Stassinopoulos G. , A Computer Vision Approach for Textile Quality Control, the Journal of Visualization and Computer Animation, Vol. 12, 2001, pp. 31-44.
22. Kumar A. and Pang G., Defect detection in textured materials using optimized filters, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 32, No. 5, October, 2002, pp. 553-570.
23. Behera B. K., Text. B. and Tech. M., Image-processing in Textiles, A critical appreciation of recent developments, Textile Progress, Vol. 35, No. 2/3/4, 2004, pp. 127-137.
24. Nishimatsu T., Toba E. and Sakai T., Difference of Eye-Movements between Experts and Non-Experts in Fabric Inspection, Journal of the Textile Machinery Society of Japan, Vol. 41, No. 4, 1995, pp. 104-108.
25. Baykut A., Ozdemir S., Meylani R., Ercil A., Ertuzun A., Comparative Evaluation of Texture Analysis Algorithms for Defect Inspection of Textile Products, Proceedings of the 14th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), Vol. 2, 1998, pp. 1738-1741.
26. Baykut A., Atalay A., Ercil A., and Guler M., Real-time defect inspection of textured surfaces, Real-time Imaging, Vol. 6, 2000, pp.17-27.
27. Kumar, A. and Pang, G., Defect detection in textured materials using Gabor filters, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 38, Issue 2, April, 2002, pp.425-440.
28. Unser M. and Ade F., Feature extraction and decision procedure for automated inspection of textured materials, Pattern Recognition Letters, Vol. 2, No. 3, March,1984, pp. 185-191.
29. Unser M.: Local linear transforms for texture measurements, Signal Processing, Vol. 11, Issue 1, July, 1986, pp. 61-79.
30. Abouelela A., Abbas H. M., Eldeeb H., Wahdan A. A., and Nassar S. M., Automated vision system for localizing structural defects in textile fabrics, Pattern Recognition Letters, Vol. 26, 2005, pp.1435-1443.
31. Arivazhagan S., Ganesan L., Bama S., Fault segmentation in fabric images using Gabor wavelet transform, Machine Vision and Applications, Vol. 16, Issue 6, February, 2006, pp. 356-363.

32. Haindl M., Grim J., and Mike S.: Texture Defect Detection, Computer Analysis of Images and Patterns (CAIP), LNCS 4673, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2007, ,2007, pp. 987-994.
33. Roesler U.: Defect detection of fabrics by image processing, Melliand Textilberichte, International Textile Reports (German Edition), Vol. 73, Issue 8, August, 1992, pp.635-639.
34. Malamas E.N., Petrakis E.G.M., Zervakis M., Petit L. and Legat J.D.: A survey on industrial vision systems, applications and tools, Image and Vision Computing, Vol. 21, 2003, pp.171-188.
35. Malek A.S., Drean J.-Y., Bigue L. and Osselin J.-F.: sule Automatic Fabric Inspection: invention or innovation?, International Conference on Intelligent Textiles and Mass Customisation TMC, Casablanca, Morocco, 34, October 27-29, 2011.
36. Henry Y.T.N., Grantham K.H.P. and Nelson H.C.Y: Automated fabric defect detection-A review, Image and Vision Computing, Vol. 29, 2011, pp. 442-458.
37. Stojanovic R., Mitropoulos P., Koulamas C., Karayiannis Y., Koubias S., and Papadopoulos G.: Real-Time Vision-Based System for Textile Fabric Inspection, International Journal of Real-Time Imaging, Academic Press, London, Vol. 7, N. 6, December, 2001, pp. 507-518.
38. Tunák M. and Linka A.: Planar anisotropy of fibre systems by using 2D Fourier transform, Proceedings of the 12th International Conference (STRUTEX), Liberec, Czech Republic, November 28-29, 2005.
39. Conci A. and Proença C. B.: A fractal image analysis system for fabric inspection based on a box-counting method, Computer Networks and ISDN Systems, Vol. 30, 1998, pp. 1887-1895.
40. Vergados D., Anagnostopoulos C., Anagnostopoulos I., Kayafas E., Loumos V. and Stassinopoulos G.: An Evaluation of Texture Segmentation Techniques for Real-Time Computer Vision Applications, Advances in Automation, Multimedia and Video Systems and Modern Computer Science, WSES Press, 2001, p.p. 332-335.
41. Jasper W. J. and Potlapalli H.: Image Analysis of Mispicks in Woven Fabric, Textile Research Journal, Vol. 65, November, 1995, pp. 683-692.

42. Rodica Harp: Yarn Quality assurance depending on the spinning system, TEXTILE. PIELĂRIE, . 1, 2011. pp 9-16.
43. Hong-Ping Zhao, Xi-Qiao Feng, Hui-Ji Shi : Variability in mechanical properties of Bombyx mori silk, Materials Science and Engineering, Vol 27, 2007, pp 675-683.
44. Ibrahim S, J. Militky , D. Kremenakova¹ and R.Mishra : Characterization of yarn diameter measured on different. RMUTP International Conference: Textiles & Fashion 2012.July 3-4, 2012, Bangkok Thailand.
45. Millman M. P. , M. Acar, M. R. Jackson: Computer vision for textured yarn interlace (nip) measurements at high speeds. Mechatronics . Vol11 (8). pp 1025-1038.
46. Narendra Reddy, Yiqi Yang :Morphology and tensile properties of silk fibers produced by uncommon Saturniidae.International journal of biological macromolecules .Vol 46(4)0. pp 419-24.
47. Kadolph, S. J., and Langford, A.L., "Textiles", 8th edition, Prentice-Hall, Inc. 45. Gupta, V.B., and Kothari, V.K., "Manufactured Fibre Technology" Chapman & Hall.
48. <http://www.thaitextile.org/statistic/Textile%20Stat.%20Jan.-Jan.03.xls>
49. Horrocks, A.R., and Anand, S.C., "Handbook of Technical Textiles", The Textile Institute, Woodhead Publishing Limited 2000.
50. Hearle, W. S., "High-Performance Fibres" The Textile Institute, Woodhead Publishing Limited 2000.
51. Hossein Barani. Antibacterial continuous nanofibrous hybrid yarn through in situ synthesis of silver nano particles: Preparation and characterization. Materials Science and Engineering: C, Volume 43, 1 October 2014, Pages 50-57.
52. Yoshinobu Shimamura, Kahori Oshima, Keiichiro Tohgo, Tomoyuki Fujii, Keiichi Shirasu, Go Yamamoto, Toshiyuki Hashida, Ken Goto, Toshio Ogasawara, Kimiyoshi Naito, Takayuki Nakano, Yoku Inoue. Tensile mechanical properties of carbon nanotube/epoxy composite fabricated by pultrusion of carbon nanotube spun yarn preform. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Volume 62, July 2014, Pages 32-38.
53. Bingbing Lei, Wenke Lu, Changchun Zhu, Qinghong Liu, Haoxin Zhang. A novel optimal sensitivity design scheme for yarn tension sensor using surface acoustic wave device. Ultrasonics. Volume 54, Issue 6. August 2014. Pages 1649-1655.

54. J. Page, J. Wang. Prediction of shear force and an analysis of yarn slippage for a plain-weave carbon fabric in a bias extension state. *Composites Science and Technology*. Volume 60, Issue 7. May 2000. Pages 977-986.
55. Clémentier, Antoine Le Duigou, Alain Bourmaud, Christophe Baley. Mechanical analysis of elementary flax fibre tensile properties after different thermal cycles. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, Volume 64, September 2014. Pages 159-166.
56. Shady Farah, Tsadok Tsach, Alfonso Bentolila, Abraham J. Domb. Morphological, spectral and chromatography analysis and forensic comparison of PET fibers. *Talanta*, Volume 123, June 2014, Pages 54-62.
57. Wolf-Achim Kahl, Britta Ramminger. Non-destructive fabric analysis of prehistoric pottery using high-resolution X-ray microtomography: a pilot study on the late Mesolithic to Neolithic site Hamburg-Boberg. *Journal of Archaeological Science*. Volume 39. Issue 7. July 2012. Pages 2206-2219.
58. Mohammad Kashfuddoja, R.G.R. Prasath, M. Ramji. Study on experimental characterization of carbon fiber reinforced polymer panel using digital image correlation: A sensitivity analysis. *Optics and Lasers in Engineering*, Volume 62. November 2014. Pages 17-30.
59. Lucia Bissi, Giuseppe Baruffa, Pisana Placidi, Elisa Ricci, Andrea Scorzoni, Paolo Valigi. Automated defect detection in uniform and structured fabrics using Gabor filters and PCA. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Volume 24, Issue 7, October 2013, Pages 838-845.
60. Wenzhu, Daoliang Li, Liang Zhu, Yuguang Kang, Futang Li. A new approach for image processing in foreign fiber detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 68, Issue 1, August 2009, Pages 68-77.
61. K.L. Mak, P. Peng. An automated inspection system for textile fabrics based on Gabor filters. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Volume 24, Issue 3, June 2008, Pages 359-369.
62. K.L. Mak, P. Peng, K.F.C. Yiu. Fabric defect detection using morphological filters. *Image and Vision Computing*, Volume 27, Issue 10, 2 September 2009, Pages 158-1592.

63. Debasis Chattopadhyay, Rajiv Munshi, N.V. Padaki, S.N. Mishra & Subrata Roy.
Spinning of Eri Silk Yarn using Amber Charka Technique.<http://www.fibre2fashion.com>.
64. Jarimopas B., Toomsaengtong S., Inprasit C. Design and testing of a mangosteen fruit sizing machine .Journal of Food Engineering, Volume 79, Issue 3, April 2007, Pages 745-751.
65. Jarimopas B., Ruttanadat N., Development of a young coconut fruit trimming machine. Journal of Food Engineering, Volume 79, Issue 3, April 2007, Pages 752-757.
66. M.M. Sofu a, O. Er b, M.C. Kayacan a, B. Cetişli b., Design of an automatic apple sorting system using machine vision, Computers and Electronics in Agriculture Volume 127, September 2016, Pages 395-405



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางเกสร วงศ์เกษม
วันเกิด	วันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2516
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 360/190 หมู่ที่ 7 ตำบลเมืองเก่า อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ประจำสาขาเมคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44150
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2530 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนหอวัง เขตลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2533 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนหอวัง เขตลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2539 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พ.ศ. 2543 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2562 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน ปณ ทิโต ชีเว