

เครื่องสาวไหมระดับเกษตรกร

อนุชิต ฉ่ำสิงห์ และธนพร ศิลปชัย

อารยธรรมการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม และทอผ้าไหมของประเทศไทยสืบทอดจากชนรุ่นหนึ่งสู่อีกรุ่นหนึ่งเรื่อยมาเป็นเวลานาน มีเอกลักษณ์เป็นของตนเองที่ไม่เหมือนใครทั้งพันธุ์ไหมและผลิตภัณฑ์จากไหม แต่เริ่มมีการพัฒนาอย่างจริงจังในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 5 พระองค์ทรงมีพระราชดำริให้ฟื้นฟูส่งเสริมและพัฒนาการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม สาวไหม และทอผ้าไหมอย่างจริงจังตั้งแต่ปี พ.ศ.2445 เป็นอาชีพการเกษตรทางเลือกหนึ่งที่ให้ผลตอบแทนในระยะเวลา 20-25 วัน โดยใช้วงเงินลงทุนค่อนข้างต่ำแต่ได้ผลตอบแทนเป็นที่น่าพอใจ โดยมีทั้งการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมในระดับเกษตรกรขนาดเล็กเพื่อเป็นอาชีพเสริมจากอาชีพเกษตรหลัก ถึงการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมลดลงเป็นอย่างมาก แต่ยังมีประมาณ 130,000 ครัวเรือนที่ยังทำการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม มีการนำเข้าและส่งออกเส้นไหมและผลิตภัณฑ์จากไหมในปี 2549 มูลค่า 989 และ 1,339.39 ล้านบาท/ปี ตามลำดับ กรมวิชาการเกษตร โดยสถาบันวิจัยหม่อนไหมมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากในการพัฒนาการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมของประเทศไทย จวบจนกระทั่งปี 2545 สถาบันวิจัยหม่อนไหมได้แยกตัวไปตั้งเป็นสถาบันหม่อนไหมแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ (สมมช.) สำนักปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อย่างไรก็ตามในส่วนของการวิจัยและพัฒนาเครื่องสาวไหมระหว่างการดำเนินงานภายใต้การบริหารงานของกรมวิชาการเกษตร เพื่อการสาวเส้นไหมจากไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้าน และไทยลูกผสมที่มีเส้นใยไม่ยาวมากซึ่งไม่สามารถทำการสาวด้วยเครื่องสาวไหมของโรงงานสาวไหมในระดับอุตสาหกรรมได้ เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงาน ลดต้นทุนการผลิต พัฒนาคุณภาพเส้นไหมที่สาวได้ให้กับเกษตรกรและประเทศไทย ซึ่งสามารถกล่าวโดยสังเขปได้ดังนี้

การสาวไหม

การสาวไหมคือกระบวนการดึงเส้นใยไหมที่มีขนาดเล็กออกจากรังไหมแต่ละรังที่ผ่านการต้มเพื่อละลายกาวที่ผนึกเส้นใยที่อัดแน่นกันอยู่เป็นรังไหมให้อ่อนตัว โดยเส้นใยจะถูกดึงหรือสาวจากเปลือกรังพร้อมกันแล้วพันเกลียวรวมกันเป็นเส้นไหมดิบ จำนวนรังไหมที่ใช้ในการสาวเอาเส้นใยเพื่อพันเกลียวเป็นเส้นไหมดิบนั้นขึ้นอยู่กับขนาดเส้นไหมดิบที่ต้องการและขนาดของเส้นใยไหมเฉลี่ยของรังไหมแต่ละพันธุ์ ซึ่งขั้นตอนการสาวไหมโดยทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 1

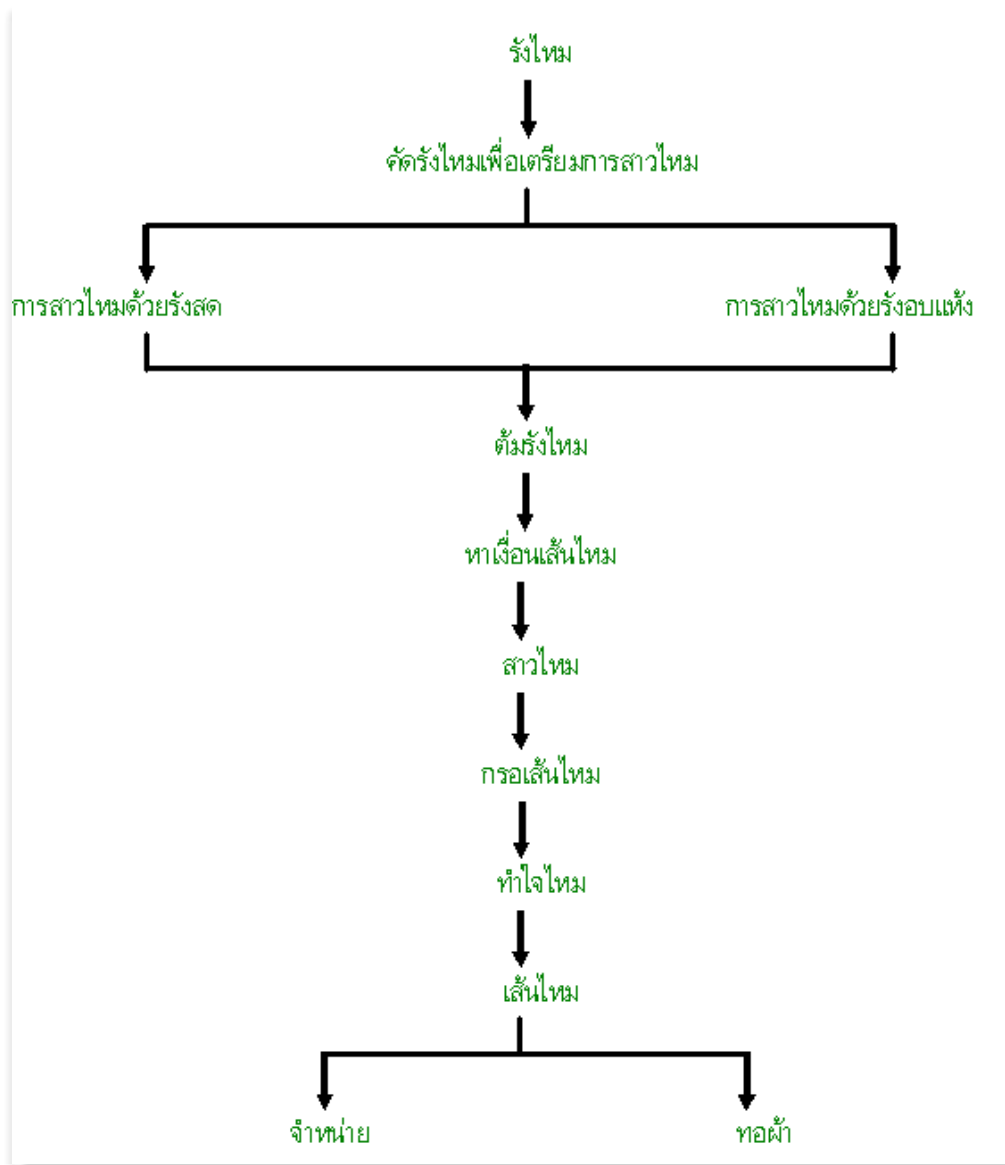
เครื่องสาวไหม

การสาวไหมในปัจจุบันสามารถแบ่งตามระดับกำลังการผลิตได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. การสาวไหมในระดับเกษตรกร เป็นการสาวไหมโดยใช้แรงงานคนร่วมกับอุปกรณ์สาวไหมหรือ



เครื่องสาวไหมแบบพื้นบ้าน และแบบปรับปรุงทั้งแบบใช้มือหมุนและใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง ซึ่งสาวเส้นไหมดิบได้ครั้งละ 1 เส้น รังไหมที่นำมาสาวเป็นเส้นไหมส่วนใหญ่เป็นรังไหมพันธุ์ไหมไทยพื้นบ้านและรังไหมพันธุ์ไทยลูกผสมซึ่งมีความยาวเส้นใยค่อนข้างสั้น (400-800 เมตร) ไม่สามารถนำไปสาวด้วยเครื่องสาวไหมในโรงงานสาวไหมได้ เนื่องจากเป็นการสาวเส้นไหมด้วยความเร็วสูง การควบคุมขนาดเส้นไหมทำได้ยาก โดยเส้นไหมที่ผลิตได้นั้น เกษตรกรนำไปจำหน่ายในรูปของเส้นไหมดิบ และการทอเป็นผ้าไหมจำหน่าย ทั้งนี้เส้นไหมที่สาวได้เกือบทั้งหมดจะใช้เป็นไหมเส้นพุ่งในการทอผ้าไหม ซึ่งแตกต่างจากเส้นไหมที่สาวได้จากรังไหมพันธุ์ลูกผสมที่มีเส้นใยไหมยาว (1,000-1,400 เมตร) ไม่ต้องเติมรังไหมขณะทำการสาวบ่อย ง่ายต่อการควบคุมขนาดเส้นไหม และสาวเส้นใยไหมด้วยความเร็วสูงด้วยเครื่องจักรสาวไหม และสามารถนำมาเป็นไหมเส้นยืนในการทอผ้าไหมได้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการสาวไหมโดยทั่วไป

2. การสาวไหมในระดับอุตสาหกรรม เป็นการสาวไหมในโรงงานสาวไหม ด้วยเครื่องสาวไหมที่ทันสมัย ขนาดใหญ่ สาวเส้นไหมด้วยความเร็วสูง และมีจำนวนหลายอักษสาว โดยคนสาว 1 คนจะควบคุมการสาวเส้นไหมประมาณ 15-20 อัก แต่ข้อจำกัดคือรังไหมที่นำมาสาวต้องมีเส้นใยยาว ซึ่งเครื่องสาวไหมมีทั้งเครื่องสาวไหมแบบกึ่งอัตโนมัติ (Multi-ends Silk Reeling Machine) และเครื่องสาวไหมอัตโนมัติ (Automatic Silk Reeling Machine) เส้นไหมที่ได้จะเรียบไม่มีปมปน มีความหนาและความยืดตัวได้มาตรฐาน สามารถผลิตได้ทั้งเส้นยัดและเส้นพุ่ง



ก



ข

รูปที่ 2 การสาวไหมด้วยอุปกรณ์สาวไหมพื้นบ้าน (ก) และสาวด้วยเครื่องสาวไหมที่พัฒนาในประเทศไทย (ข)



ก



ข

รูปที่ 3 เครื่องสาวไหมแบบกึ่งอัตโนมัติ (ก) และเครื่องสาวไหมอัตโนมัติในระดับอุตสาหกรรม (ข)

เครื่องสาวไหมที่พัฒนาโดยกรมวิชาการเกษตร

นอกเหนือจากการวิจัยและพัฒนาการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม การสาวไหมทั้งระดับเกษตรกรและอุตสาหกรรม และการสาวไหมทดสอบเพื่อสนับสนุนการปรับปรุงพันธุ์ไหมแล้ว กรมวิชาการเกษตรได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องสาวไหมระดับเกษตรกร ซึ่งได้รับการยอมรับจากเกษตรกรนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายจวบจนปัจจุบัน ทั้งเครื่องสาวไหมแบบมือหมุน และขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ตลอดจนเครื่องสาวไหมบางเครื่องได้รับรางวัลจากการประกวดสิ่งประดิษฐ์ในระดับประเทศ ดังนี้

1. เครื่องสาวไหมเส้นฟุ้งอุบลราชธานี (เครื่องสาวไหมเส้นฟุ้งยूपิ)

เป็นเครื่องสาวไหมที่พัฒนาโดยสถานีทดลองหม่อนไหมอุบลราชธานี สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 เพื่อแก้ปัญหาอุปสรรคเรื่องความสม่ำเสมอของขนาดและการรวมตัวไม่ดีของเส้นไหม และความสามารถในการทำงานต่ำในการสาวไหมด้วยอุปกรณ์สาวไหมแบบพื้นบ้าน ให้มีประสิทธิภาพในการสาวเส้นไหมสูงทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ ได้เส้นไหมคุณภาพดี เมื่อนำไปทอได้ผ้าไหมได้ผ้าไหมคุณภาพดี และจำหน่ายได้ราคาสูง ซึ่งเครื่องสาวไหมที่พัฒนามีหลายรุ่นดังนี้

1.1 เครื่องสาวไหมยूपิ 1 เป็นเครื่องสาวไหมแบบใช้มือหมุน (รูปที่ 4) ที่มีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วน คือ หม้อต้มรังไหม อ่างสาวไหม อักสาวไหม (เส้นรอบวง 50 เซนติเมตร) และอักกรอเส้นไหม (เส้นรอบวง 150 เซนติเมตร) สาวเส้นไหมด้วยความเร็ว 120-140 เมตร/นาที จากการทดสอบสาวเส้นไหม (สาวไหมรังสด) พันธุ์ดอกบัวและพันธุ์นครราชสีมาลูกผสม 1 จำนวน 3 รุ่นการเลี้ยง พบว่าได้เส้นไหมมีลักษณะกลม และมีการรวมตัวกันดี มีความสามารถในการทำงานและความแปรปรวนขนาดเส้นไหมดังตารางที่ 1



รูปที่ 4 เครื่องสาวไหมเส้นฟุ้งยूपิ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานเครื่องสาวไหมเส้นพุ่งยूपี่ 1

พันธุ์ไหม	ขนาดเส้นไหม ที่สาว (ดีเนียร์)	ความแปรปรวน ขนาดเส้นไหม (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กรัม/ชั่วโมง)	ความสามารถ สูงกว่าการสาว แบบพื้นบ้าน (เท่า)
นางน้อยศรีสะเกษ 1 X ดอกบัว	200	11.6-14.5	100.0-114.0	3.5-4.0
นครราชสีมาลูกผสม 1	179.6	7.8-8.0%	128.6-156.9	4.0-5.0

1.2 เครื่องสาวไหมเส้นพุ่งยूपี่ 2 เป็นสิ่งประดิษฐ์คิดค้นใหม่ ขับเคลื่อนอักษวและอักษกรอในเครื่องเดียวกันโดยใช้มอเตอร์ขนาด 1/4 แรงม้า จุดในการขับเคลื่อนอักษว (เส้นรอบวง 50 เซนติเมตร) และอักษกรอ (เส้นรอบวง 150 เซนติเมตร) ความเร็วการสาว 110 เมตร/นาที (รูปที่ 5) จากการทดสอบสาวเส้นไหมจากรังไหมพันธุ์ลูกผสมนครราชสีมา 1 จำนวน 3 รุ่งการเลี้ยง พบว่าเส้นไหมที่สาวได้มีลักษณะกลม มีการรวมตัวของเส้นไหมดีมาก เส้นไหมไม่แตกเมื่อนำไปทอผ้าจะได้ผ้ามีคุณภาพดีมาก ขนาดเส้นไหมที่สาวได้มีความแปรปรวนเฉลี่ย 10.1% ความสามารถในการทำงานสูงกว่าการสาวด้วยมือด้วยอุปกรณ์สาวไหมแบบพื้นบ้าน 6 เท่า โดยน้ำหนักในเวลาเท่ากัน ตลอดจนเป็นเครื่องสาวไหมที่สร้างจากวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น



ด้านหน้า



ด้านหลัง

รูปที่ 5 เครื่องสาวไหมเส้นพุ่งยूपี่ 2 (อุบลราชธานี 50)

อย่างไรก็ตามนอกจากเครื่องสาวไหมยूपี่ 2 จะได้รับการยอมรับการใช้งานอย่างแพร่หลายแล้ว ยังได้รับรางวัลชมเชยที่ 1 จากการประกวดสิ่งประดิษฐ์คิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการเกษตร ในปี 2536 โดยกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ร่วมกับมูลนิธิธนาคารกรุงเทพอีกด้วย



2. เครื่องสาวไหมเด่นชัย 1

การสาวไหมระดับเกษตรกรด้วยอุปกรณ์สาวไหมแบบพื้นบ้าน ซึ่งเป็นการสาวเส้นไหมด้วยมือผ่านอุปกรณ์สาวไหม (พวงสาว) ใส่ลงในกระบุงหรือภาชนะอื่นแล้วนำมากรอหรือเหล่งเป็นเช็ดไหมในภายหลัง ซึ่งสามารถทำการสาวไหมได้เพียงประมาณ 0.11 กิโลกรัม/วัน คุณภาพของเส้นไหมที่สาวได้มีลักษณะด้อย โดยเฉพาะเส้นไหมไม่กลม การรวมตัวกันไม่ดี เส้นไหมแตกง่ายเมื่อพอกย้อม เป็นอุปสรรคในการทอผ้า และเกษตรกรสามารถขายเส้นไหมได้ในราคาที่ต่ำ ศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่ กรมวิชาการเกษตร จึงได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องสาวไหมเด่นชัย 1 (รูปที่ 6) เพื่อแก้ปัญหาทั้งปริมาณและคุณภาพดังกล่าวตั้งแต่ปี 2541 และสำเร็จในปี 2543



(ก)



(ข)



รูปที่ 6 เครื่องสาวไหมเด่นชัย 1 (ก) และการสาวเส้นไหมด้วยเครื่องสาวไหมเด่นชัย 1 (ข)

เครื่องสาวไหมเด่นชัย 1 ได้รับการวิจัยและพัฒนาให้มีโครงสร้างและวิธีการปฏิบัติงานคล้ายกับการสาวไหมด้วยอุปกรณ์สาวไหมแบบพื้นบ้าน แต่ได้มีการวิจัยและพัฒนาปรับปรุงระบบรอกของพวงสาวให้สามารถทำการสาวเส้นไหมได้ด้วยความเร็วสูง เพื่อเป็นการเพิ่มความสามารถในการทำงาน จากเดิมมีรอกอันเดียวทำจากซีไม์ไฟ ซึ่งมีข้อจำกัดของการทำเกลียวขณะทำการสาวเส้นไหมได้เพียง 8-10 เกลียว ส่งผลให้การรวมตัวของเส้นใยไหมไม่ดี เส้นไหมดิบที่สาวได้แตกง่ายเมื่อทำการพอกย้อมและย้อมสี เป็นพวงสาวที่มีลูกรอกที่ทำจากซีไม์ไฟจำนวน 3 ตัว และสามารถทำเกลียวเส้นไหมขณะทำการสาวได้ถึง 80 เกลียว ซึ่งทำให้ได้เส้นไหมที่มีการรวมตัวดี ไม่แตกง่ายเมื่อทำการพอกและย้อม พร้อมมีอุปกรณ์กันรังไหมไม่ให้ถูกดึงไปพันกับเส้นไหมอีก ทั้งนี้ตำแหน่งการติดตั้งรอกแต่ละตัว มุมในการดึงเส้นไหม และจำนวนการทำเกลียวเส้นไหมดังกล่าวได้มีการศึกษาและทดสอบอย่างเป็นระบบตามขบวนการวิจัยและหลักการทางสถิติกับการสาวไหมพันธุ์ต่างๆ ว่ามีความเหมาะสม ได้เส้นไหมคุณภาพดีและรักษาความยืดหยุ่นเช่นเดียวกับการสาวไหมด้วยอุปกรณ์สาวไหมแบบพื้นบ้านไว้ได้

อย่างไรก็ตามการสาวเส้นไหมด้วยเครื่องสาวไหมเด่นชัย 1 ยังคงมีขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติ คล้ายคลึงกับวิธีการสาวไหมแบบพื้นบ้าน เนื่องจากไม่ต้องการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมกรรมกรสาวหรือวิธีการ ปฏิบัติของเกษตรกรจากการใช้อุปกรณ์สาวไหมแบบพื้นบ้านมากนัก เพื่อให้มีการยอมรับนำไปใช้งานอย่าง แพร่หลายและเป็นการสนับสนุนการพัฒนาคุณภาพเส้นไหมโดยรวม

ปัจจุบันเครื่องสาวไหมเด่นชัย 1 ได้รับการยอมรับโดยเกษตรกรนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย และได้รับรางวัลเหรียญทองสาขาเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร จากการประกวด “ลัทธิบัตรการประดิษฐ์ เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว” จัดโดยกรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์ ในปี พ.ศ. 2551

3. เครื่องสาวไหมเด่นชัย 2

เครื่องสาวไหมเด่นชัย 2 เป็นผลงานวิจัยจากความร่วมมือระหว่างสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่ และสำนักผู้เชี่ยวชาญกรมวิชาการเกษตร จากแนวความคิดการนำข้อดีของเครื่องสาวไหมเด่นชัย 1 และเครื่องกรอเส้นไหมหกลเหลี่ยมเด่นชัยพัฒนามาผนวกเข้าด้วยกัน เพื่อเป็นการลดขั้นตอน และเพิ่มความสามารถในการทำงาน ให้สามารถทำการสาวเส้นไหมและกรอเส้นไหมจนได้เช็ดไหมขนาด มาตรฐาน พร้อมต่อขบวนการต่อเนื่องอื่นๆต่อไปในคราวเดียวกัน โดยยังคงรักษาคุณภาพเส้นไหมที่สาวได้ ให้ใกล้เคียงกับเส้นไหมที่สาวได้จากการสาวด้วยเครื่องสาวไหมเด่นชัย 1 และมีความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับการสาวด้วยเครื่องสาวไหมแบบพื้นบ้าน นอกจากนี้ยังต้องพัฒนาภายใต้เงื่อนไขการออกแบบให้มีกลไกไม่ ซับซ้อน ไม่แตกต่างจากระบบปฏิบัติการสาวไหมแบบพื้นบ้านมากนักเพื่อให้มีการยอมรับการใช้งานและ เป็นการพัฒนาคุณภาพเส้นไหมโดยรวมทางอ้อม มีราคาถูกและใช้ได้ในพื้นที่ไม่มีไฟฟ้า ทำการสาวเส้นไหม ได้เส้นกลม การรวมตัว เส้นเรียบ ไม่แตก มีความเหนียว และมีความยืดหยุ่นดี ใช้ได้กับการสาวรังไหม พันธุ์ไทยพื้นบ้าน หรือพันธุ์ไทยลูกผสมซึ่งมีความยาวเส้นใยสั้น ตลอดจนรังไหมพันธุ์ลูกผสมอื่นที่มีคุณภาพ รังไหมไม่ดี หรือไหมรังเสียที่ไม่สามารถขายให้กับโรงงานสาวไหมได้

อย่างไรก็ตามเนื่องจากในอดีตมีการประดิษฐ์คิดค้นเครื่องสาวไหมขนาดเล็กสำหรับการใช้งานใน ระดับเกษตรกรมากมายหลายแบบทั้งจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ซึ่งมีจำนวนไม่น้อยที่มุ่งเน้นเรื่อง ความสามารถในการทำงานหรือปริมาณเส้นไหมที่สาวได้ในแต่ละวัน ขาดความเข้าใจและการคำนึงถึง เกี่ยวกับคุณภาพเส้นไหมที่สาวได้ ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องจำนวนมากและซับซ้อน อีกทั้งส่งผลต่อราคาเส้น ไหม การทอ คุณภาพของผ้าไหม และราคาจำหน่ายผ้าไหมที่จะได้รับ และจะเห็นได้จากการไม่ข้อมูลพื้น ฐานที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับเครื่องสาวไหมขนาดเล็กที่ได้รับการประดิษฐ์ขึ้นมา ดังนั้นการวิจัยและ พัฒนาเครื่องสาวไหมเด่นชัย 2 นี้ จึงเริ่มต้นตั้งแต่การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งจากการตรวจเอกสาร และการทดสอบเบื้องต้นจนกระทั่งการทดสอบสมรรถนะการทำงานทั้งในศูนย์วิจัยฯ และในระดับ เกษตรกร

3.1 ขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา

1. การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการออกแบบ ซึ่งได้แก่ความเร็วเชิงเส้นในการสาวเส้นไหม



ความเร็วรอบมือหมุนที่เหมาะสมของการสาวแบบมือหมุน วิธีการลดแรงดึงในเส้นไหมขณะทำการสาว การจัดเรียงเส้นไหม และแบบของวัสดุรองรับเส้นไหมของอีกสาว

2. การออกแบบสร้างเครื่องสาวไหมต้นแบบ และการแก้ไขปรับปรุง

3. การทดสอบความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงาน

4. การทดสอบคุณภาพเส้นไหมที่สาวได้ โดยดำเนินการทดสอบสาวเส้นไหมจากรังไหมจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ UB1 (รังสีขาว) พันธุ์นางน้อยศรีสะเกษ (รังสีเหลือง) และพันธุ์ดอกบัว (NN x UB1) ซึ่งเป็นรังสีเหลือง เปรียบเทียบกับการสาวไหมแบบพื้นบ้าน และการสาวด้วยเครื่องสาวไหมเด่นชัย 1 วางแผนการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD จำนวน 5 ซ้ำ ใช้รังไหมอบแห้ง 30 กรัม/ซ้ำ และทำการสาวเส้นไหมที่จำนวน 25 รัง โดยจะได้ขนาดเส้นไหม 65-70 ดีเนียร์ ซึ่งจัดว่าเป็นไหมเส้นเล็กเมื่อเทียบกับขนาดเส้นไหมที่ทำการสาวเส้นไหมทั่วไป ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องทดสอบความเหนียว และการยืดตัวของเส้นไหม

เส้นไหมที่สาวได้จะถูกนำไปตรวจสอบคุณภาพเส้นไหมตามมาตรฐานวิธีการตรวจสอบคุณภาพเส้นไหม โดยพิจารณาเฉพาะค่าชี้ผลบางส่วนซึ่งได้แก่ ขนาดเส้นไหม (Denier) ความเหนียว (Tenacity) การยืดตัว (Elongation) การรวมตัวของเส้นไหม (Cohesion) เปอร์เซ็นต์เส้นใยที่สาวได้ และเปอร์เซ็นต์กาวเซรีซิน โดยจำนวนซ้ำขึ้นอยู่กับปริมาณเส้นไหมที่สาวได้จากการทดสอบประสิทธิภาพการสาว ซึ่งมากกว่า 10 ซ้ำ

5. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

3.2 ผลการทดลองและวิจารณ์

3.2.1. รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการออกแบบ

1. การลดแรงดึงในเส้นไหมขณะทำการสาวเส้นไหม เพื่อลดแรงดึงในเส้นไหมและป้องกันเส้นไหมที่สาวได้เสียความยืดหยุ่นและเกิดการกดทับกันมากทำให้เส้นไหมที่ได้มีลักษณะไม่กลม ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ จัดเป็นเส้นไหมคุณภาพต่ำ การศึกษาพิจารณาใช้ 3 หลักการคือ การประยุกต์ใช้หลักการของรอกเพื่อการผ่อนแรง การหาตำแหน่งที่เหมาะสมของอุปกรณ์การจัดเรียงเส้นไหมบนอีกสาว และการเพิ่มอุปกรณ์ช่วยสาว จากการศึกษาพบว่าตำแหน่งของอุปกรณ์ชุดเรียงเส้นไหมบนอีกสาวควรเป็นตำแหน่งในแนวเดียวกับแนวการดึงเส้นไหม คืออยู่ในแนวเดียวกับรอกตัวสุดท้ายของพงสาว และระดับการดึงเส้นไหมของอีกสาว ส่วนการใช้หลักการผ่อนแรงของรอกเพื่อลดแรงดึงในเส้นไหมนั้นตัวรอกต่างๆ บนพงสาวได้ช่วยลดแรงดึงในเส้นไหมส่วนหนึ่งแล้วนอกเหนือจากวัตถุประสงค์จากการพันเกลียวเส้นใยไหมให้รวมตัวกันเป็นเส้นไหม ไม่สามารถประยุกต์ใช้ลดแรงดึงเส้นไหมโดยตรงได้เนื่องจากแรงดึงที่ต้องการผ่อนแรงเป็นแรงในแนวเดียวกับแรงดึง และมีการเคลื่อนที่เนื่องจากการสาวเส้นไหมตลอดเวลา สำหรับการออกแบบใช้อุปกรณ์ช่วยสาวอื่น ๆ นั้นจะทำให้เครื่องสาวไหมต้นแบบมีอุปกรณ์และการทำงานซับซ้อนเกินไปเป็นการเพิ่มต้นทุนเครื่อง และยุ่งยากในการดูแลรักษาซึ่งมีผลต่อการยอมรับของเกษตรกรจริงพิจารณายกเลิกการสร้างอุปกรณ์นี้

2. ทดสอบหาความเร็วเชิงเส้นในการสาวเส้นไหม ความเร็วเชิงเส้นในการสาวเส้นไหม

จะแปรผันโดยตรงกับปริมาณเส้นไหมที่สาวได้ แต่จะแปรผันอย่างผกผันกับคุณภาพเส้นไหมที่ได้รับหากทำการสาวเส้นไหมด้วยความเร็วเชิงเส้นที่สูงกว่าความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสม นอกจากนี้พบว่าปริมาณและคุณภาพเส้นไหมที่สาวได้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆด้วย เช่น คุณภาพรังไหม และการต้มรังไหม แต่เนื่องจากไม่พบว่ามีกรรวบรวมข้อมูลความเร็วเชิงเส้นของการสาวเส้นไหมแบบพื้นบ้าน และเครื่องสาวไหมอื่นที่พัฒนาในประเทศไทย จึงทำการทดสอบหาความเร็วเชิงเส้นในการสาวเส้นไหม เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบระบบส่งกำลัง ซึ่งผลการศึกษาและการทดสอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 2 ความเร็วเชิงเส้นในการสาวเส้นไหมด้วยเครื่องสาวไหมแบบต่าง ๆ

เครื่องสาวไหม	อุณหภูมิในอ่างสาว	ความเร็วในการสาว (m/min)
เครื่องสาวไหมแบบพื้นบ้าน	60-70 C	26
เครื่องสาวไหมเด่นชัย 1	60-70 C	45
เครื่องสาวไหมแบบ Multi-ends*	30-45 C	50 – 80
เครื่องสาวไหมอัตโนมัติ*	30-45 C	100-120

* แหล่งข้อมูล Yong-woo, 1999

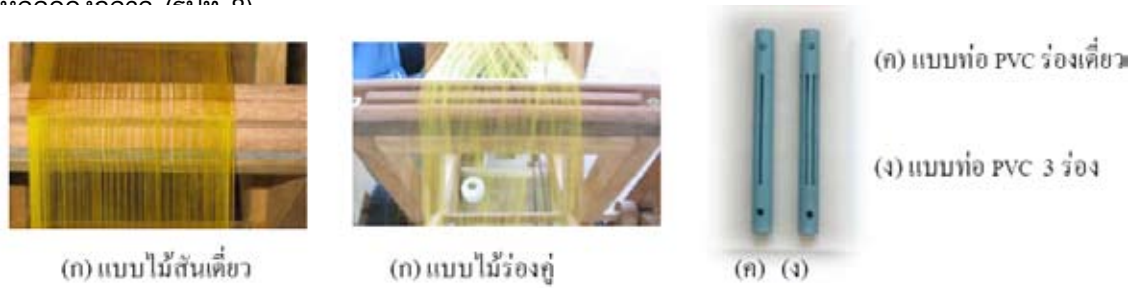
จากตารางที่ 2 พบว่าความเร็วเชิงเส้นในการสาวเส้นไหมของเครื่องสาวไหมเด่นชัย 1 ใกล้เคียงกับความเร็วเชิงเส้นในการสาวเส้นไหมด้วยเครื่องสาวไหมแบบมัลติเอนด์ (Multi-ends silk reeling machine) แต่มีอุณหภูมิในอ่างสาวสูงกว่า ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องสาวไหมเด่นชัย 1 จึงเลือกความเร็วเชิงเส้นในการสาว 50 m/min (0.83 m/sec) เป็นความเร็วในการออกแบบเครื่องสาวไหมเด่นชัย 2

3. การทดสอบหาความเร็วรอบมือหมุนที่เหมาะสมในการทำงาน ผลการทดสอบพบว่าความเร็วรอบมือหมุนเฉลี่ย 40 รอบ/นาที ผู้ปฏิบัติงานจะมีความรู้สึกเป็นธรรมชาติมากที่สุด ไม่ช้าหรือรีบเร่งเกินไป และใช้ความเร็วนี้เพื่อการออกแบบ

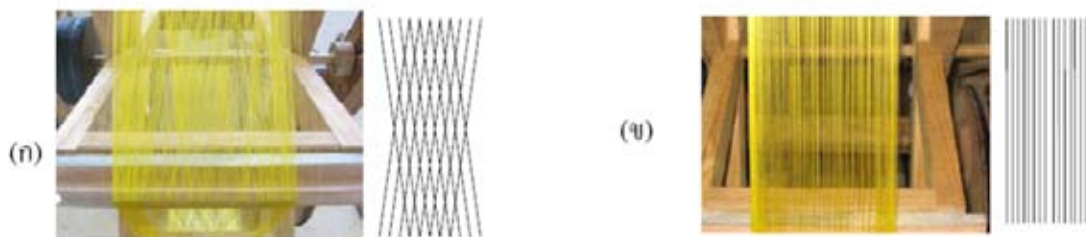
4. ศึกษาวัสดุรองรับเส้นไหมของอักษสาว เพื่อให้เส้นไหมที่สาวได้แห้งเร็ว ป้องกันการเกิดเส้นไหมแบนเนื่องจากการกดทับของเส้นไหมบนอักษสาว ได้ทำการทดลองใช้วัสดุรองรับเส้นไหม 4 แบบ โดย 2 แบบทำจากไม้คือ แบบสันเดี่ยว และ แบบร่องคู่ และอีก 2 แบบทำจากท่อ PVC คือ แบบท่อ PVC ร่องเดี่ยว และท่อ PVC 3 ร่อง (รูปที่ 7) ผลการทดสอบพบว่าวัสดุรองรับเส้นไหมแบบไม้ร่องคู่ มีความเหมาะสมที่สุด สำหรับแบบไม้สันเดี่ยวจะเกิดรอยพับของเส้นไหมทำให้เกิดเส้นไหมแบน ในขณะที่วัสดุรองรับแบบท่อ PVC ทั้ง 2 แบบ ไม่สามารถรับแรงกดของเส้นไหมได้

5. ศึกษาวิธีการจัดเรียงเส้นไหมที่สาวได้บนอักษสาว โดยทั่วไปการจัดเรียงเส้นไหมบนอักษสาวของเครื่องสาวไหม นิยมจัดวางเรียงเส้นไหมแบบसान (Cross Diamond) แต่จากสมมุติฐานที่ว่า การจัดเรียงเส้นไหมบนอักษสาวแบบसानนั้น เส้นไหมที่พันบนอักษสาวรอบแรก ๆ จะถูกกดทับด้วยเส้นไหมรอบต่อมาเร็วเกินไปทั้งที่เส้นไหมยังไม่แห้งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดเส้นไหมมีลักษณะแบน ส่วนการเรียงเส้นไหมบนอักษสาว

เช่นเดียวกับการกรอเส้นไหมเข้าหลอด (Travers revolving) การเรียงจะค่อยๆ เรียงจากขอบของอักษวด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งอย่างช้าๆ ซึ่งจะช่วยให้เส้นไหมที่สาวได้แห้งกว่าการเรียงเส้นไหมแบบสาน ก่อนที่จะถูกทับด้วยเส้นไหมจากการสาวในรอบถัดมา โดยคาดว่าจะช่วยแก้ปัญหาการเกิดเส้นไหมแบนได้ จึงได้ออกแบบเครื่องสาวไหมต้นแบบ ทดสอบคุณภาพเส้นไหมจากวิธีการจัดเรียงแบบสาน และแบบการเข้าหลอด (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 วิธีจัดเรียงเส้นไหมแบบต่าง ๆ



รูปที่ 8 การจัดเรียงเส้นไหมที่สาวได้นอกรอ (ก) แบบสาน (ข) แบบการเข้าหลอด

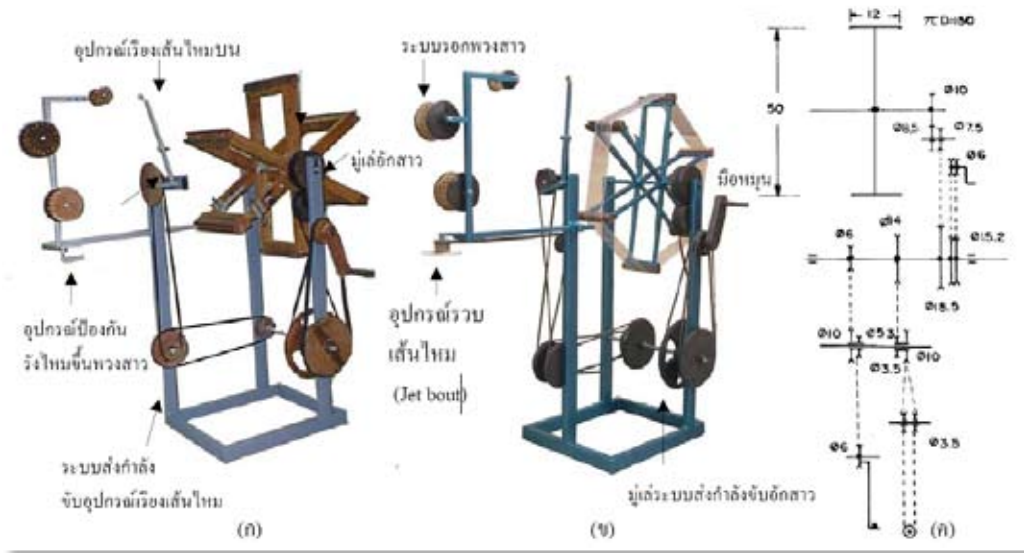
ผลการทดสอบพบว่าลักษณะเส้นไหมที่สาวได้คล้ายคลึงกัน โดยวิธีการจัดเรียงเส้นไหมแบบเข้าหลอดนั้นเส้นไหมที่ได้ค่อนข้างแห้งกว่าการจัดเรียงเส้นไหมแบบสาน แต่ภายหลังพบปัญหาคือเมื่อทำการสาวจนได้เส้นไหมบนอกรอเพียงพอสำหรับการทำเช็ดไหมแล้ว การแบ่งเส้นไหมเป็นส่วนๆในแต่ละเช็ดเพื่อความสะดวกในการพอกย้อมนั้นทำได้ยาก นอกจากนี้การเคลื่อนที่ของชุดเรียงเส้นไหมต้องถูกรอบให้หมุนด้วยความเร็วรอบต่ำมาก ซึ่งจำเป็นต้องใช้มู่เสขนาดใหญ่ หรือเพิ่มจำนวนมู่เสมากขึ้น ทำให้เครื่องต้นแบบดูเทอะทะ ยุ่งยากในการผลิตและต้นทุนการผลิตสูง จึงพิจารณาเลือกการจัดเรียงเส้นไหมแบบสานในการออกแบบเครื่องสาวไหมเด่นชัย 2

3.2.3 การออกแบบสร้างเครื่องสาวไหมต้นแบบ และการแก้ไขปรับปรุงเครื่องสาวไหมต้นแบบ

เครื่องสาวไหมเด่นชัย 2 มีส่วนประกอบหลักประกอบด้วย โครงสร้างหลัก ระบบส่งกำลังเพื่อขับเคลื่อนชุดเรียงเส้นไหมและอกรอ ระบบรอกพวงสาวและอกรอ โดยระบบส่งกำลังออกแบบใช้มู่เส



และสายพานกลม เนื่องจากมีราคาถูกและเหมาะกับการส่งกำลังที่มีความเร็วรอบในการทำงานต่ำ โดยเครื่องต้นแบบเพื่อการทดสอบ เครื่องต้นแบบหลังการปรับปรุง และระบบส่งกำลังดังแสดงในรูปที่ 9 และการสาวเส้นไหมด้วยเครื่องสาวไหมเด่นชัย 2 ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 9 เครื่องสาวไหมเด่นชัย 2 ในการทดสอบ (ก) และเครื่องต้นแบบหลังการปรับปรุง (ข) พร้อมระบบการส่งกำลัง (ค)



รูปที่ 10 การสาวไหมด้วยเครื่องสาวไหมเด่นชัย 2



3.3.3 ผลการทดสอบความสามารถ ประสิทธิภาพเครื่องสาวไหมเด่นชัย 2 และคุณภาพเส้นไหมที่สาวได้

จากการทดสอบสาวเส้นไหมจากรังไหมอบแห้ง 3 พันธุ์ (ดอกบัว นางน้อยศรีสะเกษ และ UB1) และเปรียบเทียบกับเครื่องสาวไหมด้วยอุปกรณ์สาวไหมแบบพื้นบ้าน และเครื่องสาวไหมเด่นชัย 1 ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 11-16 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้คือ ทำการสาวเส้นไหมได้เร็วกว่าการสาวไหมแบบพื้นบ้าน และการสาวไหมด้วยเครื่องสาวไหมเด่นชัย 1 โดยเฉลี่ย 3.3 และ 2.6 เท่าตามลำดับ โดยคุณภาพเส้นไหมที่สาวได้มีคุณภาพใกล้เคียงกันถึงสูงกว่าแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นการรวมตัวของเส้นไหมดีกว่าการสาวไหมแบบพื้นบ้านอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายังคงรักษาไว้ซึ่งความต้องการลักษณะที่ดีของเส้นไหมที่ได้จากการสาวด้วยมือหรือการสาวแบบพื้นบ้าน โดยเฉพาะความยืดหยุ่น และความเหนียวของเส้นไหม

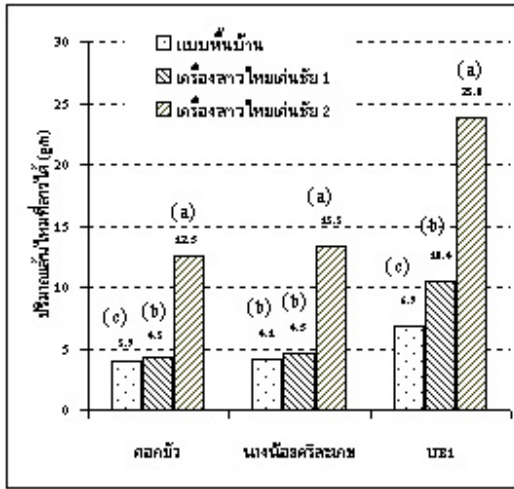
3.3.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

เมื่อทำการลงทุนซื้อเครื่องสาวไหมพร้อมอุปกรณ์ของอุปกรณ์สาวไหมแบบพื้นบ้าน เครื่องสาวไหมเด่นชัย 1 และเครื่องสาวไหมเด่นชัย 2 ในราคา 90, 217 และ 3,000 บาทตามลำดับ จะมีค่าใช้จ่ายคงที่ เท่ากับ 18, 43.4 และ 525 บาท/ปี ตามลำดับ และมีค่าใช้จ่ายผันแปรอันเนื่องมาจากค่าแก๊สหุงต้ม และค่าแรงงานรวม 1,133, 897 และ 340 บาท/กก.(เส้นไหม) ตามลำดับ พบว่ามีจุดคุ้มทุนอยู่ที่การสาวเส้นไหม 0.87 และ 0.64 กก./ปี (ภาพที่ 17) นั่นคือหากเกษตรกรมีสวนหม่อนประมาณ 3 ไร่ และเลี้ยงไหมจากไขไหมจำนวน 1 แผ่น/รุ่น การลงทุนเครื่องสาวไหมเด่นชัย 2 จะถึงจุดคุ้มทุนเมื่อซื้อทำการเลี้ยงไหมเพียงรุ่นเดียวต่อปี

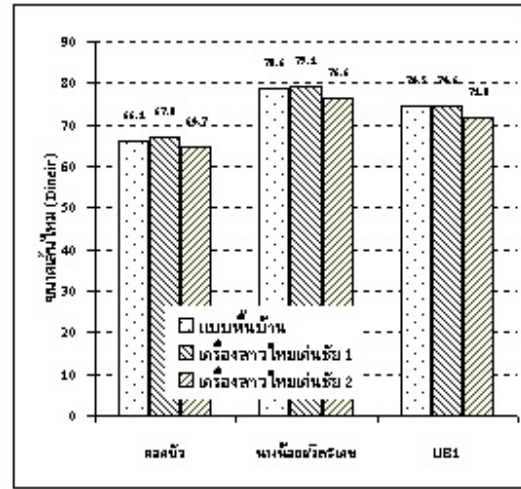
3.3.5 การปรับปรุงเครื่องสาวไหมต้นแบบเพิ่มเติม ได้เพิ่มอุปกรณ์รวบเส้นไหม (Jet bout) ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการสาวและลดความเบี่ยงเบนขนาดของเส้นไหมเนื่องจากการป้อนรังไหมไม่ทัน ตลอดจนเปลี่ยนอักษจากไม้เป็นเหล็กและมีกลไกที่สามารถถอดเช็ดไหมออกจากอักษได้ง่าย ดังรูปที่ 9 (ข)

3.3.6 การนำไปใช้ประโยชน์ และการทดสอบในภาคเกษตรกร

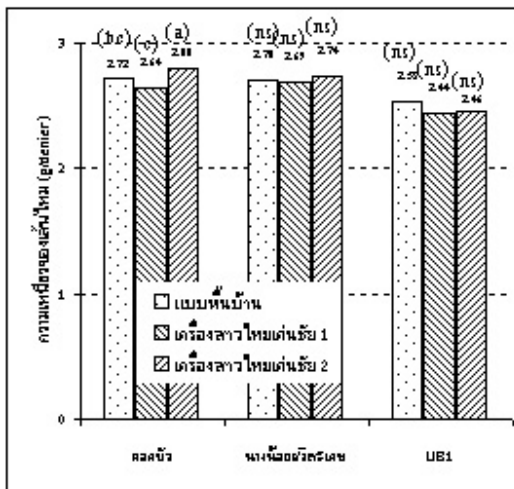
เครื่องสาวไหมเด่นชัย 2 ได้มีบริษัทเอกชนนำไปผลิตและจำหน่ายให้เกษตรกรมากกว่า 2,000 เครื่อง และในช่วงเวลาเดียวกันได้ทำการทดสอบในภาคเกษตรกรจำนวน 3 กลุ่ม ในจังหวัดแพร่ และอุดรดิตถ์ ทำการทดสอบสาวไหม 3 ครั้งตามรุ่นการเลี้ยงไหมคือ รุ่นเดือนธันวาคม มีนาคม และ พฤษภาคม พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีความพึงพอใจเครื่องสาวไหมเด่นชัย 2 ในเรื่องของคุณภาพเส้นไหมที่ได้จากการสาว คุณภาพเส้นไหมหลังการฟอกขาว และความพึงพอใจหลังการใช้เครื่องสาวไหมที่ค่าคะแนนเฉลี่ย 2.40 ซึ่งกล่าวได้ว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจในระดับมาก แต่พบว่าเกษตรกรมีแนวโน้มสาวเส้นไหมด้วยความเร็วสูงกว่าที่ออกแบบ และอาจส่งผลให้คุณภาพเส้นไหมด้อยลงได้ ดังนั้นการออกแบบพัฒนาเพื่อควบคุมความเร็วในการสาวควรได้รับการพัฒนาต่อไป



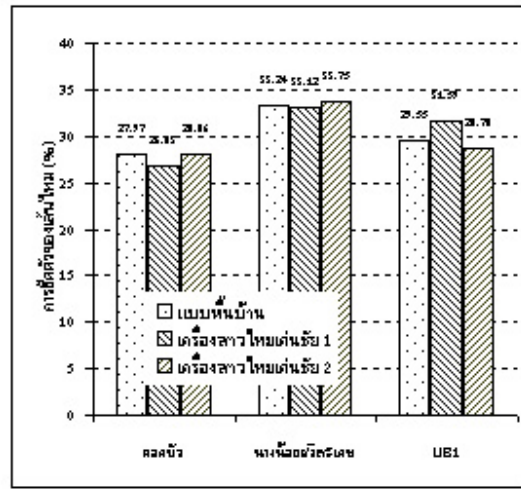
รูปที่ 11 ปริมาณเส้นไหมที่สาวได้ด้วยวิธีการสาวที่แตกต่างกัน



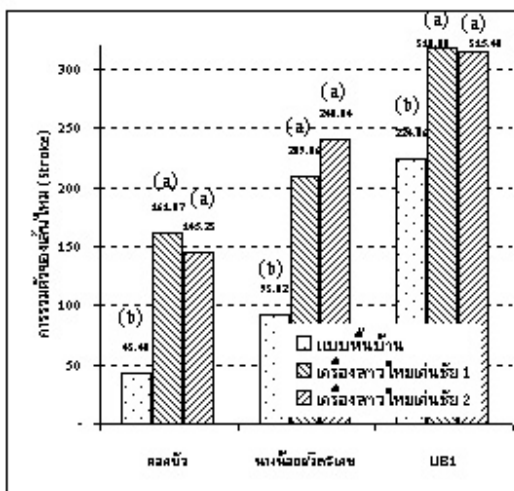
รูปที่ 12 ขนาดเส้นไหมจากรังไหมแต่ละพันธุ์ ด้วยวิธีการสาวที่แตกต่างกัน



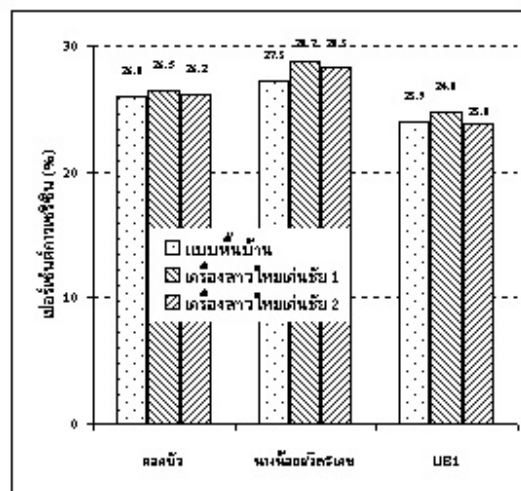
รูปที่ 13 ความเหนียวของเส้นไหมจากรังไหมแต่ละพันธุ์ ด้วยวิธีการสาวที่แตกต่างกัน



รูปที่ 14 การยืดตัวของเส้นไหมจากรังไหมแต่ละพันธุ์ ด้วยวิธีการสาวที่แตกต่างกัน



รูปที่ 15 การรวมตัวของเส้นไหมจากรังไหมแต่ละพันธุ์ ด้วยวิธีการสาวที่แตกต่างกัน

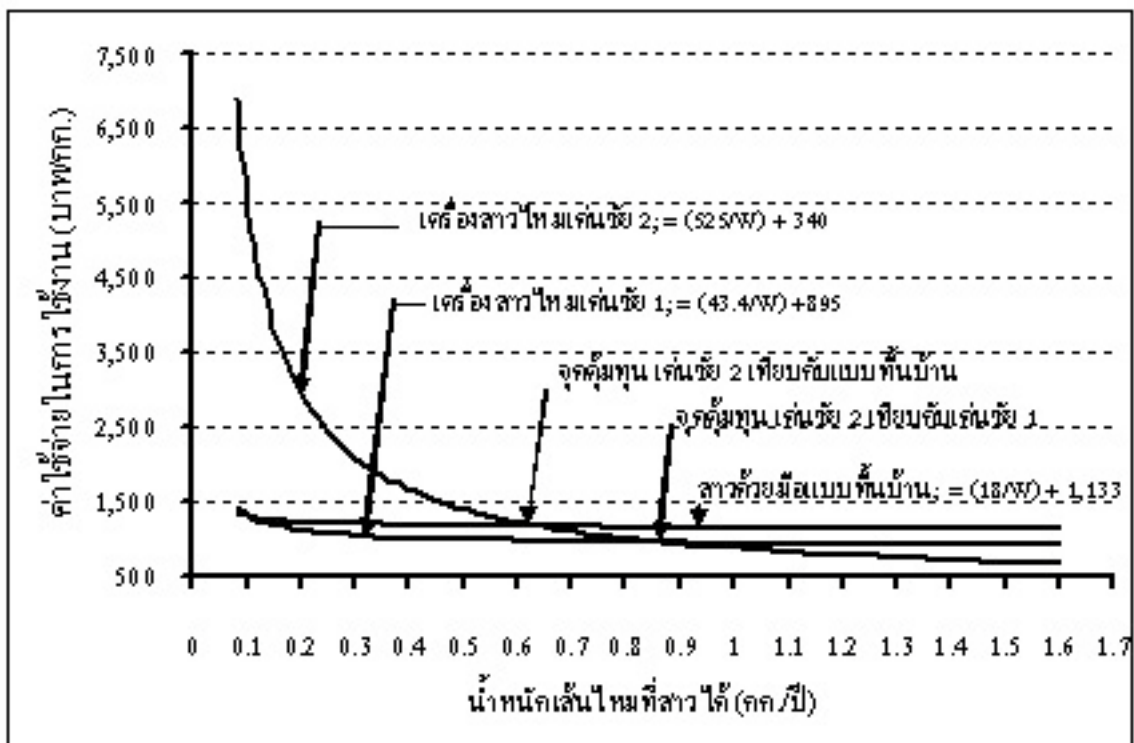


รูปที่ 16 เปอร์เซ็นต์ค่าเซรินของเส้นไหมแต่ละพันธุ์ จากวิธีการสาวที่แตกต่างกัน



สรุป

กรมวิชาการเกษตร โดยสถาบันวิจัยหม่อนไหม และสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องสาวไหมขนาดเล็กสำหรับการสาวไหมเส้นพุ่งในระดับเกษตรกร ทั้งแบบปรับปรุงจากอุปกรณ์สาวไหมแบบพื้นบ้านแต่ประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่าทั้งด้านคุณภาพและปริมาณ (เครื่องสาวไหมเด่นชัย 1) เครื่องสาวไหมแบบมือหมุน (เครื่องสาวไหมเส้นพุ่งยूपิ 1 ที่ทำการสาวลงบนอ๊กสาวแล้วนำมากรอเป็นเช็ดไหมด้วยเครื่องเดียวกันอีกครั้งหนึ่ง และเครื่องสาวไหมเด่นชัย 2) และแบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด แรงม้า (เครื่องสาวไหมเส้นพุ่งยूपิ 2 ซึ่งคล้ายเครื่องสาวไหมยूपิ 1 ที่สาวเส้นไหมลงบนอ๊กสาวก่อนแล้วกรอเป็นเช็ดไหมอีกครั้ง) ซึ่งเกษตรกรยอมรับนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการสาวไหมทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ ตลอดจนการพัฒนาคุณภาพเส้นไหมโดยรวมของประเทศ เพื่อเป็นวัตถุดิบในการทอผ้าไหมได้ผ้าไหมคุณภาพ จำหน่ายได้ราคาสูงเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร ตลอดจนเป็นการช่วยจรรโลงอาชีพการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม ที่มีเอกลักษณ์และวัฒนธรรมที่ดีของไทย



รูปที่ 17 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของเครื่องสาวไหมเด่นชัย 2 เปรียบเทียบกับเครื่องสาวไหมเด่นชัย 1 และอุปกรณ์สาวไหมแบบพื้นบ้าน

บรรณานุกรม

- จรรยา ปั่นแห่งเพชร ปาน ปั่นแห่งเพชร นพดล พันธุ์คำเกิด ชาญณรงค์ พูลศิลป์ สมพล ช่างบุญ สรงรักษ์ เติงรัตน์ประเสริฐ และวรพจน์ รักษ์สังข์. 2544. ศึกษาและปรับปรุงอุปกรณ์เครื่องสาวไหมแบบ พื้นบ้าน. หน้า.160-175 ใน รายงานผลการค้นคว้าวิจัยประจำปี 2544. สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร.
- จรรยา ปั่นแห่งเพชร วรพจน์ รักษ์สังข์ แสงจันทร์ ขวัญอ่อน และคนธวิรัช ชมชื่น. 2540. การทดสอบ คุณภาพเส้นไหมที่สาวได้. หน้า 171-179 ใน รายงานผลการค้นคว้าวิจัยประจำปี 2540 ไหม ต่างประเทศลูกผสม. สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร.
- จรรยา ปั่นแห่งเพชร. 2546. ไหมไทย...เอกลักษณ์ไทย. กสิกร. 76(4) กรกฎาคม-สิงหาคม: หน้า 31-43
- ธนพร ศิลปะชัย อนุชิต ฉ่ำสิงห์ และวิโรจน์ แก้วเรือง. 2549. การทดสอบเครื่องสาวไหมเด่นชัย 2 ใน ภาคเกษตรกร. รายงานผลงานวิชาการหม่อนไหม ปี 2549 สถาบันวิจัยหม่อนไหมแห่งชาติ เฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ: 23 หน้า
- วรพจน์ รักษ์สังข์. 2546. หลักการสาวไหม. เอกสารวิชาการกรมวิชาการเกษตร: 89 หน้า
- วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. 2536. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2. ซีเอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพฯ
- สรงรักษ์ เติงรัตน์ประเสริฐ ธรรมบุญ โชคชัย จรรยา ปั่นแห่งเพชร และสถิตย์เดช สารสุข. 2533. การ ประดิษฐ์เครื่องสาวไหมยู่ปี. ใน รายงานผลการค้นคว้าวิจัยประจำปี 2533 สถาบันวิจัยหม่อน ไหม กรมวิชาการเกษตร: หน้า 276-278
- สรงรักษ์ เติงรัตน์ประเสริฐ และจรรยา ปั่นแห่งเพชร. 2536. การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสาวไหมยู่ปี 1. ใน รายงานผลการค้นคว้าวิจัยประจำปี 2536 ไหมต่างประเทศลูกผสม สถาบันวิจัยหม่อน ไหม กรมวิชาการเกษตร หน้า 98-100
- สรงรักษ์ เติงรัตน์ประเสริฐ และจรรยา ปั่นแห่งเพชร. 2536. การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสาวไหมยู่ปี 2. ใน รายงานผลการค้นคว้าวิจัยประจำปี 2536 ไหมต่างประเทศลูกผสม สถาบันวิจัยหม่อน ไหม กรมวิชาการเกษตร หน้า 101-103
- สมบุญรณ์ โกมลนาค. 2541. เทคโนโลยีการผลิตเส้นไหมพุ่ง. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 เชียงใหม่: 6 หน้า
- สมโพธิ อัครพันธุ์. 2539. การพัฒนาหม่อนไหมในประเทศไทย. สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร: 179 หน้า
- อนุชิต ฉ่ำสิงห์, จรรยา ปั่นแห่งเพชร, ปาน ปั่นแห่งเพชร, ธนพร ศิลปะชัย และวรพจน์ รักษ์สังข์. 2547. วิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องสาวไหมเด่นชัย 1. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547 สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร
- อนุชิต ฉ่ำสิงห์, จรรยา ปั่นแห่งเพชร, ปาน ปั่นแห่งเพชร, ธนพร ศิลปะชัย และวรพจน์ รักษ์สังข์. 2548. วิจัยและพัฒนาเครื่องสาวไหมเด่นชัย 2. เอกสารประกอบการสัมมนา การประชุมวิชาการครั้งที่ 6 ประจำปี 2548: สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 30-31 มีนาคม 2548 ณ โรงแรม มิราเคิลแกรนด์.
- Lee, Yong-woo. 1999. Silk Reeling and Testing Manual. FAO agricultural services bulletin no. 1