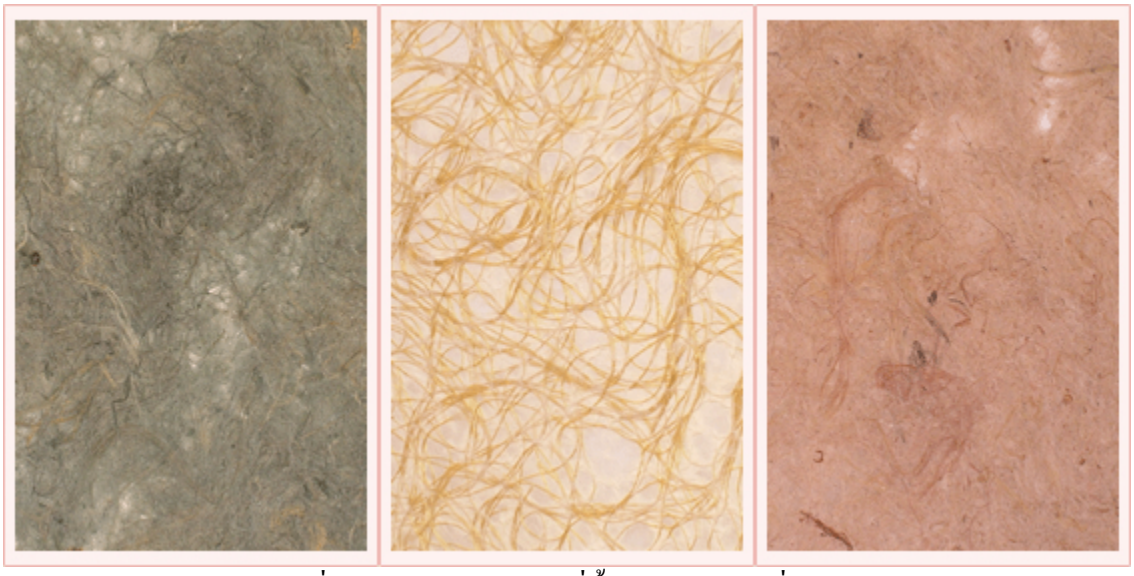
บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หรือที่เรียกว่า ผลิตภัณฑ์สีเขียว (Green products) กำลังได้รับความสนใจ และถูกให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก สำหรับการแก้ไข บรรเทา ปัญหาสภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เชือกจากเยื่อธรรมชาติเป็นอีกตัวอย่างหนึ่งที่เป็นผลิตภัณฑ์สีเขียว ซึ่งสามารถรับน้ำหนัก ได้มากพอสมควร ดังแสดงในรูปที่ 1.1

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างเส้นเชือกที่ขึ้นรูปจากธรรมเยื่อธรรมชาติ

พืชเส้นใยจำพวกกล้วยมีลักษณะของเส้นใย ที่สามารถนำมาปั่นเป็นเส้นเชื่อได้ กล้วยเป็นผลไม้ที่มีบทบาทในชีวิตคนไทยมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว ปลูกง่ายได้ทุกภาคส่วนของประเทศ ซึ่งนอกจากผลของกล้วยแล้ว ส่วนอื่นๆไม่ว่าจะเป็น ราก ใบ ผล ลำต้น หรือหยวกกล้วย ต่างก็มีประโยชน์สามารถนำมาแปรรูป แล้วก่อให้เกิดคุณค่าได้ทั้งสิ้น นอกจากการแปรรูปเป็นอาหารแล้ว กล้วยยังเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆด้วย เช่น การผลิตยารักษาโรค ส่วนต่างๆของกล้วยยังนำมาแปรรูปเป็นสินค้าอื่นๆได้ด้วย เช่น ใบตองสามารถนำมาแปรรูปเป็นกระเป๋า ตะกร้าหรือของตกแต่งบ้านได้ กาบกล้วยสามารถนำมาทำเยื่อกระดาษได้ และที่น่าสนใจก็คือ เส้นใยกล้วยสามารถนำมาทำเป็น สิ่งทอ ตะกร้า กระเป๋า ที่ใส่ทิชชู่ เป็นต้น ลักษณะของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อกล้วยเป็นจะมีลักษณะเส้นใยที่หยาบกว่าเยื่อปอสาที่นำมาผลิตเป็นกระดาษสา รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะของกระดาษธรรมชาติที่ขึ้นรูปจากเยื่อกล้วย จากการศึกษาข้อมูลของคณะผู้วิจัยในเบื้องต้นพบว่า ต้นกล้วยเป็นพืชที่ปลูกกันมากทุกภาคส่วนของประเทศ โดยมากเมื่อตัดผลกล้วยแล้วต้นก็จะล้มตายเองตามธรรมชาติ เน่าเปื่อย แก๊สจาก

การเน่าส่งผลกระทบกับชั้นบรรยากาศ จึงได้มีแนวคิดผลิตเส้นใยจากกาบกล้วย แล้วนำเส้นใยนั้นมาขึ้นรูปให้เป็นแผ่นกระดาษ ด้วยหลักการเหมือนกับการผลิตกระดาษสา จากนั้นนำกระดาษจากเยื่อกล้วยที่ได้ไปปั่นเกลียวให้เป็นเส้นเชือกที่มีความแข็งแรง เหมาะสมสำหรับประยุกต์ใช้งานรูปแบบต่างๆ



รูปที่ 1.2 ตัวอย่างกระดาษที่ขึ้นรูปจากธรรมเยื่อกล้วย

1. 1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากที่ได้กล่าวมาแล้ว ในปัจจุบันมุ่งเน้นการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และจากการสืบค้นข้อมูลทำให้คณะทีมงานวิจัย ได้มีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องขึ้นรูปเกลียวเส้นเชือกจากกระดาษกล้วย เพื่อให้ได้เส้นเชือกที่มีความแข็งแรงมากกว่า กระบวนการฟั่นเชือก ซึ่งเป็นการนำเอาเชือกเพียงแค่สองเส้นมาฟั่นรวมกันให้เป็นเกลียว แต่ในลักษณะของเครื่องที่จะออกแบบและสร้างนี้จะทำการขึ้นเกลียวจากเชือก 2-4 เส้น เพื่อเป้าหมายผลิตเส้นเชือกที่มีความแข็งแรงสูง สามารถนำมาประยุกต์ ใช้กับบางลักษณะงานที่ทดแทนเชือกจากพลาสติกสังเคราะห์ ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานของเส้นเชือกจากธรรมชาติ แสดงดังรูปที่ 1.3 โครงงานวิจัยนี้นอกจากสนับสนุนและส่งเสริมการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพิ่มมูลค่าจากสิ่งที่ไร้ค่าให้มีคุณค่าเพิ่มขึ้น แล้ว ยังเป็นการช่วยส่งเสริมการสร้างอาชีพให้กับเกษตรกรอีกแนวทางหนึ่ง ซึ่งเส้นเชือกเกลียวจากกระดาษกล้วยที่ได้จะสามารถออกแบบรังสรรค์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความน่าสนใจด้านผลิตภัณฑ์สีเขียว และมีเสน่ห์ดึงดูดใจด้วยรูปลักษณ์ที่เป็นธรรมชาติ เมื่อประชาชนรวมกลุ่มสร้างสรรค์ผลงานสู่ท้องตลาด อีกทั้งได้รับการสนับสนุนด้านงานประดิษฐกรรรม จากโครงการประดิษฐกรรมเพื่อพัฒนาชนบท จะช่วยส่งผลดีในแง่ของการเพิ่ม

รายได้ให้กับชุมชน มีทางเลือกสำหรับการประกอบอาชีพมากกว่าการเข้าไปตัดไม้ทำลายป่า เพื่อทำไร่เลื่อนลอย สร้างปัญหาให้กับโลกด้วยการตัดต้นไม้ เป็นช่องทางช่วยกันรักษาสิ่งแวดล้อมในทางอ้อมไปในขณะเดียวกัน เมื่อความเป็นอยู่ดีขึ้น ชุมชนเข้มแข็ง ส่งผลดีต่อการพัฒนาประเทศให้เจริญก้าวหน้ายิ่งขึ้น

a) เก้าอี้สำหรับนั่งเล่น b) ตุ๊กตาสาน c) กล่องที่ผลิตจากเส้นเชือกธรรมชาติ

รูปที่ 1.3 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยเส้นเชือกจากธรรมชาติ

1. 2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1) เพื่อศึกษาสภาวะการขึ้นรูปเส้นเชือกสานเฟอร์นิเจอร์จากกาบกล้วยและหญ้าแฝก เพื่อเผยแพร่และถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับนักวิชาการ ผู้ประกอบการ และเกษตรกรผู้สนใจผลิตเส้นเชือกจากกาบกล้วยและหญ้าแฝก
2) ศึกษาสมบัติที่จำเป็นต่อการใช้งานของเส้นเชือกสานเฟอร์นิเจอร์จากกาบกล้วยและหญ้าแฝก

1. 3 ขอบเขตของโครงการ

ทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเยื่อจากกาบกล้วยและหญ้าแฝก ออกแบบและสร้างชุดขึ้นรูปเกลียวเส้นเชือกจากกระดาษกล้วยและหญ้าแฝก ทดสอบสมบัติที่จำเป็นต่อการนำเส้นเชือกที่ได้ไปใช้งาน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการผลิตเส้นเชือกดังกล่าวออกจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ และประยุกต์ใช้สำหรับงานรูปแบบอื่นๆ

1. 4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของโครงการ

1) ได้กระบวนการผลิตเส้นเชือกสำหรับสานเฟอร์นิเจอร์จากกาบกล้วยและหญ้าแฝก
2) ได้เทคนิคกระบวนการผลิตเส้นเชือกที่เหมาะสมสำหรับถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่กลุ่มเกษตรกร
3) ช่วยสร้างมูลค่าให้กับเศษเหลือจากงานเกษตรกรรม ส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนให้กับเกษตรกร และสร้างทางเลือกสำหรับการนำเศษพืชมาใช้งาน
4) เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาตลาดเพื่อผลิตให้เป็นสินค้า หรือดัดแปลงให้เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ เพื่อการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2. 1 ทบทวนวรรณกรรม

ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์ และคณะ [1] ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาขนสุนัขมาปั่นเป็นเส้นด้าย พบว่าสุนัขพันธุ์พูเดิ้ลมิเนียเจอร์ สามารถตัดขนได้ปีละ 2-3 ครั้ง ซึ่งขนสุนัขที่ทำการตัดแล้วทางร้านจะนำไปทิ้งโดยไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์อะไร ทำให้คณะวิจัยได้ทดลองปั่นเส้นด้ายจากขนสุนัข เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าขนสุนัขและนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางด้านสิ่งทอ จากการทดลองพบว่าขนสุนัขปั่นเป็นเส้นด้ายได้ โดยสามารถปั่นเส้นด้ายเบอร์ 3.86 Ne มีจำนวนเกลียวเฉลี่ยน 10 เกลียวต่อนิ้ว ความแข็งแรงดึงต่อแรงดึงเฉลี่ย 2.36 กรัม/เท็กซ์ และเปอร์เซ็นต์การยืดตัวก่อนขาดเฉลี่ย 6.78 % นอกจากนั้นยังสามารถนำเส้นด้ายจากขนสุนัขไปทำเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทออื่นๆ ได้ เช่น ถุงมือ ผ้าพันคอ เป็นต้น

นงนุช ตั้งเกริกโอพาร [2] นำเสนอเกี่ยวกับเรื่องของกล้วย ดังรายละเอียดดังนี้ กล้วยเป็นต้นไม้ที่ให้ประโยชน์ในทุกส่วน ตั้งแต่ใบตอง กาบกล้วยหรือหยวกกล้วย ผลกล้วยทั้งดิบและสุก ปลีกล้วย รวมทั้งรากและลำต้นใต้ดิน ส่วนใบใช้เป็นภาชนะหุ้มห่อของมาเนิ่นนาน ใบกล้วย นำมาอังไฟใช้ประคบแก้ปวดเมื่อย ใบอ่อนใช้พันแผล ส่วนกาบกล้วยทำเป็นเชือกกล้วยที่ขึ้นชื่อในเรื่องความเหนียว โดยเฉพาะกาบจากกล้วยมนิลา มีความเหนียวสูง ซึ่งปลูกกันมากที่ประเทศฟิลิปปินส์ เส้นใยกล้วยใช้ทอเป็นผืนผ้า ทำเป็นกระดาษ และกาบกล้วยแห้งยังใช้ทำเป็นงานหัตถกรรมพื้นบ้านหลายชนิด กล้วยสุกเป็นผลไม้ที่ให้รสอร่อย มีสารอาหารครบถ้วนทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน และเกลือแร่ โดยเฉพาะแคลเซียมและโปแตสเซียม อีกทั้งมีกากใยและมีคุณสมบัติช่วยเป็นยาระบาย เพราะมีสารเพคติน (Pectin) สูง การกินควรเคี้ยวให้ละเอียดจึงจะทำให้ย่อยง่าย ท้องไม่อืด ส่วนกล้วยดิบช่วยระงับอาการท้องร่วง เพราะมีสารแทนนิน (Tannin) กล้วยหักมุกนั้น เชื่อกันว่าสามารถใช้เป็นยารักษาโรคกระเพาะได้ ปลีกล้วยและกล้วยอ่อนใช้ปรุงอาหาร ปลีกล้วยมีเหล็กมาก ใช้รักษาโรคโลหิตจาง นำมาทำแกงเลียงกินบำรุงน้ำนมในแม่ลูกอ่อน คั้นน้ำดื่มแก้ปวดท้อง แก้โรคเบาหวาน ยางจากปลีกล้วยหรือก้านกล้วยมีสารแทนนิน ใช้ห้ามเลือดและรักษาแผลสดได้ เปลือกผลกล้วยยังสามารถใช้ทาบริเวณยุงหรือมดกัด รักษาอาการผื่นคันได้อีกด้วย รากลำต้นใต้ดินมีสารแทนนิน ช่วยเรื่องแผลไฟไหม้ นอกจากนี้ต้นกล้วยยังมีบทบาทในพิธีกรรมต่างๆ มากมาย รวมทั้งสามารถนำส่วนของกาบใบและใบกล้วยมาผลิตเป็นงานหัตถกรรมศิลปะพื้นบ้านนานาชนิดอีกด้วย กล้วยจึงจัดเป็นต้นไม้และผลไม้ที่มีประโยชน์มากมายมหาศาล

วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา และ คณะ [3] ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากใยกล้วยส่วนกาบใบ น่าจะมีความเป็นไปได้ในการนำเอากาบกล้วยมาผลิตกระดาษที่มีความทนทานและเหนียวได้ ถ้าใยกล้วยสามารถ นำมาเตรียมเป็นเยื่อกระดาษได้จะช่วยลดมูลค่าการนำเข้าเยื่อกระดาษจากต่างประเทศ และยังเป็นการเพิ่มมูลค่า ของกล้วยให้สูงขึ้นด้วย ในการทดลองได้เตรียมเยื่อกระดาษจากกาบกล้วยโดยกรรมวิธีโซดา สารเคมีที่ใช้คือ NaOH อุณหภูมิในการต้มเยื่อคือ 160° C เวลา 2 ชั่วโมง โดยทำการทดลอง 8 ชุด คือ 14%, 18%, 20%, 24% NaOH ของน้ำหนักวัตถุดิบแห้ง และในอีก 4 ชุด จะทำที่เปอร์เซ็นต์ NaOH เดียวกัน แต่เติม Anthraquinone 0.25% ของน้ำหนักวัตถุดิบแห้ง เยื่อกระดาษที่ได้นำไปหา Kappa No. ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณลิกนินที่เหลืออยู่ในเยื่อ กระดาษ และหาปริมาณเปอร์เซ็นต์ของ Yield ของเยื่อกระดาษจากการต้มเยื่อ หลังจากนั้นนำเยื่อกล้วยไปขึ้นรูปกระดาษ โดยเครื่อง Sheet Forming แล้วนำกระดาษไปทดสอบสมบัติด้านต่างๆ จากผลการทดลองได้ว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ของ Yield ต่ำมาก (~25%) และค่า Kappa No. สูงมาก (~50-60) และจากสมบัติกระดาษได้ว่า ความต้านทานในการดึง (Tensile Strength) มีค่าอยู่ในช่วง 5000-7000 เมตร ค่าความต้านต่อการฉีกขาด (Tearing factor) อยู่ในช่วง 90-100 gf/gsm, ค่าความต้านทานแรงดันทะลุ (Bursting factor) อยู่ในช่วง 30-40 ksc/gsm, ค่าความต้านทานการหักพับ (Folding endurance) อยู่ในช่วง 900-1200 ครั้ง ซึ่งทำให้สรุปได้ว่า เส้นใยจากกล้วยให้กระดาษที่มีสมบัติดี แต่ไม่เหมาะสม ในการลงทุน เนื่องจากเยื่อที่ได้มีลิกนินเหลืออยู่สูงมาก และให้ค่าของ Yield ที่ต่ำ ประกอบกับเยื่อมีความอุ้มน้ำสูง เป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำขณะขึ้นรูปกระดาษทำให้ต้องใช้เวลามาก สิ้นเปลืองพลังงาน และเนื้อกระดาษไม่มีความเป็นเอกภาพ (Uniformity) ทั้งนี้เพราะเยื่อกระจายตัวไม่ดี ถ้าในอนาคตได้มีการวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตเยื่อ ก็อาจจะมีโอกาสนำใยกล้วยมาใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษได้

2.2 พืชเส้นใย

พืชเส้นใย หมายถึง พืชที่ให้เส้นใย คำว่า "เส้นใย" หมายถึง สิ่งที่มีลักษณะเป็นเส้นยาวเรียว เส้นใยธรรมชาติซึ่งได้จากพืช จะมีส่วนประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลสซึ่งได้จากหลายส่วนของพืช เซลลูโลส มีส่วนประกอบทางเคมีพวกคาร์โบไฮเดรต (สารพวกเดียวกับแป้งและน้ำตาล) โมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลเดี่ยวสูญน้ำไป 1 โมเลกุล ($C_6H_{10}O_5$) เชื่อมต่อกันหลายๆ โมเลกุลย่อยสลายตัวได้ยาก โมเลกุลของเซลลูโลสเรียงตัวกันในผนังเซลล์ของพืช เป็นหน่วยเส้นใยขนาดเล็กมากเกาะจับตัวกันเป็นเส้นใย ในพืชบางชนิดนั้นเส้นใยเป็นผนังเซลล์เซลล์เดียวของพืช เช่น ใยฝ้ายเป็นขนจากชั้นของเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกสุด

เมื่อพิจารณาจากส่วนของพืชที่ให้เส้นใยที่นำไปใช้ประโยชน์ แบ่งได้ดังนี้

1) ขนที่เมล็ดหรือผนังด้านในของผล เช่น ฝ้าย รัก นุ่น และงิ้ว
2) เส้นใยในเนื้อเยื่อด้านในเปลือกของลำต้น เช่น ปอแก้ว ปอกระเจา ปอกัญชา ป่านลินิน และป่านรามี เส้นใยที่ได้จากเนื้อเยื่อส่วนเปลือกของลำต้นนั้นส่วนใหญ่เรียกว่า "ปอ" ส่วนที่ได้จากเนื้อเยื่อของใบเรียกว่า "ป่าน" อย่างไรก็ตาม ก็ไม่ได้เรียกแยกกันอย่างชัดเจน เช่น รามี และลินินให้เส้นใยที่เหนียว แข็ง หรือมักใช้ทอผ้าเนื้อบางหรือทอด้วยด้ายเส้นเล็กหรือละเอียดก็ได้
3) เส้นใยจากใบ ซึ่งเป็นส่วนท่อน้ำท่ออาหารของใบ เช่น ป่านศรนารายณ์ สับปะรดกล้วย มีส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่ตัวใบ เส้นกลางใบ ก้านใบ และกาบใบ
4) เส้นใยที่เป็นเนื้อไม้ของต้นไม้ เป็นส่วนเนื้อเยื่อของท่อน้ำท่ออาหาร ใช้ในการทำกระดาษเป็นส่วนใหญ่ เช่น ยูคาลิปตัส สนสามใบหรือสนเกี๊ยะ ปอแก้ว ปอสา และต้นพืชล้มลุก โดยใช้กระบวนการที่เหมาะสมแยกเส้นใยจากเนื้อไม้ แล้วนำเส้นใยนี้ไปใช้ประโยชน์ทางด้านสิ่งทอได้ เช่น ผลิตเส้นใยเรยองหรือไหมเทียม (หมายรวมถึงเส้นใยที่ได้เซลลูโลสและอนุพันธ์ของเซลลูโลส) จากไม้ยูคาลิบตัส
5) เส้นใยจากส่วนอื่น ๆ เช่น ทางหรือก้านใบประกอบของต้นปาล์ม ใช้ทำแปรงส่วน เปลือกของผล (กาบมะพร้าว) หรือแม้กระทั่งรากมะพร้าวใช้ทำเชือก เป็นต้น

พืชเส้นใยแบ่งกลุ่มได้อย่างคร่าว ๆ เนื่องจากไม่สามารถแบ่งแยกได้อย่างชัดแจ้งเพราะมีลักษณะที่คาบเกี่ยวกัน จึงอาจแบ่งตามลักษณะการนำวัตถุดิบของพืชเส้นใยไปใช้งานดังนี้

1) ใช้ทำสิ่งทอ โดยปั่นเป็นเส้นด้านแล้วนำไปทอเป็นผืนผ้า เช่น ฝ้าย ป่านรามี ปอกระเจาะและป่านลินิน
2) ใช้ทำเชือก เช่น ป่านศรนารายณ์ ปอแก้ว กล้วย และมะพร้าว
3) ใช้ยัดที่นอน ผ้าห่ม หมอน เบาะ เก้าอี้นวม เครื่องครุภัณฑ์ เช่น นุ่น งิ้ว รัก ฝ้าย และมะพร้าว
4) ใช้ทำกระดาษ ซึ่งอาจใช้วิธีการง่ายๆ หรือกรรมวิธีทางอุตสาหกรรม ใช้กับพืชหลายชนิดเพราะพืชให้เซลลูโลสที่นำไปใช้ทำกระดาษได้ เช่น พวกไม้เนื้ออ่อน สนบางชนิด ยูคาลิปตัส ฟางข้าว หญ้าขจรจบ หรือต้นพืชล้มลุกอื่น ๆ แม้กระทั่งเส้นใยที่ใช้ในสิ่งทอ เช่น เส้นใยฝ้ายสั้น ๆ ที่ไม่อาจนำไปปั่นทอได้ดี
5) ใช้ทำแปรง และสานหรือทอเป็นผืนแบบเสื่อ เช่น มะพร้าว ป่านศรนารายณ์และ กก
6) ใช้ทำสิ่งของอื่นๆ ได้แก่ ตะกร้าหมวก เช่น กล้วยให้กาบใบ และส่วนอื่นสำหรับประดิษฐ์สิ่งของต่างๆ ผักตบชวาใช้ผลิตเปลแขวนและภาชนะอย่างอื่น ย่านลิเภาซึ่งเป็นพวกเถาวัลย์

ใช้สานทำภาชนะได้อย่างสวยงาม กก ใช้ทอเสื่อและสิ่งประดิษฐ์อื่น ไผ่ที่เอามาจักหรือผ่าเป็นเส้นใช้สานหรือทอและต้นหวายซึ่งก็เป็นพืชตระกูลปาล์มที่ใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรมและหัตถกรรมได้กว้างขวางมาก

2.2.1 กล้วย (Banana)

กล้วยเป็นไม้ล้มลุกขนาดใหญ่ มีอายุหลายปี ลำต้นตั้งตรง เมื่อโตเต็มที่อาจจะมีความสูงสองถึงเก้าเมตร แต่ลำต้นที่เราเห็นกันนั้นแท้จริงแล้วเป็นลำต้นเทียม (Pseudostem) ประกอบด้วยกาบใบที่อัดกันแน่น (หยวกกล้วย) ส่วนลำต้นที่แท้จริงของกล้วยจะเกิดเป็น เหง้าใต้ดิน (Corm) ใบเป็นใบเดี่ยวสีเขียวขนาดใหญ่ ผิวใบด้านบนเรียบเป็นมัน ท้องใบสีนวล เส้นกลางใบใหญ่และแข็ง ก้านใบยาว ดอกของกล้วยออกเป็นช่อ (Inflorescence) อยู่ที่ปลายยอด ลักษณะห้อยหัวลง สีแดงคล้ำ เรียกว่า ปลี (Banana flower) เมื่อเปิดกาบปลีดูจะเห็นดอกเดี่ยวเรียงกัน ตั้งแต่ข้อแรกจนถึงข้อที่ 5-15 ของช่อดอกเป็นดอกตัวเมีย ส่วนปลายของช่อดอกเป็นดอกตัวผู้ อันเป็นความตั้งใจของธรรมชาติที่ไม่ต้องการให้เกิดการผสมพันธุ์กันเองของพ่อแม่ต้นเดียวกัน เพราะกว่าที่กาบปลีซึ่งคลุมดอกตัวผู้จะเปิดออก ดอกตัวเมียก็โรยไปหมดแล้ว

รูปที่ 2.1 กล้วย [1]

ผลของกล้วยทั้งหมดบนก้านดอกรวม เรียกว่า เครือ (Bunch) ส่วนผลกล้วยแต่ละกลุ่ม แต่ละข้อ เรียกว่า หวี (Hand) แต่ละผลเรียกว่า ผลกล้วย (Finger) กล้วยเครือหนึ่งอาจจะมีจำนวนหวี 5-15 หวี และแต่ละหวีมีจำนวนผลตั้งแต่ 5-20 ผล ขนาด ของผลเมื่อโตเฉลี่ยประมาณ 5-15 เซนติเมตร กว้าง 2.5-5 เซนติเมตร ผลสุกโดยทั่วไปมีเปลือกสีเหลือง แต่อาจมีสีเขียวหรือแดงก็ได้แล้วแต่พันธุ์ กล้วยส่วนใหญ่ที่เรารับประทานไม่มี เมล็ด ทั้งนี้เพราะผลกล้วยเกิดขึ้นได้ด้วยกระบวนการ Parthenocarpy คือ การเกิดเนื้อได้โดยไม่ต้องผสมพันธุ์ เนื้อส่วนใหญ่นั้นเกิดจากขอบ นอกของร่องของรังไข่ การขยายตัวของผนังกั้นรังไข่และแกนกลาง และขยายไปทั่วรังไข่จนกระทั่งผลแก่ ไข่หรือโอวุลมีการหด

ตัวลงในระยะแรกและจะเห็นเป็นเม็ดสีน้ำตาลเล็กๆ ฝัง อยู่ในเนื้อเมื่อผลแก่ แต่ใช่ว่ากล้วยจะไม่มีเมล็ดเสียทั้งหมด เพราะหากได้รับการผสมจากละอองเกสรที่มากพอ กล้วยก็จะมีเมล็ด

กล้วยเป็นผลไม้ที่ให้พลังงานมาก มีรสอร่อย ปลูกง่ายและมีราคาถูก จึงเป็นเหตุให้ผู้คนนิยมบริโภคกล้วยกันแทบทุกครัวเรือน ในปัจจุบัน ชาวสวนนิยมปลูกกล้วยเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ประสบปัญหากล้วยล้นตลาด ราคาตก และขายไม่ออก ทำให้ต้องเก็บกล้วยที่ขายไม่ออกไว้จนเน่าไปอย่างน่าเสียดาย เมื่อเจอปัญหาเช่นนี้แล้ว ชาวเกษตรกรชาวสวนทั้งหลายต่างก็ต้องหาทางออกโดยอาศัยความช่วยเหลือจากส่วนต่างๆ และหนึ่งในทางออกนั้นก็คือ การแปรรูปกล้วย นั่นเอง ผลิตภัณฑ์กล้วยแปรรูปกำลังเป็นตลาดใหม่ที่น่าจับตามองอย่างยิ่ง อาทิ กล้วยฉาบ เชื่อม อบ ตาก อบเนย อบผสมไอโอดีน อบเสริมแคลเซียม กล้วยแดดเดียว ลูกอมกล้วย น้ำพริกเผากล้วย มายองเนสกล้วย แยมกล้วย กล้วยกระป๋อง ซอสกล้วย น้ำรากกล้วยเข้มข้น และไวน์รากกล้วย เป็นต้น

นอกจากผลิตภัณฑ์จากกล้วยในไทยแล้ว ในประเทศผู้ปลูกกล้วยแถบประเทศอินเดีย ศรีลังกา ยังมีซีรีลกล้วย (Drum dried banana) น้ำกล้วยพร้อมดื่ม และกล้วยทอดในรูปแบบเหมือนเฟรนช์ฟรายด์ อีกด้วย สินค้าแปรรูปที่ทำมาจากกล้วยที่กำลังได้รับความนิยมอยู่ในขณะนี้ เห็นทีจะไม่มีใครเกิน “กล้วยอบเนย” ซึ่งผลิตได้ง่าย ขั้นตอนไม่ยุ่งยาก และต้นทุนไม่สูง ส่วนประกอบที่ต้องใช้ ได้แก่ กล้วยดิบแก่จัด เนย เกลือ น้ำตาลปี๊บและน้ำตาลทราย ซึ่งล้วนแต่เป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายตามท้องตลาด ประกอบกับขั้นตอนวิธีการทำที่ไม่กินเวลา จึงทำให้มีผู้ผลิตสินค้าแปรรูปชนิดนี้ออกมาเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ขนมไทยที่ทำมาจากกล้วยก็ยังเป็นที่นิยมอยู่มาก เช่น ขนมแป้งจี่กล้วย ข้าวต้มมัดกล้วย ข้าวต้มน้ำวุ้นกล้วย ตะโก้กล้วย กล้วยกวนและขนมกล้วย เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้นยังมีผลิตภัณฑ์ แป้งกล้วยน้ำว้า ที่ทำมาจากกล้วยอีกด้วย เรามักจะใช้ผงแป้งกล้วยดังกล่าวผสมกับแป้งสาลีเพื่อลดปริมาณแป้งสาลีที่จะต้องใช้ เนื่องจากแป้งกล้วยนั้นมีราคาที่ถูกกว่านั่นเอง

ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกล้วยอีกประเภทหนึ่งที่น่าจะได้รับความสนใจและประสบความสำเร็จทั้งในตลาดบ้านเราและตลาดต่างประเทศ ก็คือ ไวน์กล้วย นั่นเอง ตลาดไวน์ในเมืองไทยกำลังมุ่งความสนใจไปยังไวน์ผลไม้ ที่ทำมาจากผลไม้ท้องถิ่น อย่างเช่น ไวน์มังคุด ไวน์มะม่วง ไวน์ลิ้นจี่ ดังนั้นไวน์กล้วยจึงน่าจะได้ส่วนแบ่งในตลาดไวน์ผลไม้ได้ไม่ยากนัก นอกจากการแปรรูปเป็นอาหารแล้ว กล้วยยังเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆด้วย เช่น การผลิตยารักษาโรค ชาวอินเดียนิยมใช้กล้วยทำยารักษาโรคในช่องท้อง ต่อมาก็ได้พัฒนานำกล้วยมาผลิตเป็นยาลูกกลอนกล้วยน้ำว้าที่มีสรรพคุณในการรักษาแผลในกระเพาะอาหาร และแพทย์ยังนิยมใช้สารสกัดแทนนินที่สกัดมาจากเปลือกกล้วยเพื่อนำมารักษาโรคและผลิตยารักษาโรคอีกด้วย และใช่ว่าผลกล้วยเท่านั้นที่มีประโยชน์และนำมาแปรรูปเป็นสินค้าสำคัญๆได้ ส่วนต่างๆของกล้วยยังนำมาแปรรูปเป็นสินค้าอื่นๆ

ได้ด้วย เราสามารถนำใบตองแห้งมาแปรรูปเป็นกระเป๋า ตะกร้าหรือของตกแต่งบ้านได้ กาบกล้วยสามารถนำมาทำเยื่อกระดาษได้ และที่น่าสนใจก็คือ ผ้าที่ทำมาจากเส้นใยกล้วยและนำมาทำเป็น สิ่งทอ ตะกร้า กระเป๋า ที่ใส่ทิชชู่ เป็นต้น

กล้วยและประโยชน์ของมันในตอนที่ยังไม่ได้แปรรูปซึ่งมักจะเป็นการนำมาใช้ประโยชน์อย่างง่ายๆไม่มีขั้นตอนยุ่งยากอะไรเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้ว กล้วยนอกจากจะสามารนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆตามความต้องการของตลาดได้แล้ว ยังเป็นผลไม้ที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยที่สามารถสร้างรายได้เข้าประเทศ

2.2.3 หญ้าแฝก (Vetiver grass)

หญ้าแฝกจัดเป็นหญ้าเขตร้อนที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติ กระจัดกระจายทั่วไปในสภาพแวดล้อมต่างๆ ซึ่งในประเทศไทยจะพบหญ้าแฝกขึ้นอยู่ตามธรรมชาติในพื้นที่ทั่วไปจากที่ลุ่มจนถึงที่ดอน สามารถขึ้นได้ในดินเกือบทุกชนิด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Vetiveria zizanioides เป็นพืชตระกูลหญ้าขึ้นเป็นกอหนาแน่น เจริญเติบโตโดยการแตกกออย่างรวดเร็ว เส้นผ่าศูนย์กลางกอประมาณ 30 เซนติเมตร ความสูงจากยอดประมาณ 0.5 ถึง 1.5 เมตร ลักษณะใบแคบยาวประมาณ 75 เซนติเมตร ความสูงจากยอดประมาณ 75 เซนติเมตร ความกว้างประมาณ 8 มิลลิเมตร ค่อนข้างแข็ง หากนำมาปลูกติดต่อกันเป็นแนวยาวขวางแนวลาดเทของพื้นที่ กอซึ่งอยู่เหนือดินจะแตกกอติดต่อกันเหมือนรั้วต้นไม้ สามารถกรองเศษพืชและตะกอนดิน ซึ่งถูกน้ำชะล้างพัดพามาตกทับถมดินติดอยู่กับกอหญ้าเกิดเป็นคันดินตามธรรมชาติได้ หญ้าแฝกเป็นพืชที่มีระบบรากลึกเจริญเติบโตในแนวดิ่งมากกว่าออกทางด้านข้างและมีจำนวนรากมากจึงเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดี รากจะประสานติดต่อกันแน่นหนาเสมือนม่านหรือกำแพงใต้ดิน สามารถกักเก็บน้ำและความชื้นได้ ระบบรากแผ่ขยายกว้างเพียง 50 เซนติเมตร โดยรอบกอเท่านั้น ไม่เป็นอุปสรรคต่อพืชที่ปลูกข้างเคียง จัดเป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยให้ดินมีความชื้นและรักษาหน้าดิน เพื่อใช้สำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจ ซึ่งการใช้หญ้าแฝกในการอนุรักษ์ดินและน้ำดังกล่าวเป็นวิธีการที่ง่ายน้อยมาก ซึ่งจะเป็นการนำไปสู่การพัฒนาระบบเกษตรกรรมในเขตพื้นที่การเกษตรน้ำฝนให้มีความมั่นคงและยั่งยืน สามารถนำวิธีการนี้ไปใช้ในพื้นที่อื่น ๆ เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมและอนุรักษ์สภาพแวดล้อมและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เช่น พื้นที่สองข้างของทางคลองชลประทานอ่างเก็บน้ำ บ่อน้ำ ป่าไม้ ป้องกันขอบตลิ่ง คอสะพาน ไหล่ถนน เป็นต้น

รูปที่ 2.2 หญ้าแฝก [2]

1) ลำต้น

การขึ้นอยู่เป็นพุ่มใบบางตั้งตรงขึ้นสูงมีการขึ้นอยู่เป็นกลุ่มใหญ่หรือกระจายกันอยู่ไม่ไกลมากนัก กอแฝกมีขนาดค่อนข้างใหญ่โคนกอเบียดกันแน่นเป็นลักษณะเฉพาะอันหนึ่งที่แตกต่างจากหญ้าอื่น ๆ ค่อนข้างชัดเจน ส่วนโคนของลำต้นจะแบนเกิดจากส่วนของโคนใบที่จัดเรียงพับซ้อนกัน ลำต้นแท้จะมีขนาดเล็กซ่อนอยู่ในกาบใบบริเวณคอดิน

การเจริญเติบโตและการแตกกอของหญ้าแฝกจะมีการแตกห่อใหม่ทดแทนต้นเก่าอยู่เสมอ โดยแตกหน่อออกทางด้านข้างรอบกอดิน ทำให้กอมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ โดยปกติแล้วหญ้าแฝกมีลำต้นสั้น ข้อ และปล้องไม่ชัดเจนการแตกตะเกียงและการยกลำต้นขึ้นเตี้ย ๆ เหนือพื้นดิน ไม่พบมากในสภาพธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ แต่เป็นลักษณะที่พบได้ทั่วไปในหญ้าแฝกที่ได้จัดปลูกในถุง ในแปลงต้นแก่มากหรือปลูกในพื้นที่วิกฤติ

รูปที่ 2.3 ลักษณะลำต้นของหญ้าแฝก [2]

2) ใบ

ใบของหญ้าแฝกจะแตกออกจากโคนกอ มีลักษณะแคบยาวขอบใบขนานปลายสอบแหลมแผ่นใบกร้านคาย โดยเฉพาะใบแก่ขอบใบและเส้นกลางใบมีหนามละเอียด (spinulose) หนามบนใบที่ส่วนโคนและกลางแผ่นจะมีน้อยแต่จะมีมากที่บริเวณปลายใบมีลักษณะตั้งทแยงปลายหนามชี้ขึ้นไปทางปลายใบ

กระจังหรือเยื่อกันน้ำฝนที่โคนใบ (Ligule) จะลดรูปมีลักษณะเป็นเพียงส่วนโค้งของขนสั้นละเอียด บางครั้งสังเกตได้ไม่ชัดเจน

รูปที่ 2.4 ลักษณะใบของหญ้าแฝก [2]

3) ราก

รากเป็นส่วนสำคัญและเป็นลักษณะพิเศษของหญ้าแฝกที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นหลัก หญ้าส่วนใหญ่โดยทั่วไปจะมีรากที่เป็นลักษณะระบบรากฝอย (Fibrous roots) แตกจากส่วนลำต้นใต้ดินกระจายออกแผ่กว้างเพื่อยึดพื้นดินตามแนวนอน (horizontal) มีระบบรากในแนวดิ่ง (vertical) ไม่ลึกมาก แต่ระบบรากหญ้าแฝกจะแตกต่างจากรากหญ้าส่วนใหญ่ทั่วไป คือมีรากที่สานกันแน่นหยั่งลึกแนวดิ่งลงในดิน ไม่แผ่ขนาน มีรากแกน รากแขนง โดยเฉพาะมีรากฝอยแนวดิ่งจำนวนมาก

รูปที่ 2.5 ลักษณะรากของหญ้าแฝก [2]

หญ้าแฝกมีลักษณะขึ้นเป็นกอ ๆ ทรงพุ่มใบปรกดิน ใบเป็นร่องปลายใบเรียวยาว โคนใบคม กางใบหุ้มห่อกันเป็นโคนต้นมีลักษณะแบนขยายพันธุ์โดยการแตกกอคล้ายตะไคร้ หญ้าแฝกจะย่างปล้องชูช่อดอกสีน้ำตาลแดง หลังจากดอกร่วงที่ข้อของก้านช่อดอกจะแตกแขนงเป็นต้น หญ้าแฝกเล็ก ๆ สามารถกำจัดได้โดยการไถกลบเพียงครั้งเดียว ส่วนหญ้าคาจะขึ้นติดต่อกันเป็นผืน เนื่องจากมี

ไหลหรือลำต้นใต้ดินสานกันแน่นเจริญเติบโตขึ้นเป็นหน่อ และต้นมีลักษณะกลมหุ้มห่อด้วยกาบใบ ก้านใบกลมกลืน ใบแบน หญ้าคาจะย่างปล้องชูช่อดอกสีขาวนวล เป็นปุยปลิวไปตามลมได้ง่าย เมล็ดงอกขึ้นมาเป็นต้นหญ้าคา ซึ่งเป็นวัชพืชที่ร้ายแรงกำจัดได้ยากแม้มีการไถกลบหลายครั้งก็ตาม โดยทั่วไปเป็นที่วิตกว่าหญ้าแฝกอาจกลายเป็นวัชพืชที่ร้ายแรงเหมือนหญ้าคา หญ้าขจรจบ หรือไมยราบยักษ์ เมื่อนำไปปลูกในพื้นที่ต่าง ๆ ปกติหญ้าแฝกมีการกระจายพันธุ์โดยการแตกหน่อจากข้อของลำต้นที่อยู่ชิดผิวดินและใต้ดินและแตกแขนงจากข้อของลำต้นที่มีช่อดอก ดอกส่วนใหญ่ไม่มีการผสมเกสร เมล็ดลีบมาก เป็นพืชที่เมล็ดมีระยะการพักตัวสั้นมาก มีโอกาสงอกน้อย จึงมีการกระจายพันธุ์ด้วยเมล็ดได้ยาก เกษตรกรสามารถควบคุมและกำจัดได้ง่ายโดยการขุดกอออกหรือไถพรวน จึงไม่ปรากฏว่ามีหญ้าแฝกขึ้นเป็นวัชพืชในพื้นที่เพาะปลูกแต่อย่างใด

4) การใช้ประโยชน์ของหญ้าแฝก

ส่วนของต้นและใบ

- กรองเศษพืชและตะกอนดินที่ถูกชะล้างมากักเก็บไว้
- ทำวัสดุมุงหลังคา
- วัสดุดิบทำกระดาษ
- ทำเชือก, เสื่อ, หมวก, ตะกร้า, ฯลฯ
- ใช้เป็นอาหารสัตว์พวก แกะ โค กระบือ ฯลฯ
- ใช้เป็นวัสดุคลุมดิน, ใช้รองคอกสัตว์
- ทำวัสดุเพาะเห็ด ทำปุ๋ยหมัก
- อื่น ๆ

ส่วนของราก

- ดูดซับน้ำและรักษาความชุ่มชื้นในดิน
- ดูดซับแร่ธาตุ อาหาร/สลายกลายเป็นอินทรียวัตถุในดินทำให้ดินร่วนซุย
- ดูดซับสารพิษจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช
- ช่วยทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น
- ทำฉาก, ม่านตา, พัด, กระเป๋าถือ
- สมุนไพรและเครื่องประทินผิว
- กลั่นทำน้ำหอม, ส่วนผสมของสบู่
- ป้องกันแมลงและหนู
- อื่น ๆ

2.3 เทคนิคการขึ้นรูปกระดาษจากเยื่อธรรมชาติ

การขึ้นรูปกระดาษจากเยื่อธรรมชาติ โดยทั่วมีวิธีการทำกระดาษด้วยมือ มีขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย

1) การเตรียมวัสดุ คัดเลือกเปลือกปอสาที่อ่อนและแก่แยกจากกัน นำไปแช่น้ำประมาณ 3 ชั่วโมงขึ้นไปแต่ไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมง การแช่น้ำจะช่วยให้เปลือกปอสาอ่อนตัว จากนั้นนำไปใส่ภาชนะต้ม ใส่โซดาไฟ หรือน้ำด่างจากขี้เถ้า เพื่อช่วยให้โครงสร้างของเปลือกปอสาเปื่อย และแยกจากกันเร็วขึ้น ถ้าต้มปอสาอ่อนใช้โซดาไฟน้อย ต้มเปลือกแก่ ต้องใช้มากขึ้น การต้มแต่ละครั้งใช้โซดาไฟประมาณ 10 – 15 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนัก ถ้าใช้มากไปจะทำให้เยื่อถูกทำลายมากในระหว่างต้ม ต้มนานประมาณ 2 - 3 ชั่วโมง เมื่อต้มเสร็จแล้วนำปอสาล้างน้ำจนหมดด่าง

2) การทำให้เป็นเยื่อ มี 2 วิธี ได้แก่

- การทุบด้วยมือ
- การใช้เครื่องตีเยื่อ

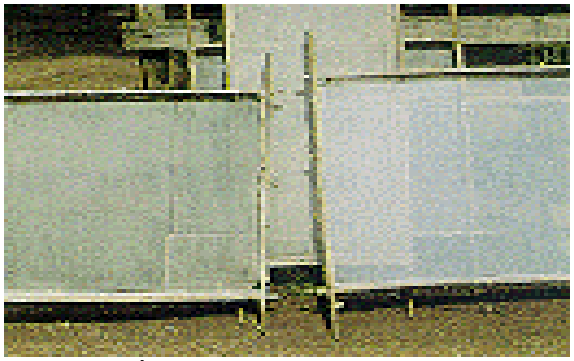
รูปที่ 2.6 ภาชนะต้ม [4]

รูปที่ 2.7 เครื่องมือใช้ในการทุบ [4]

รูปที่ 2.8 เครื่องตีเยื่อ [4]

รูปที่ 2.9 เยื่อที่ทุบแล้ว [4]

รูปที่ 2.10 ละลายน้ำในบ่อ [4]



รูปที่ 2.11 กระดาษสาตากแดด [4]

3) นำเยื่อกระดาษสาทั่วไปฟอกไม่ขาวนัก แต่ถ้าต้องการให้กระดาษสาสีขาวมากๆ ก็ใช้ผงฟอกสีเข้าช่วย ได้แก่ (Sodium Hypoochloride) หรือ (Calcium Hypochloride) ประมาณ 1 : 10 โดยน้ำหนักผสมในเครื่องตีเยื่อฟอกนานประมาณ 35 นาที ถ้าไม่มีเครื่องตีเยื่อ ก็ใช้น้ำยาฟอกเข้มข้น 15 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร แช่เยื่อลงในน้ำยาฟอกนานประมาณ 12 ชั่วโมง นำเยื่อไปล้างน้ำจนหมดกลิ่นน้ำยาแล้ว จะนำเยื่อไปย้อมสีตามต้องการ จากนั้นนำเยื่อเตรียมไว้สำหรับทำแผ่นกระดาษนำเยื่อปอสาใส่ในอ่างหรือภาชนะที่เหมาะสม ใส่น้ำให้มีระดับพอเหมาะแล้วใช้ไม้พายคนเยื่อในอ่างน้ำให้ทั่ว เพื่อให้เยื่อลอยตัวและกระจายออกจากกันอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นนำแม่พิมพ์สำหรับทำแผ่นกระ- ดาษมาช้อนเยื่อต่อไป ซึ่งมีการทำแผ่นได้ 2 วิธีคือ

- แบบตัก ใช้แม่พิมพ์ซึ่งมีลักษณะเป็นตะแกรงไนล่อนขนาดกว้าง 50 ซม.ยาว 60 ซม. (ขนาดตะแกรงขึ้นอยู่กับขนาดกระดาษที่ต้องการ) ช้อนตักเยื่อเข้าหาตัวยกตะแกรงขึ้นตรงๆ แล้วเทน้ำออกไปทางด้านหน้าโดยเร็ว จะช่วยให้กระดาษมีความสม่ำเสมอ
- แบบแตะ มักใช้ตะแกรงที่ทำจากผ้าใยบัวหรือผ้ามุ้ง ซึ่งมีเนื้อละเอียด และใช้วิธีชั่งน้ำหนักของเยื่อ เป็นตัวกำหนดความหนาของแผ่นกระดาษ นำเยื่อใส่ในอ่างน้ำใช้มือแตะเกลี่ยกระจายเยื่อบนแม่พิมพ์ให้สม่ำเสมอ

4) การลอกแผ่นกระดาษนำตะแกรงไปตากแดดประมาณ 1 - 3 ชั่วโมง กระดาษสาจะแห้งติดกันเป็นแผ่น จึงลอกกระดาษสาออกจากแม่พิมพ์ เปลือกปอสาหนัก 1 กิโลกรัม สามารถทำกระดาษสาได้ประมาณ 10 แผ่น

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

โครงการเชือกเกลียวจากกระดาษเยื่อกล้วยผสมหญ้าแฝกเป็นการนำเอากระดาษเป็นเนื้อหาการดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับการนำเอากระดาษเยื่อกล้วยผสมหญ้าแฝกมาขึ้นรูปให้เป็นเกลียว โดยใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยการปั่นหรือหมุนรวมกันเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดเกลียว เพื่อผลิตเป็นเส้นเชือกเกลียว เนื้อหาในบทนี้เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงานในการทำโครงการ ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยได้เตรียมการ และดำเนินงานตามขั้นตอนดังนี้

3.1 แผนการดำเนินงาน

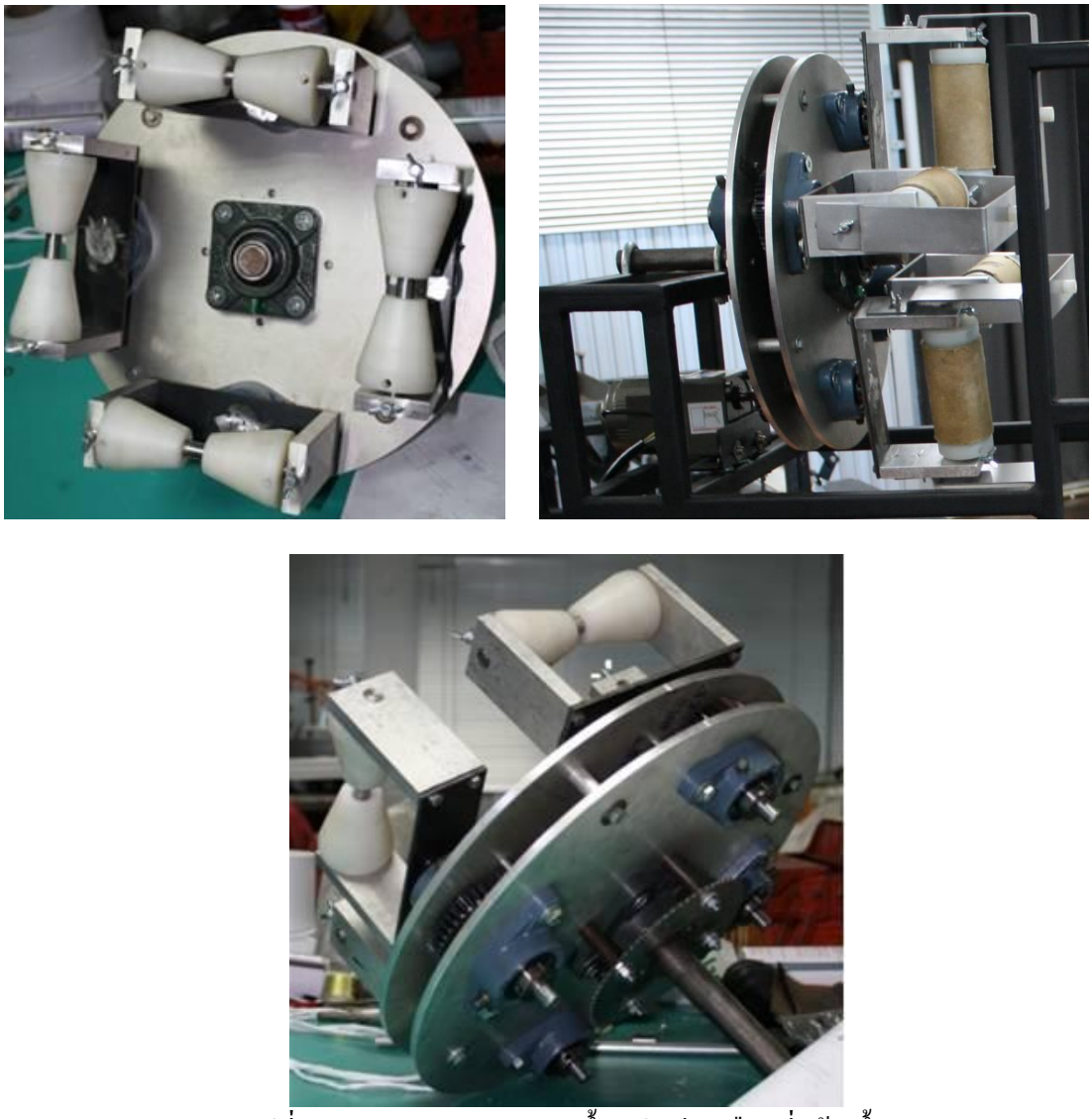
การวางแผนงานเป็นการกำหนดขั้นตอนการทำงานให้สอดคล้องกันทั้งโครงการเพื่อเป็นการป้องกันการทำงานซ้ำซ้อน และยังเป็นการกำหนดขอบเขตการทำงานให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นรายละเอียดของการวางแผนงานจะแสดงถึงระยะเวลาการทำงานเพื่อช่วยในการประเมินว่าโครงการที่ปฏิบัติอยู่นั้นดำเนินไปตามวัตถุประสงค์ตามที่ต้องการหรือไม่ซึ่งจะทำให้สามารถตรวจสอบได้ว่าโครงการนั้นดำเนินงานไปถึงขั้นใด และขั้นตอนใดที่เกิดการผิดพลาด โครงการวิจัยนี้มีแผนการดำเนินงานแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานของโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1) ศึกษาชนิดของกล้วยและหญ้าแฝก, แหล่งปลูก, เก็บข้อมูลเกี่ยวกับหญ้าแฝกและกล้วย, ค้นคว้าข้อมูลการผลิตเยื่อจากกาบกล้วยและหญ้าแฝก, จัดเตรียมสารเคมีสำหรับผลิตเยื่อ, รวมถึงศึกษากระบวนการทดสอบสมบัติของเส้นเชือก												
2) เตรียมเส้นใยจากเยื่อกาบกล้วยและหญ้า แฝก, ทดสอบสมบัติต่างๆ ของเยื่อ												
3) ทดลองปั่นเส้นเชือกจากกาบกล้วยและหญ้าแฝก, หาสภาวะการขึ้นรูปที่เหมาะสม												
4) ทดสอบสมบัติต่างๆ ของเส้นเชือก												
5) การวิเคราะห์ผลการทดสอบ และปรับปรุงแก้ไข												
6) สรุป และจัดทำรูปเล่ม												

3.2 ชุดหมุนเยื่อกระดาษสำหรับขึ้นรูปเกลียวเส้นเชือก

การออกแบบชุดหมุนเยื่อกระดาศสำหรับขึ้นรูปเกลียวเส้นเชือก (รายละเอียดชิ้นส่วนของการออกแบบแสดงดังภาคผนวก ก.) โดยชุดหมุนเยื่อกระดาษสำหรับปั่นเกลียว ชุดจานหมุนจะถูกขับโดยมอเตอร์ไฟฟ้าส่งกำลังผ่านชุดสเตอร์และโซ่ โดยชุดจานหมุนจะประกอบด้วยตัวจานหมุนสองชิ้น แบริ่งของแกนเพลาสองตัวถูกนำมาประกอบกับชุดจานหมุนในแนวแกนเพลา แล้วประกอบแบริ่งตัวหมุนเยื่อเพื่อให้ม้วนเยื่อกระดาษหมุนเข้ากับจานหมุนอีกตัวแล้วนำจานหมุนทั้งสองเข้ามาประกอบกันโดยมีชุดเฟืองที่ทำให้ชุดแกนม้วนของเยื่อกระดาษหมุนอยู่ระหว่างกลางของจานหมุนทั้งสองแล้วนำไปประกอบกับแกนเพลา แล้วนำชุดแกนม้วนมาประกอบติดกับแบริ้งบนจานแกนหมุน ลักษณะของชุดหมุนขึ้นรูปเกลียวเชือกแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ลักษณะของชุดหมุนขึ้นรูปเกลียวเชือกที่สร้างขึ้น

3.3 การเตรียมม้วนกระดาษสำหรับการทดสอบขึ้นรูปเกลียวเส้นเชือก

กระดาษที่ได้จากการขึ้นรูปจะถูกตัดให้มีขนาดหน้ากว้าง 2, 4, 6 และ 8 มิลลิเมตร ในลักษณะม้วนเพื่อนำไปติดตั้งในชุดปั่นเกลียวเส้นเชือก แสดงดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 การเตรียมม้วนกระดาษสำหรับการขึ้นรูปเกลียวเชือก

3.4 วิธีการทดสอบ

3.4.1 การทดสอบการทำงานของชุดปั่นขึ้นรูปเกลียวเชือก

ชุดปั่นขึ้นรูปเกลียวเชือกที่ได้ออกแบบและสร้างแสดงดังรูปที่ 3.1 มีหลักการทำงานจากชุดขึ้นรูปเกลียว โดยหมุนกระดาษแต่ละม้วนก่อนแล้วจึงหมุนแต่ละเส้นรวมกันให้รัดกันเป็นเกลียว จากนั้นชุดเก็บเส้นเชือกจะม้วนเชือกเก็บเข้าม้วน โดยทั้ง 2 ชุดใช้มอเตอร์ที่มีชุดควบคุมกำหนดความเร็วรอบขับเคลื่อนเพื่อที่จะได้ปรับความเร็วรอบระหว่างการขึ้นรูปเชือกให้เหมาะสม

ในการทดลองขึ้นรูปเชือกเกลียวจากกระดาษ จะแบ่งการทดลองปรับตั้งความเร็วของมอเตอร์ในการหมุนขึ้นรูปเชือกเกลียวเพื่อทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูป และนำไปทดสอบสมบัติการต้านทานต่อแรงดึง โดยทำการทดลองปรับค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ 35 รอบ/นาที (25%), 70 รอบ/นาที (50%), 105 รอบ/นาที (75%), 140 รอบ/นาที (100%) และจับเวลาในการขึ้นรูปเกลียวเส้นเชือก

3.4.2 การทดสอบการขึ้นรูปเชือกเกลียวจากกระดาษกล้วย

กระดาษกล้วยชนิดม้วนที่ใช้ในการทดลองนี้หน้ากว้าง 2, 4, 6 และ 8 เซ็นติเมตร โดยมีความยาว 10 เมตร ความหนาเฉลี่ย 0.6 มิลลิเมตร ทำการขึ้นรูปเชือกเกลียวจำนวน 4 เส้น โดยมีสภาวะการทดลองสรุปดังตารางที่ 3.2 และแต่ละชิ้นทดสอบจะนำไปนับจำนวนเกลียวที่เกิดขึ้นต่อระยะความยาว 10 เซ็นติเมตร และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย

ตารางที่ 3.2 สภาวะการทดลองขึ้นรูปเกลียวเส้นเชือกจากกระดาษกล้วย

ความเร็วรอบมอเตอร์ (รอบ/นาที)	ขนาดกระดาษ(ซม.)	ชิ้นทดสอบที่
35 (25%)	2	A1
	4	A2
	6	A3
	8	A4
70 (50%)	2	B1
	4	B2
	6	B3
	8	B4
105 (75%)	2	C1
	4	C2
	6	C3
	8	C4
140 (100%)	2	D1
	4	D2
	6	D3
	8	D4

3.4.3 การทดสอบสมบัติต้านทานแรงดึงของเชือกเกลียว

เส้นเชือกเกลียวที่ขึ้นรูปได้จากการทดลองในหัวข้อที่ 3.4.2 จะถูกนำไปทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงด้วยเครื่อง Instron 5569 ตามมาตรฐาน ASTMD 2256 ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 เครื่องทดสอบแรงดึง

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

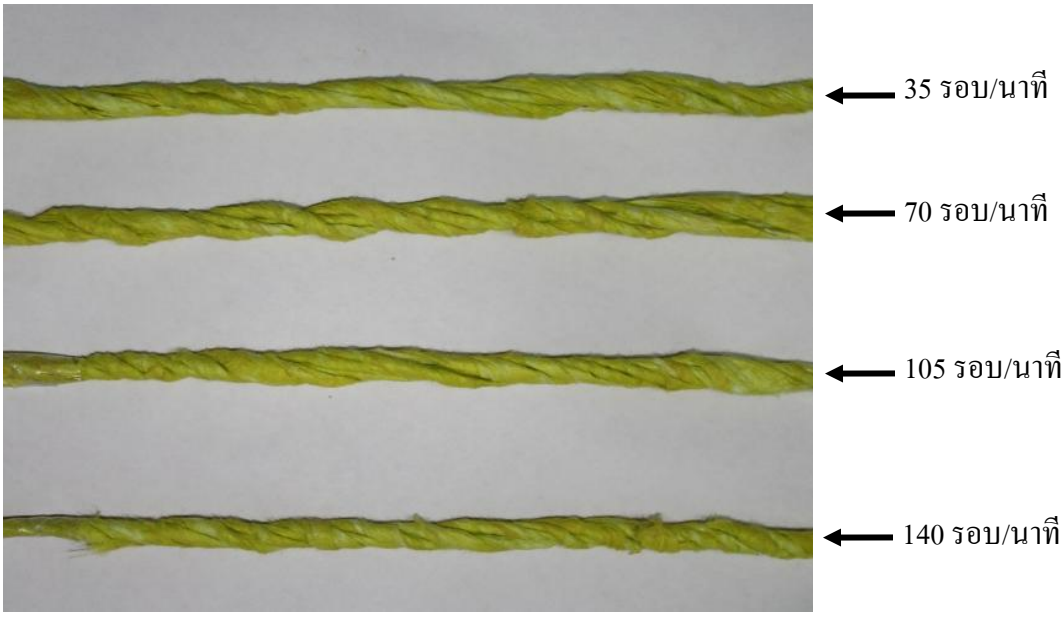
การดำเนินงานวิจัย ได้ดำเนินงานตามแผนการวิจัยที่ได้วางแผนไว้ ในการดำเนินงานได้สร้างชุดขึ้นรูปเชือกเกลียวจากกระดาษขึ้น และทดลองขึ้นรูปกับกระดาษที่ได้เตรียมไว้สำหรับการทดลอง และมีผลการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการทดลอง

ชุดขึ้นรูปเชือกเกลียวจากกระดาษที่สร้างขึ้น ดังรูปที่ 3.1 ใช้สำหรับการทดลองขึ้นรูปเกลียวเส้นเชือกกับกระดาษที่มีขนาดความกว้าง 2, 4, 6 และ 8 เซ็นติเมตร จากการทดสอบการทำงานของเครื่องด้วยการใช้ม้วนกระดาษที่จัดเตรียมสำหรับการทดสอบขึ้นรูปเกลียวพบว่า สามารถสรุปได้ว่าทุกชิ้นส่วนของชุดขึ้นรูปเกลียวจากกระดาษสามารถทำงานสัมพันธ์กัน และสามารถขึ้นรูปเชือกเกลียวได้ เครื่องที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ตามที่คาดหวังไว้ และทำงานสัมพันธ์กันทั้ง 4 ชุด

4.2 ผลการทดลองขึ้นรูปเชือกเกลียว

ด้วยความเร็วมอเตอร์ 35 รอบ/นาที, 70 รอบ/นาที, 105 รอบ/นาที และ 140 รอบ/นาที ของกระดาษกล้วยหน้ากว้าง 2, 4, 6 และ 8 ซม. เชือกเกลียวที่ขึ้นรูปได้ มีลักษณะตัวอย่างดังรูปที่ 4.1

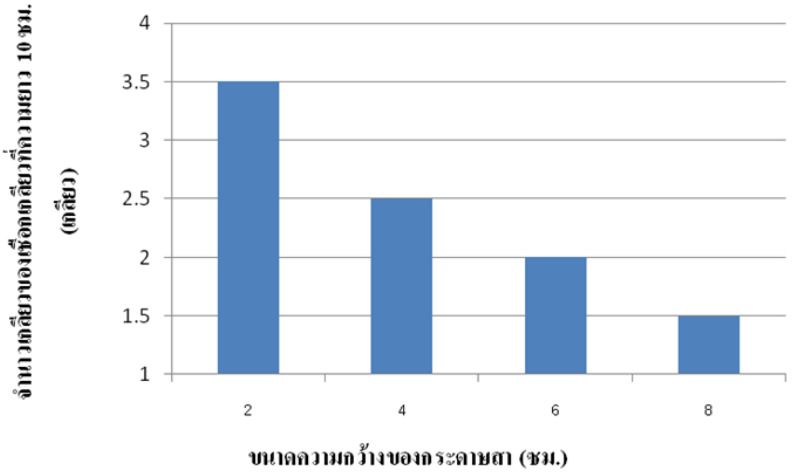


รูปที่ 4.1 แสดงเชือกเกลียวที่ขึ้นรูปจากกระดาษกล้วยหน้ากว้าง 4 ซม.

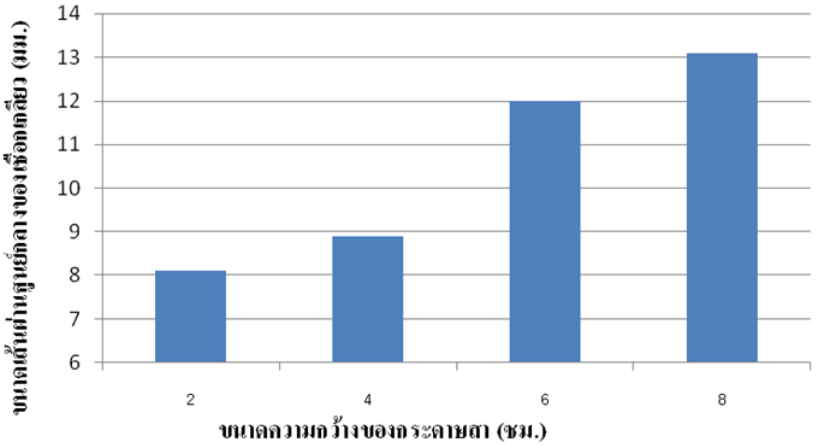
จากการทดสอบด้วยสายตาเชือกเกลียวที่ความยาว 10 เซนติเมตร ของกระดาษหน้ากว้าง 2, 4, 6 และ 8 ซม. จากการขึ้นรูปเชือกเกลียวด้วยความเร็วมอเตอร์ 35 รอบ/นาที (25%), 70 รอบ/นาที (50%), 105 รอบ/นาที (75%) และ 140 รอบ/นาที (100%) จะได้จำนวนเกลียว และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความเร็วรอบมอเตอร์แต่ละช่วงทดสอบ ดังนี้

4.2.1 ความเร็วรอบมอเตอร์ 35 รอบ/นาที

จำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจากการทดสอบด้วยขึ้นรูปเกลียวเส้นเชือก พบว่ากระดาษขนาดความกว้าง 2 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 35 รอบ/นาที สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 3.5 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.1 มม. กระดาษขนาดความกว้าง 4 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 35 รอบ/นาที (25%) สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 2.5 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.9 มม. กระดาษสาขนาดความกว้าง 6 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 35 รอบ/นาที (25%) สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 2 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม. กระดาษขนาดความกว้าง 8 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 35 รอบ/นาที (25%) สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 1.5 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13.1 มม. ดังรูปที่ 4.2 และดังรูปที่ 4.3



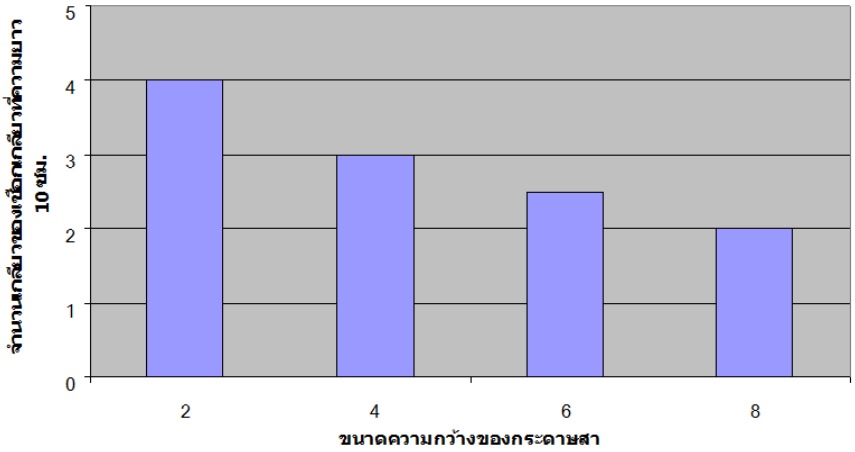
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. โดยขึ้นรูปจากกระดาษขนาดความกว้าง 2, 4, 6, และ 8 ซม. ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 35 รอบ/นาที (25%)



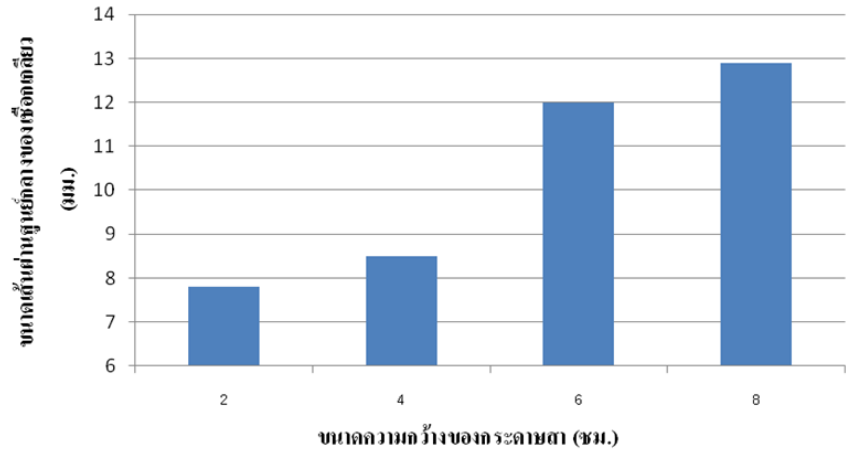
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์ของเชือกเกลียว โดยขึ้นรูปจากกระดาษขนาดความกว้าง 2, 4, 6, และ 8 ซม. ที่ความเร็วรอบที่ 35 รอบ/นาที (25%)

4.2.2 ความเร็วรอบมอเตอร์ 70 รอบ/นาที

จากการทดลองพบว่ากระดาษสาขนาดความกว้าง 2 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 70 รอบ/นาที (50%) สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 4 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.8 มม. กระดาษขนาดความกว้าง 4 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 70 รอบ/นาที (50%) สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 3 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.5 มม. กระดาษขนาดความกว้าง 6 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 70 รอบ/นาที (50%) สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 2.5 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม. กระดาษขนาดความกว้าง 8 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 70 รอบ/นาที (50%) สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 2 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.9 มม. ดังรูปที่ 4.4 และดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. โดยขึ้นรูปจากกระดาษขนาดความกว้าง 2, 4, 6, และ 8 ซม. ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 70 รอบ/นาที (50%)

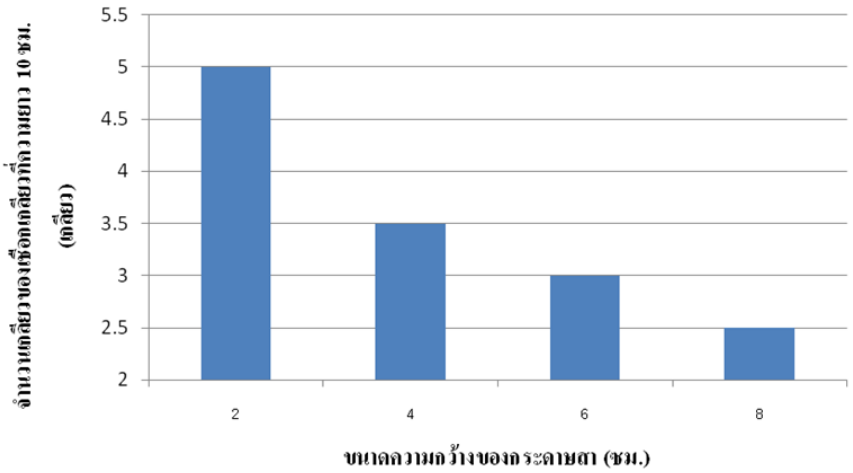


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์ของเชือกเกลียว โดยขึ้นรูปจากกระดาษขนาดความกว้าง 2, 4, 6, และ 8 ซม. ที่ความเร็วรอบที่ 70 รอบ/นาที (50%)

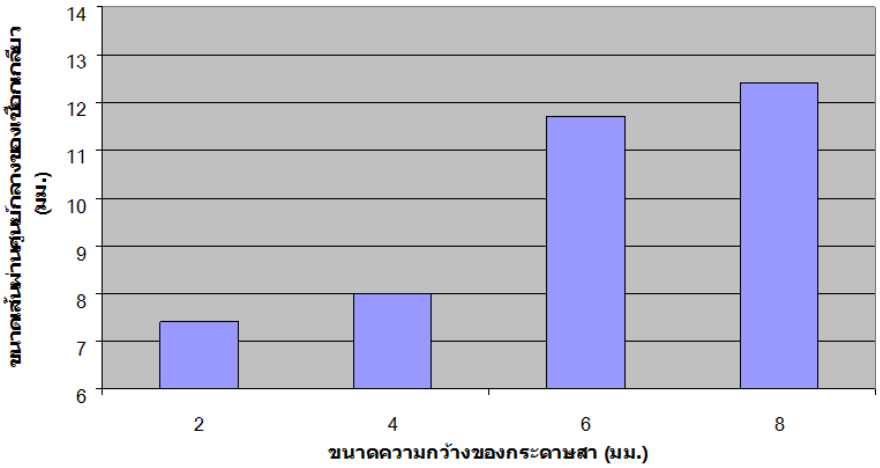
4.2.3 ความเร็วรอบมอเตอร์ 105 รอบ/นาที

จากการทดลองพบว่ากระดาษสาขนาดความกว้าง 2 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 105 รอบ/นาที (75%) สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 5 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.4 มม. กระดาษขนาดความกว้าง 4 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 105 รอบ/นาที (75%) สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 3.5 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม. กระดาษขนาดความกว้าง 6 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 105 รอบ/นาที (75%)

สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 3 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.7 มม. กระดาษขนาดความกว้าง 8 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 105 รอบ/นาที (75%) สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 2.5 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.4 มม. ดังรูปที่ 4.6 และดังรูปที่ 4.7



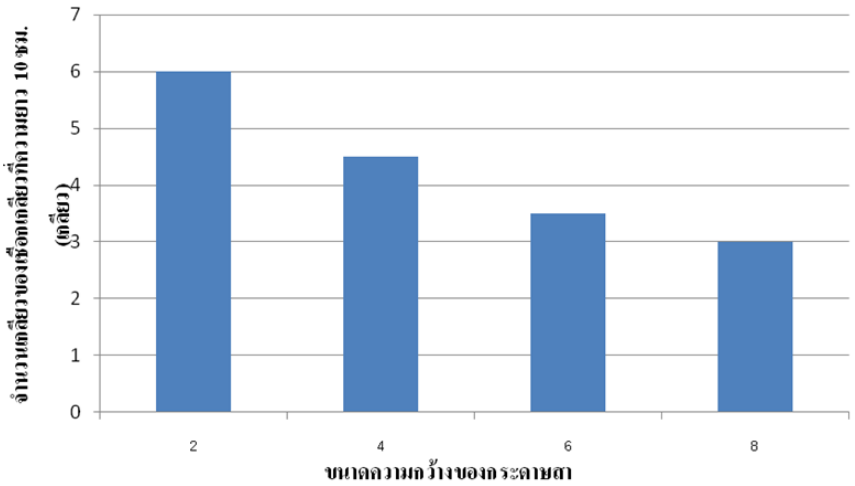
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. โดยขึ้นรูปจากกระดาษขนาดความกว้าง 2, 4, 6, และ 8 ซม. ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 105 รอบ/นาที (75%)



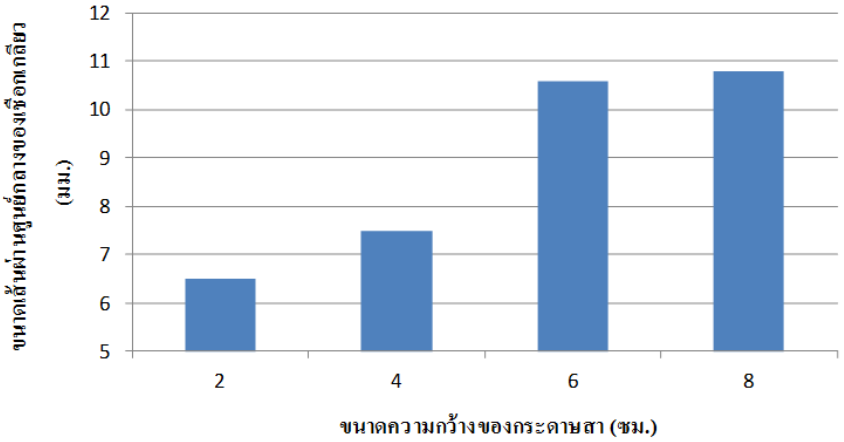
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์ของเชือกเกลียว โดยขึ้นรูปจากกระดาษขนาดความกว้าง 2, 4, 6, และ 8 ซม. ที่ความเร็วรอบที่ 105 รอบ/นาที (75%)

4.2.4 ความเร็วรอบมอเตอร์ 140 รอบ/นาที

จากการทดลองพบว่ากระดาษสาขนาดความกว้าง 2 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 140 รอบ/นาที (100%) สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 6 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 มม. กระดาษขนาดความกว้าง 4 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 140 รอบ/นาที (100%) สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 4.5 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 มม. กระดาษสาขนาดความกว้าง 6 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 140 รอบ/นาที (100%) สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 3.5 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.6 มม. กระดาษขนาดความกว้าง 8 ซม. นำมาขึ้นรูปเป็นเชือกเกลียวที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 140 รอบ/นาที (100%) สามารถวัดจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. ได้ 3 เกลียว และเชือกเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.8 มม. ดังรูปที่ 4.8 และดังรูปที่ 4.9



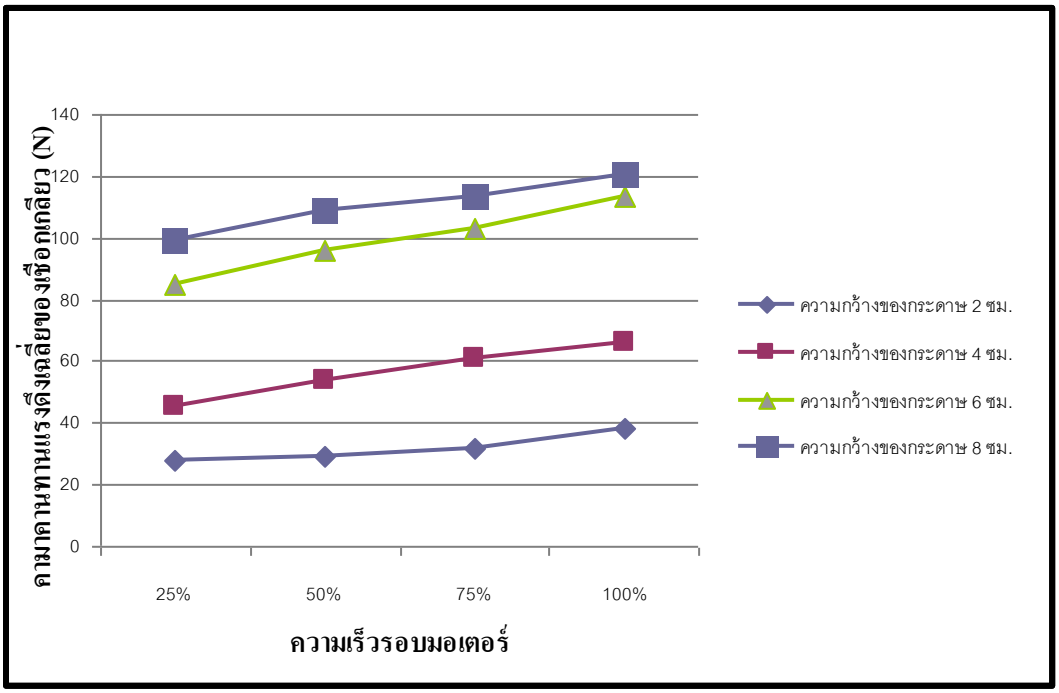
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงจำนวนเกลียวของเชือกเกลียวที่ความยาว 10 ซม. โดยขึ้นรูปจากกระดาษขนาดความกว้าง 2, 4, 6, และ 8 ซม. ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 140 รอบ/นาที (100%)



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์ของเชือกเกลียว โดยขึ้นรูปจากกระดาษขนาดความกว้าง 2, 4, 6, และ 8 ซม. ที่ความเร็วรอบที่ 140 รอบ/นาที (100%)

4.3 ผลการทดสอบแรงดึงของเชือกเกลียวที่ได้จากการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อความเร็วรอบของมอเตอร์เพิ่มขึ้น จำนวนเกลียวจะเพิ่มขึ้น และเส้นผ่านศูนย์กลางจะลดลง เมื่อนำเชือกเกลียวไปทำการทดสอบความต้านแรงดึงพบว่า แรงดึงที่เกิดขึ้นจะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงผลในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงเฉลี่ยของเชือกเกลียว

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการจัดทำโครงการวิจัยเรื่อง เชือกเชือกจากเยื่อกล้วยผสมหญ้าแฝกสำหรับสานเฟอร์นิเจอร์ ได้ทดสอบการทำงานของชุดขึ้นรูปเกลียวเส้นเชือก และทดองขึ้นรูปเกลียวเส้นเชือกตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 4 ในบทนี้จะนำเสนอการสรุปผลที่ได้จากการจัดทำดครงการวิจัยและข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อนำไปพัฒนาและปรับปรุงในโอกาสต่อไป

5.1 สรุป

5.1.1 ชุดปั่นขึ้นรูปเชือกเกลียวจากกระดาษกล้วยสามารถขึ้นรูปเชือกเกลียวจากกระดาษกล้วยขนาดความกว้าง 2, 4, 6 และ 8 ซม. โดยสามารถขึ้นรูปเชือกเกลียวได้ 5 เมตรต่อนาที ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ของชุดขึ้นรูปเชือกเกลียว 140 รอบ/นาที (100%) มีจำนวนเกลียวในระยะ 10 ซม.โดยเฉลี่ย 6, 4.5 ,3.5 และ 2.5 เกลียว ตามลำดับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5, 7.5, 10.6 และ 10.8 มม. ตามลำดับ

5.1.2 ผลการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง พบว่าความต้านทานต่อแรงดึงมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นตามจำนวนเกลียว และเส้นผ่านศูนย์กลางจะลดลง เมื่อนำเส้นเชือกไปทำการทดสอบความต้านแรงดึง พบว่า แรงดึงที่เกิดขึ้นจะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย มีค่าความต้านทานแรงดึงที่ความเร็วรอบมอเตอร์ของชุดขึ้นรูปเชือกเกลียว 140 รอบ/นาที (100%) เฉลี่ย 38.026, 65.862, 113.672 และ 120.414 นิวตัน ตามลำดับ

5.1.3 ผลการทดสอบทั้งหมดพบว่าเชือกเกลียวกระดาษกล้วยผสมหญ้าแฟกที่ขนาดความกว้าง 4 ซม. มีการเรียงตัวของเกลียวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดีที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ คณะผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่สนใจ และผู้จะนำไปปรับปรุงต่อไป มีดังนี้

5.2.1 ถ้าไม่ต้องการให้เกลียวคลายตัวให้เพิ่มเฟืองเข้าไประหว่างเฟืองขับและเฟืองตามเพื่อทำให้เกลียวเชือกเส้นเล็กสลับทางกับการขึ้นรูปเกลียวเป็นเส้นใหญ่

5.2.2 ถ้าต้องการให้เส้นเชือกมีความแน่นของเกลียวและสวยงามควรเพิ่มอัตราทดของชุดเฟืองของชุดปั่นขึ้นรูป

5.2.3 ปรับปรุงชุดจับยึดแกนม้วนกระดาษให้สามารถปรับความฝืดที่เท่ากันทั้งสี่ม้วนได้ จะทำให้อัตราการปล่อยกระดาษออกมาเท่ากัน จะทำให้เกลียวมีความสวยงามมากขึ้น

5.2.4 ชุดบังคับเส้นเชือกควรมีการเพิ่มขนาดที่หลากหลายเพื่อให้เหมาะสมกับขนาดหน้ากว้างของกระดาษเพื่อที่ไม่แน่นหรือหลวมเกินไป