บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา

จากการวิจัยการพัฒนากระดาษกันกระแทกจากเยื่อหญ้าแฝกผสมเยื่อคราฟท์เพื่อยืดอายุผลผลิตทางการเกษตรกรรมโดยการศึกษาผลของตัวแปรต้น เป็นปริมาณสารต้านทานการซึมน้ำ(Sizing Agent) ได้แก่ อัลคิลคีทีนไดเมอร์ และสารกำจัดเอทิลีน ได้แก่ โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (Potassium permanganate, $KMnO_4$) และศึกษาผลของตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่ สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล ที่ผลิตจากเยื่อหญ้าแฝกและเยื่อคราฟท์ผสมอัลคิลคีทีนไดเมอร์และนำไปชุบสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตอิ่มตัว หลังจากนั้นนำไปทดสอบการยืดอายุของผลผลิตทางการเกษตร หลังจากนั้นนำไปทดสอบการบรรจุ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำวิจัย

เป็นส่วนสำคัญในการผลิตกระดาษประกอบไปด้วย

1. ต้นหญ้าแฝก กลุ่มพันธุ์ราชบุรี(V20) จังหวัดราชบุรี
2. เยื่อคราฟท์ ได้รับการอนุเคราะห์จาก บริษัท กระดาษสหไทย จำกัด(มหาชน)
3. กล้วยหอมทอง (Musa acuminate, AAA group, Gros Michel,cv. Hom thong) ที่เก็บมาจากสวนเดียวกัน ความบริบูรณ์ 70-75% น้ำหนักขั้นต่ำ 110 กรัมขึ้นไปต่อ 1 ผล

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการทำวิจัย

เป็นตัวช่วยในการผลิตกระดาษประกอบไปด้วย

1. Sodium Hydroxide MERCK KGaA 64271 Damstadt, Germany, www.merck.de
2. Potassium permanganate AR B/No.1002512 500g.,NET(ALSO REFER TO MSDS), Ajax Finechem Pty Ltd, www.ajaxfinechem.com
3. อัลคิลคีทีนไดเมอร์ (Alkly Ketene Dimer,AKD) ได้รับการอนุเคราะห์จาก บริษัท กระดาษสหไทย จำกัด(มหาชน)

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย

เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

1. แท่งแก้ว
2. บีกเกอร์ขนาดความจุต่างๆ
3. ปิเปต

4. ขวดวัดปริมาตร

5. เทอร์โมมิเตอร์

6. ถังสำหรับพักเยื่อ

8. ถุงสำหรับกรองเยื่อ

9. นาฬิกาจับเวลา

10. ถุงพลาสติก

11. กระดาษซับน้ำ

12. กล่องทดลองที่สามารถปิดสนิท

13. ช้อนตักสาร

3.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตกระดาษและทำเยื่อกระดาษขึ้นรูป (Pulp Molded)

เป็นอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตกระดาษ

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Analytical Balance) ยี่ห้อ METTER TOLEDO รุ่น AB204-S

2. เครื่องตีกระจายเยื่อ (Pulp Disintegrator) ยี่ห้อ LORENTZEN & WETTRES รุ่น MASKINAFEAR STOCKHOLM SWEDEN 385T

3. เครื่องแยกน้ำออกจากเยื่อโดยการเหวี่ยง (Water Retention Centrifuge) ยี่ห้อ FRANK-PTI

4. เครื่องกดรีดน้ำ (Pressing) ยี่ห้อ TOYOSEIKI SEISAKUSHO

5. เครื่องสกรีนเยื่อ (Flat Screen) ยี่ห้อ NOITH SULZER PAPER TECHNOLOSY APPLETION, WI VALLEYLABORATORY EQUIPMENT

6. เครื่องปั่นกระจายตัวเยื่อข้น (Hydra Pulp) ยี่ห้อ NENG SHIN EXTRACTOR NSM CENTRIFUGAL SEPARATOR

7. เครื่องทำแผ่นทดสอบมาตรฐาน (Standard Hand sheet Machine) ยี่ห้อ TESTING MACHINES INC.

3.1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบกระดาษ

เป็นอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบกระดาษก่อนทำเยื่อกระดาษขึ้นรูป (Pulp Molded)

1. เครื่องตัดชิ้นตัวอย่างทดสอบ ยี่ห้อ LERENINEN & WETTRE STRIP PUNCH

2. เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ METTER TOLEDO

3. เครื่องทดสอบความต้านทานแรงฉีกขาด ยี่ห้อ TESTING MACHINES INC.

4. เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ ยี่ห้อ LERENINEN & WETTRE BURSTING STRENGTH TESTER

5. เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัว ยี่ห้อ LERENINEN & WETTRE TENSILE STERNGTH TESTER

6. เครื่องทดสอบความต้านทานการซึมน้ำ (Cobb Test) ยี่ห้อ TMI TESTING MACHINES INC.

3.1.6 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุกล้วยหอมทองแล้ว

1. เครื่องทดสอบความต้านทานแรงสั่นสะเทือน (Vibration Resistance) ยี่ห้อ Lansmont corporation รุ่น MS2000 Mechanical Shaker

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัยและทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นรูปแบบของการทดลองและทดสอบโดยแบ่งกระบวนการปฏิบัติงานออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.2.1 การผลิตเยื่อ

3.2.1.1 การเตรียมต้นหญ้าแฝก โดยนำใบหญ้าแฝกมาล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปผึ่งแดดให้แห้ง

3.2.1.2 การต้มเยื่อ ใช้วิธีการต้มเยื่อแบบโซดา โดยใช้สารเคมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) นำต้นหญ้าแฝกโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ร้อยละ 16 ของน้ำหนักอบแห้งต้นหญ้าแฝก ต้มในระบบปิด ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน 40-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 4ชั่วโมง

3.2.1.3 การล้างเยื่อ เยื่อที่ผ่านออกมาจากหม้อต้ม มีสารเคมีที่ใช้ในการต้มปนออกมาด้วย จำเป็นต้องล้างทำความสะอาดออกไป ด้วยน้ำสะอาด 3 – 4 ครั้ง จากนั้นจึงล้างด้วยน้ำกลั่นเป็นครั้งสุดท้าย

3.2.1.4 การปั่นกระจายตัวเยื่อโดยใช้เครื่องปั่นกระจายเยื่อข้นเป็นเวลา 15 นาที โดยการปั่นกระจายตัวเยื่อครั้งละ 4 กิโลกรัมของน้ำหนักเยื่ออบแห้งต่อน้ำ 20 ลิตร เพื่อให้เส้นใยในตัวหญ้าแฝกแยกออกมาเป็นเส้นใย และต้องนำมาปั่นกระจายตัวเส้นใยด้วยเครื่องปั่นเยื่อเจือจางอีกครั้ง โดยการปั่นกระจายตัวเยื่อครั้งละ 350 กรัมน้ำหนักของเยื่ออบแห้งต่อน้ำ 35 ลิตรเพื่อจะได้เยื่อที่เจือจางที่จะนำไปทำการคัดแยกเยื่อต่อไป

3.2.1.5 การคัดแยกเยื่อที่ไม่ต้องการออก เป็นการคัดแยกกลุ่มก้อนของเส้นใยที่ไม่แยกตัวกันอย่างสมบูรณ์ออก และเป็นการขจัดสิ่งสกปรกของเยื่อที่ต้มแล้วก่อนที่จะนำมาผลิตกระดาษโดยการนำเยื่อที่ผ่านจากการปั่นแยกเส้นใยเจือจางมาแยกผ่านเครื่องคัดแยกเยื่อ (Flat Screen) แล้วทำการปั่นแยกน้ำออกจากเยื่อด้วยเครื่องเซนตริฟิว (Water Retention Centrifuge)

3.2.2 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอัลคิลคีทีนไดเมอร์ต่อน้ำหนักเยื่อกระดาษ

3.2.2.1 การศึกษาผลของการผสมเยื่อหญ้าแฝก กับเยื่อกระดาษคราฟท์ ในกระบวนการนี้จะทำให้น้ำเยื่อมี Consistency เท่ากับ 0.3% โดยจะนำเยื่อหญ้าแฝกอบแห้ง กับเยื่อกระดาษคราฟท์เก่าอบแห้งมาผสมกันที่อัตราส่วน 50:50[15] และใส่สารอัลคิลคีทีนไดเมอร์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้กระดาษที่ผลิตออกมามีคุณสมบัติที่ได้แตกต่างกัน และในการทำวิจัยมีการกำหนดตัวแปร ต่าง ๆ ดังนี้

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ร้อยละของสารต้านการซึมน้ำ(Sizing Agent) คือ อัลคิลคีทีนไดเมอร์ (Alkly Ketene Dimer, AKD)

2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ลักษณะทางโครงสร้างของตัวกระดาษ (Physical Properties) สมบัติของกระดาษทางด้านเชิงกล (Mechanical Properties) สมบัติของกระดาษทางด้านทัศนศาสตร์ (Optical Properties)

3. ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ร้อยละของน้ำหนักเยื่อหญ้าแฝกอบแห้งกับเยื่อกระดาษคราฟท์, ปริมาณของน้ำต่อเยื่ออบแห้งของเยื่ออบแห้งที่ผสม สารเพิ่มความแข็งแรง และอุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการเตรียมน้ำเยื่อ ซึ่งสภาวะในการผสมเยื่อชนิดต่างๆ ในการทำวิจัยจะแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนการเติมสารต้านทานการซึมน้ำ

สภาวะการทดลอง สารต้านการซึมน้ำ	เยื่อหญ้าแฝก : เยื่อกระดาษคราฟท์ ร้อยละของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	แป้งดัดแปลงประจุบวก, ร้อยละของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง
0	50:50	2
0.4	50:50	2
0.8	50:50	2

3.2.2.2 แช่เยื่อแห้งปริมาณ 30 กรัมลงในน้ำ 2 ลิตรทิ้งไว้เป็นเวลา 2 วัน แล้วเติมสารอัลคัลคีทีนไดเมอร์(Alkly Ketene dimer) ในอัตราส่วน 0, 0.4 และ0.8 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง หลังจากนั้นนำไปปั่น

กระจายเยื่อด้วยเครื่องปั่นกระจายเยื่อ ที่ความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เติมน้ำให้ครบ 10 ลิตร

3.2.3 การทำแผ่นกระดาษ

นำเยื่อหญ้าแฝกที่เตรียมไว้ไปทำการขึ้นแผ่นกระดาษทดสอบที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 120 กรัมต่อตารางเมตร โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.3.1 ยกทรงกระบอกลงมาปิดที่ตะแกรงขึ้นแผ่น

3.2.3.2 ตักน้ำเยื่อที่มีความเข้มข้นเยื่อ 0.3 ของปริมาณน้ำเยื่อ จากถังกวนมาเทใส่ลงไปในทรงกระบอกที่อยู่บนตะแกรง

3.2.3.3 เปิดวาล์วเอาน้ำออก เปิดกระบอกขึ้น เยื่อจะตกค้างอยู่บนตะแกรง

3.2.3.4 เอากระดาษซับน้ำ 2 แผ่นมาซับน้ำออกจากเยื่อที่อยู่บนตะแกรง วางแผ่นเหล็กเรียบและใช้ลูกกลิ้งเหล็กกดทับเพื่อให้กระดาษเรียบ

3.2.3.5 นำไปกดรีดน้ำโดยใช้กระดาษซับน้ำดึงน้ำออกจากแผ่นกระดาษทดสอบและใช้แรงกดจากเครื่องมือกดรีดน้ำชนิดตั้งเวลา นำตากให้แห้ง

3.2.4 การวิเคราะห์คุณภาพกระดาษจากการเติมสารต้านการการซึมน้ำ

นำตัวอย่างกระดาษมาปรับสภาะวะ ที่อุณหภูมิ 23±1 องศาเซียลเซส ความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 24ชั่วโมง มาทำการทดสอบสมบัติดังต่อไปนี้

3.2.4.1 การทดสอบแผ่นกระดาษมาตรฐาน (Basis Weight) ตามมาตรฐาน TAPPI T410 โดยนำตัวอย่างไปชั่งด้วยเครื่องยี่ห้อ METTER TOLEDO รุ่น AB204-S ทำการจดบันทึกผล และนำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นน้ำหนักมาตรฐานตามสมการต่อไปนี้

$$\text{น้ำหนักกระดาษมาตรฐาน}(g/m^2) = \text{มวลของชิ้นทดสอบ}(g) / \text{ขนาดของกระดาษ}(m^2)$$

3.2.4.2 การวัดความหนา (Thickness) ตามมาตรฐาน TAPPI T411 มาวัดความหนาด้วยเครื่องวัดความหนา 5 แผ่น แผ่นละ 5 จุด และหาค่าเฉลี่ยของแต่ละแผ่น จดบันทึกผล

3.2.4.3 การหาค่าความหนาแน่นปรากฏ (Apparent Density) ของกระดาษตามมาตรฐาน TAPPI T220 โดยวิธีการคำนวณตามสมการดังนี้

ความหนาแน่นปรากฏ(g/m^3) = น้ำหนักกระดาษมาตรฐาน(g/m^2) / ความหนากระดาษ (mm)

3.2.4.4 การทดสอบความต้านทานแรงฉีกขาด (Tearing Resistance) ตามมาตรฐาน TAPPI T414 โดยนำตัวอย่างกระดาษที่มีความยาวอย่างน้อย 53 มิลลิเมตร และความกว้าง 63 ± 0.15 มิลลิเมตร ทดสอบด้วยเครื่อง Tearing Test ยี่ห้อ TESTING MACHINES INC. โดยทำการ Calibrate Weight ของ Pendulum 1,600 กรัม เริ่มทำการทดสอบโดยทำการฉีกนำระยะ 20 มิลลิเมตร แล้วทำการทดสอบบันทึกผล เป็นค่าดัชนีความต้านทานแรงฉีกขาด โดยการคำนวณได้จากสมการ

ค่าดัชนีต้านทานแรงฉีกขาด($N.m^2/g$) = ค่าต้านทานแรงฉีกขาดสูงสุด (mN)/ น้ำหนักกระดาษมาตรฐาน(g/m^2)

3.2.4.5 การทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ (Bursting strength) ตามมาตรฐาน TAPPI T807 เครื่องทดสอบแรงดันทะลุยี่ห้อ LERENINEN & WETTRE BURSTING STRENGTH TESTER โดยนำตัวอย่างระหว่างวงแหวนและหนีบกระดาษทดสอบให้แน่น และเปิดเครื่องทำการวัด และบันทึกผลการทดลอง และบันทึกผลเป็นดัชนีต้านทานแรงดันทะลุ คำนวณได้จากสมการ

ค่าดัชนีต้านแรงดันทะลุ(kPa) = ค่าต้านแรงดันทะลุ (kPa) / น้ำหนักกระดาษมาตรฐาน(g/m^2)

3.2.4.6 การทดสอบความต้านทานแรงดึงขาด (Tensile Strength ตามมาตรฐาน ASTM D828-93 โดยการตัดกระดาษให้ได้ขนาด 15 X 150 ตารางมิลลิเมตร และใส่กระดาษกับที่หนีบกระดาษ ปรับตั้งค่าดังนี้ แรงการดึง(Load Range) = 100 นิวตัน ความเร็วทดสอบ(Test Speed) : 25.4 มิลลิเมตรต่อนาที อ่านค่าแรงดึงและบันทึกผลเป็นดัชนีต้านแรงดึง คำนวณได้จากสมการ

ค่าดัชนีต้านแรงดึง (N.m/g) = ค่าต้านแรงดึง (kN/m)/น้ำหนักกระดาษมาตรฐาน (g/m^2)

3.2.4.7 การดูดซึมน้ำ (Cobb Test) ตามมาตรฐาน TAPPI T441 โดยตัดกระดาษตัวอย่างขนาด 6x6 ตารางเซนติเมตร วางแผ่นทดสอบลงบนแผ่นยาง จากนั้นวางวงแหวนโลหะทับบนแผ่นทดสอบ ยึดแผ่นทดสอบให้แน่น เทน้ำ 10 มิลลิลิตรลงในวงแหวน จับเวลา 2 นาที ยกแผ่นทดสอบที่เปียกลงบนกระดาษซับประมาณ และวางกระดาษซับบนกระดาษทดสอบอีก 1 แผ่น และใช้ลูกกลิ้งกลิ้งเพื่อซับน้ำออก

ทำซ้ำอีก 1 รอบ แล้วนำมาช่างน้ำหนัก บันทึกค่าที่อ่านได้ และคำนวณน้ำหนักของน้ำที่ดูดซึมได้จากสมการ

$$\text{น้ำหนักของน้ำที่ดูดซึม}(g/m^2) = \text{น้ำหนักที่กระดาษที่ดูดซึมไว้}(g) \times 1000$$

3.2.4.8 การดูดซึมไอน้ำ นำกระดาษตัวอย่างขนาด 200 ตารางเซนติเมตร ใส่ในกล่องปิดสนิทที่บรรจุเกลือโพแทสเซียมไอโอไดด์(KI) อุ้มน้ำ แล้วนำมาช่างน้ำหนัก บันทึกค่าที่อ่านได้ ทุก ๆ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน และคำนวณน้ำหนักของน้ำที่ดูดซึมไอน้ำได้จากสมการ

$$\text{ความแตกต่างน้ำหนักของไอน้ำที่ดูดซึม}(\text{เปอร์เซ็นต์}) = \frac{(\text{น้ำหนักกระดาษหลัง} - \text{น้ำหนักก่อนดูดซึมไอน้ำ}) * 100}{\text{น้ำหนักก่อนดูดซึมไอน้ำ}}$$

3.2.5 การเตรียมน้ำโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตอิ่มตัวและการผลิตกระดาษชุโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

นำโพแทสซียมเปอร์แมงกาเนต 6 กรัมที่ชั่งได้มาใส่ในน้ำกลั่นปริมาณ 1 ลิตรกรองผ่านกระดาษกรองเอาส่วนที่โพแทสเซียมไม่ละลายน้ำออก นำสารละลายโพแทสซียมเปอร์แมงกาเนตอิ่มตัวมาใส่ถาดที่ใช้ในการชุบ นำกระดาษที่ผสมสารต้านทานการซึมน้ำที่ผ่านการอบให้แห้งแล้วมาชุบน้ำโพแทสเซียมอิ่มตัวทิ้งไว้ 30 วินาที นำไปตากหรืออบให้แห้ง

3.2.6 การวิเคราะห์คุณภาพกระดาษที่ชุบสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตอิ่มตัว

นำกระดาษจากเยื่อหญ้าแฝกผสมกับเยื่อคราฟท์ ที่ใส่สารต้านการต้านทานการซึมน้ำที่เหมาะสมที่สุดมาทำการชุบสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตอิ่มตัวที่เหมาะสมสำหรับการทำกระดาษกันกระแทกมาทำการทดสอบสมบัติ เช่นเดียวกับข้อ 3.2.4

3.2.7 การทดสอบการแนวโน้มชะลอการสุกของกล้วยหอมทอง

3.2.7.1 ใส่กล้วยหอมทองดิบ 1 ผลพร้อมทั้งกระดาษที่ชุบโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตอิ่มตัว ลงไปในกล่องที่ปิดสนิท และทำการเปรียบเทียบกับกล่องที่ใส่กล้วยหอมทองดิบ 1 ผลพร้อมทั้งกระดาษที่ไม่ชุบโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตอิ่มตัว ซึ่งในการทดลองได้นำกล้วยหอมมาจากเครือเดียวกัน จากนั้นตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงสีเปลือกกล้วยหอมด้วยการถ่ายรูปเก็บไว้ด้วยกล้องดิจิตอล

3.2.7.2 นำภาพที่ได้ไปหาค่าสี L*a*b* เพื่อดูการเปรียบเทียบกล้วยที่อยู่ภายในกล่องโดยใช้เครื่องมือ Eyedropper Tool ในโปรแกรม Adobe Photoshop วัดภาพละ 5 จุด นำมาหาค่าเฉลี่ย

3.2.7.3 หาค่าความเปรียบต่างสีจากสมการ

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

L* = ค่าความสว่าง

a* = ค่าความเป็นสีแดง

b* = ค่าความเป็นสีเหลือง

3.2.8 การทดสอบคุณสมบัติกันกระแทก

นำกล้วยที่อยู่ในสวนเดียวกัน ตัดในวันเดียวกันมาบรรจุใส่กล่องจำนวน 6 หวี ต่อกระดาษ 5 แผ่น (กระดาษมีขนาด 20 x 60 เซนติเมตร)โดยวางกระดาษกันกระแทกวางเรียงซ้อนระหว่างหวีวางในกล่องลูกฟูก 5 ชั้นขนาด 50.8 x 33.5 x 23.5 เซนติเมตรแล้วนำไปทดสอบความต้านการสั่นสะเทือน (Vibration Resistance) ด้วยแครื่องยี่ห้อ Lansmont corporation รุ่น MS2000 Mechanical Shaker ที่ความถี่ 220 รอบต่อนาที ระยะการสั่น 25 มิลลิเมตร ระยะเวลาการทดสอบ 1 ชั่วโมง