บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย

1. ฟางข้าว ฟางข้าวได้จากต้นข้าวพันธุ์ข้าวเหนียว กข22 ที่เพาะปลูกจากแปลนาอินทรีย์ ที่อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร ฤดูการเก็บเกี่ยวต้นปี 2567

2. กระดาษใช้แล้ว เป็นกระดาษกระดาษปอนด์พิมพ์เขียน ที่เหลือจากกระบวนการตัดเจียนขอบตำราเรียน มสธ. (ตำราเรียนระดับบัณฑิตศึกษา) มีลักษณะเป็นริ้วยาว ความกว้างของริ้วกระดาษไม่เท่ากันเป็นกระดาษใช้แล้วที่ไม่มีการปนเปื้อนหมึกพิมพ์ ได้รับการอนุเคราะห์จากสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

3. กล้วยหอมทอง (*Musa acuminate*) Gros Michele cv. "Hom Thong" กล้วยหอมที่ระยะเก็บเกี่ยวเพื่อการค้า ที่มีขนาด สี รูปร่าง และน้ำหนัก ใกล้เคียงกัน เก็บมาจากสวนเดียวกันปราศจากแมลงและรอยตำหนิความสมบูรณ์ร้อยละ 75–80

3.1.2 สารที่เคมีใช้ในงานวิจัย

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ AR1325 ACL Labscan บริษัท UnionScience Limited

2. แป้งมันสำปะหลังดัดแปร แป้งดัดแปรแบบประจุบวก excelcat บริษัท Siam modified starch

3. ถ่านกัมมันต์แบบผง Activated charcoal AR Carbokarn Co.,Ltd. ที่มีขนาด 150–179 ไมครอน

4. สารดูดเอทิลีนทางการค้า เป็นสารดูดซับในรูปแบบซอง BeFresh®

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. กระบอกตวงพลาสติก
2. หม้อต้มสแตนเลส
3. กระบวยตัก
4. แท่งแก้วคน
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. บีกเกอร์แก้ว
7. กระดาษซับน้ำ
8. นาฬิกาจับเวลา

9. ถุงเย็นใส่เยื่อ
10. ถุงซิปใส่แผ่นกระดาษ
11. ถุงมือยางอย่างหนา
12. ถุงผ้ากรองล้างเยื่อ

3.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องทดสอบความหนา Gotech, Model GT-313-P, Taiwan
2. เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง Tensile-Strograph Model E-S
3. เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก Mettler, AE240, Switzerland
5. เครื่องตีกระจายเยื่อ Disintegrator model 500-1, 220 volts, 3 amps, 50 Hz
6. ตู้อบความร้อน Hot Air Dry Oven รุ่น UNB100, ยี่ห้อ Memmert

3.2 วิธีการทดลอง

วิธีดำเนินงาน แบ่งออกเป็น 5 ตอน คือ ตอนที่ 1 เพื่อศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมเยื่อกระดาษจากฟางข้าวและเยื่อจากกระดาษใช้แล้ว ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างเส้นใยฟางข้าวกับเส้นใยกระดาษใช้แล้วในการผลิตเป็นกระดาษ ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาปริมาณแป้งมันสำปะหลังดัดแปรที่เหมาะสมที่เติมลงในกระดาษฟางข้าวผสมกระดาษใช้แล้วเพื่อปรับปรุงความแข็งแรงของกระดาษ ตอนที่ 4 เพื่อศึกษาปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมที่เติมลงในกระดาษฟางข้าวผสมกระดาษใช้แล้ว ตอนที่ 5 เพื่อศึกษาสมบัติในการชะลอการสุกของกล้วยหอมของกระดาษฟางข้าวผสมกระดาษใช้แล้วและผงถ่านกัมมันต์ (พินิจ กานต์ อารีวงศ์ และคณะ, 2555) (วรรณภา อาบสุวรรณ, 2562) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมเยื่อกระดาษจากฟางข้าวและเยื่อกระดาษใช้แล้ว

ตอนที่ 1.1 ศึกษาวิธีเตรียมเยื่อฟางข้าว

ในงานวิจัยนี้ใช้พันธุ์ข้าวเหนียว กข22 ที่เพาะปลูกจากแปลงนาอินทรีย์ที่อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร ฤดูการเก็บเกี่ยวต้นปี 2567 มาทำการทดลอง เริ่มจากนำฟางข้าวจากรวงข้าวที่ตีเมล็ดข้าวออกแล้ว เลือกฟางข้าวที่ตากแห้งแล้วเฉพาะส่วนลำต้น ไม่รวมรวงข้าวและใบข้าว นำมาตัดให้มีขนาด 3-5 เซนติเมตร จากนั้นแช่ฟางข้าวดังกล่าวในน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาฟางข้าวมาต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 2% (w/w) โดยปรับสภาพที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการกวนทุก 10 นาที เมื่อครบเวลานำเส้นใยมาล้างด้วยน้ำเปล่าจนค่า pH เป็นกลาง ทดสอบความเป็นกลางโดยใช้กระดาษลิตมัส บีบน้ำออกจนหมาด จากนั้นนำเส้นใยฟางข้าวมาหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ศึกษาสมบัติสัญฐานวิทยาของเส้นใย และเตรียมขึ้นรูปเป็นกระดาษในขั้นตอนต่อไป

ตัดฟางข้าวให้มีขนาดเล็ก | ต้มฟางข้าวในสารละลายด่าง | เส้นใยฟางข้าว

ภาพที่ 3.1 การเตรียมเส้นใยฟางข้าว

ตอนที่ 1.2 ศึกษาวิธีเตรียมเยื่อกระดาษใช้แล้ว

งานวิจัยนี้เลือกใช้กระดาษที่เหลือจากกระบวนการตัดเจียนขอบตำราเรียน มสธ. (ตำราเรียนระดับบัณฑิตศึกษา) ซึ่งเป็นกระดาษใช้แล้วที่ไม่มีการปนเปื้อนหมึกพิมพ์ จัดเป็นของเสียในโรงงานแบบปฐมภูมิ กระดาษใช้แล้วดังกล่าวที่ได้รับการอนุเคราะห์จากสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช กระดาษใช้แล้วมีลักษณะเป็นริ้วยาว ความกว้างของริ้วกระดาษกว้างไม่เท่ากัน เริ่มจากนำกระดาษใช้แล้ว มาแช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปตีเยื่อด้วยเครื่องตีเยื่อ LABTECH ความเร็วรอบ 1,792 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที บีบน้ำออกจนหมาด จากนั้นนำเส้นใยกระดาษใช้แล้วมาหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ศึกษาสมบัติสัญฐานวิทยาของเส้นใย และเตรียมขึ้นรูปเป็นกระดาษในขั้นตอนต่อไป

กระดาษใช้แล้ว

แช่ในน้ำกลั่น

เส้นใยกระดาษใช้แล้ว

ภาพที่ 3.2 การเตรียมเส้นใยกระดาษใช้แล้ว

ตอนที่ 2 ศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างเส้นใยฟางข้าวกับเส้นใยกระดาษใช้แล้วในการผลิตเป็นกระดาษดูดซับเอทิลีน

ตอนที่ 2.1 ศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างเส้นใยฟางข้าวกับเส้นใยกระดาษใช้แล้ว

นำเส้นใยฟางข้าวที่ปรับสภาพแล้วและเส้นใยใช้แล้วมาชั่งน้ำหนักตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ โดยกำหนดอัตราส่วนระหว่างเส้นใยฟางข้าวต่อเส้นใยกระดาษใช้แล้วที่ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 ตามลำดับ โดยกำหนดเป็นชุดทดลอง A1 ถึง A5 ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนระหว่างเส้นใยฟางข้าวต่อเส้นใยกระดาษใช้แล้ว

	Rice Straw (%)	Waste Paper (%)
Formula A1	100	0
Formula A2	75	25
Formula A3	50	50
Formula A4	25	75
Formula A5	0	100

นำเส้นใยฟางข้าวที่ปรับสภาพและเส้นใยใช้แล้วที่ชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนที่กำหนดมาเติมน้ำแล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องตีเยื่อ LABTECH ความเร็วรอบ 1792 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที ในทุกชุดการทดลอง จากนั้นนำมาขึ้นรูปเป็นกระดาษด้วยแม่พิมพ์ขนาด 25x25 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3 การขึ้นรูปกระดาษจากเส้นใยฟางข้าวที่ปรับสภาพและเส้นใยกระดาษใช้แล้ว

นำแม่พิมพ์กระดาษมาตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 1 วัน เมื่อกระดาษแห้งแล้วให้ลอกกระดาษออกจากแม่พิมพ์ เก็บกระดาษไว้ในถุงซิปแยกทีละแผ่น แล้งนำถุงซิปเก็บไว้ในกล่องที่มีฝาปิด และภายในบรรจุสารดูดความชื้นและรอทดสอบในขั้นตอนต่อไป

ตอนที่ 2.2 ศึกษาสมบัติของกระดาษจากเส้นใยฟางข้าวที่ปรับสภาพและเส้นใยกระดาษใช้แล้ว

นำกระดาษจากเส้นใยฟางข้าวที่ปรับสภาพและเส้นใยใช้แล้วมาทดสอบค่าความหนา ความต้านทานแรงดึงและทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ

ภาพที่ 3.4 เครื่องทดสอบความหนาของกระดาษ

โดยการทดสอบความต้านทานแรงดึงอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D828 และทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 2578 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึงดังแสดงในภาพที่ 3.5

ภาพที่ 3.5 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

ความต้านทานแรงดึง

$$F = \frac{W}{T} \tag{3.1}$$

เมื่อ

F = แรงที่มากที่สุดที่ทำให้ชิ้นงานทดสอบขาด

W = ความกว้างของชิ้นงานทดสอบ (มิลลิเมตร)

T = ความหนาของชิ้นงานทดสอบ (มิลลิเมตร)

ที่มา: โสรญา ส้มเขียวหวาน . (2557). ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระดาษอย่างง่ายจากเปลือกกล้วยสดและผลผลิตเหลือทิ้งหลังการหมักเอทานอล. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

การทดสอบความต้านแรงดันทะลุของกระดาษตามมาตรฐาน ISO 2578 ทำโดยวางชิ้นทดสอบบนแผ่นไดอะแฟรมที่มีความยืดหยุ่นรูปวงกลมแล้วยึดชิ้นทดสอบให้แน่น เพิ่มแรงดันของไหลไฮดรอลิก (Hydraulic Fluid) ด้วยอัตราคงที่ เพื่อให้แผ่นไดอะแฟรมขยายตัวจนชิ้นทดสอบแตก ความต้านแรงดันทะลุของชิ้นทดสอบคือ ค่าสูงสุดของความดันไฮดรอลิกที่กระทำบนชิ้นทดสอบโดยนำกระดาษจากเส้นใยฟางข้าวที่ปรับสภาพผสมเส้นใยกระดาษใช้แล้วไปทดสอบ สูตรละ 7 ซ้ำ แสดงผลการทดสอบเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

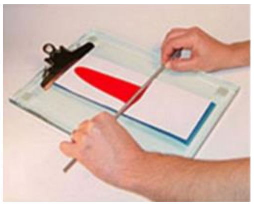
ภาพที่ 3.6 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ

ตอนที่ 3 ศึกษาปริมาณแป้งมันสำปะหลังดัดแปรที่เหมาะสมที่เติมลงในกระดาษฟางข้าวผสมกระดาษใช้แล้วเพื่อปรับปรุงความแข็งแรงของกระดาษ

ตอนที่ 3.1 การเคลือบแป้งมันสำปะหลังดัดแปรลงบนกระดาษ

นำกระดาษฟางข้าวผสมกระดาษใช้แล้ว ชุดทดลอง A2 มาปรับปรุงความแข็งแรงของกระดาษให้ดียิ่งขึ้น โดยนำกระดาษมาเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังดัดแปร ความเข้มข้น 5% (w/w) โดยควบคุมความหนาของชั้นเคลือบโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า บาร์โค้ด (Barcode)

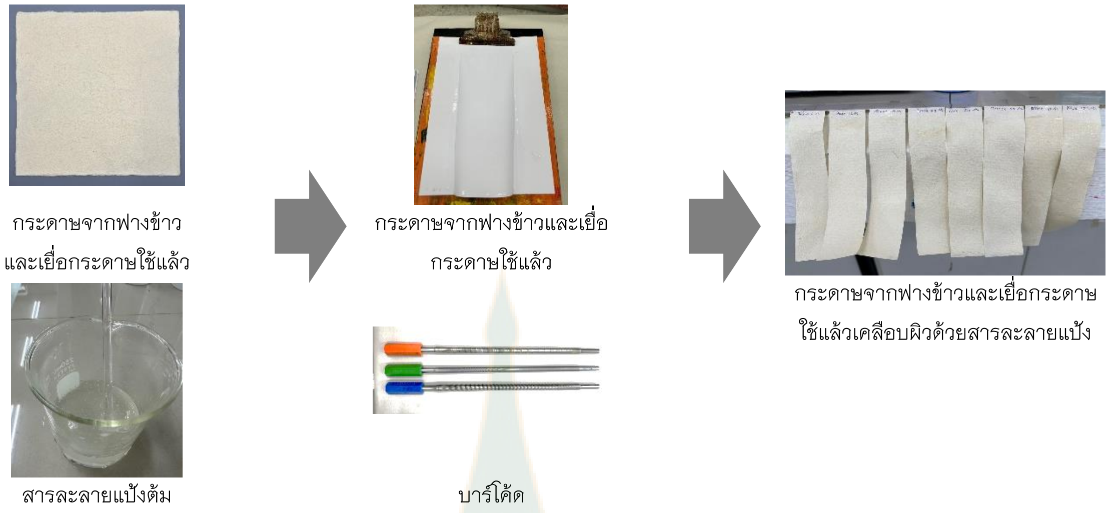
บาร์โค้ด



การเคลือบกระดาษด้วยบาร์โค้ด

ภาพที่ 3.7 การเคลือบกระดาษด้วยบาร์โค้ด

เริ่มจากการชั่งน้ำหนักแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและน้ำ เพื่อเตรียมสารละลายแป้งเข้มข้น 5% (w/w) คนให้แป้งเข้ากันกับน้ำ นำสารละลายแป้งที่ได้มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ปั่นกวนตลอดเวลาจนสารละลายที่ขุ่นเปลี่ยนเป็นสารละลายใส มีความหนืดเพิ่มขึ้นมีลักษณะเป็นเจล ปิดไฟยกภาชนะลงจากเตา ปล่อยให้สารละลายแป้งเย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง นำหลอดหยดมาดูดสารละลายแป้งต้มแล้วบีบสารละลายแป้งต้มลงบนกระดาษที่เตรียมไว้ แล้วลากบาร์โค้ดด้วยแรงที่สม่ำเสมอจนสุดความยาวของกระดาษ นำกระดาษมาตากให้แห้ง นำไปทดสอบสมบัติต่อไป การเคลือบสารละลายแป้งลงบนกระดาษแสดงดังในภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 การเคลือบสารละลายแป้งลงบนกระดาษ

นำกระดาษฟางข้าวผสมกระดาษใช้แล้ว ของชุดทดลอง A2 กำหนดเป็นชุดทดลอง B1 ถึง B5 โดยปรับเปลี่ยนความหนาชั้นเคลือบที่ 0, 50, 60, 80 และ 100 ไมครอน ตามลำดับ ดังแสดงความหนาของขั้นเคลือบและเบอร์ของบาร์โค้ด ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ความหนาของชั้นแป้งที่เคลือบลงบนผิวกระดาษ

	Wet film Deposit (μM)	Barcode No.
Formula B1	0	0
Formula B2	50	5
Formula B3	60	6
Formula B4	80	7
Formula B5	100	8

ตอนที่ 3.2 การศึกษาสมบัติของกระดาษเคลือบแป้งมันสำปะหลังดัดแปร

นำกระดาษที่เคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังดัดแปรที่ความหนาต่าง ๆ มาทดสอบความต้านทานแรงดึงและทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ โดยการทดสอบความต้านทานแรงดึงอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D828 และทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 2578 และนำไปทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ ด้วยวิธี COBB Paper Absorptiveness Tester ตาม ISO 535 โดยนำกระดาษไปทดสอบสูตรละ 7 ซ้ำ แสดงผลการทดสอบเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ภาพที่ 3.9 อุปกรณ์ทดสอบการดูดซึมน้ำ

หลังจากเคลือบกระดาษเสร็จแล้ว นำกระดาษมาตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 1 วัน เมื่อกระดาษแห้งแล้วให้เก็บกระดาษไว้ในถุงซิปแยกทีละแผ่น แล้งนำถุงซิปเก็บไว้ในกล่องที่มีฝาปิดและภายในบรรจุสารดูดความชื้นและรอทดสอบในขั้นตอนต่อไป

ตอนที่ 4 ศึกษาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมที่เติมลงในกระดาษฟางข้าวผสมกระดาษใช้แล้ว

ตอนที่ 4.1 การศึกษาสมบัติผงถ่านกัมมันต์

การศึกษาสมบัติผงถ่านกัมมันต์ ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ค่าคาร์บอนคงตัวและศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ศึกษาลักษณะหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FTIR

ตอนที่ 4.2 การศึกษาปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่เคลือบลงบนผิวกระดาษฟางข้าวผสมกระดาษใช้แล้ว

นำกระดาษฟางข้าวผสมกระดาษใช้แล้ว ชุดทดลอง B3 มาเคลือบด้วยผงถ่านกัมมันต์ เพื่อทำให้กระดาษมีสมบัติในการดูดซับก๊าซเอทิลีนเพื่อชะลอการสุกของผลไม้ได้ โดยควบคุมความหนาของชั้นเคลือบด้วย บาร์โค้ดเบอร์ 6

เริ่มจากการชั่งน้ำหนักแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและน้ำ เพื่อเตรียมสารละลายแป้งมันสำปะหลังดัดแปรเข้มข้น 5% (w/w) คนให้แป้งเข้ากับน้ำ นำสารละลายแป้งที่ได้มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ปั่นกวนตลอดเวลาจนสารละลายที่ขุ่นเปลี่ยนเป็นสารละลายใส มีความหนืดเพิ่มขึ้นมีลักษณะเหนียวเป็นเจล ปิดไฟยกภาชนะลงจากเตาปล่อยให้สารละลายแป้งมันสำปะหลังดัดแปรเย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมถ่านผงกัมมันต์ที่คัดแยกขนาด 150–179 ไมครอน ที่ปริมาณ 0–30% (w/w) ผสมลงไปในสารละลายแป้ง กวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ออกแบบการทดลองเป็นชุดทดลอง C1–C5 ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.3 ปริมาณผลถ่านกัมมันต์ที่เคลือบลงบนผิวกระดาษ

	Activated Charcoal (%)
Formula C1	0
Formula C2	5
Formula C3	10
Formula C4	20
Formula C5	30

จากนั้นนำหลอดหยดมาดูดสารละลายแป้งมันสำปะหลังดัดแปรผสมผงถ่านกัมมันต์หยดลงบนกระดาษที่เตรียมไว้ แล้วลากบาร์โค้ดด้วยแรงที่สม่ำเสมอจนสุดความยาวของ

กระดาษ หลังจากเคลือบกระดาษเสร็จแล้ว นำกระดาษมาตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 1 วัน เมื่อกระดาษแห้งแล้วให้เก็บกระดาษไว้ในถุงซิปแยกทีละแผ่น แล้วนำถุงซิปเก็บไว้ในกล่องที่มีฝาปิดและภายในบรรจุสารดูดความชื้นและรอทดสอบในขั้นตอนต่อไป

การเคลือบสารละลายแป้งผสมผงถ่านกัมมันต์ลงบนกระดาษแสดงในภาพที่ 3.10

ภาพที่ 3.10 การเคลือบสารละลายแป้งผสมผงถ่านกัมมันต์ลงบนกระดาษจากฟางข้าวและเยื่อกระดาษใช้แล้ว

ตอนที่ 4.8 ศึกษาสมบัติของกระดาษเคลือบผงถ่านกัมมันต์

นำกระดาษที่เคลือบผิวด้วยผงถ่านกัมมันต์ มาทดสอบความต้านทานแรงดึงและทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ โดยการทดสอบความต้านทานแรงดึงอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D828 และทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 2578 โดยนำกระดาษไปทดสอบสูตรละ 7 ซ้ำ แสดงผลการทดสอบเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ทดสอบระดับการหลุดลอก ด้วยเทคนิค Tape Test (Gray Sacale for Assessing Staining) ตาม ISO 105-A03: 2019 โดยนำแผ่นเทปกาวใสมาติดที่ชิ้นงานด้วยแรงคงที่ ดึงเทปออก นำเทปที่ได้ติดลงบนกระดาษสีขาว นำมาวัด Dot area ด้วยเครื่อง Spectrophotometer จากระดับ 1-5 แล้วคำนวณเป็นค่าร้อยละการหลุดลอก

ภาพที่ 3.11 แถบเกรย์สเกล

ตอนที่ 5 ศึกษาสมบัติในการชะลอการสุกของกล้วยหอมของกระดาษฟางข้าวผสมกระดาษใช้แล้วและผงถ่านกัมมันต์

ตอนที่ 5.1 การศึกษาสมบัติในการชะลอการสุกของกล้วยหอมของกระดาษฟางข้าวผสมกระดาษใช้แล้วและผงถ่านกัมมันต์

คัดเลือกกล้วยหอมที่ระยะเก็บเกี่ยวเพื่อการค้า ที่มีขนาด สี รูปร่าง และน้ำหนักใกล้เคียงกัน เก็บมาจากสวนเดียวกัน ปราศจากแมลงและรอยตำหนิความสมบูรณ์ของกล้วยหอมร้อยละ 75–80 นำมาเช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าแห้ง และทำการติดรหัส ติดสติกเกอร์แสดงตำแหน่งในการวัดค่าสี เพื่อให้วัดที่จุดเดียวกัน โดยกำหนด 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งด้านหัว ตำแหน่งตรงกลาง และตำแหน่งด้านปลายของผลกล้วย

ภาพที่ 3.12 กล้วยที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยนี้เน้นการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งสินค้าเกษตร ประเภทกล้วย โดยได้จำลองสถานการณ์เพื่อเลียนแบบการขนส่งกล้วยที่บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกสำเร็จรูปขนาด 17 x 25 x 9 เซนติเมตร เป็นกระดาษลูกลอน C แบบ 3 ชั้น จัดจำหน่ายโดยบริษัทไปรษณีย์ไทย จำกัด โดยทุกชุดทดลองใช้กล่องลูกฟูกแบบเดียวกัน

ภาพที่ 3.13 กล่องกระดาษลูกฟูกที่ใช้ในการทดลอง

กระดาษดูดซับเอทิลีน มี 2 ขนาด คือ ขนาดเล็ก 5 x 5 เซนติเมตร ขนาดใหญ่ 10 x 10 เซนติเมตร นำกระดาษดูดซับเอทิลีน ติดตรงตำแหน่งกึ่งกลางที่ฝาด้านบนของกล่องกระดาษลูกฟูก กล่องละ 1 แผ่น

นำกล้วย 1 ใบ วางลงในกล่องกระดาษลูกฟูกที่ติดกระดาษดูดซับเอทิลีนไว้แล้ว โดยวางกล้วยตรงตำแหน่งกึ่งกลางกล่อง โดยเก็บกล้วยหอมในกล่องกระดาษลูกฟูก จำนวน 1 ผลต่อกล่อง คิดเป็น 1 ชุดการทดลอง โดยในการทดลองจะทำการทดลอง 3 ซ้ำ เก็บในห้องอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วัน โดยทำการเปิดกล่องเพื่อบันทึกผลทุก ๆ 3 วัน และทดลองเปรียบเทียบกับการใช้สารดูดเอทิลีนทางการค้าในรูปแบบซอง ยี่ห้อ BeFresh® และการทดลองชุดควบคุม คือกล้วยที่ไม่ห่อกระดาษทำการบรรจุกล้วยลงในกล่องกระดาษลูกฟูกโดยตรง

ภาพที่ 3.14 ตำแหน่งการวางกล้วยในกล่องกระดาษลูกฟูก

ตอนที่ 5.2 การศึกษาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสดของกล้วยหอม

โดยชั่งน้ำหนักกล้วยในแต่ละชุดทดลอง โดยวัดผลทุก ๆ 3 วัน ซึ่งจะหยุดบันทึกผลเมื่อเปลือกของกล้วยหอมเปลี่ยนเป็นสีดำเกินกว่าร้อยละ 70 และทำการบันทึกน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดการเก็บรักษา โดยคิดเป็นร้อยละการสูญเสียน้ำหนักดังนี้ (ปริญญา ไกรวุฒินันท์ และคณะ, (2563)

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนทดลอง}}{\text{น้ำหนักหลังทดลอง}} \, x \, 100 \qquad (3.2)$$

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีผิวกล้วยโดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Color Quest XE) แสดงผลเป็นค่า L* a* b* ศึกษาความแน่นเนื้อของกล้วย ศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของกล้วย แสดงผลการทดสอบเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ภาพที่ 3.15 เครื่องวัดสีของเปลือกกล้วย

ภาพที่ 3.16 เครื่องวัดความแน่นเนื้อของกล้วย