

การพัฒนากระดาษบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยหญ้าขจรจบร่วมกับเส้นใยไบโอเซลลูโลส Development of Packaging Paper from Cellulose of Desho Grass and Bio-cellulose

สุพร สีเงินยวง

Suporn Singoenyung

แผนกวิชาสามัญสัมพันธ์ วิทยาลัยเทคนิคสตูล จังหวัดสตูล รหัสไปรษณีย์ 91000

Satun Technical College, Satun 91000

Corresponding Author: E-mail: su595psu@gmail.com

Received: 10 May 2021; Revised: 12 August. 2021; Accepted: 23 November. 2021;

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างปริมาณของเส้นใยหญ้าขจรจบกับเส้นใยไบโอเซลลูโลส 5 อัตราส่วน ที่มีผลต่อสมบัติทางโครงสร้างและสมบัติทางเชิงกลของกระดาษบรรจุภัณฑ์ 2) เพื่อเปรียบเทียบการซึมผ่านของน้ำระหว่างกระดาษจากเส้นใยหญ้าขจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสกับกระดาษกราฟที่ในท้องตลาด และ 3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อรูปแบบของบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยหญ้าขจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลส จำนวน 4 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบซอง รูปแบบถุง รูปแบบถ้วย และรูปแบบจาน กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ จำนวน 7 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินความเหมาะสมของบรรจุภัณฑ์ โดยนำบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยหญ้าขจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลส สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ F-test, CV (%), $\bar{X}$, และ S.D.

ผลการวิจัยพบว่า 1) กระดาษบรรจุภัณฑ์ของเส้นใยหญ้าขจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสที่อัตราส่วน 0.25:0.75 มีสมบัติทางโครงสร้างมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 36.6500 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตราส่วน 1 : 0 มีความแข็งแรงต่อแรงดึง โดยมีค่าเท่ากับ 10 นิวตัน และความแข็งแรงต่อการพับมากที่สุด 658.33 ครั้ง 2) เปอร์เซ็นต์การซึมผ่านของน้ำบนกระดาษบรรจุภัณฑ์จากมากไปหาน้อย ได้แก่กระดาษจากเส้นใยหญ้าขจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลส (ร้อยละ 74.84) กระดาษจากเส้นใยหญ้าขจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสที่ผสมสารละลายโคโคซาน (ร้อยละ 53.74) และกระดาษกราฟ (ร้อยละ 42.15) 3) รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ รูปแบบถุง (4.53 ± 0.66) และรูปแบบซอง (4.17 ± 0.21) รูปแบบถ้วย (3.96 ± 0.75) และรูปแบบจาน (3.62 ± 0.38) อยู่ในระดั้มาก ซึ่งแนวทางการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์นั้น สามารถนำกระดาษที่ได้ไปใช้พัฒนาหรือแปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ : กระดาษ บรรจุภัณฑ์ หญ้าขจรจบ ไบโอเซลลูโลส

Abstract

This paper presents a guideline for preparing a paper with the aims at: 1) determining the optimal ratio of the desho grass fiber and 5 ratios of bio-cellulose fibers affecting the structural and mechanical properties of the packaging paper, 2) comparing the water permeability between the paper from the desho grass fiber and the bio-cellulose fiber with commercial craft paper in the market, and 3) studying the experts' opinions on the 4 types of products from desho grass and bio-cellulose fibers, i.e. envelop, bag, cup, and plate. The sample group included 7 experts in packaging design and development. The research instrument was a packaging suitability assessment form to evaluate the paper packaging. The statistics in the data analysis included F-test, CV (%), $\bar{X}$, and SD.

The results showed that: 1) the ratio between the amount of desho grass fiber and bio-cellulose fiber at 0.25:0.75 had the greatest structural properties of 36.6500 kg/m³. The ratio of 1: 0 had tensile strength and the folding endurance of 10 newton with 658.33 folding times. 2) The percentage of water permeability of packaging paper from the highest to the lowest were as follows; desho grass fiber and bio-cellulose based paper (74.84%), desho grass fiber and bio-cellulose with chitosan solution (53.74%) and craft paper (42.15%) respectively. 3) The forms of packaging with the most appropriate design starting from bag (4.53 $\pm$ 0.66), envelope (4.17 $\pm$ 0.21), cup (3.96 $\pm$ 0.75), and plate (3.62 $\pm$ 0.38) respectively. This study provides a guideline which can be applied to develop paper packaging with environmental friendly and biodegradable.

Keywords : Paper, Packaging, desho grass (*Pennisetum Pedicellatum*), Bio-cellulose

1. บทนำ

ปัจจุบันการใช้พลาสติกมีปริมาณสูงตามปริมาณประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี ทำให้ประสบปัญหาขยะพลาสติกมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นด้วยซึ่งพลาสติกนั้นเป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ยาก เซลลูโลสจึงเป็นวัสดุทางเลือกใหม่ที่จะทดแทนพลาสติกในบางอุตสาหกรรม เช่น ประยุกต์แผ่นวัสดุตกแต่งแผง ลำโพง คุณภาพดี กระดาษ และกระดาษจากเซลลูโลส เป็นต้น โดยไบโอเซลลูโลสนั้นเป็นวัสดุที่มีรพูน มีความยืดหยุ่นสูง ย่อยสลายได้ทางธรรมชาติ มีปริมาณมาก สามารถเกิดใหม่ได้เรื่อย ๆ และราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ ด้วยเหตุนี้จึงนิยมใช้เป็นสารเติมแต่งในพลาสติก นักวิจัยจึงให้ความสนใจในการผลิตเซลลูโลสจากแบคทีเรีย เพราะถือเป็นทางเลือกใหม่เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเพื่อทดแทนการใช้เซลลูโลสจากพืชที่ต้องทำลายต้นไม้ [1] ประกอบกับกระแสสังคมในปัจจุบันที่หันมาสนใจบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจะได้รับความสนใจมากขึ้น ทำให้บรรจุภัณฑ์จากธรรมชาติเป็นที่สนใจของคนไทยและทั่วโลก

การวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากธรรมชาตินั้นค่อนข้างหลากหลาย โดยเฉพาะการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยเซลลูโลส เช่น กากกล้วย [2] เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร [3] เป็นต้น และแบ่ง แต่บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากแป้ง (starch) นั้นราคาต้นทุนค่อนข้างสูง ดังนั้นการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยเซลลูโลสจากพืช

จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจ โดยเฉพาะจำพวกหญ้า เช่น หญ้าขจรจบซึ่งเป็นวัชพืชที่นำความเสียหายมาสู่การเกษตร เนื่องจากสามารถแพร่ระบาดได้อย่างรวดเร็ว ที่สำคัญนั้นลักษณะของเส้นใยจัดเป็นประเภทลิกโนเซลลูโลส ซึ่งประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน [4] จากคุณสมบัตินี้ได้มีการนำหญ้าไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เช่น ใช้เป็นวัสดุประกอบเพื่อเป็นวัสดุทดแทนไม้ ใช้เป็นพอลิเมอร์ชีวภาพในภาชนะและบรรจุภัณฑ์ รวมถึงการประยุกต์ใช้ในการผลิตกระดาษ [5] ผู้วิจัยจึงมุ่งสนใจในการนำหญ้าขจรจบมาพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์ร่วมกับไบโอเซลลูโลส ซึ่งได้จากการหมักผักและผลไม้โดยไบโอเซลลูโลส โดยผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่าจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นกระดาษคุณภาพดีได้ ซึ่งจะเป็นแนวทางการนำกระดาษที่ได้ไปใช้พัฒนาหรือแปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างปริมาณของเส้นใยหญ้าขจรจบกับเส้นใยไบโอเซลลูโลส ที่มีผลต่อสมบัติทางโครงสร้างและสมบัติทางเชิงกลของกระดาษบรรจุภัณฑ์
- 2.2 เพื่อเปรียบเทียบการซึมผ่านของน้ำระหว่างกระดาษจากเส้นใยหญ้าขจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสกับกระดาษกราฟในท้องตลาด
- 2.3 เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อรูปแบบของบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยหญ้าขจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลส

3. สมมติฐานการวิจัย

- 3.1 อัตราส่วนระหว่างปริมาณของเส้นใยหญ้าขจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสต่างกัน สมบัติทางโครงสร้างและสมบัติทางเชิงกลของกระดาษบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน
- 3.2 ชนิดของกระดาษบรรจุภัณฑ์ต่างกัน การซึมผ่านของน้ำบนกระดาษบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

- 4.1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างปริมาณของเส้นใยไบโอเซลลูโลสกับเส้นใยหญ้าขจรจบ ที่มีผลต่อสมบัติทางโครงสร้างและสมบัติทางเชิงกลของกระดาษบรรจุภัณฑ์

ดำเนินการทดลองตามขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 1 รายละเอียด ดังนี้

- 1) เตรียมเส้นใยไบโอเซลลูโลสด้วยวิธีการหมักส่วนผสมประกอบด้วยเนื้อมะเฟือง น้ำตาลทรายแดง และน้ำสะอาด ในอัตราส่วน 3 กิโลกรัม : 1 กิโลกรัม : 10 ลิตร โดยหมักในถังพลาสติกมีฝาปิด เป็นเวลา 1 ปี จะได้เยื่อของเส้นใยไบโอเซลลูโลส
- 2) เตรียมเส้นใยจากหญ้าขจรจบ โดยนำหญ้าขจรจบมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปปั่นละเอียด แขนสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 50 ให้ท่วมเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ล้างทำความสะอาดจนมีค่า pH อยู่ระหว่าง 7 - 8
- 3) ศึกษาอัตราส่วนระหว่างปริมาณของเส้นใยหญ้าขจรจบต่อเส้นใยไบโอเซลลูโลส จำนวน 5 อัตราส่วน ประกอบด้วย 1:0, 0.75:0.25, 0.5:0.5, 0.25:0.75 และ 0:1 โดยนำเส้นใยทั้ง 2 ชนิด ที่เตรียมไว้ผสมกันตามอัตราส่วนที่กำหนดปริมาณ 500 กรัม และเติมน้ำสะอาด 10 ลิตร คนผสมให้เส้นใยกระจายทั่วในน้ำ ดังภาพที่ 2

บทความวิจัย

4) ใช้กระดาษขนาด 25 x 34 เซนติเมตร ซ้อนเยื่อเส้นใยขึ้นจากน้ำ เกลี่ยเส้นใยกระจายให้สม่ำเสมอทั่วกระดาษ (ภาพที่ 3)

5) นำไปตากแดดจนกระทั่งเยื่อกระดาษแห้งสนิทเป็นเวลา 2 วัน ลอกแผ่นกระดาษออกจากตะแกรง จะได้กระดาษบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยหญ้าจรจบกับเส้นใยไบโอเซลลูโลส (ภาพที่ 4)

6) คำนวณค่าความหนาแน่นเสมือน เพื่อศึกษาสมบัติทางโครงสร้างของกระดาษในแต่ละหน่วยทดลอง โดยคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ค่าความหนาแน่นเสมือน} = \frac{\text{น้ำหนักของแผ่นกระดาษ (กิโลกรัม)}}{\text{ความหนาของกระดาษ (เมตร)}}$$

7) ทดสอบสมบัติทางเชิงกลของกระดาษ

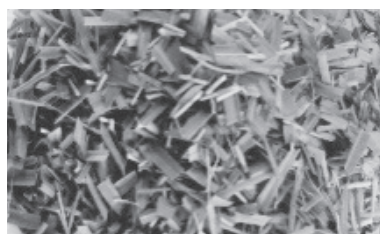
ความแข็งแรงต่อแรงดึง นำกระดาษเส้นใยหญ้าจรจบกับเส้นใยไบโอเซลลูโลสที่ได้จากการทดลอง ทุกอัตราส่วนตัดให้ได้แผ่นสี่เหลี่ยม ขนาด 10 x 10 เซนติเมตร อัตราส่วนละ 3 ชิ้น ซ้ำมวลขึ้นทดสอบแต่ละชั้น ยึดปลายข้างหนึ่งของกระดาษกับแคลมป์ของขาตั้งให้แน่น แขนงลูกลมกับปลายกระดาษอีกด้านให้อยู่ในลักษณะแนวตั้ง เพิ่มมวลครั้งละ 10 กรัม จนขึ้นกระดาษที่ทดสอบขาด บันทึกค่ามวลที่ทำให้ขึ้นทดสอบขาด และคำนวณค่าแรงดึงในหน่วยนิวตันจากสูตร แรง (นิวตัน) = มวล (กิโลกรัม) x ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (เมตรต่อวินาที²)

ความแข็งแรงต่อการพับ นำกระดาษเส้นใยหญ้าจรจบกับเส้นใยไบโอเซลลูโลสที่ได้จากการทดลอง ทุกอัตราส่วนตัดให้ได้แผ่นสี่เหลี่ยม ขนาด 10 x 10 เซนติเมตร พับขึ้นกระดาษโดยทำมุม 60 องศา ไป-มาจนกระทั่งขึ้นกระดาษขาด นับจำนวนครั้งที่พับ

8) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำ 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับทำกระดาษบรรจุภัณฑ์



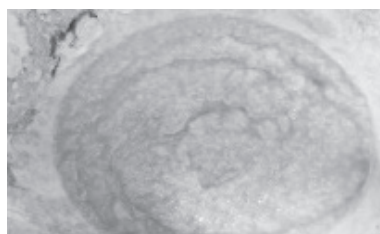
วัตถุดิบเส้นใยไบโอเซลลูโลส



หญ้าจรจบ

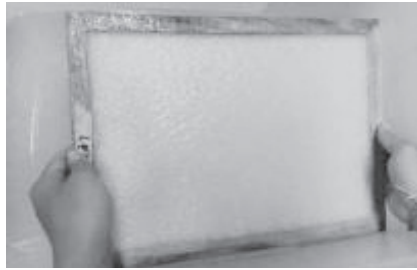


เส้นใยไบโอเซลลูโลส



เส้นใยหญ้าจรจบ

ภาพที่ 1 การเตรียมกระดาษบรรจุภัณฑ์เส้นใยไบโอเซลลูโลสด้วยและเส้นใยหญ้าจรจบ



ภาพที่ 2 ก. การทำบรรจุภัณฑ์เส้นใยไบโอเซลลูโลสด้วยและเส้นใยหญ้าขจรจบด้วยวิธีการซ้อนเยื่อ
ข. บรรจุภัณฑ์จากเส้นใยไบโอเซลลูโลสด้วยและเส้นใยหญ้าขจรจบ

4.2 เปรียบเทียบการซึมผ่านของน้ำระหว่างกระดาษจากเส้นใยหญ้าขจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสกับกระดาษกราฟในห้องทดลอง

1) เตรียมกระดาษบรรจุภัณฑ์จากเยื่อเส้นใยหญ้าขจรจบกับเส้นใยไบโอเซลลูโลสอัตราส่วนที่คัดเลือกได้จากการทดลองที่ 1 ด้วยวิธีการซ้อนเยื่อ แบ่งเป็น 3 การทดลอง ประกอบด้วย เยื่อเส้นใยหญ้าขจรจบกับเส้นใยไบโอเซลลูโลส ปริมาณ 100 กรัม เยื่อเส้นใยหญ้าขจรจบกับเส้นใยไบโอเซลลูโลส 100 กรัมเติมไคโตซาน 200 มิลลิลิตร และกระดาษ กราฟจากห้องทดลอง ดังภาพที่ 5

2) ทดสอบเปอร์เซ็นต์การซึมผ่านของน้ำ โดยนำกระดาษทั้ง 3 การทดลอง ตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 10×10 เซนติเมตร ซึ่งมวลกระดาษแต่ละแผ่นก่อนแช่น้ำ จากนั้นนำกระดาษแช่น้ำให้ท่วม เป็นเวลา 1 นาที สะเด็ดน้ำ ซึ่งมวลกระดาษหลังแช่น้ำ คำนวณเปอร์เซ็นต์การซึมผ่านของน้ำจากสูตร

$$\% \text{ การซึมผ่านของน้ำ} = \frac{(\text{มวลก่อนแช่น้ำ} - \text{มวลหลังแช่น้ำ})}{\text{มวลหลังแช่น้ำ}} \times 100$$

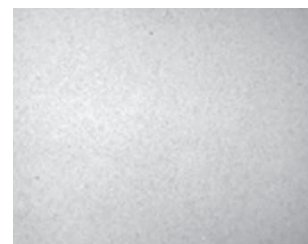
3) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำ 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD)



ก



ข



ค

ภาพที่ 3 กระดาษบรรจุภัณฑ์ (ก. กระดาษจากเส้นใยหญ้าขจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลส ข. กระดาษจากเส้นใยหญ้าขจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสผสมไคโตซาน ค. กระดาษกราฟจากห้องทดลอง)

4.3 ศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อรูปแบบของบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยหญ้าจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลส

1) นำกระดาษจากเส้นใยหญ้าจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์จำนวน 4 รูปแบบ ได้แก่ แบบซอง แบบถุง (แบบถ้วย และ แบบจาน) ดังภาพที่ 3

2) ประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน โดยมีประเด็นในการประเมิน ได้แก่ 1) รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ (สี และรูปทรง) 2) ขนาดของบรรจุภัณฑ์ 3) วัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ และ 4) ความคงทน แข็งแรงของบรรจุภัณฑ์

3) นำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) และเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ [6]

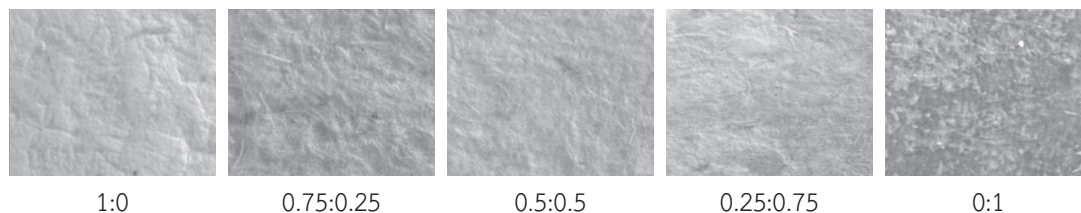
กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ประกอบด้วยครูแผนกวิชาการตลาด วิทยาลัยเทคนิคสตูล จำนวน 5 คน ครูแผนกวิชาการตลาด วิทยาลัยอาชีวศึกษาสงขลา จำนวน 1 คน และอาจารย์จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จำนวน 1 คน รวมทั้งหมด 7 คน

เครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการวิจัย คือแบบประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของบรรจุภัณฑ์ สร้างแบบประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของบรรจุภัณฑ์ ทั้งหมดจำนวน 4 ข้อ และนำแบบประเมินที่สร้างขึ้นโดยการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.5 - 1.00 นำแบบประเมินไปทดลองใช้เพื่อหาอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อด้วยวิธีหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.32 - 0.87 วิเคราะห์หาความเที่ยงตามวิธีของ Cronbach เท่ากับ 0.7

5. ผลการวิจัย

5.1 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างปริมาณของเส้นใยหญ้าจรจบกับเส้นใยไบโอเซลลูโลส ที่มีผลต่อสมบัติทางโครงสร้างและสมบัติทางเชิงกลของกระดาษบรรจุภัณฑ์

อัตราส่วนระหว่างปริมาณของเส้นใยหญ้าจรจบกับเส้นใยไบโอเซลลูโลสต่างกัน 5 อัตราส่วน 1:0, 0.75:0.25, 0.5:0.5, 0.25:0.75 และ 0:1 มีผลต่อสมบัติทางโครงสร้างและสมบัติทางเชิงกลของกระดาษบรรจุภัณฑ์ ปรากฏผลการวิจัยสมบัติทางโครงสร้าง ด้านความหนาแน่นเสมือน สมบัติทางเชิงกล ด้านความแข็งแรงต่อแรงดึง และความแข็งแรงต่อการพับ ดังแสดงในตารางที่ 1 และลักษณะของกระดาษที่ได้จากอัตราส่วนในแต่ละอัตราส่วน ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กระดาษบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยหญ้าจรจบกับเส้นใยไบโอเซลลูโลสใน 5 อัตราส่วน

ตารางที่ 1 สมบัติทางโครงสร้างและสมบัติทางเชิงกลของกระดาศบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยหญ้าจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลส 5 อัตราส่วน

อัตราส่วน	สมบัติทางโครงสร้าง ความหนาแน่นเสมือน (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	สมบัติทางเชิงกล	
		ความแข็งแรงต่อแรงดึง (นิวตัน)	ความแข็งแรงต่อการพับ (ครั้ง)
1 : 0	2.2200 ^d	9.6500 ^a	658.3300 ^a
0.75 : 0.25	21.5467 ^c	5.2167 ^b	563.6700 ^b
0.5 : 0.5	23.0333 ^b	3.4367 ^c	457.0000 ^c
0.25 : 0.75	36.6500 ^a	2.7067 ^d	409.6700 ^c
0 : 1	0.0000 ^e	0.0000 ^e	0.0000 ^d
<i>F-test</i>	**	**	**
CV (%)	3.24	6.02	5.98

** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .01

จากตารางที่ 1 พบว่า อัตราส่วนระหว่างเส้นใยหญ้าจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสมีผลต่อสมบัติทางโครงสร้างและสมบัติทางเชิงกล แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่อัตราส่วน 0.25: 0.75 มีสมบัติทางโครงสร้างมากที่สุด ด้านความหนาแน่นเสมือนเท่ากับ 36.6500 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และที่อัตราส่วน 1:0 มีสมบัติทางเชิงกลมากที่สุด โดยมีความแข็งแรงต่อแรงดึงเท่ากับ 9.6500 นิวตัน และมีความแข็งแรงต่อการพับ 658.3300 ครั้ง

5.2 การเปรียบเทียบการซึมผ่านของน้ำระหว่างกระดาศจากเส้นใยหญ้าจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสกับกระดาศกราฟีนในห้องทดลอง ปรากฏผลการวิจัยดังแสดงในตารางที่ 2 และลักษณะของกระดาศที่ได้ในแต่ละชนิด

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการซึมผ่านของน้ำบนกระดาศบรรจุภัณฑ์ในแต่ละชนิด

ชนิดของกระดาศบรรจุภัณฑ์	มวลก่อนแช่น้ำ (กรัม)		มวลหลังแช่น้ำ (กรัม)		การซึมผ่านของน้ำ (ร้อยละ)
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	
กระดาศเส้นใยหญ้าจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสที่ผสมสารละลายไคโตซาน	2.00	0.02	4.32	0.10	53.74c
กระดาศเส้นใยหญ้าจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลส	1.61	0.01	6.40	0.12	74.84b
กระดาศกราฟีน	1.88	0.01	3.25	0.09	42.15a
<i>F-test</i>					**
CV (%)					4.35

** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .01

บทความวิจัย

จากตารางที่ 2 พบว่า ชนิดของกระดาษบรรจุภัณฑ์ต่างกัน การซึมผ่านของน้ำบนกระดาษบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อเรียงลำดับการซึมผ่านของน้ำจากน้อยไปมาก ได้แก่ กระดาษคราฟท์ กระดาษ เส้นใยหญ้าจรรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสที่ผสมสารละลายไคโตซาน และกระดาษเส้นใยหญ้าจรรจบ และเส้นใยไบโอเซลลูโลสที่ไม่การเคลือบสารสกัดไคโตซาน ซึ่งมีการซึมผ่านของน้ำคิดเป็นร้อยละ 42.15, 53.74 และ 74.84 ตามลำดับ

5.3 การศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อรูปแบบของบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยหญ้าจรรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลส ปรากฏผลการวิจัย ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของรูปแบบบรรจุภัณฑ์

รูปแบบบรรจุภัณฑ์	ระดับความเหมาะสม		ความหมาย
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	4.17	0.21	มาก
	4.53	0.66	มากที่สุด
	3.62	0.38	มาก
	3.96	0.75	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่า รูปแบบการขึ้นรูปต่างกัน ระดับความเหมาะสมของบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยหญ้าจรรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสแตกต่างกัน โดยบรรจุภัณฑ์รูปแบบถุงมีคะแนนความเหมาะสมสูงสุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 ± 0.66 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ รูปแบบของ รูปแบบจาน และรูปแบบถ้วย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 ± 0.21 , 3.96 ± 0.75 และ 3.62 ± 0.38 ตามลำดับ

6. อภิปรายผลการวิจัย

6.1 การที่พบว่า กระดาษจากเส้นใยหญ้าจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสที่อัตราส่วน 0.25:0.75 มีสมบัติทางโครงสร้างด้านความหนาแน่นเสมือนมากที่สุด ทำให้กระดาษบรรจุภัณฑ์ในอัตราส่วนดังกล่าวมีความเหนียวมากตามไปด้วย ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของกระดาษ ทั้งนี้ เนื่องจากในอัตราส่วนดังกล่าวมีส่วนผสมของเส้นใยไบโอเซลลูโลสมากกว่าอัตราส่วนอื่น ทำให้กระดาษมีความหนาน้อยลง ส่งผลให้ความหนาแน่นเสมือนสูงขึ้น และมีผลต่อคุณภาพของกระดาษ [5] ที่กล่าวว่าเซลลูโลสแบบคทีเรียเป็นสารที่มีความยืดหยุ่นและย่อยสลายได้ทางธรรมชาติ ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตวัสดุในทางอุตสาหกรรม เช่น กระดาษคุณภาพดี และการที่พบว่ากระดาษที่มีอัตราส่วน 1 : 0 มีสมบัติทางเชิงกลเหมาะสมที่สุด เกิดจากในอัตราส่วนดังกล่าวไม่มีส่วนผสมของเส้นใยไบโอเซลลูโลสทำให้มีความแข็งแรงตามคุณสมบัติของเซลลูโลส [1] ที่กล่าวว่า โครงสร้างของเซลลูโลสมีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบทำให้มีความเป็นผลึกสูง โดยจากผลการวิจัยนั้นผู้สนใจสามารถเลือกใช้กระดาษจากอัตราส่วนระหว่างเส้นใยหญ้าจรจบ และเส้นใยไบโอเซลลูโลสในอัตราส่วนต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

6.2 การที่พบว่า การซึมผ่านของน้ำบนกระดาษบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยหญ้าจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสที่มีส่วนผสมของสารละลายไคโตซานมีการซึมผ่านของน้ำน้อยกว่ากระดาษที่ไม่มีส่วนผสมของสารละลายไคโตซาน [7] ที่ระบุว่าคุณสมบัติของไคโตซานไคโตซานเป็นสารประเภท Non Toxic PolyElec-trolyte ไคโตซานที่เคลือบอยู่นี้จะก่อตัวเป็นฟิล์มบาง ๆ พร้อมกับดูดซับความชื้นเอาไว้ ซึ่งจากผลการวิจัยดังกล่าวนี้ สามารถนำไปต่อยอดในกรณีที่ต้องการทำบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับของเหลว เช่น ถ้วยบรรจุภัณฑ์ จานบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

6.3 การที่พบว่า บรรจุภัณฑ์จากเส้นใยหญ้าจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลส รูปแบบถุงมีคะแนนความเหมาะสมสูงสุดนั้น ผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่ารูปทรงของบรรจุภัณฑ์นั้นมีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย เช่น การนำไปใช้บรรจุของฝากของที่ระลึก การบรรจุขนม การบรรจุสิ่งของต่าง ๆ เป็นต้น และอำนวยความสะดวกขณะพกพาให้แก่ผู้ใช้บรรจุภัณฑ์ดังกล่าว รวมทั้งสามารถปกป้องผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ได้

7. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

1) กระดาษบรรจุภัณฑ์ของเส้นใยหญ้าจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสที่อัตราส่วน 0.25:0.75 มีสมบัติทางโครงสร้างมากที่สุด และที่อัตราส่วน 1:0 มีสมบัติทางเชิงกลมากที่สุด

2) การซึมผ่านของน้ำบนกระดาษบรรจุภัณฑ์จากมากไปหาน้อย ได้แก่กระดาษจากเส้นใยหญ้าจรจบ และเส้นใยไบโอเซลลูโลส (ร้อยละ 74.84) กระดาษจากเส้นใยหญ้าจรจบและเส้นใยไบโอเซลลูโลสที่ผสมสารละลายไคโตซาน (ร้อยละ 53.74) และกระดาษคราฟท์ (ร้อยละ 42.15)

3) รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ รูปแบบถุง (4.53 ± 0.66) และรูปแบบซอง (4.17 ± 0.21) รูปแบบถ้วย (3.96 ± 0.75) และรูปแบบจาน (3.62 ± 0.38) อยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1) ควรขยายองค์ความรู้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นสู่กลุ่มแม่บ้าน/ชุมชน เพื่อสนับสนุนเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชน และควรออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากกระดาษที่พัฒนาขึ้นน่าสนใจและหลากหลายให้มากยิ่งขึ้น เพื่อทางเลือกและแรงดึงดูดใจให้แก่ผู้บริโภคให้หันมาใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หรือนำกระดาษที่พัฒนาขึ้นไปใช้เป็นวัสดุในงานต่าง ๆ เช่น กระดาษวาดภาพ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] บุปผาชาติ ยศคันโท และคณะ. (2555). การศึกษาคุณสมบัติของเซลลูโลสแบคทีเรียเพื่อการผลิตกระดาษย่อยสลายได้. *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555*. (น. 1281 - 1287) เพชรบุรี : มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- [2] มลสุดา ลิ่วโรง. (2556). *การผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกากกล้วย*. (ปริญญานิพนธ์) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [3] ลดา มาศ เปัญชา และคณะ. (2559) ม.ป.ป. ความเป็นไปได้เบื้องต้นในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดเชียงราย. *นเรศวรวิจัย*. ครั้งที่ 12 : วิจัยและนวัตกรรมกับการพัฒนาประเทศ. (น.418 - 423). มหาวิทยาลัยนเรศวร: กองบริหารการวิจัย.
- [4] รัชพล พะวงศ์รัตน์. (2558). กระบวนการปรับปรุงสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลจาก วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทลิกโนเซลลูโลส. *วารสารวิชาการ Veridian E-Journal*, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2 (1), 143 - 157.
- [5] นิษฐกานต์ ประดิษฐ์ศรีกุล. (2558). *คุณภาพของแผ่นวุ้นเซลลูโลสจากการเพาะเลี้ยงด้วยสารอาหารเสริมที่แตกต่างกันในน้ำสกัดเศษข้าวโพด*. (รายงานวิจัย) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- [6] ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- [7] สุธิดา คงทอง. (2552). ไคติน-ไคโตซาน (Chitin-Chitosan). *วารสารอุตสาหกรรมศึกษา*, 3(1), 1 - 7.