แผ่นวัสดุเพื่อใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารโดยใช้เศษเหลือทิ้งทางการเกษตร
Materials plate for food packaging development by using agricultural waste

พงษ์ศักดิ์ จิตตบุตร[1] ศิริพร ปิยะศรี[2] และสุชาดา เปียสันเทียะ[2]
Pongsak Jittabut[1] Siriporn Piyasri[2] Suchada Piasanthia[2]

รับบทความ 15 พฤศจิกายน 2562/ ปรับแก้ไข 5 มกราคม 2563/ ตอบรับบทความ 8 มกราคม 2563
Received: November 15, 2019/ Revised: January 5, 2020/ Accepted: January 8, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแผ่นวัสดุเพื่อใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารโดยใช้เศษเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยเลือกใช้ฟางข้าวและใบอ้อยเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเส้นใย แปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ จาน ถ้วย และถุง โดยทดสอบสมบัติทางกล ได้แก่ การทดสอบการต้านแรงดึง สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การทดสอบน้ำหนักมาตรฐาน การทดสอบค่าปริมาณความชื้น การทดสอบการดูดซึมน้ำ การทดสอบความหนาแน่น และความพึงพอใจ ผลการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นที่ดีอยู่ที่จานของทั้งฟางข้าวและใบอ้อยที่มีค่าเฉลี่ย 0.23 g/cm^3 การทดสอบการดูดซึมน้ำชิ้นทดสอบมีค่าการดูดซึมน้ำค่อนข้างสูง ซึ่งค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำที่ดีของถุงที่ทำจากใบอ้อยเฉลี่ยเท่ากับ 233.24 % น้ำหนักมาตรฐานเมื่อเปรียบเทียบกับโฟม น้ำหนักที่ทำจากเส้นใยฟางข้าวและใบอ้อยมีน้ำหนักที่มากกว่าเป็นไปตามมาตรฐานกระดาษแข็ง การต้านแรงดึงที่ดีคือถ้วยที่ทำจากฟางข้าวมีค่าเฉลี่ย 1.30 kPa ค่าปริมาณความชื้นเป็นไปตามมาตรฐาน และความพึงพอใจจากการสอบถามความคิดเห็นโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของฟางข้าวและใบอ้อยทั้งหมดอยู่ที่ 14.698517 kgCO_2e. และ 14.577017 kgCO_2e. ตามลำดับ ซึ่งเส้นใยของฟางข้าวและใบอ้อยสามารถนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารได้

คำสำคัญ: บรรจุภัณฑ์อาหาร เศษเหลือทิ้งทางการเกษตร สมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ

[1*] ผู้ช่วยศาสตราจารย์หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา เลขที่ 340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[2] นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา เลขที่ 340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

Physics and General Sciences Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, 340 Suranarai road, Maueng District, Nakhon Ratchasima, 30000

* Corresponding author: pongsak.physics@gmail.com

Abstract

The objective of this research is to study the material sheet for food packaging using agricultural wastes. Rice straw and sugar cane leaves as the main raw material for fiber processing into packaging such as plates, cups and bags. The mechanical (tensile strength), physical properties (density, water absorption, standard weight, Moisture content) of packaging products have been investigated. It is found that the rice straw cup has a good tensile strength of 1.30 kPa. For the physical properties, the value of an average plate density from both rice straw and sugar cane leave is 0.23 g/cm^3. The water absorption has a high value of 233.24% for sugar cane leave bag. For the standard weight, all products are heavier than the cardboard standard for calibration with foam. The moisture content is within the standard range. The good tensile strength is that the cups made from rice straw have an average of 1.30 kPa. The moisture content is in accordance with the standard. The satisfaction is also studied from the inquiry paper. From the result, the satisfaction is in a good level. Moreover, estimated greenhouse gas emissions of all rice straw and sugar cane leave products are 14.70 and 14.58 kgCO_2e., respectively. Fibers of rice straw and sugar cane leaves can be used to produce food packaging.

Keywords: Food packaging, agricultural waste, mechanical properties, physical properties

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยนับเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก ประชาชนมากกว่าร้อยละ 50 (Bhattacharya S.C et.al., 1989) ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ผลพลอยได้ที่สำคัญนอกเหนือจากผลผลิตการเกษตรก็คือ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ใบอ้อย เป็นต้นและเนื่องจากปริมาณชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ผลิตภายในประเทศจะแปรผันและขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของประเทศซึ่งปริมาณชีวมวลเหลือใช้จากฟางข้าวและใบอ้อยมีจำนวนมาก สอดคล้องกับความต้องการของตลาดโลกในเรื่องของการผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ โดยในที่นี้จะเป็นการผลิตจากฟางข้าวและใบอ้อย ซึ่งจะนำมาบดแล้วอัดขึ้นรูปจนได้ภาชนะออกมาเพื่อที่จะใช้ทดแทนผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ขึ้นมาจากพอลิเมอร์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นจะมีการนำไปทดสอบสมบัติทางกล และสมบัติทางกายภาพ ซึ่งเมื่อผ่านการทดสอบจะแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัสดุย่อยสลายได้นี้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากพอลิเมอร์สังเคราะห์ สามารถนำไปใช้งานทดแทนกันได้เพื่อจะช่วยให้มลภาวะของโลกลดน้อยลงและลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน

บรรจุภัณฑ์อาหารจึงมีบทบาทสำคัญในการเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะช่วยรักษาคุณภาพอาหารซึ่งอาจทำให้เปลี่ยนแปลงไปโดยปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม การยืดอายุการเก็บของอาหารให้ยาวนานขึ้น และสามารถรักษาคุณภาพของอาหารให้คงอยู่จนกระทั่งบริโภคหมด การพัฒนาบรรจุภัณฑ์มีปัจจัยหลายประการ ได้แก่ การลดต้นทุนการผลิตให้มากที่สุด การรักษาคุณภาพของสินค้าให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังมีปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่ง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มยอดจำหน่ายของสินค้า คือ การออกแบบบรรจุภัณฑ์พร้อมกราฟิกที่มีความเหมาะสม ทั้งในด้านประโยชน์ใช้สอยและความสวยงามให้สอดคล้องกับรสนิยมและพฤติกรรมของผู้บริโภค และถูกต้องตามกฎระเบียบควบคุมสินค้า ซึ่งข้าวและอ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจของไทย หลังจากการเก็บเกี่ยวจะยังคงเหลือเศษซากจากการเก็บเกี่ยวคือ ฟางข้าวและใบอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จำนวนมาก สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้สนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร คือ ฟางข้าวและใบอ้อย มา

พัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์ เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกล และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ที่เหมาะสม ทำการประเมินความพึงพอใจและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อให้ได้บรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพและคุณสมบัติดังกล่าวที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานในด้านต่างๆ

วิธีการดำเนินงานวิจัย

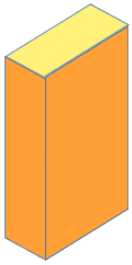
1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1.1 การออกแบบบรรจุภัณฑ์

ขั้นตอนนี้ได้ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ผู้ทำวิจัยได้ออกแบบบรรจุภัณฑ์ สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำจากเส้นใยฟางข้าวและใบอ้อย ได้แก่ ถ้วย กล่อง ถุง โดยออกแบบจานที่มีขนาดขึ้นรูป 17.20 x 3.70 เซนติเมตร เหมาะสำหรับใส่บรรจุอาหารสะดวกต่อการใช้สอยดังภาพที่ 1 (ก) และออกแบบบรรจุภัณฑ์เป็น ถ้วยขนาด 350 มิลลิลิตร ขนาดขึ้นรูป 13.50 x 4.66 เซนติเมตร ดังภาพที่ 1 (ข) และออกแบบถุง ขนาดขึ้นรูป 14 x 18 x 5 เซนติเมตร (ยาว x สูง x กว้าง) ก้นถุงเป็นรูปสี่เหลี่ยม เมื่อกางถุงสามารถวางตรงกลางได้ ใช้สำหรับบรรจุของชำทั่วไปดังภาพที่ 1 (ค)

(ก) จาน

(ข) ถ้วย



(ค) ถุง

ภาพที่ 1 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการวิจัย

1.2 การเตรียมเส้นใยจากฟางข้าวและใบอ้อย

1) การเตรียมเยื่อ สับฟางข้าวและใบอ้อยโดยใช้เครื่องบดอเนกประสงค์ เพื่อให้ได้ฟางข้าวและใบอ้อยเส้นสั้นที่มีขนาดสม่ำเสมอดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 สับฟางข้าวโดยใช้เครื่องบดอเนกประสงค์

2) การต้มเยื่อ นำฟางข้าวหรือใบอ้อยที่ผ่านการสับเตรียมในข้อ 1 ต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซค์ (NaOH) เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปล้างน้ำ ดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 ต้มฟางข้าวและใบอ้อยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซค์ (NaOH) ต่อน้ำ 3000 มิลลิลิตร

3) การล้างเยื่อ เยื่อที่ผ่านการต้มแล้วจะถูกนำมาล้างโซเดียมไฮดรอกไซค์ออกโดยล้างออกด้วยน้ำเปล่า เพื่อเอาสารเคมีออกจากเยื่อโดยพิจารณาจากการจับเยื่อดู ถ้าไม่มีการลื่นมือแสดงว่าล้างเยื่อใช้ได้แล้ว

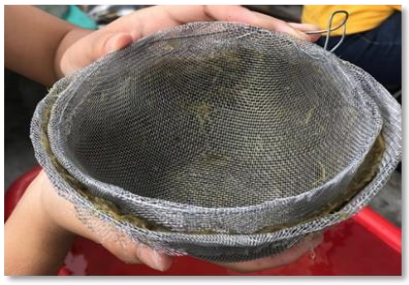
1.3 การทำแผ่นกระดาษ

การทำแผ่นกระดาษใช้วิธีการทำกระดาษด้วยมือ โดยการปั้นก้อนเยื่อและแตะเยื่อให้มีความสม่ำเสมอ วิธีนี้สามารถควบคุมน้ำหนักของการดาษแต่ละแผ่นให้มีน้ำหนักใกล้เคียงกันมากที่สุด แล้วยกตะแกรงขึ้นจากอ่างน้ำไปผึ่งให้กระดาษแห้ง ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 นำเส้นใยที่ได้จากการต้มมาใส่ในบล็อกและนำไปตากแห้ง

1.4 การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยบล็อก

นำเส้นใยที่ได้จากการต้มมาใส่ในบล็อกและนำไปตากแห้ง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 นำเส้นใยที่ได้จากการต้มมาใส่ในบล็อกและนำไปตากแห้ง

1.5 การเคลือบบรรจุภัณฑ์

การเคลือบกระดาษเพื่อต้องการให้กระดาษมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นมากกว่ากระดาษที่ไม่ได้เคลือบ สารที่ใช้เคลือบคือสารละลายผงบุก ใช้ผงบุก 0.6 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร การเคลือบจะใช้แปรงจุ่มสารละลายแล้วทาลงบนผิวหน้าของกระดาษที่แห้งแล้วและยังติดอยู่กับตะแกรงทาจนทั่วผิวของบรรจุภัณฑ์ให้สม่ำเสมอแล้วผึ่งกระดาษให้แห้ง ดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 เคลือบบรรจุภัณฑ์ด้วยสารละลายผงบุก

1.6 ทำการทดสอบสมบัติ

1) ทดสอบการดูดซึมน้ำ

1. วัดขนาดและชั่งน้ำหนักชิ้นงานทดสอบ โดยตัดชิ้นงานที่ต้องการทดสอบขนาดความยาว 5 เซนติเมตร ความกว้าง 2.5 เซนติเมตร

2. นำชิ้นงานทดสอบไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง

3. นำออกจากน้ำหลังจากแช่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นให้วางชิ้นทดสอบไว้ที่กึ่งกลางแผ่นกระดาษซับน้ำ

4.นำชิ้นทดสอบไปชั่งน้ำหนัก

5. คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

2) ทดสอบความหนาแน่น

1. การทดสอบหาความหนาแน่นเป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของชิ้นงานโดยตัดชิ้นงานให้มีขนาดกว้าง 2.5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร ความหนาเท่ากับ 3 มิลลิเมตร

2. ทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นงานและบันทึก

3. คำนวณหาความหนาแน่นของชิ้นงาน

3) การทดสอบความต้านแรงดึง

1. ตัดชิ้นงานที่ต้องการทดสอบขนาดความยาว 100 มิลลิเมตร ความกว้าง 25 มิลลิเมตร และความหนา 3 มิลลิเมตร

2. ทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกลอเนกประสงค์

4) การทดสอบความชื้น

1. ตัดชิ้นงานที่ต้องการทดสอบยาวขนาด 7 เซนติเมตร ความกว้าง 2.5 เซนติเมตร

2. เข้าเตาอบโดยวางบนภาชนะทนความร้อนและทำการชั่งน้ำหนักก่อนนำเข้าตู้อบ ตั้งอุณหภูมิของตู้อบประมาณ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

3. เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำถ้วยที่ใส่ชิ้นทดสอบทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้ง แล้วนำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณหาค่าความชื้นโดยคำนวณหาค่าปริมาณความชื้น

5) การทดสอบน้ำหนัก

1. ตัดชิ้นงานที่ต้องการทดสอบขนาด 5x5 cm.

2. วางชิ้นทดสอบบนแท่นชั่งน้ำหนักรอจนจอแสดงค่านิ่งและมีสัญลักษณ์ ทำการบันทึก

1.7 การนำไปใช้งานและความพึงพอใจ

การนำชิ้นงานไปทดสอบใช้กับกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ บุคคลทั่วไป จำนวน 60 คน สถานที่เก็บข้อมูล คือตลาดนัดตอนเย็นที่บ้านโคกสว่าง และมีการเก็บข้อมูลจากการสอบถามความคิดเห็นในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารจากเส้นใยฟางข้าวและใบอ้อย

1.8 การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถดำเนินการด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1. แบบ Cradle-to-Grave (Business-to-Consumer: B2C) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง และการกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์โดยคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบรรจุภัณฑ์

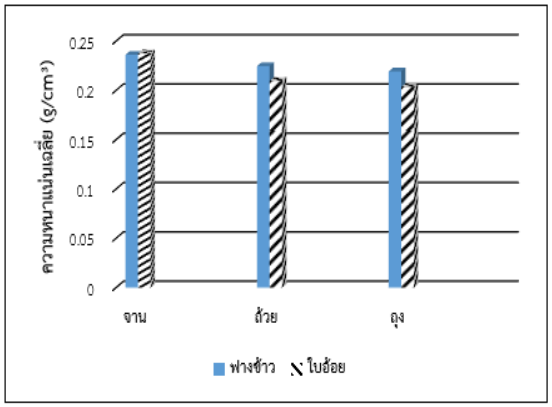
2. แบบ Cradle-to-Gate (Business-to-Business: B2B) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต จนถึง ณ หน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตรายต่อไป ตามที่กำหนดใน PCRs ของแต่ละผลิตภัณฑ์

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ โดยใช้เศษเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งสิ่งที่ศึกษามีดังนี้ การทดสอบน้ำหนักมาตรฐาน การทดสอบปริมาณความชื้น การทดสอบการต้านแรงดึงขาด การทดสอบการดูดซึมน้ำ และการทดสอบความหนาแน่น รวมไปถึงการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และประเมินความพึงพอใจ

1) การทดสอบค่าความหนาแน่น

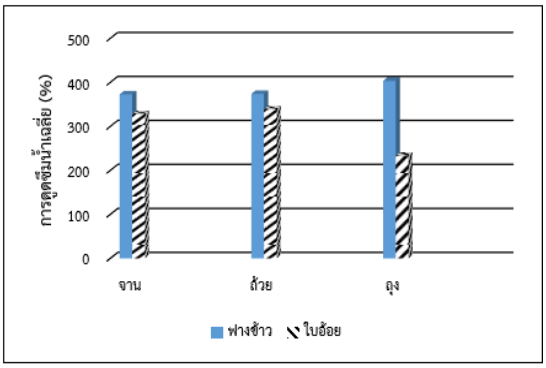
จากผลการทดลองการทดสอบความหนาแน่นเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์จากฟางข้าวและใบอ้อย พบว่าตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยฟางข้าว มีค่าความหนาแน่นของจานเฉลี่ยเท่ากับ 0.23 g/cm³ และความหนาแน่นของถ้วยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.22 g/cm³ และค่าความหนาแน่นของถุงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.21 g/cm³ และตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยใบอ้อย มีค่าความหนาแน่นของจานเฉลี่ยเท่ากับ 0.23 g/cm³ และความหนาแน่นของถ้วยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.20 g/cm³ และค่าความหนาแน่นของถุงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.20 g/cm³ ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ มลสุดา ลิวไธสง (2557) และจะเห็นได้ว่าเมื่อนำค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟางข้าวและใบอ้อยมาเปรียบเทียบกัน พบว่าค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของฟางข้าวดีกว่าใบอ้อย แสดงดังภาพที่



ภาพที่ 7 ความหนาแน่นเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์จากฟางข้าวและใบอ้อย

2) การทดสอบการดูดซึมน้ำ

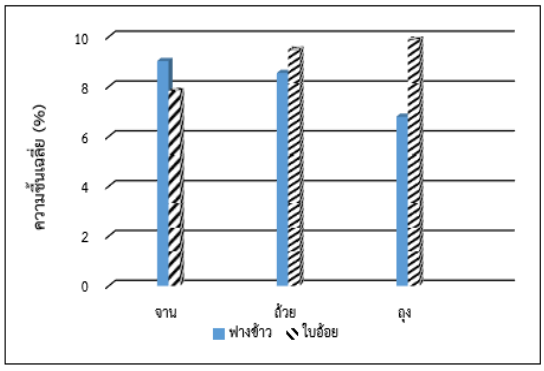
จากผลการทดสอบการซึมน้ำของวัสดุพบว่าชิ้นทดสอบมีค่าการซึมน้ำที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากชิ้นงานมีองค์ประกอบคือเส้นใยของฟางข้าวและใบอ้อย ซึ่งโดยปกติเส้นใยธรรมชาติจะมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งเซลลูโลสมีสมบัติเฉพาะคือชอบน้ำ จึงส่งผลให้ชิ้นงานสามารถดูดซับความชื้นได้ง่ายการต้านทานน้ำของชิ้นงานจึงมีประสิทธิภาพต่ำ และจากการทดสอบการดูดซึมน้ำพบว่าค่าการดูดซึมน้ำของจานที่ทำจากฟางข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 372.87 % และค่าการดูดซึมน้ำของถ้วยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 374.12 % และค่าการดูดซึมน้ำของถุงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 403.44 % และค่าการดูดซึมน้ำของจานที่ทำจากใบอ้อยเฉลี่ยเท่ากับ 327.58 % และค่าการดูดซึมน้ำของถ้วยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 338.57 % และค่าการดูดซึมน้ำของถุงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 233.24 % และจากการเปรียบเทียบของบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟางข้าวและใบอ้อยพบว่าค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของใบอ้อยดีกว่าฟางข้าว เพราะบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากใบอ้อยสามารถต้านการดูดซึมน้ำได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟางข้าว แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การดูดซึมน้ำเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์จากฟางข้าวและใบอ้อย

3) การทดสอบค่าปริมาณความชื้น

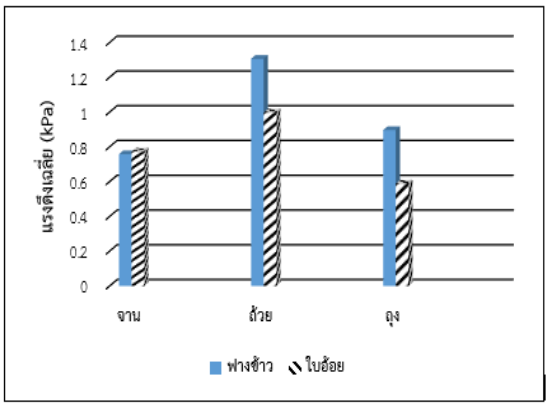
จากผลการทดสอบและวิเคราะห์หาค่าปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์จากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยสามารถคำนวณหาค่าปริมาณความชื้น (%) จากการวิเคราะห์ จากตัวอย่างชิ้นงานที่ทำจากฟางข้าว พบว่าปริมาณความชื้นของจานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.02 % และมีค่าปริมาณความชื้นของถ้วยมีค่าเฉลี่ย 8.54 % และค่าความชื้นของถุงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.79 % และตัวอย่างชิ้นงานที่ทำจากใบอ้อยพบว่า ปริมาณความชื้นของจานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.82 % และมีค่าปริมาณความชื้นของถ้วยมีค่าเฉลี่ย 9.48 % และค่าความชื้นของถุงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.88 % ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ISO 287 ความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 และจากการเปรียบเทียบของบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟางข้าวและใบอ้อยพบว่าค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์ที่ทำฟางข้าวดีกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากใบอ้อย แสดงให้เห็นดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์จากฟางข้าวและใบอ้อย

4) การทดสอบความต้านแรงดึง

การทดสอบแรงดึง (Tensile test) เป็นการทดสอบพื้นฐานที่สุดอย่างหนึ่ง ที่ใช้ทดสอบสมบัติของวัสดุต่าง ๆ โดยการทดสอบแรงดึงใช้ในการตรวจจับพฤติกรรมเชิงกลของวัสดุภายใต้แรงดึงหรือการยืดในแนวแกน ข้อมูลและการคำนวณในการทดสอบแรงดึงได้จากการทดสอบชิ้นงานด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ ซึ่งผลทดสอบแรงดึงจากตัวอย่างชิ้นงานที่ทำจากฟางข้าว พบว่าของจานมีค่าการทดสอบความต้านแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 0.75 kPa และมีค่าการทดสอบความต้านแรงดึงเฉลี่ยของถ้วยเท่ากับ 1.30 kPa และค่าของถุงมีค่าการทดสอบความต้านแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 0.89 kPa จะเห็นได้ว่า ชิ้นงานที่มีสมบัติการต้านแรงดึงดีที่สุด คือ ถ้วย และผลทดสอบแรงดึงจากตัวอย่างชิ้นงานที่ทำจากใบอ้อย พบว่าของจานมีค่าการทดสอบความต้านแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 0.77 kPa และมีค่าการทดสอบความต้านแรงดึงเฉลี่ยของถ้วยเท่ากับ 0.99 kPa และค่าของถุงมีค่าการทดสอบความต้านแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 0.58 kPa จะเห็นได้ว่า ชิ้นงานที่มีสมบัติการต้านแรงดึงดีที่สุด คือ ถ้วย และจากการเปรียบเทียบของบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟางข้าวและใบอ้อยพบว่าค่าการต้านแรงดึงเฉลี่ยของฟางข้าวดีกว่าใบอ้อย เพราะค่าแรงดึงที่มีค่ามากจะทนต่อการฉีกขาดได้ดีกว่า แสดงดังภาพที่ 10

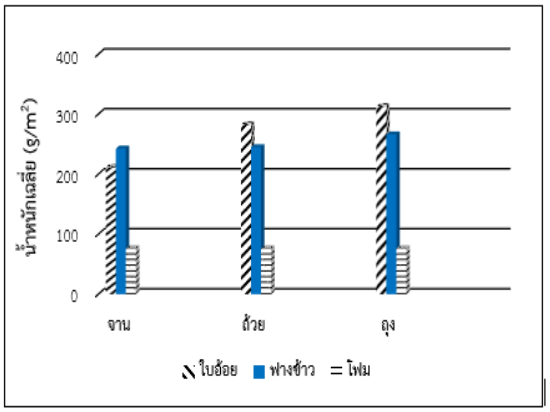


ภาพที่ 10 ค่าการทดสอบความต้านแรงดึงเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์จากฟางข้าวและใบอ้อย

5) การทดสอบน้ำหนักมาตรฐาน

จากการทดสอบหาค่าน้ำหนักมาตรฐานของบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยฟางข้าวและเส้นใยใบอ้อย โดยมาตรฐาน ISO 536 กำหนดน้ำหนักมาตรฐานไว้ถ้าเกิน 225 g/m^2 ขึ้นไปถือว่าเป็นกระดาษแข็ง ซึ่งผลทดสอบหาค่าน้ำหนักจากตัวอย่างชิ้นงานที่ทำจากฟางข้าว พบว่าของจานมีค่าการทดสอบน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 242.57 g/m^2 และมีค่าการทดสอบน้ำหนักเฉลี่ยของถ้วยเท่ากับ 244.81 g/m^2 และค่าของถุงมีค่าการทดสอบน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 266.04 g/m^2 และผลทดสอบหาค่าน้ำหนักจากตัวอย่าง

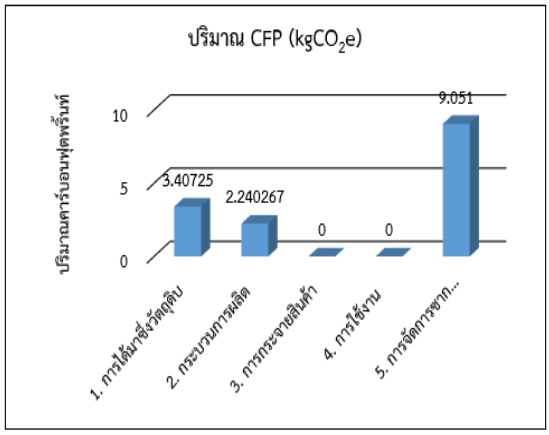
ชิ้นงานที่ทำจากใบอ้อย พบว่าของจานมีค่าการทดสอบน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 211.34 g/m^2 และมีค่าการทดสอบน้ำหนักเฉลี่ยของถ้วยเท่ากับ 282.77 g/m^2 และค่าของถุงมีค่าการทดสอบน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 313.09 g/m^2 ซึ่งชิ้นงานที่ผ่านเกณฑ์น้ำหนักมาตรฐานคือจานที่ทำจากใบอ้อย และเมื่อเทียบกับโฟมที่มีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 75.68 g/m^2 จะเห็นได้ว่า น้ำหนักที่ทำจากเส้นใยฟางข้าวและใบอ้อยมีน้ำหนักมากกว่าโฟม แสดงให้ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ค่าน้ำหนักของบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากฟางข้าวใบอ้อยและโฟม

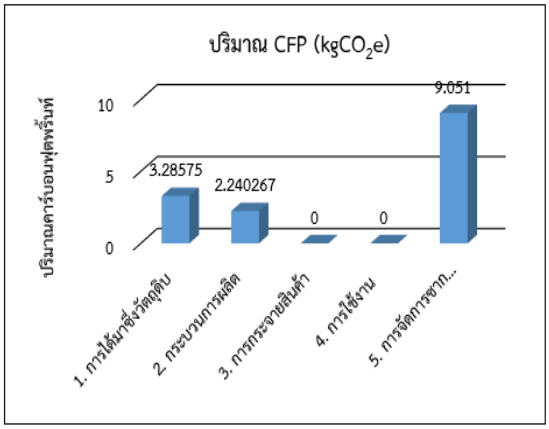
6) การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถดำเนินการด้วยวิธีการแบบ Cradle-to-Grave (Business-to-Consumer: B2C) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่งและการกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ โดยคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบรรจุภัณฑ์ ซึ่งปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบรรจุภัณฑ์จากฟางข้าวมีกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบเท่ากับ 3.40725 kgCO_2e. กระบวนการผลิตเท่ากับ 2.240267 kgCO_2e. การกระจายสินค้าและการใช้งานเท่ากับศูนย์ การจัดการซากผลิตภัณฑ์เท่ากับ 9.051 kgCO_2e และผลรวมของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบรรจุภัณฑ์จากฟางข้าวทั้งหมดเท่ากับ 14.698517 kgCO_2e. ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบรรจุภัณฑ์จากฟางข้าว

จากภาพที่ 13 แสดงค่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบรรจุภัณฑ์จากใบอ้อยมีกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบเท่ากับ 3.28575 kgCO_2e กระบวนการผลิตเท่ากับ 2.240267 kgCO_2e การกระจายสินค้าและการใช้งานเท่ากับศูนย์ การจัดการซากผลิตภัณฑ์เท่ากับ 9.051 kgCO_2e และผลรวมของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบรรจุภัณฑ์จากใบอ้อยทั้งหมดเท่ากับ 14.577017 kgCO_2e.



ภาพที่ 13 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบรรจุภัณฑ์จากใบอ้อย

7) การนำไปใช้งานและความพึงพอใจ

การนำชิ้นงานไปทดสอบใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คน และมีการเก็บข้อมูลจากการสอบถามความคิดเห็นในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารจากเส้นใยฟางข้าวและใบอ้อยสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป ได้แก่ ถุง ถ้วย จาน และจากการสอบถามความคิดเห็นในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารโดยใช้เศษเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยรวมอยู่ในระดับดี แบ่งออกเป็น 3 ด้าน

พบว่าระดับความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ โดยรวมอยู่ในระดับดี และเมื่อแยกเป็นรายด้านพบว่าแต่ละปัจจัยอยู่ในระดับดี คือ บรรจุภัณฑ์นี้มีความสะดวก ง่ายต่อการใช้งาน บรรจุภัณฑ์มีความกะทัดรัดและพอดีกับผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์มีปริมาณบรรจุพอเหมาะและขนาดที่พกพาได้สะดวก บรรจุภัณฑ์นี้มีเอกลักษณ์เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์นี้สามารถบรรจุผลิตภัณฑ์ได้ง่ายและเป็นระเบียบ และปัจจัยด้านการปกป้องผลิตภัณฑ์โดยรวมอยู่ในระดับดี และเมื่อแยกเป็นรายด้านพบว่าแต่ละปัจจัยอยู่ในระดับดี คือ บรรจุภัณฑ์ป้องกันการสัมผัสกับความชื้นหรืออากาศได้เหมาะสม บรรจุภัณฑ์สามารถช่วยปกป้องรักษาผลิตภัณฑ์ได้ และปัจจัยด้านความเหมาะสมของบรรจุภัณฑ์ โดยรวมอยู่ในระดับดี และเมื่อแยกเป็นรายด้านพบว่าแต่ละปัจจัยอยู่ในระดับดี คือ สีมีความเหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค บรรจุภัณฑ์นี้มีรูปแบบบรรจุภัณฑ์มีความสวยงาม โดดเด่น แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการสอบถามความคิดเห็นในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารโดยใช้เศษเหลือทิ้งทางการเกษตร

ลำดับที่	รายการ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
	ด้านโครงสร้างบรรจุภัณฑ์			
1.	บรรจุภัณฑ์นี้มีความสะดวก ง่ายต่อการใช้งาน	4.01	0.7	ดี
2.	บรรจุภัณฑ์มีปริมาณบรรจุพอเหมาะและขนาดที่พกพาได้สะดวก	3.86	0.81	ดี
3.	บรรจุภัณฑ์มีความกะทัดรัดและพอดีกับผลิตภัณฑ์	3.93	0.68	ดี
4.	บรรจุภัณฑ์นี้มีเอกลักษณ์ เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์	3.73	0.77	ดี
5.	บรรจุภัณฑ์นี้สามารถบรรจุผลิตภัณฑ์ได้ง่ายและเป็นระเบียบ	4.1	0.65	ดี
	ค่าเฉลี่ย	3.93	0.52	ดี
	ด้านการปกป้องผลิตภัณฑ์			
1.	บรรจุภัณฑ์ป้องกันการสัมผัสกับความชื้นหรืออากาศได้เหมาะสม	3.9	0.62	ดี
2.	บรรจุภัณฑ์สามารถช่วยปกป้องรักษาผลิตภัณฑ์ได้	3.8	0.73	ดี
	ค่าเฉลี่ย	3.85	0.59	ดี
	ด้านความเหมาะสมของบรรจุภัณฑ์			
1.	บรรจุภัณฑ์นี้มีรูปแบบบรรจุภัณฑ์มีความสวยงาม โดดเด่น	3.7	0.76	ดี
2.	บรรจุภัณฑ์ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค	3.8	0.81	ดี
3.	สีมีความเหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์	3.95	0.67	ดี
	ค่าเฉลี่ย	3.81	0.65	ดี
	ค่าเฉลี่ยรวม	3.86	0.58	ดี

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารโดยใช้เศษเหลือทิ้งทางการเกษตร ฟางข้าวและใบอ้อยมีแนวโน้มที่ดีในการนำเส้นใยฟางข้าวและใบอ้อยไปใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ จาน ถ้วย และถุง และจากการประเมินความพึงพอใจ จากแบบสอบถามความคิดเห็นโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีและจากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่ามีค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของฟางข้าวทั้งหมดอยู่ที่ 14.698517 $kgCO_2e$ และค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของใบอ้อยทั้งหมดอยู่ที่ 14.577017 $kgCO_2e$

2. ผลการทดสอบคุณภาพของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ จาน ถ้วย และถุง พบว่าค่าความหนาแน่นที่ดีอยู่ที่จานของทั้งฟางข้าวและใบอ้อยที่มีค่าเฉลี่ย 0.23 g/cm^3 การทดสอบการดูดซึมน้ำชิ้นทดสอบมีค่าการดูดซึมน้ำค่อนข้างสูง ซึ่งค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำที่ดีอยู่ที่ถุงที่ทำจากใบอ้อยเฉลี่ยเท่ากับ 233.24 % ความต้านทานแรงดึงที่ดีอยู่ที่ถ้วยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.30 kPa น้ำหนักมาตรฐานเมื่อเปรียบเทียบกับโฟม น้ำหนักที่ทำจากเส้นใยฟางข้าวและใบอ้อยมีน้ำหนักที่มากกว่า และมีค่าปริมาณความชื้นที่เป็นไปตามมาตรฐาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา และศูนย์วิทยาศาสตร์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำการขึ้นรูปชิ้นงานและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

บุษรา สร้อยระย้า และคณะ. (2554). *การพัฒนา บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากเส้นใยกล้วยสำหรับบรรจุภัณฑ์อาหารสาเร็จรูป คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์* (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2559). *กลูโคแมนแนน (glucomannan)*. สืบค้นเมื่อ 21 กันยายน 2562, จาก http://www.foodnetworksolution.glucomannan.

มลสุดา ลิวไธสง. (2556). *การผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย*. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี).

ลดามาศ เบ็ญชา, ณัฐวดี ช่อเจริญ, ญาณสินี สุมา และคณะ. (2559). ความเป็นไปได้เบื้องต้นในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดเชียงราย. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ "นเรศวรวิจัย" ครั้งที่ 12: วิจัยและนวัตกรรมกับการพัฒนาประเทศ* (น. 418-23); 21-22 กรกฎาคม 2559; อาคารเอกาทศรถ. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2555). *สมบัติเชิงกล*. สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2562, จาก https://old.mtec.or.th/mcu/phml/in

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2559). *เส้นใย*. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2562, จาก https://www2.mtec.or.th/research.

สมาคมไฟฟ้าชีวมวล. (2556). *วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร*. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2562, จาก https://sites.google.com/site/bppath.

สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดมุกดาหาร. (2554). *เกษตรมุกดาหาร การใช้ประโยชน์จากใบอ้อย.* สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2562, จาก http://pr.prd.go.th/mukda/ews.php.

สุนทรี เด่นเทศ และ สิริอร อศิรางกูร ณ อยุธยา. (2557). *การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์อาหารจากฟางข้าวที่พัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ.* สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2562, จาก http://foodsan.anamai.go.th

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2554). **แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์.** สืบค้นเมื่อ 21 กันยายน 2562, จาก http://library.psru.ac.th/GreenLib.pdf

Birgit Geueke. (2561). Food packaging in the circular economy: Overview of chemical safety aspects for commonly used materials. *Journal of Cleaner Production*, *193*, pp. 491-505.

Aggarwal, A., Schmid, M., Patel, M.K. & Langowski, H-C. (2018). Function-driven Investigation of Non-renewable Energy Use and Greenhouse Gas Emissions for Material Selection in Food Packaging Applications:

Case Study of Yoghurt Packaging. *Procedia CIRP, 69*, pp. 728-733.