



KKU SCIENCE JOURNAL

Journal Home Page : <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/KKUSciJ>

Published by the Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand



ศึกษาการเตรียมพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้จากฟางข้าวและไคโตซาน Study on the Preparation of Biodegradable Plastic from Rice Straw and Chitosan

จันทิมา ชั่งสิริพร^{1*} พฤกระยา พงศ์ยี่หล้า¹ และ นิรณา ชัยฤกษ์¹Juntima Chungsiriporn^{1*}, Prukraya Pongyeela¹ and Nirana Chairerk¹¹สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110¹Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkla, 90110, Thailand

บทคัดย่อ

การผลิตพลาสติกชีวภาพจากเส้นใยธรรมชาติสำหรับใช้ทดแทนพอลิเมอร์สังเคราะห์ ได้รับความสนใจในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ การศึกษานี้เตรียมพลาสติกชีวภาพของเซลลูโลสจากฟางข้าวและไคโตซานเป็น เมทริกซ์พอลิเมอร์ ศึกษาผลของการใช้เส้นใยจากฟางข้าว 2 แบบ คือ เส้นใยเซลลูโลสดิบ (Digested rice straw fiber: DRF) และเส้นใยเซลลูโลสฟอกสี (Bleached rice straw fiber: BRF) ที่อัตราส่วน 2.0:0 1.5:0.5 0.5:1.5 และ 0:2.0 ทำการผสม เส้นใยฟางข้าวร้อยละ 50 ไคโตซานร้อยละ 25 และกลีเซอรอลร้อยละ 25 โดยน้ำหนักจากปริมาณของแข็งทั้งหมด แล้ว นำมาเทขึ้นรูปแบบแผ่นที่อุณหภูมิห้องและอบแห้งเป็นแผ่นพลาสติกชีวภาพ จากนั้นนำไปศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของแผ่น พลาสติกชีวภาพด้วยเทคนิคการวัดความต้านทาน (Tensile Test) ลักษณะโครงสร้างผลึก (X - ray diffraction: XRD) ความเสถียร ทางความร้อน (Thermogravimetric Analysis: TGA) และลักษณะพื้นผิว (Scanning Electron Microscopy: SEM) รวมไปถึง ความสามารถในการย่อยสลายของแผ่นพลาสติกชีวภาพ ผลการวิจัยพบว่า เมื่ออัตราส่วนของเส้นใย DRF เพิ่มขึ้น ทำให้ ค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจาก 3.4 เป็น 5.9 เมกะปาสคาล ส่วนค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ลดลงอย่าง มีนัยสำคัญ จาก 9.0 เป็น 6.0 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบ XRD สะท้อนให้เห็นถึงพันธะที่ตีระหว่างเส้นใยฟางข้าวและเมทริกซ์ ของไคโตซาน ซึ่งผล TGA แสดงถึงสามารถทนความร้อนได้ถึง 160 องศาเซลเซียส และจากผลของ SEM พลาสติกที่ได้มี ลักษณะพื้นผิวขรุขระ นอกจากนี้เมื่อเวลาผ่านไป 60 วัน มีอัตราการย่อยสลายร้อยละ 58.83 ผลงานนี้มีศักยภาพสูงในการ นำไปใช้เป็นทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมทดแทนพลาสติกสังเคราะห์จากปิโตรเลียม

ABSTRACT

Bioplastics made from natural fibers to replace synthetic polymers have been receiving increased attention due to their biodegradability. In this study, bioplastics were prepared using cellulose fiber from rice straw and chitosan as the polymeric matrices. The parameters included different ratios of digested rice straw fiber (DRF) and bleached rice straw fiber (BRF), which were varied at ratios of 2.0:0.0, 1.5:0.5, 0.5:1.5, and 0.0:0.2. The composition of 50% fiber was added with 25% chitosan and 25% glycerol based on total

*Corresponding Author, E-mail: juntima.c@psu.ac.th

solid via wet mixing and pouring on plate molding and drying to produce bioplastic. The synthesized bioplastics were characterized using tensile test, X - ray diffraction (XRD), thermogravimetric analysis (TGA), and scanning electron microscopy (SEM). The results showed that increasing DRF enhanced the tensile strength of the film from 3.4 to 5.9 MPa and decreased elongation at break from 9.0 to 6.0 percent. The XRD testing results reflected good bonding between rice straw fibers and chitosan matrices. The TGA results showed that it can resist heat up to 160 °C, and from the results of SEM, the plastics have a rough surface. Moreover, the bioplastics reached 58.83% degradation within 60 days of the test. Bioplastics made from rice straw have a high potential for environmentally friendly alternatives to replace petroleum-based synthetic plastics.

คำสำคัญ: พลาสติกชีวภาพ เซลลูโลส ฟางข้าว ไคโตซาน กลีเซอรอล

Keywords: Bioplastic Film, Cellulose, Rice Straw, Chitosan, Glycerol

บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาขยะพลาสติกในประเทศไทยมากขึ้นและกำลังเข้าสู่ขั้นวิกฤต เนื่องจากพลาสติกจากปิโตรเคมีราคาถูก มีความยืดหยุ่นสูง ทนต่อสารเคมี ไม่เป็นสนิม น้ำหนักเบา และสะดวกในการใช้งาน แต่มีข้อเสีย คือ ย่อยสลายได้ยากและใช้เวลานานกว่า 400 ปี ทำให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและปัญหาต่อสุขภาพตามมา ที่ผ่านมามีผู้สนใจนำวัสดุจากธรรมชาติมาพัฒนาเป็นพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable plastic) เช่น พวงแฉ่งและเส้นใยเซลลูโลส เนื่องจากสามารถย่อยสลายได้ง่ายตามธรรมชาติ โดยเฉพาะการใช้เซลลูโลสที่มีอยู่ในปริมาณมากถึง 21% - 40% ในของเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งจะมีสมบัติเชิงกลที่ดี แข็งแรง เส้นใยอัดกันแน่น และมีความเป็นผลึกสูง ยังช่วยลดปัญหามลพิษในการกำจัดของเสียชีวมวลได้อีกด้วย

พลาสติกชีวภาพ (bioplastic) ผลิตขึ้นจากพอลิเมอร์ธรรมชาติหลากหลายชนิด เช่น เซลลูโลส คอลลาเจน พอลิเอสเทอร์ แป้ง และโปรตีน เป็นต้น จะถูกย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ แบคทีเรีย หรือเชื้อรา เซลลูโลสเป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตพลาสติกชีวภาพที่ดีที่มีในวัสดุ ชีวมวลจากภาคการเกษตร เช่น ฟางข้าว เปลือกทุเรียน และเปลือกข้าวโพด เป็นวัสดุชีวมวลที่น่าสนใจ การนำฟางข้าว (rice straw) มาผลิตพลาสติกชีวภาพ เนื่องจากฟางข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศ ในแต่ละปีมีฟางข้าวเหลือทิ้งในนาเฉลี่ย 27 ล้านตัน (กรมการข้าว, 2562) องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวประกอบด้วย เซลลูโลส (32% - 47%) เฮมิเซลลูโลส (19% - 27%) และลิกนิน (5% - 24%) (Garrote *et al.*, 2002) สามารถนำมาผลิตพลาสติกย่อยสลายได้

การผลิตพลาสติกชีวภาพด้วยการใช้เซลลูโลสจากฟางข้าวเสริมด้วยไคโตซาน (chitosan) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่ได้มีการพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารสังเคราะห์ที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพ (วยากรณ์ และปาณิศ, 2560) ไคโตซานเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ประจุบวกที่ได้จาก ไคตินโดยการลดอะซิเตชันที่มีอัลคาไลน์ (Grande and Carvalho, 2011; Vargas *et al.*, 2011) นอกจากนี้ ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่สามารถเชื่อมผสมเส้นใยได้ดี และมีคุณสมบัติที่ไม่ละลายน้ำ วิธีการสกัดเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวจะต้องนำมาผ่านการลดขนาด ปรับสภาพผิวด้วยสารละลายเบสหรือกรดร่วมกับการให้ความร้อน ทำการฟอกสีเพื่อให้ได้เป็นเส้นใยเซลลูโลส การใช้สารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติชนิดพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) เช่น กลีเซอรอล เซอบิทอล เป็นต้น (Chantawee and Riyajan, 2019; Ibrahim *et al.*, 2019) จะทำให้สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นพลาสติกชีวภาพได้ และเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นแก่พลาสติกชีวภาพที่ผลิต

การศึกษาวิจัยการผลิตพลาสติกชีวภาพที่ย่อยสลายได้จากฟางข้าวร่วมกับไคโตซาน มุ่งเน้นการศึกษาระบวนการผลิตที่ประกอบไปด้วยขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ การสกัดเซลลูโลสจากฟางข้าว การใช้ไคโตซาน การฟอกสีเส้นใย และการขึ้น

รูปพลาสติกชีวภาพ นำพลาสติกชีวภาพที่ได้ไปทำการวิเคราะห์สมบัติเชิงกลและการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยจุลินทรีย์ในดิน อันจะนำไปสู่การพัฒนาใช้เป็นพลาสติกชีวภาพและส่งผลให้เกิดการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. เตรียมเซลลูโลสจากฟางข้าว

นำฟางข้าวแห้งที่ได้มาจากเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่ อ.รัตนภูมิ จ.สงขลา มาตัดให้มีขนาด 1 - 3 นิ้ว แล้วนำมาสกัดเซลลูโลสด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 1% โดยปริมาตร ที่อัตราส่วนผสมฟางข้าวต่อ NaOH 1:10 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นให้มีขนาดเล็ก จากนั้นล้างให้เป็นกลาง (pH = 7) และนำไปอบแห้งด้วยตู้อบแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 - 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 - 12 ชั่วโมง จะได้เส้นใยเซลลูโลสซึ่งเรียกว่าเส้นใยเซลลูโลสดิบ (DRF)

2. ฟอกสีเส้นใยเซลลูโลส

นำเส้นใยเซลลูโลสดิบมาทำการฟอกสีด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ที่ความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 นาที จากนั้นกรองแล้วล้างให้เป็นกลาง และนำไปอบแห้งด้วยตู้อบแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 - 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 - 12 ชั่วโมง จะได้เส้นใยเซลลูโลสฟอกสี (BRF)

3. การเตรียมแผ่นพลาสติกชีวภาพ

1. นำตัวอย่างเส้นใยเซลลูโลสดิบและเส้นใยเซลลูโลสฟอกสีมาผสมกันด้วยอัตราส่วน BRF/DRF ratio 2.0:0 1.5:0.5 0.5:1.5 และ 0:0.2 ซึ่งจะเรียกว่า เส้นใยรวม จากนั้นนำเส้นใยรวมมาผสมสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.5% ด้วยปริมาณ 25% และ กลีเซอรอล 25% (Farahnaky *et al.*, 2013) โดยน้ำหนักของปริมาณของแข็งทั้งหมด นอกจากนี้ศึกษาไคโตซานที่ปริมาณ 35% เพื่อดูลักษณะพื้นผิวถึงความแตกต่างในการเพิ่มปริมาณไคโตซาน จากนั้นกวนผสมด้วยความเร็วรอบ 180 rpm เป็นเวลา 5 นาที จะได้ของเหลวเหนียว

2. เทส่วนผสมของเหลวเหนียวที่ได้ลงในแผ่นเพลทพอลิสไตรีนขนาด 30 เซนติเมตร x 30 เซนติเมตร สำหรับใช้เป็น Mold ในการขึ้นรูปแผ่นพลาสติก แล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้พลาสติกชีวภาพจากฟางข้าว

4. การวิเคราะห์คุณสมบัติแผ่นพลาสติกชีวภาพ

4.1 ค่าการต้านทานแรงดึงขาด

ร้อยละการยืด ณ จุดขาด ความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength) และค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (% elongation) ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง โดยตัดแผ่นพลาสติกชีวภาพจากฟางข้าวที่มีความหนา 0.22 - 0.25 มิลลิเมตร ให้ได้ขนาด 10 มิลลิเมตร x 165 มิลลิเมตร ก่อนนำไปทดสอบความทนต่อแรงดึง โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง Tensometric รุ่น Machine Z010 กำหนดอัตราเร็วในการดึง 12.5 มิลลิเมตรต่อนาที ส่วนวัดแรง 100 นิวตัน ดึงด้วยอัตราเร็วคงที่ ทดสอบซ้ำ 5 ครั้ง ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D882 (1995)

4.2 โครงสร้างของผลึก

วิเคราะห์หาโครงสร้างของผลึก (X - ray diffraction: XRD) โดยใช้หลักการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ ที่ตกกระทบหน้าผลึกของสารตัวอย่างที่มุมต่างๆ กัน เพื่อระบุวิถึภาคองค์ประกอบของสารตัวอย่าง โดยเตรียมสารตัวอย่างที่มีความหนา 0.02 เซนติเมตร และขนาดของมุมตกกระทบที่ใช้ (2θ) ในช่วง 5 - 90 องศา ด้วยอัตราเร็ว 0.5 องศาต่อนาที

4.3 พื้นผิวของพลาสติก

ศึกษาสัณฐานวิทยาของพลาสติกชีวภาพที่ได้จากฟางข้าว ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope: SEM) ยี่ห้อ HITACHI รุ่น SU3900 ความต่างศักย์เร่งเท่ากับ 10 กิโลโวลต์ ที่กำลังขยาย 500 เท่า โดยการเตรียมตัวอย่างแผ่นพลาสติกให้มีขนาดที่เหมาะสมและเคลือบด้วยทองคำก่อนทำการวิเคราะห์

4.4 สมบัติทางความร้อน

สมบัติทางความร้อน (Thermogravimetric analysis: TGA) ของพลาสติกชีวภาพ เพื่อวิเคราะห์ความเสถียรทางความร้อนและอุณหภูมิการสลายตัว โดยทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ทดสอบให้มีน้ำหนักประมาณ 10 มิลลิกรัม บรรจุตัวอย่างลงในภาชนะบรรจุตัวอย่าง ทำการทดสอบโดยการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ตัวอย่างที่อัตราเร็ว 10 องศาเซลเซียสต่อนาที ช่วงอุณหภูมิ 35 ถึง 1,000 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจน 20 มิลลิตรต่อนาที

4.5 ความสามารถในการละลายน้ำ

การวิเคราะห์ความสามารถในการละลายน้ำ (bioplastic solubility) นำแผ่นพลาสติกชีวภาพมาตัดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสให้มีขนาด 3 เซนติเมตร x 3 เซนติเมตร และชั่งน้ำหนักมวลแห้งพร้อมบันทึกน้ำหนัก จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างไปแช่ในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร และกวนด้วยอัตราเร็วคงที่ 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 6 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง (Ghasemlou, *et al.*, 2013) กรองชิ้นงานที่เหลือแล้วอบแห้งในเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส จนกระทั่งพบน้ำหนักคงที่สุดท้าย โดยเปอร์เซ็นต์ของสารที่ละลายได้ทั้งหมด (% ความสามารถในการละลาย) คำนวณตามสมการ (1)

$$W_s (\%) = [(W_0 - W_f)/W_0] \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ W_s คือ ความสามารถในการละลาย

W_0 คือ น้ำหนักของพลาสติกชีวภาพแห้งตั้งต้น

และ W_f คือ น้ำหนักของพลาสติกชีวภาพแห้งสุดท้าย

4.6 การย่อยสลายทางชีวภาพ

การวิเคราะห์การย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradability Test) โดยตัดชิ้นงานแผ่นพลาสติกชีวภาพขนาด 4 เซนติเมตร x 4 เซนติเมตรหนา 0.22 - 0.25 เซนติเมตร นำไปทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ โดยฝังในดินที่มีความชื้นร้อยละ 50 - 55 และมีจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ ทดลองเป็นระยะเวลา 60 วัน ชั่งน้ำหนักของแผ่นพลาสติกชีวภาพที่อบแห้งก่อนและหลังการฝังดิน เพื่อหาน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปจากการย่อยสลายนี้อย่างสมการที่ (2) (Varalakshmi, 2015)

$$\text{Weight Loss (\%)} = [(W_0 - W)/W_0] \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ W_0 คือ น้ำหนักของพลาสติกชีวภาพแห้งตั้งต้น

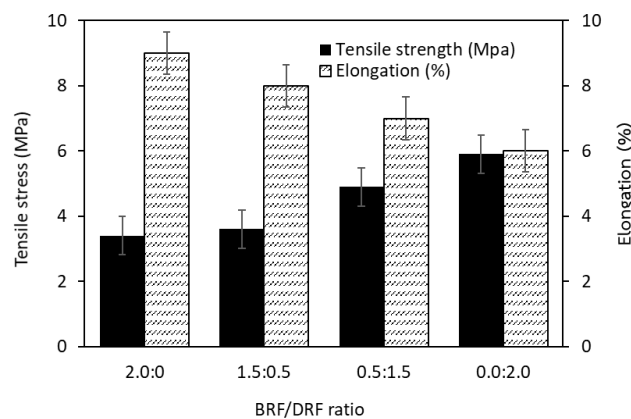
และ W คือ น้ำหนักของพลาสติกชีวภาพแห้งสุดท้าย

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. สมบัติเชิงกลของพลาสติกชีวภาพ

โดยทั่วไปค่าความต้านทานแรงดึงของแผ่นพลาสติกมีผลต่อความทนทานของแผ่นพลาสติกต่อความเค้นตึงฉาก (Normal Stress) ของแผ่นพลาสติกในระหว่างการใช้งาน ค่าการยืดตัว ณ จุดขาดของฟิล์มเกี่ยวข้องกับความยืดหยุ่นของแผ่นพลาสติกสำหรับบรรจุภัณฑ์อาหาร (Samsalee and Sothornvit, 2019) ซึ่งสมบัติเชิงกลของแผ่นพลาสติกชีวภาพที่มีองค์ประกอบของไคโตซานและกลีเซอรอลมีค่าความต้านทานแรงดึงและค่าการยืดตัว ณ จุดขาดอยู่ที่ 0.00980 MPa และร้อยละ 3 ตามลำดับ (Paradika, 2017) ในงานวิจัยนี้ต้องการเพิ่มสมบัติเชิงกลให้แก่พลาสติกชีวภาพ จึงศึกษาผลของ

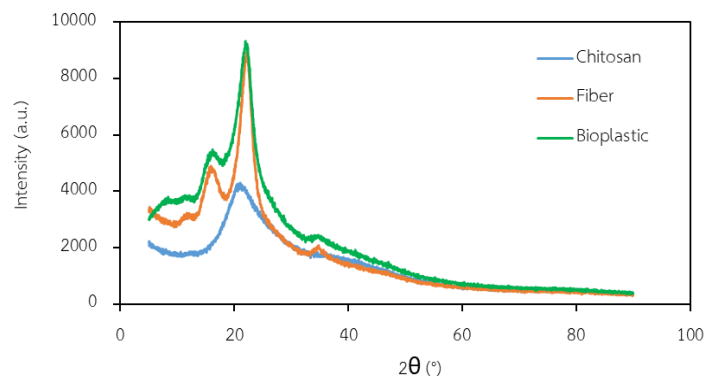
อัตราส่วน BRF/DRF ที่เพิ่มประสิทธิภาพ โดย DRF เกิดจากการสกัดเอาลิคินิน เฮมิเซลลูโลส และองค์ประกอบอื่นๆ ออกจากเส้นใยทำให้เกิดการจัดโครงสร้างใหม่ของเซลลูโลสในเส้นใย ส่วน BRF เป็นการฟองสีเส้นใยเซลลูโลสดิบให้มีสีสว่างมากขึ้น พบว่าเมื่อปริมาณ DRF เพิ่มขึ้นในพลาสติกชีวภาพมีผลทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงมีค่าเพิ่มขึ้นทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จาก 3.4 เป็น 5.9 เมกะปาสคาล ดังรูปที่ 1 ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะเส้นใย DRF เข้าไปแทรกในสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ไคโตซานและเส้นใย BRF ได้มากขึ้น ส่งผลให้มีการเพิ่มของแรงระหว่างโมเลกุล เกิดการเพิ่มปริมาตรอิสระและเพิ่มการเคลื่อนตัวของสายโซ่ของพอลิเมอร์ ทำให้ความแข็งแรงของฟิล์มเพิ่มขึ้น (ภาวิณี และกวีณา, 2562; Pitiphatharaworachot and Puangsin, 2017) อีกทั้งยัง พบว่าถ้าปริมาณ DRF เพิ่มขึ้นทำให้ค่าการยืดตัว ณ จุดขาดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จาก 9.0 เป็น 6.0 อาจเป็นข้อจำกัดในการนำไปใช้งาน เนื่องจากแผ่นพลาสติกที่ได้มีค่าความแข็ง (stiffness) มากขึ้น ทั้งนี้ต้องเลือกให้เหมาะกับการใช้งาน



รูปที่ 1 ผลของอัตราส่วน BRF/DRF ต่อสมบัติเชิงกลของฟิล์มพลาสติกชีวภาพ

2. โครงสร้างผลึกของพลาสติกชีวภาพ

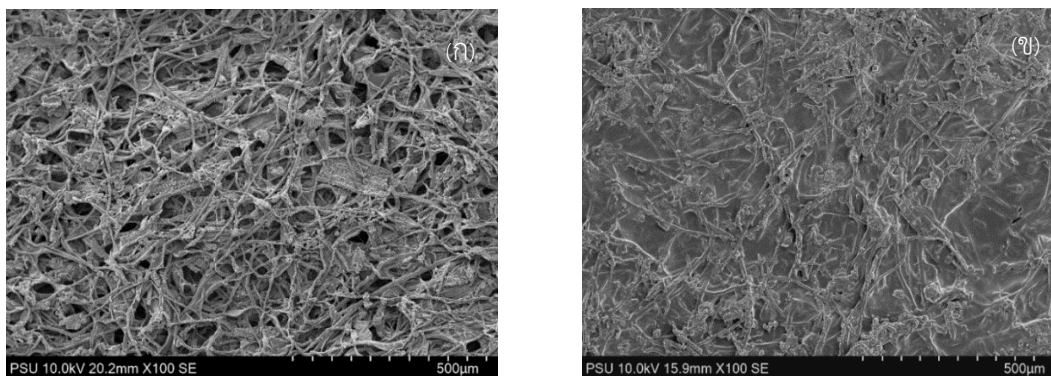
จากกราฟ XRD แสดงในรูปที่ 2 เป็นโครงสร้างของฟิล์มไคโตซาน ฟิล์มเส้นใยฟางข้าว และฟิล์มพลาสติกชีวภาพ ซึ่งฟิล์มทั้ง 3 ชนิดนี้มีรูปร่างสัณฐาน (amorphous) โดยไคโตซานแสดงพีคของการเลี้ยวเบนความเข้มต่ำที่กว้างมากกว่า 20° เส้นใยฟางข้าวจะมียอดแหลมประมาณ 16° และ 22° ส่วนพลาสติกชีวภาพจะมีพีคที่สูงกว่าเส้นใยฟางข้าวเล็กน้อย ที่ 22.7° บ่งชี้ว่าสัญญาณ XRD ปรากฏสัญญาณโครงสร้างผลึก 2 θ ของเซลลูโลสที่ตำแหน่ง 22.7° ซึ่งเป็นสัญญาณระนาบผลึกแบบ (002) ซึ่งมีความเป็นเส้นตรง และไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนในตำแหน่งสูงสุดของพลาสติกชีวภาพหลังเติมเส้นใยเซลลูโลส โดยสอดคล้องกับข้อมูลของ Elhussieny *et al.* (2020)



รูปที่ 2 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของไคโตซาน เส้นใยฟางข้าว และพลาสติกชีวภาพ

3. ลักษณะพื้นผิวของพลาสติกชีวภาพ

การศึกษาสัณฐานวิทยาบริเวณพื้นผิวของพลาสติกชีวภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 100 เท่า แสดงผลของปริมาณการใช้โคโคซานในพลาสติกชีวภาพที่ต่างกันดังรูปที่ 3 จากภาพ SEM รูปที่ 3ก และ 3ข เป็นลักษณะพื้นผิวที่เกิดจากการใช้โคโคซาน 25% และ 35% ตามลำดับ พบว่า การใช้โคโคซาน 35% จะทำให้แผ่นพลาสติกมีพื้นผิวที่เรียบมากกว่า ส่วนการใช้โคโคซาน 25% มีการกระจายตัวของเซลลูโลสที่มีความขรุขระบริเวณพื้นผิวของพลาสติก โดยจะมีประโยชน์ในด้านการเสริมความแข็งแรงที่มากขึ้น อันจะขึ้นอยู่กับการนำไปประยุกต์ใช้งาน



รูปที่ 3 ภาพถ่าย SEM แสดงผลของการใช้โคโคซานในพลาสติกชีวภาพ 25% (ก) 35% (ข)

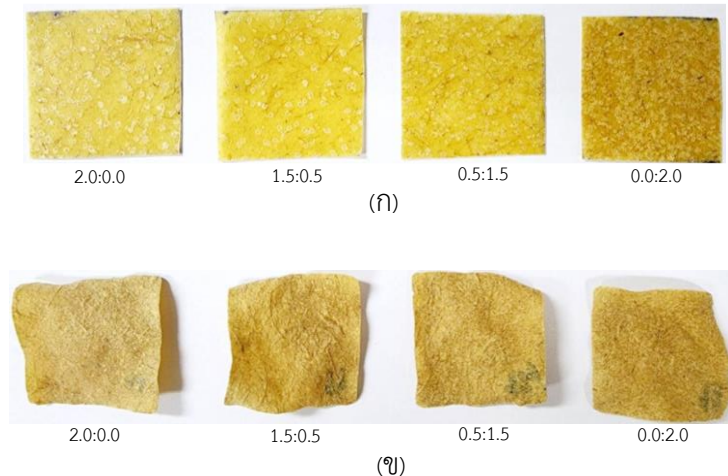
4. ความสามารถในการละลายน้ำ

จากการทดสอบความสามารถในการละลายน้ำที่อัตราส่วน BRF/DRF ต่างกันแสดงผลดังตารางที่ 1 พบว่า ความสามารถในการละลายน้ำมีค่าในช่วง 19% - 27% ซึ่งองค์ประกอบหลักที่สามารถละลายน้ำได้ คือ กลีเซอรอล ที่มีการเติมกลีเซอรอลในการผลิต 25% โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นปริมาณกลีเซอรอลที่พอเหมาะกับการละลายน้ำของฟิล์มพลาสติกชีวภาพ (Farahnaky *et al.*, 2013) นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มปริมาณเส้นใย DRF ในพลาสติกชีวภาพ ทำให้ร้อยละของความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเส้นใย DRF เป็นเส้นใยที่มีความหนาและหยาบกว่า BRF จึงทำให้เกิดการจับตัวและยึดเกาะกันไม่แน่นพอ ส่งผลให้น้ำสามารถชะบางส่วนของเส้นใยหลุดออกจากแผ่นพลาสติกชีวภาพได้ ทั้งนี้หากพลาสติกที่มีค่าความสามารถในการละลายน้ำน้อยหรือเข้าใกล้ 0 นั้นหมายถึงพลาสติกไม่ละลายน้ำ เช่น พลาสติกกลุ่มที่ผลิตจากปิโตรเคมี ซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ

ตารางที่ 1 ความสามารถในการละลายน้ำของพลาสติกชีวภาพ

อัตราส่วน BRF/DRF	ความสามารถในการละลายน้ำ (%)
2.0:0.0	19.65
1.5:0.5	22.71
0.5:1.5	25.10
0.0:2.0	27.15
Edhirej <i>et al.</i> 2018	20 - 33

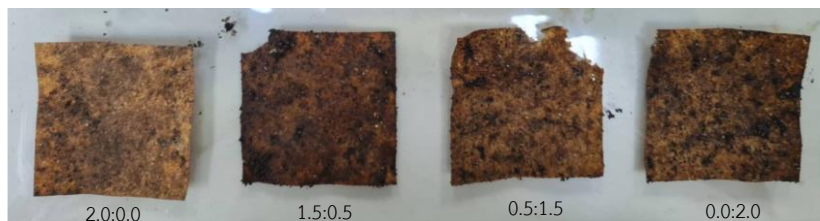
ลักษณะทางกายภาพของพลาสติกชีวภาพก่อนและหลังการทดสอบความสามารถในการละลายน้ำแสดงดังรูปที่ 4 พบว่า พลาสติกหลังการทดสอบยังคงมีความแข็งตัว ยึดหยุ่นได้เล็กน้อย บิดเบี้ยวเล็กน้อย แต่ยังคงรูปร่างแผ่นสี่เหลี่ยมเหมือนเดิม แสดงให้เห็นว่าพลาสติกชีวภาพมีความคงทนของที่ไม่เปื่อยยุ่ยง่ายเมื่อดำเนินการนำเข้าไปใช้งานที่สามารถสัมผัสน้ำได้ในชั่วขณะหนึ่ง



รูปที่ 4 พลาสติกชีวภาพที่อัตราส่วน BRF/DRF ต่างๆ ก่อนการละลายน้ำ (ก) และ หลังการละลายน้ำ (ข)

5. การย่อยสลายทางชีวภาพ

การทดสอบคุณสมบัติการย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradability properties) โดยการนำตัวอย่างพลาสติกชีวภาพที่อัตราส่วน BRF/DRF ratio 2.0:0 1.5:0.5 0.5:1.5 และ 0:0.2 มาฝังดินที่ระดับความลึกไม่เกิน 3 เซนติเมตร พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 60 วัน มีอัตราการย่อยสลายเฉลี่ย 58.83% ดังรูปที่ 5 ซึ่งพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากเส้นใยฟางข้าวและไคโตซานจะมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมของการย่อยสลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์มากกว่าพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากแป้งที่สามารถย่อยได้ 48.73% ในระยะเวลา 15 วัน (Marichelvam, *et al.*, 2019) และพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากไคโตซานและกลีเซอรอลสามารถย่อยสลายได้หมดภายใน 60 วัน (Paradika, 2017)



รูปที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของพลาสติกชีวภาพที่อัตราส่วน BRF/DRF ต่างๆ หลังย่อยสลายในดินเมื่อเวลาผ่านไป 60 วัน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการผลิตแผ่นพลาสติกชีวภาพที่เตรียมได้จากเส้นใยฟางข้าว 2 แบบ คือ BRF และ DRF ที่อัตราส่วนต่างๆ ร่วมกับไคโตซานและกลีเซอรอลเป็นพลาสติกไฮเซอรพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณ DRF ทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจาก 3.4 เป็น 5.9 เมกกะปาสคาล อีกทั้งยังทำให้ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จาก 9.0 เป็น 6.0 จากการทดสอบ XRD สะท้อนให้เห็นถึงพันธะที่ีระหว่างเส้นใยฟางข้าวและเมทริกซ์ของไคโตซาน สิ่งนี้ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางความร้อนและเชิงกลของพลาสติกชีวภาพ พลาสติกชีวภาพที่ผลิตได้สามารถย่อยสลายได้ 58.83% ในระยะเวลา 60 วัน แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการพัฒนาพลาสติกชีวภาพเพื่อทดแทนผลิตภัณฑ์พลาสติกจากปิโตรเลียมได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนสถานที่การทำงานวิจัย สำหรับการทดลองในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. (2562). กรมการข้าวแนะชวานาใช้ประโยชน์จากฟางข้าว ลดมลพิษ-สร้างรายได้. แหล่งข้อมูล: <http://webold.ricethailand.go.th/web/index.php/mactivities/5613-2019-04-25-09-16-05>. ค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2566.
- ภาวิณี เทียมดี และกวีณา สุขสำราญ. (2562). การพัฒนาฟิล์มย่อยสลายได้จากแป้งมันแกวเพื่อประยุกต์ใช้เป็นถุงเพาะชำ. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร 14(1): 1 - 14.
- วยากรณ์ เพ็ชฌุไพศิษฏ์ และปาณิศา แสงนาค. (2560). บรรจุภัณฑ์ด้านจุลชีพจากเซลลูโลส ไคโตซาน และไคโตซานดัดแปร-ซิลเวอร์คอมเพล็กซ์. Thai Science and Technology Journal (TSTJ) 28(5): 759 - 773.
- Chantawee, K. and Riyajan, S.A. (2019). Effect of glycerol on the physical properties of carboxylated styrenebutadiene rubber/cassava starch blend films. Journal of Polymers and the Environment 27: 50 – 60.
- Edhirej, A., Sapuan, S.M., Jawaid, M. and Zahari, N.I. (2018). Preparation and Characterization of Cassava Starch/Peel Composite Film. Journal of Polymer Composites 39(5): 1383 - 1778.
- Elhussieny, A., Faisal, M., Angelo, G., Nesma T.A., Everitt, N.M. and Fahim, I.S. (2020). Valorisation of shrimp and rice straw waste into food packaging applications. Journal of Ain Shams Engineering 11: 1219 – 1226.
- Farahnaky, A., Saberi, B. and Majzoobi, M. (2013). Effect of glycerol on physical and mechanical properties of wheat starch edible films. Journal of Texture Studies 44: 176 - 186.
- Garrote, G., Domínguez, H.J.C. and Parajó, J.C. (2002). Autohydrolysis of corncob: study of non-isothermal operation for xylooligosaccharide production. Journal of Food Engineering 52: 211 - 218.
- Ghasemlou, M., Aliheidari, N., Fahmi, R., Shojaee-Aliabadi, S., Keshavarz, B., Cran, M.J. and Khaksar, R. (2013). Physical, mechanical and barrier properties of corn starch films incorporated with plant essential oils. Journal of Carbohydrate Polymers 98: 1117 – 1126.
- Grande, R. and Carvalho, A.J.F. (2011). Compatible ternary blends of chitosan/poly (vinyl alcohol)/poly (lactic acid) produced by oil-in-water emulsion processing. Journal of Biomacromolecules 12: 907 – 914.
- Ibrahim, M.I.J., Sapuan, S.M., Zainudina, E.S. and Zuhri, M.Y.M. (2019). Physical, thermal, morphological, and tensile properties of cornstarch-based films as affected by different plasticizers. International Journal of Food Properties 22(4): 925 – 941.
- Marichelvam, M.K., Jawaid M. and Asim M. (2019). Corn and Rice Starch-Based Bio-Plastics as Alternative Packaging Materials. Journal of Fibers 7(4): 32 - 46.
- Paradika, Y. P. M. (2017). Effect of Plasticizer and Chitosan Composition on the Plastic Biodegradable Quality from Starch Cassava Rubber (Manihot Glaziovii) as Alternative Plastic. In: ASEAN / Asian Academic Society International Conference (AASIC) Proceeding Series, The 5th AASIC. 27 July 2017, Thailand 83 - 88.

- Pitiphatharaworachot, S. and Puangsin, B. (2017). Effect of Glycerol on Physical and Thermal Properties of Tapioca Starch Films. In: Proceeding of the 55th Kasetsart University Annual Conference March 2017. Kasetsart University, Bangkok. 786 - 793.
- Samsalee, N. and Sothornvit, R. (2019). Development and characterization of porcine plasma protein-chitosan blended films. *Journal of Food Packaging and Shelf Life* 22: 100406.
- Varalakshmi, B. (2015). Biodegradation of polythene bag using bacteria isolated from soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 4: 674 – 680.
- Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A. and González-Martínez, C. (2011). Water interactions and microstructure of chitosan–methylcellulose composite films as affected by ionic concentration. *Journal of LWT – Food Science and Technology* 44: 2290 – 2295.

