

ผลของระดับกลีเซอรีนต่อคุณภาพฟิล์มย่อยสลายได้จากแป้งข้าวหอมมะลิ

Effects of glycerin level on quality of biodegradable film from thai jasmine rice flour

ประยูร จอมหล้าพีรติกุล^{1*}, لامูล วิเศษ², อาภากรณ์ จอมหล้าพีรติกุล¹, ภูชิสส์ ตันวนิชกุล¹
และ ชัยณรงค์ หล่ำซ่างคำ¹

Prayoon Jomlaperatikul^{1*}, Lamul Wiset², Apapon Jomlaperatikul¹, Bhuchiss Tanwanichkul¹
and Chainarong Lomchangkum¹

Received: 29 August 2022 ; Revised: 23 November 2022 ; Accepted: 14 December 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากรรมวิธีในการขึ้นรูปของฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่มีผลต่อสมบัติของฟิล์ม ใช้แป้งข้าวหอมมะลิเป็นสารตั้งต้นในการขึ้นรูปฟิล์ม ใช้กลีเซอรีนเป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่นที่ปริมาณ 0.75, 1.5 และ 2.25% W/V ตามลำดับ โดยทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อน เปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งบ้มความร้อน โดยทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกล ได้แก่ การต้านแรงดึง การยึดตัวของฟิล์ม และสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี การละลายน้ำ อัตราการซึมผ่านของไอ้น้ำ ประยุกต์การห่อหุ้มอาหารด้วยการบรรจุบีสกิต และหาร้อยละการย่อยสลายของฟิล์ม ผลการทดลอง พบว่าการต้านแรงดึงมีค่าสูงเมื่อปริมาณกลีเซอรีนเพิ่มขึ้น ค่าสีโดยรวมมีค่าเฉลี่ย $L^*=77.98\pm1.20$, $a^*=-1.58\pm0.22$ และ $b^*=7.35\pm0.55$ การยึดตัว การละลายน้ำ และอัตราการซึมผ่านของไอ้น้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเพิ่มของกลีเซอรีน ความชื้นของฟิล์มอยู่ระหว่าง 8.68 ± 0.69 - 10.59 ± 0.83 %db เมื่อทำการทดสอบบรรจุภัณฑ์บีสกิต พบว่า ฟิล์มที่มีปริมาณกรีเซอรีนสูง ส่งผลให้ความชื้นของบีสกิตมีค่าสูงตามและความกรอบลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกรรมวิธีในการอบแห้ง พบว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบบ้มความร้อน สามารถชะลอการซึมผ่านของไอ้น้ำเข้าสู่บีสกิตได้ดีกว่า ส่งผลให้คงความกรอบของผลิตภัณฑ์มีค่ามากกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ฟิล์มที่เติมปริมาณกลีเซอรีนสูงใช้เวลาในการย่อยสลายสั้น ฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งข้าวหอมมะลิ สามารถประยุกต์ใช้เพื่อผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ทางชีวภาพ เพื่อทดแทนวัสดุถังเคราะห์ เพื่อช่วยลดปริมาณขยะที่ย่อยสลายได้ยากในอนาคตต่อไปได้

คำสำคัญ: ฟิล์มย่อยสลายได้ แป้งข้าวหอมมะลิ การอบแห้ง

Abstract

This research aimed to study the forming process impacting film properties. The film formation was based on Thai jasmine rice flour with using glycerin as a plasticizer in amounts of 0.75, 1.5 และ 2.25% W/V respectively. The comparison between hot air drying machine and heat pump drying machine, at 35 degree celsius was conducted. Mechanical properties: Tensile strength and elongation; physical properties: color, solubility, water vapor permeability, their application as biscuit packaging; and percentage of degradability were examined. The result showed that the decrease of tensile strength correlated to increased amount of glycerin. Also, the average color values were $L^*=77.98\pm1.20$, $a^*=-1.58\pm0.22$ and $b^*=7.35\pm0.55$. The elongation, solubility and water vapor permeability rate increased when the amount of glycerin rose. The moisture contents of the film were between 8.68 ± 0.69 and 10.59 ± 0.83 %db. The study also found that when it was used for biscuit packaging, the film with high glycerin led to the greater moisture of biscuit, and the lower crispiness. When comparing between hot air dryer and heat pump dryer, the finding showed that heat pump

¹ อาจารย์, สาขาวิชาศึกษาอาหารและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จ.ขอนแก่น, 40000

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาศึกษาชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จ.มหาสารคาม 44150

¹ Lecturer, Department of Food and Biological Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khor Kean Campus, Khon Kean, 40000, Thailand

² Assistance Professor, Department of Biological Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantarawichai District, MahaSarakham 44150, Thailand

* Corresponding author; e-mail address: prayoon.jo@rmuti.ac.th

drying machine was able to better delay water vapor permeability into biscuit. Biodegradable film from Thai jasmine rice flour with high glycerin degraded in shorter time. It can be applied to bio-based packaging production in order to substitute the synthetic, which can reduce indecomposable waste in the future.

Keywords: Biodegradable film, Jasmine Rice Flour, Drying

บทนำ

ปัจจุบันการใช้ฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable films) สำหรับการบรรจุภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีจุดประสงค์ คือ ยืดอายุการเก็บรักษา ป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์อาหาร อีกทั้งยังใช้ทดแทนพลาสติกจากการสังเคราะห์ทางปิโตรเคมี ซึ่งก่อให้เกิดผลพิษต่อสิ่งแวดล้อมภายหลังจากการใช้งาน โดยทั่วไปฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพ จะใช้พอลิเมอร์ชีวภาพเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ในการขึ้นรูปฟิล์ม เช่น โปรตีน พอลิแซ็คคาไรด์ ไขมัน รวมทั้งฟิล์มที่ขึ้นรูปจากพอลิเมอร์หลายๆ ชนิด ร่วมกัน ที่เรียกว่าฟิล์มคอมโพสิต (วงศ์สินี โสธรวิทย์, 2560) การใช้พอลิเมอร์จากวัสดุเกษตรเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ หลังเหลือทิ้งจากการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร โดยการนำไปเป็นสารตั้งต้นในการผลิตฟิล์มย่อยสลายได้ เป็นการเพิ่มมูลค่า ช่วยลดปัญหาทางด้านขยะ และลดมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ข้าวหอมมะลิเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการปลูกกระจายทั่วประเทศ โดยเฉพาะแบบภาคอีสานในเขตพื้นที่ทุ่งกุลา ร่องไห ซึ่งเป็นพื้นที่ครอบคลุม 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดร้อยเอ็ด สุรินทร์มหาสารคาม ยโสธร และจังหวัดศรีสะเกษ ถือได้ว่าเป็นแหล่งผลิตที่ได้คุณภาพสูง ด้วยเอกลักษณ์ของข้าวหอมมะลิที่มีความหอม นุ่ม จึงทำให้เป็นที่นิยมของผู้บริโภค ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ปัจจุบันมีการส่งออกข้าวหอมมะลิประมาณ 10.39 ล้านตันต่อปี (สำนักมาตรฐานสินค้าส่งออก กรมการค้าต่างประเทศ, 2564) ทั้งนี้ยังไม่รวมการบริโภคภายในประเทศไทย ในการแปรรูปข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสาร จากข้าวเปลือก 1 ตัน หรือ 1,000 กิโลกรัม เมื่อทำการแปรรูปแล้วได้เนื้อข้าวเฉลี่ย 660 กิโลกรัม นอกจากนั้นเป็นสำข้าวขาว 80 กิโลกรัม สำข้าวกล้อง 30 กิโลกรัม และแกงในปริมาณ 230 กิโลกรัม ตามลำดับ (หมู่เกษตร ทองกวาว, 2562) ซึ่งจากการแปรรูปข้าวนั้น เนื้อข้าวถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์หลักที่นำไปบริโภคในรูปแบบต่างๆ แต่มีการแบ่งลำดับขั้นของเนื้อข้าวออกเป็นชั้นๆ และมูลค่าการซื้อขายก็ต่างกัน ซึ่งปลายข้าวเป็นลำดับขั้นล่างสุดของการแบ่งชั้นของเมล็ดข้าว มีราคาค่อนข้างต่ำ ส่วนใหญ่จะใช้เป็นอาหารสัตว์ หรือการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ทำโจ๊ก หรือทำขาม เป็นต้น

การนำผลิตภัณฑ์จากส่วนปลายข้าวมาผลิตเป็นแป้งเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เป็นที่น่าสนใจสำหรับนวัตกรรมการบรรจุภัณฑ์ใน

ยุคปัจจุบัน ซึ่งสามารถนำมาทดแทนการใช้บรรจุภัณฑ์จากพลาสติกได้ การใช้แป้งข้าวเป็นพอลิเมอร์เพียงชนิดเดียว จะส่งผลให้ฟิล์มมีสมบัติที่ประจักษ์ได้ยาก “ไม่เหมาะสมแก่การใช้งาน จึงจำเป็นต้องมีการเติมพลาสติกไชเซอร์ (plasticizer) เพื่อปรับปรุงสมบัติทางด้านต่างๆ ให้กับฟิล์ม (Sothornvit and Krochta, 2000) รวมถึงกรรมวิธีในการขึ้นรูปฟิล์ม มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของฟิล์มด้วย โสมิดา วิศาลศักดิ์กุล และคณะ (2559) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ฟิล์มแป้งเมล็ดข้าว โดยใช้กลีเซอเรินเป็นพลาสติกไชเซอร์ พบว่าสามารถขึ้นรูปฟิล์มได้ดี มีความยืดหยุ่นและเกะกะตัวดี อัจฉิม อุ่นแก้ว และคณะ (2563) “ได้ทำการศึกษาฟิล์มย่อยสลายได้จากข้าวไรซ์เบอร์ พบร้าฟิล์ม สามารถลดการสูญเสียน้ำและชะลอระยะเวลาเที่ยวย่นของผิวของมะเขือเทศได้”

การขึ้นรูปฟิล์มมีกระบวนการขึ้นรูปอย่างหลากหลาย เช่น วิธีการรุ่ม การนีดพ่น การราด และการห่อหุ้ม (วงศ์สินี โสธรวิทย์, 2560) ซึ่งแต่ละกระบวนการขึ้นรูป มีกรรมวิธีและจุดประสงค์ การใช้งานที่แตกต่างกัน เช่น การอบแห้งด้วยลมร้อน (Hot air oven) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้มากและใช้พลังงานในการอบให้ที่ต่ำ แต่ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่นาน เนื่องจากภายในห้องอบแห้งมีการไหลเวียนของอากาศน้อย ทำให้การลดความชื้นในผลิตภัณฑ์ทำได้ช้า การอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน (Heat pump dryer) เป็นอีกวิธีที่ใช้เทคนิคในการดึงความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำ ได้อย่างรวดเร็ว ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้น และไม่ส่งผลกระทบถึงโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ แต่เนื่องจากการอบแห้งแบบบีบปั๊มความร้อนเป็นการอบแห้งที่มีกระบวนการดึงความชื้นภายในห้องอบแห้งสู่ภายนอกตลอดเวลา ส่งผลให้ต้นกำลังของเครื่องอบแห้งทำงานตลอดระยะเวลาการอบแห้ง ทำให้มีการใช้พลังงานในการอบแห้งที่สูง (ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล, 2555)

วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาวิธีการขึ้นรูปฟิล์มที่เตรียมจากแป้งข้าวหอมมะลิด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันโดยใช้กลีเซอเรินเป็นพลาสติกไชเซอร์ ขึ้นรูปฟิล์มด้วยการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ทำการเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบบีบปั๊มความร้อน และเพื่อศึกษาสมบัติทางกล สมบัติทางกายภาพของฟิล์ม และนำไปประยุกต์โดยเน้นบรรจุภัณฑ์ห่อหุ้มอาหารต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองเป็นแบบ 2×3 factorial in CRD โดยปัจจัยหลักเป็นการอบแห้งทั้ง 2 แบบ คือ การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน และการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน ปัจจัยรองเป็นปริมาณกลีเซอรีน มี 3 ระดับ ได้แก่ 0.75, 1.5 และ 2.25% W/V วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) เพื่อศูนย์ทิพลของปัจจัยและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามที่ศึกษา ใช้โปรแกรม SPSS Version 15.0

1. การเตรียมฟิล์ม

โดยประยุกต์จากภาวิชี เทียมดี และกวินนา สุขสำราญ, (2563)

1.1 การเตรียมฟิล์ม โดยนำแป้งข้าวหومมะลิปริมาณ 2.5% W/V ค่อยๆ เทลงในน้ำกลัน และกวนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

1.2 เติมไฮเดรตอล 0.25% W/V และอัลจิเนต 0.75% W/V กวนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

1.3 เติมกลีเซอรีนปริมาณต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 0.75, 1.5 และ 2.25% W/V กวนเป็นเวลา 20 นาที

1.4 นำส่วนผสมที่เตรียมไว้ปริมาณ 60 กรัม เทส่วนผสมลงบนถาดอลิจิกผิวเรียบขนาด 163×246 มิลลิเมตร ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน ทำการอบแห้งจนฟิล์มเหลือความชื้นสุดท้าย 8-12% db (เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนใช้เวลา 24 ชั่วโมง และเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนใช้เวลา 6 ชั่วโมง) ทิ้งให้เย็น ลอกแผ่นฟิล์มออกจากถาด เก็บไว้ในโถความชื้นเพื่อรักษาความชื้นต่อไป

2. การทดสอบสมบัติของฟิล์ม

2.1 การวัดค่าสี (Color)

การวัดค่าสี ทำการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab รุ่น color flex EZ ทำการวัดค่าสีใน ระบบสี CIE L^* , a^* , b^* โดยที่

ค่า L^* คือ ความสว่าง (lightness) มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดย 0 คือสีดำ และ 100 คือสีขาว

ค่า a^* คือสีเขียว (- a^*) จนถึงสีแดง (+ a^*) ค่า b^* คือสีน้ำเงิน (- b^*) จนถึงสีเหลือง (+ b^*) ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ช้ำ

2.2 การวัดความหนา (Thickness)

การวัดความหนาใช้ไมโครเมเตอร์ศูนย์ 3 ตำแหน่ง ในการวัดค่าความหนาของฟิล์ม โดยสูตร 6 จุดทั่วทั้งแผ่นของฟิล์มบันทึกผล ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ช้ำ

2.3 การทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture Content)

ตัดแผ่นฟิล์มให้มีขนาดชิ้นเล็กๆ ปริมาณ 1 กรัม นำเข้าทดสอบความชื้นด้วยเครื่องทดสอบ Moisture Analyzers รุ่น MX-50 บันทึกผล ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ช้ำ

2.4 การทดสอบสมบัติทางกล (Mechanical property)

การทดสอบสมบัติทางกลของฟิล์มแป้งข้าวหومมะลิ ได้แก่ การต้านทานแรงดึง (Tensile strength, TS) และร้อยละการยืดตัว (% Elongation,) ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D882 (1995) โดยใช้เครื่อง Universal testing machine ยี่ห้อ LLOYD LRX Plus ประยุกต์ตามวิธีของกรมทิพย์ เอกธารมสุทธิ์ (2553) โดยใช้หัวดึงแรงขนาด 50 นิวตัน ในการวัดค่าการทดสอบ ตัวอย่างในการทดสอบมีขนาด 25.4×100 มิลลิเมตร ความยาวช่วงทดสอบ 60 มิลลิเมตร และความเร็วในการดึง 20 มิลลิเมตรต่อนาที โดยการทดสอบการต้านแรงดึงหาได้จาก สมการที่ 1

$$TS = \frac{\text{Max force}}{\text{Film area}} \quad (1)$$

โดยที่

TS = ค่าการต้านแรงดึง (N/m^2)

Max force = ค่าแรงดึงสูงสุด (N)

Film area = พื้นที่หน้าตัดของฟิล์ม (m^2)

ค่าร้อยละการยืดตัวหาได้จาก สมการที่ 2

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} \quad (2)$$

โดยที่

ε = ร้อยละการยืดตัว

δ = ความยาวที่เปลี่ยนไป (mm)

L = ความยาวช่วงทดสอบ (mm)

2.5 การทดสอบสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Transmission Rate: WVTR)

อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ ทำการตัดแปลงตามวิธีของกรมทิพย์ เอกธารมสุทธิ์ และอดิศักดิ์ เอก索ราณ, (2543) ขั้นตอนการทดสอบอัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มมีดังนี้

1) เติมน้ำกลัน 20 มิลลิลิตร ลงในภาชนะกระป่องอลูมิเนียม ทำการปิดปากกระป่องด้วยแผ่นฟิล์มที่ต้องการทดสอบพร้อมปิดเทปการให้แนบสนิทและซึ้งบันทึกหนัง

- 2) นำกระป๋องอุดมเนียมวางในโถดูดความชื้น (Desiccator) ที่บรรจุซิลิก้าเจล ปิดฝาโดยให้สนิท
- 3) นำกระป๋องอุดมเนียมออกมานั่งทิ้งไว้หนังก์ที่เปลี่ยนแปลงทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 8 ชั่วโมง
- 4) ใช้น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงกับเวลา เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่สูญเสียไปกับเวลาแล้วนำค่าที่ได้มาคำนวนอัตราการซึมผ่านไอน้ำตามสมการที่ 3

$$WVTR = \frac{\text{Slope}}{\text{Film area}} \quad (3)$$

โดยที่

$$WVTR = \text{อัตราการซึมผ่านไอน้ำ } (\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{day}))$$

$$\text{Slope} = \text{น้ำหนักที่สูญเสียต่อเวลา } (\text{g}/\text{day})$$

$$\text{Film area} = \text{พื้นที่ของฟิล์มที่ไอน้ำซึมผ่าน } (\text{m}^2)$$

2.6 การทดสอบการละลายน้ำ (Solubility)

การทดสอบการละลายน้ำของฟิล์มดัดแปลงการทดสอบตามวิธีของ Margarita et al., (2012) ขั้นตอนการทดสอบการละลายน้ำของฟิล์ม

- 1) ทำการอบแห้งฟิล์มที่ใช้ทดสอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พักให้เย็นเพื่อทำการซั่งน้ำหนักแผ่นฟิล์ม (W_1)

- 2) ตัดแผ่นฟิล์มเป็นชิ้นเล็กๆ จำนวนหนึ่นนำไปละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร พร้อมทั้งการด้วยเครื่องกรองสารละลายน้ำ 1 ชั่วโมง ทำการกรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 ที่ซั่งน้ำหนักแล้ว (a_1) นำกระดาษกรองที่มีฟิล์มไม่ละลายไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที และทำให้เย็นในโถความชื้น 24 ชั่วโมง ซั่งน้ำหนักของกระดาษกรอง (a_2) คำนวนร้อยละการละลายน้ำของฟิล์ม การหาค่าการละลายน้ำของฟิล์มสามารถหาได้จากสมการที่ 4

$$\% \text{Solubility} = \frac{W_1 - (a_2 - a_1)}{W_1} \times 100 \quad (4)$$

โดยที่

$$W_1 = \text{น้ำหนักของแผ่นฟิล์ม } (\text{กรัม})$$

$$a_1 = \text{น้ำหนักของกระดาษกรองก่อนอบ } (\text{กรัม})$$

$$a_2 = \text{น้ำหนักของกระดาษกรองหลังอบ } (\text{กรัม})$$

2.7 การทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradation)

เตรียมแผ่นฟิล์มให้มีขนาด 2×5 เซนติเมตร ซึ่งนำหนังก์ที่แน่นอน นำไปฝังดินที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 20 ในกะบะขนาด 30×40 เซนติเมตร ที่ความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร ทดสอบในที่ร่มไม่มีการให้น้ำ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ นำแผ่นฟิล์มทำความสะอาดและซั่งน้ำหนัก หากค่าร้อยละการย่อยสลายจากสมการ (Dang et al., 2016)

$$\% \text{ Degradable} = \frac{(A-B)}{A} \times 100 \quad (5)$$

โดยที่

$$A = \text{น้ำหนักของแผ่นฟิล์มเริ่มต้น } (\text{กรัม})$$

$$B = \text{น้ำหนักของแผ่นฟิล์มหลังการย่อยสลาย } (\text{กรัม})$$

3. การประยุกต์การใช้ฟิล์มในการบรรจุอาหาร

3.1 การประยุกต์การใช้ฟิล์มย่อยสลายได้

โดยการใช้ฟิล์มบรรจุแผ่นบิสกิต (ความชื้นเริ่มต้น 5.03%db) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ปิดผนึกโดยรอบด้วยความร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 3, 5, 7 และ 10 วัน เพื่อทำการหาค่าความกรอบและความชื้นของบิสกิตภายหลังการเก็บรักษาการประยุกต์ใช้ฟิล์มบรรจุอาหาร แสดงดัง Figure 1

3.2 การทดสอบค่าความกรอบของบิสกิต

การทดสอบความกรอบโดยใช้หลักการทดสอบแบบกดทะลุ โดยบันทึกค่าที่แผ่นบิสกิตเริ่มแตก ทดสอบด้วยเครื่อง Universal testing machine



Figure 1 Film Application for packaging

3.3 การทดสอบค่าความชื้นของของบิสกิต

นำบิสกิตที่ได้จากการเก็บรักษาตามเงื่อนการทดสอบ หาความชื้นของบิสกิตด้วยเครื่อง Moisture Analyzers รุ่น MX-50

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ ความแปรปรวนสองทาง (Two-way analysis of variance) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยกำหนดความเชื่อมั่นทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

ผลและวิจารณ์การทดลอง

ฟิล์มที่ได้จากแป้งข้าวหอมมะลิมีลักษณะสีขาว ผิวด้านที่สัมผัสน้ำหนาคิลิกมีลักษณะเรียบและผิวด้านที่สัมผัสด้วยอากาศมีลักษณะครุขะ เนื่องจากผิวที่สัมผัสน้ำหนาอากาศ มีการระเหยตัวของน้ำในสารละลายฟิล์มออกสู่ผิวของฟิล์ม ระหว่างการอบแห้ง ส่งผลทำให้ผิวฟิล์มมีความชรุขะ ไม่เรียบ ฟิล์มที่ได้จากการอบแห้งแสดงดัง Figure 2



Figure 2 Biodegradable Film from Thai Jasmine Rice Flour

1. ผลการทดสอบสมบัติของฟิล์ม

การทดสอบสมบัติของฟิล์มที่ปริมาณกลีเซอรีนและกรรมวิธีการอบแห้งต่างกัน และดัง Table 1

1.1 ค่าสี

เนื่องด้วยข้าวหอมมะลิมีเอกลักษณ์ที่มีสีค่อนข้างขาว ฟิล์มที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิจึงมีลักษณะสีขาวตามลักษณะของแป้งที่นำมาผลิต ซึ่งกรรมวิธีในการอบแห้ง และปริมาณกลีเซอรีนที่แตกต่างกันไม่ส่งผลกระทบต่อสีของฟิล์ม

1.2 ความหนา

ผลของความหนาของฟิล์ม พบร่วงการเพิ่มปริมาณกลีเซอรีนและชนิดของกรรมวิธีในการทำแห้งไม่ส่งผลกระทบต่อความหนาของฟิล์มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

1.3 ความชื้น

ความชื้นของฟิล์มที่มีปริมาณกลีเซอรีน 2.25% W/V มีความชื้นสูงกว่าฟิล์มที่มีปริมาณกลีเซอรีน 0.75 และ 1.5% W/V ในกระบวนการการทำแห้งทั้ง 2 กรรมวิธี ซึ่งปริมาณความชื้นที่สูงนี้อาจเนื่องจากกลีเซอรีนเป็นสารที่มีโมเลกุลที่มีข้าว (polar molecule) ซึ่งมีสมบัติที่ชอบน้ำ และละลายน้ำได้ดี (hydrophilic) ส่งผลทำให้ฟิล์มสะแมความชื้นได้มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Mohammad et al. (2013) ได้อธิบายถึงกลีเซอรีนทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่นและยังสะสมโมเลกุลของน้ำได้เป็นอย่างดี เป็นผลทำให้มีความชื้นสูงในฟิล์มที่มีปริมาณของกลีเซอรีนเพิ่มขึ้น

1.4 สมบัติทางกล

ฟิล์มที่เติมปริมาณกลีเซอรีนเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่าการด้านแรงดึงลดลงส่วนค่าการยืดตัวจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ทั้ง 2 กรรมวิธีในการอบแห้ง สอดคล้องกับรายงานของ Mohammad et al., (2013) ได้ศึกษาผลของกลีเซอรีนต่อฟิล์มที่ผลิตจากเมล็ดเทียนแดง (cress seed) รายงานว่าฟิล์มนี้มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าความต้านแรงดึงลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณกลีเซอรีน เป็นการเติมสารเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับฟิล์ม ทำให้โมเลกุลของกลีเซอรีนแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างพอลิเมอร์ ทำให้แรงยืดเกราะระหว่างโมเลกุลของแป้งน้อยลง ฟิล์มจะมีความเหนียว ยืดหยุ่น ค่าการยืดตัวสูง ส่วนค่าแรงต้านการดึงมีค่าน้อยลง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการอบแห้งทั้ง 2 กรรมวิธี พบร่วงการต้านแรงดึงและการยืดตัวของฟิล์มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

1.5 สมบัติการซึมผ่านของไอน้ำ

อัตราการซึมผ่านของไอน้ำมีเพิ่มขึ้นตามปริมาณกลีเซอรีนที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากกลีเซอรีนเป็นสารที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) ส่งผลให้โมเลกุลของน้ำสามารถแทรกผ่านช่องว่างระหว่างโมเลกุลได้ง่ายกว่าทำให้ไอน้ำซึมผ่านได้ดี ซึ่งทั้ง 2 กระบวนการอบแห้งมีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) พบร่วงฟิล์มที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนจะมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำที่สูงกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน เนื่องจากการอบแห้งด้วยลมร้อนใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่า และมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในห้องอบแห้งที่สูงกว่าเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน ทำให้สารละลายฟิล์มนี้ระยะเวลาในการรวมตัวกันระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์และกลีเซอรีนในระหว่างกระบวนการอบแห้งได้นานกว่า ส่งผลให้กลีเซอรีนแทรกซึมอยู่ในช่องว่างระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ได้มากและไอน้ำสามารถซึมผ่านฟิล์มได้ดีกว่า (Margarita et al., 2012)

1.6 การละลาย

การเพิ่มขึ้นของปริมาณกีเซอร์วินส่งผลให้ การละลายของฟิล์มเพิ่มมากขึ้น อาจเนื่องจาก กีเซอร์วินเป็นสารที่มีโมเลกุลที่ขอบน้ำ ทำให้การแทรกซึมของโมเลกุลของน้ำ ได้สามารถเข้าสู่โครงสร้างระหว่างช่องว่างของพอลิเมอร์ของฟิล์มได้ดี สอดคล้องกับ Asgar *et al.*, (2013) รายงานว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณกีเซอร์วินช่วยเพิ่มการละลายของฟิล์ม ลดรากจากแป้งข้าวสาลีได้ดี ซึ่งกระบวนการอบแห้งทั้ง 2 กรณี การละลายของฟิล์มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีร้อยละการละลายที่สูงกว่าการอบแห้งด้วยบีบความร้อน อาจเนื่องจากกระบวนการอบแห้งแบบลมร้อนมีอัตราการอบแห้งที่ต่ำ ใช้เวลาในการอบแห้งนาน ทำให้กีเซอร์วินมีการแทรกซึมช่องว่างระหว่างพอลิเมอร์ได้ดีกว่า เช่นเดียวกับ Tapia *et al.*, (2013) รายงานเกี่ยวกับอัตราการอบแห้งที่สูง ส่งผลให้ค่าการละลายที่ลดลง

1.7 การทดสอบการย่อยสลาย

การย่อยสลายของฟิล์ม ฟิล์มที่ผ่านการทดสอบการย่อยสลายโดยการฝังดิน ซึ่งทั้ง 2 กระบวนการอบแห้ง พบว่า ฟิล์มเกิดการย่อยสลายตามธรรมชาติดัง Figure 3 และร้อยละการย่อยสลายดัง Table 1 ฟิล์มที่เติมกีเซอร์วินสูงจะมีการย่อยสลายได้ดีกว่า อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) การเพิ่มกีเซอร์วินเป็นการเพิ่มสมบัติการดูดซับความชื้นให้กับแผ่นฟิล์ม ทำให้แผ่นฟิล์มดูดซับความชื้นที่อยู่ในดินเข้าสู่ภายในในแผ่นฟิล์มทำให้เกิดการย่อยสลายได้ดีขึ้น



Figure 3 After biodegradable of film

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pawinee and Thanyalak, (2019) ทดสอบการใช้กีเซอร์วินเป็นพลาสติกใช้แล้วเพื่อยืดอายุกล้ายน้ำว้า พบร่วมกับการย่อยสลายเกิดขึ้นเร็วตามปริมาณ

กีเซอร์วินที่เพิ่มขึ้น หั้งนี้การทดสอบการย่อยสลายของฟิล์ม หากมีการทดสอบในพื้นที่ที่เป็นดินตามธรรมชาติ อาจทำให้เกิดการย่อยสลายของฟิล์มได้มากขึ้น เนื่องจากในดินตามพื้นที่ธรรมชาติ นอกจากจะมีจุลินทรีย์ที่ช่วยย่อยสลายแล้ว ยังมีสิ่งมีชีวิตต่างๆ จำนวนมากที่สามารถเพิ่มอัตราการย่อยสลายได้เร็วขึ้น

2. การประยุกต์การใช้ฟิล์มย่อยสลายได้

จากการใช้แผ่นฟิล์มประยุกต์ในการบรรจุภัณฑ์ โดยการบรรจุบีสิกิตดัง Figure 1. การขึ้นรูปฟิล์มด้วยกรรมวิธีทั้ง 2 กรรมวิธี พบว่าค่าความกรอบของแผ่นบีสิกิตจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ในทางตรงข้าม ค่าความชื้นในแผ่นบีสิกิตมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเก็บรักษาที่ระยะเวลาความชื้นสามารถแทรกซึมผ่านแผ่นฟิล์มเข้าสู่บีสิกิตได้มากตามระยะเวลาที่เก็บรักษา การอบแห้งด้วยลมร้อน ค่าความกรอบจะลดลงที่ปริมาณกีเซอร์วินสูง และระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น หั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณกีเซอร์วินส่งผลทำให้ค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำที่สูง ทำให้ความชื้นสามารถซึมผ่านแผ่นฟิล์มเข้าสู่บีสิกิตได้ดีกว่า และกรรมวิธีการอบแห้งด้วยบีบความร้อนที่มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำที่น้อยกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนตามรายงานข้างต้น ส่งผลให้ค่าความกรอบโดยรวมมีค่าสูงกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน

สำหรับค่าความกรอบและค่าความชื้นของบีสิกิตที่ปริมาณกีเซอร์วินต่างๆ ตามระยะเวลาการเก็บรักษาแสดงดัง Figure 4-7

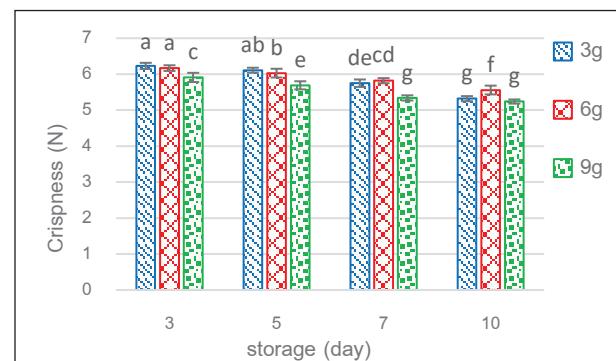
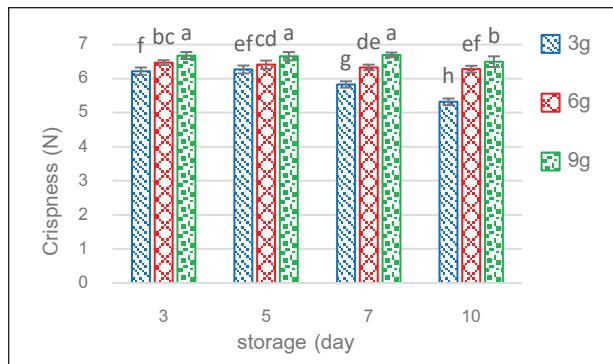
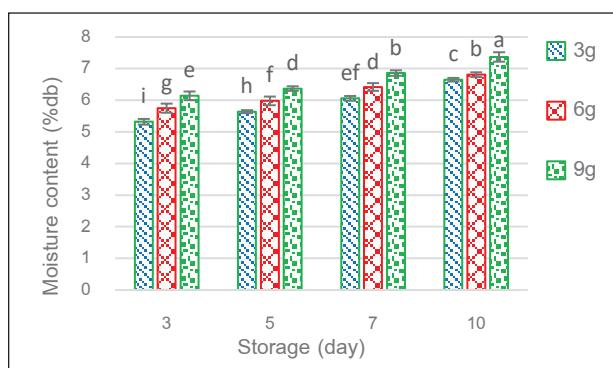


Figure 4 Crispness of biscuit with hot air oven.

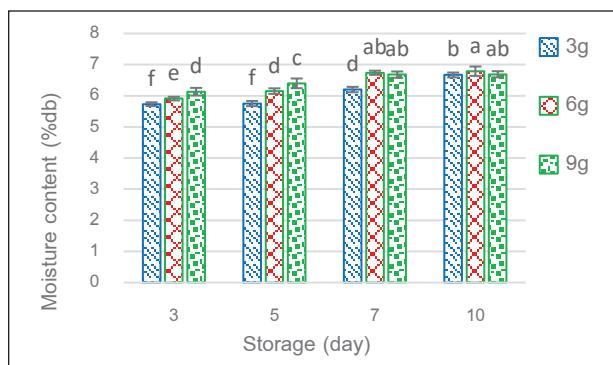
^{a,b,c} The different letters are mean significant differences between sample during storage periods ($p<0.05$).

**Figure 5** Crispness of biscuit with heat pump dryer.

^{a,b,c} The different letters are mean significant differences between sample during storage periods ($p<0.05$).

**Figure 6** Moisture content of biscuit with hot air oven.

^{a,b,c} The different letters are mean significant differences between sample during storage periods ($p<0.05$).

**Figure 7** Moisture content of biscuit with heat pump dryer.

^{a,b,c} The different letters are mean significant differences between sample during storage periods ($p<0.05$).

สรุปผล

พิล์มจากแป้งข้าวห้อมมะลิ สามารถขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีทางความร้อนทั้งการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและด้วยเครื่องอบแห้งแบบบ้มความร้อน การพัฒนาปรับปรุงสมบัติของพิล์มโดยการเติมสารเพิ่มความยืดหยุ่นในการเตรียมพิล์ม พบร่วมปริมาณก๊าซเชอร์วินส์ผลทำให้ค่าความชื้นการยืดตัว การซึมผ่านไอน้ำและการละลายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณก๊าซเชอร์วินที่เพิ่มขึ้น ส่วนการต้านแรงดึงพิล์มจะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณก๊าซเชอร์วินในการเตรียมพิล์ม

กรรมวิธีในการอบแห้ง พิล์มที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบบ้มความร้อน ซึ่งในระหว่างกระบวนการอบแห้ง ความชื้นในสารละลายพิล์มสามารถถูกเรียกได้ว่ากว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ซึ่งใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนาน ส่งผลให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำและการละลายน้ำของพิล์มได้ดีกว่า ในส่วนของค่าความหนา ความชื้น การต้านแรงดึง การยืดตัว และการย่อยสลายของพิล์ม กรรมวิธีในการอบแห้งทั้ง 2 กระบวนการอบแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน

ทางด้านการประยุกต์การใช้งาน โดยการใช้พิล์มในการบรรจุภัณฑ์เพื่อการเก็บรักษา ซึ่งการเพิ่มปริมาณก๊าซเชอร์วินในการเตรียมพิล์มมีผลทำให้ความชื้นเข้าสู่ภัณฑ์ได้มากกว่า และการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบบ้มความร้อน สามารถป้องกันความชื้นเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน ทำให้ภัณฑ์คงความกรอบนานกว่า และการอบให้ท่ออุณหภูมิต่ำ (35 องศาเซลเซียส) ไม่ส่งผลต่อค่าสีของพิล์ม ทำให้พิล์มมีสีเป็นไปตามสารตั้งต้นที่ใช้ในการเตรียมพิล์ม

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตามสัญญาเลขที่ ENG03/65 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาศึกษาอาหารและชีวภาพ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ ในการปฏิบัติการวิจัยครั้งนี้

Table 1 properties of biodegradable film from Thai jasmine rice flour

process drying	glycerin (g)	thickness (mm) NA	moisture (%db)	resistance to tensile (N/m ²)	elongation (mm)	water vapor permeability (g/(m ² *day))	water solubility (%)	degradation (%)	color measurement (NA)		
									L*	a*	b*
Dry with hot wind	3	0.26±0.02	8.68±0.69 ^b	337.41±7.85 ^{ab}	8.28±1.7 ^{bc}	353.25±10.20 ^c	76.88±5.24 ^c	55.19±8.37 ^d	79.8±1.79	-1.7±0.50	6.4±1.10
	6	0.27±0.01	9.22±0.57 ^b	301.19±10.50 ^{bc}	9.61±1.29 ^b	418.54±11.40 ^b	84.27±6.71 ^b	64.88±10.20 ^{bc}	77.3±1.32	-1.3±0.34	7.6±1.15
	9	0.29±0.02	10.59±0.83 ^a	290.70±22.41 ^c	11.67±1.25 ^a	450.18±16.90 ^a	91.64±6.38 ^a	67.06±11.53 ^{ab}	78.5±1.51	-1.9±0.4	7.3±0.53
Dry with heat pump	3	0.27±0.02	8.91±0.84 ^b	354.67±16.32 ^a	6.95±1.39 ^c	247.16±11.92 ^e	63.68±6.10 ^d	61.94±10.68 ^c	76.5±1.39	-1.7±0.51	7.9±0.76
	6	0.30±0.02	9.30±0.83 ^b	290.02±21.97 ^c	8.18±1.65 ^{bc}	282.14±16.34 ^d	73.97±8.02 ^c	63.40±7.84 ^c	78.6±1.99	-1.5±0.36	7.1±0.75
	9	0.28±0.02	10.49±1.0 ^a	269.26±21.91 ^c	11.60±1.26 ^a	342.77±15.35 ^c	84.87±8.78 ^b	69.26±10.16 ^a	77.2±1.70	-1.4±0.33	7.8±0.52

^{a,b,c} The different letters in the same column are statistically significant different ($p<0.05$)

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ เอกธารมสุทธิ์. (2553). ผลของซีนไชโตรไลเซทต่อ สมบัติทางกายภาพของฟิล์มแป้งบุก. วารสารวิชาการ หอวิทยาลัยหอการค้าไทย, 30(1), 81-89.

กมลทิพย์ เอกธารมสุทธิ์ และอดิศักดิ์ เอกไสววรรณ. (2543). ฟิล์มแป้งบุกชนิดบริโภคได้: การเตรียม สมบัติบาง ประการ และการนำไปใช้ประโยชน์. อาหาร, 30(1), 44-51.

ชาลีดา บรรพัชญาติกุล. (2555). เทคโนโลยีการทำแห้งแบบ ผสมผสาน: การนำมาใช้เพื่อถนอมผลิตภัณฑ์อาหารที่ไวต่อความร้อน. วารสารวิจัยและพัฒนา มจช, 35(2), 269-283.

ภาวิณี เทียมดี และกวนนา สุขสำราญ. (2563). การพัฒนา ฟิล์มย่อยสลายได้จากแป้งมันแก้วเพื่อประยุกต์ใช้เป็นถุง เพาะชำ. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 14(1), 1-14.

รังสินี ไสหรวิทย์. (2560). ฟิล์มและสารเครื่องอุปโภคบริโภค ชีวภาพสำหรับระบบอาหาร. (พิมพ์ครั้งที่ 3). สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไสวิตา วิชาลักษณ์กุล, อรุณรัตน์ อุปัมภกานนท์, กุลวิที่ สังข์สินี, สุภา จุพคุปต์ และสุทธินัย บุญญโภคภัส. (2559). การ พัฒนาผลิตภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งเมล็ดขันธุ. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 21(2), 216-228.

สำนักมาตรฐานสินค้าส่งออก กรมการค้าต่างประเทศ (2564, 20 มิถุนายน). สถานการณ์ข้าว. <https://www.dft.go.th/th-th/>

หมวดเกษตรทองกวาว (2562, 12 มิถุนายน). อัตราการแปรรูป “ข้าวเปลือก” เป็น “ข้าวสาร” ของไทยสู่ไดก์เบอร์เช็นต์. เทคโนโลยีชีวานม. <https://www.technologychaoban.com/>

อัจิมา อุ่นแก้ว, เจนจิรา รอดสุข, พรนภา เกษมศิริ และวัลย์ พร เมฆ索. (2563). การศึกษาคุณลักษณะของฟิล์มบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากข้าวไรซ์เบอร์. วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา), 20(4), 81-93

Asgar, F., Bahareh, S. and Mahsa, M. (2013). Effect of Glycerol on Physical and Mechanical Properties of Wheat Starch Edible Films. *Journal of Texture Studies*, 44(3), 176-186.

ASTM D882-02. (1995). Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting. <https://www.astm.org/d0882-18.html>

Dang, M.N., Thi, V.V.D., Anne, C., Grillet, H.H.T. and Chi, N.H.T. (2016). Biodegradability of polymer film based on low density polyethylene and cassava starch. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 115, 257–265.

Margarita, M.A.M., Delia, R.T.B. and Florencia, C.M. (2012). Development and optimization of biodegradable films based on achira flour. *Carbohydrate Polymers*, 88(2), 449–458.

Mohammad, J., Naimeh, K., Mehran, G. and Mehri, H.N. (2013). Effect of glycerol concentration on edible film production from cress seed carbohydrate gum. *Carbohydrate Polymers*, 96(1), 39-46.

Mohammad, J., Farideh, T.Y., Seyed, A. M. and Arash, K. (2013). Physical, barrier and antioxidant properties of a novel plasticized edible film from quince seed mucilage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 62, 500–507.

- Pawinee, T. and Thanyalak, A. (2019). The effect of glycerol content on physical and mechanical properties of the biodegradable film from sweet potato flour for preserving namwa banana. *Life Sciences and Environment Journal*, 20(1), 70-80.
- Sothornvit, R. and Krochta, JM. (2000). Water Vapor Permeability and Solubility of films from Hydrolyzed Whey Protein. *Journal of Food Science*, 65(4), 700–703.
- Tapia-Blácido, D.R., Amaral, S.P.J.d, and Menegalli, F.C. (2013). Effect of drying conditions and plasticizer type on some physical and mechanical properties of amaranth flour films. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 392-400.