

การเตรียมฟิล์มบริโภคได้จากแป้งเมล็ดขนุนและแนวทางการประยุกต์ใช้  
**THE EDIBLE FILM FROM THE JACKFRUIT SEED FLOUR:  
PREPARATION AND APPLICATION**

สาวิตรี ซัคเคีย์\* กฤติยา เอี่ยมผ่อง พรณิภา บุญพรม และวัชรพรรณ ชันสิงหา  
Sawitree Suckley\*, Kittiya Eiampong, Pannipa Boonprom,  
and Watcharapan Kansingha

Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University  
\*corresponding author e-mail: sawitree.suckley@gmail.com

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมฟิล์มที่บริโภคได้จากแป้งเมล็ดขนุนและแนวทางการประยุกต์ใช้โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมฟิล์ม ได้แก่ วิธีการเตรียมแป้งเมล็ดขนุน ชนิดและปริมาณของพลาสติกไซเซอร์ที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์ม ผลการทดลองพบว่าแป้งเมล็ดขนุนที่ได้จากวิธีการเตรียมแป้งด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์มีลักษณะเป็นผงขาวและมีเนื้อละเอียด เมื่อนำมาขึ้นรูปเป็นฟิล์มจะได้ฟิล์มที่มีความใสและผิวสัมผัสเรียบเนียน ความหนาเฉลี่ยของฟิล์มอยู่ในช่วง 0.054 ถึง 0.062 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอร์ส่งผลให้ความต้านทานแรงดึงลดลง ในขณะที่การยืดตัว ณ จุดขาด ความชื้น และความสามารถในการละลายของฟิล์ม มีค่าเพิ่มขึ้น จากการทดลองนำฟิล์มที่บริโภคได้จากแป้งเมล็ดขนุนมาบรรจุน้ำพริกเผา พบว่าถุงฟิล์มที่บรรจุน้ำพริกเผาสามารถเก็บรักษาน้ำพริกเผาได้อย่างน้อย 42 วัน โดยมีค่าเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 3.478 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ต่อตัวอย่างน้ำมัน 1 กิโลกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และถุงฟิล์มบริโภคได้จากแป้งเมล็ดขนุนสามารถละลายในน้ำเดือดภายใน 2 นาที 36 วินาที

**คำสำคัญ:** ฟิล์มบริโภคได้ แป้งเมล็ดขนุน พลาสติกไซเซอร์

**Abstract**

In this research, the edible film from jackfruit seed was prepared and studied. The parameters such as flour preparation techniques, type and concentration of plasticizer were investigated. It was found that the jackfruit seed flour prepared with NaCl solution produced the transparency film with smooth texture. Film thickness was found to be in the range of 0.054-0.062 mm for edible films prepared using glycerol and sorbitol as plasticizers. The physical and mechanical properties of edible films were also examined. The results show that, with increasing the plasticizer concentration, tensile strength decreased whereas the percent elongation, moisture content, and film solubility increased. The edible film from jackfruit seed was used as packaging for chili paste. It was found that the chili paste kept in the edible film packaging for at least 42

days could maintain the peroxide value within a standard value (<10 mgEq/kg). In addition, the edible film from jackfruit seed dissolves in boiling water within 2 minutes and 36 seconds.

**Keywords:** edible film, jackfruit seed flour, plasticizer

## บทนำ

ปัจจุบันปริมาณขยะที่เกิดจากการใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกซึ่งเป็นวัสดุสังเคราะห์เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวต้องใช้เวลาในการย่อยสลายนานและบางชนิดไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว ประกอบกับกระแสิยมในผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค จึงมีการพัฒนาฟิล์มบริโภคได้ (edible film) และฟิล์มที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable film) โดยใช้พอลิเมอร์จากธรรมชาติ (biopolymer) หรือวัตถุดิบทางการเกษตรมาทดแทนวัตถุดิบที่ใช้สำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์ ซึ่งนอกจากจะช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว วัสดุเหล่านี้ยังมีราคาค่อนข้างถูก หาได้ง่าย และรับประทานได้ งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการนำแป้งซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ตามธรรมชาติมาผลิตเป็นฟิล์มบริโภคได้ (Jiménez et al., 2012) องค์ประกอบที่สำคัญของแป้ง ได้แก่ อะมัยโลส และอะมัยโลเพกติน แป้งมีคุณสมบัติในการเกิดฟิล์มได้ดีซึ่งเกิดจากเชื่อมโยงกันของโมเลกุลของอะมัยโลสด้วยพันธะไฮโดรเจนเป็นโครงสร้างตาข่าย นอกจากนี้โมเลกุลของอะมัยโลเพกตินยังทำหน้าที่เชื่อมประสานให้โครงสร้างในการเกิดฟิล์มมีความแข็งแรงมากขึ้น โดยส่วนที่เป็นกิ่งก้านสาขาจะไปแทรกในโครงสร้างของฟิล์มทำให้เกิดการเชื่อมโยงเป็นโครงสร้างตาข่ายเข้าด้วยกัน (Campos et al., 2011) อย่างไรก็ตาม พบว่าฟิล์มที่เตรียมจากแป้งนั้นมีลักษณะแข็งเปราะ ซึ่งสามารถลดปัญหานี้ได้โดยการเติมพลาสติกไซเซอร์เพื่อช่วยในการขึ้นรูป (Beppu et al., 2011) นอกจากนี้ฟิล์มบริโภคได้และฟิล์มที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เตรียมจากพอลิเมอร์จากธรรมชาตินั้นสามารถเติมสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ ลงไป เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านเชื้อจุลินทรีย์ ยา สี และสารอาหาร เป็นต้น เพื่อให้ใช้งานได้เหมาะสมกับความต้องการต่อไป (Kester & Fennema, 1986; Jiménez et al., 2012) สำหรับประเทศไทยนั้นมีแหล่งวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์สูงอยู่มากมาย เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า รวมถึงแป้งจากเมล็ดผลไม้ต่าง ๆ ที่มีปริมาณแป้งเป็นองค์ประกอบสูง เช่น ทูเรียน ขนุน ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการแปรรูปและการบริโภคเนื้อผลไม้ โดยส่วนใหญ่แล้วมักจะเป็นวัสดุเหลือทิ้ง จึงสามารถนำมาใช้ผลิตฟิล์มบริโภคได้เพื่อช่วยเพิ่มมูลค่าและลดการสูญเสียผลผลิตทางการเกษตรอีกด้วย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการขึ้นรูปฟิล์มบริโภคได้ที่ผลิตจากแป้งเมล็ดขนุน โดยศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ เช่น วิธีการเตรียมแป้งจากเมล็ดขนุน ชนิดและความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอร์ และทดสอบสมบัติของฟิล์มที่เตรียมได้ทั้งสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล รวมทั้งศึกษาแนวทางการนำฟิล์มบริโภคได้ไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. วิธีการเตรียมแป้งจากเมล็ดขนุน

นำเมล็ดขนุนจากผลขนุนสุกพันธุ์พื้นเมือง จ.นครสวรรค์ มาเตรียมแป้งโดยแบ่งออกเป็น

3 วิธี ดังนี้

### 1.1 การเตรียมแป้งดิบจากเมล็ดขนุน

นำเมล็ดขนุนมาล้างทำความสะอาด จากนั้นลอกเปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวครีมและสีน้ำตาลออกจนหมด หั่นเมล็ดเป็นแผ่นบางให้มีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปอบให้แห้งในเครื่องตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง บดให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 120 เมช นำแป้งเมล็ดขนุนบรรจุในถุงซิปล็อคและปิดผนึกเก็บไว้ในโถดูดความชื้น

### 1.2 การเตรียมแป้งเมล็ดขนุนโดยวิธีพีริเจลาทีนซ์

นำเมล็ดขนุนมาล้างทำความสะอาด แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดประมาณ 30 นาที จากนั้นลอกเปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวครีมและสีน้ำตาลออกจนหมด ล้าง หั่น และนำไปอบให้แห้งในเครื่องตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 120 เมช นำแป้งที่ได้มาบรรจุในถุงซิปล็อคและปิดผนึกเก็บในโถดูดความชื้น

### 1.3 การเตรียมแป้งเมล็ดขนุนโดยการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์

หั่นเมล็ดขนุนที่ล้างทำความสะอาดและลอกเปลือกหุ้มเมล็ดออกแล้วเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 5 จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด กรองแป้งเมล็ดขนุนผ่านผ้าขาวบาง ปิดกากแล้วแยกกากออก นำน้ำแป้งเมล็ดขนุนตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 1 วัน และเปิดดูเฉพาะน้ำส่วนบนออก นำตะกอนแป้งเมล็ดขนุนมาล้างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ซ้ำอีก 2-3 ครั้งเพื่อล้างพวกสารเมือกและสารที่ไม่ละลายน้ำออก ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน นำตะกอนแป้งเมล็ดขนุนไปอบแห้งในเครื่องตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นำผงแป้งเมล็ดขนุนที่อบได้มาบดให้ละเอียดร่อนแป้งผ่านตะแกรงขนาด 120 เมช เก็บแป้งใส่ในถุงซิปล็อคปิดปากให้สนิทและเก็บไว้ในโถดูดความชื้น

## 2. วิธีการขึ้นรูปฟิล์มแป้งเมล็ดขนุน

เตรียมสารละลายแป้งเมล็ดขนุนความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรและเติมพลาสติกไซเซอร์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.40, 0.60, 0.80, 1.00 และ 1.20 โดยปริมาตรต่อปริมาตร โดย พลาสติกไซเซอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 2 ชนิด ได้แก่ กลีเซอรอล และซอร์บิทอล นำสารละลายแป้งเมล็ดขนุนมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส กวนอย่างต่อเนื่องจนได้สารละลายที่มีลักษณะเป็นเจลใสเหนียว จากนั้นเทสารละลายแป้งเมล็ดขนุนลงในแม่แบบที่ทำจากแผ่นอะคริลิกขนาด 20x20 เซนติเมตรและเพลทพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นตัวแล้วจึงลอกฟิล์มออกเก็บแผ่นฟิล์มเมล็ดขนุนไว้ในโถดูดความชื้นเพื่อนำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของฟิล์ม

## 3. การทดสอบสมบัติของฟิล์มบริโภคน้ำได้จากแป้งเมล็ดขนุน

### 3.1 ลักษณะปรากฏทางกายภาพ

สังเกตลักษณะปรากฏทางกายภาพของฟิล์มบริโภคน้ำได้จากแป้งเมล็ดขนุน ได้แก่ ความโปร่งแสงและผิวสัมผัสด้วยการตรวจพินิจ และหาค่าความหนาของฟิล์มด้วยไมโครมิเตอร์ (Starrett 436.2 Series, USA) โดยวัดค่าความหนาแบบสุ่มตำแหน่งบนแผ่นฟิล์มจำนวน 5 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ย

### 3.2 ค่าความชื้นของแผ่นฟิล์ม

นำถ้วยหาความชื้นไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาทีจนได้น้ำหนักถ้วยที่คงที่ จากนั้นใส่ตัวอย่าง 2 กรัมในถ้วยหาความชื้นแล้วนำมาชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด

ที่ทัศนีย 3 ตำแหน่ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมงปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วนำมาชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดและนำไปอบต่ออีก 15 นาที ทำเช่นนี้จนได้น้ำหนักคงที่คำนวณค่าความชื้น (moisture content) ของฟิล์มเป็นร้อยละตามสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ร้อยละปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)} - \text{น้ำหนักหลังการอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)}} \times 100$$

### 3.3 ความสามารถการละลายของฟิล์ม

ความสามารถการละลายของฟิล์ม (film solubility) ทดสอบด้วยวิธีของ Laohakunjit & Noomhorm (2004) โดยตัดแผ่นฟิล์มเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปชั่งน้ำหนัก 1 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กเป็นเวลา 30 นาที นำไปปั่นด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกตะกอนที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman, UK) นำเศษฟิล์มที่ค้างบนกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักของเศษฟิล์มที่ได้ ทำซ้ำ 3 ครั้งหาค่าเฉลี่ยแล้วคำนวณการละลายทำเป็นร้อยละตามสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ร้อยละการละลายน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งเริ่มต้น (กรัม)} - \text{น้ำหนักแห้งส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)}} \times 100$$

### 3.4 ความสามารถในการซึมผ่านน้ำมันของแผ่นฟิล์ม

ความสามารถในการซึมผ่านน้ำมันของแผ่นฟิล์มทดสอบตามวิธีของฉวีวรรณ และสุพัตรา (2551) โดยตัดแผ่นฟิล์มขนาด 6×6 ตารางเซนติเมตร นำทราย 1 กรัม วางบนแผ่นฟิล์มซึ่งวางบนกระดาษขาว โดยจัดกองทรายให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร หยดน้ำมันพืชลงบนกองทรายสังเกตว่าน้ำมันเกือบอ้อมตัวไม่เลอะออกนอกกองทราย สังเกตการเปลี่ยนแปลงทุก ๆ 24 ชั่วโมง จนมีคราบน้ำมันบนกระดาษ บันทึกระยะเวลา

### 3.5 สมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม (mechanical properties)

ทำการทดสอบความสามารถในการต้านทานแรงดึง (tensile strength) และค่ายืดตัว ณ จุดขาด (elongation at break) ของฟิล์มตามมาตรฐาน ASTM D882-91 ด้วยเครื่อง Microcomputer controlled electronic Universal Testing Machine (Model: WDW-50E, Class 1) โดยเตรียมตัวอย่างฟิล์มขนาด 2.54×15 เซนติเมตร ใช้ความเร็วของหัวจับ (crosshead speed) ที่ 50 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะห่างระหว่างหัวจับ (gauge length) ที่ 50 มิลลิเมตร

## 4. การประยุกต์ใช้ประโยชน์จากฟิล์มไบโอโกลด์จากแป้งเมล็ดขนุน

### 4.1 เตรียมถุงฟิล์มไบโอโกลด์จากแป้งเมล็ดขนุน

ตัดฟิล์มให้มีขนาด 7×14 ตารางเซนติเมตร พับครึ่งแล้วขึ้นรูปเป็นถุงที่มีตะเข็บข้าง 2 ตะเข็บโดยใช้เครื่องปิดผนึกความร้อนระดับความร้อนที่ 4 นำถุงที่ขึ้นรูปแล้วมาทดสอบการรั่วซึมของตะเข็บโดยบรรจุน้ำมันพืชของในถุง 3 ถุงทิ้งไว้ดูการรั่วซึมโดยการตรวจพินิจ

### 4.2 การตรวจสอบสมบัติของถุงฟิล์มไบโอโกลด์จากแป้งเมล็ดขนุนและน้ำพริกเผา

นำถุงฟิล์มที่เตรียมได้มาบรรจุน้ำพริกเผาที่มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบ 6 กรัม ปิดผนึกปากถุงนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นสุ่มตัวอย่างมาทำการตรวจสอบทุกสัปดาห์ดังนี้

4.2.1. ทดสอบการละลายของถุญ โดยนำถุญฟิล์มที่บรรจุน้ำพริกเผาใส่ลงในน้ำต้มเดือดและให้ความร้อนต่อไป บันทึกเวลาที่ถุญละลายจนหมด และสังเกตลักษณะปรากฏ (ทดสอบเฉพาะสัปดาห์แรก)

4.2.2. ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันในน้ำพริกเผาโดยการวัดค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) (AOAC, 1990) เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำพริกเผา

**ผลการวิจัยและอภิปรายผล**

**1. การศึกษาวิธีการเตรียมแป้งเมล็ดขนุน**

ลักษณะของฟิล์มจากแป้งเมล็ดขนุนที่ขึ้นรูปโดยใช้วิธีในการเตรียมแป้งจากเมล็ดขนุนที่ต่างกันแสดงดังภาพที่ 1 จากผลการทดลองพบว่าฟิล์มแป้งเมล็ดขนุนที่เตรียมจากแป้งดิบมีลักษณะใส (สามารถมองเห็นตัวหนังสือที่วางไว้ใต้แผ่นฟิล์มได้) มีผิวสัมผัสหยาบและพบเมล็ดแป้งที่ยังไม่ละลายอยู่เป็นจำนวนมาก มีสีค่อนข้างเหลืองอมน้ำตาล ฟิล์มที่เตรียมจากแป้งพรีเจลลาทีไนซ์มีผิวสัมผัสเรียบเนียนขึ้นแต่ยังพบเมล็ดแป้งที่ยังไม่ละลายอยู่บ้างและมีสีคล้ายกับฟิล์มที่เตรียมจากแป้งดิบ ส่วนฟิล์มที่เตรียมจากแป้งเมล็ดขนุนที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ มีลักษณะใส สีค่อนข้างขาวและมีผิวสัมผัสที่เรียบเนียนกว่าฟิล์มที่เตรียมจากแป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งพรีเจลลาทีไนซ์ เนื่องมาจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์มีสมบัติในการขจัดเมือกที่อยู่ในเมล็ดขนุนออก (ฉวีวรรณ และสุพัตรา, 2551)



ภาพที่ 1 ลักษณะของฟิล์มที่เตรียมโดยวิธี

- ก) การเตรียมแป้งขนุนแบบแป้งดิบ
- ข) การเตรียมแป้งขนุนแบบแป้งพรีเจลลาทีไนซ์
- ค) การเตรียมแป้งขนุนด้วยการสกัดโดยสารละลายโซเดียมคลอไรด์

จากผลการศึกษาจึงเลือกวิธีการเตรียมแป้งเมล็ดขนุนที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์มาใช้ในการเตรียมแป้งเพื่อขึ้นรูปเป็นฟิล์มบริโภคได้เพราะแป้งที่ได้มีลักษณะขาวละเอียด ไม่มีสารเมือกที่ทำให้ฟิล์มเกิดสีเหลืองและเกิดกลิ่นเหม็นหืนได้ง่าย อีกทั้งฟิล์มที่ขึ้นรูปได้มีความใสและมีผิวสัมผัสเรียบเนียนที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเตรียมแป้งเมล็ดขนุนอีก 2 วิธี

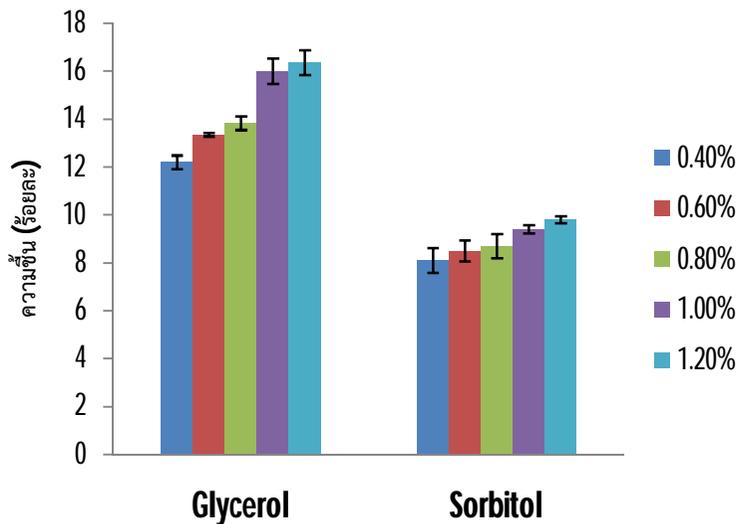
**2. ลักษณะปรากฏทางกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งเมล็ดขนุน**

จากการสังเกตลักษณะปรากฏทางกายภาพของตัวอย่างฟิล์มบริโภคได้จากแป้งเมล็ดขนุนที่เตรียมโดยใช้ชนิดและปริมาณของพลาสติกไซเซอร์ที่ต่างกัน พบว่าความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอร์เพิ่มขึ้นจะทำให้ฟิล์มที่ได้มีลักษณะอ่อนตัวยิ่งขึ้นและมีความใสมากขึ้น นอกจากนี้ฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอล

เป็นพลาสติกไซเซอรจะมีควมใสและโปร่งแสงมากกว่าและมีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนกว่าฟิล์มที่ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร และตัวอย่างฟิล์มทุกประเภทมีความหนาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.054 ถึง 0.062 มิลลิเมตร ความหนาของฟิล์มแต่ละชนิดทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ มอก 2534-5. ซึ่งกำหนดความหนาของฟิล์มยืดพลาสติกอยู่ระหว่าง 0.01–0.10 มิลลิเมตร

### 3. ค่าความชื้นของฟิล์ม

ค่าความชื้นของตัวอย่างฟิล์มบริโกลได้จากแป้งเมล็ดขนุนแต่ละชนิดอยู่ระหว่างร้อยละ 7.90 ถึง 16.40 ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอรทั้ง 2 ชนิด จะทำให้ค่าความชื้นของฟิล์มเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากพลาสติกไซเซอรทั้ง 2 ชนิด จะไปขัดขวางหรือหน่วงเหนี่ยวการระเหยของไอน้ำทำให้แผ่นฟิล์มมีความชื้นสูง (Koch et al., 2010) สำหรับฟิล์มบริโกลได้จากแป้งเมล็ดขนุนที่ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอรจะมีค่าความชื้นสูงกว่าฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซอรเนื่องจากกลีเซอรอลมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นดีกว่าซอลบิทอล จึงส่งผลให้ไอน้ำสามารถเคลื่อนที่เข้าไปในร่างแหของฟิล์มได้ดียิ่งขึ้น

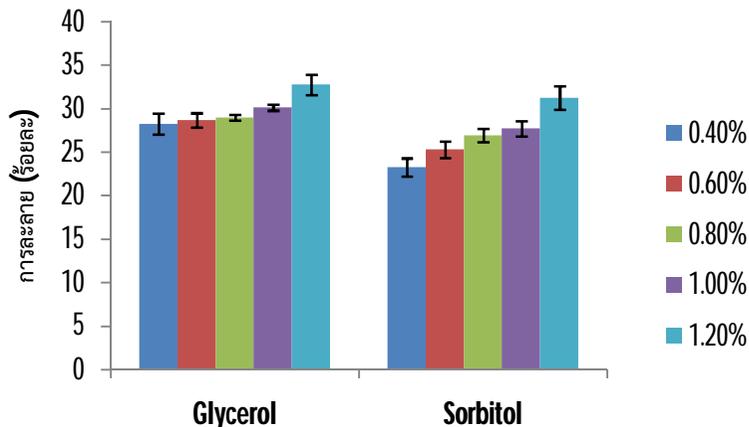


ภาพที่ 2 ผลของชนิดและความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอรที่มีต่อค่าความชื้นของฟิล์มบริโกลได้จากแป้งเมล็ดขนุน

### 4. ค่าความสามารถในการละลายของฟิล์ม

จากผลการทดลองพบว่าค่าความสามารถในการละลายของฟิล์มบริโกลได้จากแป้งเมล็ดขนุนที่เตรียมจากพลาสติกไซเซอร 2 ชนิด มีค่าสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอร ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bourtoom (2008) การเพิ่มขึ้นของความสามารถในการละลายของฟิล์มบริโกลได้ตามความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอรนั้น เนื่องมาจากพลาสติกไซเซอรมีสมบัติที่ชอบน้ำ อีกทั้งพลาสติกไซเซอรจะทำให้ความหนาแน่นของโครงสร้างพอลิเมอร์และการยึดเหนี่ยวกันของโมเลกุลลดลง จึงส่งผลต่อความสามารถในการละลายของฟิล์มที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย ในงานวิจัยนี้ยังพบว่าฟิล์มบริโกลได้จากแป้งเมล็ดขนุนที่ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอรจะมีค่าความสามารถในการละลายสูง

กว่าฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซออร์ เนื่องจากกลีเซอรอลมีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าซอร์บิทอล และมีโครงสร้างเป็นสายโซ่ตรง จึงทำให้ออกซิเจนเคลื่อนที่ได้ง่ายและสามารถแทรกตัวอยู่ในสายโซ่พอลิเมอร์ได้มากกว่าซอร์บิทอล ส่งผลให้ความหนาแน่นของโครงสร้างพอลิเมอร์ลดลง ในขณะที่ซอร์บิทอลมีโครงสร้างเป็นวงจึงมีความเกาะและเข้าไปแทรกตัวอยู่ในร่างแหพอลิเมอร์ได้ยากกว่า



**ภาพที่ 3** ผลของชนิดและความเข้มข้นของพลาสติกไซเซออร์ที่มีต่อค่าความสามารถในการละลายของฟิล์มบริโกลด์จากแป้งเมล็ดขนุน

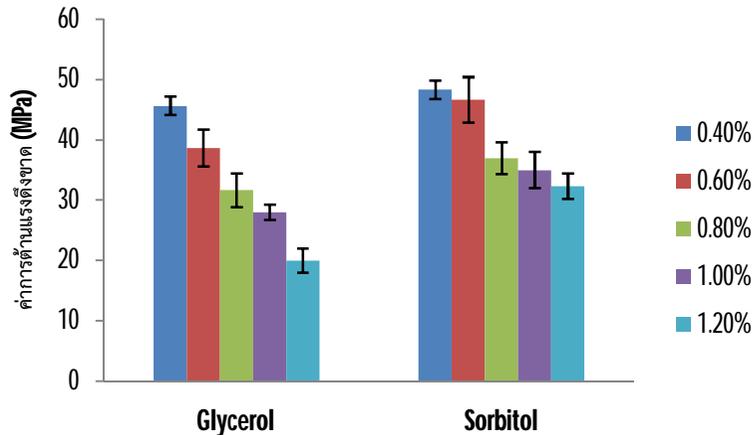
### 5. ความสามารถในการซึมผ่านน้ำมันของแผ่นฟิล์ม

ผลการวัดค่าความสามารถในการซึมผ่านน้ำมันของฟิล์มบริโกลด์จากแป้งเมล็ดขนุนพบว่า ตัวอย่างฟิล์มทุกชนิดมีค่าการซึมผ่านน้ำมันมากกว่า 50 วัน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ 5 วัน แสดงให้เห็นว่าฟิล์มบริโกลด์จากแป้งเมล็ดขนุนสามารถนำไปทำเป็นฟิล์มสำหรับบรรจุอาหารประเภทที่มีน้ำมันหรือไขมันสูงได้ นอกจากนี้ยังพบว่าชนิดและปริมาณของพลาสติกไซเซออร์ที่ใช้ไม่มีผลต่อค่าความสามารถในการซึมผ่านน้ำมันของฟิล์มแต่อย่างใด

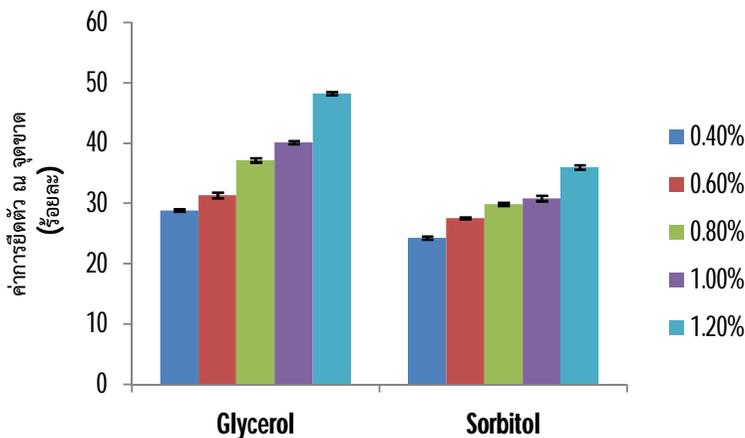
### 6. สมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม

จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของพลาสติกไซเซออร์ทั้ง 2 ชนิด จะทำให้การต้านทานแรงดึงของฟิล์มบริโกลด์จากแป้งเมล็ดขนุนลดลง ดังแสดงในภาพที่ 4 เนื่องจากพลาสติกไซเซออร์จะแทรกเข้าไปอยู่ในร่างแหของฟิล์มทำให้โมเลกุลของพอลิเมอร์จับกันแบบหลวม ๆ ส่งผลให้ค่าการต้านทานแรงดึงต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบชนิดของพลาสติกไซเซออร์ที่ใช้พบว่าแผ่นฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซออร์จะมีค่าการต้านทานแรงดึงสูงกว่าฟิล์มที่ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซออร์ เนื่องจากซอร์บิทอลมีมวลโมเลกุลสูงกว่ากลีเซอรอลจึงเคลื่อนที่เข้าไปแทรกตัวในสายโซ่พอลิเมอร์ได้ยากกว่า สำหรับค่าการยืดตัว ณ จุดขาดพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของพลาสติกไซเซออร์ทั้ง 2 ชนิด จะทำให้ค่าการยืดตัว ณ จุดขาดสูงขึ้นด้วย (ดังแสดงในภาพที่ 5) เนื่องจากพลาสติกไซเซออร์ทั้ง 2 ชนิด จะเข้าไปแทรกตัวในสายโซ่พอลิเมอร์ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลอ่อนตัวลงเกิดความยืดเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบผลของชนิดพลาสติกไซเซออร์ต่อค่าการยืดตัว ณ จุดขาดของฟิล์ม พบว่าแผ่นฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซออร์จะมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาดต่ำกว่าฟิล์มที่ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซออร์ เนื่องจากมีความหนาแน่นของโครงสร้างพอลิเมอร์สูงกว่า การลดลงของค่าการต้านทานแรงดึงและการเพิ่มขึ้นของ

ค่าการยืดตัว ณ จุดขาดของฟิล์มบริโกลด์ได้จากแป้งเมล็ดขนุนเมื่อเพิ่มความเข้มข้นพลาสติกไซเซอร์ในงานวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ผ่านมา (Bourtoom, 2008; Koch et al., 2010, Al-Hassan & Norziah, 2012; Wittaya, 2013)



ภาพที่ 4 ผลของชนิดและความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอร์ที่มีต่อค่าความต้านทานแรงดึงของฟิล์มบริโกลด์ได้จากแป้งเมล็ดขนุน

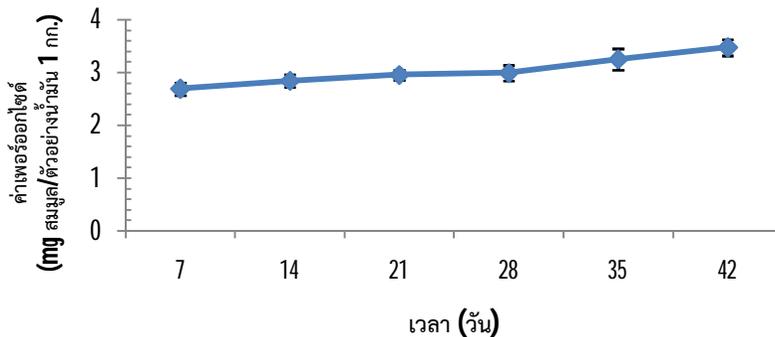


ภาพที่ 5 ผลของชนิดและความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอร์ที่มีต่อค่าการยืดตัว ณ จุดขาดของฟิล์มบริโกลด์ได้จากแป้งเมล็ดขนุน

### 7. การประยุกต์ใช้ประโยชน์จากฟิล์มบริโกลด์ได้จากแป้งเมล็ดขนุน

การศึกษาการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากฟิล์มบริโกลด์ได้จากแป้งเมล็ดขนุนนั้น ได้เลือกฟิล์มบริโกลด์ได้จากแป้งเมล็ดขนุนที่เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 1.00 มาผลิตเป็นถุงบรรจุน้ำพริกเผาเนื่องจากมีความชื้นค่อนข้างต่ำ เนื้อสัมผัสไม่อ่อนนิ่มจนเกินไป และมีค่าการยืดตัวที่ดี จากนั้นตรวจวัดการเหม็นหืนของน้ำมันน้ำพริกเผาโดยวัดค่ากรดเพอร์ออกไซด์และทดสอบการละลายของถุงฟิล์มในน้ำเดือดที่ 100

องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าถุงฟิล์มที่บรรจุน้ำพริกเผาสามารถเก็บรักษาน้ำพริกเผาได้อย่างน้อย 42 วัน โดยไม่เกิดการเหม็นหืนและมีค่าเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 3.478 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ต่อตัวอย่างน้ำมัน 1 กิโลกรัม (ภาพที่ 6) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ต่อตัวอย่างน้ำมัน 1 กิโลกรัม (มอก. 2535) และถุงฟิล์มบรีโภาคได้จากแป้งเมล็ดขนุนสามารถละลายในน้ำเดือดได้ภายใน 2 นาที 36 วินาที



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาเก็บรักษากับค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันจากน้ำพริกเผา

#### สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการเตรียมฟิล์มบรีโภาคได้จากแป้งเมล็ดขนุนและแนวทางการประยุกต์ใช้ โดยเปรียบเทียบวิธีการเตรียมแป้งเมล็ดขนุนซึ่งมี 3 วิธี ได้แก่ วิธีการเตรียมแป้งดิบจากเมล็ดขนุนวิธีการเตรียมแป้งพรีเจลาทีไนซ์จากเมล็ดขนุน และวิธีการเตรียมแป้งเมล็ดขนุนโดยการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ผลการทดลองพบว่าแป้งที่ได้จากวิธีการเตรียมแป้งเมล็ดขนุนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์มีลักษณะขาวและมีเนื้อละเอียดกว่าวิธีการเตรียมแป้งจากเมล็ดขนุนอีก 2 วิธี เมื่อนำไปขึ้นรูปเป็นฟิล์มจะได้ฟิล์มที่มีความใสและผิวสัมผัสเรียบเนียน จากศึกษาผลของชนิดและปริมาณของพลาสติกไซเซอร์ที่ใช้ต่อคุณสมบัติของฟิล์ม พบว่าฟิล์มที่บรีโภาคได้จากแป้งเมล็ดขนุนที่ขึ้นรูปโดยใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ มีสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลโดยทั่วไปที่ดีกว่าการใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ เมื่อเพิ่มปริมาณของพลาสติกไซเซอร์พบว่าค่าความต้านทานต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มลดลง ในขณะที่ค่าความชื้น ค่าความสามารถในการละลาย และค่าการยึดตัว ณ จุดขาดของฟิล์มลดลง การนำฟิล์มบรีโภาคได้จากแป้งเมล็ดขนุนมาใช้เป็นถุงบรรจุน้ำพริกเผา พบว่าสามารถเก็บรักษาน้ำพริกเผาได้อย่างน้อย 42 วัน โดยมีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ในที่มาตรฐานกำหนด

#### เอกสารอ้างอิง

- ฉวีวรรณ สงพล และสุพัตรา สระทองอาด. (2551). การศึกษาสมบัติของแป้งเผือกและฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งเผือก. นครสวรรค์: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- AOAC. (1990). **Official methods of analysis of the AOAC**. 15<sup>th</sup> ed. Association of official analytical chemists. USA: Arlington County, Virginia.
- Al-Hassan, A.A. & Norziah, M.H. (2012). Starch-gelatin edible films: water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizer. **Food Hydrocolloids**, 26, 108-117.

- Beppu, M.M., Vieira, M.G.A., Silva, M.A. & Santos, L.O. (2011). Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. **European Polymer Journal**, 47, 254–263.
- Bourtoom, T. (2008). Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, 30(1), 149-165.
- Campos, C.A., Gerschenson, L.N. & Flores, S.K. (2011). Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. **Food and Bioprocess Technology**, 4(6), 849–875.
- Jiménez, A., Fabra, M.J., Talens, P. & Chiralt, A. (2012). Edible and Biodegradable Starch Films: A Review. **Food and Bioprocess Technology**, 5(6), 2058-2076.
- Kester, J.J. & Fennema, O.R., (1986) Edible films and coatings: a review. **Food Technology**, 12, 47-59
- Koch, K., Gillgren, T., Stading, M. & Andersson, R. (2010). Mechanical and structural properties of solution-cast high amylase maize starch films. **International Journal of Biological Macromolecules**, 46, 13-19.
- Laohakunjit, N. & Noomhorm, A. (2004). Effect of plasticizer on mechanical and barrier properties of rice starch film. **Starch/Starke**, 56, 348-356.
- Wittaya, T. (2013). Influence of type and concentration of plasticizers on the properties of edible film from mung bean proteins. **KMITL Science and Technology Journal**, 13(1), 51-58.