

**ผลของพลาสติกไซเซอร์และอุณหภูมิอบแห้งต่อสมบัติของฟิล์มย่อยสลายได้
ตามธรรมชาติจากแป้งบุก**

**Effects of Plasticizers and Drying Temperatures on Properties of
Biodegradable Film from Konjac Flour**

ยุทธนา นามวงษา¹, ละมุล วิเศษ และณัฐพล ภูมิสะอาด

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

*Email: yutana.nam@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของพลาสติกไซเซอร์และอุณหภูมิอบแห้งต่อสมบัติของฟิล์มย่อยสลายได้ตามธรรมชาติจากแป้งบุก สารพลาสติกไซเซอร์ ได้แก่ ซูโครส ซอร์บิทอล และโพลีเอทิลีนไกลคอลโดยอุณหภูมิในการอบแห้ง คือ 45 50 และ 55 องศาเซลเซียส หลังการอบแห้งนำฟิล์มที่ได้มาวิเคราะห์สมบัติต่างๆ จากผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้ซูโครสเป็นพลาสติกไซเซอร์ส่งผลให้ค่าความหนา การต้านทานแรงดึง และการละลายน้ำสูงกว่าการใช้พลาสติกไซเซอร์ชนิดอื่นในทุกอุณหภูมิการอบแห้ง ในขณะที่การใช้โพลีเอทิลีนไกลคอลมีค่าการยืดตัวของฟิล์มสูงที่สุด สำหรับค่าการต้านทานแรงดึง การยึดตัว และการละลายน้ำของฟิล์มอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำมีค่าสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนความหนาและอัตราการซึมผ่านของไอน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิการอบแห้ง

คำสำคัญ : ภูมิความร้อน ฟิล์มย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ แป้งบุก พลาสติกไซเซอร์ อุณหภูมิการอบแห้ง

Abstract

This research aims to study the effects of plasticizers and drying temperatures on the properties of biodegradable film from konjac flour. Plasticizers were sucrose, sorbitol and polyethylene glycol. The drying temperature is 45 50 and 55 degrees Celsius. After drying, properties of films were analyzed. The experimental results found that the using of sucrose as plasticizer resulted in higher thickness, tensile strength and water solubility values than using other plasticizers in all drying temperatures significantly. However, the using of polyethylene glycol gave the highest elongation. In addition, the tensile strength, elongation and water solubility values of films drying at low temperature were significantly higher than those drying at high temperature. Moreover, the thickness and water vapor permeation rate were increased with the increase in drying temperature.

Keywords: Heat Pump Dryer, Biodegradable Film, Konjac Flour, Plasticizers, Drying Temperatures

บทนำ

การพัฒนาฟิล์มที่สามารถย่อยสลายได้ส่วนใหญ่ใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติในการขึ้นรูป เช่น แป้ง

ข้าวโพด [1] แป้งมันสำปะหลัง [2] แป้งบุก [3] ไคโตซาน [4] โพรตีนถั่วเหลือง [5] และเวย์โปรตีน [6] เป็นต้น จากการใช้แป้งในการขึ้นรูปฟิล์ม เมื่อทำให้แห้งจะ

ได้ฟิล์มที่มีลักษณะกรอบและแข็ง ดังนั้นการใช้พลาสติกไซเซอร์หรือตัวประสานในการผสมกับสารละลายจากแป้ง สามารถเพิ่มความยืดหยุ่นและความเหนียวทำให้ทนต่อแรงดึงขาดและเพิ่มการยึดตัว [7], [8] พลาสติกไซเซอร์ที่ใช้เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มได้แก่ ซูโครส [9] กลีเซอรอล [10] ซอร์บิทอล [11] และโพลีเอทิลีนไกลคอล [12] เป็นต้น

แป้งบุกเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลของกลูโคส-แมนแนนโดยมีอะไมโลสประมาณร้อยละ 25 และอะไมโลเพกตินประมาณร้อยละ 75 เกิดจากการรวมตัวกันของกลูโคสและแมนโนสในอัตราส่วน 2:3 ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ น้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 300,000 และมีอะมิโลสกระจายอยู่ทั่วไปบนสายของโมเลกุลสามารถดูดน้ำได้ดีเมื่อนำมาละลายน้ำ มีความชื้นเหน็ดและเกิดเป็นฟิล์ม [13] หลังจากขึ้นรูปฟิล์มจำเป็นต้องมีการทำแห้งซึ่งวิธีการทำแห้งนั้นมีผลต่อสมบัติของฟิล์มมีงานวิจัยทำแห้งฟิล์มในรูปแบบต่างๆ เช่น ใช้น้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำ (low-pressure superheated steam drying) [14] ตู้อบลมร้อนรังสีอินฟราเรด [15] และ ไมโครเวฟ [16] การทำแห้งด้วยวิธีต่างๆ ทำให้ได้ฟิล์ม มีสมบัติที่แตกต่างกันไป สำหรับเครื่องอบแห้งแบบบีบความร้อนเป็นทางเลือกที่สามารถหลีกเลี่ยงการอบแห้งอุณหภูมิสูงได้ เนื่องจากเครื่องอบแห้งชนิดนี้มีอุปกรณ์ที่จะช่วยในการดึงเอาความชื้นภายในห้องอบแห้งออกจากระบบ จึงเป็นการอบแห้งในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และอุณหภูมิต่ำ มีผลทำให้อัตราการอบแห้งสูงขึ้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาสมบัติของฟิล์มที่ได้การใช้แป้งบุกผสมกับสารพลาสติกไซเซอร์ชนิดแตกต่างกันภายใต้อุณหภูมิการอบแห้ง 45 50 และ 55 องศาเซลเซียสด้วยเครื่องอบแห้งชนิดบีบความร้อน

วิธีการทดลอง

1. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

แป้งบุก เกรดที่ใช้ในอาหาร (food grade) จาก Yunan Genyun Konjac (Biojade, Yunna, PR China) ประเทศจีน โพลีเอทิลีนไกลคอลไฮดรอกไซด์ (KOH) และสารพลาสติกไซเซอร์ชนิดต่างๆ ได้แก่ ซอร์-

บิทอล (Sorbitol, SB) และโพลีเอทิลีนไกลคอล (Poly Ethylene Glycol, PEG) จากบริษัท ไทยฟู้ดแอนด์เคมิคอล จำกัด ส่วนซูโครส (Sucrose, SC) มาจาก บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด ประเทศไทย

2. วิธีการขึ้นรูปฟิล์ม

งานวิจัยนี้ขึ้นรูปฟิล์มตามวิธีของ ซูสิทรี หงส์กุล ทรัพย์และคณะ [17] โดยเตรียมสารละลายแป้งบุกละลายในน้ำกลั่นมีความเข้มข้นร้อยละ 1.0 โดยมวลต่อปริมาตร กวนสารให้ผสมกัน เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 0.5 โมล ในปริมาณร้อยละ 0.14 โดยมวลต่อปริมาตร กวนต่อเป็นเวลา 15 นาที เติมสารพลาสติกไซเซอร์ ซูโครส (Sucrose, SC) ร้อยละ 0.3 โดยมวลต่อปริมาตร กวนต่อเป็นเวลา 20 นาที ทำการทดลองโดยใช้สารพลาสติกไซเซอร์ชนิดอื่น คือ ซอร์บิทอล (Sorbitol, SB) หรือโพลีเอทิลีนไกลคอล (Poly Ethylene Glycol, PEG)

3. วิธีการอบแห้งฟิล์ม

ชั่งน้ำหนักสารละลาย 33.75 กรัม เทลงบนภาตสแตนเลส ขนาด กว้าง 7.5 เซนติเมตร ยาว 13.5 เซนติเมตร นำภาตเข้าเครื่องอบแห้งชนิดบีบความร้อน ที่อุณหภูมิ 45 50 หรือ 55 องศาเซลเซียส อบจนกระทั่งฟิล์มแห้งสามารถลอกได้ จากนั้นนำแผ่นฟิล์มออกจากภาตสแตนเลส ใส่ถุงซิปล็อคและเก็บในโถดูดความชื้น เพื่อรอการวิเคราะห์และทดสอบต่อไป

4. การทดสอบสมบัติของแผ่นฟิล์ม

-ความหนา (Thickness) วัดความหนาของฟิล์ม โดยเครื่องวัดแบบดิจิตอลไมโครมิเตอร์ (Mitutoyo, Tokyo, Japan) โดยทำการวัดทั้งหมด 9 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ย

-การต้านทานแรงดึง (Tensile strength, TS) และร้อยละการยืดตัว (Elongation, E%) ทดสอบตามวิธีของ กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์ [18] โดยใช้เครื่อง Texture Analyser (model TA.XT.PLUS) ตัดฟิล์มให้มีขนาดความกว้าง 25 มิลลิเมตร และยาว 100 มิลลิเมตร วัดค่าแบบ Tensile Grip รายงานผลเป็นค่า

การต้านทานแรงดึงและร้อยละการยืดตัว ร้อยละของ
ระยะทางที่ฟิล์มยืดออกจากแรงดึงจนขาดต่อความยาว
เดิม บันทึกค่าการทดสอบและวิเคราะห์ ดังนี้

$$TS = F_{max} / A \quad (1)$$

$$\%E = (L / L_0) \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ F_{max} = ค่าแรงสูงสุดที่ทำให้ฟิล์มขาด
(N), A = ความหนา x ความกว้างของฟิล์ม (mm^2), L_0
= ความยาวเริ่มต้นของฟิล์ม (mm), L = ระยะทางที่
ฟิล์มยืดออก (mm)

- อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water vapor
permeability, WVP) ทดสอบตามวิธีของ
Jomlapeeratiul [19] นำถ้วยอะลูมิเนียมเส้นผ่าน
ศูนย์กลาง 5.2 เซนติเมตร สูง 4.2 เซนติเมตร มาซึ่ง
น้ำหนัก ตัดชั้นฟิล์มเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 7
เซนติเมตร เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ลงในถ้วย นำ
ฟิล์มหุ้มปากถ้วยพร้อมปิดผนึกแล้วนำไปวางในโหล
แก้วกลมที่บรรจุซิลิกาเจล นำโหลตัวอย่างเข้าตู้อบลม
ร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำการบันทึก
น้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 ชั่วโมง บันทึกผล
การทดลองและวิเคราะห์ ดังนี้

$$WVP = (WVTR \times t) / \Delta P \quad (3)$$

เมื่อ WVTR = (ความชันของกราฟความสัมพันธ์
ระหว่างน้ำหนักที่สูญเสียไปกับเวลา ($g \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) / พื้นที่
ของฟิล์มที่ไอน้ำซึมผ่าน (m^2)), t = ความหนาของ
แผ่นฟิล์ม (mm), ΔP = ความดันไอน้ำอิ่มตัว (Pa)

- การละลายน้ำ (Solubility) ทดสอบตามวิธี
ของ Ekthamasut and Akesowan [20] นำแผ่นฟิล์ม
มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3
ชั่วโมง และชั่งน้ำหนัก (W) นำไปละลายในน้ำกลั่น

100 มิลลิลิตร และกวนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้น
กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.4 ที่ชั่งน้ำหนัก
แล้ว (a_1) นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
นาน 25 นาที ชั่งน้ำหนักของกระดาษกรอง (a_2)
บันทึกผลการทดลองและวิเคราะห์ ดังนี้

$$\% \text{Solubility in water} = \{(W - (a_2 - a_1)) / W\} \times 100 \quad (4)$$

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล
3x3 แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ปัจจัยตัวที่ 1
ได้แก่ พลาสติกไซเซอร์ มี 3 ระดับ คือ ซูโครส ซอร์บิ
ทอล และโพลีเอทิลีนไกลคอล ปัจจัยตัวที่ 2 ได้แก่
อุณหภูมิ มี 3 ระดับ คือ 45 50 และ 55 องศา
เซลเซียส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความ
แปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) เพื่อดู
อิทธิพลของปัจจัย และเปรียบเทียบความแตกต่างของ
ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามที่ศึกษาในแต่ละเงื่อนไข โดย
วิธี Duncan New Multiple Range Test (DMRT) ใช้
โปรแกรม SPSS Version 15.0

ผลการทดลองและวิเคราะห์

ค่าความหนาของฟิล์มแสดงในตารางที่ 1 พบว่า
ฟิล์มที่เติมซูโครสมีผลทำให้ค่าความหนาของฟิล์มสูง
กว่าฟิล์มที่เติมซอร์บิทอลและโพลีเอทิลีนไกลคอลและ
เมื่อใช้อุณหภูมิอบแห้งที่สูง มีผลทำให้ค่าความหนา
ของฟิล์มสูงกว่าฟิล์มที่อบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจาก
อุณหภูมิสูงทำให้เกิดจากการสูญเสียไอน้ำอย่างรวดเร็ว
ในการขึ้นรูปฟิล์มผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัย
ของ Kaya และ Kaya [21] ที่พบว่า การอบแห้งฟิล์ม
ที่เตรียมจากเวย์โปรตีนเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมีแนวโน้ม
ทำให้ความหนาของฟิล์มเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 ความหนา (μm) ของฟิล์มที่อุณหภูมิอบแห้งและการใช้พลาสติกไซเซอร์แตกต่างกัน

plasticizer	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)		
	45	50	55
SC	32.06 \pm 0.74 ^{Ca}	35.76 \pm 1.11 ^{Ba}	41.57 \pm 0.49 ^{Aa}
SB	31.93 \pm 0.64 ^{Ba}	35.99 \pm 1.32 ^{Aa}	38.19 \pm 1.83 ^{Ab}
PEG	31.65 \pm 0.13 ^{Ca}	33.47 \pm 0.63 ^{Bb}	36.55 \pm 0.93 ^{Ab}

A, B, C. ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

a, b, c. ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากการวัดการต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัว ดังผลการทดลองในตารางที่ 2 และ 3 พบว่า ฟิล์มที่เติมซูโครสมีค่าการต้านทานแรงดึงสูงที่สุดมีลักษณะเปราะและแข็งเนื่องจากโครงสร้างมีลักษณะเป็นเส้นตรงที่โมเลกุลของซูโครสมีความยาวมากที่สุดและโครงสร้างมีการจัดเรียงตัวอย่างหนาแน่นทำให้แข็งแรงที่สุดตรงลงมาเป็นซอร์บิทอลและโพลิเอทิลีนไกลคอล ส่วนฟิล์มที่เติมโพลิเอทิลีนไกลคอลมีค่าการยืดตัวสูงที่สุดเนื่องจากโครงสร้างมีขนาดโมเลกุลใหญ่ และมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลน้อย การแทรกตัวและจับยึดกับโมเลกุลเกิดยากขึ้น การประสานของร่างแหโมเลกุลไม่ได้แต่ยังคงความสามารถรักษาความชื้นและลักษณะยืดหยุ่นได้ดีตรงลงมาเป็นซอร์บิทอลและซูโครส ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งที่ต่ำ ทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงและร้อยละการยืดตัวมีค่าสูงผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานของ กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ

[18] ที่พบว่า การเติมสารพลาสติกไซเซอร์ลงในแป้งบุก จะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและเพิ่มความแข็งแรงของฟิล์มจากแป้งบุกด้วย จึงทำให้ค่าการยืดตัวเพิ่มมากขึ้น และเมื่อใช้อุณหภูมิการอบแห้งที่ต่ำทำให้เวลาในการอบแห้งนานขึ้น ส่งผลให้การจัดเรียงตัวของสายพอลิเมอร์มีความเป็นระเบียบมากขึ้น และที่อุณหภูมิต่ำไม่ส่งผลต่อการลดลงของความแข็งแรงของการจับกันภายในสายพอลิเมอร์จึงทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดสูงกว่าที่อุณหภูมิการอบแห้งที่สูงกว่า ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานของ ชูสิทธิ์ หงส์กุลทรัพย์ [17] ที่พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ ส่งผลทำให้โมเลกุลของแป้งบุกจับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจนได้มากขึ้น เกิดการเรียงตัวเป็นลักษณะโครงสร้างตาข่ายที่เป็นระบบมากขึ้น จึงทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 2 การต้านแรงดึงขาด (N/mm^2) ของฟิล์มที่อุณหภูมิอบแห้งและการใช้พลาสติกไซเซอร์แตกต่างกัน

plasticizer	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)		
	45	50	55
SC	39.95 \pm 0.14 ^{Aa}	37.84 \pm 0.04 ^{Ba}	33.82 \pm 0.28 ^{Ca}
SB	23.81 \pm 0.06 ^{Ac}	23.61 \pm 0.16 ^{Ac}	22.74 \pm 1.31 ^{Ab}
PEG	26.54 \pm 0.65 ^{Ab}	25.72 \pm 0.04 ^{Ab}	24.59 \pm 0.93 ^{Bb}

A, B, C. ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

a, b, c. ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 การยืดตัว (%) ของฟิล์มที่อุณหภูมิอบแห้งและการใช้ พลาสติไซเซอร์แตกต่างกัน

plasticizer	Temperature (C°)		
	45	50	55
SC	7.33±0.73 ^{Ac}	6.39±0.37 ^{Ac}	4.23±0.29 ^{Bb}
SB	16.37±0.73 ^{Ab}	12.64±1.37 ^{Bb}	8.79±1.24 ^{Ca}
PEG	19.99±0.69 ^{Aa}	15.06±0.77 ^{Ba}	10.43±0.90 ^{Ca}

A, B, C. ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

a, b, c. ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำแสดงในตารางที่ 4 พบว่า ฟิล์มที่เติมโพลีเอทิลีนไกลคอล มีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำมากกว่าการเติมสารพลาสติไซเซอร์ตัวอื่นและเมื่อใช้การอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ทำให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่อฟิล์มมีความหนาเพิ่มขึ้นความทนต่อการเคลื่อนย้ายมวลสารผ่านแผ่นฟิล์มมีมากขึ้นดังนั้นความ

สุมตูลของความดันไอลอยยู่ใต้ผิวฟิล์มจึงมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ใต้ผิวฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้นด้วย ผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานของ Dongying และคณะ [12] พบว่า แบงก์ที่เติมโพลีเอทิลีนไกลคอล ช่วยเพิ่มค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีกว่าการเติมสารพลาสติไซเซอร์ชนิดอื่น

ตารางที่ 4 อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (g mm/kPa m² hr) ของฟิล์มที่อุณหภูมิอบแห้งและการใช้พลาสติไซเซอร์แตกต่างกัน

plasticizer	Temperature (C°)		
	45	50	55
SC	3.76±0.10 ^{Cc}	4.73±0.19 ^{Bb}	5.10±0.06 ^{Ab}
SB	5.07±0.11 ^{Bb}	5.33±0.32 ^{Ba}	6.60±0.37 ^{Aa}
PEG	5.10±0.02 ^{Ca}	5.64±0.30 ^{Ba}	6.88±0.21 ^{Aa}

A, B, C. ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

a, b, c. ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ค่าการละลายน้ำแสดงตารางที่ 5 พบว่า ฟิล์มที่เติมซูโครสซึ่งเป็นน้ำตาลสามารถละลายในน้ำได้ดีเนื่องจากซูโครสเป็นสารกลุ่มไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) ที่มีสมบัติในการจับน้ำ จึงส่งผลให้ฟิล์มละลายน้ำได้เร็ว จึงมีค่าการละลายน้ำที่สูงและเมื่อใช้การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ มีค่าการละลายสูง ผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานของชนิดา ญาณภวิล [21] พบว่า แบงก์สำหรับหลังและแบงก์ข้าวเจ้า ที่เติมสารซูโครสมี

การละลายน้ำมากกว่าการไม่เติมสารพลาสติไซเซอร์และเมื่อใช้อุณหภูมิต่ำในการอบแห้งฟิล์มพบว่า ฟิล์มมีการละลายน้ำสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง สมบัติการละลายของฟิล์มขึ้นอยู่กับการองค์ประกอบภายในของฟิล์มที่หุ้มฟังก์ชันที่เป็นมีสมบัติไฮโดรฟิลิก แต่ในขณะที่ความแข็งแรงเป็นสมบัติเชิงกลซึ่งขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของพันธะภายในสายโพลิเมอร์

ตารางที่ 5 การละลายน้ำ (%) ของฟิล์มที่อุณหภูมิอบแห้งและการใช้พลาสติกไซเซออร์แตกต่างกัน

plasticizer	Temperature (C°)		
	45	50	55
SC	93.39±0.75 ^{Aa}	88.03±0.66 ^{Ba}	83.63±1.37 ^{Ca}
SB	88.83±0.87 ^{Ab}	85.68±0.51 ^{Bb}	83.24±1.26 ^{Ba}
PEG	86.61±1.13 ^{Ab}	84.35±0.73 ^{Ab}	79.08±1.23 ^{Bb}

A, B, C. ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

a, b, c. ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

สรุป

จากการศึกษาอิทธิพลของสารพลาสติกไซเซออร์ 3 ชนิด ได้แก่ ซูโครส ซอร์บิทอล และโพลิเอทิลีนไกลคอล และอุณหภูมิการอบแห้งที่ 45 50 และ 55 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องอบแห้งแบบป้อนความร้อน พบว่า ทั้ง 2 ปัจจัย มีผลต่อสมบัติของฟิล์มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีอิทธิพลร่วมระหว่างพลาสติกไซเซออร์ และอุณหภูมิการอบแห้ง จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การใช้ซูโครสมีผลทำให้ความหนา การต้านทานแรงดึง และการละลายน้ำสูงกว่าการใช้พลาสติกไซเซออร์ชนิดอื่น แต่การยึดตัวและอัตราการซึมผ่านของไอน้ำมีค่าต่ำ ส่วนโพลิเอทิลีนไกลคอลมีผลต่อการยึดตัวของแผ่นฟิล์มมากที่สุด สำหรับอุณหภูมิตอบแห้งที่ 45 องศาเซลเซียส ส่งผลทำให้ฟิล์มมีค่าการต้านทานแรงดึง การยึดตัว และการละลายน้ำสูงกว่าทุกอุณหภูมิการอบแห้ง ส่วนความหนาและอัตราการซึมผ่านของไอน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิการอบแห้ง

เอกสารอ้างอิง

[1] Fu, Z. and et al. 2012. "Effects of partial gelatinization on structure and thermal properties of corn starch after spray drying". **Carbohydrate Polymers**. 88(4): 1319- 1325.

[2] Phan, D. and et al. 2009. "Biopolymer interactions affect the functional properties of edible films based on agar, cassava starch and arabinoxylan

blends". **Journal of Food Engineering**. 90: 548-558.

[3] Cheng, L.H, Karim, A.A. and Seow, C.C. 2008. "Characterisation of composite films made of konjac glucomannan (KGM), carboxymethyl cellulose (CMC) and lipid". **Food Chemistry**. 107: 411-418.

[4] Devahastin, S. and et al. 2010. "Effects of Drying Methods and Conditions on Antimicrobial Activity of Edible Chitosan Films Enriched with Galangal Extract". **Food Research International**. 43: 125–132.

[5] Mauri, A. N. and et al. 2009. "Effects of Drying Conditions on some Physical Properties of Soy Protein Films". **Journal of Food Engineering**. 90: 341–349.

[6] Leuangasukrer, M. and et al. 2014. "Properties of konjac glucomannan whey protein isolate blend films". **Food Science and Technology**. 59: 94-100.

[7] Solano, A.C.V. and de Ganter, C.R. 2014. "Development of biodegradable films based on blue corn flour with potential applications in food packaging. Effects of plasticizers on mechanical, thermal, and microstructural properties of flour

- films". **Journal of Cereal Science**. 60: 60-66.
- [8] กษิตศ อิ่มประไพ, อรพิน เกิดชูชื่น และ ณีฐฐา เลหากุลจิตต์. 2553. "การศึกษาคุณสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มบริโกลด์จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง". **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 41 (3/1)(พิเศษ) : 609-612.
- [9] Veiga-Santos, P. and et al. 2007. "Sucrose and Inverted Sugar as Plasticizer. Effect on Cassava Starch– Gelatin Film Mechanical Properties Hydrophilicity and Water Activity". **Food Chemistry**. 103: 255–262.
- [10] Kokoszka, S. and et al. 2010. "Protein and glycerol contents affect physico-chemical properties of soy protein isolate-based edible films". **Innovative Food Science and Emerging Technologies**.11: 503–510.
- [11] จุฑาทิพย์ สิ้นสวัสดิ์, อรพิน เกิดชูชื่น และ ณีฐฐา เลหากุลจิตต์. 2555. "การศึกษาคุณสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มบริโกลด์จากแป้งมันสำปะหลังผสมสารพอลิแซ็กคาไรด์". **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 43(2): 501-504.
- [12] Dongying, J. Fang, Y. and Yao, K. 2009. "Water Vapor Barrier and Mechanical Properties of Konjac Glucomannan– Chitosan–Soy protein Isolate Edible Films". **Food and Bioproducts Processing**. 87: 7– 10.
- [13] Tye, R.J. 1991. "Konjac Flour Properties and Application." **Food Technology**. 445: 86-92.
- [14] Thakhiew,W. Devahastin, S. and Soponronnarit,S. 2013. "Physical and mechanical properties of chitosan films as affected by drying methods and addition of antimicrobial agent". **Journal of Food Engineering**.119: 140–149.
- [15] Kaya, S. and Kaya, A. 2000. "Microwave Drying Effects on Properties of Whey Protein Isolate Edible". **Journal of Food Engineering**. 43: 91-96.
- [16] Srinivasa, P.C. and et al. 2004. "Properties of Chitosan Films Prepared under Different Drying Conditions". **Journal of Food Engineering**. 63: 79–85.
- [17] ชูลิทธิ หงส์กุลทรัพย์, อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และ ชาลีตา บรมพิชัยชาติกุล. 2550. "ฟิล์มบริโกลด์จากผงบุกและการประยุกต์ใช้เป็นสารเคลือบผิวขนมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์". **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 38(6): 208-211.
- [18] กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ. 2553. "ผลของซินไฮโดรไลเซทต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์มบริโกลด์จากแป้งบุก". **วารสารมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย**. 30 (1): 81-89.
- [19] Jomlapeeratiikul, P. Poomsa-ad, N. and Wiset, L. 2014. "The Effects of Drying Temperatures and Oil Contents on Properties of Biodegradable Film from Konjac Flour". **Journal of the Thai Society of Agricultural Engineering**. 20(2): 1-7.
- [20] Ekthamasut, K. and Akesowan, A. 2001. "Effect of Vegetable Oils on Physical Characteristics of Edible Konjac Films". **AU Journal of Technology**. 5: 73-78.
- [21] ชนิตา ญาณถวิล, อรพิน เกิดชูชื่น และ ณีฐฐา เลหากุลจิตต์. 2555. "ผลของไคโตแซนและน้ำตาลซูโครสต่อสมบัติทางกล-กายภาพของฟิล์มแป้ง". **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 43(2): 357-360.