



# ผลของซินไฮโดรไลเซทต่อสมบัติทางกายภาพ ของฟิล์มบริโอกได้จากแป้งบุก

## Effects of Zein Hydrolysate on Physical Properties of Edible Konjac Film

- กมลทิพย์ เอกธรรมสุภธ์
- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์
- และเทคโนโลยีการอาหาร
- คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
- E-mail: kamontip\_ekt@utcc.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของซินไฮโดรไลเซทต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์มแป้งบุก ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า การเติมซินไฮโดรไลเซทจะไม่มีผลต่อความหนาของฟิล์มแป้งบุก ( $p>0.05$ ) และการเพิ่มเวลาในการย่อยซินไฮโดรไลเซทจะส่งผลให้ฟิล์มแป้งบุกมีค่าการละลายน้ำ และการยืดตัวลดต่ำลง ( $p<0.05$ ) แต่จะไม่มีผลต่อค่า  $\Delta E$  การต้านทานแรงดึงขาด และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ ( $p>0.05$ ) และเมื่อเติมซินไฮโดรไลเซทเพิ่มขึ้นจะทำให้ฟิล์มแป้งบุกมีค่าการละลายน้ำลดลง แต่ค่าการต้านทานแรงดึงขาด การยืดตัว และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มสูงขึ้น ( $p<0.05$ )

**คำสำคัญ:** ฟิล์มแป้งบุก ซินไฮโดรไลเซท

### Abstract

The overall research objective was to investigate the effects of zein hydrolysate on the physical properties of konjac film. The results indicated that zein hydrolysate had no affect on konjac film thickness ( $p>0.05$ ). Increasing the hydrolysis time of zein hydrolysate resulted in decreasing solubility and elongation of konjac film ( $p<0.05$ ), but had no affect on  $\Delta E$ , tensile strength and water vapor transmission rate (WVTR)

( $p>0.05$ ). The addition of zein hydrolysate decreased the solubility of konjac film, but increased the tensile strength, elongation and WVTR of the film ( $p<0.05$ ).

**Keywords:** Konjac Film, Zein Hydrolysate

## บทนำ

ฟิล์มชนิดบริโภคได้ (edible film) เป็นวัสดุแผ่นบางที่รับประทานได้พร้อมกับอาหาร สามารถใช้เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศและไอน้ำผ่านเข้าสู่อาหารได้ ทำให้อายุการเก็บของอาหารยาวนานขึ้น ปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะพัฒนาใช้ฟิล์มชนิดบริโภคได้ทดแทนการใช้ฟิล์มพลาสติกมากขึ้น เนื่องจากมีความปลอดภัยและย่อยสลายได้ง่ายกว่า (Sohail, et al., 2006; Sothornvit and Krochta, 2000)

แป้งบุก (konjac flour) เป็นไฮโดรคอลลอยด์จากธรรมชาติที่ประกอบด้วยแมนโนสและกลูโคส ในอัตรา 3:2 เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้า 1, 4 ไกลโคซิดิก มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 300,000 และมีหมู่อะเซทิลกระจายอยู่ทั่วไปบนสายโมเลกุล (Tye, 1991) เมื่อนำแป้งบุกมาละลายน้ำจะเกิดสารละลายข้นหนืด และเมื่อระเหยน้ำออกหรือทำแห้งจะเกิดฟิล์มที่มีลักษณะเหนียวและแข็ง (กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ และอดิศักดิ์ เอกโสภาวรรณ, 2547; Kamontip Ekthamasut and Adisak Akesowan, 2001; Tye, 1991) จึงจำเป็นต้องมีการใช้พลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) เช่น กลีเซอริน ซอร์บิทอล หรือโพลีเอทิลีนไกลคอล เป็นต้น เพื่อช่วยให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่น (flexible) มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การเติมพลาสติกไซเซอร์อาจส่งผลกระทบต่อค่าความแข็งแรงของฟิล์ม รวมถึงการซึมผ่านของสารต่างๆ ด้วย (กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ และอดิศักดิ์ เอกโสภาวรรณ, 2543; Kim, Ko, and Park, 2002)

นอกจากนี้ การใช้โปรตีนไฮโดรไลเซต เช่น ซินไฮโดรไลเซต (zein hydrolysate) หรือเวย์โปรตีนไฮโดรไลเซต (whey protein hydrolysate) จะช่วยปรับปรุงให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการเติมพลาสติกไซเซอร์ แต่ก็อาจจะส่งผลกระทบต่อสมบัติด้านต่างๆ ของแผ่นฟิล์มได้เช่นเดียวกัน (Sothornvit and Krochta, 2000; Oh, et al., 2004; Sohail, et al., 2006)

ซิน (zein) เป็นโปรตีนจากข้าวโพดที่ละลายได้ในแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ไม่มีซัลเฟอร์ เช่น ลูซีน อะลานีน และโพรลีนในปริมาณสูง จึงทำให้ซินมีสมบัติที่ไม่ละลายน้ำ และไม่ละลายในแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ การเติมซินไฮโดรไลเซตในฟิล์มเคซีนหรือฟิล์มเวย์โปรตีนมีผลทำให้ฟิล์มที่ได้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น โดยที่การซึมผ่านของไอน้ำคงเดิม (Oh, et al., 2004) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจะศึกษาผลของการเติมซินไฮโดรไลเซตต่อสมบัติทางกายภาพในด้านต่างๆ ของฟิล์มแป้งบุก

## วิธีการทดลอง

### วัตถุดิบและสารเคมี

แป้งบุกและซินจากบริษัทไทยฟู๊ดแอนด์เคมีคอล จำกัด เอนไซม์โปรตีเอส (Alcalase®) จากบริษัท East Asiatic (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน และกลีเซอริน จากบริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

## การเตรียมซินไฮโดรไลเซท

ซิน 1 กรัม ผสมกับฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 8) 50 มิลลิลิตร บ่มในอ่างน้ำร้อนแบบเขย่า (water bath shaker) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมเอนไซม์ Alcalase® 2 มิลลิลิตร และบ่มต่อเป็นเวลา 3, 5 และ 7 ชั่วโมง พอลิเมอร์เวลาผ่านไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที และแช่ในน้ำเย็นนาน 5 นาที เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ เก็บซินไฮโดรไลเซทที่เตรียมได้ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะใช้งาน

## การเตรียมฟิล์มแข็งบุง

เตรียมสารละลายแข็งบุงร้อยละ 0.5 ในน้ำกลั่น เติมกลีเซอรินร้อยละ 30 และซินไฮโดรไลเซทร้อยละ 0-30 โดยน้ำหนักของแข็งบุง ทำการกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer เป็นเวลา 30 นาที บั่นแยกส่วนที่ไม่ละลายด้วยเครื่อง Hettich® centrifuge ที่ความเร็วรอบ 4,000 rpm นาน 10 นาที เทสารละลายส่วนใส 60 กรัม ลงในจานพลาสติก (plastic petridish) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 16 ชั่วโมง ลอกแผ่นฟิล์มเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์จนกว่าจะวิเคราะห์

## การทดสอบสมบัติของแผ่นฟิล์ม

ความหนา ทดสอบโดยใช้ hand micrometer ทำการทดสอบ 5 จุดและหาค่าเฉลี่ย

ค่าสี ทำตามวิธีของ Rhim, et al. (1999) ด้วยเครื่อง Hunter Lab digital color difference meter โดยวางแผ่นฟิล์มและปิดทับด้วยแผ่นขาวมาตรฐาน (L = 91.29, a = -1.15, b = 1.49) และคำนวณค่า Total color difference ( $\Delta E$ ), Yellow-

ness Index (YI) และ White Index (WI) ดังนี้

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{0.5}$$

$$YI = 142.86b/L$$

$$WI = 100 - [(100-L)^2 + a^2 + b^2]^{0.5}$$

เมื่อ  $\Delta L = L_{st.} - L_{sam.}$  ;

$$\Delta a = a_{st.} - a_{sam.}$$
 ;

$$\Delta b = b_{st.} - b_{sam.}$$

การละลายน้ำของแผ่นฟิล์ม (film solubility) ตามวิธีของ Oh, et al. (2004) โดยทำการอบแห้งแผ่นฟิล์มที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนัก ( $W_1$ ) จากนั้นนำไปละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และกวนด้วย magnetic stirrer เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.4 (ที่ชั่งน้ำหนักแล้ว,  $a_1$ ) และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 25 นาทีและทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ 1 คืน ชั่งน้ำหนักของกระดาษกรอง ( $a_2$ ) คำนวณเปอร์เซ็นต์การละลายน้ำของฟิล์ม ดังนี้

$$\% \text{film solubility} = \frac{W_1 - (a_2 - a_1)}{W_1} \times 100$$

การต้านแรงดึงขาด (tensile strength, TS) และการยืดตัว (elongation) ของแผ่นฟิล์ม ตามวิธีของ Rhim and Weller (2000) ด้วยเครื่อง Lloyd texture analyzer (Model LRX, Lloyd instruments, Hampshire, UK.) และตั้งระยะห่างระหว่างคลิปหนีบเริ่มต้นเท่ากับ 40 มิลลิเมตร ตั้งค่าความเร็วของ cross-head เท่ากับ 500 มิลลิเมตร/นาที โดยใช้แผ่นฟิล์มที่มีความกว้างเท่ากับ 10 มิลลิเมตร คำนวณค่าการต้านแรงดึงขาดและการยืดตัว ดังนี้

$$TS = F_{max} / A$$

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

เมื่อ  $F_{max}$  = ค่าแรงสูงสุดที่ทำให้ฟิล์มขาด

$A$  = ความหนา x ความกว้างของฟิล์ม

$L_0$  = ความยาวเริ่มต้นของฟิล์ม  
(40 มิลลิเมตร)

$L$  = ระยะทางที่ฟิล์มยืดออก

อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) ปรับปรุงจากวิธีของ Bustillos and Krochta (1993) ตามวิธีของกมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ และอดิศักดิ์ เอกโสวรรณ (2547) โดยเติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตรลงในภาชนะแก้วที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร ทำการปิดปากแก้วด้วยแผ่นฟิล์มพร้อมปิดเทปกาวให้แนบสนิทและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นนำไปวางในตู้ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ (RH controller) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส RH = 15% ทำการบันทึกน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่สูญเสียไปกับเวลา และคำนวณค่า WVTR ดังนี้

$$WVTR = \text{slope} / \text{film area}$$

เมื่อ slope = ความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่สูญเสียไปกับเวลา

film area = พื้นที่ของฟิล์มที่ไอน้ำซึมผ่าน

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely

Randomized Design (CRD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 13.0 (SPSS Inc., Chicago, Ill., USA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ทำการทดลองอย่างน้อย 2 ซ้ำ

### ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองพบว่า ทั้งเวลาในการย่อยและปริมาณซินไฮโดรไลเซตไม่มีผลต่อความหนาของฟิล์มแป้งบุก ( $p > 0.05$ ) โดยที่ฟิล์มที่ได้จะมีความหนาเท่ากับ  $(3.9-4.7) \times 10^{-2}$  มิลลิเมตร (ไม่ได้แสดงข้อมูล) และจากผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนพบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างเวลาในการย่อย และปริมาณซินไฮโดรไลเซตไม่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์มแป้งบุกในทุกๆ ด้าน ดังนั้น การวิเคราะห์ผลจึงแยกพิจารณาที่ละปัจจัย ซึ่งจากตารางที่ 1 และ 2 แสดงให้เห็นว่า แผ่นฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การละลายน้ำลดลง เมื่อเวลาในการย่อยและปริมาณซินไฮโดรไลเซตเพิ่มสูงขึ้น ( $p < 0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องจากซินไฮโดรไลเซตที่ไม่ละลายน้ำและประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดไม่ชอบน้ำ (hydrophobic amino acid) ในปริมาณสูง ดังนั้น จึงส่งผลให้ฟิล์มละลายน้ำได้น้อยลง ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของ Oh, et al. (2004) ที่พบว่าการเติมซินไฮโดรไลเซตลงในฟิล์มเวย์โปรตีน (whey protein) ส่งผลให้การละลายน้ำของฟิล์มมีค่าลดลงเนื่องจากซินไฮโดรไลเซตนั้นไปขัดขวางการละลายน้ำของเวย์โปรตีน รวมทั้งซินไฮโดรไลเซตที่มีส่วนที่ไม่ชอบน้ำอยู่ในโครงสร้างค่อนข้างมาก

ตารางที่ 1 ผลของเวลาในการย่อยซินไฮโดรไลเซตต่อค่าการละลายน้ำ และค่าสี  $\Delta E$  YI และ WI ของฟิล์มแป้งบุก

เวลาในการย่อย ซินไฮโดรไลเซต (ชั่วโมง)	การละลายน้ำ (%)	$\Delta E$	YI	WI
3	96.13 <sup>a</sup> ± 1.58	9.10 <sup>a</sup> ± 2.18	81.49 <sup>a</sup> ± 1.60	13.53 <sup>b</sup> ± 1.19
5	94.97 <sup>ab</sup> ± 2.78	10.23 <sup>a</sup> ± 1.17	82.96 <sup>a</sup> ± 1.70	15.75 <sup>a</sup> ± 2.10
7	92.53 <sup>b</sup> ± 4.11	10.71 <sup>a</sup> ± 1.32	82.06 <sup>a</sup> ± 2.96	16.00 <sup>a</sup> ± 1.39

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตาม DMRT

เวลาในการย่อยซินไฮโดรไลเซตจะไม่มีผลต่อค่าสี  $\Delta E$  และ YI แต่จะมีผลต่อค่า WI (ตารางที่ 1) โดยที่เมื่อเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้นค่าสี WI จะเพิ่มสูงขึ้น ( $p < 0.05$ ) แสดงว่า ฟิล์มที่ได้จะมีสีขาวมากขึ้น เมื่อเวลาในการย่อยซินไฮโดรไลเซตมากขึ้น และเมื่อปริมาณซินไฮโดรไลเซตเพิ่มสูงขึ้น ฟิล์มแป้งบุกที่ได้จะมีค่าสี  $\Delta E$  และ WI สูงขึ้น ในขณะที่ YI ลดต่ำลง ( $p < 0.05$ ) แสดงว่าซินไฮโดรไลเซตที่เติม

ลงไปส่งผลให้ฟิล์มแป้งบุกมีความขุ่นมากขึ้น มีสีขาวมากขึ้น และมีสีเหลืองลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากค่า  $\Delta E$  หมายถึง ค่าความแตกต่างของค่าสีทั้งหมดเมื่อเทียบกับแผ่นขาวมาตรฐาน (standard white plate) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้แสดงความขุ่นของแผ่นฟิล์ม ส่วนค่า WI และ YI เป็นค่าดัชนีสีขาวและสีเหลืองโดยรวมของแผ่นฟิล์มตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลของปริมาณซินไฮโดรไลเซตต่อค่าการละลายน้ำ และค่าสี  $\Delta E$  YI และ WI ของฟิล์มแป้งบุก

ปริมาณ ซินไฮโดรไลเซต (%)	การละลายน้ำ (%)	$\Delta E$	YI	WI
0	97.73 <sup>a</sup> ± 2.49	8.69 <sup>b</sup> ± 1.46	83.36 <sup>a</sup> ± 2.00	13.12 <sup>b</sup> ± 1.40
10	93.77 <sup>b</sup> ± 3.13	9.73 <sup>ab</sup> ± 0.87	82.73 <sup>ab</sup> ± 1.12	15.54 <sup>a</sup> ± 0.87
20	93.72 <sup>b</sup> ± 2.82	10.47 <sup>a</sup> ± 2.00	81.61 <sup>ab</sup> ± 2.64	15.26 <sup>a</sup> ± 2.01
30	92.97 <sup>b</sup> ± 2.86	11.17 <sup>a</sup> ± 1.50	81.00 <sup>b</sup> ± 2.51	16.46 <sup>a</sup> ± 1.35

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตาม DMRT

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาค่าการต้านแรงดึงขาด (tensile strength) และการยืดตัว (elongation) ของแผ่นฟิล์ม พบว่า เวลาในการย่อยซินไฮโดรไลเซตจะไม่มีผลต่อค่าการต้านแรงดึงขาดของฟิล์มแป้งบุก ( $p > 0.05$ ) แต่จะมีผลต่อค่าการ

ยืดตัวของฟิล์ม ( $p < 0.05$ ) โดยที่เวลาในการย่อยซินไฮโดรไลเซต 3 ชั่วโมง แผ่นฟิล์มจะมีการยืดตัวสูงที่สุด แสดงว่าเวลาในการย่อยที่เพิ่มขึ้น ทำให้แผ่นฟิล์มมีความแข็งแรงเท่าเดิม แต่ความยืดหยุ่นลดต่ำลง และเมื่อเติมซินไฮโดรไลเซตในปริมาณที่เพิ่มขึ้น

แผ่นฟิล์มจะมีค่าการต้านแรงดึงขาดมากขึ้นและเปอร์เซ็นต์การยืดตัวก็เพิ่มขึ้นด้วย ( $p < 0.05$ ) ดังตารางที่ 4 นั้นแสดงให้เห็นว่าการเติมซินไฮโดรไลเซทจะทำให้ฟิล์มแป้งบุกมีความแข็งแรงมากขึ้น รวมถึงช่วยทำให้ฟิล์มยืดหยุ่นมากขึ้นด้วยเช่นกัน และการเติมซินไฮโดรไลเซทร้อยละ 20 จะทำให้ฟิล์มแป้งบุกที่ได้มีค่าการต้านแรงดึงขาดและการยืดตัวที่ไม่ต่างจากร้อยละ 30 ( $p > 0.05$ ) ซึ่งจากผลการทดลองของ Oh, et al. (2004) พบว่า การเติมซินไฮโดรไลเซทลงในฟิล์มเวย์โปรตีนจะทำให้ฟิล์มมีค่าการยืดตัวเพิ่มขึ้น รวมทั้งจากการทดลองของ Sothornvit and Krochta (2000) ที่พบว่า การทำเวย์โปรตีนไฮโดรไลเซท (whey protein hydrolysate) ทำให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากขึ้น และช่วยลดการใช้พลาสติกไซเซอร์ได้ อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ยังพบว่าการเติมซินไฮโดรไลเซทยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงของฟิล์มแป้งบุกได้ด้วย โดยดูจากค่าการต้านแรงดึงขาดที่เพิ่มขึ้น แต่จากการ

ทดลองของ Oh, et al. (2004) พบว่าการเติมซินไฮโดรไลเซททำให้ค่าการต้านแรงดึงขาดของฟิล์มเวย์โปรตีน และเคซีนลดต่ำลง ซึ่งความแตกต่างนี้น่าจะเป็นผลมาจากเวลาในการย่อยซินที่แตกต่างกัน ซึ่งในการทดลองของ Oh, et al. (2004) ใช้เวลาในการย่อย 24 ชั่วโมง ในขณะที่ในการทดลองนี้ใช้เวลาในการย่อย 3-7 ชั่วโมง ซึ่งอาจย่อยซินได้ไม่สมบูรณ์ ทำให้ยังคงมีโครงสร้างของโปรตีนสายยาวอยู่ จึงเกิดการพัฒนา cross-linking ระหว่างโปรตีนกับโพลีแซคคาไรด์ (Rhim, et al., 1999) ที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผสมสารละลายแป้งบุกกับซินไฮโดรไลเซท ส่งผลให้ฟิล์มยึดเกาะกันได้ดีขึ้น ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของกมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ และอดิศักดิ์ เอกโสวรรณ (2547) ที่พบว่า การเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดลงในฟิล์มแป้งบุก ทำให้ฟิล์มที่ได้มีค่าการต้านแรงดึงขาดเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 3 ผลของเวลาในการย่อยซินไฮโดรไลเซทต่อค่า Tensile strength, Elongation และ WVTR ของฟิล์มแป้งบุก

เวลาในการย่อยซินไฮโดรไลเซท (ชั่วโมง)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	WVTR (g/m <sup>2</sup> hr)
3	10.06 <sup>a</sup> ± 3.96	118.73 <sup>a</sup> ± 20.29	623.97 <sup>a</sup> ± 81.60
5	9.55 <sup>a</sup> ± 3.79	99.98 <sup>b</sup> ± 20.92	619.75 <sup>a</sup> ± 78.44
7	9.99 <sup>a</sup> ± 4.12	95.42 <sup>b</sup> ± 13.08	608.88 <sup>a</sup> ± 76.66

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตาม DMRT

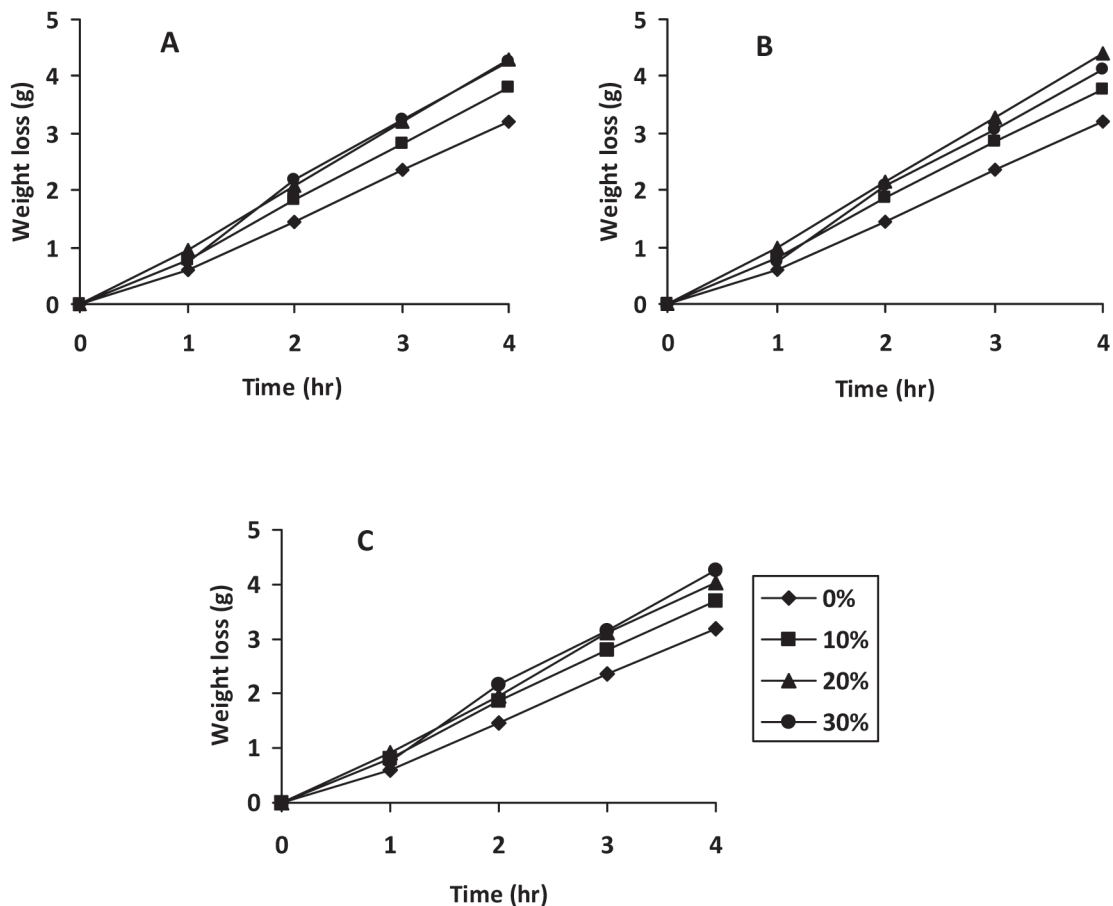
ตารางที่ 4 ผลของปริมาณซินไฮโดรไลเซตต่อค่า Tensile strength, Elongation และ WVTR ของฟิล์มแป้งบุก

ปริมาณ ซินไฮโดรไลเซต (%)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	WVTR (g/m <sup>2</sup> hr)
0	4.39 <sup>c</sup> ± 0.89	77.58 <sup>b</sup> ± 7.97	551.00 <sup>c</sup> ± 26.52
10	9.38 <sup>b</sup> ± 1.52	118.90 <sup>a</sup> ± 20.61	600.47 <sup>b</sup> ± 11.40
20	12.52 <sup>a</sup> ± 1.46	114.04 <sup>a</sup> ± 24.70	675.79 <sup>a</sup> ± 23.86
30	13.17 <sup>a</sup> ± 1.75	104.32 <sup>a</sup> ± 17.81	682.59 <sup>a</sup> ± 22.13

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตาม DMRT

จากการทดสอบอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate) ของฟิล์มแป้งบุก และวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear regression) ระหว่างเวลาและน้ำหนักที่หายไป ผลการทดลองดังรูปที่ 1 ซึ่งพบว่าค่า  $r^2$  ทั้งหมดมีค่ามากกว่า 0.99 แสดงว่าน้ำหนักที่หายไปมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับเวลาที่ใช้ในการอบอย่างยิ่งยวด และเมื่อนำค่าความชันของกราฟไปวิเคราะห์ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มแป้งบุก ได้ผลดังตารางที่ 3 และ 4 ซึ่งพบว่าเวลาในการย่อยซินไฮโดรไลเซตไม่มีผลต่ออัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มแป้งบุก ( $p>0.05$ ) แต่เมื่อเวลาในการย่อยซินไฮโดรไลเซตเพิ่มขึ้น อัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) การเติมซินไฮโดรไลเซต

ในปริมาณที่มากขึ้นจะส่งผลให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มสูงขึ้นด้วย โดยที่ฟิล์มที่เติมซินไฮโดรไลเซตร้อยละ 20 และ 30 โดยน้ำหนักของแป้งบุกจะมีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำไม่แตกต่างกัน ( $p>0.05$ ) ซึ่งจากผลการทดลองของ Oh, et al. (2004) พบว่าการเติมซินไฮโดรไลเซตลงในฟิล์มเคซีนและเวย์โปรตีน จะให้ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำที่ไม่แตกต่างจากที่ไม่เติม ทั้งนี้ น่าจะเป็นผลมาจากเวลาในการย่อยซินไฮโดรไลเซตที่แตกต่างกัน ซึ่งในการทดลองของ Oh, et al. (2004) ใช้เวลาในการย่อยซินไฮโดรไลเซต 24 ชั่วโมง ในขณะที่งานวิจัยนี้ใช้เวลาในการย่อย 3-7 ชั่วโมง ทั้งนี้พบว่าเมื่อเวลาในการย่อยซินไฮโดรไลเซตนานขึ้น อัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มแป้งบุกมีแนวโน้มลดน้อยลง



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่หายไปกับเวลาการอบของฟิล์มแป้งบุกที่เติมชั้นไฮโดรไลเซต ที่เวลาย่อยต่างๆ

A = เวลาย่อยชั้นไฮโดรไลเซต 3 ชั่วโมง

B = เวลาย่อยชั้นไฮโดรไลเซต 5 ชั่วโมง

C = เวลาย่อยชั้นไฮโดรไลเซต 7 ชั่วโมง

### สรุปผลการทดลอง

เวลาในการย่อยและปริมาณชั้นไฮโดรไลเซต ไม่มีผลต่อความหนาของฟิล์มแป้งบุก ( $p > 0.05$ ) โดยที่ฟิล์มที่ได้จะมีความหนาเท่ากับ  $(3.9-4.7) \times 10^{-2}$  มิลลิเมตร แผ่นฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การละลายน้ำลดลง เมื่อเวลาในการย่อยและปริมาณชั้นไฮโดร-

ไลเซตเพิ่มสูงขึ้น การเติมชั้นไฮโดรไลเซตเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ฟิล์มแป้งบุกมีความแข็งแรง และความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น แต่ก็จะทำให้การซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน โดยที่ฟิล์มที่เติมชั้นไฮโดรไลเซตร้อยละ 20 และ 30 โดยน้ำหนักของแป้งบุกจะมีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำไม่แตกต่างกัน



## บรรณานุกรม

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์ และอดิศักดิ์ เอกโสภาวรรณ.

2543. “ฟิล์มแป้งบุกชนิดบริโคได้: การเตรียมสมบัติบางประการและการนำไปใช้ประโยชน์.” **วารสารอาหาร** 30: 44-51.

\_\_\_\_\_. 2547. “ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มแป้งบุกผสมร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองสกัด.” **วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย** 24: 123-137.

Bustillos, R.J.A., and Krochta, J.M. 1993. “Water Vapor Permeability of Caseinate-Based Edible Films as Affected by pH, Calcium Cross Linking and Lipid Concentration.” **Journal of Food Science** 58: 904-907.

Kamontip Ekthamasut, and Adisak Akesowan. 2001. “Effect of Vegetable Oils on Physical Characteristics of Edible Konjac Films.” **AU Journal of Technology** 5: 73-78.

Kim, K.W., Ko, C.J., and Park, H.J. 2002. “Mechanical Properties, Water Vapor Permeabilities and Solubilities of Highly Carboxymethylated Starch-Based Edible Films.” **Journal of Food Science** 67: 218-222.

Oh, J.H., et al. 2004. “Characteristics of Edible Films Made from Dairy Proteins and Zein Hydrolysate Cross-Linked with Transglutaminase.” **International Journal of Food Science and Technology** 39: 287-294.

Rhim, J.W., and Weller, C.L. 2000. “Properties of Formaldehyde Absorbed Soy Protein Isolate Films.” **Food Science and Biotechnology** 9: 288-233.

Rhim, J.W., et al. 1999. “Physical Characteristics of a Composite Film of Soy Protein Isolate and Propyleneglycon Alginate.” **Journal of Food Science** 64: 149-152.

Sohail, S.S., et al. 2006. “Physical, Morphological and Barrier Properties of Edible Casein Films with Wax Applications.” **Journal of Food Science** 71: c255-c259.

Sothornvit, R., and Krochta, J.M. 2000. “Water Vapor Permeability and Solubility of Films from Hydrolyzed Whey Protein.” **Journal of Food Science** 65: 700-703.

Tye, R.J. 1991. “Konjac Flour: Properties and Applications.” **Food Technology** 445: 86-92.



**Kamontip Ekthamasut** is an Assistant Professor in the School of Science, University of the Thai Chamber of Commerce (UTCC), Bangkok, Thailand. Her current research includes edible films and cereal products. She received her Master of Science Degree in Food Technology from Chulalongkorn University, Bangkok Thailand.