

การผลิตฟิล์มจากโปรตีนถั่วเขียว

Production of Film from Mung Bean Protein Isolate

¹รัตนา จินดาพรณ ¹จิรนาถ บุญคง และ ¹จีรศักดิ์ แก้วเกิด

¹Ratana Chindapan ¹Jiranart Boonkong and ¹Jeerasak Kaewkird

บทคัดย่อ

จากการทดลองผลิตฟิล์มจากโปรตีนถั่วเขียว โดยการเตรียมสารละลายโปรตีนถั่วเขียวเข้มข้น 6% (W/V) แปรระดับ pH คือ 7, 8 และ 9 ร่วมกับการแปรอัตราส่วนของปริมาณโปรตีนถั่วเขียวต่อปริมาณของกลีเซอรอลที่ 100:0, 70:30, 60:40 และ 50:50 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมกับการผลิตฟิล์มจากโปรตีนถั่วเขียว คือ pH 9 และอัตราส่วนของสารละลายโปรตีนถั่วเขียวต่อปริมาณของกลีเซอรอลเป็น 70:30 ฟิล์มที่ผลิตได้มีสมบัติทางกายภาพดังนี้ ความหนาเท่ากับ 0.080 มิลลิเมตร อัตราการซึมผ่านของไอน้ำเท่ากับ 0.0010 กรัม/ตารางเมตร/ชั่วโมง การต้านทานแรงดึงขาดเท่ากับ 4.0537 นิวตัน และสามารถต้านทานน้ำมันมากกว่า 200 ชั่วโมง เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าประกอบด้วยความชื้น 0.8% โปรตีน 52.6% ไขมัน 0.8% คาร์โบไฮเดรต 32.8% และเถ้า 3.0% ตามลำดับ สุดท้ายทดลองนำโปรตีนถั่วเขียวดังกล่าวมาทดลองบรรจุเครื่องปรุงรสบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป พบว่าฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวสกัดสามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อน และสามารถเก็บรักษาเครื่องปรุงรสได้นานกว่า 3 เดือน นอกจากนี้สามารถละลายได้ในน้ำเดือดภายในเวลา 90 วินาที

คำสำคัญ: ถั่วเขียว โปรตีนไอโซเลท ฟิล์มโปรตีน

ABSTRACT

This research was carried out to study the film production from 6% mung bean protein isolate (w/v) with two various condition which were different pH (7, 8 and 9) and the different of protein to glycerol (100:0, 70:30, 60:40 and 50:50). The optimal condition for production film was 70:30 of protein to glycerol ratio at pH 9, which generated the best film. Analysis of the properties of these films revealed that they were 0.080 mm of thickness, 0.0010 g/m²/hr of water vapor permeability (WVP), 4.0537 N of tensile strength and oil resistance more than 200 hours. The proximate analysis showed that the film had 0.8% moisture, 52.6% protein, 0.8% fat, 32.8% carbohydrate and 3.0% ash, respectively. Finally, the film from mung bean protein was used to be a package of noodle ingredients. It can be sealed using heat pack and stored more than 3 months. In addition, this film can be dissolved in boiling water within 90 seconds.

Keywords: mung bean, protein isolate, protein film

บทนำ

การสร้างฟิล์มจากสารละลายโปรตีนไอโซเลต (protein isolate) เชื่อว่าเกิดจากการสร้างโพลีเมอร์ของโปรตีน (protein polymerization) และการระเหยของตัวทำละลายที่ระหว่างผิวหน้า (interface) ของฟิล์มกับอากาศ ซึ่งโมเลกุลของโปรตีนในฟิล์มจะจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bonds) พันธะซัลไฟด์ (sulfide bonds) พันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bonds) และพันธะไฮโดรโฟบิก (hydrophobic bonds) จากการทดสอบปฏิกิริยาโดยใช้สี พบว่าที่ระหว่างผิวหน้าของการสร้างฟิล์มจะมีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลโปรตีนในส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic protein) จะหันออกทำปฏิกิริยากับอากาศ ในขณะที่โมเลกุลของโปรตีนในส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic protein) จะหันเข้าหาสารละลาย (Gennadios และคณะ, 1994 อ้างจาก Okamoto, 1978)

Cricle และคณะ (1964) ได้กล่าวไว้ว่า ความร้อนจะช่วยสนับสนุนการสร้างโพลีเมอร์ของโปรตีนโดยทำลายโครงสร้างของโปรตีน และทำให้เกิดการหลุดออกจากหมู่ซัลไฟด์ และหมู่ที่ไม่ละลายน้ำในสภาพที่เป็นต่าง ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการสร้าง โพลีเมอร์ เพราะจะเกิดการคลายตัวของโพลีเปปไทด์ และสนับสนุนการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง sulfhydryl กับ disulfide นอกจากนี้ Jangethua และคณะ (1999) รายงานว่า pH ของสารละลายฟิล์มโปรตีนที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งมีผลต่อสมบัติของฟิล์มโปรตีนถั่วลิสงอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าค่า total solubility และ protein solubility ของฟิล์มจะลดลงเมื่อ pH ของสารละลายฟิล์มโปรตีนและอุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้น ฟิล์มจะมีค่า tensile strength และค่า elongation เพิ่มขึ้นแต่ค่า water vapor permeability และ oxygen permeability จะลดลง โดยฟิล์มที่ pH 9 อุณหภูมิในการทำแห้ง 90 องศาเซลเซียส มีค่า water vapor permeability และ oxygen permeability ต่ำที่สุดแต่มีค่า tensile strength สูงที่สุด

Rhim และคณะ (1999) พบว่าปริมาณ propyleneglycol alginate (PGA) ที่ใช้เป็นพลาสติกไซเซออร์มี

ผลต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์มที่ประกอบด้วย soy protein isolate (SPI) อย่างมีนัยสำคัญ โดยระดับของ PGA มีผลต่อสีของฟิล์มอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้พบว่าค่า tensile strength ของฟิล์มจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติม PGA ถึงระดับ 17.5% ขณะที่ค่า % elongation จะลดลงเมื่อมี PGA เพิ่มขึ้น ส่วนค่า water vapor permeability และ water solubility ลดลงโดยการเติม PGA ถึงระดับ 10% แต่ถ้าเติมมากกว่าระดับนี้ ส่งผลให้สมบัติดังกล่าวกลับเพิ่มขึ้น ผลดังกล่าวเกิดปฏิกิริยาข้างเคียงของ PGA กับ protein chain ซึ่งอิมิตด้วย PGA ที่ระดับ 10% นอกจากนี้ Choi และคณะ (2001) พบว่าการเพิ่มขึ้นของกลีเซอรอลซึ่งทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซออร์ให้กับฟิล์มโปรตีนถั่วเข้มข้น (pea protein concentrate) ทำให้ค่า tensile strength และ elastic modulus ลดลง แต่ส่งผลให้ค่า elongation และ water vapor permeability เพิ่มขึ้นที่อัตราส่วนของโปรตีนต่อกลีเซอรอล 70:30 และ 60:40 มีผลทำให้ฟิล์มที่ผลิตได้มีความแข็งแรง และทนต่อฉีกขาดได้ดี ส่วนความเข้มข้นของกลีเซอรอลที่ 20%, 30%, และ 40% มีค่าการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ ส่วนปริมาณ พลาสติกไซเซออร์ที่เติมจะไม่มีผลต่อการละลายของฟิล์มอย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะผลิตฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวโดยใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซออร์และศึกษาผลของระดับ pH และสัดส่วนระหว่างโปรตีนต่อกลีเซอรอลต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์ม ได้แก่ ความหนา ค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ ความสามารถในการต้านทานน้ำมัน และการต้านทานแรงดึง

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วิธีการสกัดโปรตีนถั่วเขียว ดัดแปลงจากวิธีการของ Thompson (1977)

นำถั่วเขียวซีกตราไว้ทิพย์มาทำความสะอาดและบดให้ละเอียดด้วยเครื่องโม่หิน (stone mill) จนได้แป้งถั่วเขียว (mung bean flour) จึงนำมาละลายในน้ำกลั่นด้วยอัตราส่วน แป้งถั่วเขียวต่อน้ำกลั่น 1:15 (w / w) ปรับ pH 9 ด้วยสาร

ประเมินผลโดย

(1) การวัดความหนาด้วย micrometer

(2) วัดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapour transmission rate : WVTR) โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Choi และคณะ (2001) โดยใช้ถ้วยออลูมิเนียมเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.6 เซนติเมตร ลึก 1.5 เซนติเมตร ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำมาบรรจุซิลิกาเจล 15 กรัม ปิดผนึกให้สนิทด้วยฟิล์มที่ต้องการทดสอบ ซึ่งน้ำหนักอีกครั้ง จากนั้นนำไปวางในเตาซีเคเตอร์ที่ภายในปรับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85.5 และชั่งน้ำหนักด้วยออลูมิเนียมที่ปิดผนึกด้วยฟิล์มทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เขียนกราฟระหว่างน้ำหนักซิลิกาเจลกับเวลา โดยอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเท่ากับความชันของกราฟหารด้วยพื้นที่ผิวของฟิล์มที่ปิดผนึกบนถ้วยออลูมิเนียม

(3) ความสามารถในการต้านทานน้ำมัน (Grease and oil resistance) ดัดแปลงตามวิธีการของ มอก. 654 – 2529 โดยตัดแผ่นฟิล์มขนาด 7x11 ตารางเซนติเมตร วางทับบนกระดาษขาว จากนั้นชั่งทราย 2 กรัม วางบนแผ่นฟิล์ม โดยจัดให้กองทรายมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1 นิ้ว หยอดน้ำมันพีชลงบนกองทรายจนทรายอิมตัวด้วยน้ำมันแต่ไม่เลอะ ออกมานอกกองทราย บันทึกผลโดยการสังเกตคราบน้ำมันบนกระดาษทุกๆ 24 ชั่วโมง ความสามารถในการต้านทานน้ำมันเท่ากับเวลาทั้งหมดที่พบคราบน้ำมันบนกระดาษ

(4) การต้านทานแรงดึง (Tensile strength, TS) โดยใช้ Texture Analyzer รุ่น TA.XT2 (U.S.A.) โดยตัดฟิล์มขนาด 2x7.5 ตารางเซนติเมตร ยึดปลายทั้ง 2 ข้างของฟิล์มเข้ากับหัวหนีบ อัตราเร็วในการดึงเท่ากับ 50 มิลลิเมตรต่อนาที และมีค่า load cell 10 นิวตัน

วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ Factorial in CRD ทดลอง 2 ชั้น และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว

นำฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่ผลิตได้จากการทดลองโดยเลือกจากฟิล์มที่มีสมบัติด้านต่างๆ ดีที่สุด นำมาทำให้ละเอียด

2. วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำตะกอนโปรตีนถั่วเขียวที่สกัดได้มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด และวิเคราะห์ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการ A.O.A.C (1990) หาค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ชั้น

3. วิธีการศึกษาการผลของ pH และปริมาณกลีเซอรอลต่อสมบัติของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว

เตรียมสารละลายโปรตีนถั่วเขียวเข้มข้นร้อยละ 6.0 โดยปริมาตร ปรับ pH 7, 8 และ 9 ด้วยสารละลาย 1 N NaOH เติมกลีเซอรอลในอัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอล เป็น 100 : 0, 70 : 30, 60 : 40 และ 50 : 50 โดยน้ำหนัก พร้อมทั้งกวนผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที ให้ความร้อนจนสารละลายผสมมีอุณหภูมิถึง 85 องศาเซลเซียส (พร้อมกับทำการกวนตลอดเวลา) เป็นเวลา 25 นาที จากนั้นนำสารละลายผสมที่ได้ไปเหวี่ยงแยกตะกอนที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จึงนำสารละลายส่วนใสที่ได้ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เทใส่บล็อกแก้วขนาด 7 X 11 ตารางเซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 8 ชั่วโมง จนแห้งสนิท ลอกแผ่นฟิล์มที่ได้ออกจากบล็อกแก้วเก็บไว้ในเตาซีเคเตอร์

5. การศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว นำฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่ผลิตได้จากการทดลองโดยเลือกจากฟิล์มที่มีสมบัติด้านต่างๆ ดีที่สุด นำมาปิดผนึกด้วยความร้อนและขึ้นรูปเป็นถุงพลาสติก และนำไปทดสอบ (1) ทดลองบรรจุเครื่องปรุงระเหยมีสำเร็จรูป จากนั้นทดลองนำไปต้มในน้ำเดือดอุณหภูมิ 100 °C จับเวลาที่ฟิล์มละลายหมด (2) ทดลองบรรจุเครื่องปรุงระเหยมีสำเร็จรูปและเก็บเป็นเวลา 3 เดือน บันทึกลักษณะโดยรวม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ลักษณะและสมบัติทางเคมีของโปรตีนถั่วเขียว

จากการสกัดโปรตีนจากถั่วเขียว พบว่าตะกอนโปรตีนถั่วเขียว มีลักษณะเป็นตะกอนเหลว มีสีเหลืองนวล เนื้อตะกอนโปรตีนละเอียด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thompson (1977) และเมื่อนำตะกอนโปรตีนถั่วเขียวที่สกัดได้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง บดให้ละเอียด และนำมาวิเคราะห์ปริมาณ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการ A.O.A.C (1990) พบว่ามีปริมาณโปรตีน 70.6% ไขมัน 0.4% คาร์โบไฮเดรต 25.3% เถ้า 3.4% และความชื้น 0.4% แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนถั่วเขียว

องค์ประกอบทางเคมี	*ค่าเฉลี่ย (%)
โปรตีน	70.6
ไขมัน	0.4
คาร์โบไฮเดรต	25.3
เถ้า	3.4
ความชื้น	0.4

*wet basis

2. ผลของ pH และปริมาณกลีเซอรอลต่อคุณสมบัติของฟิล์มจากโปรตีนถั่วเขียว

ลักษณะปรากฏ

จากการศึกษาการเตรียมฟิล์มที่ผลิตได้จากโปรตีนถั่วเขียว ที่ผลิตจากการแปรระดับ pH เป็น 7, 8 และ 9 และอัตราส่วนปริมาณของโปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอล 100:0, 70:30, 60:40 และ 50:50 พบว่าการผลิตฟิล์มด้วยอัตราส่วนโปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอลเป็น 100:0 ที่ทุกระดับ pH ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ และพบว่าฟิล์มที่ผลิตได้มีความยืดหยุ่นและอ่อนตัวเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสารประเภท polyol ที่ชอบน้ำ (hydrophilic plasticizer) จึงสามารถเข้าจับกับ hydrophilic sites บนโมเลกุลของโปรตีนได้ง่ายส่งผลให้ internal hydrogen bonding ระหว่างโมเลกุลของโปรตีนลดลง และเพิ่ม molecular spacing ในฟิล์ม (Lieberman และ Gilbert, 1973) ดังนั้นจึงทำให้ฟิล์มจึงมี flexibility เพิ่มขึ้นด้วยเหตุนี้การผลิตฟิล์มโดยไม่เติมพลาสติกไซเซอร์ เช่น ที่อัตราส่วนโปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอล 100: 0 จึงไม่สามารถขึ้นรูปได้ในทุกระดับ pH โดยฟิล์มที่ได้จะมีลักษณะเป็นแผ่นเล็กๆ ไม่ต่อเนื่องเป็นแผ่นและเปราะแตกง่าย เป็นเพราะแรงที่ยึดจับกันระหว่างโมเลกุลของโปรตีนในฟิล์มแข็งแรงมากจนขาดความยืดหยุ่น แต่เมื่อเติมกลีเซอรอล กลีเซอรอลจะเข้าไปเชื่อมระหว่างโมเลกุลของโปรตีนกับโปรตีน จึงทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของโปรตีนกับโปรตีนอ่อนตัวลงมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น

จึงสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้โดยไม่แข็งจนเปราะ

ความหนา

ความหนาของฟิล์มที่ผลิตจากการแปรระดับ pH 7, 8 และ 9 อัตราส่วนของปริมาณโปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอล 70:30, 60:40 และ 50:50 พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.080-0.082 มิลลิเมตร ซึ่งปริมาณของโปรตีนถั่วเขียว และปริมาณของกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงรวมทั้ง pH ที่เปลี่ยนแปลงไปพบว่าไม่มีผลต่อความหนาของแผ่นฟิล์มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ

จากการวัดค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่ผลิตจากการแปรระดับของ pH และอัตราส่วนของปริมาณโปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอลได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (กรัม/ตารางเมตร/ชั่วโมง) ของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่เติมกลีเซอรอลด้วยปริมาณต่างๆ

โปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอล (น้ำหนัก / ปริมาตร)	ระดับของ pH		
	7	8	9
70 / 30	0.0011 ^c	0.0011 ^b	0.0010 ^c
60 / 40	0.0012 ^b	0.0011 ^b	0.0011 ^b
50 / 50	0.0013 ^a	0.0012 ^a	0.0012 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c.. ที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (กรัม/ตารางเมตร/ชั่วโมง) ของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่ระดับ pH 7, 8 และ 9

โปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอล (น้ำหนัก / ปริมาตร)	ระดับของ pH		
	7	8	9
70 / 30	0.0011 ^a	0.0011 ^a	0.0010 ^b
60 / 40	0.0012 ^a	0.0011 ^b	0.0011 ^b
50 / 50	0.0013 ^a	0.0012 ^b	0.0012 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c.. ที่ต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 ปริมาณกลีเซอรอลมีอิทธิพลต่ออัตราการซึมผ่านของไอน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่ทุกระดับ pH และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของอัตราการซึมผ่านของไอน้ำในแนวแถวดังตารางที่ 3 พบว่าระดับ pH มีอิทธิพลต่ออัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อ pH เพิ่มขึ้นอัตราการซึมผ่านของไอน้ำมีแนวโน้มลดลง

แต่ไม่ต่างกันระหว่าง pH 8 และ 9 ซึ่งพบว่าที่ระดับ pH 9 อัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอล 70:30 ฟิล์มมีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำที่สุดคือ 0.0010 กรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง เนื่องจากกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ช่องว่างระหว่างโมเลกุลโปรตีน (molecular spacing) เพิ่มขึ้น (Lieberman และ Gilbert, 1973) หรือฟิล์มที่ผลิตได้มี hole ขนาดใหญ่มากขึ้นทำให้ไอน้ำสามารถแพร่ผ่านฟิล์มได้ง่ายขึ้น (Tomasula และคณะ, 2003)

ค่าการต้านทานน้ำมัน

จากการศึกษาการวัดค่าการต้านทานน้ำมันของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่ผลิตจากการแปรระดับของ pH และอัตราส่วนโปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอล พบว่าฟิล์มที่ผลิตได้จากโปรตีนถั่วเขียวทุกตัวอย่างสามารถต้านทานน้ำมันได้มากกว่า 200 ชั่วโมง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี ทั้งนี้เพราะบนโมเลกุลของโปรตีนจะมี hydrophilic sites มากกว่า hydrophobic sites ประกอบกับการผลิตฟิล์มในการทดลองนี้ใช้พลาสติกไซเซอรประเภท polyol ซึ่งชอบน้ำแต่ไม่ชอบน้ำมันทำให้ฟิล์มที่ผลิตได้มีสมบัติเป็น hydrophilic film มากกว่า hydrophobic film ส่งผลให้ฟิล์มซึ่งผลิตจากโปรตีนถั่วเขียวและใช้กลีเซ

อรอลเป็นพลาสติกไซเซออร์มีความสามารถในการต้านทานน้ำมันได้สูง ซึ่งมาตรฐาน (มอก. 654-2529) ระบุให้ฟิล์มสำหรับบรรจุ น้ำมันและไขมันบริโภคต้องมีความสามารถในการต้านทานน้ำมันได้อย่างน้อย 120 ชั่วโมง

ค่าการต้านทานแรงดึงขาด

จากการศึกษาการวัดค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่ผลิตจากการแปรระดับของ pH และอัตราส่วนโปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอล โดยวัดการต้านทานแรงดึงของฟิล์มแต่ละตัวอย่างด้วย Texture Analyzer ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ มอก. 654-2529 แสดงผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าการต้านทานแรงดึงขาด (นิวตัน) ของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว

อัตราส่วนโปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอล (น้ำหนัก / ปริมาตร)	ระดับของ pH		
	7	8	9
0.70 / 0.30	2.7763 ^d	3.1570 ^b	4.0537 ^a
0.60 / 0.40	0.8353 ^h	1.8400 ^f	2.9750 ^c
0.50 / 0.50	0.7536 ^l	1.1217 ^g	2.1970 ^e

หมายเหตุ ตัวอักษร (a, b, c, ..., i) ที่ต่างกันในตารางแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

พบว่าระดับของ pH มีปฏิสัมพันธ์กับปริมาณกลีเซอรอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อปริมาณกลีเซอรอลลดลงและค่า pH เพิ่มขึ้นส่งผลให้ฟิล์มมีค่าการต้านทานแรงดึงสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ที่ pH 9 อัตราส่วนโปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอล 70:30 ฟิล์มที่ผลิตได้มีค่าการต้านทานแรงดึงสูงสุดคือ 4.0537 นิวตัน เนื่องจากการใช้กลีเซอรอลในปริมาณต่ำ และโปรตีนปริมาณสูง ทำให้ฟิล์มที่ผลิตได้มี intermolecular spacing ภายในลดลง ทั้งนี้เพราะพลาสติกไซเซออร์มีอิทธิพลในการลด internal hydrogen bonding ระหว่างโมเลกุลโปรตีน แต่เพิ่ม intermolecular spacing (Lieberman และ Gilbert, 1973) ส่วนการเพิ่มขึ้นของค่าการต้านทานแรงดึงเมื่อ pH เพิ่มขึ้นนั้น

สันนิษฐานว่าเป็นเพราะเมื่อเพิ่มระดับ pH ทำให้โมเลกุลโปรตีนเกิดการคลายตัว ส่งผลให้ sulfhydryl (HS-) group และ hydrophobic group บนโมเลกุลโปรตีนเพิ่มขึ้นจึงเกิดการสร้าง disulfide และ hydrophobic bonding เพิ่มขึ้น (Gennadios และ คณะ, 1993) นอกจากนี้ พบว่าการใช้ความร้อนร่วมกับการทำให้สารละลายเป็นด่างจะส่งเสริมต่อเพิ่ม sulfhydryl (HS-) group และหมู่ที่ไม่ละลาย ซึ่งสนับสนุนการสร้างโพลีเมอร์ของโปรตีนที่แข็งแรง (Briggs และ คณะ, 1964) ซึ่งแรงระหว่างพันธะดังกล่าวมีอิทธิพลมากกว่า repulsion forces เมื่อ pH สูงกว่าหรือต่ำกว่า pI (Perez-Gago และ Krochta, 1999)

3. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟิล์มที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเขียวในด้านต่างๆ สรุปได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตฟิล์ม คือ ระดับ pH 9 อัตราส่วนปริมาณโปรตีนถั่วเขียวต่อกลิเซอรอลเป็น 70:30 ซึ่งฟิล์มที่ผลิตได้มีลักษณะสีเหลืองอ่อนค่อนข้างใสและมีสมบัติทางกายภาพดังนี้ มีความหนาเท่ากับ 0.080 มิลลิเมตร อัตราการซึมผ่านไอน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.0010 กรัม/ตารางเมตร/ชั่วโมง การต้านทานน้ำมันมากกว่า 200 ชั่วโมง และการต้านทานแรงดึงเท่ากับ 4.0537 นิวตัน จึงนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่ผลิตโดยใช้ pH 9 อัตราส่วนปริมาณโปรตีนต่อกลิเซอรอล 70:30

องค์ประกอบทางเคมี	*ค่าเฉลี่ย (%)
โปรตีน	52.6
ไขมัน	0.8
คาร์โบไฮเดรต	32.8
เถ้า	3.0
ความชื้น	0.8

* wet basis

4. ผลการศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว

จากการศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว โดยการเลือกฟิล์มที่มีคุณสมบัติทางกายภาพดีที่สุด คือฟิล์มที่ได้จากการเตรียมที่ระดับ pH 9 อัตราส่วนโปรตีนถั่วเขียวต่อกลิเซอรอล 70:30 นำมาทดลองขึ้นรูปเป็นถุงบรรจุเครื่องปรุงรสแบบหมีกึ่งสำเร็จรูป พบว่าฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวสามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อน และสามารถเก็บรักษาเครื่องปรุงรสได้นานกว่า 3 เดือน และสามารถละลายได้ในน้ำเดือดภายในเวลา 90 วินาที

สรุป

จากการทดลองสรุปได้ว่า pH และอัตราส่วนปริมาณโปรตีนถั่วเขียวต่อกลิเซอรอลมีอิทธิพลต่ออัตราการซึมผ่านไอน้ำและค่าการต้านทานแรงดึงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการลดปริมาณกลิเซอรอลและเพิ่ม pH ส่งผลให้ฟิล์มที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเขียวมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำลดลงและค่าการต้านทานแรงดึงสูงขึ้น โดยพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มจากโปรตีนถั่วเขียว คือ pH 9 และอัตราส่วนของสารละลายโปรตีนถั่วเขียวต่อปริมาณกลิเซอรอลเป็น 70:30 ซึ่งมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำต่ำที่สุด มีค่าต้านทานแรงดึงสูงที่สุด และสามารถต้านทานน้ำมันและไขมันได้มากกว่า 200 ชั่วโมง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2529. ภาชนะพลาสติกและฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุไขมันและน้ำมันบริโภค. มอก.654-2529. 21 หน้า.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis.15th ed Association of Official Analytical Chemists. USA.

Choi, W.S., and Jung. H. H. 2001. Physical and Mechanical Properties of Pea- Protein – base Edible Film. J. Food Science. 66 (2): 319 – 322.

Cricle, S.J., and Whitney, R.W. 1964. Rheology of Soy Protein Dispersion Effect of Heat and other Factors on Gelation. Cereal Chem. 41: 154-152.

Gennadios, A., T.H. McHugh, C.L. Weller and J.M. Krochta. 1994. Edible coatings and films based on proteins. P. 207-278. In: Edible coatings and films to improve food quality, eds. J.M. Krochta, E.A. Baldwin, and M. Nisperos – Carriedo. Technomic Publishing. Lancaster. PA.

- Jangethua, A., and Chinnan, M.S. 1999. Peanut Protein Film as affected by Drying Temperature and pH of Film Forming Solution. *J. Food Science*. 64(1):153-157.
- Kelly, A.C., and Wall, J.S. 1966. Reduction and Reoxidation of Wheat Glutenin. *Biochim.Biophys. Acta*. 130:155-162.
- Lieberman,E.R. and Gilbert,S.G.1973 Gas Permeation of collagen films as affected by cross- linkage, moisture, and plasticizer content. *J. Polym.Sci*. 41: 33-43.
- Rhim, J.W., and Schnepf, M., 1999. Physical Characteristics of a Composite Film of Soy Protein Isolate and Propyleneglycol Alginate. *J.Food Science*. 64(1):149-152.
- Perez-Gago,M.B.,and Krochta, J.M.,1999. Water Vapor Permeability of Whey Protein Emulsion Films as Affected by pH. *J.Food Science*. 64(4):695 – 698.
- Thompson, L.U., 1977, Preparation and Evaluation of Mung bean Protein Isolate. *J. Food Science*. 42:202-206.
- Tomasula,P.M., Yee, W.C., and Parris,N. 2003. Oxygen Permeability of Films Made from CO₂-Precipitated Casein and Modified Casein. *J.Agric. Food Chem*. 51:634-639.

