ภาคผนวก ก

กราฟมาตรฐานโปเตโตอะมิโลส

การสร้างกราฟมาตรฐานโปเตโตอะมิโลสครั้งนี้ใช้วิธีของ Juliano (1971)

(คัดลอกจาก : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม)

ก.1 การเตรียมสารละลาย

1.1.1 เอธิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95

1.1.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 นอร์มอล

เตรียมโดยการละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH ความบริสุทธิ์ร้อยละ 98) จำนวน 40.8 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร

1.1.3 สารละลายกรดเกลเชียลอะซิติก (acetic acid glacial) เข้มข้น 1 นอร์มอล

เตรียมโดยปิเปตกรดเกลเชียลอะซิติก (CH_3COOH บริสุทธิ์) ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร

1.1.4 สารละลายไอโอดีน

เตรียมโดยละลายไอโอดีน (I) จำนวน 0.2 กรัม และโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) จำนวน 2.0 ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

ก.2 การสร้างกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน

1.2.1 ชั่งโปเตโตอะมิโลส (potato amylose) จำนวน 0.0400 กรัม ใส่ในขวดแก้ว (volumetric flask) ขนาด100 มิลลิลิตร

1.2.2 เติมเอธิลแอลกอฮอล์ปริมาณ 1 มิลลิลิตร สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 9 มิลลิลิตร ดำเนินการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง แล้วทิ้งไว้ 15 ถึง 24 ชั่วโมง ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร

1.2.3 ปิเปตสารละลายมาตรฐานปริมาณ 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำ กลั่น ประมาณ 70 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดเกลเชียลอะซิติกปริมาณ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วที่มีสารละลายมาตรฐาน ตามลำดับ

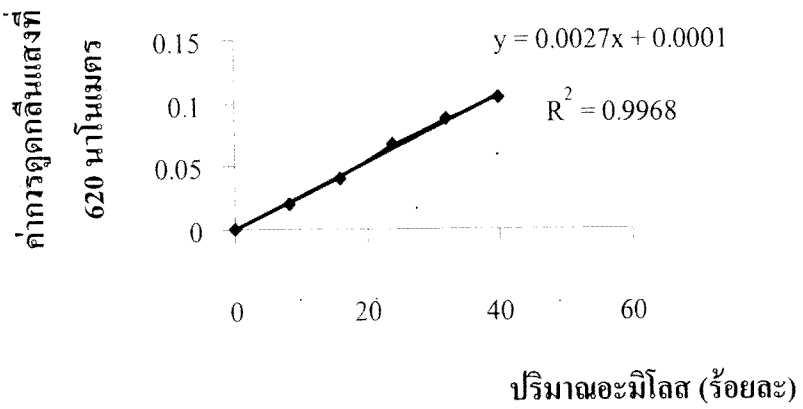
1.2.4 เติมสารละลายไอโอดีนปริมาณ 2.0 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

1.2.5. เติมน้ำกลั่น 70 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้ว (volumetric flask) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มอล จำนวน 1 มิลลิลิตร และสารละลาย 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที เพื่อทำเป็นแบลงค์

1.2.6 วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร

1.2.7 เขียนกราฟระหว่างค่าปริมาณอะมิโลสและค่าการดูดกลืนแสง

ก.3 กราฟระหว่างค่าปริมาณอะมิโลสและค่าการดูดกลืนแสง



ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์ม

ข.1 การวัดการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability; WVTR) (ASTM, 2000)

$$\text{Water Vapor Transmission Rate; WVTR} = \frac{\Delta W}{A \times \Delta t}$$

โดยที่ ΔW = น้ำหนักของน้ำในถ้วยที่ฟิล์มดูดซับ (g)

A = พื้นที่ของฟิล์ม (m^2)

Δt = ระยะเวลาที่น้ำหนักเปลี่ยนแปลง (day)

ข.2 การซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (Oxygen gas permeability) (ASTM D3985-02, 2002)

$$\text{Oxygen Transmission Rate; ORT} = \frac{\text{ปริมาตรของก๊าซที่ซึมผ่าน}}{\text{เวลา} \times \text{พื้นที่}}$$

(ลูกบาศก์เซนติเมตร / ตารางเมตร × วัน)

ข.3 การต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength: TS) และการยืดตัว (elongation) (ASTM standard D-882, 2002)

$$\text{ค่าการต้านทานแรงดึงขาด (กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร)} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้ (กิโลกรัม)}}{\text{ความกว้าง (มิลลิเมตร) x ความหนา (มิลลิเมตร) ของฟิล์ม}}$$

$$\text{ค่าการยืด} = \frac{\text{ระยะการยืดตัวของชิ้นทดสอบ x100}}{\text{ความยาวดั้งเดิมของชิ้นตัวอย่างระหว่างหัวทดสอบ (มิลลิเมตร)}}$$

โดยที่

$$\text{ระยะการยืดตัวของชิ้นตัวอย่าง} = \frac{\text{ระยะจากจุดเริ่มต้นถึงจุดที่ชิ้นทดสอบขาด}}{\text{อัตราส่วนของอัตราเร็วของเครื่องพิมพ์กับอัตราเร็วในการดึง}}$$

ข.4 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมัน (AOAC., 1995)

$$\text{ปริมาณน้ำมัน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์ที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}{\text{น้ำหนักอาหารทอด (กรัม)}} \times 100$$

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบด้านการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ค.1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฟิล์มแป้งข้าวเจ้าบริโภคได้

ชื่อ ..... **วันที่** .....

ชื่อผลิตภัณฑ์.....

การทดสอบต่อไปนี้มีจุดประสงค์เพื่อตรวจหาระดับการยอมรับคุณลักษณะด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ฟิล์มแป้งข้าวเจ้าบริโภคได้ โปรดพิจารณาลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัสของตัวอย่าง จากนั้นบันทึกผลโดยเลือกระดับคะแนนที่มีข้อความบรรยายคุณลักษณะจากตารางที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุดแล้วบันทึกคะแนนลงในช่องว่างด้านล่าง และสำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของตัวอย่างกรุณาเรียงลำดับคะแนนความชอบที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์จากมากไปน้อย ตามความรู้สึกของท่าน โดยบันทึกตัวเลขอันดับความชอบของท่านตามเลขรหัสของตัวอย่างโดย 1 = ชอบมากที่สุด และ 5 = ชอบน้อยที่สุด

ตัวอย่าง / คุณลักษณะ	421	273	658	970
ลักษณะปรากฏ				
สี				
เนื้อสัมผัส				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

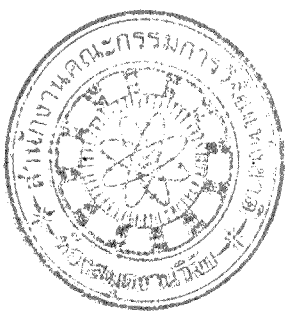
.....

.....

.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

คะแนน / คุณลักษณะ	5	4	3	2	1
ลักษณะปรากฏ	ผิวเรียบทั้ง 2 ด้าน ไม่ปรากฏฟองอากาศและเม็ดแป้ง	ผิวด้านที่สัมผัสกับอากาศจะหยาบและด้านที่สัมผัสกับพลาสติกมันวาว ไม่ปรากฏฟองอากาศและเม็ดแป้ง	ผิวด้านที่สัมผัสกับอากาศจะหยาบและด้านที่สัมผัสกับพลาสติกมันวาว ปรากฏฟองอากาศและเม็ดแป้งในปริมาณเล็กน้อย	ผิวหยาบทั้ง 2 ด้าน ปรากฏฟองอากาศและเม็ดแป้งในปริมาณเล็กน้อย	ผิวหยาบทั้ง 2 ด้าน ปรากฏฟองอากาศและเม็ดแป้งในปริมาณมาก
สี	ใสไม่มีสี	สีขาวขุ่นเล็กน้อย	สีขาวขุ่นปานกลาง	สีขาวขุ่นมาก	สีขาวทึบแสง
เนื้อสัมผัส	-	-	ฟิล์มมีความสามารถในการยืดออกจากกันสูง	ฟิล์มมีความสามารถในการยืดออกจากกันปานกลาง	ฟิล์มมีความสามารถในการยืดออกจากกันต่ำ



แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ค.2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 9-scale hedonic test ผลิตภัณฑ์มันห่อฟิล์มแป้งทอดเพื่อวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของเมทิลเซลลูโลสในฟิล์มแป้งที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมันต่อความพึง พอใจของผู้บริโภค

ชื่อ ..... **วันที่** .....

ชื่อผลิตภัณฑ์.....

การทดสอบต่อไปนี้มีจุดประสงค์เพื่อตรวจหาระดับการยอมรับคุณลักษณะด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์มันห่อฟิล์มแป้งทอด โปรดพิจารณาลักษณะด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสของตัวอย่าง จากนั้นบันทึกผลโดยการเลือกระดับคะแนนดังนี้

9 คะแนน ชอบมากที่สุด	8 คะแนน ชอบมาก	7 คะแนน ชอบปานกลาง
6 คะแนน ชอบเล็กน้อย	5 คะแนน เฉยๆ	4 คะแนน ไม่ชอบเล็กน้อย
3 คะแนน ไม่ชอบปานกลาง	2 คะแนน ไม่ชอบมาก	1 คะแนน ไม่ชอบมากที่สุด

ตัวอย่าง / ลักษณะ	217	973	431
สี			
กลิ่นรส			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ค.3 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาการยอมรับของผู้บริโภค

ชื่อ ..... **วันที่**.....

ชื่อผลิตภัณฑ์.....

การทดสอบต่อไปนี้มีจุดประสงค์เพื่อตรวจหาระดับการยอมรับคุณลักษณะด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์มันห่อฟิล์มแป้งทอด โปรดพิจารณาลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสของตัวอย่าง จากนั้น บันทึกผลโดยการเลือกระดับคะแนนที่มีข้อความบรรยายคุณลักษณะจากตารางที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด แล้วบันทึกคะแนนลงในช่องว่างด้านล่าง

ตัวอย่าง / ลักษณะ	217	973	431
สี			
กลิ่นรส			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

คะแนน / คุณลักษณะ	5	4	3	2	1
สี	สีเหลืองทอง	สีเหลืองอมส้ม	สีเหลืองอมน้ำตาล	สีน้ำตาลเข้ม	สีน้ำตาลไหม้
กลิ่น	มีกลิ่นมันห่อฟิล์มแป้งทอดและไม่มีกลิ่นแปลกปลอมอื่นๆ เช่น กลิ่นหืน	มีกลิ่นมันห่อฟิล์มแป้งทอดเล็กน้อยและไม่มีกลิ่นแปลกปลอมอื่นๆ เช่น กลิ่นหืน	มีกลิ่นมันทอดและมีกลิ่นแปลกปลอมอื่นๆ เช่น กลิ่นหืน	ไม่มีกลิ่นมันทอดและมีกลิ่นแปลกปลอมอื่นๆ เช่น กลิ่นหืน	มีกลิ่นเหม็นผิดปกติ
รสชาติ	รับรู้ได้ถึงรสชาติของมันห่อฟิล์มแป้งทอด ไม่อมน้ำมันและไม่มีรสชาติอื่นที่ไม่ต้องการ เช่น รสขม	รับรู้ได้ถึงรสชาติของมันห่อฟิล์มแป้งทอด อมน้ำมันเล็กน้อยและไม่มีรสชาติอื่นที่ไม่ต้องการ เช่น รสขม	รับรู้ได้ถึงรสชาติของมันห่อฟิล์มแป้งทอด อมน้ำมันปานกลางและไม่มีรสชาติอื่นที่ไม่ต้องการ เช่น รสขม	รับรู้ได้ถึงรสชาติของมันห่อฟิล์มแป้งทอด อมน้ำมันมากและไม่มีรสชาติอื่นที่ไม่ต้องการ เช่น รสขม	มีรสชาติอื่นๆที่ไม่ต้องการ เช่น รสขม
เนื้อสัมผัส	กรอบมากไม่เหนียว และไม่แข็งกระด้าง	กรอบปานกลาง ไม่เหนียวและไม่แข็งกระด้าง	กรอบเล็กน้อยเหนียวปานกลางและแข็งกระด้าง	กรอบเล็กน้อยเหนียวมากและแข็งกระด้าง	ไม่กรอบเหนียวมากและแข็งกระด้าง

การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบริโภคได้

การศึกษาลักษณะปรากฏ

นำฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามาศึกษาลักษณะปรากฏ โดยใช้เครื่อง Image Analyzer ด้วยกำลังขยาย 10 เท่า

การวัดค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmission rate)

การวัดค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำตามวิธี ASTM E96-00 (2000) ซึ่งทำโดยนำแผ่นฟิล์มมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Lyssy L80-4000 Water Vapor Permeability Tester, Switzerland) ในสภาวะที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิไว้ที่ร้อยละ 90±2 และ 38±1°ซ. ตามลำดับ

การวัดค่าอัตราการซึมผ่านออกซิเจน (Oxygen transmission rate)

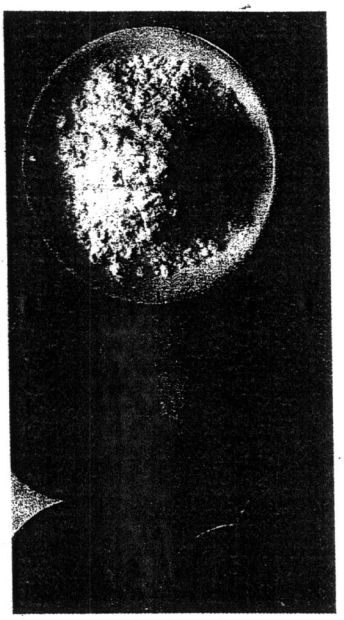
การวัดค่าการซึมผ่านของออกซิเจนตามวิธี ASTM D3985-02 (2002) ซึ่งทำโดยนำฟิล์มมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดค่าอัตราการซึมผ่านของออกซิเจน (Illinois 8000 Oxygen Permeation Analyzer, USA) ที่อุณหภูมิ 23°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0+1

การวิเคราะห์การดูดซับน้ำมัน

การวิเคราะห์การดูดซับน้ำมันตามวิธี มอก. 654 - 2529 (2529) ซึ่งทำโดยหยดน้ำมันสนลงบนทรายที่มีตัวอย่างแผ่นฟิล์ม และกระดาษสีขาวรองรับอยู่ด้านล่างบันทึกเวลาที่เกิดคราบน้ำมันบนกระดาษ

ความหนาของฟิล์ม (film thickness)

การวัดค่าความหนาของแผ่น ฟิล์มจะใช้วิธี ISO 4593 (1993) โดยก่อนการวัดจะนำตัวอย่างไปบ่มที่อุณหภูมิ 23±2°ซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวัดความหนาด้วย Digital Thickness Guage (Mitutoyo ID-C112, Japan)



การต้านทานแรงดึงและการยืดตัวของฟิล์ม

การวัดค่าการต้านทานแรงดึง (tensile strength) และการยืดตัว (elongation) ของแผ่นฟิล์มตามวิธี ASTM standard D-882 (2002) โดยนำตัวอย่างฟิล์มมาทดสอบด้วยเครื่อง Texture Analyzer (Stable Micro Systems TA.XT2i, England) และใช้หัวทดสอบแบบ tensile grips

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่าง ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการทดลองโดยแปรค่าความเข้มข้นของน้ำแป้งในช่วงร้อยละ 2-8 โดยน้ำหนัก และทดลองใช้ตัวกระทำพลาสติก 2 ชนิด คือกลีเซอรอลและพอลิเอทิลีนไกลคอลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10-40 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวเจ้า ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

ลักษณะปรากฏและลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม

จากผลการทดลองพบว่า ชนิดของพลาสติไซเซอร์มีผลต่อการขึ้นรูปฟิล์ม โดยฟิล์มบริโภคที่ใช้พอลิเอทิลีนไกลคอลเป็นพลาสติไซเซอร์มีลักษณะขาวขุ่น มีฝ้าขาวและมีจุดทึบ สีขาวกระจายอยู่ทั่วทั้งแผ่น มีเนื้อ สัมผัสเปราะ ฉีกขาดเป็นชิ้นได้ง่ายและไม่สามารถลอกเป็นแผ่นได้ทุกระดับความเข้มข้นของพลาสติไซเซอร์ที่ใช้ (ไม่ได้แสดงผล) เนื่องจากพอลิเอทิลีนไกลคอลมีขนาดโมเลกุลใหญ่ (มวลโมเลกุล 10,000 ดาลตัน) และมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลน้อย ทำให้มีการกระจายตัวในแป้งเปียกไม่ดี ส่งผลให้มีการยึดจับกับโมเลกุลของแป้งไม่สมบูรณ์ และทำให้การเสริมประสานกับร่างแห ของแป้งไม่ดี (พวงเกษม 2540) ดังนั้น พอลิเอทิลีนไกลคอลจึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นตัวกระทำพลาสติกในการผลิตฟิล์มบริโภค

สำหรับในส่วนของฟิล์มบริโภคที่เตรียมโดยใช้กลีเซอรอลเป็นตัวกระทำพลาสติกนั้น พบว่า ฟิล์มที่ได้ มีสีขาวขุ่น จากการคืนตัวของน้ำแป้งทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้นมีลักษณะ ขุ่นและทึบแสง (รัตนาปนนท์ 2549) จากผลการทดลองยังพบว่า ที่ความเข้มข้นของแป้งเท่ากัน การเพิ่มความเข้ม

ของพลาสติไซเซอร์จะมีผลให้แผ่นฟิล์มมีค่าความหนา ค่าการซึมผ่านของไอน้ำ และค่าการยืดตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจน และค่าการต้านทานแรงดึงขาดลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในส่วนของน้ำแป้งนั้นพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นจะทำให้แผ่นฟิล์มมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำ และค่าการต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

คำสำคัญ : ฟิล์มบริโภค/ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า/พลาสติไซเซอร์/การดูดซับน้ำมัน

บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นอุตสาหกรรมที่มีผู้ประกอบการมากกว่า 400 ราย กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย (มุ่งเจริญและบุญญนันท์ 2541) จากการสำรวจพบว่า ในกระบวนการผลิตมีการสูญเสียแป้งถึงร้อยละ 50-60 ของปริมาณแป้งทั้งหมด โดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการโม่แป้งและการตกค้างในถังเก็บน้ำแป้ง และที่ติดค้างอยู่บนสายพานระหว่างการทำให้แป้งสุก แป้งเหล่านี้จัดเป็นแป้งที่เหลือใช้ซึ่งไม่สามารถนำกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่ได้ และปัจจุบันยังไม่มีการนำแป้งเหล่านี้มาใช้ประโยชน์แต่อย่างใด ส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงานและค่าใช้จ่ายในการกำจัด ดังนั้น งานวิจัยนี้ จึงมีแนวคิดในการนำแป้งข้าวเจ้าที่เหลือใช้จากโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวมาผลิตเป็นฟิล์มบริโภคเพื่อใช้ในการยืดอายุการเก็บอาหาร จากการสืบค้นข้อมูลพบว่า มีการทดลองเปรียบเทียบการใช้ฟิล์มบริโภคที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และสารประกอบเอสเทอร์ของซูโครส และกรดไขมัน (sucrose-fatty acid ester) ในการยืดอายุการเก็บของทุเรียนพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 4°ซ. ซึ่งปรากฏว่า ทุเรียนที่เคลือบด้วยฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง มีคุณภาพดีที่สุดและมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์ทุเรียนเคลือบฟิล์มแป้งข้าวเจ้า โดยผลิตภัณฑ์ทั้งหมดสามารถเก็บรักษานาน 21 วัน ขณะที่ทุเรียนที่ไม่ได้เคลือบฟิล์มมีอายุการเก็บรักษาเพียง 5 วัน (ทัศวิล 2547) จากการค้นคว้าข้างต้นบ่งชี้ว่า แป้งข้าวเจ้าที่เป็นของเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม น่าจะสามารถนำใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตฟิล์มบริโภคได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะในการผลิตฟิล์มบริโภคจากแป้งข้าวเจ้าที่เหลือทิ้ง รวมทั้งศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มที่ได้ โดยคาดว่าจะสามารถลดมลพิษในสิ่งแวดล้อมด้วยวิถีของเทคโนโลยีสะอาด และทำให้ได้ฟิล์มบริโภคเพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

วิธีการทดลอง

การเตรียมวัตถุดิบ

นำแป้งส่วนที่ตกค้างบนสายพานจากโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105±2°ซ. จากนั้นนำแป้งที่ผ่านการอบแห้งแล้วไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า เก็บไว้ในโถดูดความชื้น

การเตรียมแผ่นฟิล์ม

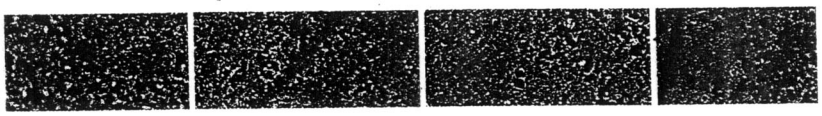
นำแป้งมาละลายในน้ำกลั่น จากนั้นนำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70±2°ซ. เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงนำมาทำให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่องโฮโมจิไนเซอร์ (Nissei AM-10, Japan) ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที จากนั้น เติมพลาสติไซเซอร์ลงไป และให้ความร้อนต่ออีก 15 นาที นำน้ำแป้งปริมาณ 25 มล. มาขึ้นรูปฟิลม์โดยใช้ถาดพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14.2 ซม. นำมาทำให้แห้งโดยใช้อ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80±1°ซ. แผ่นฟิล์มที่ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ก่อนนำมาศึกษาคุณสมบัติ

การศึกษาผลของความเข้มข้นของแป้ง ชนิดและความเข้มข้นของพลาสติไซเซอร์ต่อคุณสมบัติของฟิล์มบริโภค

ในการศึกษาครั้งนี้จะทดลองโดยใช้น้ำแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 2, 5 และ 8 โดยน้ำหนัก และทดลองใช้พลาสติไซเซอร์ 2 ชนิดคือ กลีเซอรอล และพอลิเอทิลีนไกลคอล ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก

การผลิตฟิล์มบริโภคเพื่อลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอด I: ผลของความเข้มข้นแป้ง ชนิดและความเข้มข้นของพลาสติไซเซอร์ต่อคุณสมบัติของฟิล์มบริโภค

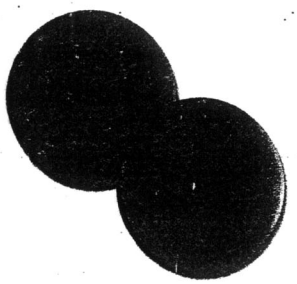
Edible film production for reducing oil absorption in fried food I: Effects of starch concentrations, types and concentration of plasticizers on edible film properties



พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์[1], พัชทรา มณีสินธุ์[2], มณฑิรา นพรัตน์[3], รุจิรา อินทสุนันท์[1], ศิริรัตน์ ลดาพงศ์[1] และสายวรุณ มาตรวิจิตร[1]

Abstract

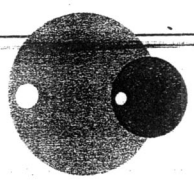
This research aimed at studying the effects of starch concentrations, types and concentrations of plasticizers on edible film properties. Rice starch,the by-product from noodle factory, was used as a raw material. Three concentrations of starch were varied at 2, 5 and 8 % (w/v) whereas two plasticizers [glycerol and polyethylene glycol (PEG)] were mixed with starch at the concentrations of 10, 20, 30 and 40 % (w/w). The results showed that PEG was not suitable for producing plasticized films as the film could not be cast. When glycerol was used as a plasticizer, it was found that an increase of plasticizer concentration resulted in increase of film thickness, water vapor permeability and elongation ($p<0.05$). However, the oxygen permeability and tensile strength were decreased ($p<0.05$). In the meantime, increasing starch concentrations resulted in higher water vapor permeability and tensile strength ($p<0.05$) but lower oxygen permeability ($p<0.05$).



Key words : Edible film/ Rice starch film/ Plasticizer/ Oil absorption

บทคัดย่อ

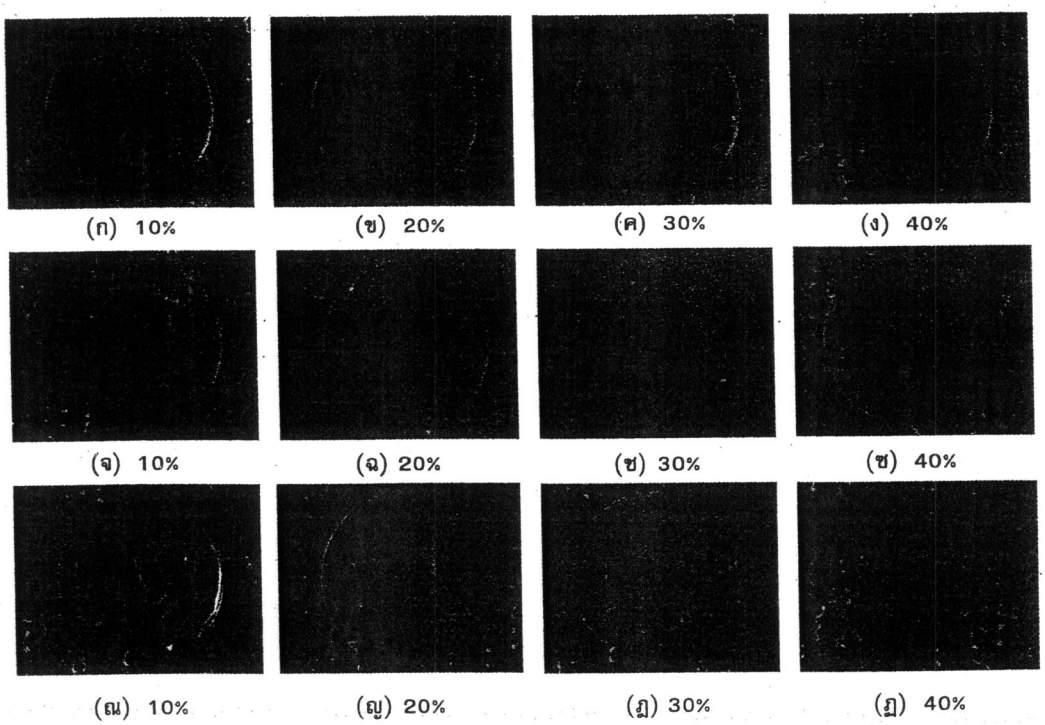
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ผลของความเข้มข้นของแป้ง ชนิด และความเข้มข้นของตัวกระทำพลาสติก ต่อคุณสมบัติของฟิล์มบริโภค ในการทดลองนี้จะใช้แป้งข้าวเจ้าที่เหลือใช้จากโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวมาผลิต โดยแปรความเข้มข้นของแป้งที่ใช้ 3 ระดับคือที่ร้อยละ 2, 5 และ 8 (น้ำหนัก/ปริมาตร) และทดลองใช้พลาสติไซเซอร์ 2 ชนิดคือ กลีเซอรอล และพอลิเอทิลีนไกลคอล ซึ่งแปรค่าความเข้มข้น 4 ระดับคือที่ร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 (โดยน้ำหนัก) จากผลการทดลองพบว่า พอลิเอทิลีนไกลคอลไม่เหมาะที่จะใช้เป็นพลาสติไซเซอร์ในการผลิตฟิล์ม เนื่องจากไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ ส่วนการใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์นั้น พบว่า การเพิ่มความเข้มข้น



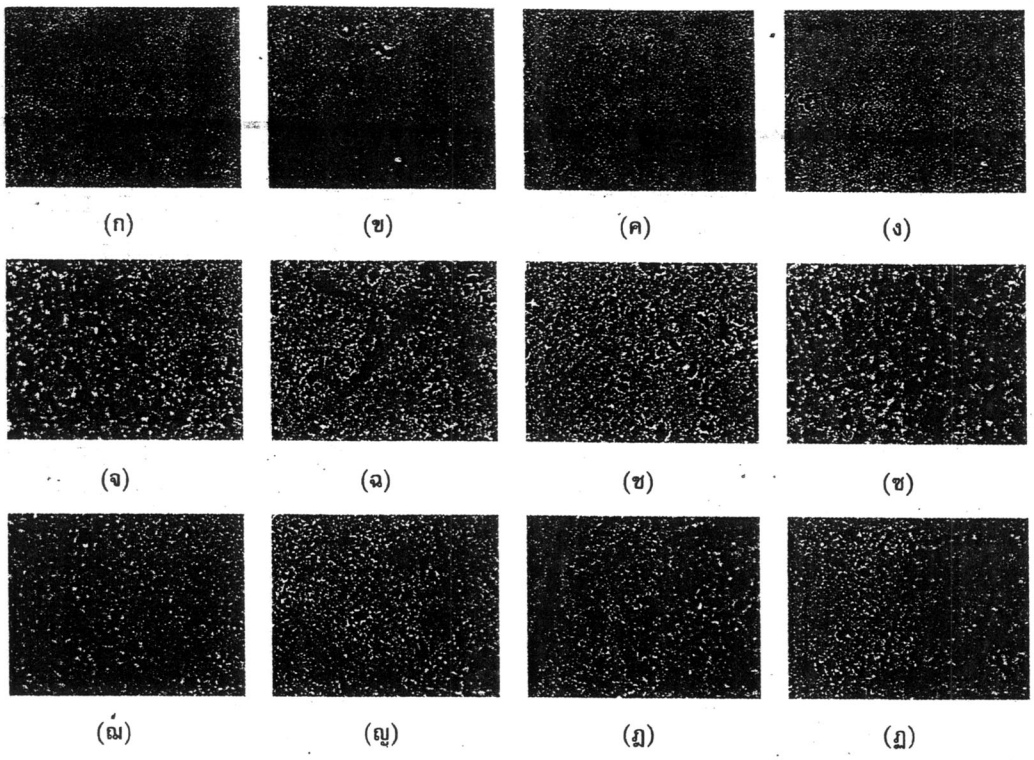
[1]ภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ
[2]ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ
[3]ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ

ข้นของกลีเซอรอลลงในส่วนผสม จะทำให้สามารถลอกฟิล์มจากตัวแม่พิมพ์ได้ง่ายขึ้นและได้ฟิล์มที่เป็นแผ่นสมบูรณ์มากขึ้น จากรูปที่ 1 พบว่าแผ่นฟิล์มที่เตรียมจากตัวกระทำพลาสติกที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 20 มีลักษณะใส แต่เปราะขาดง่ายและไม่สามารถลอกออกเป็นแผ่นได้ ในขณะที่การเพิ่มความเข้มข้นของตัวกระทำพลาสติกเป็นร้อยละ 30-40 จะทำให้ได้แผ่นฟิล์มที่เหนียวมากขึ้น ทำให้สามารถลอกออกเป็นแผ่นฟิล์มที่สมบูรณ์ได้ดีขึ้น สำหรับการเพิ่มความเข้มข้นของกลีเซอรอลแล้ว ทำให้สามารถลอกฟิล์มออกมาได้สมบูรณ์นั้น เกิดจากการที่กลีเซอรอลไปแทรก และจับยึดกับโมเลกุลของแป้งทำให้ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนลงและเกิดโครงสร้างที่ยืดหยุ่น (Maria *et al.* 2006)

จากรูปที่ 1 ยังพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของแป้งจะทำให้แผ่นฟิล์มมีความขุ่นมากขึ้น โดยฟิล์มที่เตรียมจากแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 มีลักษณะใสและไม่สามารถลอกออกจากตัวแม่พิมพ์ได้ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแป้งเป็นร้อยละ 5 และ 8 พบว่าแผ่นฟิล์มมีความขุ่นมากขึ้นและลอกออกจากแม่พิมพ์ได้ เนื่องจากฟิล์มที่เตรียมจากแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 มีปริมาณของแข็งต่ำเกินไปทำให้การละลายของแป้งและการเกิดเจลเป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ (Han 2005) เมื่อนำฟิล์มที่ได้มาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่าเพื่อดูลักษณะพื้นผิว



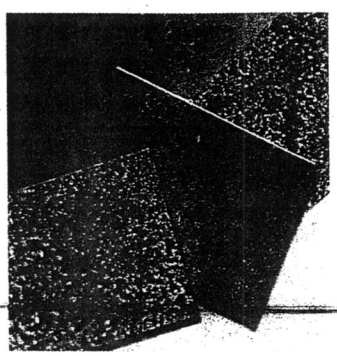
รูปที่ 1 ฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมกลีเซอรอล (ก) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 2% เติมกลีเซอรอล 10% (ข) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 2% เติมกลีเซอรอล 20% (ค) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 2% เติมกลีเซอรอล 30% (ง) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 2% เติมกลีเซอรอล 40% (จ) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 5% เติมกลีเซอรอล 10% (ฉ) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 5% เติมกลีเซอรอล 20% (ช) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 5% เติมกลีเซอรอล 30% (ซ) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 5% เติมกลีเซอรอล 40% (ฌ) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 8% เติมกลีเซอรอล 10% (ญ) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 8% เติมกลีเซอรอล 20% (ฎ) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 8% เติมกลีเซอรอล 30% (ฏ) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 8% เติมกลีเซอรอล 40%



รูปที่ 2 ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมกลีเซอรอลโดยใช้เครื่อง Image Analysis ที่กำลังขยาย 10 เท่า (ก) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 2% เติมกลีเซอรอล 10% (ข) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 2% เติมกลีเซอรอล 20% (ค) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 2% เติมกลีเซอรอล 30% (ง) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 2% เติมกลีเซอรอล 40% (จ) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 5 %เติมกลีเซอรอล 10% (ฉ) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 5% เติมกลีเซอรอล 20% (ช) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 5% เติมกลีเซอรอล 30% (ซ) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 5% เติมกลีเซอรอล 40% (ฌ) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 8% เติมกลีเซอรอล 10% (ญ) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 8% เติมกลีเซอรอล 20% (ฎ) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 8% เติมกลีเซอรอล 30% (ฏ) ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า 8 %เติมกลีเซอรอล 40%

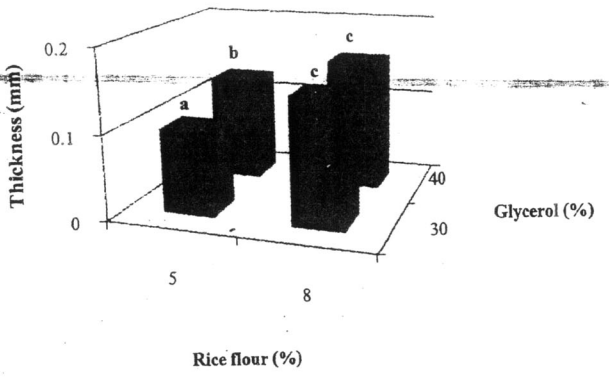
พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของกลีเซอรอลทำให้รอยบุ๋มของฟิล์มตื้นขึ้น ที่ทุกระดับความเข้มข้นของแป้งที่ศึกษา (รูปที่ 2) ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของพวงเกษม (2540) ซึ่งศึกษาการผลิตฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังและพบว่าการเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลทำให้มีการเชื่อมประสานกันระหว่างกลีเซอรอลกับร่างแหของแป้งมากขึ้น ส่งผลให้รอยบุ๋มของแผ่นฟิล์มตื้นขึ้น อย่างไรก็ตาม การเพิ่มความเข้มข้นของแป้ง กลับทำให้รอยบุ๋มของฟิล์มมีความกว้าง และลึกมากขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของกลีเซอรอลคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากฟิล์มมีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นแต่มีปริมาณของตั้วกระทำพลาสติกเท่าเดิม ทำให้มีการเชื่อมประสานกันระหว่างกลีเซอรอล กับแป้งน้อยลง จากผลการทดลองที่ได้ บ่งชี้ว่า สภาวะที่สามารถใช้ผลิตฟิล์มบริโภคได้คือที่การใช้แป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 5-8 และใช้กลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 30-40 ดังนั้น การศึกษาคุณสมบัติด้านอื่นๆ ของฟิล์มบริโภคจะใช้แผ่นฟิล์มที่ผลิตได้จากสภาวะดังกล่าว

ความหนาของฟิล์มบริโภคที่ผลิตจาก

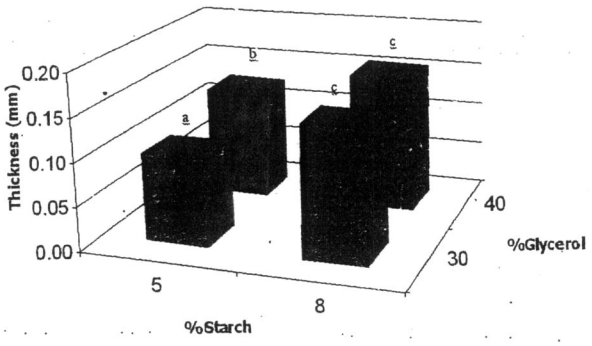


แป้งข้าวเจ้า

จากรูปที่ 3 พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของแป้งข้าวเจ้าและความเข้มข้นของตัวกระทำพลาสติก มีผลทำให้ฟิล์มแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตได้มีความหนาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยฟิล์มบริโภคที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 8 และใช้กลีเซอรอลร้อยละ 40 มีความหนามากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.156±0.018 มม. ส่วนฟิล์มบริโภคที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 5 และใช้กลีเซอรอลร้อยละ 30 มีความหนาน้อยที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 0.989± 0.118 มม. การเพิ่มความเข้มข้นแป้งและตัวกระทำพลาสติกมีผลทำให้แผ่นฟิล์มบริโภคมีความหนาเพิ่มขึ้น เนื่องจากในกระบวนการขึ้นรูปฟิล์มจะเทสารละลายลงบนแม่พิมพ์เท่ากันทุกครั้ง คือเท่ากับ 25 มล. ดังนั้นเมื่อน้ำระเหยออกไป ฟิล์มที่เตรียมจากสภาวะที่ใช้ความเข้มข้นสูงจึงมีปริมาณของแข็งเหลืออยู่มากกว่าส่งผลให้ฟิล์มมีความหนามากกว่า (Han 2005)



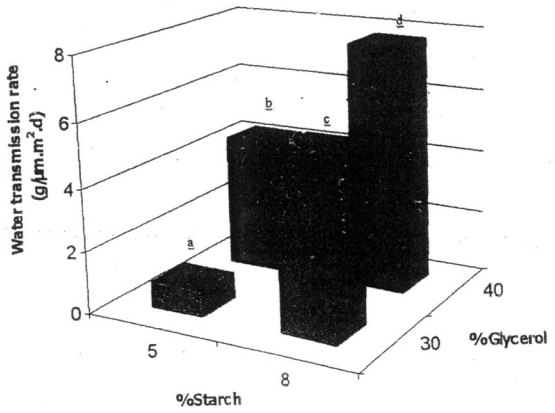
รูปที่ 3 ผลของแป้งและกลีเซอรอลต่อ ความหนาของฟิล์มบริโภคที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า



รูปที่ 4 ผลของความเข้มข้นของสาร ละลายแป้งและกลีเซอรอลต่ออัตราการซึมผ่านของออกซิเจนของฟิล์มบริโภค ที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า

การศึกษาการซึมผ่านของออกซิเจนและไอน้ำของฟิล์มบริโภคที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า

ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแป้งและกลีเซอรอลจะทำให้การซึมผ่านของออกซิเจนลดลง แต่การซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (รูปที่ 4 และ 5) โดยสภาวะที่มีการซึมผ่านของออกซิเจนมากที่สุดและน้อยที่สุดคือ สภาวะที่เตรียมโดยใช้แป้งร้อยละ 5 และใช้กลีเซอรอลร้อยละ 30 ซึ่งมีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนเท่ากับ 0±0.12 g.mm/m^{2}d และสภาวะที่เตรียมโดยใช้แป้ง ร้อยละ 8 และใช้กลีเซอรอลร้อยละ 40 ซึ่ง มีค่า



รูปที่ 5 ผลของความเข้มข้นของสาร ละลายแป้งและกลีเซอรอลต่ออัตรา การซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มบริโภค ที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า

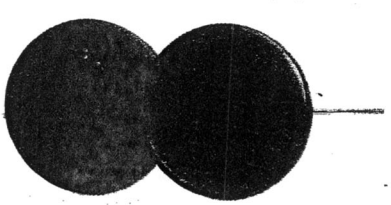
การซึมผ่านของออกซิเจนเท่ากับ 0.015±0.070 g.mm/m^2d ตามลำดับ ในขณะที่สภาวะที่มีการซึมผ่านของ ไอน้ำมากที่สุดและน้อยที่สุด คือสภาวะ ที่เตรียมโดยใช้แป้งร้อยละ 8 และใช้ กลีเซอรอลร้อยละ 40 ซึ่งมีค่าการ ซึมผ่านของไอน้ำเท่ากับ 7.79± 0.24 g.mm/m^2d. และสภาวะที่เตรียม โดย ใช้แป้งร้อยละ 5 และใช้กลีเซอรอล ร้อยละ 30 ซึ่งมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำ เท่ากับ 0.82±0.03 g.mm/m^2d ตามลำดับ

สำหรับการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งและกลีเซอรอลแล้วทำให้แผ่นฟิล์มมีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนลดลง แต่มีค่าการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้นนั้น เนื่องจากประสิทธิภาพการแพร่ของสารผ่านแผ่นฟิล์มนอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของสารแล้ว ยังขึ้นอยู่กับสภาพมีขั้วของสารด้วย โดยสารที่มีขั้วจะแพร่ผ่านฟิล์มที่มีขั้วได้ดี (ภู่วโรดม 2550) เมื่อพิจารณาวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ทั้งแป้งและกลีเซอรอลเป็นสารที่มีขั้ว ในขณะที่ออกซิเจนเป็นก๊าซที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นจึงละลายในฟิล์มแป้งได้ไม่ดี (Han 2005) ด้วยเหตุนี้การเพิ่มระดับความเข้มข้นของแป้งและกลีเซอรอลจะยิ่งเป็นอุปสรรคต่อการแพร่ของออกซิเจน ส่งผลให้แผ่นฟิล์มมีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำลง ส่วนในกรณีของไอน้ำนั้นอธิบายได้ว่า แป้งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ ที่มีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) (Mali *et al.* 2004) ดังนั้น การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งมากขึ้น จึงส่งผลให้เกิดการแพร่กระจายโมเลกุลน้ำในแผ่นฟิล์มได้ดีขึ้น ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของหังสพฤกษ์ (2544) ซึ่งศึกษาการผลิตฟิล์มจากแป้งบุก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5-1.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของแป้งบุกทำให้เกิดฟิล์มเร็วขึ้นและฟิล์มที่ได้มีโครงสร้างภายในไม่แน่นเท่ากับฟิล์มที่ใช้ความเข้มข้นแป้งบุกต่ำกว่า จึงทำให้ความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเพิ่มความเข้มข้นของกลีเซอรอล ทำให้แผ่นฟิล์มมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นพอลิออลโมเลกุลขนาดเล็ก เมื่อเข้าไปแทรกระหว่างสายพอลิเมอร์ ทำให้ลดความแข็งแรงของพันธะไฮโดรเจนและเพิ่มความชอบน้ำ (hydrophilicity) ของฟิล์มแป้งมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดการแพร่กระจายของโมเลกุลน้ำในช่องว่างของฟิล์มดีขึ้น (Tong *et al.* 2008) ดังนั้น การเพิ่มความเข้มข้นของกลีเซอรอล จึงทำให้แผ่นฟิล์มมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำสูงขึ้น

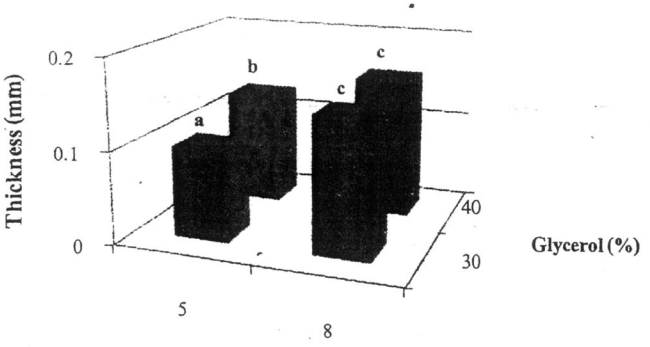
การศึกษาค่าการต้านทานแรงดึงและค่าการยืดตัวของฟิล์มบริโภคที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า

ค่าต้านทานแรงดึงเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณแรงที่ใช้ในการดึงแผ่นฟิล์มบริโภคให้ขาดออกจากกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของพันธะระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์ โดยถ้าค่าต้านทานแรงดึงสูง แสดงว่าฟิล์มบริโภคที่ได้นั้นจะมีความแข็งแรงของพันธะสูง ส่วนค่าการยืดตัวนั้น แสดงคุณสมบัติในการยืดตัวของแผ่นฟิล์มบริโภค โดยถ้ามีค่าน้อยแสดงว่าฟิล์มมีลักษณะเปราะและไม่ยืดหยุ่น (Guilbert 1986)

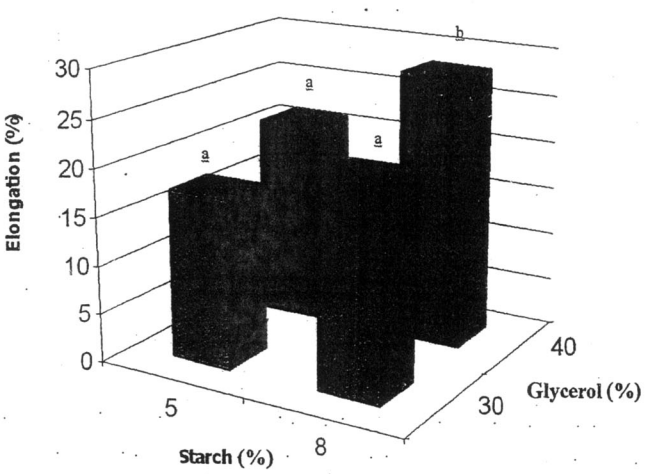
จากผลการทดลองพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้ง จะทำให้แผ่นฟิล์มมีค่าต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่มีค่าการยืดตัวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (รูปที่ 6 และ 7) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งจะทำให้เกิดการยึดจับกันของโมเลกุลมากขึ้น ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของหังสพฤกษ์ (2544) ที่ได้ทดลองผลิตฟิล์มจากแป้งบุก โดยพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของแป้ง บุกจากร้อยละ 0.5 เป็น 1.0 ทำให้แผ่นฟิล์มมีค่าต้านทานแรงดึงขาดเพิ่มขึ้น ในส่วนของกลีเซอรอลพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของกลีเซอรอล ทำให้แผ่นฟิล์มมีค่าต้านทานแรงดึงขาดลดลง แต่มีค่าการยืดตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอลมีคุณสมบัติเป็นพลาสติไซเซอร์ ซึ่งเมื่อเติมลงไปจะทำให้ความแข็งแรงของพันธะระหว่างสายโซ่โมเลกุลของแป้งลดลงและทำให้สายโซ่พอลิเมอร์ของแป้งเคลื่อนที่ได้มากขึ้น ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Guilbert (1986) Laohakunjit and Noomhorm (2004) และ Alves *et al.* (2007) ที่พบว่า การเติมพลาสติไซเซอร์มีผลทำให้การต้านแรงดึงขาดลดลงและเกิดการยืดตัวของฟิล์มเพิ่มขึ้น ผลการทดลองยังพบว่า สภาวะที่มีการค่าต้านทานแรงดึงสูงที่สุดและต่ำที่สุด คือสภาวะที่เตรียมโดยใช้แป้งร้อยละ 5 เติมกลีเซอรอลร้อยละ 30 ซึ่งมีค่าต้านทานแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 0.387±0.049 กก./มม.^{2} และสภาวะ



ที่เตรียมโดยใช้แป้งร้อยละ 5 เติมกลีเซอรอลร้อยละ 40 ซึ่งมีค่าต้านทานแรงดึงต่ำสุดเท่ากับ 0.184± 0.049 กก./มม.^{2} ตามลำดับ สำหรับสาเหตุที่แผ่นฟิล์มที่เตรียมจากน้ำแป้ง ร้อยละ 5 และเติมกลีเซอรอลร้อยละ 40 มีค่าต้านทานแรงดึงขาดต่ำนั้น อาจเนื่องมาจากปริมาณกลีเซอรอลที่เติมลงในฟิล์มมีปริมาณมากเกินไป จึงทำให้ความแข็งแรงของพันธะระหว่างสายโซ่โมเลกุลของแป้งลดลง ส่วนสภาวะที่มีค่าการยืดตัวมากที่สุดคือ สภาวะที่เตรียมโดยใช้น้ำแป้งร้อยละ 8 และใช้กลีเซอรอลร้อยละ 30 ซึ่งมีค่าการยืดตัวเท่ากับร้อยละ 28.19±7.94 อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองพบว่า ที่ความเข้มข้นของกลีเซอรอลร้อยละ 40 การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งจากร้อยละ 5 เป็น 8 ทำให้แผ่นฟิล์มมีค่าการต้านทานแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นจาก 0.184 ±0.049 กก./มม.^{2} เป็น 0.285±0.048 กก./มม.^{2} อาจเนื่องมาจากอิทธิพลร่วมระหว่างแป้งและกลีเซอรอล ซึ่งส่งผลให้ค่าการต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้น



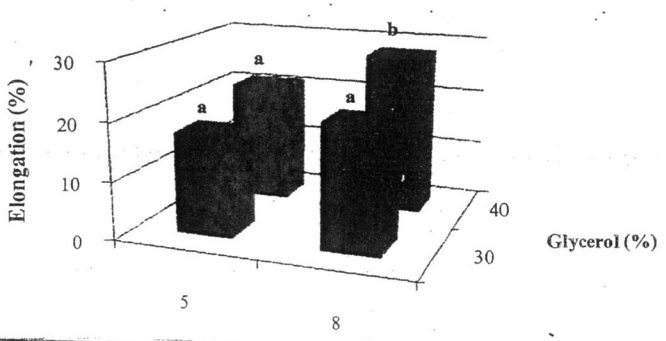
รูปที่ 6 ผลของแป้งและกลีเซอรอลต่อค่าต้านทานแรงดึงของฟิล์มบริโภคที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า



รูปที่ 7 ผลของแป้งและกลีเซอรอลต่อค่าการยืดตัวของฟิล์มบริโภคที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า [อักษรที่แตกต่างกัน [a, b, c, d] แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)]

การศึกษาการดูดซับน้ำมันของฟิล์มบริโภค ที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า

จากผลการทดลองพบว่า แผ่นฟิล์มแป้งข้าวเจ้าที่เตรียมจากทั้ง 4 สภาวะสามารถป้องกันการซึมของน้ำมัน ได้ตามมาตรฐาน (ไม่ได้แสดงผล) เนื่องจากสภาพมีขั้วของสารมีผลต่อการซึมผ่านของฟิล์ม โดยโมเลกุลที่ไม่มีขั้วจะแพร่ผ่านพลาสติกที่ไม่มีขั้วได้ดีกว่าฟิล์มที่มีขั้ว (ภู่วโรดม 2550) ดังนั้น ความมีขั้วของแป้งจึงสามารถป้องกันการซึมผ่านของน้ำมันหรือไขมันซึ่งเป็นสารไม่มีขั้วได้เป็นอย่างดี



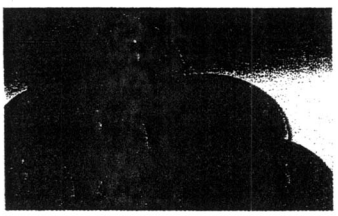
รูปที่ 8 ผลของแป้งและกลีเซอรอลต่อค่าร้อยละการยืดตัวของฟิล์มบริโภคที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้แสดงว่า สภาวะที่สามารถใช้ผลิตฟิล์มบริโภคได้คือที่การใช้แป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 5-8 และกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 30-40 โดยการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งจะทำให้แผ่นฟิล์มมีค่าความหนา ค่าการซึมผ่านของไอน้ำ และค่าการต้านทานแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนการเพิ่มความเข้มข้นของพลาสติไซเซอร์ จะมีผลให้แผ่นฟิล์ม มีค่าความหนา ค่าการซึมผ่านของไอน้ำ และค่าการยืดตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่มีค่า การซึมผ่านของออกซิเจนและค่าการต้านทานแรงดึงขาดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทไทยวัฒนาไรซ์โพรดัคท์จำกัดที่อนุเคราะห์วัตถุดิบตลอดการทดลอง



เอกสารอ้างอิง

ทัศวิล, ภูริสา. 2547. ฟิล์มที่บริโภคได้สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์ผลไม้สด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 164 หน้า.

พวงเกษม, ปนัดดา. 2540. การเตรียมฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังและแนวทางการใช้ประโยชน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 127 หน้า.

ภูวโรดม, งามทิพย์. 2550. การซึมผ่านและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารในการบรรจุอาหาร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มงเจริญ, ธำรงวัฒน์และบุญนันท์, สุดกล้า. 2541. "กรณีศึกษาและประสบการณ์จากโครงการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวและเส้นขนมจีน". การพัฒนาเพื่อยกระดับอุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวและขนมจีนโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด, 26-27 มิถุนายน 2541, โรงแรมมารวยการ์เดน, หน้า 167-170.

รัตนาปนนท, นิธิยา. 2549. สตาร์ช ใน เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2529. ภาชนะพลาสติกและฟิล์มพลาสติก สำหรับบรรจุน้ำมันและไขมันบริโภค. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม, มอก. 654-2529.

หังสพฤกษ์, ธารทิพย์. 2544. การพัฒนาฟิล์มบริโภคได้จากแป้งบุกและการใช้ประโยชน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 104 หน้า.

Alves, V. D., Mali, S., Beleia, A. and Grossmann, M. V. E., 2007. Effect of Glycerol and Amylose Enrichment on Cassava starch film properties. *Journal of Food Engineering*, **78**(3), pp. 941-946.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2000. Standard test method for water vapor transmission of materials (E 96-00), In Annual Book of ASTM Standards, ASTM; American Technical, New York, 842-848.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2002. Standard test method for oxygen gas transmission rate through plastic film and sheeting using a coulometric sensor (D 3985-02), In Annual Book of ASTM Standards, ASTM; American Technical, New York, 458-462.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2002. Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting (D 882-02). In Annual Book of ASTM Standards, ASTM; American Technical, New York, 164-169.

Guilbert, S., 1986. Technology and application of edible protective films, In : M. Mathlouthi, ed. *Food Packaging and Preservation:Theory and Practice*. London : Elsevier Applied Science Publisher, pp. 371-394.

Han, J., 2005. Edible films and coatings from starch, In : Han J., ed. *Innovations in Food Packaging*. London : Elsevier Science Publishing Company, pp. 318-334.

International Organization for Standardization (ISO), 1993. Plastic-Film and sheeting-Determination of thickness by mechanical scanning, In ISO Standards Handbook, ISO, Geneve, pp. 11-15.

Laohakunjit, N. and Noomhorm A. 2004. Effect of plasticizers on mechanical and barrier properties of rice starch film. *Starch*, **56**(9), pp. 348-356.

Mali, S., Grossmann, M. V., Garcia, M. A., Martino M. N. and Zaritzky, N. E., 2004. "Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films". *Carbohydrate Polymers*, **56**(1), pp. 129-135.

Maria, R., Osés, J., Ziani, K. and Mate, J. I. 2006. Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films. *Food Research International*, **39**(3) pp. 840-846.

Tong, Q., Xiao Q. and Lim L., 2008. Preparation and properties of pullulan-alginate-carboxymethylcellulose blend films. *Food Research International*, **41**(10), pp. 1007-1014.