การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแบบอีสาน (แจ่ว)

น.ส.นุชนาฏ กิจวรเมธา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCT DEVELOPMENT OF THAI NORTHEASTERN-STYLE SPICY SAUCE (JAEW) FLAVORED FILM

Miss Nutchanart Kitvorametha

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแบบอีสาน (แจ่ว)
โดย	น.ส.นุชนาฏ กิจวรเมธา
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภา คงเป็นสุข
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนันท์ เจนจรัสสกุล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.พลกฤษณ์ แสงวณิช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภา คงเป็นสุข)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนันท์ เจนจรัสสกุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วลัยรัตน์ จันทรปานนท์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นุชนาฏ กิจวรเมธา : การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแบบอีสาน (แจ่ว).
(PRODUCT DEVELOPMENT OF THAI NORTHEASTERN-
STYLE SPICY SAUCE (JAEW) FLAVORED FILM) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.วรภา คงเป็นสุข, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร.ธีรนันท์ เจนจรัสสกุล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว โดยใช้มอลโทเดกซ์ทรินเป็นสารก่อฟิล์มเพื่อให้มีสมบัติในการละลายน้ำดี และใช้แซนแทนกัมเพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์ม ขั้นตอนแรกคัดเลือกสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มสูตรควบคุม (ไม่ใส่ส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่พริกป่นและข้าวคั่ว) จากสูตรน้ำจิ้มแจ่ว 3 สูตร ที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว คือ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1) และแปรปริมาณแซนแทนกัมในสารละลายมอลโทเดกซ์ทริน 3 ระดับ (ร้อยละ 0, 1 และ 2 โดยน้ำหนัก) สามารถเลือกสารละลายขึ้นรูปฟิล์ม 2 สูตร ได้แก่ สูตรน้ำมะขามและสูตรผสม ที่ใส่แซนแทนกัมปริมาณร้อยละ 1 ฟิล์มที่ได้มีสมบัติเชิงกลที่เหมาะต่อการขึ้นรูปและละลายน้ำได้ดี ขั้นต่อมาพัฒนาการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว โดยเติมส่วนพริกป่นและข้าวคั่วบนแผ่นฟิล์มขณะอบแห้ง และแปรความหนาของแผ่นปรุงรส 2 ระดับ (0.4 และ 0.8 มิลลิเมตร) พบว่าการเติมพริกป่นและข้าวคั่วเสริมให้ฟิล์มมีความต้านทานแรงดึงสูงขึ้น ($p<0.05$) และสามารถละลายน้ำกลับเป็นน้ำจิ้มแจ่วได้ โดยแผ่นหนา 0.8 มิลลิเมตร ให้สมบัติเชิงกลที่ดีกว่าแผ่นบาง ($p<0.05$) และสูตรผสมมีค่าการละลายน้ำสูงกว่าสูตรมะขามเล็กน้อย เมื่อทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแผ่นปรุงรส (แผ่นหนา) และน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของแผ่น เนื้อสัมผัสและการละลายน้ำของแผ่นปรุงรสทั้ง 2 สูตร (สูตรน้ำมะขามและสูตรผสม) ไม่แตกต่างกัน ($p\geq 0.05$) เมื่อละลายเป็นน้ำจิ้มแจ่วแล้ว คะแนนความชอบด้านต่าง ๆ ไม่ต่างกัน โดยมีคะแนนในช่วงชอบมาก (5-6 จาก 7 คะแนน) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาแผ่นปรุงรสแจ่วทั้ง 2 สูตร ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน พบว่า ปริมาณความชื้นและค่า a_w มีแนวโน้มสูงขึ้นและมีสีเข้มขึ้น ซึ่งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ค่าความต้านทานแรงดึงสูงกว่า ขณะที่ค่าร้อยละการยืดตัว ปริมาณความชื้น a_w และค่าการละลายน้ำต่ำกว่า ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) โดยผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วทั้งสองสูตรมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดระหว่างการเก็บรักษา (60 วัน) จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า แจ่วแผ่นทั้งสองสูตรมีคะแนนความชอบด้านสีไม่แตกต่างกัน แต่ลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา เมื่อละลายเป็นน้ำจิ้มแจ่ว พบว่าสูตรน้ำมะขามมีแนวโน้มของคะแนนความชอบทางด้านกลิ่น กลิ่นรสและความชอบโดยรวมน้อยกว่าและมีค่าลดลงเร็วกว่าสูตรผสม แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วที่พัฒนาขึ้นสามารถผลิตจากน้ำมะขามเปียกหรือผสมน้ำมะนาวที่ใส่แซนแทนกัมปริมาณร้อยละ 1 เมื่อโรยด้วยพริกป่นและข้าวคั่ว สามารถขึ้นรูปได้ดี มีสมบัติเหมาะสมในการนำมาใช้งาน

สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2561	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5972108223 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEYWORD: SEASONING FILM / FAST-DISSOLVING MALTODEXTRIN-BASED FILM / TAMARIND JUICE / LIME JUICE / XANTHAN GUM

Nutchanart Kitvorametha : PRODUCT DEVELOPMENT OF THAI NORTHEASTERN-STYLE SPICY SAUCE (JAEW) FLAVORED FILM. Advisor: Asst. Prof. Varapha Kongpensook, Ph.D. Co-advisor: Assoc. Prof. Theeranun Janjarasskul, Ph.D.

This study aimed to develop Jaew-film from maltodextrin for the fast dissolving property and xanthan gum for the improvement film's mechanical properties. The first part was the selection of the control film-casting solutions (without chili powders and roasted rice). Nine film formulas from 3 Jaew sauce formulas which varying tamarind juice to lime juice ratio as (tamarind juice (1:0), blend (1:1) and lime juice (0:1)) and 3 levels of xanthan gum concentrations (0, 1 and 2% w/w) in the film-casting solutions were studied. The tamarind and blend formulas with 1% xanthan gum were selected based on the film's mechanical properties and the high solubility. Next step was the devlepment of Jaew-film product as the drying particles (3 % chili powder and 2 % roasted rice) were applied in film casting process. The thickness of the film was varied at 2 levels (0.4 and 0.8 mm). With particles, the films had higher tensile strength and were able to reconstitute back into sauce easily. The thick films (0.8 mm) showed better mechanical properties than the thin. The film from the blend formula tended to have higher solubility than the that of tamarind formula. From the acceptance test, the 2 formulas of thick Jaew-films were not significant different in liking scores of appearance and texture and also the score for ease of reconstitution ($p \geq 0.05$). The reconstituted Jaew sauces were like moderately to high (5-6 from 7 points). Film stability was determined. The tamarind and blend films were stored at 2 temperatures (35 and 45 $^{\circ}$C) for 60 days. During storage, films became darker and absorbed more moisture. At the 45 $^{\circ}$C condition, films showed significantly higher in tensile strength and lower in elongation, moisture content, a_w and solubility ($p<0.05$). Numbers of total microorganisms did not exceed the standard for both products. The acceptance test showed the decreasing of liking in color during storage but not significant difference between the 2 films. For the reconstituted sauces, liking scores of odor, flavor and overall liking of the tamarind formula tended to be lower and decreased faster than the blend formula. In conclusion, the Jaew-films from tamarind and blend added with 1% xanthan gum and 5% dried particles were developed with acceptable properties.

Field of Study: Food Technology Student's Signature .....

Academic Year: 2018 Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ท่านแรกขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภา คงเป็นสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักและ รองศาสตราจารย์ ดร. ธีรนันท์ เจนจรัสสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและการสนับสนุนการศึกษาวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร. ธนจันทร์ มหาวนิช ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วลัยรัตน์ จันทรปานนท์ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาสละเวลาตรวจสอบ แก้ไข ให้คำแนะนำและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารที่ให้ความรู้และประสบการณ์ในการทำปฏิบัติการต่างๆแก่ผู้ทำวิจัย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากรในห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ อุปกรณ์และความให้ความสะดวกตลอดการวิจัยครั้งนี้

นุชนาฏ กิจวรเมธา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพ ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ 1

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 วารสารปริทัศน์ 3

2.1 ฟิล์มบริโภคได้ (edible film) 3

2.2 ชนิดของฟิล์มบริโภคได้ 3

2.3 กลไกการเกิดฟิล์ม 4

2.3.1 การเกิดฟิล์ม 4

2.3.2 วิธีการขึ้นรูปฟิล์ม 5

2.4 มอลโทเดกซ์ทริน 7

2.5 แซนแทนกัม 8

2.6 เพกทิน 9

2.7 พลาสติไซเซอร์ 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.8 หน้าที่ของฟิล์มหรือสารเคลือบบริโภคได้ 11
2.9 สมบัติของฟิล์มบริโภค 12
2.10 น้ำจิ้มแจ่ว 13
2.10.1 มะขาม (Tamarind) 13
2.10.2 มะนาว (Lime) 13
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 16
3.1 วัสดุอุปกรณ์ 16
3.1.1 วัตถุดิบ 16
3.1.2 สารเคมี 16
3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ 17
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 18
3.2.1. พัฒนาสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มน้ำจิ้มแจ่ว (สูตรควบคุม) 18
3.2.1.1. การเตรียมน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุม 19
3.2.1.2.การเตรียมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมน้ำจิ้มแจ่ว 19
3.2.1.3 การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม 20
3.2.1.4 ทดสอบทางสถิติ 21
3.2.2 การพัฒนาขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว 22
3.2.2.1 การขึ้นรูปแผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว 22
3.2.2.2 วิเคราะห์คุณภาพของแผ่นปรุงรส 22
3.2.2.3 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส 23
3.2.2.4 ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส 23
3.2.2.5 ทดสอบทางสถิติ 24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.3.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วระหว่างการเก็บรักษา 25
3.2.3.1 ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา 25
3.2.3.2 การทดสอบทางสถิติ 26
3.2.3.3 การหาสมการคำนวนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีเร่งอุณหภูมิ 26
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย 27
4.1 การพัฒนาสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มน้ำจิ้มแจ่ว 27
4.1.1 สมบัติกายภาพและเคมีของน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุม 27
4.1.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม 30
4.1.3 การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม 31
4.2 การพัฒนาการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว 43
4.2.1. การเปลี่ยนแปลงความชื้นของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วฐานมอลโทเดกซ์ทรินระหว่างการอบแห้ง 43
4.2.2. สมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรส 45
4.2.3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส 53
4.2.4 การยอมรับทางประสาทสัมผัส 57
4.3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วระหว่างการเก็บรักษา 62
4.3.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นปรุงรส 62
4.3.2 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของตัวอย่างแจ่วที่เก็บไว้ 60 วัน 70
4.3.3 การยอมรับทางประสาทสัมผัส 71
4.3.4 การหาสมการคำนวณการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีเร่งอุณหภูมิ 73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 75
บรรณานุกรม 78
ภาคผนวก 86
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์สมบัติของน้ำจิ้มแจ่ว 87
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์สมบัติของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ 91
ภาคผนวก ค วิธีวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 94
ภาคผนวก ง การเตรียมสารเคมี 96
ภาคผนวก จ ผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่ใช้เป็นวัตถุดิบ 98
ภาคผนวก ฉ แบบสอบถาม 104
ภาคผนวก ช ข้อมูลการทดลอง 112
ประวัติผู้เขียน 138

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 2.1 ข้อดี-ข้อเสีย และการประยุกต์ของวิธีขึ้นรูปฟิล์ม 6

ตาราง 4.1 คะแนนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสแผ่นหนา 58

ตาราง 4.2 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่วเมื่อละลายน้ำเป็นเวลา 5 และ 10 นาที 59

ตาราง 4.3 คะแนนความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว 61

ตาราง 4.4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 60 วัน 70

ตาราง 4.6 สมการคำนวณการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน 74

ตาราง 4.7 สมการคำนวณการเปลี่ยนแปลงด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน 74

ตาราง ช.1 สมบัติทางกายภาพของสูตรน้ำจิ้มแจ่ว 113

ตาราง ช.2 สมบัติทางเคมีของน้ำจิ้มแจ่ว 113

ตาราง ช.3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมะขามและน้ำมะนาว 114

ตาราง ช.4 ค่าความหนืด (cp) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่ว 114

ตาราง ช.5 ค่า pH สารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่ว 115

ตาราง ช.6 ปริมาณกรด (%) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่ว 115

ตาราง ช.7 ความชื้น (% wet basis) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม 116

ตาราง ช.8 ค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม 116

ตาราง ช.9 ความหนา (mm) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม 117

ตาราง ช.10 ความต้านทานแรงดึง (tensile strength) (MPa) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม 117

ตาราง ช.11 ค่าการยืดตัว (% elongation) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม 118

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช.12 ค่า L* (ความสว่าง) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม 118

ตาราง ช.13 ค่า a* (สีแดง) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม 119

ตาราง ช.14 ค่า b (*สีเหลือง) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม 119

ตาราง ช.15 ค่า hue angle (เฉดสี) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม 120

ตาราง ช.16 ค่า chroma (ความอิ่มตัวของสี) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม 120

ตาราง ช.17 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุมที่เวลา 1 นาที . 121

ตาราง ช.18 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุมที่เวลา 2 นาที . 121

ตาราง ช.19 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุมที่เวลา 3 นาที . 122

ตาราง ช.20 สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นปรุงรสที่ไม่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ(พริกป่นผง และข้าวคั่วบด) 123

ตาราง ช.21 สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นปรุงรสที่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผงและข้าวคั่วบด) 124

ตาราง ช.22 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรสที่ไม่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และข้าวคั่วบด) 125

ตาราง ช.23 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรสที่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และข้าวคั่วบด) 126

ตาราง ช.24 ความชื้น (% wet basis) ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่าการละลายน้ำ (%) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน 127

ตาราง ช.25 ความหนา (mm) ความต้านทานแรงดึง (MPa) และค่าการยืดตัว (%) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน .. 128

ตาราง ช.26 ค่า L* (ความสว่าง) ค่า a* (สีแดง) และค่า b* (สีเหลือง) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน 129

ตาราง ช.27 คะแนนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน..... 130

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช.28 คะแนนชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่ว เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 60 วัน 131

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 4.1 สมบัติทางกายภาพของน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร 28

ภาพ 4.2 สมบัติทางเคมีของน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร..... 29

ภาพ 4.3 ความหนืดของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร 30

ภาพ 4.4 ความเป็นกรด-ด่างของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร..... 31

ภาพ 4.5 ปริมาณกรด (%) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร..... 31

ภาพ 4.6 อัตราการทำแห้งของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร..... 33

ภาพ 4.7 อัตราการทำแห้งของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร..... 33

ภาพ 4.8 อัตราการทำแห้งของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร..... 33

ภาพ 4.9 ความชื้น (% wet basis) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร..... 35

ภาพ 4.10 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร 35

ภาพ 4.11 ความหนา (mm) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร..... 37

ภาพ 4.12 ความต้านทานแรงดึง (MPa) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร.37

ภาพ 4.13 ค่าการยืดตัว (%) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร..... 37

ภาพ 4.14 ค่า L* (ความสว่าง) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร..... 38

ภาพ 4.15 ค่า a* (สีแดง)ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร..... 39

ภาพ 4.16 ค่า b* (สีเหลือง) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร 39

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพ 4.17 ค่า hue angle (เฉดสี) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร 39

ภาพ 4.18 ค่า chroma (ความอิ่มตัวของสี) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร 40

ภาพ 4.19 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสฐานมอลโทเดกซ์ทริน ที่เวลา 1 นาที จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร 41

ภาพ 4.20 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสฐานมอลโทเดกซ์ทริน ที่เวลา 2 นาที จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร 41

ภาพ 4.21 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ(%) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสฐานมอลโทเดกซ์ทริน ที่เวลา 3 นาที จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร 41

ภาพ 4.22 อัตราการทำแห้งของสารละลายฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วฐานมอลโทเดกซ์ทรินที่ไม่ได้โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และข้าวคั่วบด) 44

ภาพ 4.23 อัตราการทำแห้งของสารละลายฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วฐานมอลโทเดกซ์ทรินที่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และข้าวคั่วบด) 44

ภาพ 4.24 แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว 45

ภาพ 4.25 ค่าความชื้น (% wet basis) ของแผ่นปรุงรส 47

ภาพ 4.26 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นปรุงรส 47

ภาพ 4.27 ค่าความหนา (mm) ของแผ่นปรุงรส 48

ภาพ 4.28 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength, MPa) ของแผ่นปรุงรส 49

ภาพ 4.29 ค่าการยืดตัว (% elongation) ของแผ่นปรุงรส 49

ภาพ 4.30 ค่า L* (ความสว่าง) ของแผ่นปรุงรส 50

ภาพ 4.31 ค่า a* (สีแดง) ของแผ่นปรุงรส 51

ภาพ 4.32 ค่า b* (สีเหลือง) ของแผ่นปรุงรส 51

ภาพ 4.33 ค่า hue angle (เฉดสี) ของแผ่นปรุงรส 52

ภาพ 4.34 ค่า chroma (ความอิ่มตัวของสี) ของแผ่นปรุงรส 52

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพ 4.35 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นปรุงรส 53

ภาพ 4.36 ความหนืด (cp) ของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส 54

ภาพ 4.37 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส..... 54

ภาพ 4.38 ค่า L* (ความสว่าง) ของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส 55

ภาพ 4.39 ค่า a* (สีแดง) ของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส 55

ภาพ 4.40 ค่า b* (สีเหลือง) ของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส..... 56

ภาพ 4.41 ค่า hue angle (เฉดสี) ของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส 56

ภาพ 4.42 ค่า chroma (ความอิ่มตัวของสี) ของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส 57

ภาพ 4.43 คะแนนความเห็นเกี่ยวกับความเปรี้ยวของน้ำจิ้มแจ่ว..... 60

ภาพ 4.44 คะแนนความเห็นเกี่ยวกับความเค็มของน้ำจิ้มแจ่ว 60

ภาพ 4.45 คะแนนความเห็นเกี่ยวกับความเผ็ดของน้ำจิ้มแจ่ว 60

ภาพ 4.46 คะแนนความเห็นเกี่ยวกับกลิ่นรสมะขามของน้ำจิ้มแจ่ว 60

ภาพ 4.47 คะแนนความเห็นเกี่ยวกับกลิ่นรสข้าวคั่วของน้ำจิ้มแจ่ว..... 61

ภาพ 4.48 คะแนนความเห็นเกี่ยวกับกลิ่นรสมะนาวของน้ำจิ้มแจ่ว 61

ภาพ 4.49 ค่าความชื้น (% wet basis) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน 63

ภาพ 4.50 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน..... 63

ภาพ 4.51 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน..... 64

ภาพ 4.52 ค่าความต้านทานแรงดึง (MPa) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน..... 65

ภาพ 4.53 ค่าการยืดตัว (% elongation) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน..... 65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพ 4.54 ค่า L* (ความสว่าง) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน..... 68

ภาพ 4.55 ค่า a* (สีแดง) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน..... 68

ภาพ 4.56 ค่า b* (สีเหลือง) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน..... 69

ภาพ 4.57 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน..... 69

ภาพ 4.58 คะแนนเฉลี่ยทางด้านสีของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน 71

ภาพ 4.59 คะแนนเฉลี่ยทางด้านการกระจายตัวของพริกป่นและข้าวคั่วของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน 71

ภาพ 4.60 คะแนนเฉลี่ยทางด้านสีของน้ำจิ้มแจ่ว เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 60 วัน..... 72

ภาพ 4.61 คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นของน้ำจิ้มแจ่ว เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 60 วัน.. 73

ภาพ 4.62 คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรสของน้ำจิ้มแจ่ว เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 60 วัน 73

ภาพ 4.63 คะแนนเฉลี่ยทางด้านความชอบโดยรวมของน้ำจิ้มแจ่ว เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 60 วัน..... 73

ภาพ จ.1 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำมะนาว ตรา แก้วตา บริษัท ไทยเลมอน ฟู้ดส์ จำกัด 99

ภาพ จ.2 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำมะขามเปียก ตรา สวนวัง บริษัท เอ็ม แอนด์ โค (ประเทศไทย)จำกัด 99

ภาพ จ.3 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำตาล บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด..... 100

ภาพ จ.4 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำปลา ตราหอยหลอด บริษัท โรงงานน้ำปลาฉั่วฮะเส็ง จำกัด..... 100

ภาพ จ.5 ฉลากผลิตภัณฑ์ พริกขี้หนูป่น (หยาบ) บริษัท เดอะมอลล์กรุ๊ป จำกัด 101

ภาพ จ.6 ฉลากผลิตภัณฑ์ ข้าวคั่ว บริษัท เดอะมอลล์กรุ๊ป จำกัด..... 101

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพ ช.1 สมการแสดงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะขามที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส 132

ภาพ ช.2 สมการแสดงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วสูตรผสมที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส 132

ภาพ ช.3 สมการแสดงคะแนนเฉลี่ยทางด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะขามที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส 133

ภาพ ช.4 สมการแสดงคะแนนเฉลี่ยทางด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วสูตรผสมที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส 133

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วัฒนธรรมอาหารไทยมีเอกลักษณ์เฉพาะ มีรสชาติครบทุกรส จัดจ้าน เผ็ดร้อน แต่ละมื้ออาหารจะมีเครื่องจิ้มหรือน้ำพริกประกอบ น้ำจิ้มมีหลากหลายและมีลักษณะเฉพาะแตกต่างกันไป น้ำจิ้มเป็นเครื่องเคียงสำหรับปรุงรสที่ทำให้อาหารไทยอร่อยขึ้น น้ำจิ้มแจ่วถือเป็นเอกลักษณ์หนึ่งของอาหารอีสานนิยมรับประทานกับอาหารทอดหรืออาหารปิ้งย่าง เนื่องจากน้ำจิ้มแจ่วมีลักษณะเป็นอาหารเหลว จึงมีข้อจำกัดในการนำมาใช้ การเก็บรักษา และการขนส่ง อาจเกิดการแยกชั้นได้เมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน สูญเสียคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดี มีอายุการเก็บสั้นจากการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนี้อาจมีข้อจำกัดด้านวัตถุดิบซึ่งอาจหายากในบางท้องถิ่น เช่น มะขามเปียก หรือวัตถุดิบที่มีราคาสูงในบางฤดูกาล เช่น มะนาว จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดแนวคิดในการแปรรูปแผ่นฟิล์มบริโภคในรูปแบบแผ่นปรุงรส เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค มีความสะดวกในการพกพา ลดการชั่งตวงวัดและความชำนาญของผู้ปรุงอาหาร อีกทั้งช่วยส่งเสริมการใช้มะขามเปียกซึ่งเป็นวัตถุดิบในประเทศมากขึ้น มอลโทเดกซ์ทรินเป็นพอลิเมอร์ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ดีนิยมใช้ในการเตรียมฟิล์มบริโภคได้ในรูปแผ่นปรุงรส โดยแผ่นปรุงรสที่ได้มีความสามารถในการดูดน้ำกลับแล้วคืนรูปในรูปแบบ paste หรือของเหลวได้ง่าย อีกทั้งสามารถนำไปพรมน้ำให้นิ่มสำหรับปรุงรสในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เป็นเครื่องจิ้ม ซอสปรุงรส หรือเป็นซอสหมัก เหมาะสำหรับนักเดินทาง เช่น เดินทางไปต่างประเทศ หรือ เดินป่า

คำสำคัญ (Keywords): ฟิล์มบริโภคได้; ฟิล์มละลายเร็ว; น้ำจิ้มแจ่ว; น้ำมะขาม; น้ำมะนาว; แซนแทนกัม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วที่เหมาะสม

1.2.2 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว

1.2.3 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

พัฒนาฟิล์มบริโภคได้จากน้ำจิ้มแจ่วในรูปแบบแผ่นโดยศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ คือ แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วที่สามารถเพิ่มมูลค่าและสามารถต่อยอดทางอุตสาหกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ฟิล์มบริโภคได้ (edible film)

ฟิล์มบริโภคได้ (edible film) เป็นวัสดุแผ่นบางที่บริโภคได้พร้อมกับอาหาร ใช้เคลือบผิวของอาหารโดยตรง หรือเตรียมเป็นแผ่นฟิล์มก่อนแล้วจึงนำมาใช้กับอาหาร (Sothornvit และ Krochta, 2000) มีสมบัติป้องกันหรือชะลอการซึมผ่านของไอน้ำ ออกซิเจน สารระเหย และสารละลาย (Gennadios และ Weller, 1990) มีความสะดวก ปลอดภัยและย่อยสลายได้ง่าย (Sothornvit และ Krochta, 2000) จึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร (Maftoonazad et al., 2007) การเตรียมฟิล์มจะเตรียมจากสารชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกัน เพื่อปรับปรุงสมบัติของฟิล์มบริโภคให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ได้มีการเติมวัตถุเจือปนอาหาร จำพวกสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านจุลินทรีย์ สีผสมอาหาร สารให้กลิ่นรส สารอาหารเสริม และเครื่องเทศ เพื่อช่วยในการรักษาคุณภาพของฟิล์ม (Pena และ Torres, 1991)

2.2 ชนิดของฟิล์มบริโภคได้

ฟิล์มบริโภคได้ผลิตจากวัตถุดิบหลายชนิด สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ พอลิแซคคาไรด์ โปรตีน และไขมัน (Bourtoom, 2008)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฟิล์มจากพอลิแซกคาไรด์ ได้แก่ สตาร์ช (starch) เซลลูโลส (cellulose) เพกทิน (pectin) มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) แอลจิเนต (alginate) คาราจีแนน (carrageenan) และไคโตแซน (chitosan) ฟิล์มพอลิแซคคาไรด์มีส่วนช่วยยืดอายุในการเก็บรักษาผลไม้ให้นานขึ้นมีราคาถูก มีสมบัติเชิงกลที่ดี ช่วยป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไขมัน แต่ธรรมชาติของพอลิเมอร์เหล่านี้มีส่วนชอบน้ำ (hydrophillic) จึงไม่เหมาะสำหรับป้องกันการสูญเสียความชื้น พอลิแซคคาไรด์บางชนิดใช้เคลือบอาหารมีลักษณะเหมือนวุ้นช่วยชะลอการสูญเสียความชื้นของอาหารได้ในช่วงระยะการเก็บสั้น นอกจากนี้ฟิล์มจากพอลิแซกคาไรด์มีส่วนช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากลิปิด (lipid oxidation) และองค์ประกอบอื่นในอาหารที่ส่งผลให้อาหารเกิดการเหม็นหืน (Bourtoom, 2008)

ฟิล์มจากโปรตีน ได้แก่ โปรตีนจากไข่ขาว (albumin) โปรตีนข้าวโพด (zein protein) โปรตีนข้าวสาลี (wheat gluten protein) โปรตีนถั่วเหลือง (soy protein) โปรตีนจากเมล็ดพืชน้ำมัน (oil seed protein) โปรตีนนม (milk protein) คอลลาเจน (collagen) และ เจลาติน (gelatin) (รัตนา จินดาพรรณ และ วิไลลักษณ์ ไฝเพชร, 2549) ฟิล์มโปรตีนเกิดจากสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน (functional properties of protein) ซึ่งถูกดัดแปลงด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น ความร้อน แรงกล ความดัน รังสี หรือถูกดัดแปรด้วยสารเคมี เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปร่างของโปรตีน (protein configuration) และอันตรกิริยาของโปรตีน (protein interaction) ที่เหมาะสมสำหรับการเกิดฟิล์ม (Gennadios, 2002) ในกระบวนการผลิตนิยมเติม hydrophilic plasticizer ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆ เนื่องจากสามารถเกิด hydrogen bonding และ electrostatic interactions กับสายของโปรตีนได้ ฟิล์มบริโภคได้ที่ผลิตจากโปรตีนมีความแข็งแรงสามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ กลิ่นและไขมันได้ดี มีคุณค่าทางอาหารสูง (Bourtoom, 2008)

ฟิล์มจากไขมัน ได้แก่ wax สารลดแรงตึงผิว เรซินและกรดไขมัน ฟิล์มบริโภคที่ผลิตจากไขมันมีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี แต่มีความเปราะและทำให้เกิดกลิ่นหืนได้จึงนิยมนำมาใช้เป็นสารเคลือบมากกว่านำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม โดยใช้เคลือบผลไม้เพื่อให้เกิดเงา ทดแทนไขที่มีอยู่ตามธรรมชาติที่สูญเสียไป รวมถึงช่วยชะลอการเสื่อมเสียจากการหายใจที่ทำให้ผลไม้เกิดการสุกงอม ป้องกันการเกิดสีน้ำตาล ไม่ทำให้เกิดการสะสมของกลิ่นรสผิดปกติในเนื้อเยื่อของผลไม้ สารประกอบจากไขมันหลายชนิด รวมทั้งอะซิทิเลตมอโนกลีเซอไรด์ ไขธรรมชาติ และสารลดแรงตึงผิว สามารถนำมาใช้เป็นสารเคลือบได้ นอกจากนี้ฟิล์มจากไขพาราฟินและไขคาร์นูบาช่วยให้เกลือเบนโซเอต (Benzoate) แพร่เข้าสู่อาหารได้ดี ใช้รักษาความเข้มข้นของสารกันเสียที่ผิวของอาหารไว้ได้นาน (Bourtoom, 2008)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3 กลไกการเกิดฟิล์ม

2.3.1 การเกิดฟิล์ม

ฟิล์มบริโภคได้เกิดจากการนำสารประกอบพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงยาวเกิดละลายหรือกระจายตัวกันอย่างสมบูรณ์ แล้วแยกสารนั้นออกจากตัวทำละลายด้วยการระเหยตัวทำละลาย ในการเตรียมฟิล์มมีที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 แรง คือ แรงโคฮีชัน (cohesion) และแรงแอดฮีชัน (adhesion) (Kester และ Fennema, 1986)

แรงโคฮีชั่น (cohesion) เป็นแรงระหว่างโมเลกุลพอลิเมอร์ด้วยกันเอง เกิดเป็นโครงสร้างของฟิล์มด้วยพันธะที่แข็งแรง สามารถป้องกันการแยกจากกัน โดยแรงโคฮีชันมีความสัมพันธ์กับความสม่ำเสมอของโครงสร้างสายโซ่ การแผ่กิ่งก้านสาขา และการกระจายของกลุ่มที่มีขั้วอย่างเป็นระเบียบในสายพอลิเมอร์ ปัจจัยที่มีผลต่อแรงโคฮีชั่น ได้แก่ โครงสร้างและสมบัติทางเคมีของพอลิเมอร์ สมบัติของตัวทำละลาย และกรรมวิธีของการผลิตฟิล์มไบโอพอลิเมอร์

แรงแอดฮีชั่น (adhesion) เป็นแรงระหว่างพอลิเมอร์กับสารโมเลกุลอื่นที่เกี่ยวข้องหรือแรงระหว่างโมเลกุลพอลิเมอร์กับพลาสติไซเซอร์ (สุกัญญา โพธิ์สูงเนิน, 2545) โดยพลาสติไซเซอร์ลงไปแทรกตัวอยู่ระหว่างโมเลกุลพอลิเมอร์ ลดพันธะไฮโดรเจนหรือแรงแวนเดอร์วาลล์ (Vander Waal) ระหว่างโมเลกุลของสายโซ่พอลิเมอร์ ส่งผลให้แรงระหว่างสายโมเลกุลของสายโมเลกุลของพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนตัวฟิล์มที่ได้มีความยืดหยุ่น

2.3.2 วิธีการขึ้นรูปฟิล์ม

1) การขึ้นรูปฟิล์มแบบเปียก (wet process)

เป็นการขึ้นรูปฟิล์มด้วยสารละลาย (solvent casting) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมาก โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มต้องสามารถละลายหรือกระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกันกับตัวทำละลายได้ จากนั้นเมื่อนำสารละลายผสมของฟิล์มที่เตรียมได้เทสารตัวอย่างแผ่ให้เป็นแผ่นลงบนถาดสำหรับการขึ้นรูปฟิล์ม แล้วนำไปทำแห้งโดย ใช้อุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อกำจัดตัวทำละลายออก ทำให้สารละลายมีความเข้มข้นขึ้น พอลิเมอร์เกิดการจัดตัวเป็นโครงร่างแห (network) สามมิติเสริมความแข็งแรงให้กับฟิล์มแล้วจึงลอกออกเป็นแผ่นฟิล์มตามต้องการ (Han, 2005) ไม่ควรอบแห้งเร็วเกินไป เพราะทำให้ฟิล์มแตก หรือโค้งงอ (Davis et al., 1953) และควรหลีกเลี่ยงการอบแห้งนานเกินไปเพื่อป้องกันฟิล์มเปราะ (Protzman et al., 1967)

2) การขึ้นรูปฟิล์มแบบแห้ง (dry process)

เป็นการขึ้นรูปด้วยกระบวนการเทอร์โมพลาสติก โดยวัตถุดิบที่นำมาขึ้นรูปได้ต้องมีคุณสมบัติอ่อนตัวและหลอมเหลวได้เมื่อได้รับความร้อนที่ปริมาณความชื้นต่ำ (อุณหภูมิต่ำกว่า

อุณหภูมิของการสลายตัว) และเมื่อทำให้เย็นลงสามารถแข็งตัวและคงรูปร่างเป็นฟิล์มได้ กรรมวิธีในการขึ้นรูปฟิล์มแบบแห้งสามารถแบ่งออกเป็นหลายวิธี ได้แก่ กระบวนการอัดรีด (extrusion) กระบวนการฉีดเข้าแม่พิมพ์ (injection molding) รวมทั้งกระบวนการขึ้นรูปฟิล์มด้วยการเป่า (blown film extrusion) (Han, 2005)

ตาราง 2.1 ข้อดี-ข้อเสีย และการประยุกต์ของวิธีขึ้นรูปฟิล์ม

	วิธีขึ้นรูปแบบเปียก	วิธีขึ้นรูปแบบแห้ง
ข้อดี	ราคาไม่แพง สามารถนำประยุกต์ใช้ในการเคลือบผิวของอาหารได้หลายรูปแบบ ได้แก่ การจุ่ม (dipping) การห่อหุ้มอาหาร (enrobing) การแปรง (brushing) การพ่นฝอย (spraying) (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, 2535)	ใช้ไม่เวลานานในการเตรียมสารละลาย
ข้อเสีย	ใช้เวลานานในขั้นตอนการเตรียมสารละลาย	วัตถุดิบที่นำมาขึ้นรูปได้ต้องมีสมบัติเทอร์โมพลาสติก, กระบวนการขึ้นรูปฟิล์มแบบแห้งมีการใช้อุณหภูมิและความดันสูงในการขึ้นรูปทำให้สารให้กลิ่นรส (flavor) หรือ เครื่องเทศ (spice) เกิดการสูญสลายได้
การประยุกต์	-ใช้แปรรูปผลิตจภัณฑ์เหลว เป็นแผ่นฟิล์มบริโภคได้ -ใช้เคลือบหรือห่อผักผลไม้และลูกกวาด (Embuscado และ Huber, 2009) -พัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์แอกทิฟ (Active Packaging) ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Han, 2005)	เป็นวัสดุบรรจุอาหารได้ เนื่องจากฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชมีความทนทานพอที่จะปกป้องผลิตภัณฑ์และมีความยืดหยุ่น (Embuscado และ Huber, 2009)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 มอลโทเดกซ์ทริน

มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ช (starch) บางส่วนให้เป็นโมเลกุลสายสั้น ๆ ของน้ำตาลกลูโคส มีค่า DE (dextrose equivalent) อยู่ในช่วง 3–20 โดย DE เป็นข้อกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า DE สูง สตาร์ช (starch) ถูกไฮโดรไลซ์เป็นน้ำตาลกลูโคสมาก ได้น้ำเชื่อมกลูโคสที่มีความหวานสูง สามารถละลายน้ำได้ดี (Nagar et al., 2011) มอลโทเดกซ์ทรินอาจอยู่ในรูปสารละลายเข้มข้นหรือผงสีขาว (Quek et al., 2007) ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสหวานหรือหวานเล็กน้อย สามารถละลายในน้ำได้ดี มีความชื้นประมาณร้อยละ 3-5 ความหนาแน่น (bulk density) อยู่ในช่วง 0.31-0.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยทั่วไปนิยมใช้เป็นสารเพิ่มปริมาณ ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส รักษาความชุ่มชื้น และยืดอายุการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์ มีราคาไม่แพงและหาซื้อได้ง่าย สามารถใช้ร่วมกับสารประกอบอื่น ๆ

<u>การเกิดฟิล์ม</u>

การเกิดฟิล์มของมอลโทเดกซ์ทริน เริ่มจากการเตรียมสารละลายมอลโทเดกซ์ทริน ในปริมาณที่เหมาะสม กวนผสมอย่างต่อเนื่องและให้ความร้อนแก่สารละลาย โดยความร้อนทำลายแรงภายในโมเลกุล (intramolecular force) ทำให้พอลิเมอร์สามารถกระจายตัวได้ดี สายพอลิเมอร์แต่ละสายเกิดการพันกันและเกิดอันตรกิริยาด้วยพันธะไฮโดรเจน การทำแห้งด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อกำจัดตัวทำละลายออก ทำให้เกิดการจัดตัวของพอลิเมอร์เป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติที่แข็งแรง เกิดเป็นฟิล์มขึ้น (Han, 2005)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฟิล์มจากเดกซ์ทรินสามารถละลายน้ำได้ดี (Cilurzo et al., 2008) มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านไอน้ำและออกซิเจน (Koushki et al., 2015) แต่มีความเปราะและแตกหักง่ายจึงนิยมนำมาใช้ร่วมกับสารก่อฟิล์มชนิดอื่นให้ฟิล์มที่มีความยืดหยุ่นขึ้น

กนกวรรณ ไตรพรวัฒนกุล และ นันท์นภัส ฐากุลวีรนันท์ (2551) ศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟิล์มเด็กซ์ตริน (Fiberose®) ร่วมกับแซนแทนกัมหรือเจลแลนกัมเป็นสารก่อฟิล์ม โดยใช้กลีเซอรอลร่วมกับซอบิทอลเป็นพลาสติไซเซอร์ พบว่าฟิล์มที่ผลิตจากเดกซ์ทรินอย่างเดียวมีความ

เปราะและแตกหักง่าย การเติมแซนแทนกัมหรือเจลแลนกัม และการเติมกลีเซอรอลร่วมกับซอบิทอลให้ฟิล์มที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น

2.5 แซนแทนกัม

แซนแทนกัม เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ สังเคราะห์โดยแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* เกิดจากปฏิกิริยาของหมู่อะซีทิลและหมู่ไพรูเวทในน้ำตาลกลูโคส แมนโนส และกรดกลูคูโรนิก มีขนาดโมเลกุลใหญ่ สามารถละลายได้ในน้ำเย็นและน้ำร้อน แซนแทนกัมมีความหนืดสูงเมื่อเปรียบเทียบกับไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น ๆ (Nussinovitch, 1997) โดยมีความหนืดลดลงเมื่ออัตราการเฉือนเพิ่มขึ้น (pseudoplastic) มีพฤติกรรมแบบ shear-thinning เกิดเจลแบบ weak-gel ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ ทนต่อภาวะที่มีเกลือ น้ำตาลและแอลกอฮอล์สูง มีความคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและค่าความเป็นกรดด่าง แซนแทนกัมเป็นสารช่วยทำให้อาหารคงรูป (stabilizer) (Nisperos-Carriedo, 1994) สามารถทดแทนไขมัน (fat replacer) ในอาหารแคลอรีต่ำ และเป็นสารก่อโฟม (foaming agent) (Giannouli และ Morris, 2003)

<u>การเกิดฟิล์ม</u>

การเกิดฟิล์มของแซนแทนกัม เริ่มจากการเตรียมสารละลายแซนแทนกัม กวนผสมอย่างต่อเนื่องและให้ความร้อนในระหว่างการให้ความร้อนแซนแทนกัมเปลี่ยนจากโครงสร้างที่เป็นระเบียบ (rigid ordered structure) ไปอยู่ในสภาวะที่ไม่เป็นระเบียบ (flexible disordered coil) (Mandala และ Bayas, 2004) เมื่ออุณหภูมิของสารละลายลดลง สายพอลิเมอร์แต่ละสายเกิดการพันกันและเกิดอันตรกิริยาด้วยพันธะไฮโดรเจน (Saha และ Bhattacharya, 2010) สารละลายแซนแทนกัมสามารถเกิดไฮโดรเจลเป็นโครงร่างเครือข่ายสามมิติของพอลิเมอร์ที่ชอบน้ำและบวมน้ำได้ (Bueno และ Petri, 2014) โดยการทำแห้งด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อกำจัดตัวทำละลายออก ทำให้เกิดการจัดตัวของพอลิเมอร์เป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติที่แข็งแรง เกิดเป็นฟิล์มขึ้น (Han, 2005)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แซนแทนกัมเป็นสารเชื่อมขวางที่มีประสิทธิภาพ เป็นวัสดุทางเลือกในการผลิตฟิล์มคอมโพสิตย่อยสลายได้ทางชีวภาพสำหรับอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์อาหาร (Hazirah et al., 2016) มีความปลอดภัยและย่อยสลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Guo et al. (2014) ศึกษาการเชื่อมข้ามแซนแทนกัมด้วยกระบวนการ periodate oxidation ในฟิล์มเจลติน พบว่า ฟิล์มผลิตจากเจลาตินผสมกับแซนแทนกัม มีความโปร่งใส มีปริมาณความชื้นและค่าการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ รวมถึงมีเสถียรทางความร้อนและสมบัติทางกลที่ดี

Hazirah et al. (2016) ศึกษาผลการเติมแซนแทนกัมในฟิล์มผสมเจลาตินและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) พบว่า การเติมแซนแทนกัมในผสมเจลาตินและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสให้ฟิล์มที่มีคุณสมบัติที่น่าพึงพอใจ เนื่องจากฟิล์มที่ได้มีปริมาณชื้นและค่าการซึมผ่านของ ไอน้ำต่ำมีความโปร่งใส รวมถึงมีค่าความต้านทานแรงดึงและร้อยละการยืดตัวสูง

2.6 เพกทิน

เพกทินเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ประเภท heteropolysaccharide โมเลกุลของเพกทินเป็นพอลิเมอร์ของ α - D-galacturonic acid ที่เชื่อมต่อด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ชนิดแอลฟา 1-4 ประกอบด้วย หมู่คาร์บอกซิลอิสระ (COOH) และหมู่คาร์บอกซิลที่รวมอยู่กับเมทิล ($COOCH_3$) ด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Han, 2005) เพกทินใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) เพกทินที่ผลิตเป็นการค้าสกัดได้จากเปลือกของผลไม้ตระกูลส้ม (citrus) กากของแอปเปิลที่คั้นน้ำแล้ว (apple pomace) และหัวบีท (beet) การใช้เพกทินในอาหาร ทำให้เกิดเจล (gelling agent) เพกทินมีสมบัติพิเศษคือ เมื่อรวมตัวกับน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสม เกิดเป็นเจลที่อ่อนนุ่มนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ แยม เยลลี่ (Šuput et al., 2015) เป็นสารที่ทำให้ข้นหนืด (thickening agent) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ทำให้อิมัลชัน (emulsion) คงตัว โดยลดแรงตึงผิวระหว่างเฟสของน้ำมันและน้ำ

เพกทินแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามระดับของเอสเทอริฟิเคชัน (degree of esterification) คือ

เพกทินที่มีเมทอกซิลสูง (High Methoxyl pectin, HM) เป็นเพกทินที่มีระดับของเมทธิลเอสเทอริฟิเคชันหรือมีค่า DE มากกว่า 50 % มีสมบัติทำให้เกิดเจลได้ดี และจับฟองอากาศได้ดี

โดยเฉพาะในสภาวะที่มีน้ำตาล 60 – 65 % หรือมีค่า pH เท่ากับ 2.8 – 3.2 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพกทินชนิดนี้ ได้แก่ แยม และเยลลี่ ทั้งนี้เพกทินชนิดนี้ แบ่งย่อยได้ 3 ชนิด ชนิดเซ็ตตัวเร็ว (rapid set) มีค่า DE มากกว่า 69% ชนิดเซ็ตตัวช้า (slow set) มีค่า DE เท่ากับ 60-61% ซึ่งเป็นชนิดที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะผลิตภัณฑ์มักมีของแข็งละลายเป็นองค์ประกอบสูงอยู่แล้ว (Embuscado และ Huber, 2009)

เพกทินที่มีเมทอคซิลต่ำ (Low Methoxyl pectin, LM) เป็นเพกทินที่มีระดับของเมทธิลเอสเทอริฟิเคชันหรือมีค่า DE น้อยกว่า 50% และผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะมีค่า DE ในช่วง 25-40% เพกทินชนิดนี้เกิดเจลได้ดีในสภาวะที่มีน้ำตาล 20-55 % หรือมีค่า pH เท่ากับ 3.0-5.0 ต้องเติมโลหะบางชนิดเข้าช่วย เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และต้องเติมในปริมาณที่เพียงพอจึงจะทำให้เพกทินเกิดเจลได้ มีสมบัติที่ดี คือ ช่วยเพิ่มความนุ่ม และเนื้อสัมผัสให้กับอาหาร (Embuscado และ Huber, 2009)

<u>การเกิดฟิล์ม</u>

High Methoxyl pectin สามารถเกิดเจลในสภาวะที่มีกรดและน้ำตาล โดยที่ pH 2.8–3.2 ช่วยลดการผลักกันของประจุ (electrostatic repulsions) และน้ำตาล 60-65 % ลดอันตรกิริยาของพอลิเมอร์กับน้ำ (Tsoga et al., 2004) ซึ่งในระยะนี้โครงสร้างของโมเลกุลจะอยู่กันอย่างไม่เป็นระเบียบ (random coil) เกิดการพันกันเป็นเกลียวในลักษณะเกลียวคู่ (double helice) โดย double helice แต่ละคู่จะรวมตัวเข้ามาใกล้กันและเกิดการเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยจุดเชื่อมต่อนี้เรียกว่า junction zone มีความเกี่ยวพันกันกับพันธะไฮโดรเจนระหว่างกลุ่มคาร์บอกซิลกับกลุ่มแอลกอฮอล์และการเกิดอันตริกิริยาของส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic interaction) ระหว่างกลุ่มเมทิลเอสเตอร์ ซึ่งเมื่อเกาะรวมกันมากขึ้นจะทำให้เกิดการแข็งตัวเป็นเจลซึ่งเป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติที่แข็งแรง (Sharma et al., 2006)

เพกทินนำใช้ในอาหารส่วนใหญ่จากสมบัติในการเจล สามารถนำมาผลิตเป็นสารเคลือบและฟิล์มบริโภค ช่วยชะลอการสูญเสียความชื้น (Brake และ Fennema, 1993) ปรับปรุงการขึ้นรูปและลักษณะปรากฏของอาหาร โดยฟิล์มที่ผลิตจากเพกทินมีความแข็งแรงและยืดหยุ่น (Tharanathan, 2003)

2.7 พลาสติไซเซอร์

พลาสติไซเซอร์ เป็นสารที่จำเป็นในการผลิตฟิล์ม มีสมบัติสามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกับวัตถุดิบที่ใช้ทำฟิล์ม มีหน้าที่ช่วยเพิ่มความคงทนต่อการใช้งานและการยืดตัว ปรับปรุงคุณภาพของฟิล์มไม่ให้แตกหักระหว่างการนำไปใช้และการเก็บรักษา พลาสติไซเซอร์แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ พลาสติไซเซอร์ภายนอก (external plasticizer) และ พลาสติไซเซอร์ภายใน (internal plasticizer) พลาสติไซเซอร์ภายนอก เป็นสารที่เติมลงไปในโครงสร้างพอลิเมอร์แล้วทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนหรือจับจับกับพอลิเมอร์ ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนลง เกิดโครงสร้างที่อ่อนตัว ส่วนพลาสติไซเซอร์ภายใน เป็นสารที่เติมลงไปแล้วทำหน้าที่เป็นสารร่วมช่วยในการเกิดพอลิเมอร์ (copolymerization) (Sothernvit และ Krochta, 2001)

<u>ชนิดของพลาสติไซเซอร์ที่นำมาใช้กับฟิล์มบริโภค</u>

กลุ่มโมโนแซคคาไรด์ ไดแซคคาไรด์ และโอลิโกแซคคาร์ไรด์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำตาล กลูโคส ฟรุกโตสและน้ำผึ้ง

กลุ่มไขมัน และอนุพันธุ์ของไขมัน ได้แก่ กรดไขมัน ฟอสโฟลิพิด และสารลดแรงตึงผิว

กลุ่มพอลิออล ได้แก่ ซอร์บิทอล (sorbitol) กลีเซอรอล (glycerol) และพอลีเอททิลีนไกลคอล (polyethylene glycol) (Krochta, 2002)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.8 หน้าที่ของฟิล์มหรือสารเคลือบบริโภคได้

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ (2540) ได้อธิบายถึงหน้าที่ของฟิล์มหรือสารเคลือบบริโภคดังนี้

ช่วยปกป้องอาหาร (food protection) โดยฟิล์มหรือสารเคลือบผิวบริโภคได้มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของสาร (mass transfer barrier) ต้านการซึมผ่านของไอน้ำ ตัวทำละลาย และต้านต่อแรงที่มากระทบ โดยสมบัติจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมโดยรอบ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ ในสภาวะที่มีความชื้นสูงฟิล์มมีสมบัติป้องกันการซึมผ่านไอน้ำต่ำ

ช่วยชะลอการเสื่อมเสียของอาหาร (food preservation) จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น จากการหายใจ โดยฟิล์มควรมีสมบัติในการต้านการซึมผ่านของก๊าซได้

2.9 **สมบัติของฟิล์มบริโภค**

2.9.1 **ความหนา** (Thickness) คือ ระยะตั้งฉากระหว่างผิวหน้าทั้ง 2 ของ ฟิล์ม มีหน่วยเป็นไมโครเมตรหรือมิลลิเมตร ความหนามีส่วนสัมพันธ์กับสมบัติอื่นๆ เช่น ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานการซึมผ่านไอน้ำและความต้านทานการซึมผ่านของออกซิเจน นิยมวัดด้วยเครื่องมือ Dial Type Micrometer

2.9.2 **ความต้านทานแรงดึง** (Tensile Strength) คือ ค่าความเค้นที่ใช้ในการดึงฟิล์มที่ปลายข้างใดข้างหนึ่งของแผ่นทดสอบที่มีความกว้างคงที่ จนแผ่นฟิล์มนั้นขาดภายใต้สภาวะการทดสอบที่กำหนดมีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร หรือเมกะปาสคาล (MPa) ค่าจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงระหว่างพันธะของสายโซ่พอลิเมอร์มากกว่าความแข็งแรงของสายโซ่พอลิเมอร์ โดยการเติมพลาสติไซเซอร์ลงในฟิล์มมีผลทำให้ความต้านทานแรงดึงลดน้อยลง เนื่องจากพลาสติไซเซอร์เข้าไปจับกับพอลิเมอร์ด้วยพันธะทุติยภูมิ ทำให้ความแข็งแรงของพันธะระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์ลดลง (Guilbert et al., 1996)

2.9.3 **ค่าความยืดตัว** (% Elongation) คือ ร้อยละของระยะทางที่ฟิล์มยืดออกด้วยแรงดึงจนขาดต่อความยาวเดิม ถ้าฟิล์มมีความยืดของน้อยจะมีลักษณะเปราะไม่ยืดหยุ่น การเติมพลาสติ ไซเซอร์ลงในฟิล์มจะทำให้มีค่าความยืดตัวของฟิล์มเพิ่มขึ้น เนื่องจากพลาสติไซเซอร์จะไปลดอันตรกิริยาระหว่าสายโซ่โมเลกุลพอลิเมอร์ที่อยู่ติดกัน ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์เคลื่อนที่ได้มากขึ้น (Guilbert et al., 1996)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.9.4. **อัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม** (Water vapor transmission) คือ ปริมาณไอน้ำที่ซึมผ่านจากผิวหน้าหนึ่งไปยังอีกผิวหน้าหนึ่งต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวฟิล์มในระยะเวลาที่กำหนดและภายใต้สภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์มีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในการวิเคราะห์ ค่าที่ได้จากอัตราการซึมผ่านของไอน้ำผ่านฟิล์ม เมื่อคำนวนผ่านความหนาของฟิล์ม จะเรียกว่า ความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำผ่านฟิล์ม หรือ water vapor permeability (Guilbert et al., 1996)

2.9.5 **อัตราการซึมผ่านก๊าซของฟิล์ม** (Gas transmission rate) คือ ปริมาณของก๊าซที่ซึมผ่านจากผิวหน้าหนึ่งไปยังอีกผิวหน้าหนึ่งต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวฟิล์มในระยะเวลาที่กำหนดและ

ภายใต้ผลต่างของความดันหนึ่งหน่วย มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซ็นติเมตรต่อตารางเมตรต่อวันต่อบรรยากาศ ที่อุณหภูมิในการวิเคราะห์ ค่าที่ได้จากการหาอัตราการซึมผ่านของก๊าซเมื่อคำนวนผ่านความหนาของฟิล์มที่ใช้ทดสอบจะเรียกว่า ความสามารถในการซึมผ่านก๊าซของฟิล์มหรือ gas permeability (Guilbert et al., 1996)

2.9.6 **สีของฟิล์ม** (Film color) มีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์เนื่องจากมีผลโดยตรงต่อรูปลักษณ์ภายนอกและการยอมรับของผู้บริโภค สีของฟิล์มอาจขึ้นอยู่กับเวลาในการให้ความร้อนขณะขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม โดยเวลาในการให้ความร้อนที่มากขึ้นส่งผลให้ฟิล์มสีคล้ำมาก

2.10 น้ำจิ้มแจ่ว

แจ่ว เป็นภาษาถิ่นอิสาน คือเครื่องจิ้มชนิดหนึ่งทำด้วยน้ำปลาหรือน้ำปลาร้าใส่พริกป่น (ราชบัณฑิตยสถาน, 2554) น้ำจิ้มแจ่วเป็นน้ำจิ้มรสจัดของไทยอีสานที่นิยมรับประทานกับอาหารทอดหรืออาหารปิ้งย่าง มีครบทุกรสชาติทั้งเปรี้ยว เค็ม เผ็ด และหวานเล็กน้อย ได้จากการนำส่วนประกอบ ได้แก่ พริกป่น ปรุงรสด้วยน้ำปลาหรือน้ำปลาร้าน้ำตาลทราย น้ำมะนาว และ/หรือน้ำมะขามเปียก

2.10.1 มะขาม (Tamarind)

ผลมะขาม (*Tamarindus indica* L.) มีลักษณะเป็นฝักประกอบด้วยเนื้อ 55% เมล็ด 33% เปลือกและเส้นใย 12% (Rao และ Srivastava, 1974) โดยเฉพาะส่วนเนื้อในฝักมะขามที่แก่จัดที่เรียกว่ามะขามเปียก ชาวเอเชียนิยมผสมเนื้อมะขามในแกง เครื่องดื่ม ซอส และน้ำพริก ภายในส่วนเนื้อของฝักมะขามจะประกอบด้วยกรดอินทรีย์ (8.7-11.1%) ที่ทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะตัว จำพวกกรดทาร์ทาริก (tartaric acid) กรดซิตริก (citric acid) และสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต (70.8%) โปรตีน (3.1%) ไขมัน (0.4%) ใยอาหาร (3.0%) วิตามิน (1%) และแร่ธาตุ (2.8%) (El-Siddig et al., 1999)

2.10.2 มะนาว (Lime)

ผลมะนาวเป็นผลไม้ชนิดหนึ่ง มีรสเปรี้ยวจัดจัดอยู่ในสกุลส้ม (citrus) ภายในประกอบด้วยกรดซิตริกซึ่งเป็นกรดผลไม้กลุ่มหนึ่ง (AHA : Alpha Hydroxy Acids) อยู่ 7-9 % นิยมใช้ใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มเพื่อเป็นสารให้กลิ่นรส (flavoring agent) (Penniston et al., 2008) ช่วยให้อาหารมีรสเปรี้ยวในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป นอกจากนี้มีการนำกรดซิตริกมาใช้เป็นสารลดความฝาด ลดการตกผลึกของน้ำผลไม้ ควบคุมระดับค่า pH ปรับสภาวะความเป็นกรดของอาหาร รวมถึงเป็นสารกันหืน และสารกันเสีย (Bocco et al., 1998)

สำหรับมะขามและมะนาวมีกรดทาร์ทาริกและกรดซิตริกซึ่งมีสมบัติเป็นสารเชื่อมขวาง (cross-linking agent) หรือ พลาสติไซเซอร์ (plasticizer) ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณในโครงสร้างร่างแห่ของฟิล์ม (film matrix)

Reddy และ Yang (2010) ศึกษาการเชื่อมข้ามโมเลกุลของฟิล์มแป้งด้วยกรดซิตริก พบว่าการเชื่อมข้ามโมเลกุลด้วยกรดซิตริกช่วยปรับปรุงความต้านทานแรงดึง โดยการเชื่อมข้ามโมเลกุลฟิล์มแป้งด้วยกรดซิตริกให้ฟิล์มที่มีความแข็งแรงมากกว่าฟิล์มที่ไม่ผ่านการเชื่อมข้ามโมเลกุลฟิล์มแป้งด้วยกรดซิตริกและฟิล์มแป้งที่เชื่อมข้ามด้วยพอลิเมอร์สังเคราะห์

Ghanbarzadeh et al. (2011) ศึกษาการเติมกรดซิตริก (CA) ที่ระดับความเข้มข้น 0 ถึง 20 % ต่อสมบัติของฟิล์มแป้งข้าวโพด พบว่า การเติมกรดซิตริกที่ความเข้มข้น 0 ถึง 10 % ช่วยปรับปรุงความต้านทานแรงดึง และค่าการซึมผ่านของไอน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ขณะที่การเติม CA ที่ความเข้มข้น 10 ถึง 20% ทำให้ความต้านทานแรงลดลง แต่มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยการเติม CA ที่ความเข้มข้น 10% ให้ฟิล์มที่มีความต้านทานแรงดึงสูงสุดแต่มีค่าความยืดหยุ่นและค่าการซึมผ่านของไอน้ำต่ำสุด

Mendoza (2015) ศึกษาการเชื่อมข้ามฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชด้วยกรดทาร์ทาริก (TA) และการปรับเปลี่ยนความต้านทานแรงดึงของวัสดุฟิล์มที่ภาวะการเกิดปฏิกิริยาแตกต่างกัน พบว่า ความต้านทานดึงสูงสุดของฟิล์มเพิ่มสูงถึง 6 % โดยมีมอโนโซเดียมทาเทตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการเชื่อมข้ามโมลกุลของสตาร์ชทำให้ฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

น้ำจิ้มแจ่วมีลักษณะเหลว มีข้อจำกัดในการนำมาใช้ การเก็บรักษา และการขนส่ง อาจเกิดการแยกชั้นได้เมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน สูญเสียคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดีมีอายุการเก็บสั้นจากการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนี้อาจมีข้อจำกัดด้านวัตถุดิบซึ่งอาจหายากในบางท้องถิ่น เช่น มะขามเปียกหรือวัตถุดิบที่มีราคาสูงในบางฤดูกาล เช่น มะนาว ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการผลิตแผ่นปรุงรสแจ่วในรูปแบบฟิล์มบริโภคได้ เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

และเป็นการปรับปรุงข้อจำกัดต่างๆที่กล่าวไว้ ฟิล์มบริโภคได้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกหนึ่ง มีความสะดวกในการนำมาใช้ การเก็บรักษา และการขนส่ง ลดการชั่งตวงวัดและความชำนาญของผู้ปรุงอาหาร มอลโทเดกซ์ทรินเป็นพอลิเมอร์ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ดีนิยมใช้ในการเตรียมฟิล์มบริโภคได้ และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ผลิตภัณฑ์หรือเทคโนโลยีที่ใกล้เคียงที่มีอยู่แล้วในตลาด

สิทธิบัตรไทย เลขที่ 2945 (2549) กรรมวิธีการผลิตน้ำพริกและพริกแกง (เครื่องแกง) อบแห้งชนิดแผ่นโดยการปรุงน้ำพริกและพริกแกงตามสูตรการปรุงน้ำพริกและพริกแกงแบบปรุงสดทั่ว ไปใช้ส่วน ประกอบและการบดให้ละเอียดเพิ่มรสชาติตามสูตรการปรุงสด จากนั้นนำมาเกลี่ยให้เป็น แผ่นในถาดตะแกรงที่มีรูระบายอากาศ มีความบาง 0.01-0.05 มิลลิเมตร อบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 40-80 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 4-20 ชั่วโมง ให้ความชื้นในน้ำพริก หรือ พริกแกงลดลงจนวัดค่า a_w ได้ที่ 0.20-0.82 นำมาตัดให้เป็นแผ่นขนาด 5-10 เซนติเมตร x 10-12 เซนติเมตร บรรจุในถุงฟอยด์ที่กันแสง เก็บสีและ กลิ่นได้

อนุวัตร และ คณะ (2550) พัฒนาผลิตภัณฑ์พริกหวานแผ่น โดยผลิตภัณฑ์จะเป็นแผ่นคล้ายกับสาหร่ายที่ใช้ห่อเป็นอาหารญี่ปุ่น โดยใช้กรรมวิธีการอบแห้งพริกหวานแผ่น คือการนำพริกหวานไปลวกที่อุณหภูมิน้ำเดือดนาน 3 นาทีแล้วนำไปปั่นให้ละเอียด นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียสนาน 5 นาที เทลงถาดขนาด 22 เซนติเมตร x 29 เซนติเมตร ปูด้วยถุงพลาสติกร้อนใส น้ำหนักต่อถาดเท่ากับ 200 กรัม อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 6–8 ชั่วโมง ซึ่งมีส่วนประกอบคือ พริกหวานพันธุ์สีแดงและน้ำสะอาดร้อยละ 84.78 และ 15.22 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์พริกหวานแผ่น มีการเติมมอลโทเดกซ์ทริน ที่ระดับร้อยละ 5 ผลิตภัณฑ์พริกหวานแผ่นที่ได้มีค่า a_w เท่ากับ 0.42 ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และ ค่าสีเหลือง (b*) เฉลี่ยที่ผิวเท่ากับ 38.78, 27.35 และ 19.84 ตามลำดับ และมีปริมาณความชื้น โปรตีน เยื่อใย เถ้าและคาร์ไบไฮเดรตเท่ากับ 20.60, 1.40, 1.30, 22.96 และ 53.74

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

- น้ำมะนาว ตรา แก้วตา บริษัท ไทยเลมอน ฟู้ดส์ จำกัด (สมบัติทางกายภาพและเคมีแสดงในตาราง ช.3)
- น้ำมะขามเปียก ตรา สวนวัง บริษัท เอ็ม แอนด์ โค (ประเทศไทย) จำกัด (สมบัติทางกายภาพและเคมีแสดงในตาราง ช.3)
- น้ำตาล บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด
- น้ำปลา ตรา หอยหลอด บริษัท โรงงานน้ำปลาฉั่วฮะเส็ง จำกัด
- พริกขี้หนูป่น (หยาบ)
- ข้าวคั่ว

3.1.2 สารเคมี

- ซิลิกาเจล บริษัท เจนจรัส เคม ซัพพลาย จำกัด
- แซนแทนกัม (xanthan gum) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด
- มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด (ค่า DE = 10-12)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) ตรา Ajax Finechem ประเทศ ออสเตรเลีย
- แมกนีเซียมคลอไรด์ (magnesium chloride) ตรา Ajax Finechem ประเทศ ออสเตรเลีย
- ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein 0.1%) บริษัท Merck ประเทศเยอรมนี
- ฟีนอลเรด (phenol red) บริษัท Merck ประเทศเยอรมนี
- ครีซอลเรด (cresol red) บริษัท Merck ประเทศเยอรมนี
- โบรโมไทมอลบลู (bromothymol blue) บริษัท Merck ประเทศเยอรมนี
- เอทานอล (ethanol) บริษัท Merck ประเทศเยอรมนี
- กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) ตรา Ajax Finechem ประเทศ ออสเตรเลีย
- สารละลายเกลือเพปโทน (peptone salt solution) ตรา Himedia ประเทศ India

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.3 **อุปกรณ์และเครื่องมือ**

- **เครื่องแก้วและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์**
  - บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
  - ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
  - ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
  - กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร
  - บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
  - กระดาษกรอง ตรา Whatman® เบอร์ 1 ขนาดเส้นรอบวง 110 มิลลิเมตร
  - เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermometer) ขวดหยดสารสีชา กรวยแก้ว แท่งแก้วคนสาร และช้อนตักสาร
- **อุปกรณ์ครัว**
  - ช้อนตวง
  - แผ่นเทฟลอน ขนาด 30 × 30 ตารางเซนติเมตร
  - กระดาษไข
  - ถาดอะคริลิค (acrylic plate) ขนาด 15 × 15 ตารางเซนติเมตร
  - กระชอนตาถี่ขนาด 60 และ 80 เมช
- **บรรจุภัณฑ์**
  - ถุงพอลิโพรพิลีน ขนาด 5 x 8 นิ้ว^2 (13 x 20 เซนติเมตร^2) หนา 0.07 มิลลิเมตร ตรา เทสโก้ โลตัส บริษัท เอก-ชัยดีสทริบิวชั่นซิสเทม จำกัด
- **อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับทดสอบทางประสาทสัมผัส**
  - ถ้วยพลาสติกสีขาว ขนาด 2 ออนซ์ (60 มิลลิลิตร)
  - แก้วน้ำดื่มพลาสติก ขนาด 4 ออนซ์ (120 มิลลิลิตร)
  - ถาดสำหรับใส่ตัวอย่าง และช้อนพลาสติกขนาด 6 นิ้ว
- **เครื่องมือสำหรับเตรียมฟิล์มบริโภค**
  - เครื่องชั่งน้ำหนัก 3 ตำแหน่ง รุ่น Model ID-C112 (ตรา Mitutoyo ประเทศญี่ปุ่น)
  - เครื่องกวนสารละลายพร้อมเตาให้ความร้อน รุ่น HP550-S (ตรา DLAB ประเทศสหรัฐอเมริกา)
  - เครื่อง pH meter รุ่น F20 (บริษัท Mettler Toledo ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (hand refractometer) รุ่น N1 (ตรา Atago ประเทศญี่ปุ่น)
- เครื่องวัดสี Minolta chroma meter รุ่น CR 400 series (บริษัท Konica Minolta ประเทศญี่ปุ่น)
- เครื่องวัดความหนืด viscometer รุ่น Premium R (ตรา Fungilab ประเทศสเปน)
- เครื่อง sonicator รุ่น S70H (ตรา Elma ประเทศเยอรมนี)

■ **อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์สมบัติของแผ่นฟิล์ม**

- เครื่องวัดความหนา (hand dial thickness gauge) รุ่น Model ID-C112 (ตรา Mitutoyo ประเทศญี่ปุ่น)
- เครื่องวิเคราะห์สมบัติเชิงกล Instron Universal Testing Machine รุ่น 5565 (บริษัท Instron ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) รุ่น Series 3 ตรา Aqua lab (บริษัท Decagon Devices ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- เครื่อง impulse sealer รุ่น TIS 450/10
- ตู้อบลมร้อน รุ่น FED (ตรา BIDER ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- เพลทตรวจเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ตรา Compact dry TC (บริษัท Nissui pharmaceutical ประเทศญี่ปุ่น)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2.1. พัฒนาสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มน้ำจิ้มแจ่ว (สูตรควบคุม)โดยศึกษาอิทธิพลของสูตรน้ำจิ้มแจ่ว และปริมาณแซนแทนกัมต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์ม

ศึกษาอัตราส่วนผสมที่เป็นกรดในสูตรน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุมซึ่งไม่ใส่ส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (ได้แก่ พริกป่น และ ข้าวคั่ว) โดยแปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ ได้แก่ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1) และแปรปริมาณแซนแทนกัมในสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทริน (3 ระดับ) ได้แก่ ไม่ใส่แซนแทนกัม (0%) ใส่แซนแทนกัม 1% และ 2% โดยมีขั้นตอน ดังนี้

3.2.1.1. **การเตรียมน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุม**

3.2.1.1.1 การเตรียมน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร ที่มีส่วนผสมตามตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 ร้อยละโดยน้ำหนักของส่วนผสมน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุม โดยแปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1)

ส่วนผสม (ร้อยละ)	สูตรน้ำมะขาม	สูตรผสม	สูตรน้ำมะนาว
น้ำปลา	42	42	42
น้ำตาล	20	20	20
น้ำมะขาม	38	19	0
น้ำมะนาว	0	19	38

ร้อยละโดยรวมของน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุมในแต่ละสูตร เท่ากับ 100

3.2.1.1.2 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุมทั้ง 3 สูตร ดังนี้

- วัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter
- วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000) (ภาคผนวก ก)
- วิเคราะห์ปริมาณเพกทิน ตามวิธีของ Shelukhina และ Fedichkina (1994) (ภาคผนวก ก)
- วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) ด้วยเครื่อง hand refractometer มีหน่วยเป็น องศาบริกซ์ ($^{\circ}$brix)
- วัดค่าสีในระบบสี CIELAB ด้วยเครื่อง Minolta chroma meter (ภาคผนวก ก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.1.2.**การเตรียมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมน้ำจิ้มแจ่ว**

3.2.1.2.1 เตรียมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทริน ดัดแปลงจากวิธีของ (Cilurzo et al., 2010) โดยละลายมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก นำสารละลายไปให้ความร้อนบน hot plate ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนละลายหมด (พร้อมกับทำการกวนตลอดเวลา) แล้วเติมแซนแทนกัม (ร้อยละ 0, 1 หรือ 2 โดยน้ำหนัก) กวนผสมโดยใช้ magnetic stirrer ให้เข้ากันเป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3.2.1.2.2 ผสมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มกับน้ำจิ้มแจ่วในแต่ละสูตร จากข้อ 3.2.1.1.1 โดยอัตราส่วน(โดยน้ำหนัก) 3:7 กวนให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที กำจัดฟองอากาศภายในสารละลายด้วยเครื่อง Sonicator เป็นเวลา 10 นาที

3.2.1.2.3 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม ทั้ง 9 สูตร ดังนี้

- วัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง viscometer โดยใช้ small adapter เข็มเบอร์ 2 ความเร็ว 100 rpm นาน 2 นาที
- วัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter
- วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดตามวิธีของ AOAC (2000) (ภาคผนวก ก)

3.2.1.3 การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม

3.2.1.3.1 เทสารละลายขึ้นรูปฟิล์มที่เตรียมได้ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงบนถาดอะคริลิคที่คลุมด้วยแผ่นเทฟลอนขนาด 15 X 15 ตารางเซนติเมตร

3.2.1.3.2 นำสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมน้ำจิ้มแจ่วไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประเมินเวลาในการอบแห้งจากกราฟการทำแห้ง (drying curve) จนมีค่าความชื้นคงที่

3.2.1.3.3 ลอกแผ่นฟิล์มจากถาด เก็บไว้ในเดซิเคเตอร์ที่ภาวะควบคุม อุณหภูมิ 25 ± 5 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ± 5 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำฟิล์มไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี

3.2.1.3.4 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม

- วัดความหนา โดยตัดตัวอย่างฟิล์มเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5 X 5 ตารางเซนติเมตร วัดความหนาของฟิล์มด้วย เครื่อง hand dial thickness gauge ทำการสุ่มวัดความหนาของฟิล์ม 10 ตำแหน่งของฟิล์มรอบๆ แผ่นฟิล์ม) (ภาคผนวก ข)
- วิเคราะห์สมบัติเชิงกล ได้แก่ ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ร้อยละการยืดตัว (percent of elongation) โดยใช้เครื่อง Instron Universal Testing Machine ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D882 (ASTM, 1989) ตั้ง

ระยะห่างระหว่างหัววัด (initial grip distance) 50 มิลลิเมตร ความเร็วของหัววัด (crosshead speed) 5.0 มิลลิเมตร/นาที (ภาคผนวก ข)

- วิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC (2000) (ภาคผนวก ข)
- วัดค่าปริมาณน้ำอิสระ ด้วยเครื่อง Aqua lab (ภาคผนวก ข)
- วัดค่าสีในระบบสี CIELAB ด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter
- วิเคราะห์ค่าการละลายน้ำ (solubility) ดัดแปลงจากวิธี Shojaee-Aliabadi et al. (2013) โดยตัดฟิล์มชั่งน้ำหนักเริ่มต้นที่แน่นอน (2 กรัม) แล้วนำแผ่นฟิล์มที่ได้มาแช่ในถ้วยที่บรรจุน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องปริมาตร 50 มิลลิลิตร สุ่มตัวอย่างที่เวลา 1, 2 และ 3 นาที พร้อมคนตัวอย่าง จากนั้นนำชิ้นฟิล์มที่เหลือมาทำให้แห้งอีกครั้งโดยอบที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ก่อนนำไปชั่งน้ำหนักทำซ้ำจนตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่

3.2.1.4 **ทดสอบทางสถิติ**

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์สมบัติของน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร (ข้อ 3.2.1.1.2) และ วางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 factorial in completely randomized design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์สมบัติของสารละลายขึ้นรูปฟิล์ม (ข้อ 3.2.1.2.3) และแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม (ข้อ 3.2.1.3.4) 9 สูตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของแต่ละชุดข้อมูล เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมจากข้อ 3.2.1 มา 2 สูตร โดยพิจารณาจากสมบัติของแผ่นฟิล์ม ได้แก่ ความสามารถในการขึ้นรูปฟิล์มที่มีความสม่ำเสมอ ความสามารถลอกแผ่นฟิล์มออกจากถาด ความยืดหยุ่นไม่เปราะหักง่าย ความสามารถดูดน้ำและละลายน้ำได้เร็วที่สุด

3.2.2 การพัฒนาขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว

ศึกษาโดยแปรความหนาของฟิล์ม (2 ระดับ) พร้อมทั้งใส่ส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ พริกป่นและข้าวคั่ว

3.2.2.1 การขึ้นรูปแผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว

3.2.2.1.1 เตรียมน้ำจิ้มแจ่วและสารละลายขึ้นรูปฟิล์มจากสูตรที่เลือกได้ (2 สูตร) ใน ข้อ 3.2.1.2. นำมาขึ้นรูปแผ่นตามความหนาที่ต้องการ (2 ระดับ) ได้แก่ แผ่นบาง (ปริมาตรของสารละลายขึ้นรูปฟิล์ม 20 มิลลิลิตร) และแผ่นหนา (ปริมาตรของสารละลายขึ้นรูปฟิล์ม 40 มิลลิลิตร) โดยเทสารละลายขึ้นรูปฟิล์มในปริมาณที่กำหนด ลงบนถาดอะคริลิคที่คลุมด้วยแผ่นเทฟลอนขนาด 15 X 15 ตารางเซนติเมตร

3.2.2.1.2 อบแห้งสารละลายขึ้นรูปฟิล์มไปด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

3.2.2.1.3 ระหว่างการอบแห้ง นำถาดออกจากตู้อบเพื่อโรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (ที่เวลาการอบแห้ง 30 นาที สำหรับแผ่นบาง และ 60 นาที สำหรับแผ่นหนา) โดยร่อนพริกป่นผ่านกระชอนตาถี่ ขนาด 60 เมช (ปริมาณ ร้อยละ 3 ของน้ำหนักสารละลายผสมที่เทลงถาด) และร่อนข้าวคั่วผ่านการด้วยกระชอนตาถี่ ขนาด 80 เมช (ปริมาณ ร้อยละ 2 ของน้ำหนักสารละลายผสมที่เทลงถาด) ให้กระจายทั่วบริเวณด้านบนของแผ่น

3.2.2.1.4 นำถาดแม่พิมพ์อบแห้งต่อด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีค่าความชื้นคงที่ (ประเมินเวลาการอบแห้งจากกราฟการทำแห้ง)

3.2.2.1.5 ลอกแผ่นฟิล์มที่อบแห้งจนมีค่าความชื้นคงที่ เก็บไว้ในเดซิเคเตอร์ที่ภาวะควบคุม อุณหภูมิ 25 ± 5 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ± 5 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นปรุงรส และของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส

3.2.2.2 วิเคราะห์คุณภาพของแผ่นปรุงรส

- วัดความหนา วิเคราะห์สมบัติเชิงกล ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และวัดค่าสี ตามข้อ 3.2.1.3.4
- วิเคราะห์ค่าการละลายน้ำ ดัดแปลงจากวิธี Shojaee-Aliabadi et al. (2013) ชั่งน้ำหนักฟิล์มเริ่มต้นที่แน่นอน (แผ่นหนา 4 กรัม และ แผ่นบาง 8 กรัม) แล้ว

แช่แผ่นฟิล์มในถ้วยที่บรรจุน้ำกลั่น(อุณหภูมิห้อง) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เป็นเวลาเวลา 3 นาที พร้อมคนตัวอย่าง จากนั้นนำชิ้นฟิล์มที่เหลือมาทำให้แห้งอีกครั้งโดยอบที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ก่อนนำไปชั่งน้ำหนักทำซ้ำจนตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่

3.2.2.3 **วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส**

เตรียมน้ำจิ้มแจ่วโดยละลายแผ่นปรุงรส (แผ่นหนา ใช้ปริมาณ 2 กรัม และ แผ่นบาง ใช้ปริมาณ 4 กรัม) ในน้ำปริมาตร 25 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ (25 ± 5 องศาเซลเซียส) คนให้แผ่นปรุงรสละลายเป็นของเหลวทั้งหมด (เป็นเวลา 3 ถึง 5 นาที) ได้น้ำจิ้มแจ่วพร้อมนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ดังนี้

- วัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง viscometer โดยใช้ small adapter เข็มเบอร์ 2 ความเร็ว 100 rpm นาน 2 นาที
- วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้วยเครื่อง hand refractometer มีหน่วยเป็น ° brix
- วัดค่าสีในระบบสี CIELAB ด้วยเครื่อง Minolta chroma meter

3.2.2.4 **ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส**

จากข้อ 3.2.2.1-3.2.2.3 เลือกฟิล์มแผ่นหนา (ทั้งสูตรน้ำมะขามและสูตรผสม) เพื่อทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส (Acceptance test) ของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสแจ่ว ด้วยผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ผ่านเกณฑ์คัดเลือกคือ มีอายุตั้งแต่ 18 ปี ต้องเคยบริโภคแจ่ว เคยมีประสบการณ์ปรุงหรือประกอบอาหารเองบ้าง ในแต่ละตัวอย่างผู้ทดสอบแต่ละคนประเมิน 4 ส่วน ได้แก่ แผ่นปรุงรสแจ่ว การละลายของแผ่นปรุงรสแจ่ว น้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส และ ความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

สำหรับแผ่นปรุงรส ผู้ทดสอบประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏของแผ่น (สีและการกระจายตัวของพริกป่นและข้าวคั่ว) และความชอบด้านเนื้อสัมผัสของแผ่น (ขณะหัก/ฉีกแผ่น) โดย 7-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมาก 7 = ชอบมาก)

การละลายของแผ่นปรุงรส ทดสอบโดยให้ผู้ทดสอบละลายแผ่นปรุงรสด้วยตัวเอง โดยให้ผู้ทดสอบฉีกแผ่นปรุงรสตัวอย่างแผ่นหนา ขนาด 2 กรัม ใส่ในน้ำอุณหภูมิ (25 ± 5

องศาเซลเซียส) ปริมาณ 25 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน เป็นเวลา 3 ถึง 5 นาที แล้วให้คะแนนลักษณะด้านความเปราะของแผ่นขณะหัก/ฉีกด้วยวิธี 7-point intensity scale (1 = ไม่เปราะเลย 7 = เปราะมาก) และความยากในการละลายน้ำ ด้วยวิธี 7-point intensity scale (1 = ไม่ยากเลย 7 = ยากมาก)

น้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส ผู้ทดสอบประเมินเป็นตัวอย่างที่ละลายเอง (ประมาณ 3 ถึง 5 นาที หลังละลาย) และตัวอย่างที่ผู้วิจัยละลายไว้แล้ว (ประมาณ 10 ถึง 15 นาทีหลังละลาย) โดยให้คะแนนด้านความชอบของ สี กลิ่น (ขณะดม) ความหนืด กลิ่นรสแจ่ว (เมื่อกินกับข้าวเหนียว) และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 7-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมาก และ 7 = ชอบมาก) และประเมินระดับความพอดีด้านความเปรี้ยว ความเค็ม ความเผ็ด กลิ่นรสมะขาม กลิ่นรสข้าวคั่ว และกลิ่นรสมะนาว) ด้วย 3-point Just about right scale (1 = น้อยไป 2 = พอดี และ 3 = มากไป)

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ โดยใช้สเกล 7 จุด ด้านความสะดวกในการใช้ผลิตภัณฑ์ (1 = ไม่สะดวกเลย และ 7 = สะดวกมาก) ความน่าสนใจของผลิตภัณฑ์และความน่าสนใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ (1 = ไม่น่าสนใจเลย และ 7 = น่าสนใจมาก)

แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแสดงใน (ภาคผนวก ฉ)

3.2.2.5 ทดสอบทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 2 factorial in completely randomized design (CRD) สำหรับวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว (ข้อ 3.2.2.2 และ ข้อ 3.2.2.3) ทำการทดลอง 3 ซ้ำและวางแผนการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) สำหรับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว (ข้อ 3.2.2.4) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของแต่ละชุดข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.3.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วระหว่างการเก็บรักษา

3.2.3.1 ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรส 2 สูตร (จากข้อ 3.2.2.4) โดยเก็บผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วในถุงพอลิโพรพิลีนปิดสนิท ควบคุมที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 ± 5 ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน (ดัดแปลงจากวิธีของ Yoon t al., 2006)

3.2.3.1.1 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นปรุงรส (4 สูตร) ดังข้อ 3.2.2.2 สุ่มตัวอย่างทุก 15 วัน

3.2.3.1.2 วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของตัวอย่างที่เก็บไว้ 60 วัน ตามวิธี BAM (2001)(ภาคผนวก ค)

3.2.3.1.3 ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส สุ่มตัวอย่างทุก 30 วัน

ประเมินคุณภาพและการยอมรับของแผ่นปรุงรสทั้งหมด 4 สูตร ได้แก่ แผ่นปรุงรสสูตรน้ำมะขามซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส (2 สูตร) และแผ่นปรุงรสสูตรผสมซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส (2 สูตร) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ผ่านเกณฑ์คัดเลือกคือ มีอายุตั้งแต่ 18 ปี ต้องเคยบริโภคแจ่ว เคยมีประสบการณ์ปรุงหรือประกอบอาหารเองบ้าง ในแต่ละตัวอย่างผู้ทดสอบแต่ละคนประเมิน 2 ส่วน ได้แก่ แผ่นปรุงรสแจ่ว และ น้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส

สำหรับแผ่นปรุงรส ผู้ทดสอบประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏของแผ่น ได้แก่ ความชอบด้านสีและความชอบด้านการกระจายตัวของพริกป่นและข้าวคั่ว ด้วยวิธี 7-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมาก 7 = ชอบมาก)

สำหรับน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส ผู้ทดสอบประเมินเป็นตัวอย่างที่ผู้วิจัยละลายไว้แล้ว (ประมาณ 10 - 15 นาทีหลังละลาย) โดยให้คะแนนด้านความชอบของ สี กลิ่น(ขณะดม) กลิ่นรสแจ่ว (เมื่อกินกับข้าวเหนียว) และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 7-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมาก 7 = ชอบมาก)

แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแสดงใน (ภาคผนวก ฉ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.3.2 การทดสอบทางสถิติ

วิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว 4 สูตร (ข้อ 3.2.3.1.1) โดยวางแผนการทดลองแบบ 2 x 2 factorial in completely randomized design (CRD) ทำการขึ้นรูปฟิล์ม 3 ครั้งโดยเก็บฟิล์มพร้อมกัน และประเมินค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว (ข้อ 3.2.3.1.3) โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของแต่ละชุดข้อมูล เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.2.3.3 การหาสมการคำนวนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีเร่งอุณหภูมิ

หาค่า Q_{10} สำหรับทำนายการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ได้จากสมการ

$$Q_{10} = \frac{\theta_{S(T)}}{\theta_{S(T+10)}}$$

เมื่อ $\theta_{S(T)}$ = อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T (วัน)

$\theta_{S(T+10)}$ = อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ *T+10 (*วัน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

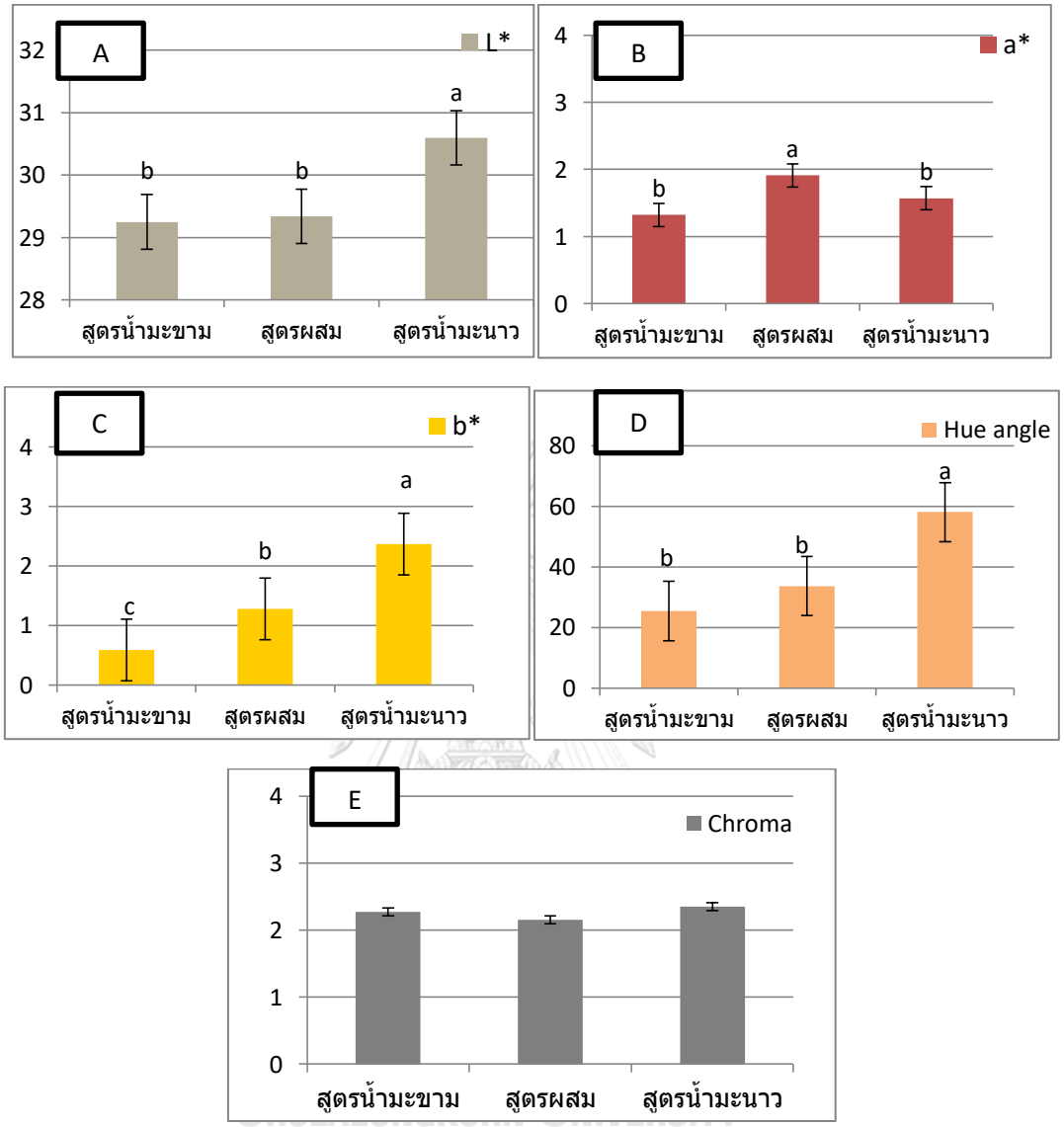
4.1 การพัฒนาสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มน้ำจิ้มแจ่วศึกษาอิทธิพลของสูตรน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุมและระดับของแซนแทนกัม ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มที่ขึ้นรูปจากมอลโทเดกซ์ทริน

4.1.1 สมบัติกายภาพและเคมีของน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุม

เมื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุมทั้ง 3 สูตร ได้แก่ สูตรน้ำมะขาม สูตรผสม และสูตรน้ำมะนาว แสดงดัง ภาพ 4.1 และตาราง ช.1 พบว่า น้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะนาว มีค่า L* (ความสว่าง) และ ค่า b* (สีเหลือง) มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 30.60 ± 0.17 และ 2.37 ± 0.05 ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมะนาวมีค่า L* และค่า b* สูงกว่าน้ำมะขาม (ตาราง ช.3) เมื่อพิจารณาค่า hue angle (เฉดสี) พบว่า น้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะนาวอยู่ในเฉดสีส้ม มีค่า hue angle มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 56.40 ± 1.86 ในขณะที่น้ำจิ้มแจ่วสูตรผสมและน้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะขามมีสีอยู่ในเฉดสีส้มแดง ค่า hue angle ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) โดยมีค่า hue angle (เฉดสี) เท่ากับ 33.26 ± 8.31 และ 23.90 ± 4.76 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า chroma (ความเข้มของสี) (ตารางช.1) พบว่า ค่า chroma ของน้ำจิ้มแจ่วทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)

สมบัติทางเคมีของน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุม แสดงดัง ภาพ 4.2 และ ตาราง ช.2 พบว่า ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของน้ำจิ้มแจ่วมีความสอดคล้องกับค่าปริมาณกรด โดยน้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะนาว มีค่า pH ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 2.75 ± 0.02 และมีปริมาณกรดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ ร้อยละ 1.44 ± 0.01 เนื่องจากน้ำมะนาวมีค่า pH ต่ำกว่าและมีปริมาณกรดสูงกว่าน้ำมะขาม (ตาราง ช.3)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

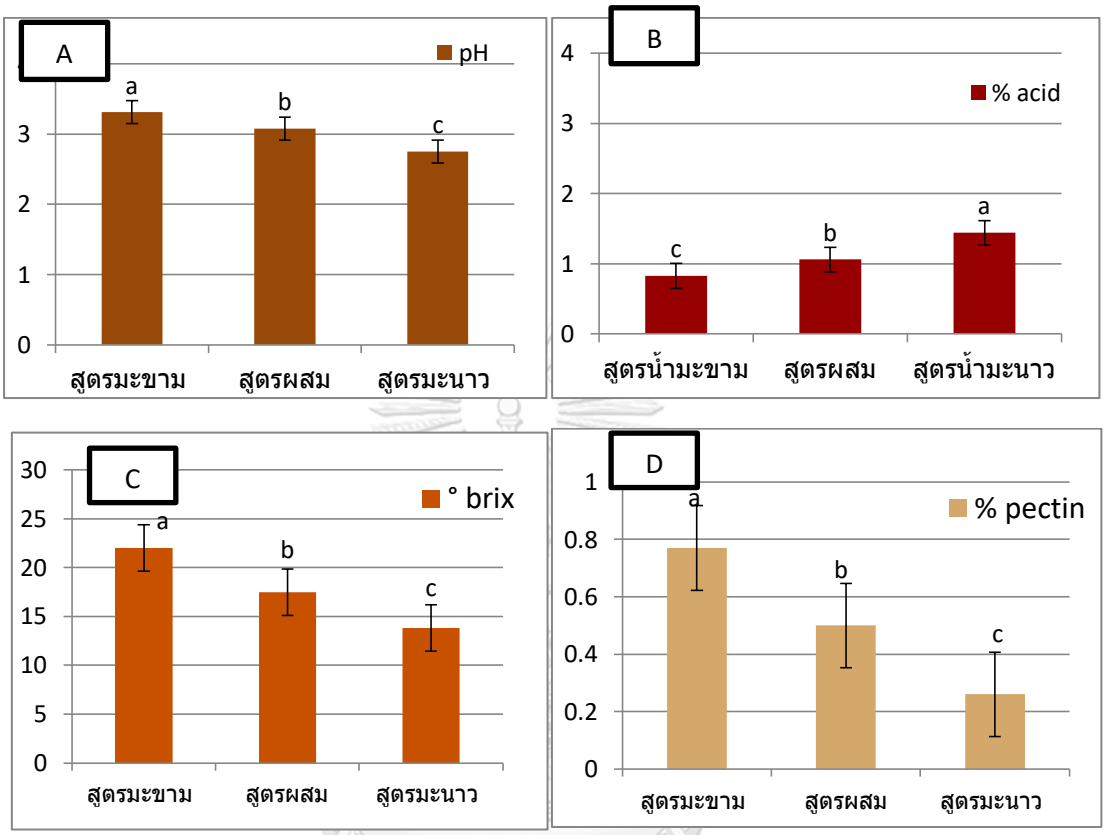


ภาพ 4.1 ค่า L* (A), a* (B), b* (C) hue angle (D) และ chroma (E) ของน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตรที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1)

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำจิ้มแจ่ว มีความสอดคล้องกับปริมาณเพกทิน แสดงดัง ภาพ 4.2 และ ตาราง ช.2 โดยน้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะขามมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณเพกทินมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 22.00 ± 0.20 $^{\circ}$ brix และ ร้อยละ 0.77 ± 0.02 ตามลำดับ ทั้งนี้สอดคล้องกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณเพกทินของน้ำขามและน้ำมะนาว แสดงดัง ตาราง ช.3 โดยส่วนผสมในน้ำจิ้มแจ่ว ได้แก่ น้ำปลา

และ น้ำตาล มีผลทำให้น้ำจิ้มแจ่วมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นจากน้ำมะนาวและน้ำมะขาม



ภาพ 4.2 ค่า pH (A) ค่าปริมาณกรด (B) ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (C) และค่าปริมาณเพกทิน (D) ของน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตรที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1)

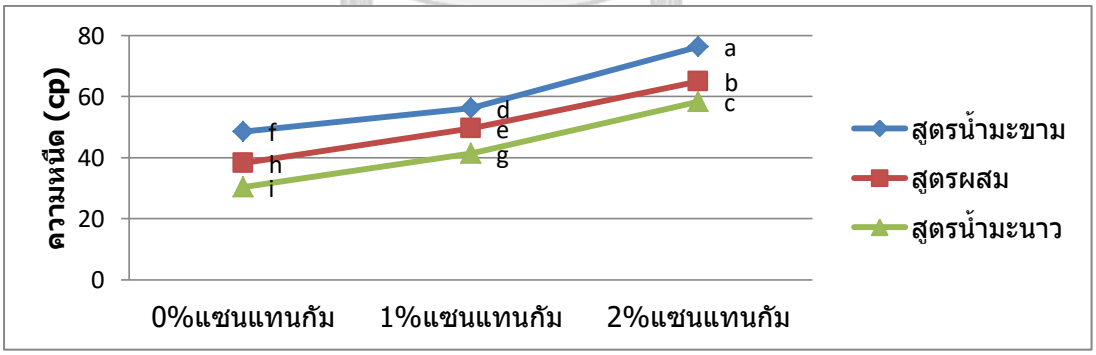
$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.1.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม

เมื่อศึกษาสมบัติของสารละลายขึ้นรูปฟิล์ม ทั้ง 9 สูตร ที่ได้จากน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร (สูตรน้ำมะขาม สูตรผสม และสูตรน้ำมะนาว) และแปรปริมาณแซนแทนกัม 3 ระดับ (ร้อยละ 0, 1 และ 2) พบว่า มีอิทธิพลของสูตรน้ำจิ้มแจ่วและอิทธิพลของปริมาณแซนแทนกัมต่อค่าความหนืด ค่า pH และปริมาณกรดของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วฐานมอลโทเดกซ์ทรินแต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย ดังแสดงในภาพ 4.3-4.5 และ ตาราง ช.4-ช.6

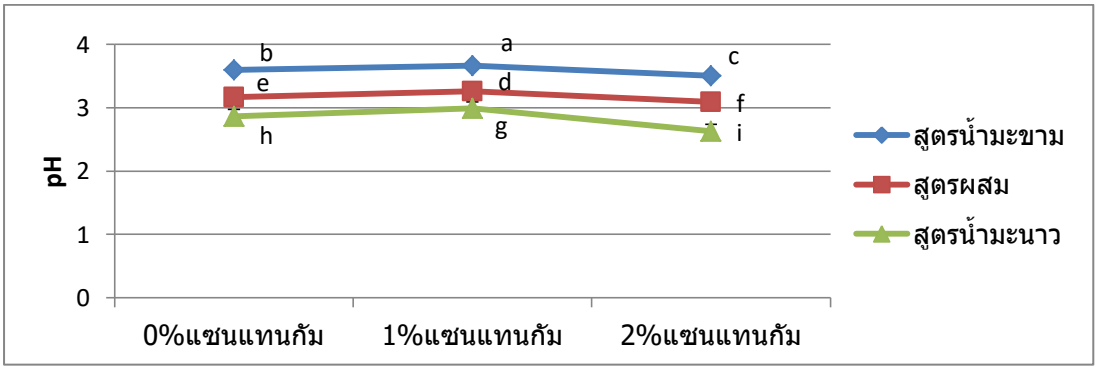
ภาพที่ 4.3 และตาราง ช.4 แสดงสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรน้ำมะขามมีค่าความหนืดสูงกว่าสูตรอื่นๆ ($p<0.05$) ในทุกระดับของแซนแทนกัม เนื่องจากน้ำมะขามมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณเพกทินซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีสามารถช่วยเพิ่มความหนืดและความคงตัวของสารละลายเป็นองค์ประกอบอยู่สูงกว่าน้ำมะนาว

เมื่อพิจารณา ค่า pH และ ปริมาณกรดของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม พบว่า ค่า pH และ ปริมาณกรดของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มให้ผลสอดคล้องกับสมบัติทางเคมีน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุม กล่าวคือสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรน้ำมะขาม มีค่า pH สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 3.60 ± 0.07 และมีปริมาณกรดต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ ร้อยละ 0.63 ± 0.01 เนื่องจากน้ำมะขามมีค่า pH สูงกว่าและมีปริมาณกรดต่ำกว่าน้ำมะนาว แสดงดัง ตาราง ช.3



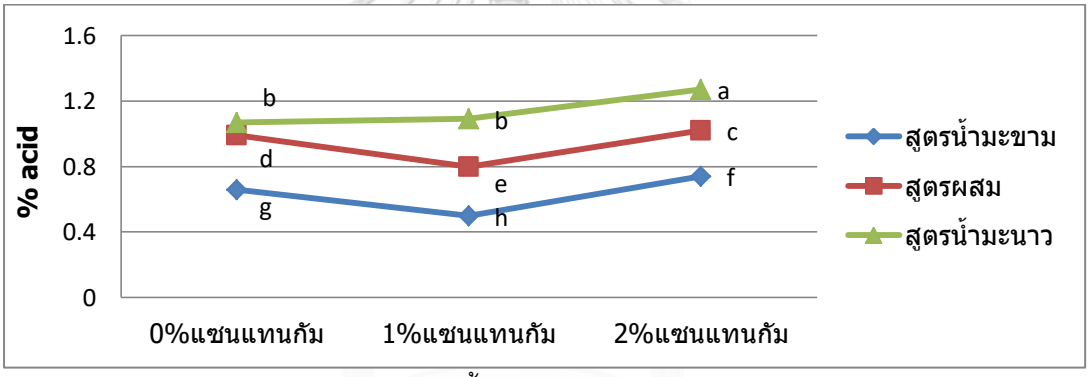
ภาพ 4.3 ความหนืดของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตรที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1) และปริมาณแซนแทนกัม 3 ระดับ (ร้อยละ 0, 1 และ 2)

$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 4.4 ความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร ที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1) และปริมาณแซนแทนกัม 3 ระดับ (ร้อยละ 0, 1 และ 2)

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 4.5 ปริมาณกรด (%) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร ที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1) และปริมาณแซนแทนกัม 3 ระดับ (ร้อยละ 0, 1 และ 2)

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.3 การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม

4.1.3.1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วระหว่างการอบแห้ง

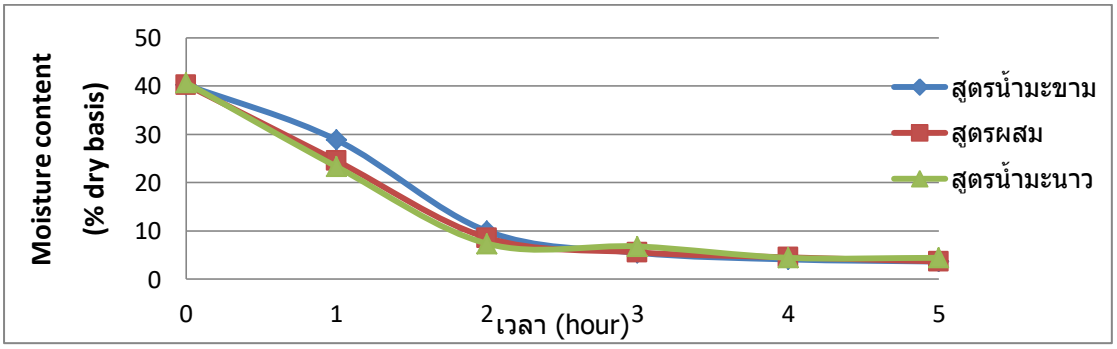
จากการทำแห้งเมื่ออบสารละลายขึ้นรูปฟิล์ม ปริมาตร 20 มิลลิลิตร/ พื้นที่ถาด 15 ×15 ตารางเซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาในการอบแห้งสารละลายขึ้นรูปฟิล์มดังภาพ 4.6-4.8 สารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วมีความชื้นเริ่มต้นอยู่ในช่วง 40.31 ± 0.24 ถึง 47.48 ± 0.01 (ร้อยละ

โดยฐานแห้ง) เมื่อเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้สารละลายขึ้นรูปฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วฐานมอลโทเดกซ์ทรินมีความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยความชื้นลดลงมากในช่วงแรกของการทำแห้ง (2 ชั่วโมง) เนื่องจากเกิดการระเหยของน้ำออกจากผิวหน้าอาหารอย่างรวดเร็ว จากนั้นปริมาณความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆ จนคงที่ในช่วงท้ายของการอบแห้ง (5 ชั่วโมง) สามารถกำหนดเวลาในการอบแห้งได้เท่ากับ 5 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นสุดท้ายอยู่ในช่วง 4.45 ± 0.89 ถึง 5.92 ± 0.89 (ร้อยละโดยฐานแห้ง) พบว่าสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรน้ำมะขาม มีการทำแห้งลดลงช้าสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ขณะที่ปริมาณความชื้นสุดท้ายของการอบแห้งของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มปรุงรสทั้ง 3 สูตร มีแนวโน้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)

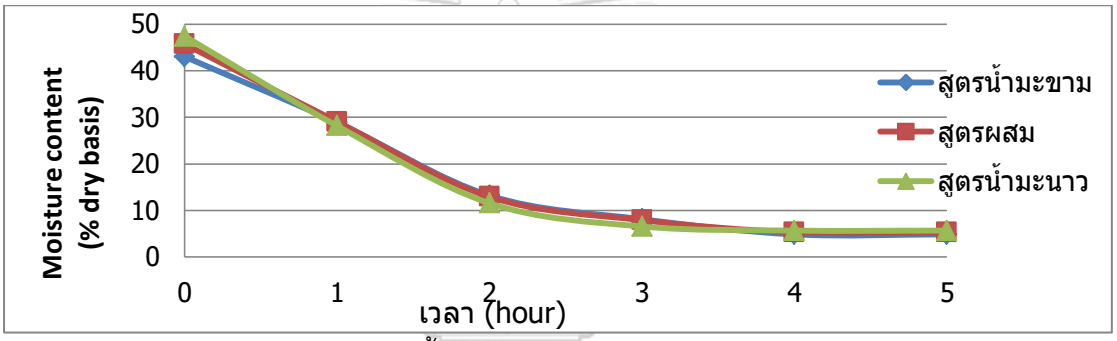
เมื่อพิจารณาผลของปริมาณแซนแทนกัมต่อการทำแห้งสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่ว พบว่าสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 2 มีความชื้นลดลงช้าในสองชั่วโมงแรก เนื่องจากแซนแทนกัมมีความสามารถดูดซับน้ำและอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้างเครือข่าย อย่างไรก็ตามความชื้นสุดท้ายของฟิล์มไม่แตกต่างกัน

Sánchez et al. (1995) รายงานว่าแซนแทนกัมมีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมากที่สุด (232 มิลลิลิตรต่อกรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับกัมชนิดอื่นๆ ได้แก่ กัวร์กัม (40 มิลลิลิตรต่อกรัม) โซเดียมอัลจิเนต (25 มิลลิลิตรต่อกรัม) โพรพิลีนไกลคอลอัลจิเนต (15 มิลลิลิตรต่อกรัม) และโลคัสบีนกัม (11.6 มิลลิลิตรต่อกรัม)

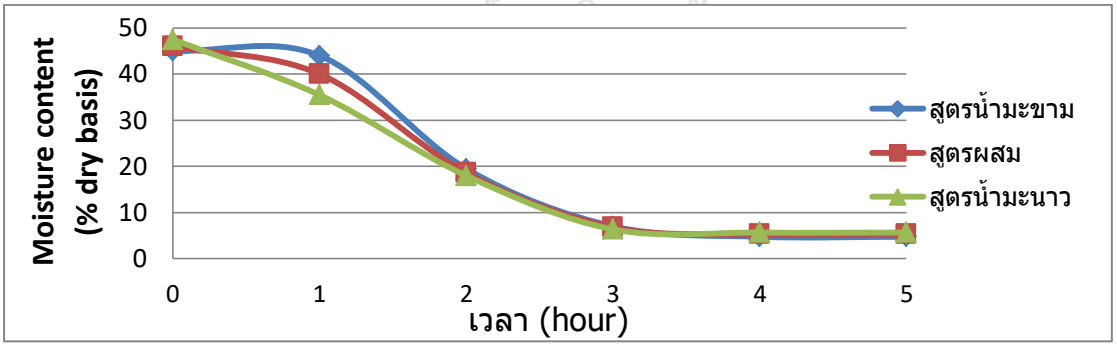
Reis et al. (2013) พบว่า ปริมาณสตาร์ชซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่เป็นสารก่อฟิล์มมีอิทธิพลต่ออัตราการทำแห้งของฟิล์มมันเทศในช่วง constant period โดยมีสมมุติฐานว่าสตาร์ชขัดขวางการระเหยน้ำ ในขณะที่ความเข้มข้นของกลีเซอรอลไม่มีผลต่ออัตราการทำแห้ง



ภาพ 4.6 การทำแห้งของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร ที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1) ที่เติมแซนแทนกัม 0 %



ภาพ 4.7 การทำแห้งของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร ที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1) ที่เติมแซนแทนกัม 1 %



ภาพ 4.8 การทำแห้งของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร ที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1) ที่เติมแซนแทนกัม 2 %

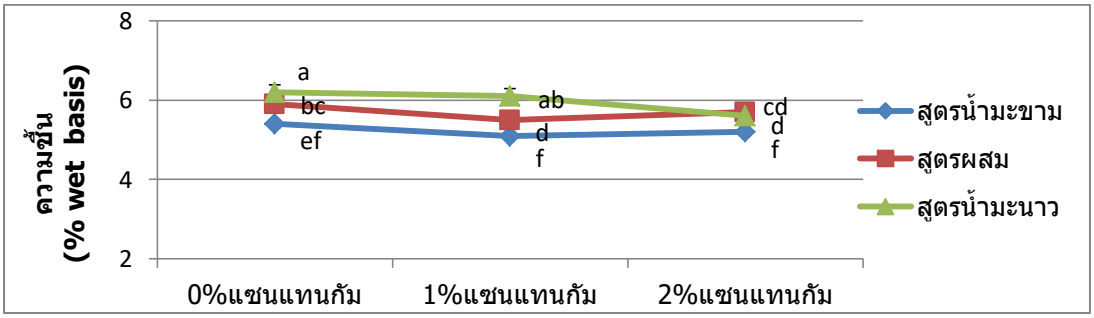
4.1.3.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม

เมื่ออบแห้งสารละลายขึ้นรูปฟิล์ม ปริมาตร 20 มิลลิลิตร/ พื้นที่ถาด 15 ×15 ตารางเซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จนได้แผ่นฟิล์มสูตรควบคุม นำไปวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ดังแสดง ในภาพ 4.9-4.10 และตาราง ช.7-ช.8 เมื่อพิจารณาค่าปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยฐานเปียก) และค่า a_w ฟิล์มสูตรน้ำมะขามมีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ ร้อยละ 5.20 ± 0.01 และ 0.393 ± 0.006 ตามลำดับ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ Galus et al. (2012) ศึกษาจลนพลศาสตร์การดูดซับไอน้ำ (water vapour sorption kinetics) และไอโซเทอมของน้ำ (moisture sorption isotherms) ของฟิล์มเพกทิน พบว่า เพกทินมีสมบัติชอบรวมตัวกับน้ำ (hydrophillic) ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของฟิล์มเพกทินเปลี่ยนแปลงตามความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นของฟิล์มเพกทินเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จาก a_w 0 ถึง 0.75 และ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ a_w 0.75 ถึง 0.90

Azeredo et al. (2016) พัฒนาฟิล์มเพกทินจากน้ำทับทิมและกรดซิตริก พบว่า การเชื่อมข้าม (cross-link) โมเลกุลของพอลิเมอร์ด้วยกรดซิตริกที่บริเวณหมู่คาร์บอกซิลของกรดซิตริกกับหมู่ไฮดรอกซิลของเพกทิน ช่วยปรับปรุงแรงระหว่างโมเลกุลพอลิเมอร์และลดค่า water vapor permeability ลง

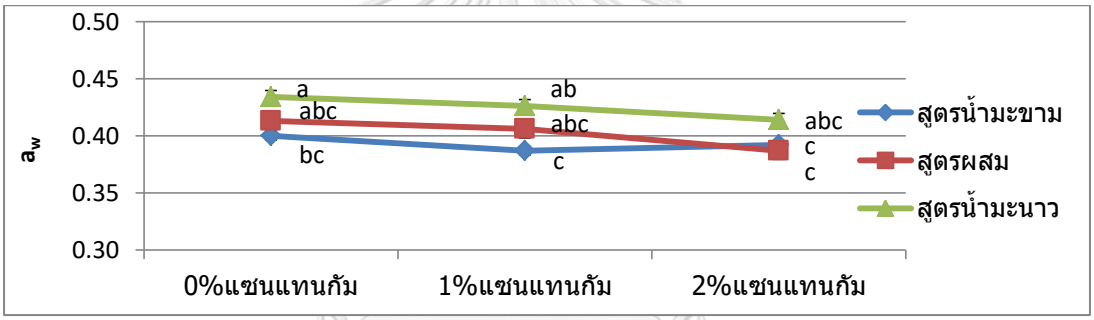
ในขณะที่ฟิล์มที่ใส่แซนแทนกัมมีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินเพียงอย่างเดียว แสดงดัง ภาพ 4.9-4.10 และตาราง ช.7-ช.8 เนื่องจากการเชื่อมข้าม (cross-link) ของแซนแทนกัมระหว่างสายพอลิเมอร์ (intermolecular bonding) ด้วยพันธะไฮโดรเจนและแรงแวนเดอร์วาลล์ลดการเกิดอันตรกิริยากับน้ำที่บริเวณหมู่ไฮดรอกซิล ส่งผลให้ฟิล์มที่ได้มีความชื้นลดลง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ Balasubramanian et al. (2018) ศึกษาสมบัติของฟิล์มผสมแคปป้าคาราจีแนน (k-carrageenan)/ แซนแทนกัม (xanthan gum)/ เจแลน กัม (gellan gum) พบว่าการเชื่อมข้ามของแซนแทนกัมส่งผลต่อปริมาณความชื้น โดยแซนแทนกัมเกิดอันตรกิริยากับแคปป้าคาราจีแนนและเจแลนกัม ทำให้เกิดการสร้างพันธะไฮโดรเจนซึ่งไปยับยั้งหมู่ไฮดรอกซิลส่งผลให้ปริมาณความชื้นภายในฟิล์มลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 4.9 ความชื้น (% wet basis) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตรที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1)

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 4.10 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร ที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1)

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความหนาของฟิล์มแต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) โดยความหนาของฟิล์มอยู่ในช่วง 0.314 ± 0.035 ถึง 0.393 ± 0.036 มิลลิเมตร (ภาพ 4.11และ ตารางช.9) เมื่อนำฟิล์มมาวิเคราะห์สมบัติเชิงกล แสดงดัง ภาพ 4.12-4.13 และ ตาราง ช.10-ช.11 พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างสูตรน้ำจิ้มแจ่วและปริมาณแซนแทนกัม จากผลการทดลองฟิล์มสูตรน้ำมะขามมีค่าความต้านทานแรงดึงและค่าร้อยละการยืดตัวมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 12.38 ± 1.60 MPa และ 146.29 ± 0.20 ตามลำดับ เนื่องจากฟิล์มสูตรน้ำมะขามมีปริมาณเพกทินซึ่งเป็นสารก่อฟิล์มที่ดีในปริมาณมาก (ตาราง ช.2) จึงช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างร่างแหของฟิล์มส่งผลให้ฟิล์มที่ได้มีความแข็งแรง อีกทั้งกรดซิตริกมีสมบัติเป็นสารเชื่อมขวาง

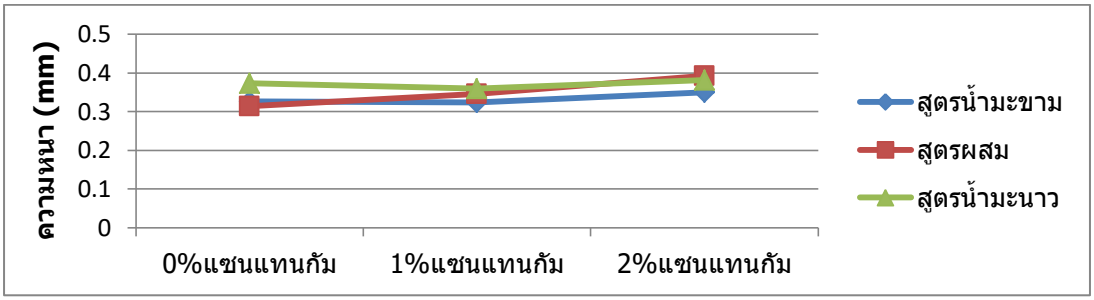
(cross-linking agent) โดยหมู่คาร์บอกซิลของกรดซิตริกสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิเมอร์ช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างฟิล์ม ซึ่งปริมาณเพกทินมีผลมากกว่าปริมาณกรดต่อสมบัติเชิงกลของฟิล์ม

Galus et al. (2013) ที่ศึกษาผลของความเข้มข้นของเพกทิน (1.5, 2.5 และ 3.5%) โดยมีกลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์ ต่อสมบัติเชิงกลของฟิล์มบริโภคได้ พบว่าปริมาณเพกทินที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความต้านทานแรงดึงของฟิล์มเพิ่มขึ้น โดยไม่ส่งผลต่อความยืดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

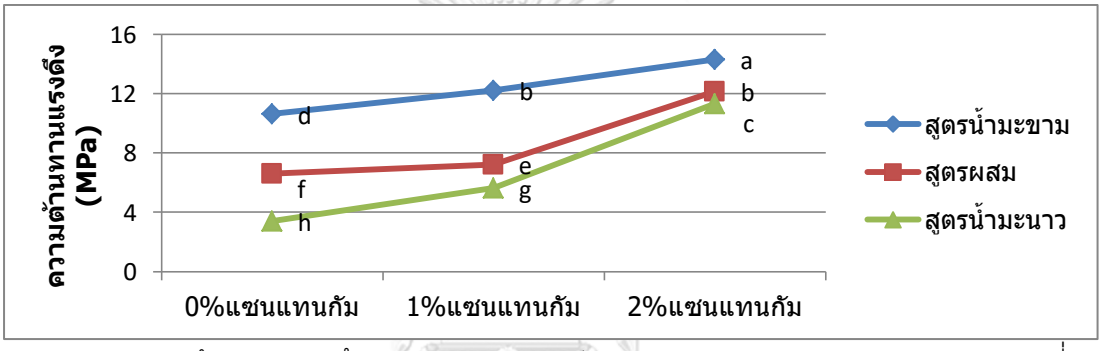
Azeredo et al. (2016) พัฒนาฟิล์มเพกทินจากน้ำทับทิมและกรดซิตริก พบว่า การเชื่อมข้าม (cross-link) โมเลกุลของพอลิเมอร์ด้วยกรดซิตริกช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์ม ให้ฟิล์มที่มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงขึ้น ขณะที่ร้อยละการยืดตัวลดลง

ฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินมีสมบัติเปราะและแตกหักง่าย การนำแซนแทนกัมมาใช้ร่วมกับมอลโทเดกซ์ทรินจะให้ฟิล์มที่มีสมบัติเชิงกลดีขึ้น กล่าวคือ เมื่อเพิ่มปริมาณของแซนแทนกัมลงในฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินให้ฟิล์มที่มีค่าความต้านทานแรงดึงและความยืดหยุ่นมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินสูตรควบคุมที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 2 ให้ฟิล์มที่มีความต้านทานแรงดึงและความยืดหยุ่นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ความต้านทานแรงดึง 12.59 ± 0.02 MPa และ ร้อยละการยืดตัว 215.02 ± 2.18 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ กนกวรรณ ไตรพรวัฒนกุล และ นันท์นภัส ฐากุลวีรนันท์ (2551) ศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟิล์มเด็กซ์ตริน (Fiberose®) ร่วมกับแซนแทนกัมหรือเจลแลนกัมเป็นสารก่อฟิล์ม โดยใช้กลีเซอรอลร่วมกับซอร์บิทอลเป็นพลาสติไซเซอร์ พบว่า ฟิล์มผลิตจากเดกซ์ทรินอย่างเดียวมีสมบัติเปราะและแตกหักง่าย การเติมแซนแทนกัมหรือเจลแลนกัม และการเติมกลีเซอรอลร่วมกับซอร์บิทอลให้ฟิล์มที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น

Melo et al. (2011) ศึกษาฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้น (0, 2, 4, 6, 8 และ 10% w/w) พบว่าแซนแทนกัมเป็นสารที่ช่วยเสริมความแข็งแรง (reinforcing agent) ให้กับโครงสร้างของฟิล์ม โดยเกิดการเชื่อมข้ามของโมเลกุลภายในโครงสร้างฟิล์ม ส่งผลให้ฟิล์มมีค่าความต้านทานแรงดึงสูงขึ้น



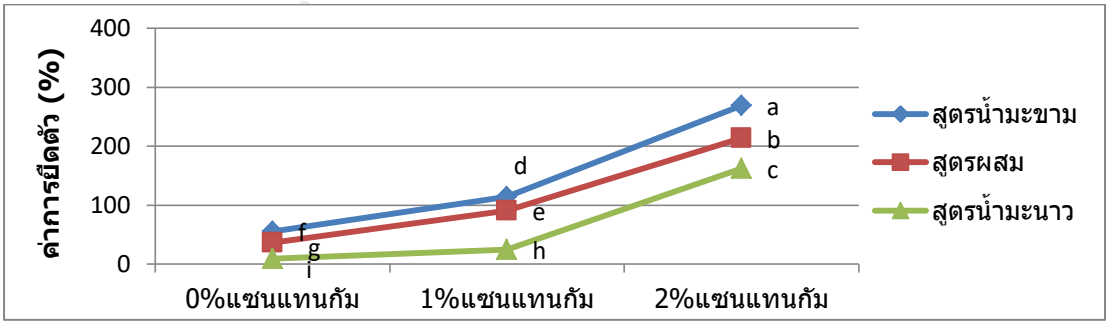
ภาพ 4.11 ความหนา (mm) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตรที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1)



ภาพ 4.12 ความต้านทานแรงดึง (MPa) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตรที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1)

$^{a, b, c, \ldots}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

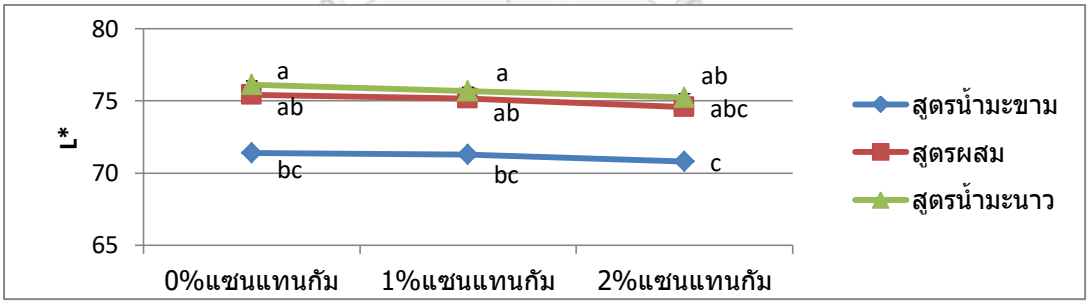


ภาพ 4.13 ค่าการยืดตัว (%) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร ที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม(1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1)

$^{a, b, c, \ldots}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

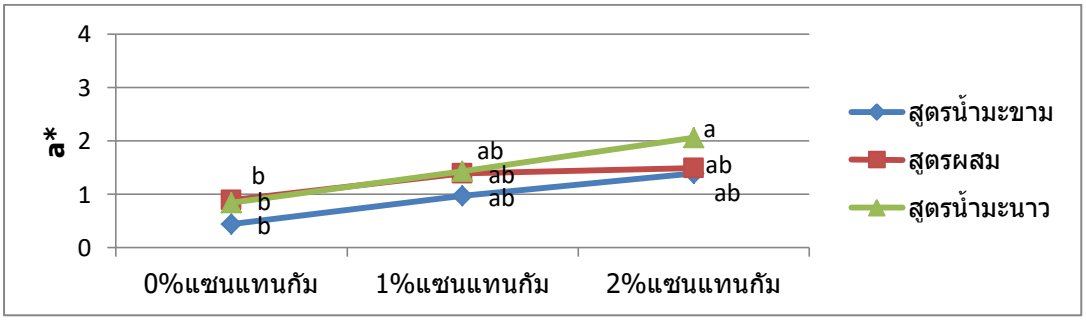
ฟิล์มที่ผ่านการอบแห้งมีค่า b* (สีเหลือง) เพิ่มขึ้น จากน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุมเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลขององค์ประกอบสำคัญภายในฟิล์ม จากการทดลอง พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างสูตรน้ำจิ้มแจ่วและปริมาณแซนแทนกัมต่อค่าสีของแผ่นฟิล์ม แสดงดัง ภาพ 4.14-4.18 และตาราง ช.12-ช.16 โดยฟิล์มสูตรน้ำมะนาว มีค่า L* (ความสว่าง) ค่า b* (สีเหลือง) และค่า chroma (ความอิ่มตัวของสี) สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 75.67 ± 0.74, 32.38 ± 0.86 และ 32.42 ± 1.51 ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมะขามเปียกมีสีโทนน้ำตาลเข้ม และน้ำมะนาวมีสีโทนเหลืองสว่าง ส่งผลให้ฟิล์มสูตรน้ำมะนาวมีค่า L* (ความสว่าง) และค่า b* (สีเหลือง) มากกว่าฟิล์มสูตรน้ำมะขาม เมื่อพิจารณาค่า a* (สีแดง) และค่า hue angle (เฉดสี) พบว่า ค่า a* และ ค่า hue angle ของแผ่นฟิล์มทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) แผ่นฟิล์มทั้ง 3 สูตรอยู่ในเฉดสีส้มเหลือง

ปริมาณแซนแทนกัมมีผลต่อค่าสีของฟิล์ม พบว่า ค่า a* (สีแดง) เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแซนแทนกัมเพิ่มขึ้น (ภาพ 4.15) โดยฟิล์มสูตรน้ำมะขามที่ใส่แซนแทนกัมร้อยละ 2 มีค่า a* สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาค่า b* (สีเหลือง) (ภาพ 4.16) พบว่า ฟิล์มที่ใส่แซนแทนกัมมากขึ้นมีค่า b* สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อคำนวณค่า chroma (ความอิ่มตัวของสี) (ภาพ 4.18) พบว่า ให้ผลสอดคล้องกับค่า b* ในขณะที่ค่า L* (ความสว่าง) (ภาพ 4.13) และค่า hue angle (เฉดสี) (ภาพ 4.17) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) ระหว่างฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินที่เติมกับไม่เติมแซนแทนกัม ฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินอยู่ในเฉดสีส้มเหลือง



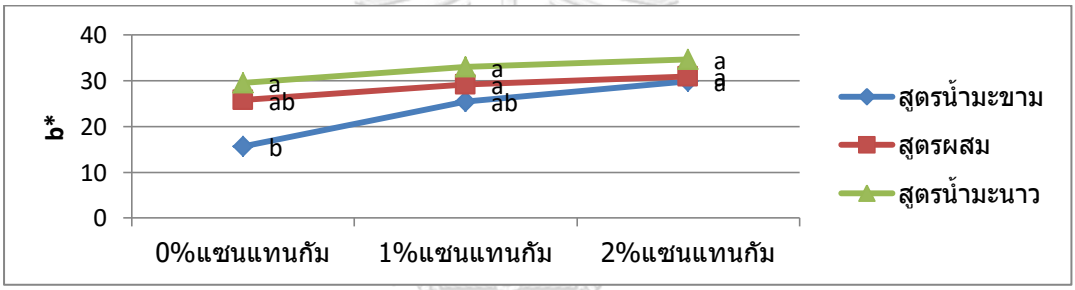
ภาพ 4.14 ค่า L* (ความสว่าง) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตรที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1)

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 4.15 ค่า a* (สีแดง)ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตรที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1)

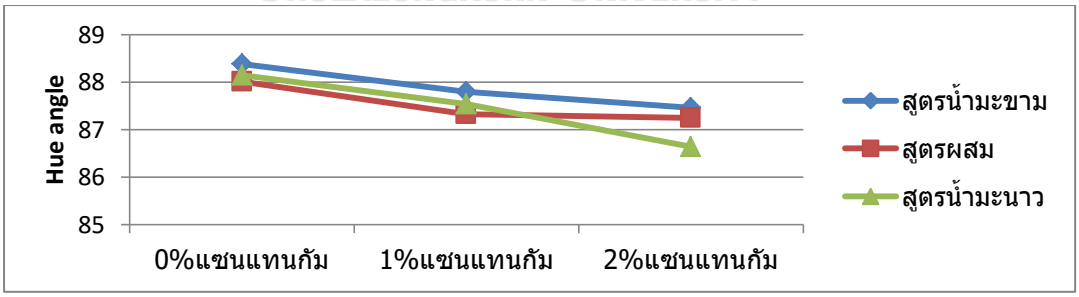
a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



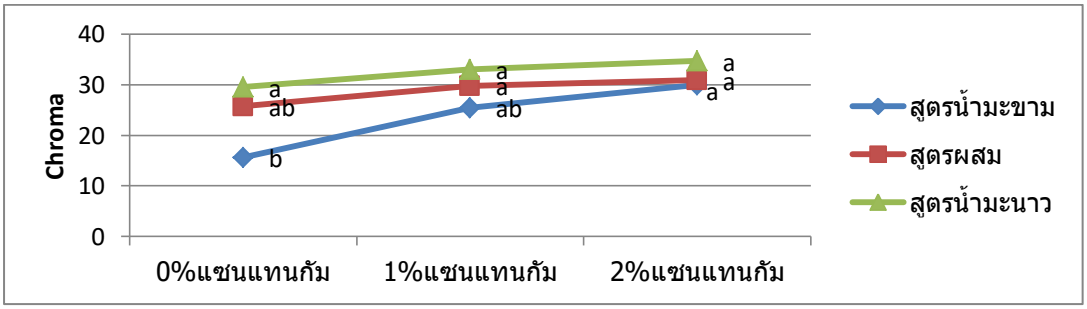
ภาพ 4.16 ค่า b* (สีเหลือง) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตรที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1)

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 4.17 ค่า hue angle (เฉดสี) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตรที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1)

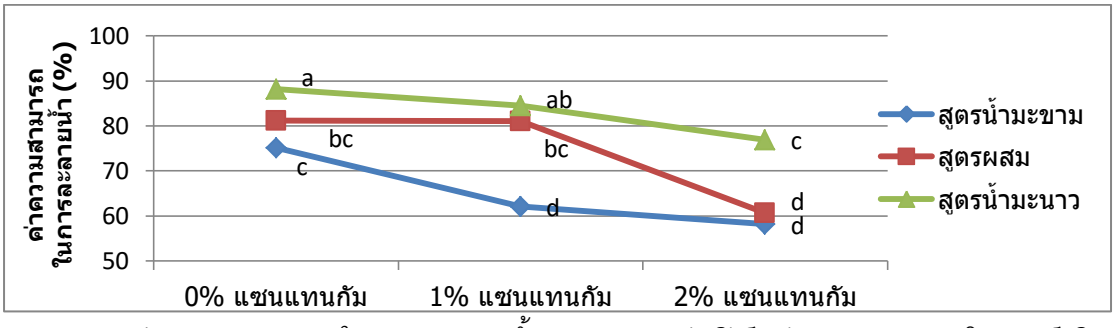


ภาพ 4.18 ค่า chroma (ความอิ่มตัวของสี) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตรที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1)

$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

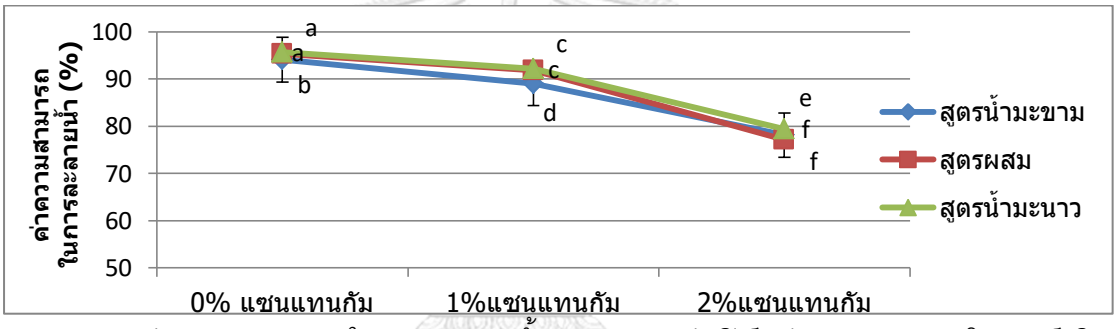
ค่าความสามารถในการละลายน้ำแสดงดังภาพ 4.19-4.21 และ ตาราง ช.17-ช.19 เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการละลายน้ำที่เวลา 1 นาที พบว่า โดยรวมฟิล์มสูตรน้ำมะขามมีค่าความสามารถในการละลายน้ำต่ำกว่าฟิล์มสูตรผสม และสูตรน้ำมะนาว ตามลำดับ ฟิล์มสูตรน้ำมะนาวที่ไม่ใส่แซนแทนกัมมีค่าความสามารถในการละลายน้ำดีที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 88.11 ± 0.68 และฟิล์มสูตรน้ำขามที่ใส่แซนแทนกัมร้อยละ 2 มีค่าความสามารถในการละลายน้ำน้อยที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 58.25 ± 2.35 และเมื่อเวลาในการละลายน้ำเพิ่มขึ้นแผ่นฟิล์มทั้ง 9 สูตรสามารถละลายน้ำได้ดีขึ้นโดยเมื่อใช้เวลาละลาย 2 นาที พบว่าค่าความสามารถในการละลายน้ำของสูตรผสม และสูตรน้ำมะนาวไม่แตกต่างกันยกเว้นเมื่อใส่แซนแทนกัมร้อยละ 2 เมื่อใช้เวลาละลาย 3 นาที พบว่าทั้ง 9 สูตรสามารถละลายน้ำได้ดี มีค่าความสามารถในการละลายน้ำมากกว่าร้อยละ 90 ขึ้นไป เนื่องจากฟิล์มสูตรน้ำมะขามมีปริมาณเพกทินมากที่สุด การเกิด gelation เชื่อมข้ามโมเลกุลของเพกทินทำให้การละลายน้ำของโครงสร้างร่างแหลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพ4.19 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสฐานมอลโทเดกซ์ทรินที่เวลา 1 นาที จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตรที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1)

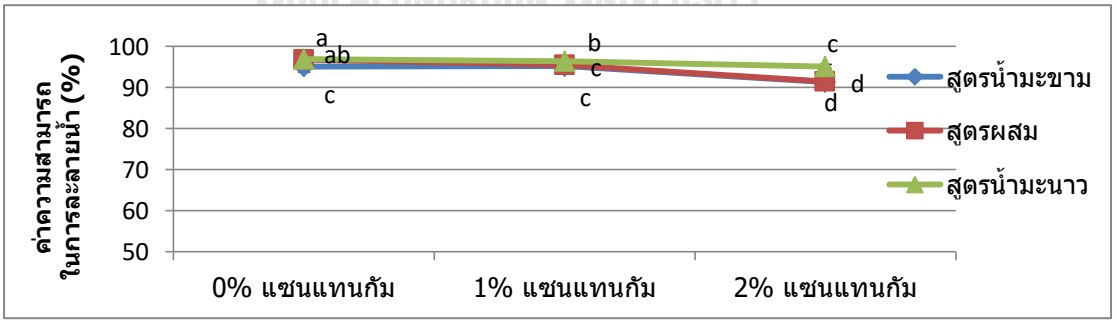
a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 4.20 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสฐานมอลโทเดกซ์ทรินที่เวลา 2 นาที จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตร ที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1)

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 4.21 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ(%) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสฐานมอลโทเดกซ์ทรินที่เวลา 3 นาที จากแจ่วสูตรควบคุม 3 สูตรที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อน้ำมะนาว 3 ระดับ สูตรน้ำมะขาม (1:0) สูตรผสม (1:1) และสูตรน้ำมะนาว (0:1)

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Galus et al. (2013) ที่ศึกษาผลของความเข้มข้นของเพกทินและกลีเซอรอลต่อความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มบริโภคได้จากเพกทิน โดยแปรความเข้มข้นของเพกทินที่ความเข้มข้น (1.5, 2.5 และ 3.5%) ปริมาณกลีเซอรอลซึ่งเป็น plasticizer ที่ 30, 50 และ 70% (w / w ของเพกทิน) พบว่า ปริมาณเพกทินที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการเชื่อมข้ามโมเลกุลของเพกทินทำให้โครงสร้างร่างแห่ของฟิล์มมีความหนาแน่นมากขึ้น โมเลกุลของน้ำแทรกตัวในโครงสร้างได้ลดลง จากค่า water vapor permeability ที่ลดลง ($p<0.05$)

Azeredo et al. (2016) พัฒนาฟิล์มเพกทินจากน้ำทับทิมและกรดซิตริก พบว่า การเชื่อมข้าม (cross-link) โมเลกุลของพอลิเมอร์ด้วยกรดซิตริกที่บริเวณหมู่คาร์บอกซิลของกรดซิตริกกับหมู่ไฮดรอกซิลของเพกทิน ช่วยปรับปรุง water resistance และลดค่าการละลายน้ำลง

ขณะที่ฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินสูตรที่ไม่เติมแซนแทนกัม มีค่าความสามารถในการละลายน้ำได้ดีและเร็วกว่าฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินสูตรที่เติมแซนแทนกัม เมื่อเพิ่มปริมาณแซนแทนกัมในฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินส่งผลให้ฟิล์มมีค่าความสามารถในการละลายน้ำลดลง เนื่องจากปริมาณแซนแทนกัมที่เพิ่มขึ้นทำให้โครงสร้างของฟิล์มมีการจัดเรียงตัวอย่างหนาแน่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nawab et al. (2017) ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนของฟิล์มประกอบแป้งเมล็ดมะม่วง (mango kernel starch) ที่เติมกัวร์กัม (guar gum) และแซนแทนกัม (xanthan gum) พบว่า ฟิล์มที่เติมแซนแทนกัม 10% (w / w) ให้ฟิล์มที่มีค่าความสามารถในการละลายน้ำ ค่าการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนต่ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

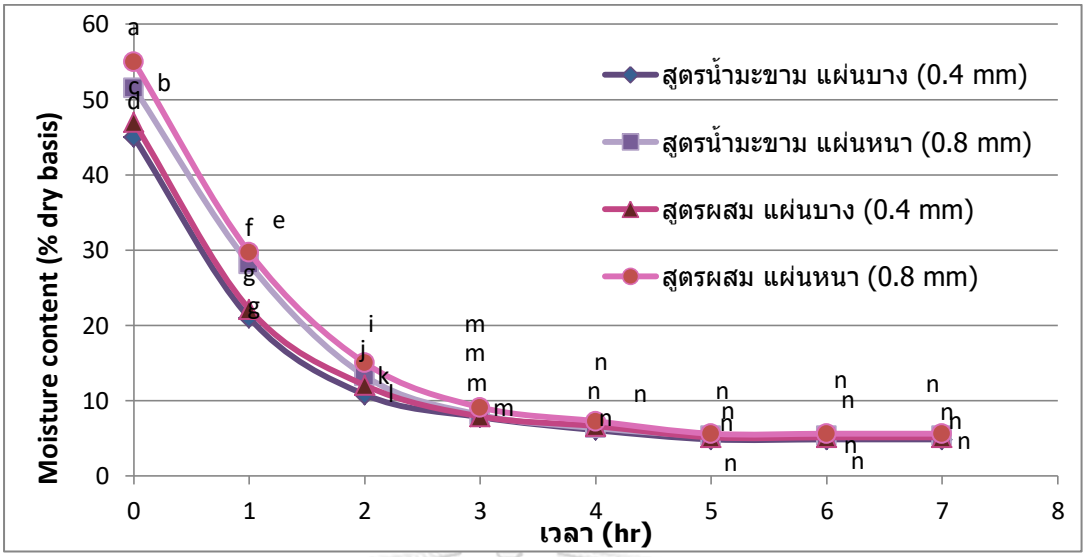
จากการพัฒนาสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มทั้ง 9 สูตร ที่ สามารถสรุปได้ว่า ฟิล์มสูตรน้ำมะขามมีค่าความต้านทานแรงดึงและค่าร้อยละการยืดตัวสูงกว่าแต่มีปริมาณความชื้นและค่า a_w ค่าความสามารถในการละลายน้ำกว่าสูตรผสม และสูตรน้ำมะนาว ตามลำดับ การเติมแซนแทนกัมทำให้ฟิล์มมีค่าความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น และช่วยลดปริมาณความชื้น และค่า a_w ซึ่งฟิล์มสูตรน้ำมะขามและสูตรผสมที่ใส่แซนแทนกัมปริมาณร้อยละ 1 ละลายน้ำได้เร็วและสูตรนี้ให้สมบัติเชิงกลที่ดีเหมาะต่อการขึ้นรูป เหมาะกับการนำไปพัฒนาต่อในขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว

4.2 การพัฒนาการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว

4.2.1. การเปลี่ยนแปลงความชื้นของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วฐานมอลโทเดกซ์ทรินระหว่างการอบแห้ง

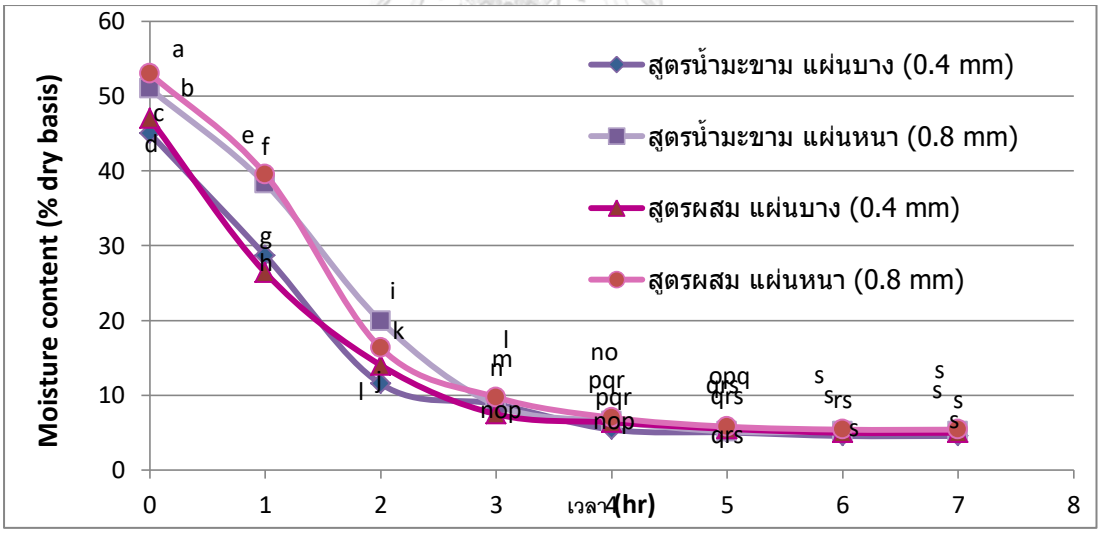
เมื่อเลือกสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มสูตรควบคุมจากข้อ 4.1 ได้แก่ สูตรน้ำมะขามและสูตรผสมที่ใส่แซนแทนกัมปริมาณร้อยละ 1 มาพัฒนาการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วซึ่งต้องใส่ส่วนผสมแห้ง ได้แก่ พริกป่นผงและข้าวคั่วบด ดังนั้นจึงพิจารณาปรับความหนาของแผ่นฟิล์ม (2 ระดับ) โดยเพิ่มปริมาณสารละลายขึ้นรูปฟิล์มจาก 20 มิลลิลิตร เป็น 40 มิลลิลิตร และศึกษาผลของการเติมส่วนผสมแห้งต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์

เมื่อหาอัตราการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แสดงดัง ภาพ 4.23 ในช่วงแรกของการอบแห้ง สารละลายขึ้นรูปฟิล์มมีปริมาณความชื้นสูง ขณะโรยพริกป่นและข้าวคั่วที่เวลา 30 นาที แผ่นปรุงรสแผ่นบางมีความชื้นลดลงเป็น 26 ถึง 30 โดยน้ำหนักแห้ง ขณะโรยพริกป่นและข้าวคั่วที่เวลา 60 นาที แผ่นปรุงรสแผ่นหนาความชื้นลดลงเป็น 38 ถึง 40 (ร้อยละโดยฐานแห้ง) จากนั้นทำการอบแห้งแผ่นปรุงรสต่อความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งคงที่ในช่วงท้ายของการอบแห้ง สามารถกำหนดเวลาในการอบแห้ง เท่ากับ 7 ชั่วโมง โดยการเติมส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ พริกป่นผง และข้าวคั่วบด ส่งผลให้อัตราการทำแห้งของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มนี้ช้ากว่าอัตราการทำแห้งของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มที่ไม่เติมส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (เวลาในการอบแห้ง เท่ากับ 5 ชั่วโมง) (ภาพ 4.22) เนื่องจากพริกป่นผง และข้าวคั่วบด แม้จะไม่ละลายน้ำแต่สามารถดูดซึมน้ำพองตัว และอุ้มน้ำไว้ได้ ทำให้น้ำระเหยออกจากโครงร่างแหของฟิล์มได้ช้าลง นอกจากนี้การโรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด ทำให้อนุภาคเกาะกระจายทั่วบนผิวซึ่งขัดขวางการระเหยของไอน้ำออกจากแผ่นฟิล์ม ปริมาณความชื้นสุดท้าย (dry basis) ของฟิล์มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) โดยความหนาไม่ส่งผลต่อปริมาณความชื้นสุดท้ายของแผ่นฟิล์ม ($p \geq 0.05$)



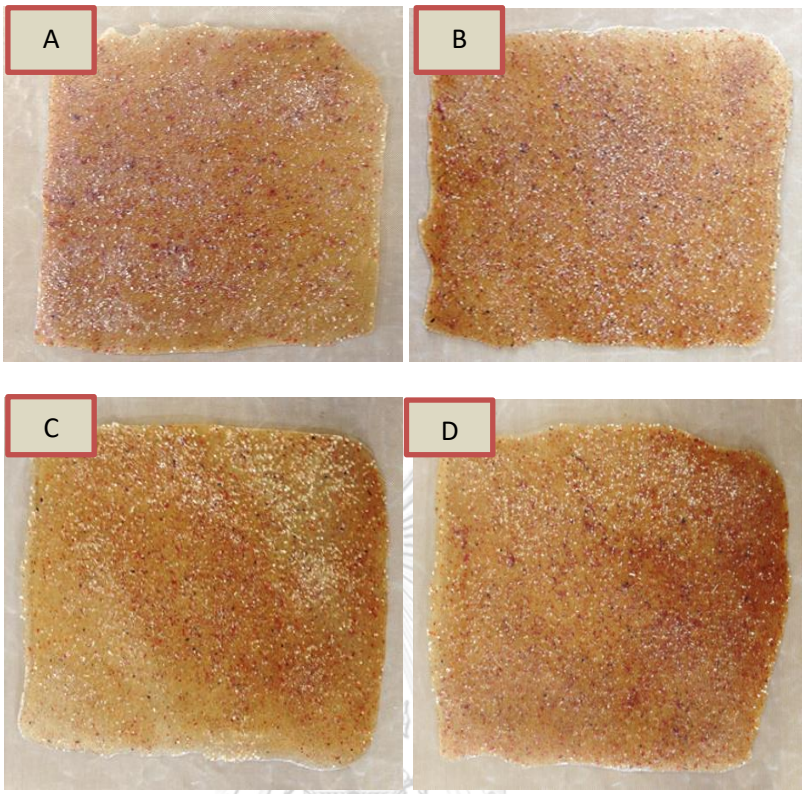
ภาพ 4.22 อัตราการทำแห้งของสารละลายฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วฐานมอลโทเดกซ์ทรินที่ไม่ได้โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และข้าวคั่วบด)

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 4.23 อัตราการทำแห้งของสารละลายฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วฐานมอลโทเดกซ์ทรินที่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และข้าวคั่วบด)

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 4.24 แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว(A) สูตรมะขามแผ่นบาง (B) สูตรมะขามแผ่นหนา (C) สูตรผสมแผ่นบาง และ (D) สูตรผสมแผ่นหนา

4.2.2. **สมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรส**

เมื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นปรุงรส ที่ได้จากน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุม 2 สูตร (สูตรน้ำมะขาม และสูตรผสม) และแปรความหนาของผลิตภัณฑ์ 2 ระดับ (สารละลายขึ้นรูปฟิล์มที่ 20 มิลลิลิตร และ 40 มิลลิลิตร) พร้อมเติม พริกป่นผง และ ข้าวคั่วบดระหว่างการอบแห้ง โดยเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 7 ชั่วโมง และเปรียบเทียบกับฟิล์มที่ไม่เติมพริกป่นผง และ ข้าวคั่วบด (อบแห้ง 5 ชั่วโมง) ภาพ 4.25-4.26 และ ตาราง ช.20-ช.21 แสดง ค่าปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยฐานเปียก) มีความสอดคล้องกับปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยมีอิทธิพลร่วมระหว่างสูตรและความหนาต่อ ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระแผ่นปรุงรส แผ่นปรุงรสสูตรมะขามแผ่นบางมีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 5.40 ± 0.02 (ร้อยละโดยฐานเปียก) และ 0.324 ± 0.004 ตามลำดับ โดยทั้งแผ่นปรุงรสที่ไม่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำและแผ่นปรุงรสที่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำให้ผลการทดลองในทิศทางเดียวกัน แสดงดัง ภาพ

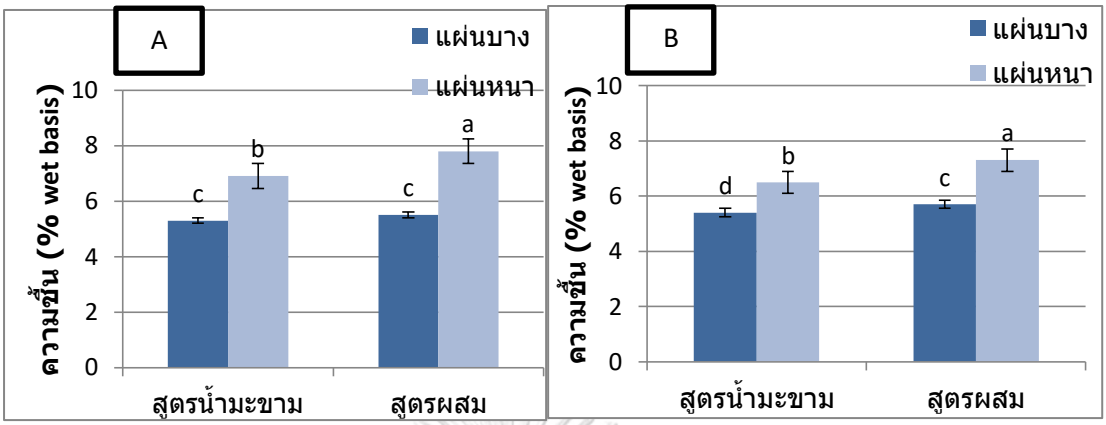
4.25-4.26 คือ แผ่นปรุงรสสูตรน้ำขามมีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำกว่าแผ่นปรุงรสสูตรผสมซึ่งสอดคล้องกับผลดังข้อ 4.1.3.2 ขณะที่แผ่นปรุงรสแผ่นบางมีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำกว่าแผ่นปรุงรสแผ่นหนา เนื่องจากแผ่นปรุงรสแผ่นบางสามารถระเหยน้ำออกจากพื้นผิวของแผ่นปรุงรสดีกว่าแผ่นปรุงรสแผ่นหนา

จากการทดลอง พบว่า แผ่นปรุงรสที่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำใช้เวลาในการอบแห้ง (เวลาในการอบแห้ง เท่ากับ 7 ชั่วโมง) ซึ่งนานกว่าแผ่นปรุงรสที่ไม่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (เวลาในการอบแห้ง เท่ากับ 5 ชั่วโมง) ทำให้น้ำระเหยออกจากโครงร่างแหของฟิล์มได้มากขึ้น ส่งผลให้แผ่นปรุงรสที่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำมีปริมาณความชื้นและค่า a_w ลดลงมากกว่าแผ่นปรุงรสที่ไม่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ

Dias et al. (2011) พัฒนาฟิล์มย่อยสลายได้จากแป้งข้าวเจ้าเสริมด้วยเส้นใยเซลลูโลส โดยศึกษากราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับปริมาณน้ำอิสระของฟิล์ม (moisture sorption isotherms) พบว่า ฟิล์มเสริมด้วยเส้นใยเซลลูโลสมีความสามารถในการดูดความชื้นต่ำ (hygroscopicity) ส่งผลให้ฟิล์มมีปริมาณความชื้นลดลง

จากการทดลอง พบว่า ค่า a_w ของแผ่นปรุงรสทุกสูตรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.324 ± 0.004 ถึง 0.354 ± 0.003 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.6 จัดผลิตภัณฑ์ที่ได้อยู่ในกลุ่มอาหารแห้งที่มีเสถียรภาพต่อการเจริญของจุลินทรีย์ Veiga-Santos et al. (2005) กล่าวว่า แบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.8

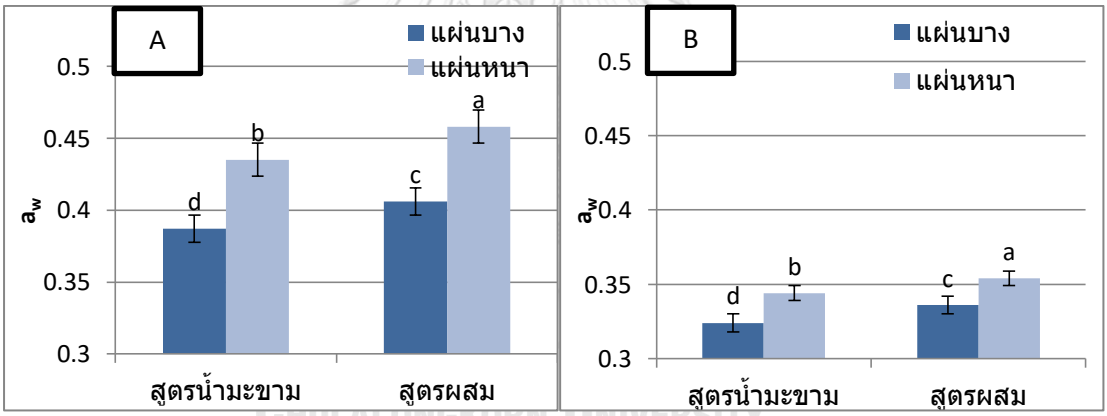
ค่า pH ของน้ำจิ้มแจ่วทั้งสองสูตรมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยน้ำจิ้มแจ่วควบคุมสูตรน้ำมะขามมีค่า pH และปริมาณกรดเท่ากับ 3.31 ± 0.02 และ 0.83 ± 0.03 ตามลำดับ สูตรผสมมีค่า pH และปริมาณกรดเท่ากับ 3.08 ± 0.02 และ 1.06 ± 0.01 ตามลำดับ (ตาราง ช.1) เมื่อผสมน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุมกับสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทริน พบว่า สารละลายขึ้นรูปฟิล์มสูตรน้ำมะขามมีค่า pH และปริมาณกรดเท่ากับ 3.26 ± 0.02 และ 0.50 ± 0.01 ตามลำดับ สูตรผสม มีค่า pH และปริมาณกรดเท่ากับ 3.67 ± 0.01 และ 0.80 ± 0.01 (ตาราง ช.5-ช.6) ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 4.6 เป็นภาวะที่เสถียรภาพต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยแบคทีเรียเจริญในช่วง pH 6.5-7.5 ราและยีสต์เจริญได้ใน pH ช่วงกว้างแต่เจริญได้ดีในช่วง pH 5.0-6.0 (Cao et al., 2007)



ภาพ 4.25 ค่าความชื้น (% wet basis) ของแผ่นปรุงรส

(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



CHULALONGKORN UNIVERSITY

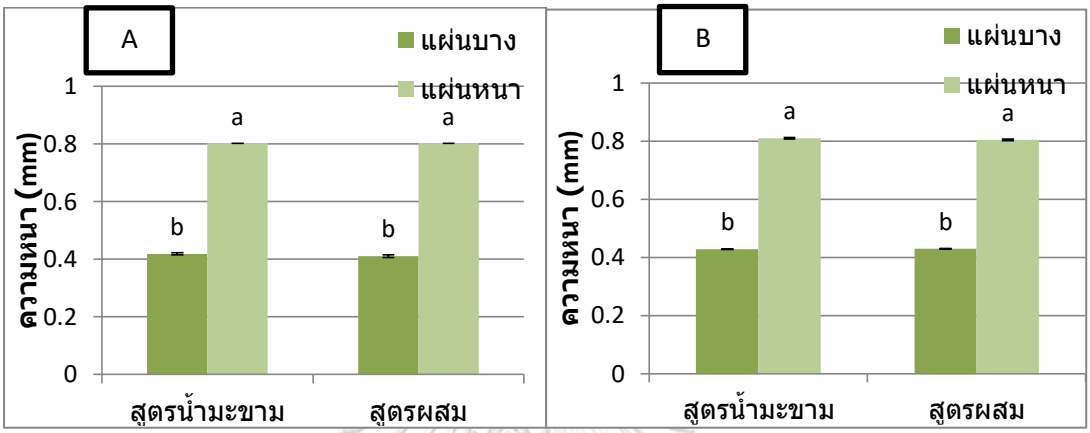
ภาพ 4.26 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นปรุงรส

(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของแผ่นปรุงรส แสดงดัง ภาพ 4.27 (และตาราง ช.20-ช.21) พบว่า ไม่มีอิทธิพลของสูตรต่อน้ำหนักและความหนาของแผ่นปรุงรส ($p\geq0.05$) ซึ่งแผ่นปรุงรสแผ่นบางมีน้ำหนักและความหนาเฉลี่ย เท่ากับ 8.06 ± 0.05 กรัม และ 0.429 ± 0.008 มิลลิเมตร ตามลำดับ และแผ่นปรุงรสแผ่นหนามีน้ำหนักและความหนาเฉลี่ย เท่ากับ 10.25 ± 0.05 กรัม และ 0.807 ± 0.008 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยการเติมส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ พริกป่น

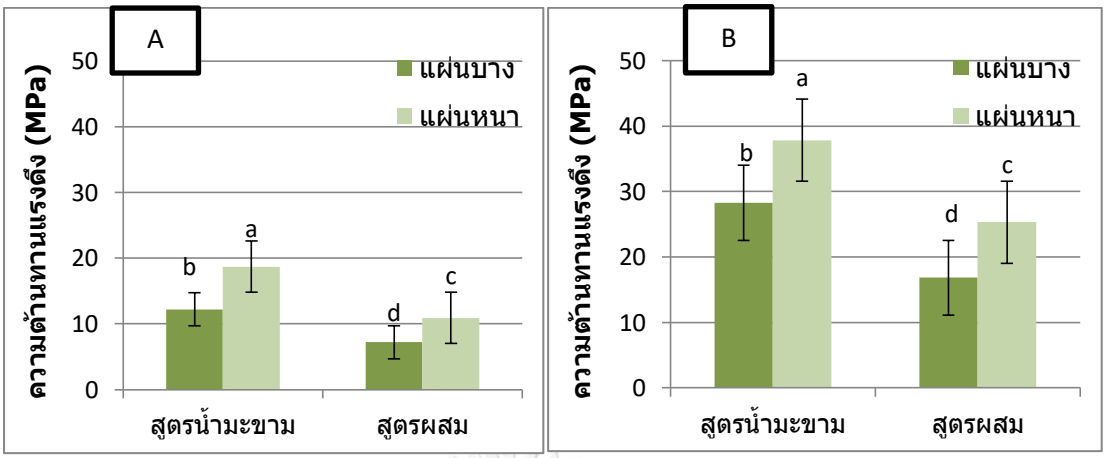
ผง และข้าวคั่วบด ซึ่งเตรียมโดยการร่อนผ่านกระชอนตาถี่ เพื่อให้มีขนาดอนุภาคไม่ใหญ่เกินไป และมีความสม่ำเสมอ เมื่อโรยบนผิวหน้าของแผ่นขณะอบแห้งจะเกราะกระจายตัวอยู่ด้านบนของแผ่น อีกทั้งมีลักษณะผิวขรุขระไม่เรียบ แสดงดังภาพ 4.24



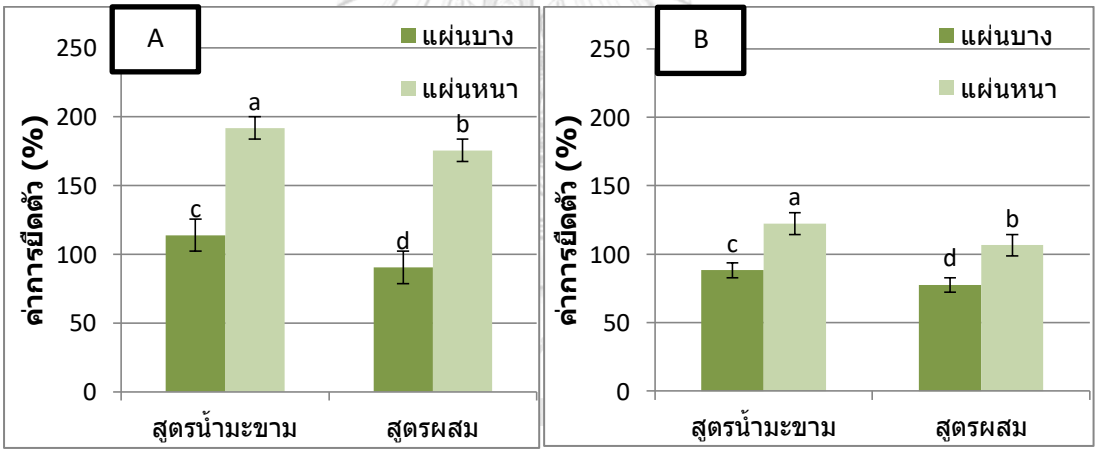
ภาพ 4.27 ค่าความหนา (mm) ของแผ่นปรุงรส
(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด
$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.28-4.29 (และตาราง ช.20-ช.21) แสดงสมบัติเชิงกลของแผ่นปรุงรส โดยแผ่นปรุงรสสูตรน้ำมะขามแผ่นหนา มีความต้านทานแรงดึงและความยืดหยุ่นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 37.85 ± 1.30 MPa และ ร้อยละการยืดตัว 122.40 ± 6.88 ตามลำดับ เนื่องจากแผ่นปรุงรสสูตรน้ำมะขามมีปริมาณเพกทินซึ่งเป็นสารก่อฟิล์มที่ดีในปริมาณมากกว่าที่มีในสูตรผสม (ตาราง ช.2) จึงช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างร่างแหของฟิล์มส่งผลให้ฟิล์มที่ได้มีความแข็งแรงมากกว่าฟิล์มสูตรผสมซึ่งสอดคล้องกับผลดังข้อ 4.1.3.2

ส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และ ข้าวคั่วบด) ที่กระจายบนผิวหน้าของแผ่นปรุงรส (จมบางส่วน) ทำให้ ผิวหน้าของฟิล์มขรุขระ ไม่เรียบ แต่เนื่องจากเป็นอนุภาคแข็งจึงช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างของฟิล์ม โดยให้ค่าความต้านทานแรงดึงสูงขึ้นแต่ค่าร้อยละการยืดตัวลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นปรุงรสที่ไม่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และ ข้าวคั่วบด)



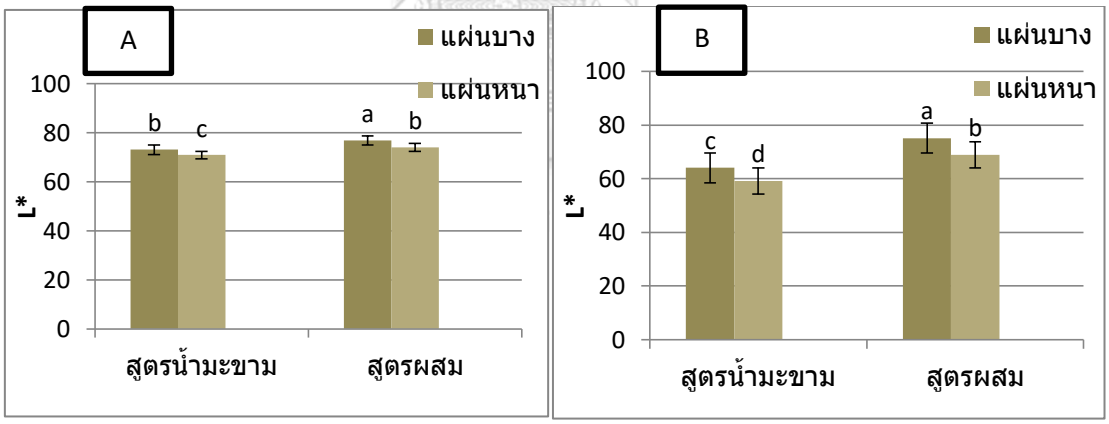
ภาพ 4.28 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength, MPa) ของแผ่นปรุงรส
(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด
$^{a, b, c, ...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 4.29 ค่าการยืดตัว (% elongation) ของแผ่นปรุงรส
(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด
$^{a, b, c, ...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าสีของแผ่นปรุงรส แสดงดัง ภาพ 4.30-4.34 (และ ตาราง ช.20-ช.21) พบว่า มีอิทธิพลของสูตรต่อค่าความสว่างของแผ่นปรุงรส เช่นเดียวกับผลในข้อ 4.1 แผ่นปรุงรสสูตรผสมมีค่า L* (ความสว่าง) มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากน้ำมะขามเปียกมีสีโทนน้ำตาลเข้ม และน้ำมะนาวมีสีโทนเหลืองสว่างส่งผลให้แผ่นปรุงรสสูตรผสมมี

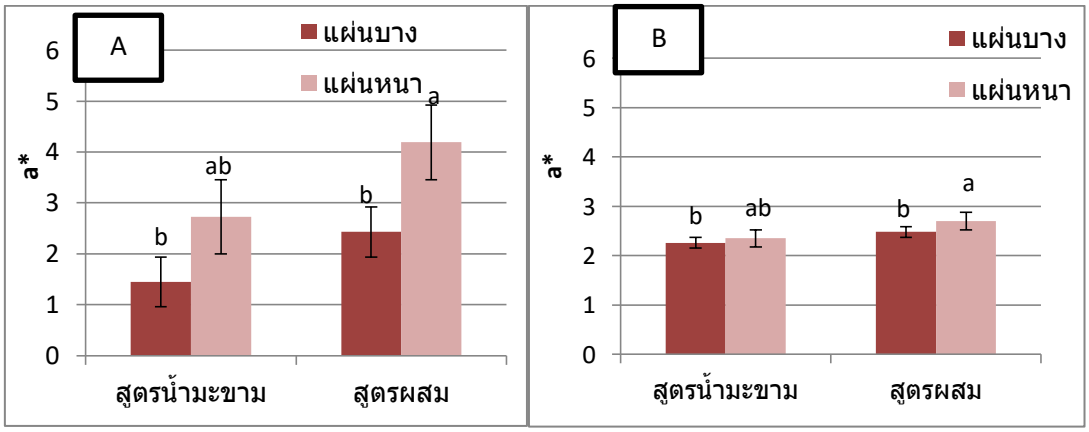
ค่า L* มากกว่าฟิล์มสูตรน้ำมะขาม ซึ่งสอดคล้องกับผลดังข้อ 4.1.3.2 และตาราง ช.3 ในขณะที่ความหนามีผลต่อค่า a* (สีแดง) และ ค่า b* (สีเหลือง) ของแผ่นปรุงรส โดยแผ่นปรุงรสแผ่นหนามีค่า a* และ ค่า b* มากกว่าฟิล์มแผ่นบางอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาค่า hue angle (เฉดสี) และค่า chroma (ความอิ่มตัวของสี) ของแผ่นปรุงรส พบว่า ความหนามีผลต่อค่า hue angle และค่า chroma ของแผ่นปรุงรส ($p<0.05$) โดยแผ่นปรุงรสแผ่นหนามีค่า hue angle ต่ำกว่าและค่า chroma สูงกว่าแผ่นปรุงรสแผ่นบาง ฟิล์มอยู่ในเฉดสีส้มเหลือง ในขณะที่สูตรไม่มีผลต่อค่า hue angle และค่า chroma ของแผ่นปรุงรส ($p\geq0.05$) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับค่า a* และค่า b* ของแผ่นปรุงรส โดยแผ่นปรุงรสที่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และข้าวคั่วบด) มีค่าสีแดง (a*) เพิ่มขึ้น แต่มีค่า L* (ความสว่าง) ค่า b* (สีเหลือง) ค่า hue angle (เฉดสี) และ chroma (ความอิ่มตัวของสี) ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มที่ไม่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และข้าวคั่วบด) เนื่องจากสีแดงของพริกป่นมีผลต่อค่าสีของฟิล์มมากกว่าสีเหลืองของข้าวคั่วบดอย่างเห็นได้ชัด



ภาพ 4.30 ค่า L* (ความสว่าง) ของแผ่นปรุงรส

(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด

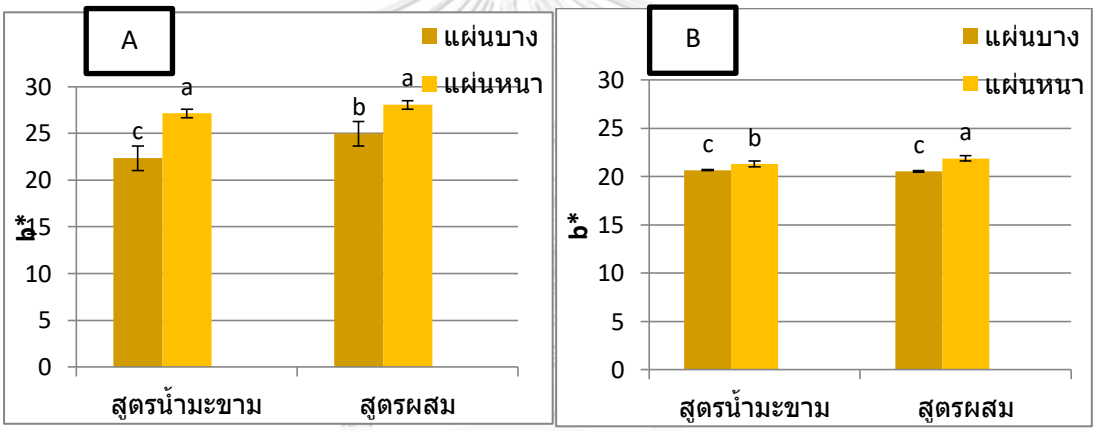
$^{a, b, c, \ldots}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 4.31 ค่า a* (สีแดง) ของแผ่นปรุงรส

(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด

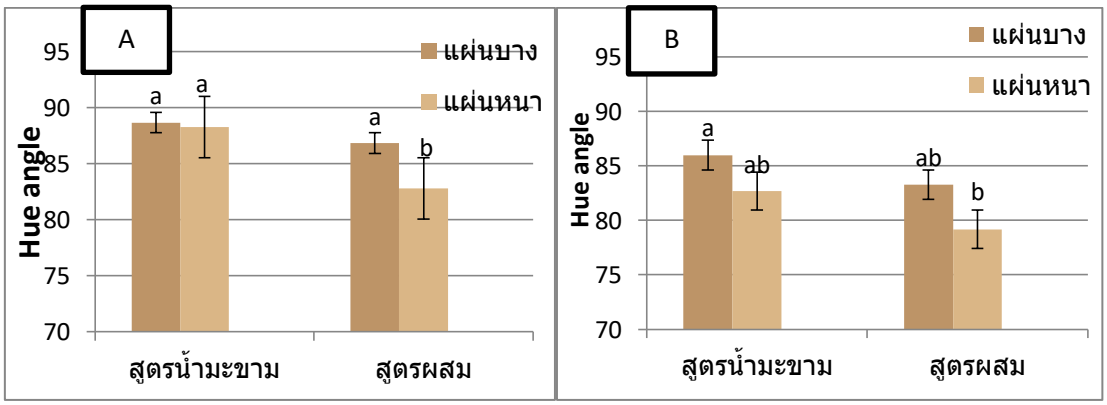
a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 4.32 ค่า b* (สีเหลือง) ของแผ่นปรุงรส

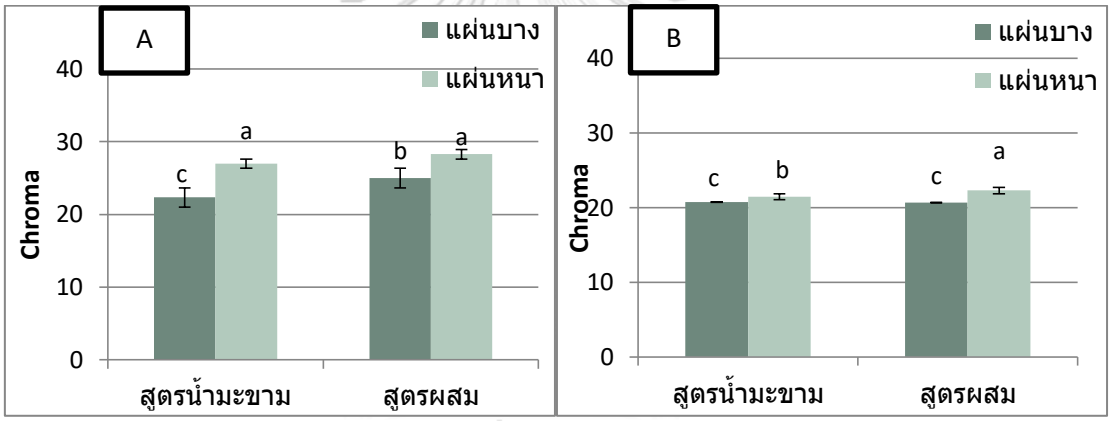
(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 4.33 ค่า hue angle (เฉดสี) ของแผ่นปรุงรส
(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



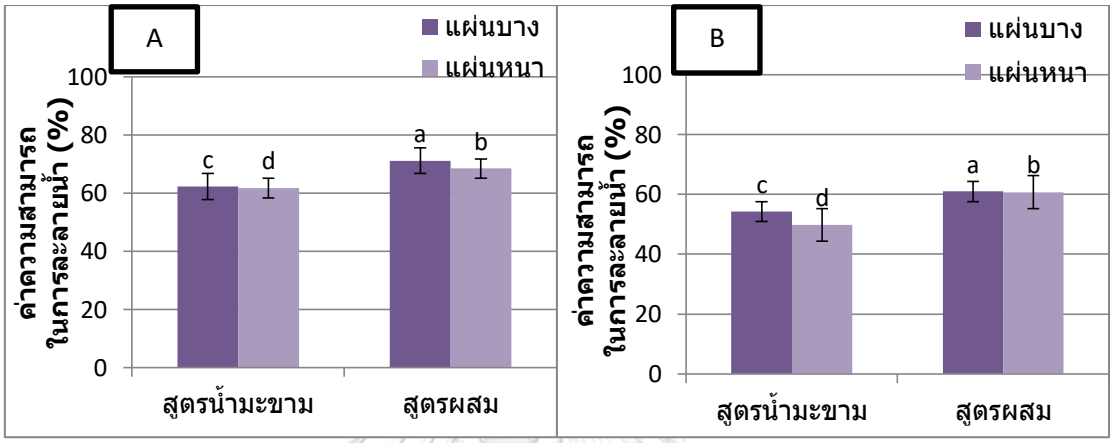
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพ 4.34 ค่า chroma (ความอิ่มตัวของสี) ของแผ่นปรุงรส(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อหาค่าความสามารถในการละลายน้ำที่เวลา 3 นาที แสดงดังภาพ 4.35 (และ ตาราง ช.20-ช.21) เนื่องจากกำหนดอัตราส่วนของแผ่นต่อน้ำ (โดยน้ำหนัก) ให้เท่ากัน จึงไม่พบอิทธิพลของหนาต่อค่าความสามารถในการละลายน้ำของแผ่นปรุงรส ($p\geq0.05$) แต่มีอิทธิพลของสูตรต่อค่าความสามารถในการละลายน้ำของแผ่นปรุงรส ($p<0.05$) โดยมีค่าผลเช่นเดียวกับผลในข้อ 4.1.3.2 แผ่นปรุงรสสูตรผสมมีค่าความสามารถในการละลายน้ำสูงกว่าแผ่นปรุงรสสูตรน้ำมะขามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากแผ่นปรุงรสสูตรผสมมีปริมาณเพกทินต่ำกว่าสูตรน้ำมะขาม

การเติมส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และ ข้าวคั่วบด) ส่งผลให้แผ่นปรุงรสมีค่าความสามารถในการละลายน้ำต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นปรุงรสที่ไม่เติมส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ เนื่องจากพริกป่นผงและข้าวคั่วบดไม่ละลายในน้ำส่งผลให้แผ่นปรุงรสมีค่าความสามารถในการละลายน้ำลดลง



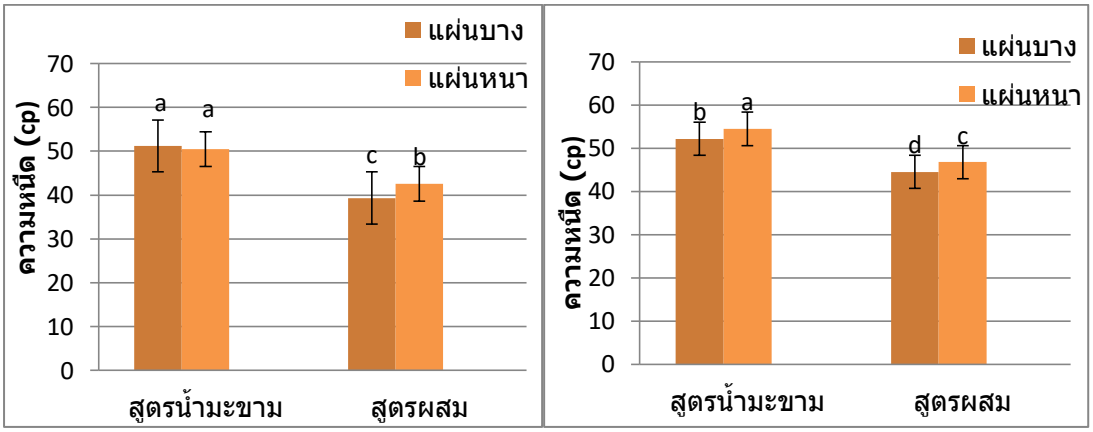
ภาพ 4.35 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นปรุงรส

(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด

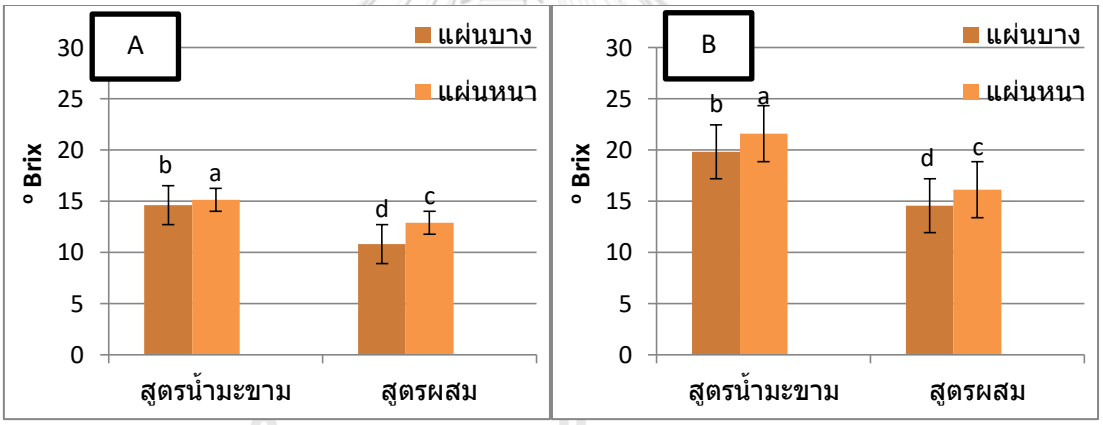
$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.2.3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส

เมื่อนำแผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วมาละลายน้ำที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 5 องศาเซลเซียส) โดยใช้แผ่นปรุงรสแผ่นหนา ปริมาณ 2 กรัม และแผ่นบาง ปริมาณ 4 กรัม ในน้ำปริมาตร 25 มิลลิลิตร (ควบคุมให้อัตราส่วนน้ำหนักของแผ่นปรุงรสต่อน้ำคงที่) ประมาณ 5 นาที แสดงดัง ภาพ 4.36-4.37 (และตาราง ช.22-ช.23) พบว่า ไม่มีอิทธิพลของความหนาของแผ่นปรุงรสต่อค่าความหนืดและค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของน้ำจิ้มแจ่ว ($p\geq0.05$) แต่มีอิทธิพลของสูตรต่อค่าความหนืดและค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของน้ำจิ้มแจ่ว โดยน้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะขามมีค่าความหนืดและค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การเติมส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และข้าวคั่วบด) ส่งผลให้น้ำจิ้มแจ่วมีค่าความหนืดและค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำจิ้มแจ่วสูตรที่ไม่เติมส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และข้าวคั่วบด)



ภาพ 4.36 ความหนืด (cp) ของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส
(A) ไม่โรยพริกป่น และ ข้าวคั่ว (B) โรยพริกป่น และ ข้าวคั่ว
a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

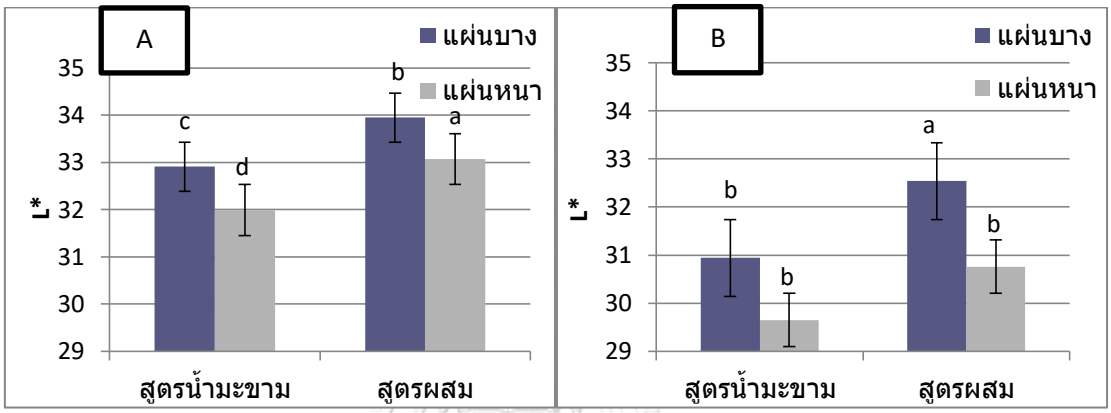


CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพ 4.37 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส
(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด(B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด
a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.38-4.42 (และตาราง ช.22-ช.23) มีอิทธิพลของความหนาแผ่นปรุงรสต่อค่า L* (ความสว่าง) ของน้ำจิ้มแจ่ว โดยน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรสแผ่นบางมีค่า L* มากสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่มีอิทธิพลของสูตรต่อ a* (ค่าสีแดง) และค่า chroma (ความอิ่มตัวของสี) ของน้ำจิ้มแจ่ว โดยน้ำจิ้มแจ่วสูตรผสมมีค่า a* และค่า chroma สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากแผ่นปรุงรสสูตรผสมมีค่า a* สูงกว่าแผ่นปรุงรสสูตรน้ำมะขาม โดยมีอิทธิพลร่วมระหว่างสูตรและความหนาแผ่นปรุงรสต่อค่า b* (สีเหลือง) ของน้ำจิ้ม

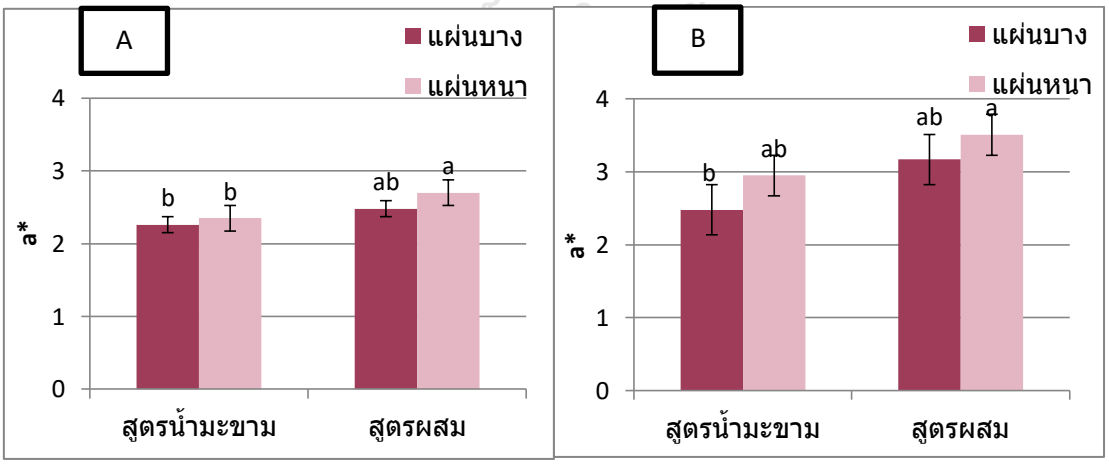
แจ่ว น้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรสแผ่นบางสูตรน้ำมะขามมีค่า b* ต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งให้ผลสอดคล้องค่าสีเหลืองของแผ่นฟิล์มปรุงรส เมื่อพิจารณาค่า hue angle (เฉดสี) ของน้ำจิ้ม พบว่า น้ำจิ้มแจ่วทุกสูตรมีค่า hue angle ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) น้ำจิ้มแจ่วอยู่ในเฉดสีส้มแดง การเติมส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และข้าวคั่วบด) ส่งผลให้น้ำจิ้มแจ่วมีค่า L* ลดลง แต่มีค่า a* และค่า b* เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรสที่ไม่เติมส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และข้าวคั่วบด)



ภาพ 4.38 ค่า L* (ความสว่าง) ของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส

(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด

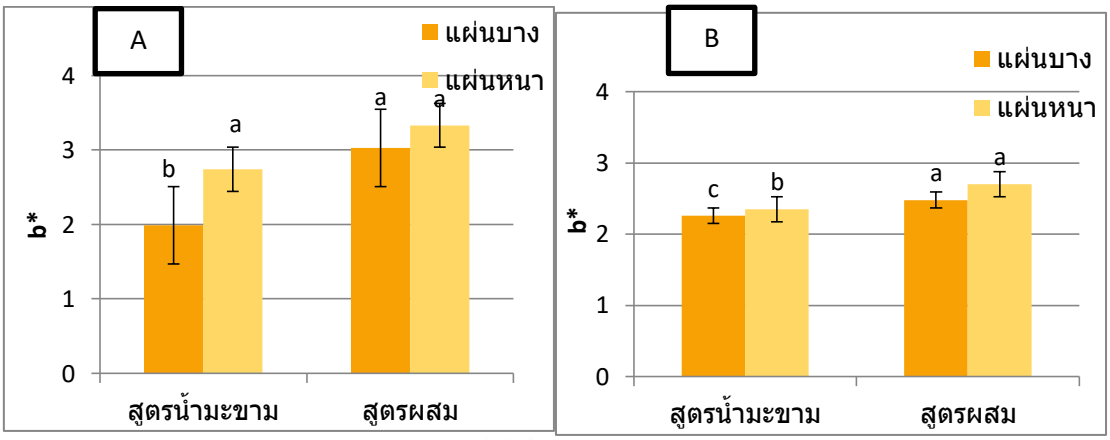
a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 4.39 ค่า a* (สีแดง) ของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส

(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด

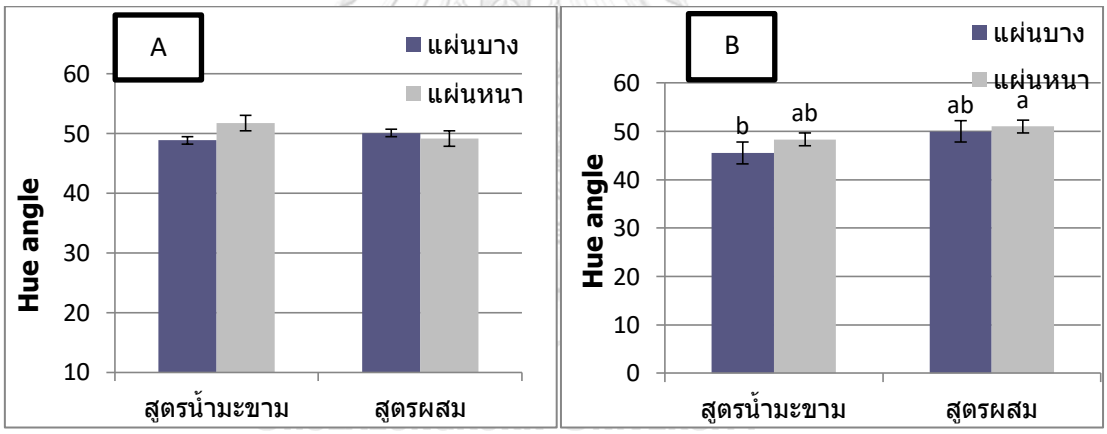
a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 4.40 ค่า b* (สีเหลือง) ของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส

(A) ไม่โรยพริกป่น และ ข้าวคั่ว (B) โรยพริกป่น และ ข้าวคั่ว

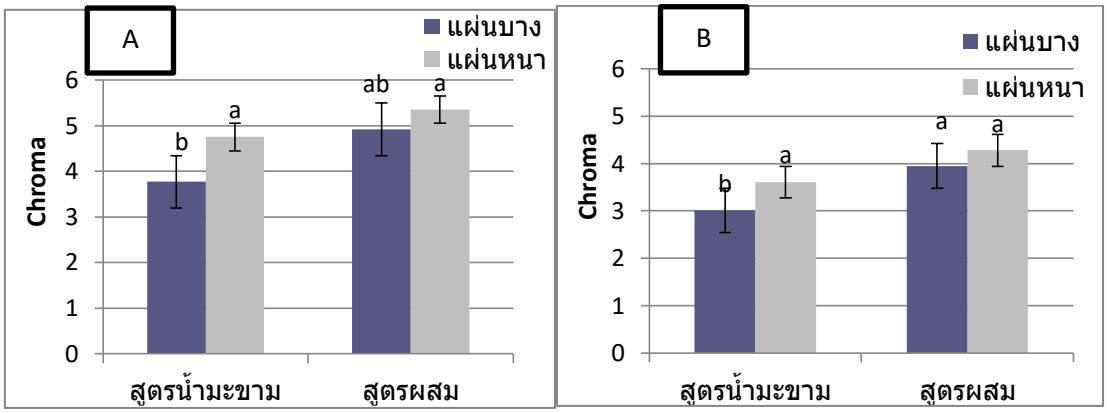
a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 4.41 ค่า hue angle (เฉดสี) ของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส

(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด

a, b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 4.42 ค่า chroma (ความอิ่มตัวของสี) ของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส
(A) ไม่โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด (B) โรยพริกป่นผง และข้าวคั่วบด
$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.2.4 การยอมรับทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นปรุงรสแบบแผ่นหนาทั้ง 2 สูตร ได้แก่ สูตรน้ำมะขามและสูตรผสมที่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และ ข้าวคั่วบด) ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ประเมินผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์ม ได้แก่ ความชอบด้านลักษณะปรากฏ (สี และ การกระจายตัวของพริกป่นและข้าวคั่ว) ความชอบด้านเนื้อสัมผัสของแผ่น (ขณะหัก/ฉีกแผ่น) ความเปราะ และความยากในการละลาย (โดยให้ผู้ทดสอบละลายแผ่นฟิล์มเอง) ซึ่งแบบสอบถามแสดงในภาคนวก ฉ ผลการทดสอบแสดงดังตาราง 4.1 พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ ความชอบด้านเนื้อสัมผัสของแผ่น (ขณะหัก/ฉีกแผ่น) ความเปราะ และความยากในการละลายของแผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วทั้งสองสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏและด้านเนื้อสัมผัสของแผ่น (ขณะหัก/ฉีกแผ่น) อยู่ในช่วง 5.3-5.6 และ 5.0-5.2 ตามลำดับ จัดอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า แผ่นปรุงรสที่ได้มีความเปราะเล็กน้อยและละลายได้ง่าย โดยมีคะแนนเฉลี่ย อยู่ในช่วง 3.8-4.3 (สเกล 7 จุด)

ตาราง 4.1 คะแนนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสแผ่นหนา

	คะแนนความชอบเฉลี่ย [NS]			**คะแนนความเข้มเฉลี่ย** [NS]	
แผ่นปรุงรส	ความชอบด้านลักษณะปรากฏ		ความชอบด้านเนื้อสัมผัสของแผ่น (ขณะหัก/ฉีกแผ่น)	ความเปราะ	ความยากในการละลาย
	สี	การกระจายตัวของพริกป่นและข้าวคั่ว			
สูตรน้ำมะขาม	5.6 ± 1.3	5.4 ± 1.1	5.2 ± 1.1	4.0 ± 1.3	4.3 ± 1.2
สูตรผสม	5.4 ± 1.1	5.3 ± 1.1	5.0 ± 1.5	4.3 ± 1.3	3.8 ± 1.4

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[NS] หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากนั้นผู้ทดสอบประเมินความชอบของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายเองจากแผ่นปรุงรสแผ่นหนาสูตรน้ำมะขามและสูตรผสม (เวลาหลังการละลาย 5 นาที) ด้านสี กลิ่น ความหนืด กลิ่นรส และความชอบรวม โดยใช้วิธี 7-points hedonic scale กับผู้ทดสอบจำนวน 50 คน แสดงดังตาราง 4.2 พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่วทั้งสองสูตรมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น กลิ่นรส และความชอบรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นคะแนนความชอบด้านความหนืด ($p \geq 0.05$) ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านความหนืดน้ำจิ้มแจ่วสูตรผสมมากกว่าสูตรน้ำมะขาม เนื่องจากน้ำจิ้มแจ่วสูตรผสมมีความหนืดน้อยกว่าสูตรน้ำมะขาม นอกจากนี้ผู้ทดสอบยังประเมินตัวอย่างน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายไว้แล้วอีก 1 ชุด (เวลาหลังการละลาย 10 นาที) ซึ่งพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบทุกคุณลักษณะเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่วมีสีเข้มโดยปริมาณเพกทินมีผลการปลดปล่อยกลิ่นรส น้ำจิ้มแจ่วมีการปลดปล่อยกลิ่นได้ดีขึ้นเมื่อใช้เวลาในการละลายน้ำนานขึ้น

van Willige (2002) ศึกษาผลของการดูดซับกลิ่นรสต่ออาหารและบรรจุภัณฑ์อาหาร พบว่า เพกทินสามารถเกิดอันตรกิริยากับกลิ่นรสชะลอการปล่อยกลิ่นรสในเมทริกซ์ของอาหาร ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

ตาราง 4.2 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่วเมื่อละลายน้ำเป็นเวลา 5 และ 10 นาที

คุณลักษณะ	5 นาที		10 นาที	
	สูตรน้ำมะขาม	สูตรผสม	สูตรน้ำมะขาม	สูตรผสม
สี	5.5 ± 1.1 [b]	5.4 ± 1.0 [b]	5.9 ± 1.1 [a]	6.1 ±1.0 [a]
กลิ่น	5.1 ± 0.9 [c]	5.3 ± 0.9 [bc]	5.7 ± 1.3 [ab]	5.8 ± 1.2 [a]
ความหนืด	5.4 ± 0.8 [b]	5.4 ± 0.9 [ab]	5.7 ± 1.2 [ab]	5.9 ± 1.2 [a]
กลิ่นรส	4.7 ± 1.0 [c]	5.1 ± 0.8 [b]	5.8 ± 1.2 [a]	5.8 ± 1.0 [a]
ความชอบโดยรวม	5.3 ± 0.8 [b]	5.4 ± 0.8 [b]	5.7± 1.2 [ab]	5.9 ± 1.1 [a]

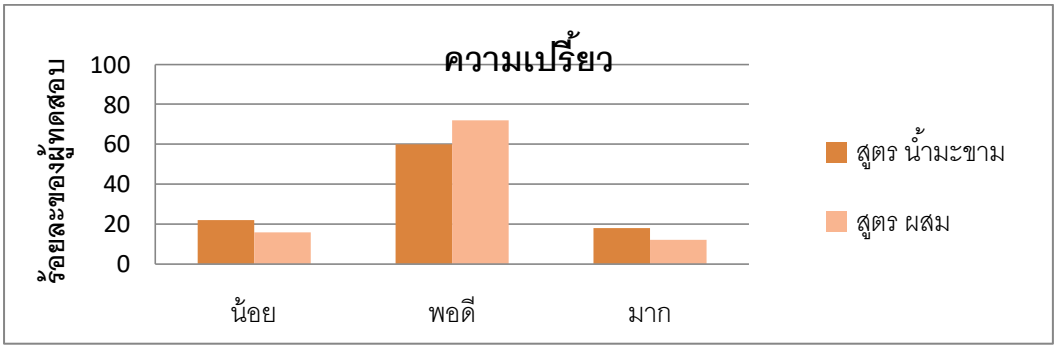
หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[a, b,c] ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 7- Point Hedonic Scale

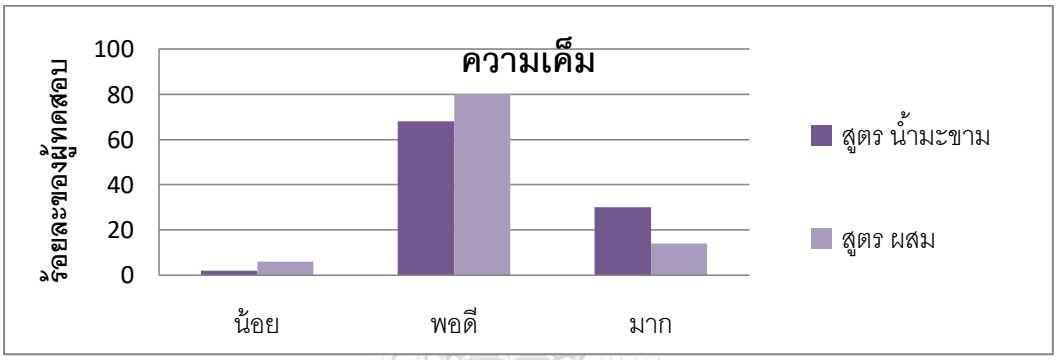
จากการทดสอบระดับความเข้มของผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรสแผ่นหนาสูตรน้ำมะขามและสูตรผสมซึ่งโรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และ ข้าวคั่วบด) ในด้านความเปรี้ยว ความเค็ม ความเผ็ด กลิ่นรสมะขาม กลิ่นรสข้าวคั่ว และกลิ่นรสมะนาว ด้วยวิธี 7-point Just about right (JAR) แสดงดังภาพ 4.43-4.48 พบว่า มีผู้ทดสอบมากกว่าร้อยละ 60 ให้คะแนนระดับความเข้มพอดีในด้านความเปรี้ยว ความเค็ม ความเผ็ด กลิ่นรสมะขาม และกลิ่นรสข้าวคั่วของผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่วทั้งสองสูตร เมื่อพิจารณาในด้านกลิ่นรสมะนาวของผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่ว พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับความเข้มพอดี ในน้ำจิ้มแจ่วสูตรผสม (ร้อยละผู้ทดสอบมีค่าเท่ากับ 64) มากกว่าน้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะขาม (ร้อยละผู้ทดสอบ มีค่าเท่ากับ 56) ดังนั้นจากงานวิจัย แสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่วสูตรผสมมากกว่าสูตรน้ำมะขามซึ่งให้ผลสอดคล้องกับคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรส

เมื่อทดสอบคะแนนความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว แบบสเกล 7 จุด ด้านความสะดวก ความน่าสนใจ และการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ แสดงดังตาราง 4.3 พบว่า ผู้บริโภคมีความสนใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจ สะดวกในการพกพาและการใช้งาน

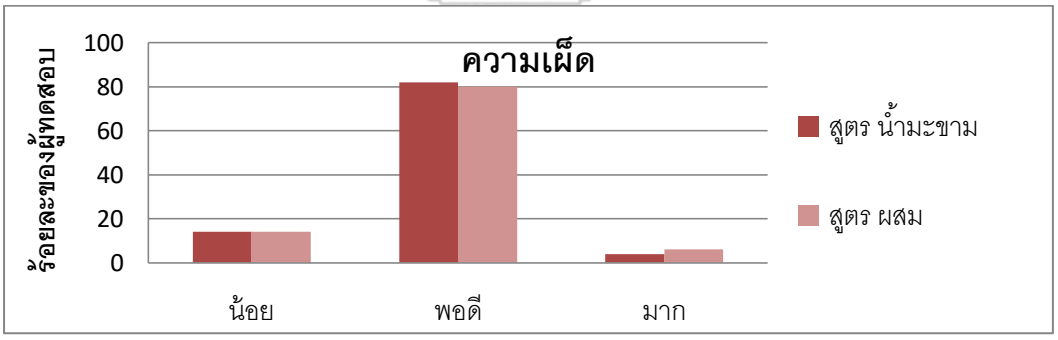
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



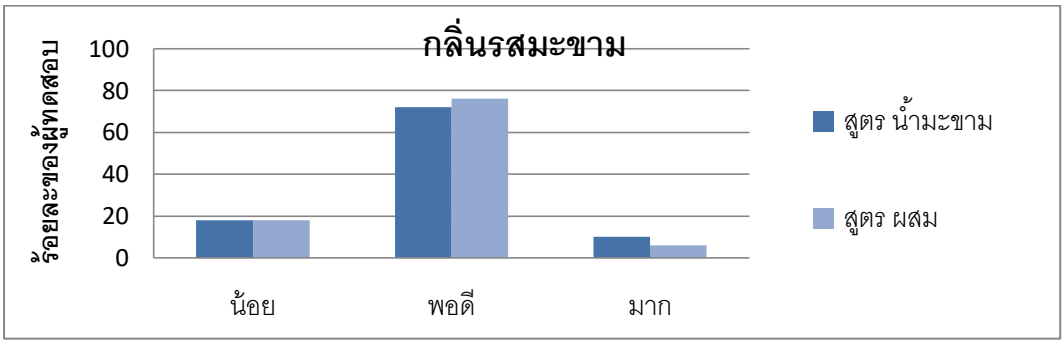
ภาพ 4.43 คะแนนความเห็นเกี่ยวกับความเปรี้ยวของน้ำจิ้มแจ่ว



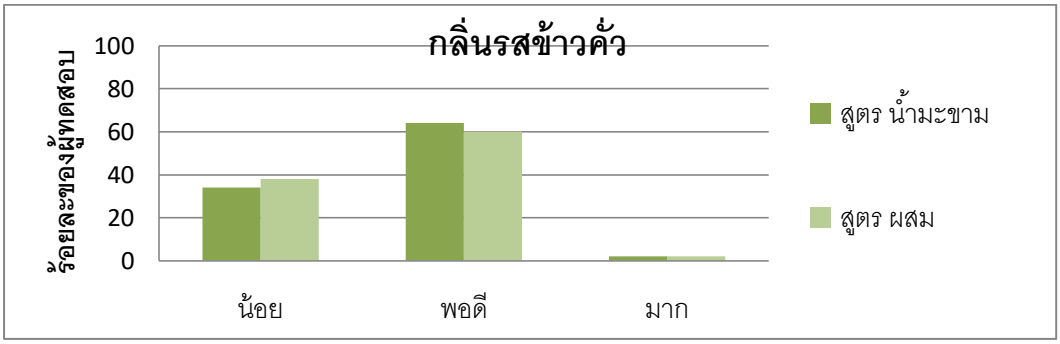
ภาพ 4.44 คะแนนความเห็นเกี่ยวกับความเค็มของน้ำจิ้มแจ่ว



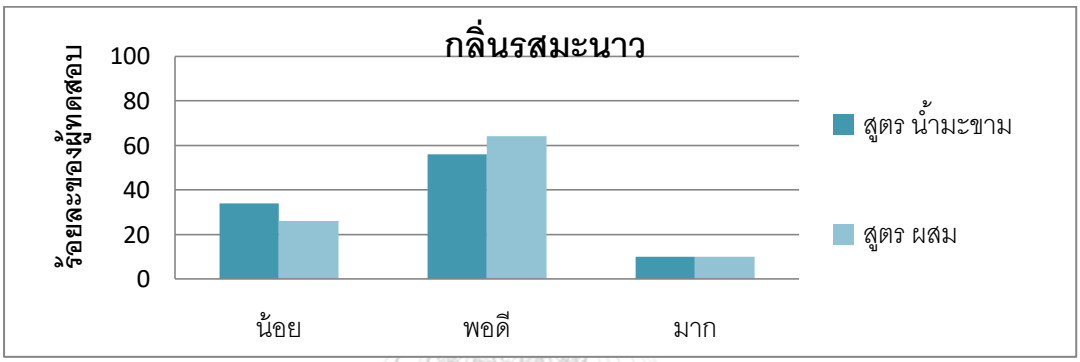
ภาพ 4.45 คะแนนความเห็นเกี่ยวกับความเผ็ดของน้ำจิ้มแจ่ว



ภาพ 4.46 คะแนนความเห็นเกี่ยวกับกลิ่นรสมะขามของน้ำจิ้มแจ่ว



ภาพ 4.47 คะแนนความเห็นเกี่ยวกับกลิ่นรสข้าวคั่วของน้ำจิ้มแจ่ว



ภาพ 4.48 คะแนนความเห็นเกี่ยวกับกลิ่นรสมะนาวของน้ำจิ้มแจ่ว

ตาราง 4.3 คะแนนความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว

	คะแนนความคิดเห็น
ความสะดวก	6.1 ± 1.0
ความน่าสนใจ	6.4 ± 0.8
ความน่าซื้อ	6.0 ± 1.0

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

แบบทดสอบความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว แบบสเกล 7 จุด

จากการพัฒนาการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วทั้ง 2 สูตร (สูตร น้ำมะขาม และสูตรผสม) และแปรความหนาของแผ่นปรุงรส 2 ระดับ (0.4 และ 0.8 มิลลิเมตร) พร้อมเติมส่วนพริกป่นผง และข้าวคั่วบดบนแผ่นฟิล์มขณะอบแห้ง พบว่า การเติมพริกป่นผง และข้าวคั่วบดเสริมให้ฟิล์มมีความต้านทานแรงดึงสูงขึ้น ($p<0.05$) และสามารถละลายน้ำกลับเป็นน้ำจิ้มแจ่วได้ โดยแผ่นหนา 0.8 มิลลิเมตร ให้สมบัติเชิงกลที่ดีกว่าแผ่นบาง ($p<0.05$) และสูตรผสมมีค่าความสามารถในการละลายน้ำสูงกว่าสูตรมะขามเล็กน้อย จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับแผ่นปรุงรสทั้งสูตร โดยสูตรผสมมีคะแนนความชอบ

มากกว่าสูตรน้ำมะขาม ดังนั้นงานวิจัยจึงเลือกแผ่นปรุงรสแผ่นหนาทั้งสูตรน้ำมะขามและสูตรผสมมาศึกษาในการทดลองขั้นต่อไป

4.3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วระหว่างการเก็บรักษา

4.3.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นปรุงรส

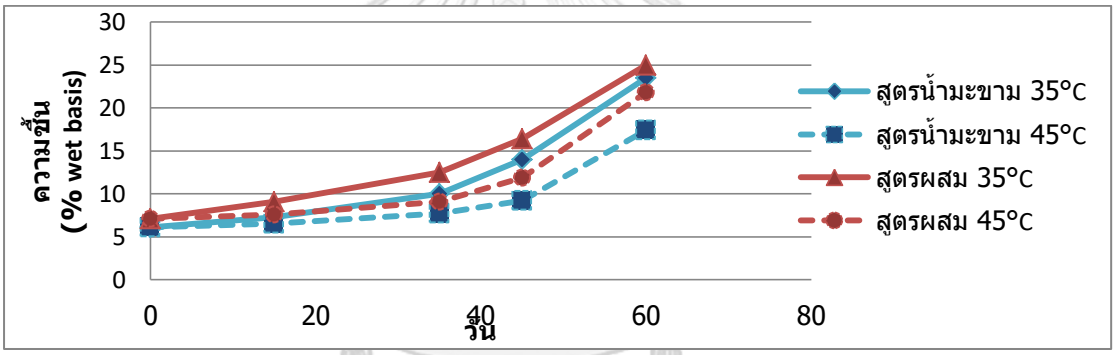
เมื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นปรุงรสแจ่วแบบแผ่นหนา (0.8 มิลลิเมตร) 2 สูตร (สูตรน้ำมะขาม และสูตรผสม) แปรอุณหภูมิในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ 2 ระดับ (35 และ 45 องศาเซลเซียส) โดยเก็บผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วในถุงพอลิโพรพิลีนปิดสนิทในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่า ปริมาณความชื้น ค่า a_w และค่าความสามารถในการละลายน้ำของแผ่นปรุงรสทุกสูตรมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น แสดงดังภาพ 4.49-4.51 เนื่องจากแผ่นปรุงรสผลิตจากพอลิแซคคาไรด์จากธรรมชาติมีสมบัติชอบรวมตัวกับน้ำ (hydrophillic) รวมถึงภายในฟิล์มมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบซึ่งมีสมบัติในการดูดซับความชื้น (hygroscopic) จึงเกิดการดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่โครงสร้างร่างแหของฟิล์ม ส่งผลให้ฟิล์มมีค่าความต้านทานแรงดึงลดลงและร้อยละการยืดตัวสูงขึ้น

ค่า a_w ของแผ่นปรุงรสทุกสูตรเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 60 วัน มีค่าต่ำกว่า 0.6 จัดผลิตภัณฑ์ที่ได้อยู่ในกลุ่มอาหารแห้งที่มีเสถียรภาพต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ทั้งนี้ แบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.8 (Veiga-Santos et al., 2005)

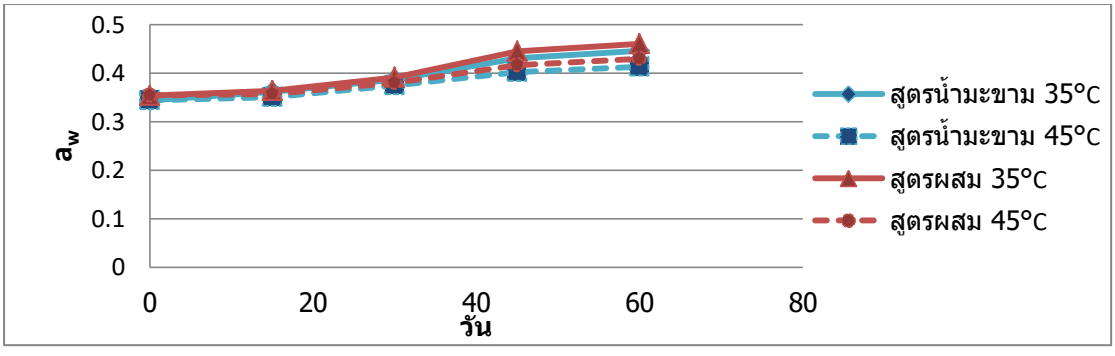
เมื่อพิจารณาค่าปริมาณความชื้น ค่า a_w และค่าความสามารถในการละลายน้ำของแผ่นปรุงรสปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส แสดงดัง ภาพ 4.49-4.51 และตาราง ช.24 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้น ค่า a_w และค่าความสามารถในการละลายน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่าแผ่นปรุงรสสูตรผสมมีค่าปริมาณความชื้น ค่า a_w และค่าความสามารถในการละลายน้ำต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เนื่องจากแผ่นปรุงรสสูตรผสมมีปริมาณเพกทินต่ำกว่าแผ่นปรุงรสสูตรน้ำมะขาม ซึ่งสอดคล้องกับผลดังข้อ 4.1.3.2 และ 4.2.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

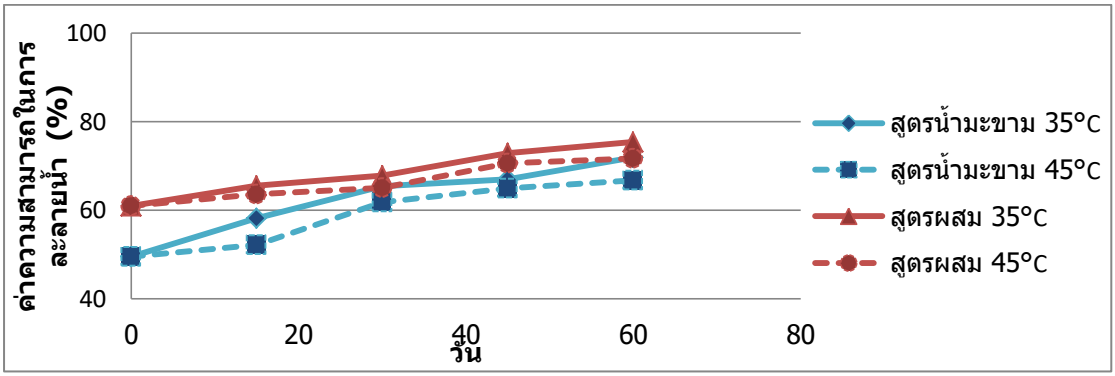
แผ่นปรุงรสที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้น ค่า a_w และค่าความสามารถในการละลายน้ำต่ำกว่าแผ่นปรุงรสที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างร่างแหของฟิล์มในระหว่างการเก็บรักษา คล้ายการเกิด retrogradation ของสตาร์ชจากงานวิจัยของ Zhang และ Han (2010) กล่าวว่า การเกิด retrogradation ของโมเลกุลสตาร์ชทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของโครงสร้างผลึก โดยน้ำซึ่งทำหน้าที่เป็น plasticizer ถูกขับและระเหยออกส่งผลให้ฟิล์มมีปริมาณความชื้นลดลง โดยเมื่อความเป็นผลึก (crystallinity) ของฟิล์มสตาร์ชเพิ่มขึ้นจาก 6.0% เป็น 8.0% ทำให้ความชื้นลดลงจาก 11.0% เป็น 8.0% และเมื่อผลึกของฟิล์มเพิ่มขึ้นจาก 6.0% เป็น 9.0% ทำให้ค่า water vapor permeability ลดลงจาก 1.2 $g \times mm \times m^{-2} \times h^{-1} \times kPa^{-1}$ เป็น 0.9 $g \times mm \times m^{-2} \times h^{-1} \times kPa^{-1}$



ภาพ 4.49 ค่าความชื้น (% wet basis) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน



ภาพ 4.50 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน



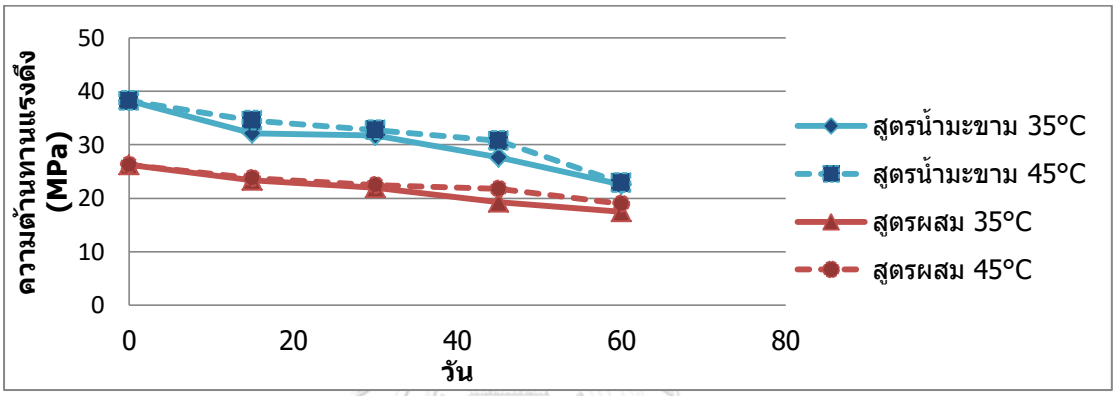
ภาพ 4.51 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน

การเก็บผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วในถุงพอลิโพรพิลีนปิดสนิทในที่มืดเป็นระยะเวลานาน 60 วัน ส่งผลให้แผ่นปรุงรสมีค่าความต้านทานแรงดึงลดลงและร้อยละการยืดตัวสูงขึ้น แสดงดัง ภาพ 4.52-4.53 และตาราง ช.25 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับปริมาณความชื้น และค่า a_w แสดงดังภาพ 4.49 และ 4.50 เมื่อพิจารณาสมบัติเชิงกลของแผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่า มีอิทธิพลของสูตรเป็นหลักต่อค่าความต้านทานแรงดึงและร้อยละแผ่นปรุงรส เมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงดึงและร้อยละการยืดตัวของแผ่นปรุงรสที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่าแผ่นปรุงรสสูตรน้ำมะขามมีความต้านทานแรงดึงสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เนื่องจากแผ่นปรุงรสสูตรน้ำมะขามมีปริมาณเพกทินซึ่งเป็นสารก่อฟิล์มที่ดีในปริมาณมากกว่าแผ่นปรุงรสสูตรผสม (ตาราง ช.2) จึงช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างร่างแหของฟิล์มส่งผลให้แผ่นปรุงรสที่ได้มีความแข็งแรงมากกว่าสูตรผสม ให้ผลสอดคล้องดังข้อ 4.1.3.2 และ 4.2.2

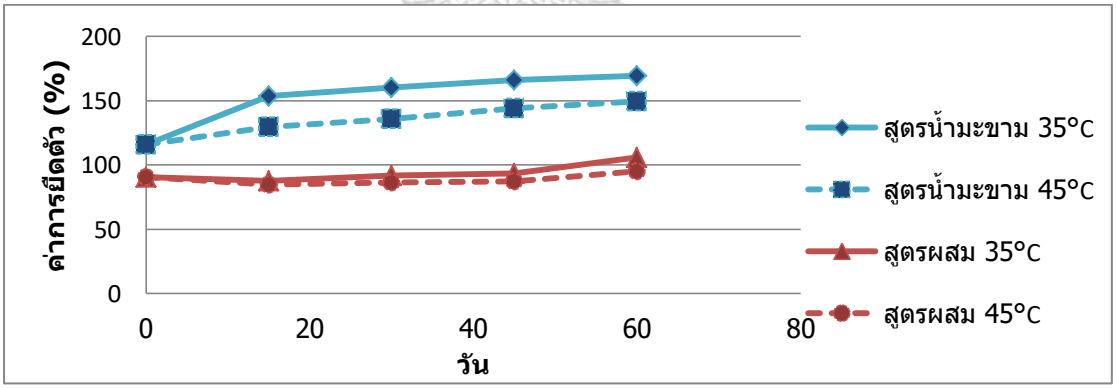
การเก็บรักษาแผ่นปรุงรสที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ทำให้แผ่นปรุงรสที่มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงขึ้นและร้อยละการยืดตัวต่ำลง เนื่องจากการจัดเรียงตัวของสายพอลิเมอร์มีความเป็นระเบียบมากขึ้น ขับน้ำออกจากโครงสร้างร่างแหของฟิล์มคล้ายการเกิด retrogradation ในฟิล์มสตาร์ช ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ Zhang และ Rempel (2012) ศึกษาการเกิด retrogradation และ antiplasticization ของฟิล์ม thermoplastic starch พบว่า การเกิด retrogradation เป็นผลมาจากปรากฏการณ์ antiplasticization โดย amylose หรือ amylopectin

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ซึ่งเคยแยกออกจากกันด้วยโมเลกุลของน้ำซึ่งทำหน้าที่เป็น plasticizers เกิดอันตรกิริยากันสร้างพันธะไฮโดรเจนขึ้น ทำให้ฟิล์มมีค่าความชื้นและค่าการซึมผ่านลดลง แต่มีความต้านทานแรงดึงสูงขึ้น ซึ่งอัตราการเกิด retrogradation ของแป้งขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษา โดยอัตราการเกิด retrogradation สูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นส่งผลให้แป้งเกิดโครงสร้างผลึกของเพิ่มขึ้น



ภาพ 4.52 ค่าความต้านทานแรงดึง (MPa) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน



ภาพ 4.53 ค่าการยืดตัว (% elongation) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน

เมื่อพิจารณาค่าสีของแผ่นปรุงรส แสดงดัง ภาพ 4.54-4.57 และ ตาราง ช.26 พบว่า แผ่นปรุงรสสูตรผสมมีค่า L* (ความสว่าง) มากสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากน้ำมะขามเปียกมีสีโทนน้ำตาลเข้ม และน้ำมะนาวมีสีโทนเหลืองสว่างส่งผลให้แผ่นปรุงรสสูตรผสมมีค่า L* มากกว่าสูตรน้ำมะขาม ซึ่งสอดคล้องกับผลดังข้อ 4.1.3.2 และ 4.2.2 ขณะที่ค่าสีของแผ่น

ปรุงรสทั้งสองสูตรเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป การเก็บรักษาแผ่นปรุงรสที่อุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานานส่งผลให้แผ่นปรุงรสมีค่า L* (ความสว่าง) ลดลงแต่มีค่า a* (สีแดง) และ b* (สีเหลือง) เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าสีของส่วนผสมในน้ำจิ้มแจ่ว โดยเฉพาะ น้ำมะขาม น้ำปลา และ พริกป่น

สุภางค์ เรืองฉาย และ สิรินาถ ตัณฑเกษม (2554) ศึกษาคุณภาพการเก็บรักษาของน้ำพริกมะขามผสมกระเจี๊ยบ พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามและน้ำพริกสูตรผสมกระเจี๊ยบ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์ ค่าสีของผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างที่ลดลงในทุกสัปดาห์ ส่งผลให้น้ำพริกมะขามมีสีคล้ำขึ้น โดยน้ำพริกที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) มีสีคล้ำกว่าน้ำพริกที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น (4 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นผลมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดโดยกรดอะมิโนทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีอยู่ในน้ำพริกมะขามผสมกระเจี๊ยบส่งผลให้เกิดสารเมลานอยดิน (melanoidin) ที่มีสีน้ำตาล

Kakade (2004) ศึกษาการเก็บรักษามะขามและการแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามด้วยกระบวนการสกัด (extraction) เพื่อเพิ่มมูลค่าในรูปแบบซอสมะขาม มะขามดองและน้ำมะขาม พบว่า การเก็บมะขามไว้เป็นเวลานานผลิตภัณฑ์มะขามจะเริ่มเปลี่ยนจากสีน้ำตาลแดงเป็นสีน้ำตาลเข้ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Muzaffar และ Kumar (2017) ประเมินคุณภาพและการทำนายอายุการเก็บรักษาของมะขามผง ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยในบรรจุภัณฑ์อะลูมิเนียมลามิเนตพอลิเอทิลีน (Aluminum laminate polyethylene, ALP) และถุงลามิเนต 4 ชั้น (พอลิเอทิลีน-อะลูมิเนียม–พอลิเอทิลีน-กระดาษ) และเก็บไว้ภายใต้ภาวะเร่งอุณหภูมิ (40 ± 1 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 90% พบว่า ทั้งบรรจุภัณฑ์และเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่าสีของมะขามผง ($p<0.05$) โดยมะขามผงมีค่าความสว่าง (L*) และ ค่าสีเหลือง (b*) ลดลงขณะที่ค่าสีแดง (a*) เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาใต้ภาวะเร่ง เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการเปลี่ยนสีมะขามผงในระหว่างเก็บรักษาสามารถ fit ได้ด้วยสมการ zero order kinetics พบว่า

ค่าคงที่ของจลนพลศาสตร์สำหรับการเปลี่ยนสีผงมะขามที่บรรจุใน ALP มีค่ามากกว่าถุงลามิเนต 4 ชั้น ดังนั้น ถุงลามิเนต 4 ชั้น มีความเหมาะสมในการบรรจุมะขามผงมากกว่า ถุง ALP

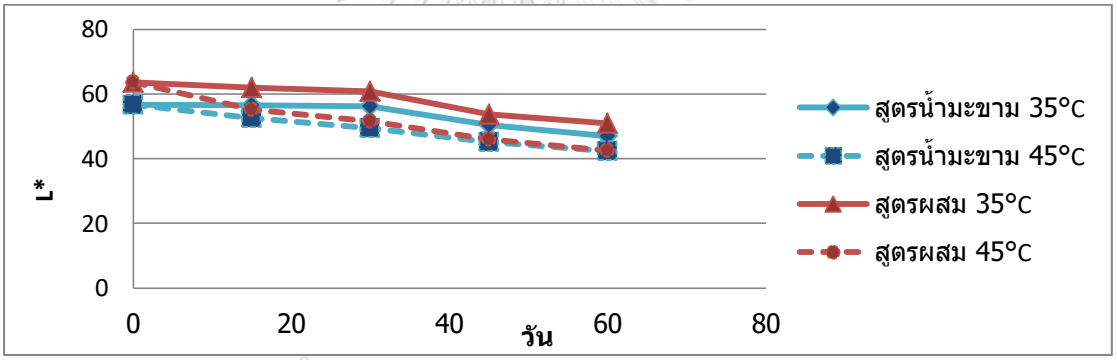
Mueda (2015) ศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำปลาจากปลากะตัก พบว่า สีของน้ำปลาจากตัวอย่างปลากะตักแตกต่างกันไปตามระยะเวลาการหมัก โดยมีค่าความสว่าง (L*) ลดลงและค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นในช่วง 270 วันของการหมัก โดยความเข้มของสีของน้ำปลาแปรผันตามระยะเวลาการหมักและอายุการผลิตของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการแตกตัวของไขมันและปฏิกิริยาเมลลาร์ดอย่างต่อเนื่องในระหว่างการหมัก

Mahanta และ Muzaddadi (2013) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาหมักโดยการบรรจุในขวดแก้วและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) พบว่า ผลิตภัณฑ์ปลาหมักสามารถเกิด lipid oxidation ได้ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจาก lipid oxidation ขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิ ได้แก่ สารประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน เปปไทด์ กรดอะมิโนอิสระและฟอสโฟลิปิด ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล

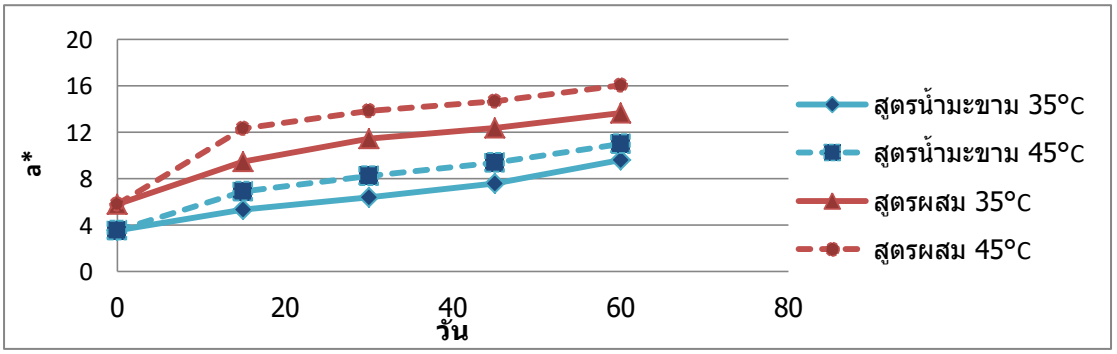
Rhim และ Hong (2011) ศึกษาผลของ a_w และอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนสีของพริกแดงผง (*Capsicum annuum* L.) พบว่า ความชื้นและอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพสีของพริกแดงผงในระหว่างการเก็บรักษา ที่ a_w ช่วง 0.4 ถึง 0.7 เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 25 เป็น 50 องศาเซลเซียส ส่งผลให้สีแดงของพริกกลายเป็นสีน้ำตาลและดำ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดเนื่องจากการสลายตัวของเม็ดสีแคโรทีนอยด์ และปฏิกิริยาสีน้ำตาล (non-enzymatic browning) เนื่องจากพริกแดงมีน้ำตาลรีดิวซ์ (reducting sugar) และกรดอะมิโนปริมาณสูง

Giuffrida et al. (2014) ประเมินปริมาณแคโรทีนอยด์และแคปไซซินอยด์ในพริกแดงผงในช่วงหนึ่งปีของการเก็บรักษา พบว่า สีของพริกแดงผงขึ้นอยู่กับปริมาณแคโรทีนอยด์และแคปไซซินอยด์ และการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ที่เกิดจากออกซิเดชั่นเป็นสาเหตุทำให้สีเปลี่ยนแปลง

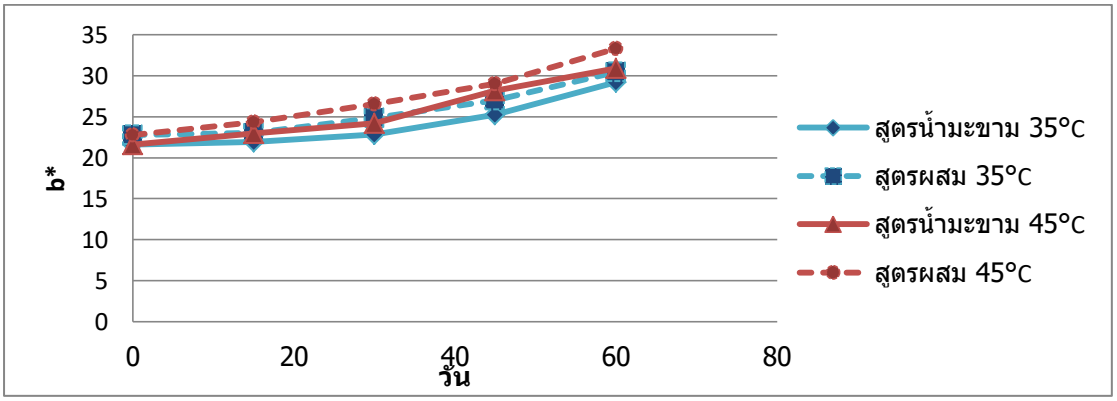
Rompothi (2014) ศึกษาผลของสารเสริมสภาพพลาสติกต่อสมบัติฟิล์มสตาร์ชถั่วเขียวและการประยุกต์ใช้ โดยเก็บพริกป่น (Capsicum) ในถุงผลิตจากฟิล์มสตาร์ชถั่วเขียว (สตาร์ชร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และ ซอร์บิทอลร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก) และถุงพอลิโพรพิลีน (PP) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ในอุณหภูมิ (35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 50 วัน พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อค่า a* และ ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของผงพริกแห้งที่บรรจุในถุง MBS และ PP โดยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเร่งการสลายตัวของสารสีแดงในพริก การเปลี่ยนแปลงของค่า a* และ ΔE ของผงพริกแห้งที่บรรจุด้วยถุง PP มีค่าสูงกว่า MBS ที่อุณหภูมิในการเก็บรักษาทั้งสามอุณหภูมิ (35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส) การเปลี่ยนสีของพริกป่น ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของเม็ดสี โดยองค์ประกอบและความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ในเนื้อเยื่อ (pericarp) เป็นตัวกำหนดสีของพริกซึ่งพริกป่นสะสมรงควัตถุ (pigment) แคโรทีนอยด์ (carotenoid) 6 แบบ คือ capsanthin, β-cryptoxanthin, β-carotene, capsorubin, zeaxanthin และ antheraxanthin ซึ่งการสูญเสียค่าสีแดง (a*) เป็นผลจากการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ ในผงพริกแห้ง



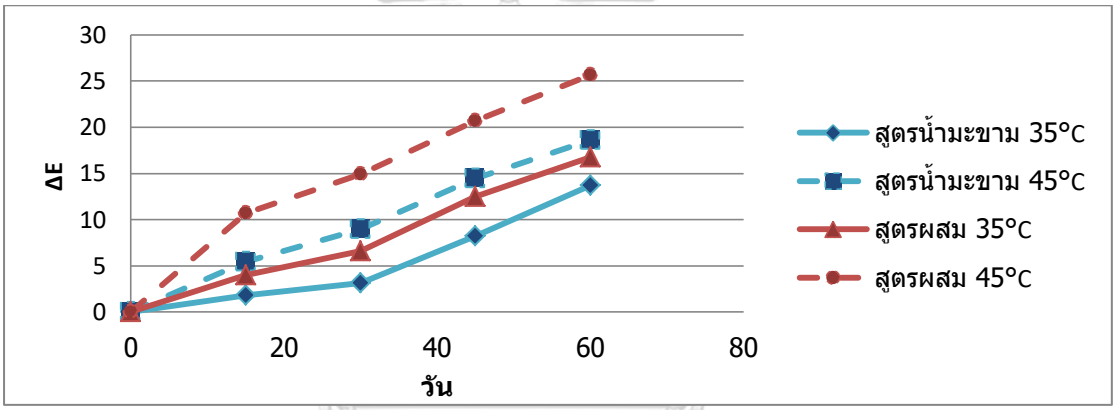
ภาพ 4.54 ค่า L* (ความสว่าง) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน



ภาพ 4.55 ค่า a* (สีแดง) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน



ภาพ 4.56 ค่า b* (สีเหลือง) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน



ภาพ 4.57 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3.2 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของตัวอย่างแจ่วที่เก็บไว้ 60 วัน

ตาราง 4.4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 60 วัน

	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด
สูตรน้ำมะขาม	35	< 30	ไม่เกิน 500,000 ในอาหาร 1 กรัม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 210) พ.ศ.2543 เรื่อง อาหารกึ่งสำเร็จรูป
	45	< 30	
สูตรผสม	35	3×10^3	
	45	6×10^3	

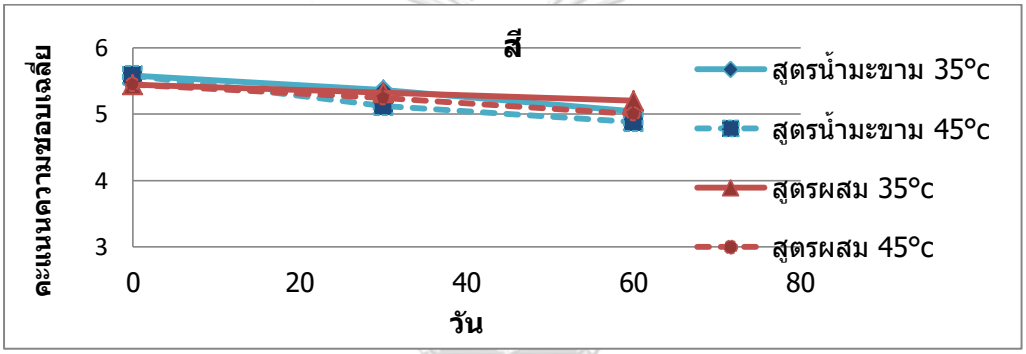
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วทั้งหมด 4 สูตร เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นระยะเวลา 60 วัน (ตาราง 4.4) พบว่า ผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 210) พ.ศ.2543 เรื่อง อาหารกึ่งสำเร็จรูป โดยแผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะขามเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจได้น้อยกว่า 30 cfu/g ขณะที่ผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วสูตรผสมเมื่อที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจได้ เท่ากับ 3×10^3 และ 6×10^3 cfu/g ตามลำดับ

ค่า pH ของน้ำจิ้มแจ่วทั้งสองสูตรมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ แสดงดัง ตาราง ช.1 น้ำจิ้มแจ่วควบคุมสูตรน้ำมะขามมีค่า pH และปริมาณกรดเท่ากับ 3.31 ± 0.02 และ 0.83 ± 0.03 ตามลำดับ สูตรผสมมีค่า pH และปริมาณกรดเท่ากับ 3.08 ± 0.02 และ 1.06 ± 0.01 ตามลำดับเมื่อผสมน้ำจิ้มแจ่วสูตรควบคุมกับสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทริน แสดงดัง ตาราง ช.5-ช.6 พบว่า สารละลายขึ้นรูปฟิล์มสูตรน้ำมะขามมีค่า pH และปริมาณกรดเท่ากับ 3.26 ± 0.02 และ 0.50 ± 0.01 ตามลำดับ สูตรผสมมีค่า pH และปริมาณกรดเท่ากับ 3.67 ± 0.01 และ 0.80 ± 0.01 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 4.6 เป็นภาวะที่เสถียรภาพต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยแบคทีเรียเจริญในช่วง pH 6.5-7.5 ราและยีสต์เจริญได้ใน pH ช่วงกว้างแต่เจริญได้ดีในช่วง pH 5.0-6.0 (Cao et al., 2007)

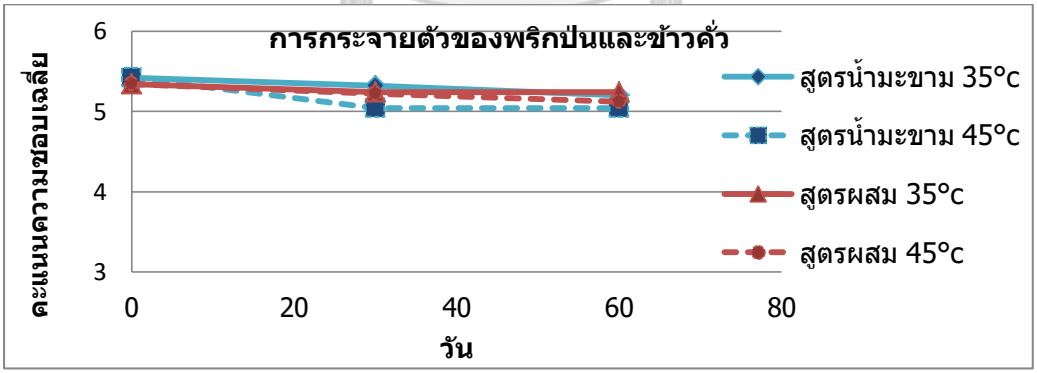
จากการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วผ่านกระบวนการอบแห้ง ซึ่งลดปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในอาหาร ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการบรรจุในถุงพอลิโพรพิลีนปิดสนิทมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.60 มีเสถียรภาพต่อการเจริญของ *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรคที่พบในอาหารกึ่งสำเร็จรูป ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 364) พ.ศ.2556 โดย *Salmonella* spp. ต้องไม่พบใน 25 กรัม *Staphylococcus aureus* ต้องไม่พบใน 0.1 กรัม *Bacillus cereus* ต้องไม่เกิน 1,000 ใน 1 กรัม และ *Clostridium perfringens* ต้องไม่เกิน 1,000 ใน 1 กรัม

4.3.3 การยอมรับทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วทั้ง 4 สูตร ที่ได้จากแผ่นปรุงรสแผ่นหนาสูตรน้ำมะขามและสูตรผสมที่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และ ข้าวคั่วบด) เมื่อเก็บรักษาที่สภาวะควบคุมที่ อุณหภูมิ (35 และ 45 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 60 วัน แสดงดัง ภาพ 4.58-4.59 และ ตาราง ช.27 ด้วยวิธี 7-point hedonic scale พบว่า ผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วทั้งสองสูตรที่เก็บรักษาเป็นที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน มีคะแนนความชอบแผ่นปรุงรสด้านสีและการกระจายตัวของพริกป่นและข้าวคั่วไม่แตกต่างกัน ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา



ภาพ 4.58 คะแนนเฉลี่ยทางด้านสีของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน

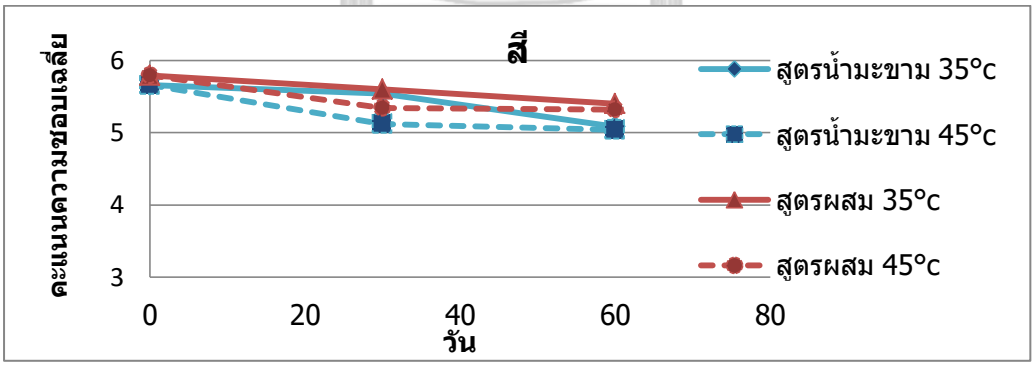


ภาพ 4.59 คะแนนเฉลี่ยทางด้านการกระจายตัวของพริกป่นและข้าวคั่วของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน

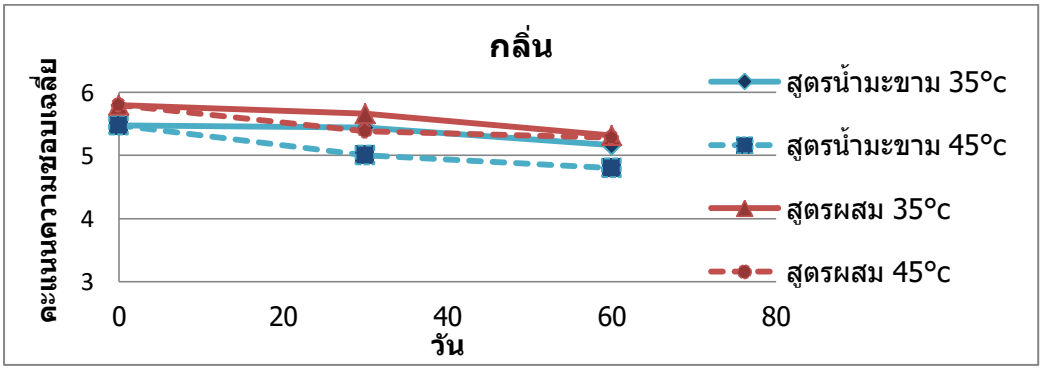
การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่วที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน แสดงดัง ภาพ 4.57-4.60 และ ตาราง ช.28 พบว่า น้ำจิ้มแจ่วทั้งสองสูตรเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส มีคะแนนความชอบด้านสีไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่ว พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่ว ขณะที่สูตรไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่ว การเก็บรักษาที่น้ำจิ้มแจ่วที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสลดลงมากกว่าการเก็บรักษาที่น้ำจิ้มแจ่วที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส โดยคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของน้ำจิ้มแจ่วทั้งสองสูตรไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 60 วัน

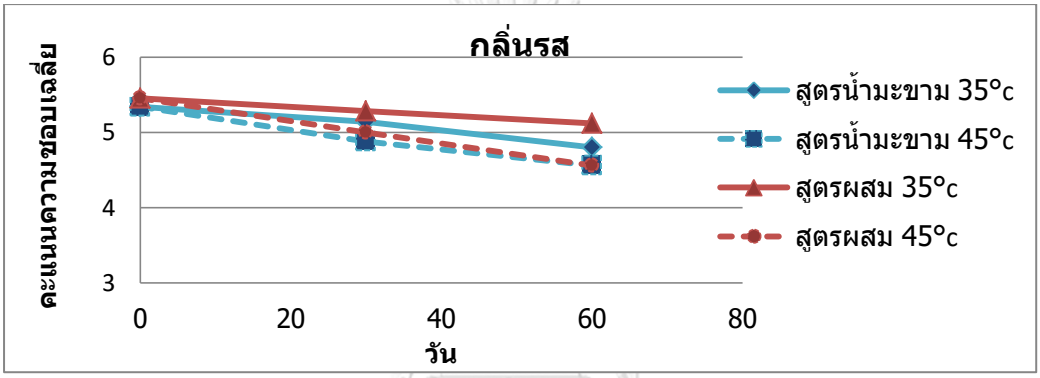
เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านกลิ่นและคะแนนความชอบโดยรวม พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นและคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่ว ขณะที่สูตรมีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นและคะแนนความชอบโดยรวม พบว่า น้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะขามมีกลิ่นและคะแนนความชอบโดยรวมลดลงมากกว่ากว่าน้ำจิ้มแจ่วสูตรผสม ดังนั้นจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงเห็นได้ว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของแผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วสูตรผสมมากกว่าผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะขาม โดยคะแนนความชอบด้านสีที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่วจาการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าสีผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสที่ได้จากการตรวจวัด ขณะที่คะแนนความชอบด้านกลิ่นและกลิ่นรสมีค่าลดลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีค่า a_w สูงขึ้นส่งผลให้กลิ่นรสเกิดการเปลี่ยนแปลงได้



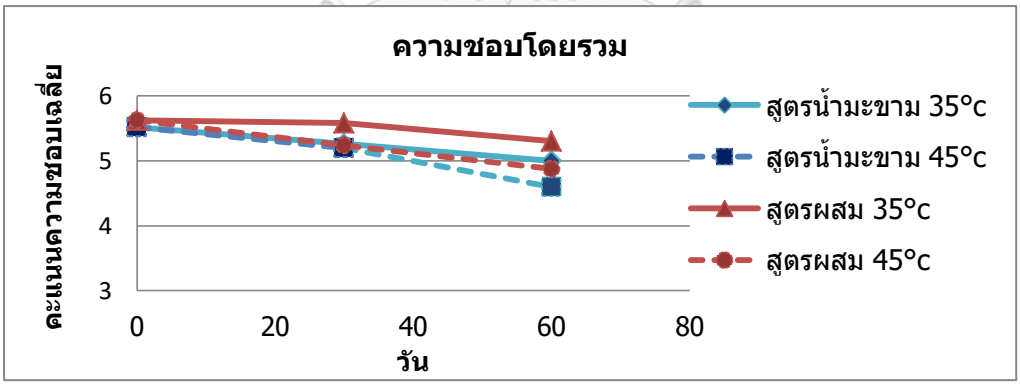
ภาพ 4.60 คะแนนเฉลี่ยทางด้านสีของน้ำจิ้มแจ่ว เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 60 วัน



ภาพ 4.61 คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นของน้ำจิ้มแจ่ว เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 60 วัน



ภาพ 4.62 คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรสของน้ำจิ้มแจ่ว เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 60 วัน



ภาพ 4.63 คะแนนเฉลี่ยทางด้านความชอบโดยรวมของน้ำจิ้มแจ่ว เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 60 วัน

4.3.4 การหาสมการคำนวณการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีเร่งอุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญสามารถเร่งให้เกิดปฏิกิริยาต่างๆ ในอาหาร ส่งผลให้เกิดเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร การศึกษาเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว ซึ่งได้เลือกสภาวะการเก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะเร่ง และ ใช้ค่า a_w (ปัจจัยที่มี

ผลต่อความปลอดภัยและคุณภาพอาหาร) และคะแนนความชอบโดยรวม (ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค) ของผลิตภัณฑ์เป็นดัชนีบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ โดยการเปลี่ยนแปลงสามารถ คำนวณจากสมการเส้นตรง zero order kinetic มีค่า R^2 ดังตาราง 4.5-4.6 สามารถคำนวณค่า Q_{10} ได้แสดงดัง ภาคผนวก ช.4

ตาราง 4.5 สมการคำนวณการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน(ภาคผนวก ช.4)

	ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)		
สูตร	สมการ	R^2	
สูตรมะขาม 45 °C	y = 0.0013x + 0.34	0.97	Q_{10} = 0.72
สูตรมะขาม 35 °C	y = 0.0018x + 0.34	0.98	
สูตรผสม 45 °C	y = 0.0014x + 0.35	0.94	Q_{10} = 0.70
สูตรผสม 35 °C	y = 0.0020x + 0.34	0.95	

ตาราง 4.6 สมการคำนวณการเปลี่ยนแปลงด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน (ภาคผนวก ช.4)

	คะแนนเฉลี่ยทางด้านความชอบโดยรวม		
สูตร	สมการ	R^2	
สูตรมะขาม 45 °C	y = -0.0153x + 5.57	0.97	Q_{10} = 1.70
สูตรมะขาม 35 °C	y = -0.0087x + 5.52	1.00	
สูตรผสม 45 °C	y = -0.0123x + 5.62	1.00	Q_{10} = 2.38
สูตรผสม 35 °C	y = -0.0053x + 5.66	0.84	

จากการเก็บผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วในถุงพอลิโพรพิลีนปิดสนิท ควบคุมที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส สามารถคำนวณอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ได้จากค่า a_w (ภาคผนวก ช.4) ของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดเสถียรภาพในการเก็บรักษา พบว่า ผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสสูตรมะขามมีอายุการเก็บรักษา เท่ากับ 3 เดือน 13 วัน และ ผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสสูตรผสม มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 3 เดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว ใช้มอลโทเดกซ์ทรินเป็นสารก่อฟิล์ม เพื่อให้มีสมบัติในการละลายน้ำได้ดี เมื่ออบแห้งฟิล์มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง โดยไม่ใส่ส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่พริกป่นและข้าวคั่ว พบว่า ฟิล์มจากน้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะขามมีสมบัติเชิงกล ปริมาณความชื้นและค่า a_w ดีกว่า ฟิล์มจากน้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะขามผสมน้ำมะนาว และฟิล์มจากน้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะนาวตามลำดับ การเติมแซนแทนกัมลงในสารละลายขึ้นรูปฟิล์มร้อยละ 1-2 ทำให้แผ่นฟิล์มมีสมบัติเชิงกลดีขึ้นและช่วยลดปริมาณความชื้นและค่า a_w ของแผ่นฟิล์ม ซึ่งฟิล์มสูตรน้ำมะขามและสูตรผสมที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ1 ให้ฟิล์มที่ละลายน้ำได้เร็วที่สุดและมีสมบัติเชิงกลที่ดีเหมาะต่อการขึ้นรูปฟิล์มจึงเลือกมาพัฒนาต่อในขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว

การพัฒนาขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว โดยเติมส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำระหว่างการอบแห้งฟิล์มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 ชั่วโมง พบว่า การเติมส่วนผสมช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกล ความชื้นและ a_w ของแผ่นฟิล์มให้ดีขึ้น ซึ่งแผ่นปรุงรสแผ่นหนา (0.4 – 0.8 มิลลิเมตร) ทั้งสูตรน้ำมะขามและสูตรผสมมีสมบัติเชิงกลที่ดีและสามารถละลายน้ำกลับได้ จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชอบและยอมรับผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสและน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรส ทั้ง 2 สูตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาแผ่นปรุงรสแจ่วทั้ง 2 สูตร เป็นระยะเวลา 60 วัน โดยเก็บผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วในถุงพอลิโพรพิลีนปิดสนิท ควบคุมที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 ± 5 ระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วมีปริมาณความชื้นและค่า a_w มีแนวโน้มสูงขึ้นและแผ่นฟิล์มมีสีเข้มขึ้น (L^* ลดลง a^* และ b^* สูงขึ้น) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ฟิล์มมีค่าความต้านทานแรงดึงสูงกว่า ขณะที่ค่าร้อยละการยืดตัว ปริมาณความชื้น a_w และค่าการละลายน้ำต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) โดยค่า a_w ของแผ่นปรุงรสทุกสูตรที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 35 และ

45 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำกว่า 0.6 จัดผลิตภัณฑ์ที่ได้อยู่ในกลุ่มอาหารแห้งที่มีเสถียรภาพต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 210) พ.ศ. 2543 เรื่อง อาหารกึ่งสำเร็จรูป จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า แจ่วแผ่นทั้งสองสูตรมีคะแนนความชอบด้านสีลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา เมื่อละลายเป็นน้ำจิ้มแจ่ว พบว่าสูตรน้ำมะขามมีแนวโน้มของคะแนนความชอบทางด้านกลิ่น กลิ่นรสและความชอบโดยรวมน้อยกว่าและมีค่าลดลงเร็วกว่าสูตรผสม เก็บผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วในถุงพอลิโพรพิลีนปิดสนิทในที่มืด ควบคุมที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส สามารถคำนวณอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยวิธี Q_{10} โดยผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสสูตรมะขามมีอายุการเก็บรักษา เท่ากับ 3 เดือน 13 วัน และ ผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสสูตรผสมมีอายุการเก็บรักษา เท่ากับ 3 เดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะ

ผลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วให้มีรสชาติหลากหลายมากยิ่งขึ้นในส่วนของ แผ่นปรุงรสบาร์บีคิว หรือ แผ่นปรุงรสซีฟู้ด

ในการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ เนื่องจากแผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วมีการดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อมเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยถุงพอลิโพรพิลีน หนา 0.07 มิลลิเมตร ซึ่งค่อนข้างบางจึงควรเพิ่มความหนาของถุงพอลิโพรพิลีน หรือเลือกบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันความชื้นได้มากขึ้นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ดังเช่น ถุงอะลูมิเนียมลามิเนตซึ่งมีความทนทาน สามารถป้องกันอากาศ ความชื้น และแสงแดดได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังช่วยเก็บรักษาคุณภาพสินค้าได้ หรือ ถุงเมทัลไลท์ที่ มีสมบัติป้องกันอากาศ ความชื้น แต่ป้องกันแสงได้ไม่เทียบเท่าอะลูมิเนียมลามิเนต

ในการศึกษาเสถียรภาพในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ควรตวรจวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์เพิ่มเติม เนื่องจากค่า a_w ของผลิตภัณฑ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.34 ถึง 0.46 ซึ่งเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของ xerophilic mold (ราที่ชอบความแห้ง) เจริญในอาหารแห้งที่มีปริมาณน้ำน้อย โดยมีค่า a_w ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 0.61 ถึง 0.75 และ osmophilic yeast ที่เจริญได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำตาลสูง ค่า a_w เท่ากับ 0.61

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กนกวรรณ ไตรพรวัฒนกุล และ นันท์นภัส ฐากุลวีรนันท์. (2551). *การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของฟิล์มเด็กซ์ตริน*. ปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

กระทรวงสาธารณสุข. (2543). ประกาศฉบับที่ 210 เรื่อง อาหารกึ่งสำเร็จรูป.

กระทรวงสาธารณสุข. (2556). ประกาศฉบับที่ 364 เรื่อง มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค.

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. (2540). *การศึกษาฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนถั่วเขียว*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตรและ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. (2535). ฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้. *วารสารอาหาร*. 22: 1-6

มีชัย เมธามาลี. (2549). สิทธิบัตรไทย เลขที่ 2945. กรุงเทพฯ: กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.

รัตนา จินดาพรรณ และ วิไลลักษณ์ ไฝเพชร. (2549). อิทธิพลของพลาสติไซเซอร์ต่อการต้านแรง ดึง การซึมผ่านของน้ำมัน และความสามารถในการละลายของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*. 2: 36-44.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2554). พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน.

สุกัญญา โพธิ์สูงเนิน. (2545). *การศึกษาคุณสมบัติทางการภาพของฟิล์มไบโอโพลิเมอร์ผสมจากไคโตแซนและสตาร์ชดัดแปรเพื่อการประยุกต์ใช้ในระบบจำลองอาหาร*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

สุภางค์ เรืองฉาย และ สิรินาถ ตัณฑเกษม. (2554). คุณภาพการเก็บรักษาของน้ำพริกมะขามผสมกระเจี๊ยบ. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*. 31(2): 89-98.

อนุวัตร แจ้งชัด, นรลักษณ์ รัตนฐิตินันต์ และ วัณณิตา จิรังรัตน์. (2550). การพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกหวานแผ่น. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. The Association of Official Analytical Chemists. *17*th Ed. USA: Washington, DC.

ASTM. (1989). *Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting (ASTM D882-88) Annual Book of ASTM Standards.* American Society for Testing and Materials. USA: Philadelphia.

Azeredo, H. M., Morrugares-Carmona, R., Wellner, N., Cross, K., Bajka, B., and Waldron, K. W. (2016). Development of pectin films with pomegranate juice and citric acid. Food chemistry, 198, 101-106.

Balasubramanian, R., Kim, S. S., and Lee, J. (2018). Novel synergistic transparent k-Carrageenan/Xanthan gum/Gellan gum hydrogel film: Mechanical, thermal and water barrier properties. *International journal of biological macromolecules*. 118: 561-568.

BAM. (2001). Aerobic plate count. *Bacteriological Analytical Manual*: 53-67.

Bocco, A., Cuvelier, M.-E., Richard, H., and Berset, C. (1998). Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts. *Journal of agricultural and food chemistry*. 46(6): 2123-2129.

Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*. 15(3): 237-248.

Brake, N. C., and Fennema, O. R. (1993). Edible coatings to inhibit lipid migration in a confectionery product. *Journal of food science*. 58(6): 1422-1425.

Bueno, V. B., and Petri, D. F. S. (2014). Xanthan hydrogel films: Molecular conformation, charge density and protein carriers. *Carbohydrate Polymers*. 101: 897-904.

Cao, C., Li, R., Wan, Z., Liu, W., Wang, X., Qiao, J., Wang, D., Bulmer, G., and Calderone, R. (2007). The effects of temperature, pH, and salinity on the growth and dimorphism of Penicillium marneffei. *Sabouraudia*. 45(5): 401-407.

Cilurzo, F., Cupone, I. E., Minghetti, P., Buratti, S., Selmin, F., Gennari, C. G., and Montanari, L. (2010). Nicotine fast dissolving films made of maltodextrins: a feasibility study. *Aaps Pharmscitech*. 11(4): 1511-1517.

Cilurzo, F., Cupone, I. E., Minghetti, P., Selmin, F., and Montanari, L. (2008). Fast dissolving films made of maltodextrins. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. 70(3): 895-900.

Davis, H. A., Wolff, I. A., and Cluskey, J. E. (1953). US Patent 2656571.

Dias, A. B., Müller, C. M., Larotonda, F. D., and Laurindo, J. B. (2011). Mechanical and barrier properties of composite films based on rice flour and cellulose fibers. *LWT-food science and technology*. 44(2): 535-542.

El-Siddig, K., Ebert, G., and Ludders, P. (1999). Tamarind (*Tamarindus indica* L.): a review on a multipurpose tree with promising future in the Sudan. *Angew. Bot*. 73: 202-205.

Embuscado, M. E., and Huber, K. C. (2009). *Edible films and coatings for food applications*. New York: Springer.

Galus, S., Turska, A., and Lenart, A. (2012). Sorption and wetting properties of pectin edible films. *Czech Journal of Food Science*. 30(5): 446-455.

Galus, S., Uchanski, P., and Lenart, A. (2013). Colour, mechanical properties and water vapour permeability of pectin films. *Acta Agrophysica*. 20(3): 375-384.

Gennadios, A. (2002). Proteins as raw materials for films and coatings: definitions, current status, and opportunities. *In Gennadios, A.(ed.),* (pp. 21-62). Florida: CRC Press.

Gennadios, A., and Weller, C. L. (1990). Edible films and coatings from wheat and corn proteins. *Food Technology*.

Ghanbarzadeh, B., Almasi, H., and Entezami, A. A. (2011). Improving the barrier and mechanical properties of corn starch-based edible films: Effect of citric acid and carboxymethyl cellulose. *Industrial Crops and products*. 33(1): 229-235.

Giannouli, P., and Morris, E. (2003). Cryogelation of xanthan. *Food Hydrocolloids*. 17(4): 495-501.

Giuffrida, D., Dugo, P., Torre, G., Bignardi, C., Cavazza, A., Corradini, C., and Dugo, G. (2014). Evaluation of carotenoid and capsaicinoid contents in powder of red chili peppers during one year of storage. *Food research international*. 65: 163-170.

Guilbert, S., Gontard, N., and Gorris, L. G. (1996). Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. *LWT-food science and technology*. 29(1-2): 10-17.

Guo, J., Ge, L., Li, X., Mu, C., and Li, D. (2014). Periodate oxidation of xanthan gum and its

crosslinking effects on gelatin-based edible films. *Food Hydrocolloids*. 39: 243-250.

Han, J. H. (2005). *Innovations in food packaging*. Academic Press: Elsevier.

Hazirah, M. N., Isa, M., and Sarbon, N. (2016). Effect of xanthan gum on the physical and mechanical properties of gelatin-carboxymethyl cellulose film blends. *Food Packaging and Shelf Life*. 9: 55-63.

Kakade, A. P. (2004). Studies on storage of tamarind and processing of value added tamarind products. *Master's thesis, Department of Agricultural Processing and Food Engineering Engineering, Indira Gandhi Krishi Vishwavidyalaya, Raipur (CG)*.

Kester, J. J., and Fennema, O. (1986). Edible films and coatings: a review. *Food technology (USA)*.

Koushki, M., Azizi, M., Azizkhani, M., and Koohy-Kamaly, P. (2015). Effect of different formulations on mechanical and physical properties of calcium alginate edible films. *Journal of food quality and hazards control*. 2(2): 45-50.

Krochta, J. M. (2002). Proteins as raw materials for films and coatings: definitions, current status, and opportunities. *Protein-based films and coatings.* (pp. 1–41). CRC Press.

Maftoonazad, N., Ramaswamy, H., Moalemiyan, M., and Kushalappa, A. (2007). Effect of pectin-based edible emulsion coating on changes in quality of avocado exposed to Lasiodiplodia theobromae infection. *Carbohydrate Polymers*. 68(2): 341-349.

Mahanta, P., and Muzaddadi, A. (2013). Extension of shelflife of the fermented fish product, shidal by packaging in glass bottle and low temperature storage. *Indian Journal of Fisheries*. 60(2): 135-143.

Mandala, I., and Bayas, E. (2004). Xanthan effect on swelling, solubility and viscosity of wheat starch dispersions. *Food Hydrocolloids*. 18(2): 191-201.

Melo, C. P., Grossmann, M. V., Yamashita, F., Youssef, E. Y., Dall'Antônia, L. H., and Mali, S. (2011). Effect of manufacturing process and xanthan gum addition on the properties of cassava starch films. *Journal of Polymers and the Environment*.

19(3): 739.

Mendoza, A. J. (2015). Tartaric Acid Cross-Linking of Starch: Effect of Reaction Conditions on the Maximum Tensile Strength of Cast Plastic Films. *Journal of Student Science and Technology*. 8(3).

Mueda, R. T. (2015). Physico-chemical and color characteristics of salt-fermented fish sauce from anchovy Stolephorus commersonii. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation-International Journal of the Bioflux Society (AACL Bioflux)*. 8(4).

Muzaffar, K., and Kumar, P. (2017). Quality assessment and shelf life prediction of spray dried tamarind pulp powder in accelerated environment using two different packaging materials. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 11(1): 265-271.

Nagar, P., Chauhan, I., and Yasir, M. (2011). Insights into Polymers: Film Formers in Mouth Dissolving Films. *Drug Invention Today*. 3(12).

Nawab, A., Alam, F., Haq, M. A., Lutfi, Z., and Hasnain, A. (2017). Mango kernel starch-gum composite films: physical, mechanical and barrier properties. *International journal of biological macromolecules*. 98: 869-876.

Nisperos-Carriedo, M. O. (1994). Edible coatings and films based on polysaccharides. *Edible coatings and films to improve food quality*. 1: 322-323.

Nussinovitch, A. (1997). *Hydrocolloid applications: gum technology in the food and other industries*. London: Champman and Hall.

Obulesu, M., and Bhattacharya, S. (2011). Color changes of tamarind (Tamarindus indica L.) pulp during fruit development, ripening, and storage. *International journal of food properties*. 14(3): 538-549.

Pena, D. C., and Torres, J. A. (1991). Sorbic acid and potassium sorbate permeability of an edible methylcellulose-palmitic acid film: water activity and pH effects. *Journal of food science*. 56(2): 497-499.

Penniston, K. L., Nakada, S. Y., Holmes, R. P., and Assimos, D. G. (2008). Quantitative assessment of citric acid in lemon juice, lime juice, and commercially-available fruit

juice products. *Journal of Endourology*. 22(3): 567-570.

Petriella, C., Resniik, S., Lozano, R. D., and Chirife, J. (1985). Kinetics of deteriorative reactions in model food systems of high water activity: Color changes due to nonenzymatic browning. *Journal of food science*. 50(3): 622-626.

Protzman, T., Wagoner, J., and Young, A. (1967). US Patent 3344216.

Quek, S. Y., Chok, N. K., and Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 46(5): 386-392.

Rao, P. S., and Srivastava, H. C. (1974). Tamarind, *In Whistler, R. L.(eds.),* (pp. 370–441). New York: Academic press.

Reddy, N., and Yang, Y. (2010). Citric acid cross-linking of starch films. *Food Chemistry*. 118(3): 702-711.

Reis, R. C., Côrrea, P. C., Devilla, I. A., Santos, E. S., Ascheri, D. P., Servulo, A. C. O., and e Souza, A. B. M. (2013). Drying of yam starch (Discorea ssp.) and glycerol filmogenic solutions at different temperatures. *LWT-food science and technology*. 50(2): 651-656.

Rhim, J.-W., and Hong, S.-I. (2011). Effect of water activity and temperature on the color change of red pepper (*Capsicum annuum* L.) powder. *Food science and biotechnology*. 20(1): 215-222.

Rompothi, O. (2014). Effect of plasticizer on properties of mung bean starch film and its applicaion. *Master's thesis, Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University*.

Saha, D., and Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of food science and technology*. 47(6): 587-597.

Sánchez, V., Bartholomai, G., and Pilosof, A. (1995). Rheological properties of food gums as related to their water binding capacity and to soy protein interaction. *LWT-food science and technology*. 28(4): 380-385.

Sharma, B., Naresh, L., Dhuldhoya, N., Merchant, S., and Merchant, U. (2006). An overview on pectins. *Times Food Processing Journal*. 23(2): 44-51.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Shelukhina, N., and Fedichkina, L. (1994). A rapid method for quantitative determination of pectic substances. *Acta botanica neerlandica*. 43(2): 205-207.

Shojaee-Aliabadi, S., Hosseini, H., Mohammadifar, M. A., Mohammadi, A., Ghasemlou, M., Ojagh, S. M., Hosseini, S. M., and Khaksar, R. (2013). Characterization of antioxidant-antimicrobial κ-carrageenan films containing Satureja hortensis essential oil. *International journal of biological macromolecules*. 52: 116-124.

Sothornvit, R., and Krochta, J. (2000). Water vapor permeability and solubility of films from hydrolyzed whey protein. *Journal of food science*. 65(4): 700-703.

Sothornvit, R., and Krochta, J. M. (2001). Plasticizer effect on mechanical properties of β-lactoglobulin films. *Journal of Food Engineering*. 50(3): 149-155.

Šuput, D. Z., Lazić, V. L., Popović, S. Z., and Hromiš, N. M. (2015). Edible films and coatings: Sources, properties and application. *Food and Feed Research*. 42(1): 11-22.

Tharanathan, R. (2003). Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in food science and technology*. 14(3): 71-78.

Tsoga, A., Richardson, R., and Morris, E. (2004). Role of cosolutes in gelation of high-methoxy pectin. Part 1. Comparison of sugars and polyols. *Food Hydrocolloids*. 18(6): 907-919.

van Willige, R. W. G. (2002). *Effects of flavour absorption on foods and their packaging materials*. The Netherlands: Wageningen University.

Veiga-Santos, P., Oliveira, L., Cereda, M., Alves, A., and Scamparini, A. (2005). Mechanical properties, hydrophilicity and water activity of starch-gum films: effect of additives and deacetylated xanthan gum. *Food Hydrocolloids*. 19(2): 341-349.

Yoon, S. D., Chough, S. H., and Park, H. R. (2006). Properties of starch-based blend films using citric acid as additive. II. *Journal of Applied Polymer Science*. 100(3): 2554-2560.

Zhang, Y., and Han, J. (2010). Crystallization of high-amylose starch by the addition of plasticizers at low and intermediate concentrations. *Journal of food science*. 75(1): 8-16.

Zhang, Y., and Rempel, C. (2012). *Retrogradation and Antiplasticization of Thermoplastic Starch*. Canada: InTech Open Access Publisher.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์สมบัติของน้ำจิ้มแจ่ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด

<u>อุปกรณ์และเครื่องมือ</u>

1. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
2. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
4. กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร
5. บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร,
6. แท่งแก้วคนสาร
7. ช้อนตักสาร

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด
3.ไตเตรตด้วยสารละลาย NaOH มาตรฐาน จนได้สีชมพูจางๆ คงที่ บันทึกปริมาตรของสารละลาย NaOH
4.คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมด

$$\text{ปริมาณกรด (ร้อยละ)} = \frac{\text{นอร์มาลิตี้} \times \text{ปริมาตร} \times \text{น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของกรด} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง} \times 1000}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ก.2 การวิเคราะห์ปริมาณเพกติน ตามวิธีของ (Shelukhina และ Fedichkina, 1994)

<u>อุปกรณ์และเครื่องมือ</u>

1. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
2. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
4. กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร
5. แท่งแก้วคนสาร
6. ช้อนตักสาร
7. กระดาษ Whatman เบอร์ 1

8. บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เตรียมตัวอย่างปริมาตร 20- 25 มิลลิลิตร ชั่งน้ำหนักหลอดตัวอย่างก่อนทำการวิเคราะห์ แล้วจึงเติมเอทานอลลงในตัวอย่างปริมาตร 1-2 มิลลิลิตรเพื่อป้องกันการตกตะกอนตัวอย่าง
2. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10-20 มิลลิลิตร เพื่อละลายตัวอย่างแล้วดูดสารละลายตัวอย่างมา 10 มิลลิลิตร เติม 1 N NaOH เท่ากับ 1-2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา de-esterification
3. เติม 1 N HCl ในปริมาตร 1.5 เท่าของปริมาตร 1 N NaOH ลงในสารละลายตัวอย่าง เพื่อทำให้สารละลาย เป็นกรด เติม 0.1 N HCl ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในสารละลายตัวอย่างตั้งทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำตัวอย่างที่ได้ไปกรองผ่านกระดาษ Whatman เบอร์ 1
4. ปิเปตตัวอย่างที่ผ่านการกรองปริมาตร 10-20 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร (ส่วนที่ 1) นำกากที่กรองได้ใส่ลงในน้ำกลั่น ล้างกรวยและหลอดตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง แล้วนำตัวอย่างที่ผ่านการกรองและกากที่กรองได้ผสมให้เข้ากันนำไปกวนด้วย stirrer
5. ปิเปตตัวอย่างที่ผ่านการกรองปริมาตร 10-20 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร (ส่วนที่ 2)
6. นำตัวอย่างที่ผ่านการกรอง (ส่วนที่ 1) และ (ส่วนที่ 2) มาไทเทรตด้วย 0.1 N NaOH โดยใช้ Hinton เป็น indicator

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ก.3 การวัดค่าสีของตัวอย่าง

<u>อุปกรณ์และเครื่องมือ</u>

1. เครื่องวัดสี Minolta chroma meter (บริษัท Konica Minolta, ประเทศญี่ปุ่น)
2. แผ่นกระเบื้องสีขาว

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. เลือกระบบสี CIELAB
2. วางตัวอย่างแผ่นฟิล์มขนาด 5 x 5 ตารางเซนติเมตร ลงบนแผ่นกระเบื้องสีขาว วัดสีของตัวอย่างโดยวางหัววัดลงบนผิวของตัวอย่าง บันทึกค่าที่ได้

3. บันทึกค่าที่ได้โดย

• L*หมายถึง ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 (0 หมายถึง มืดที่สุด และ 100 หมายถึงสว่างสุด)

• a*หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีแดง (a* มีค่าบวกแสดงถึงสีแดง และค่าลบ แสดงถึงสีเขียว)

• b*หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลือง (b* มีค่าบวกแสดงถึงสีเหลืองและ ค่าแสดงถึงสีน้ำเงิน)

4.การคำนวณหาค่า ค่า hue angle (เฉดสี) และ ความอิ่มตัวของสี (chroma)

Hue angle = $\tan^{-1}$ (b*/a*)

Chroma = $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$

Hue angle เป็นตัวเลขที่ระบุเฉดสี มีหน่วยเป็นองศา

โดย h* = 0º แสดงว่าเป็นสีแดง

h* = 90º แสดงว่าเป็นสีเหลือง

h* =180º แสดงว่าเป็นสีเขียว

h* = 270º แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน

โดย ΔC* เป็น + แสดงว่าตัวอย่างมีความสดใส

ΔC* เป็น – แสดงว่าตัวอย่างมีสีซีด(เทา)

5.การคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE)

$\Delta E = (\Delta L^{*2}+\Delta a^{*2}+\Delta b^{*}2)^{1/2}$

สามารถหาค่า ΔL* = L* ของตัวอย่าง – L* ของตัวอย่างมาตรฐาน

Δa* = a* ของตัวอย่าง – a* ของตัวอย่างมาตรฐาน

Δb* = b* ของตัวอย่าง – b* ของตัวอย่างมาตรฐาน

โดย $\Delta E < 3$ แสดงว่า ไม่แตกต่าง

$\Delta E = 3 - 6$ แสดงว่า แตกต่างแต่ยังยอมรับได้

$\Delta E > 6$ แสดงว่า แตกต่างกันมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์สมบัติของแผ่นฟิล์มบริโภคได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข.1 การวัดค่าความหนา

ตัดตัวอย่างฟิล์มเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5 x 5 ตารางเซนติเมตร วัดความหนาของฟิล์มด้วย Hand dial thickness gauge ทำการสุ่มวัดความหนาของฟิล์ม 10 ตำแหน่งของฟิล์มรอบ ๆ แผ่นฟิล์ม

ข.2 การวัดค่าสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม (ASTM, 1989)

<u>อุปกรณ์และเครื่องมือ</u>

เครื่อง Instron Universal Testing Machine รุ่น 5565 (บริษัท Instron , ประเทศสรัฐ อเมริกา)

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ตัดแผ่นฟิล์มตัวอย่างขนาด 3 x 10 เซนติเมตร จำนวน 10 ชิ้น
2. ตั้งค่าเครื่อง Instronโดยกำหนด
   2.1 ความเร็วของหัววัด (crosshead speed) 5.0 มิลลิเมตร/วินาที
   2.2 ตั้งระยะห่างระหว่างหัววัด(initial grip distance) 50 มิลลิเมตร
   2.3 Load cell 5 กิโลกรัม
3. ดึงตัวอย่างจนกระทั่งฟิล์มขาดออกจากกัน
4. บันทึกผลการทดสอบ
5. คำนวณค่า Tensile strength จากสมการ (ข.2.1) และ% Elongation จากสมการ (ข.2.2)

$$\text{TS (MPa)} = \frac{\text{แรงที่ใช้ในการดึงตัวอย่างให้ขาด } (g\ force) \times 0.0098}{\text{ความกว้างของตัวอย่าง}(mm) \times \text{ความหนาของตัวอย่าง}(mm)} \quad \text{(ข.2.1)}$$

$$\%\ E = \frac{\text{ระยะยืดของตัวอย่าง}(mm)}{\text{ความยาวเดิมของตัวอย่าง}(mm)} \times 100 \quad \text{(ข.2.2)}$$

ข.3 การวิเคราะห์ความชื้น (AOAC, 2000)

<u>อุปกรณ์และเครื่องมือ</u>

1. ตู้อบลมร้อน รุ่น FED (ยี่ห้อ BIDER, ประเทศสรัฐอเมริกา)
2. เครื่องชั่ง (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
3. Desiccator

4. คีมคีบ

5. ถ้วยอะลูมิเนียม

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. สับตัวอย่างให้ละเอียด

2. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนใส่ในถ้วยอะลูมิเนียมที่อบแห้งและทราบน้ำหนักแน่นอน

3. อบตัวอย่างให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่ 100 ± 5 องศาเซลเซียส จนกระทั้งมีน้ำหนักคงที่

4. ทิ้งให้เย็นใน desiccator

5. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างและคำนวณความชื้นจากสมการที่ ข.2.1 (โดยน้ำหนักเปียก)

$$\text{ความชื้น (\% โดยน้ำหนักเปียก)} = \frac{\left(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}\right) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \quad \text{(ข.3.1)}$$

6. วิเคราะห์ความชื้น 3 ซ้ำ

ข.4 การวัดค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w)

<u>อุปกรณ์และเครื่องมือ</u>

1.เครื่อง Aqua lab (Series 3, บริษัท Decagon Devices, ประเทศสรัฐอเมริกา)

2. ถ้วยสำหรับวัด a_w

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. นำแผ่นฟิล์มตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ในถ้วยให้มีความสูงประมาณ 2/3 ของถ้วย

2. นำถ้วยใส่เข้าเครื่องวัดค่า a_w รอจนได้ค่า a_w คงที

3. บันทึกค่า a_w ที่ได้จากการวัด

4. วัด a_w จากแผ่นฟิล์ม 1 แผ่นนับเป็น 1 ซ้ำของการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ซึ่งใช้ช้อนสแตนเลสที่ฆ่าเชื้อแล้วตักใส่ถุงพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เติม diluent (0.1% peptone water) ลงไป ประมาณ 100 มิลลิลิตรตีป่นใน stomacher นาน 1 นาที แล้วเติม peptone water ที่เหลืออีก 125 มิลลิลิตร ตีป่นต่อ อีก 30 วินาที จะได้dilution 1 : 10
2. ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างอาหารที่เจือจาง 1 : 10 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายบัฟเฟอร์ 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจางเท่ากับ 10^{-2}แล้วจึงทำการเจือจางตัวอย่างอาหาร ตามวิธีข้างต้นจนได้ค่าเจือจาง 10^{-3} และ 10^{-4}
3. ปิเปตสารละลายเจือจางของผลิตภัณฑ์ตาม dilution ที่ต้องการ ใส่ตลับเพลท (Compact dry TC) ละ 1 มิลลิลิตร
4. บ่มเพลทที่ตู้บ่มอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ตรวจนับปริมาณของจุลินทรีย์แล้วรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อผลิตภัณฑ์ 1 กรัม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

การเตรียมสารเคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเตรียมสารเคมี

ง.1 สารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 N

ชั่ง NaOH 4 กรัม ใส่ลงใน Volumetric flask แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

ง.2 สารละลาย bromothymol Blue

ละลายโบรโมไทมอลบลู 50 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 75 มิลลิลิตร

ง.3 สารละลาย 1%phenolphthalein

ละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1 กรัม ในเอทธิลแอลกอฮอล์ 95% จนได้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร

ง.4 สารละลาย phenol red Indicator

ละลายฟีนอลเรด 0.04 ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตให้เป็น 100 มิลลิลิตร

ง.5 สารละลาย Hinton indicator

เตรียมโดยการผสมอัตราส่วน bromothymol Blue (0.4 %) และ phenol red (0.4 %) อย่างละ 1 ปริมาตร cresol red (0.4 %) 3 ปริมาตร และน้ำกลั่น 1 ปริมาตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ง.6 0.1 % Peptone salt solution

ชั่ง Peptone 1 กรัม ใส่ในน้ำลั่น 1000 มิลลิลิตร ละลายจนหมด แบ่งบรรจุใส่หลอดทดลองๆ ละ 9 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท หลังจากนั้นนำไปฆ่าเชื้อใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

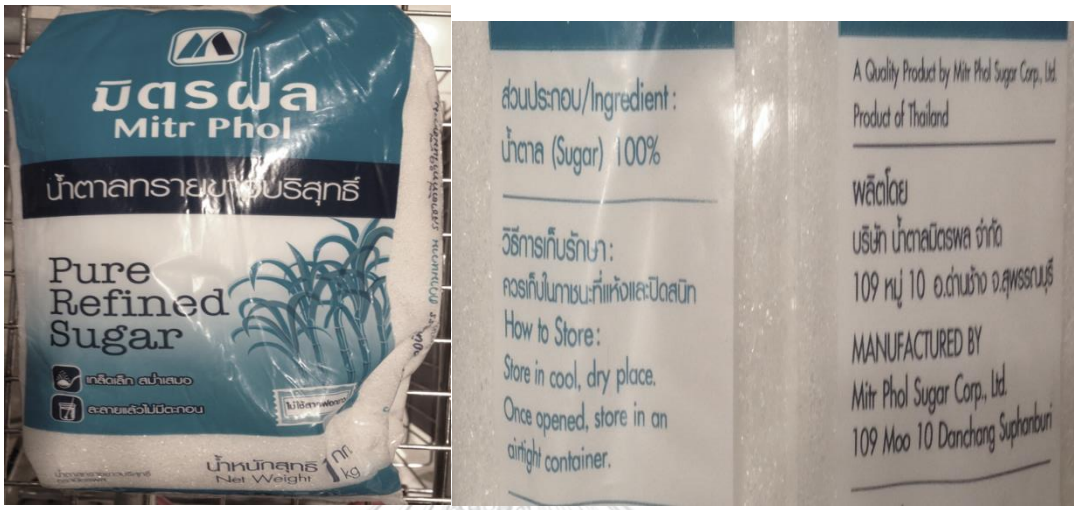
ภาคผนวก จ

ผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพ จ.1 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำมะนาว ตรา แก้วตา บริษัท ไทยเลมอน ฟู้ดส์ จำกัด

ภาพ จ.2 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำมะขามเปียก ตรา สวนวัง บริษัท เอ็ม แอนด์ โค (ประเทศไทย)จำกัด



ภาพ จ.3 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำตาล บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด

ภาพ จ.4 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำปลา ตราหอยหลอด บริษัท โรงงานน้ำปลาฉั่วฮะเส็ง จำกัด

ภาพ จ.5 ฉลากผลิตภัณฑ์ พริกขี้หนูป่น (หยาบ) บริษัท เดอะมอลล์กรุ๊ป จำกัด

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพ จ.6 ฉลากผลิตภัณฑ์ ข้าวคั่ว บริษัท เดอะมอลล์กรุ๊ป จำกัด

KC กรุงเทพเคมี KRUNGTHEPCHEMI.COM 55/106 รามอินทรา 34 แยก 20 แขวงท่าแร้ง เขตบางเขน กทม. 10220 โทร.02-0634797, 097-278-6027, 093-038-3875
55/106 Ramintra 34 Yak 20 Tha Raeng, Bang Khen, Bangkok 10220 Tel. 02-0634797, 097-278-6027, 093-038-3875

CERTIFICATE OF ANALYSIS

MALTODEXTRIN

Batch No. 20170607
Manufacture date 7/6/2017
Expiry date 7/6/2019
Test Standard GB/T20884-2007
Appearance White powder and no fixed shape
Smell Has special smell of maltodextrin and no exceptional smell
Taste Sweetless or slightly sweetness, no other taste

Items	Standards	Results
DE (%)	10-12	11.4
Moisture (%)	≤6.0	5.2
Solubility (%)	≥98	99.2
PH	4.5-6.5	5.4
Sulphates ash (%)	≤0.6	0.06
Iodin Experiment	No blue reaction	Conform
Residue on ignition (%)	≤0.5	<0.5
Total Protein (%)	≤0.5	0.01
Total Solid (%)	≥90.0	94.8
Total bacteria (cfu/g)	≤3000	<10
E.coli (MPN/g)	<3	<3
Lead (ppm)	≤0.5	<0.03
Copper (ppm)	≤5.0	<1.0
Arsenic (ppm)	≤1.0	<0.03
SO_2 (%)	≤0.0025	0.0004
Yeast & Mold (cfu/g)	≤100	<10
Melamine	Not detected	Not detected
Pathogenic bacteria (Salmonella)	Not detected	Not detected

Arunee Pongseeda
Quality Assurance Manager

กรุงเทพเคมี
KRUNGTHEPCHEMI.COM
55/106 รามอินทรา 34 แยก 20 แขวงท่าแร้ง เขตบางเขน กทม.10220 โทร.02-063-4797,097-278-6027,093-038-3875
55/106 Ramintra 34 Yak 20 Tha Raeng, Bang Khan,Bangkok 10220 Tel.02-063-4797,097-278-6027,093-038-3875

XANTHAN GUM FOOD GRADE

PRODUCT SPECIFICATION:

Parameters	Specs
Appearance	Cream-Colored Powder
Particle Size (mesh)	40/80/200
Loss on Drying (%)	≤13
PH (1% KCL)	6.0-8.0
Viscosity (1% KCL, cps)	≥1200
Ashes (%)	≤15
Pyruvic Acid (%)	≥1.5
Total Nitrogen	≤1.5%
As	≤3ppm
Pb	≤5ppm
Total Plate Count	≤2000cfu/g
Moulds/Yeasts	≤100cfu/g
Salmonella	Absent
Coliform (MPN/100g)	≤30

L/C NO.:ML16001273,DATE:160115

新疆阜丰生物科技有限公司
XINJIANG FUFENG BIOTECHNOLOGIES CO., LTD

ภาคผนวก ฉ

แบบสอบถาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชื่อผู้ทดสอบ_____ วันที่ _____

.....

การทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว

ท่านจะได้รับตัวอย่างทดสอบ ทั้งหมด 2 ตัวอย่าง โดยจะทดสอบทีละ 1 ตัวอย่าง

<u>วิธีการทดสอบ</u>

1. ดูเลขรหัสตัวอย่างที่ได้รับ แล้วเขียนหมายเลขไว้ด้านบนในแบบประเมิน

2. ประเมินคุณภาพของ**<u>แผ่นปรุงรส</u>** แล้วตอบคำถามในแบบประเมิน **ส่วนที่** 1

3. ละลายแผ่นปรุงรสให้เป็นน้ำจิ้มแจ่ว โดย

- หัก/ฉีกแผ่นปรุงรสเป็นชิ้นเล็กๆใส่ในถ้วยน้ำเปล่าที่เตรียมไว้ให้ (25 ml)
- คนให้แผ่นปรุงรสละลายให้เป็นของเหลวทั้งหมด เป็นเวลา <u>3-5นาที</u> จะได้น้ำจิ้มแจ่วพร้อมรับประทาน
- ตอบแบบประเมิน **ส่วนที่** 2

4. ประเมินคุณภาพของ**<u>น้ำจิ้มแจ่วที่ละลายได้</u>** และตอบแบบประเมิน **ส่วนที่** 3

5. **ส่วนที่** 4 **ตอบแบบสอบถาม แล้ว**ประเมินคุณภาพของ**<u>น้ำจิ้มแจ่วที่ละลาย</u>**ได้ใหม่อีกครั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว

รหัสตัวอย่าง .....

คำแนะนำ กรุณากา X ในช่องที่ตรงกับความเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ลักษณะปรากฏของแผ่นปรุงรส

1. **ความชอบด้าน สี**

ไม่ชอบมาก ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ชอบมาก

2. **ความชอบด้าน การกระจายตัวของพริกป่นและข้าวคั่ว**

ไม่ชอบมาก ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ชอบมาก

ส่วนที่ 2 ลักษณะเนื้อสัมผัสของแผ่นปรุงรสและการละลายน้ำ

3. **ความเปราะของแผ่นขณะหัก/ฉีก**

ไม่เปราะเลย ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ เปราะมาก

4. **ความชอบด้านเนื้อสัมผัสของแผ่น (ขณะหัก/ฉีกแผ่น)**

ไม่ชอบมาก ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ชอบมาก

5. **ความยากในการละลาย**

ไม่ยากเลย ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ยากมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ส่วนที่ 3 ลักษณะน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายได้

6. **ความชอบต่อน้ำจิ้มแจ่ว**

สี	กลิ่น (เมื่อดม)	ความหนืด	กลิ่นรสแจ่ว (เมื่อกินกับข้าวเหนียว)	ความชอบโดยรวม
ชอบมาก ☐	ชอบมาก ☐	ชอบมาก ☐	ชอบมาก ☐	ชอบมาก ☐
ชอบปานกลาง ☐	ชอบปานกลาง ☐	ชอบปานกลาง ☐	ชอบปานกลาง ☐	ชอบปานกลาง ☐
ชอบเล็กน้อย ☐	ชอบเล็กน้อย ☐	ชอบเล็กน้อย ☐	ชอบเล็กน้อย ☐	ชอบเล็กน้อย ☐
เฉยๆ ☐	เฉยๆ ☐	เฉยๆ ☐	เฉยๆ ☐	เฉยๆ ☐
ไม่ชอบเล็กน้อย ☐	ไม่ชอบเล็กน้อย ☐	ไม่ชอบเล็กน้อย ☐	ไม่ชอบเล็กน้อย ☐	ไม่ชอบเล็กน้อย ☐
ไม่ชอบปานกลาง ☐	ไม่ชอบปานกลาง ☐	ไม่ชอบปานกลาง ☐	ไม่ชอบปานกลาง ☐	ไม่ชอบปานกลาง ☐
ไม่ชอบมาก ☐	ไม่ชอบมาก ☐	ไม่ชอบมาก ☐	ไม่ชอบมาก ☐	ไม่ชอบมาก ☐

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 4 ความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

"ผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วโดยแปรรูปแผ่นฟิล์มบริโภคในรูปแบบแผ่นปรุงรสเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค มีความสะดวกในการพกพา เหมาะสำหรับนักเดินทาง เช่น เดินทางไปต่างประเทศ หรือ เข้าค่ายพักแรม ใช้ได้ง่ายโดยฉีกแผ่นปรุงรสละลายด้วยน้ำเปล่า คนเป็นเวลา 3-5 นาที แผ่นปรุงรสคืนรูปเป็นน้ำจิ้มแจ่วสูตรดั้งเดิม นอกจากนี้อีกทั้งสามารถนำไปแช่น้ำให้นิ่มแล้ววางกับเนื้อสัตว์ในแซนวิชก็เป็นอีกทางเลือกนึงได้" จากข้อความนี้กรุณาให้ความคิดเห็นของท่าน

7. **ความสะดวกในการใช้ผลิตภัณฑ์**

ไม่สะดวกเลย ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ สะดวกมาก

8. **ความน่าสนใจของผลิตภัณฑ์**

ไม่น่าสนใจเลย ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ น่าสนใจมาก

9. **หากมีผลิตภัณฑ์วางขายท่านคิดว่าท่านสนใจซื้อหรือไม่**

ไม่น่าสนใจเลย ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ น่าสนใจมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รหัสตัวอย่าง .....

1. **ความชอบต่อน้ำจิ้มแจ่ว**

สี	กลิ่น (เมื่อดม)	ความหนืด	กลิ่นรสแจ่ว (เมื่อกินกับข้าวเหนียว)	ความชอบโดยรวม
ชอบมาก ☐	ชอบมาก ☐	ชอบมาก ☐	ชอบมาก ☐	ชอบมาก ☐
ชอบปานกลาง ☐	ชอบปานกลาง ☐	ชอบปานกลาง ☐	ชอบปานกลาง ☐	ชอบปานกลาง ☐
ชอบเล็กน้อย ☐	ชอบเล็กน้อย ☐	ชอบเล็กน้อย ☐	ชอบเล็กน้อย ☐	ชอบเล็กน้อย ☐
เฉยๆ ☐	เฉยๆ ☐	เฉยๆ ☐	เฉยๆ ☐	เฉยๆ ☐
ไม่ชอบเล็กน้อย ☐	ไม่ชอบเล็กน้อย ☐	ไม่ชอบเล็กน้อย ☐	ไม่ชอบเล็กน้อย ☐	ไม่ชอบเล็กน้อย ☐
ไม่ชอบปานกลาง ☐	ไม่ชอบปานกลาง ☐	ไม่ชอบปานกลาง ☐	ไม่ชอบปานกลาง ☐	ไม่ชอบปานกลาง ☐
ไม่ชอบมาก ☐	ไม่ชอบมาก ☐	ไม่ชอบมาก ☐	ไม่ชอบมาก ☐	ไม่ชอบมาก ☐

2. **ระดับของกลิ่นรสต่าง ๆของน้ำจิ้มแจ่ว**

ความเปรี้ยว	ความเค็ม	ความเผ็ด	กลิ่นรสน้ำมะขาม	กลิ่นรสข้าวคั่ว	กลิ่นรสน้ำมะนาว
น้อยไป ☐	น้อยไป ☐	น้อยไป ☐	น้อยไป ☐	น้อยไป ☐	น้อยไป ☐
พอดี ☐	พอดี ☐	พอดี ☐	พอดี ☐	พอดี ☐	พอดี ☐
มากไป ☐	มากไป ☐	มากไป ☐	มากไป ☐	มากไป ☐	มากไป ☐

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ชื่อผู้ทดสอบ_____ วันที่ _____

.....

การทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว
ในการทดสอบอายุการเก็บรักษา

ท่านจะได้รับตัวอย่างทดสอบ 2 ตัวอย่าง โดยจะทดสอบทีละ 1 ตัวอย่าง

<u>วิธีการทดสอบ</u>

1. ดูเลขรหัสตัวอย่างที่ได้รับ แล้วเขียนหมายเลขไว้ด้านบนในแบบประเมิน

2. ประเมินความชอบของ**<u>แผ่นปรุงรส</u>** แล้วตอบคำถามในแบบประเมิน **ส่วนที่** 1

3. ประเมินความชอบของ**<u>น้ำจิ้มแจ่ว</u>**โดยตอบแบบประเมิน **ส่วนที่** 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว

รหัสตัวอย่าง .....

คำแนะนำ กรุณากา X ในช่องที่ตรงกับความเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ลักษณะปรากฏของแผ่นปรุงรส

1. **ความชอบด้าน สี**

ไม่ชอบมาก ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ชอบมาก

2. **ความชอบด้าน การกระจายตัวของพริกป่นและข้าวคั่ว**

ไม่ชอบมาก ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ชอบมาก

ส่วนที่ 2 ลักษณะน้ำจิ้มแจ่วที่ละลาย

3. **ความชอบต่อน้ำจิ้มแจ่ว**

สี	กลิ่น (เมื่อดม)	กลิ่นรสแจ่ว (เมื่อกินกับข้าวเหนียว)	ความชอบโดยรวม
ชอบมาก ☐	ชอบมาก ☐	ชอบมาก ☐	ชอบมาก ☐
ชอบปานกลาง ☐	ชอบปานกลาง ☐	ชอบปานกลาง ☐	ชอบปานกลาง ☐
ชอบเล็กน้อย ☐	ชอบเล็กน้อย ☐	ชอบเล็กน้อย ☐	ชอบเล็กน้อย ☐
เฉยๆ ☐	เฉยๆ ☐	เฉยๆ ☐	เฉยๆ ☐
ไม่ชอบเล็กน้อย ☐	ไม่ชอบเล็กน้อย ☐	ไม่ชอบเล็กน้อย ☐	ไม่ชอบเล็กน้อย ☐
ไม่ชอบปานกลาง ☐	ไม่ชอบปานกลาง ☐	ไม่ชอบปานกลาง ☐	ไม่ชอบปานกลาง ☐
ไม่ชอบมาก ☐	ไม่ชอบมาก ☐	ไม่ชอบมาก ☐	ไม่ชอบมาก ☐

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ซ

ข้อมูลการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการทดลอง

ช.1 การพัฒนาสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มน้ำจิ้มแจ่ว โดยศึกษาอิทธิพลของสูตรน้ำจิ้มแจ่ว (สูตรควบคุม) และปริมาณแซนแทนกัมต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์ม

ตาราง ช.1 สมบัติทางกายภาพของน้ำจิ้มแจ่ว

น้ำจิ้มแจ่ว	L*	a*	b*	hue angle	chroma ^{NS}
สูตร น้ำมะขาม	29.25 ± 0.18^{b}	1.32 ± 0.24^{b}	0.59 ± 0.19^{c}	23.90 ± 4.76^{b}	1.45 ± 0.23
สูตร ผสม	29.34 ± 0.02^{b}	1.91 ± 0.02^{a}	1.28 ± 0.44^{b}	33.26 ± 8.31^{b}	2.06 ± 0.62
สูตร น้ำมะนาว	30.60 ± 0.17^{a}	1.57 ± 0.08^{b}	2.37 ± 0.05^{a}	56.40 ± 1.86^{a}	2.33 ± 0.77

หมายเหตุ แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{NS} หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

ตาราง ช.2 สมบัติทางเคมีของน้ำจิ้มแจ่ว

น้ำจิ้มแจ่ว	pH	% acid	^{o} brix	% pectin
สูตร น้ำมะขาม	3.31 ± 0.02^{a}	0.83 ± 0.03^{c}	22.00 ± 0.20^{a}	0.77 ± 0.02^{a}
สูตร ผสม	3.08 ± 0.02^{b}	1.06 ± 0.01^{b}	17.47 ± 0.41^{b}	0.50 ± 0.07^{b}
สูตร น้ำมะนาว	2.75 ± 0.02^{c}	1.44 ± 0.01^{a}	13.80 ± 0.20^{c}	0.26 ± 0.01^{c}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมะขามและน้ำมะนาว

สมบัติ	น้ำมะขาม	น้ำมะนาว
L*	29.26 ± 0.16[b]	35.59 ± 0.58[a]
a*[NS]	1.25 ± 0.08	1.41 ± 0.08
b*[NS]	0.27 ± 0.15	0.42 ± 0.02
hue angle	11.73 ± 4.30[b]	16.80 ± 1.47[a]
chroma[NS]	1.30 ± 0.07	1.47 ± 0.16
pH	2.68 ± 0.01[a]	2.43 ± 0.01[b]
% acid	1.50 ± 0.01[b]	3.07 ± 0.07[a]
[o] brix	10.07 ± 0.12[a]	3.87 ± 0.12[b]
% pectin	0.99 ± 0.02[a]	0.58 ± 0.02[b]

หมายเหตุ แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[a, b] ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[NS] หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

ตาราง ช.4 ค่าความหนืด (cp) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่ว

น้ำจิ้มแจ่ว	ค่าความหนืด (cp)			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	48.53 ± 0.37[f]	56.30 ± .0.20[d]	76.30 ± 0.60[a]	60.38 ± 12.41[X]
สูตร ผสม	38.20 ± 0.20[h]	49.67 ± 0.20[e]	64.97 ± 0.75[b]	50.94 ± 11.64[Y]
สูตร น้ำมะนาว	30.40 ± 0.40[i]	41.33 ± 0.30[g]	58.30 ± 0.36[c]	43.34 ± 12.18[Z]
ค่าเฉลี่ย	39.04 ± 0.14[C]	49.10 ± 0.14[B]	66.52 ± 0.14[A]	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[a, b,c,...] ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[A, B, C] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[X, Y, Z] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง ช.5 ค่า pH สารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่ว

น้ำจิ้มแจ่ว	ค่า pH			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	3.60 ± 0.01^{b}	3.67 ± 0.01^{a}	3.51 ± 0.01^{c}	3.60 ± 0.07^{X}
สูตร ผสม	3.17 ± 0.01^{e}	3.26 ± 0.02^{d}	3.09 ± 0.01^{f}	3.17 ± 0.08^{Y}
สูตร น้ำมะนาว	2.87 ± 0.01^{h}	2.99 ± 0.01^{g}	2.63 ± 0.01^{i}	2.83 ± 0.16^{Z}
ค่าเฉลี่ย	3.21 ± 0.01^{B}	3.30 ± 0.01^{A}	3.08 ± 0.01^{C}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{A, B, C}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{X, Y, Z}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง ช.6 ปริมาณกรด (%) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมแจ่ว

น้ำจิ้มแจ่ว	ปริมาณกรด (%)			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	0.66 ± 0.02^{g}	0.50 ± 0.01^{h}	0.74 ± 0.01^{f}	0.63 ± 0.01^{Z}
สูตร ผสม	0.99 ± 0.01^{d}	0.80 ± 0.01^{e}	1.02 ± 0.01^{c}	0.93 ± 0.01^{Y}
สูตร น้ำมะนาว	1.07 ± 0.01^{b}	1.09 ± 0.01^{b}	1.27 ± 0.03^{a}	1.15 ± 0.01^{X}
ค่าเฉลี่ย	0.91 ± 0.01^{B}	0.79 ± 0.01^{C}	1.01 ± 0.01^{A}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{A, B, C}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{X, Y, Z}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง ช.7 ความชื้น (% wet basis) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม

น้ำจิ้มแจ่ว	ความชื้น (% wet basis)			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	5.40 ± 0.01^{ef}	5.13 ± 0.11^{f}	5.23 ± 0.11^{f}	5.24 ± 0.05^{Z}
สูตร ผสม	5.90 ± 0.01^{bc}	5.60 ± 0.10^{d}	5.68 ± 0.02^{cd}	5.72 ± 0.05^{Y}
สูตร น้ำมะนาว	6.20 ± 0.02^{a}	6.10 ± 0.01^{ab}	5.63 ± 0.20^{d}	5.97 ± 0.05^{X}
ค่าเฉลี่ย	5.82 ± 0.05^{A}	5.61 ± 0.05^{B}	5.52 ± 0.05^{B}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b, c, \ldots}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{A, B, C}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{X, Y, Z}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง ช.8 ค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม

น้ำจิ้มแจ่ว	ค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w)			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	0.400 ± 0.050^{bc}	0.387 ± 0.015^{c}	0.392 ± 0.002^{c}	0.393 ± 0.006^{Z}
สูตร ผสม	0.413 ± 0.015^{abc}	0.406 ± 0.003^{abc}	0.387 ± 0.002^{c}	0.402 ± 0.006^{Y}
สูตร น้ำมะนาว	0.434 ± 0.002^{a}	0.426 ± 0.002^{ab}	0.414 ± 0.001^{abc}	0.424 ± 0.006^{X}
ค่าเฉลี่ย	0.416 ± 0.006^{A}	0.406 ± 0.006^{AB}	0.397 ± 0.006^{B}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b, c, \ldots}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{A, B, C}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{X, Y, Z}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.9 ความหนา (mm) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม

น้ำจิ้มแจ่ว	ความหนา (mm)^{NS}			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย ^{NS}
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	0.327 ± 0.033	0.323 ± 0.068	0.350 ± 0.040	0.334 ± 0.022
สูตร ผสม	0.314 ± 0.035	0.345 ± 0.015	0.393 ± 0.036	0.351 ± 0.022
สูตร น้ำมะนาว	0.373 ± 0.133	0.359 ± 0.080	0.382 ± 0.056	0.371 ± 0.022
ค่าเฉลี่ย ^{NS}	0.338 ± 0.022	0.342 ± 0.022	0.375 ± 0.022	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{NS} หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

ตาราง ช.10 ความต้านทานแรงดึง (tensile strength) (MPa) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม

น้ำจิ้มแจ่ว	ความต้านทานแรงดึง (MPa)			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	10.64 ± 0.01^{d}	12.21 ± 0.01^{b}	14.31 ± 0.06^{a}	12.38 ± 1.60^{X}
สูตร ผสม	6.61 ± 0.01^{f}	7.21 ± 0.01^{e}	12.14 ± 0.01^{b}	8.65 ± 2.62^{Y}
สูตร น้ำมะนาว	3.39 ± 0.09^{h}	5.64 ± 0.19^{g}	11.33 ± 0.02^{c}	6.78 ± 3.55^{Z}
ค่าเฉลี่ย	6.88 ± 0.02^{C}	8.35 ± 0.02^{B}	12.59 ± 0.02^{A}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{A, B, C}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{X, Y, Z}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช.11 ค่าการยืดตัว (% elongation) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม

น้ำจิ้มแจ่ว	ค่าการยืดตัว (%)			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	55.80 ± 0.30^{f}	113.92 ± 0.80^{d}	269.15 ± 1.08^{a}	146.29 ± 2.18^{X}
สูตร ผสม	36.45 ± 0.46^{g}	90.42 ± 0.28^{e}	214.00 ± 0.60^{b}	113.62 ± 2.18^{Y}
สูตร น้ำมะนาว	9.64 ± 0.08^{i}	24.62 ± 0.47^{h}	161.90 ± 0.65^{c}	65.39 ± 2.18^{Z}
ค่าเฉลี่ย	33.96 ± 2.18^{C}	76.32 ± 2.18^{B}	215.02 ± 2.18^{A}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{A, B, C}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{X, Y, Z}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง ช.12 ค่า L* (ความสว่าง) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม

น้ำจิ้มแจ่ว	ค่า L*(ความสว่าง)			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	71.38 ± 0.99^{bc}	71.28 ± 0.80^{bc}	71.78 ± 1.12^{c}	71.15 ± 0.74^{Y}
สูตร ผสม	75.42 ± 0.61c^{ab}	75.17 ± 1.67^{ab}	74.58 ± 2.32^{abc}	75.05 ± 0.74^{XY}
สูตร น้ำมะนาว	76.11 ± 2.06^{a}	75.68 ± 2.83^{a}	75.23 ± 4.51^{ab}	75.67 ± 0.74^{X}
ค่าเฉลี่ย^{NS}	74.31 ± 0.74	74.04 ± 0.74	73.53 ± 0.74	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{NS} หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

$^{X, Y, Z}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง ช.13 ค่า a* (สีแดง) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม

น้ำจิ้มแจ่ว	ค่า a* (สีแดง)			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย ^{NS}
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	0.44 ± 0.02^{b}	0.97 ± 0.13^{ab}	1.39 ± 0.80^{ab}	0.93 ± 0.25
สูตร ผสม	0.89 ± 0.37^{b}	1.39 ± 0.64^{ab}	1.49 ± 0.33^{ab}	1.26 ± 0.25
สูตร น้ำมะนาว	0.84 ± 0.47^{b}	1.43 ± 0.14^{ab}	2.06 ± 1.89^{a}	1.44 ± 0.25
ค่าเฉลี่ย	0.72 ± 0.25^{B}	1.26 ± 0.25^{AB}	1.65 ± 0.25^{A}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,\ldots}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{A, B, C}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{NS} หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

ตาราง ช.14 ค่า b (*สีเหลือง) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม

น้ำจิ้มแจ่ว	ค่า b (*สีเหลือง)			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	15.62 ± 1.00^{b}	25.45 ± 2.05^{ab}	29.84 ± 3.88^{a}	23.64 ± 0.86^{Y}
สูตร ผสม	25.78 ± 2.19^{ab}	29.15 ± 2.61^{a}	30.89 ± 1.63^{a}	28.61 ± 0.86^{XY}
สูตร น้ำมะนาว	29.56 ± 1.66^{a}	32.96 ± 3.21^{a}	34.61 ± 3.49^{a}	32.38 ± 0.86^{X}
ค่าเฉลี่ย	23.66 ± 0.86^{B}	29.19 ± 0.86^{AB}	31.78 ± 0.86^{A}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,\ldots}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{A, B, C}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{X, Y, Z}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.15 ค่า hue angle (เฉดสี) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม

น้ำจิ้มแจ่ว	ค่า hue angle (เฉดสี) [NS]			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย [NS]
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	88.38 ± 0.03	87.80 ± 0.25	87.46 ± 1.31	87.88 ± 0.34
สูตร ผสม	88.01 ± 0.79	87.28 ± 0.53	87.25 ± 0.51	87.52 ± 0.34
สูตร น้ำมะนาว	88.33 ± 0.97	87.48 ± 0.52	86.64 ± 2.03	87.48 ± 0.34
ค่าเฉลี่ย [NS]	88.24 ± 0.34	87.53 ± 0.34	87.11 ± 0.34	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[NS] หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตาราง ช.16 ค่า chroma (ความอิ่มตัวของสี) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุม

น้ำจิ้มแจ่ว	ค่า chroma (ความอิ่มตัวของสี)			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	15.62 ± 1.00^{b}	25.47 ± 2.05^{ab}	30.01 ± 4.04^{a}	23.70 ± 1.51^{Y}
สูตร ผสม	25.80 ± 2.19^{ab}	29.81 ± 2.62^{a}	30.93 ± 1.63^{a}	28.64 ± 1.51^{XY}
สูตร น้ำมะนาว	29.57 ± 1.65^{a}	33.00 ± 3.21^{a}	34.70 ± 3.52^{a}	32.42 ± 1.51^{X}
ค่าเฉลี่ย	23.67 ± 1.51^{Y}	29.22 ± 1.51^{XY}	31.88 ± 1.51^{X}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[a, b,c,...] ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[A, B, C] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[X, Y, Z] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช.17 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุมที่เวลา 1 นาที

น้ำจิ้มแจ่ว	ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นฟิล์ม			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	75.14 ± 0.23^{c}	62.14 ± 0.28^{d}	58.25 ± 2.35^{d}	65.18 ± 1.08^{Z}
สูตร ผสม	81.13 ± 9.02^{bc}	81.04 ± 0.31^{bc}	60.66 ± 0.30^{d}	74.28 ± 1.08^{Y}
สูตร น้ำมะนาว	88.11 ± 0.68^{a}	84.49 ± 0.06^{ab}	76.92 ± 0.55^{c}	83.17 ± 1.08^{X}
ค่าเฉลี่ย	81.46 ± 1.08^{A}	75.89 ± 1.08^{B}	65.28 ± 1.08^{C}	65.18 ± 1.08^{Z}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{A, B, C}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{X, Y, Z}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง ช.18 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุมที่เวลา 2 นาที

น้ำจิ้มแจ่ว	ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นฟิล์ม			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	94.11 ± 0.10^{b}	89.05 ± 0.57^{d}	78.15 ± 0.24^{f}	87.10 ± 0.12^{Y}
สูตร ผสม	95.39 ± 0.03^{a}	91.86 ± 0.80^{c}	78.20 ± 0.26^{f}	88.48 ± 0.12^{X}
สูตร น้ำมะนาว	95.64 ± 0.08^{a}	92.20 ± 0.18^{c}	77.42 ± 1.26^{e}	88.42 ± 0.12^{X}
ค่าเฉลี่ย	95.05 ± 0.12^{A}	91.04 ± 0.12^{B}	77.93 ± 0.12^{C}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{A, B, C}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{X, Y, Z}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง ช.19 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นฟิล์มสูตรควบคุมที่เวลา 3 นาที

น้ำจิ้มแจ่ว	ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นฟิล์ม			
	ปริมาณแซนแทนกัม			ค่าเฉลี่ย
	0 %	1%	2%	
สูตร น้ำมะขาม	95.11 ± 0.10^{c}	95.28 ± 0.02^{c}	91.37 ± 0.88^{d}	93.92 ± 0.11^{Z}
สูตร ผสม	96.82 ± 0.22^{ab}	95.54 ± 0.11^{c}	91.51 ± 0.12^{d}	94.63 ± 0.11^{Y}
สูตร น้ำมะนาว	96.96 ± 0.04^{a}	96.34 ± 0.10^{b}	95.12 ± 0.06^{c}	96.14 ± 0.11^{X}
ค่าเฉลี่ย	96.30 ± 0.11^{A}	95.72 ± 0.11^{B}	92.67 ± 0.11^{C}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a,b,c,\cdots}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{X,Y,Z} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ช.2 พัฒนาสูตรแผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่ว

ตาราง ช.20 สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นปรุงรสที่ไม่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ(พริกป่น ผง และข้าวคั่วบด)

	น้ำจิ้มแจ่ว			
	สูตร น้ำมะขาม		สูตร ผสม	
	แผ่นบาง	แผ่นหนา	แผ่นบาง	แผ่นหนา
น้ำหนัก (g)	6.36 ± 0.12^{b}	8.33 ± 0.13^{a}	6.53 ± 0.22^{b}	8.50 ± 0.05^{a}
ความหนา (mm)	0.418 ± 0.012^{b}	0.802 ± 0.007^{a}	0.410 ± 0.010^{b}	0.802 ± 0.006^{a}
ความชื้น (% wet basis)	5.31 ± 0.16^{c}	6.90 ± 0.30^{b}	5.50 ± 0.10^{c}	8.73 ± 0.30^{a}
ค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w)	0.387 ± 0.002^{d}	0.435 ± 0.003^{b}	0.406 ± 0.003^{c}	0.458 ± 0.001^{a}
ความต้านทานแรงดึง (MPa)	12.21 ± 0.01^{b}	18.70 ± 1.95^{a}	7.21 ± 0.01^{c}	10.91 ± 3.34^{b}
ค่าการยืดตัว (%)	113.92 ± 0.80^{c}	191.79 ± 3.10^{a}	90.41 ± 0.28^{d}	175.53 ± 2.39^{b}
ความสว่าง (L*)	73.04 ± 1.58^{b}	70.87 ± 0.34^{c}	76.77 ± 1.11^{a}	74.02 ± 0.86^{b}
ค่าสีแดง (a*)	0.52 ± 0.30^{b}	0.82 ± 0.12^{b}	0.52 ± 0.30^{b}	0.82 ± 0.12^{b}
ค่าสีเหลือง (b*)	22.33 ± 1.05^{c}	27.12 ± 0.45^{a}	24.97 ± 1.21^{b}	28.05 ± 1.06^{a}
ค่าเฉดสี (hue angle)	88.67 ± 0.73^{a}	88.27 ± 0.23^{a}	86.83 ± 1.37^{a}	82.80 ± 1.56^{b}
ค่าความอิ่มตัวของสี (chroma)	22.34 ± 1.06^{c}	26.99 ± 0.70^{a}	25.01 ± 1.23^{b}	28.27 ± 0.97^{a}
ค่าการละลายน้ำ (%)	62.23 ± 0.24^{c}	61.77 ± 0.20^{d}	71.17 ± 0.15^{a}	68.48 ± 0.06^{b}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช.21 สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นปรุงรสที่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผงและข้าวคั่วบด)

	น้ำจิ้มแจ่ว			
	สูตร น้ำมะขาม		สูตร ผสม	
	แผ่นบาง	แผ่นหนา	แผ่นบาง	แผ่นหนา
น้ำหนัก (g)	8.06 ± 0.08^{b}	10.22 ± 0.18^{a}	8.07 ± 0.12^{b}	10.28 ± 0.08^{a}
ความหนา (mm)	0.428 ± 0.015^{b}	0.810 ± 0.027^{a}	0.430 ± 0.018^{b}	0.804 ± 0.01^{a}
ความชื้น (% wet basis)	5.40 ± 0.02^{d}	6.46 ± 0.25^{b}	5.73 ± 0.15^{c}	7.30 ± 0.10^{a}
ค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w)	0.324 ± 0.004^{d}	0.344 ± 0.003^{b}	0.336 ± 0.002^{c}	0.354 ± 0.003^{a}
ความต้านทานแรงดึง (MPa)	28.30 ± 0.70^{b}	37.85 ± 1.30^{a}	16.83 ± 1.52^{d}	25.32 ±1.27^{c}
ค่าการยืดตัว (%)	88.31 ± 0.77^{c}	122.40 ± 6.88^{a}	77.63 ± 1.16^{d}	106.66 ± 1.52^{b}
ความสว่าง (L*)	64.04 ± 2.73^{c}	59.22 ± 0.92^{d}	75.13 ± 0.91^{a}	68.97 ± 1.60^{b}
ค่าสีแดง (a*)	1.45 ± 0.69^{b}	2.73 ± 0.92^{ab}	2.43 ± 0.89^{b}	4.19 ± 0.69^{a}
ค่าสีเหลือง (b*)	20.66 ± 0.09^{c}	21.29 ± 0.30^{b}	20.51± 0.27^{c}	21.88 ± 0.34^{a}
ค่าเฉดสี (hue angle)	85.99 ± 1.91^{a}	82.68 ± 2.50^{ab}	83.27 ± 2.37^{ab}	79.17± 1.62^{b}
ค่าความอิ่มตัวของสี (chroma)	20.72 ± 0.07^{c}	21.48 ± 0.24^{b}	20.66 ± 0.37^{c}	22.28 ± 0.44^{a}
ค่าการละลายน้ำ (%)	54.29 ± 0.36^{c}	49.78 ± 0.11^{d}	60.94 ± 0.07^{a}	60.74 ± 0.26^{b}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
HULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช.22 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรสที่ไม่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และข้าวคั่วบด)

	น้ำจิ้มแจ่ว			
	สูตร น้ำมะขาม		สูตร ผสม	
	แผ่นบาง	แผ่นหนา	แผ่นบาง	แผ่นหนา
ความหนืด (cp)	52.13 ± 0.61^{b}	54.43 ± 0.25^{a}	44.50 ± 0.10^{d}	46.73 ± 0.31^{c}
^{o} brix	19.80 ± 0.20^{b}	21.60 ± 0.20^{a}	14.53 ± 0.31^{d}	16.13 ± 0.31^{c}
ความสว่าง (L*)	30.94 ± 0.94^{b}	29.65 ± 0.66^{b}	32.54 ± 1.10^{a}	30.76 ± 0.36^{b}
ค่าสีแดง (a*)	2.48 ± 0.09^{b}	2.95 ± 0.25^{ab}	3.17 ± 0.22^{ab}	3.51 ± 0.64^{a}
ค่าสีเหลือง (b*)	2.85 ± 0.23^{b}	3.73 ± 0.10^{a}	3.78 ± 0.07^{a}	4.02 ± 0.15^{a}
ค่าเฉดสี (hue angle)	48.83 ± 1.42^{a}	51.71 ± 1.67^{a}	50.06 ± 4.89^{a}	49.16 ± 4.42^{b}
ค่าความอิ่มตัวของสี (chroma)	3.77 ± 0.22^{b}	4.75 ± 0.23^{a}	4.92 ± 0.19^{a}	5.35 ± 0.53^{a}
pH	3.56 ± 0.01^{b}	3.58 ± 0.02^{a}	3.11 ± 0.02^{d}	3.13 ± 0.01^{c}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช.23 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำจิ้มแจ่วที่ละลายจากแผ่นปรุงรสที่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่นผง และข้าวคั่วบด)

	น้ำจิ้มแจ่ว			
	สูตร น้ำมะขาม		สูตร ผสม	
	แผ่นบาง	แผ่นหนา	แผ่นบาง	แผ่นหนา
ความหนืด (cp)	51.20 ± 0.10[a]	50.47 ± 0.21[a]	39.33 ± 1.27[c]	42.60 ± 0.53[b]
[o] brix	14.60 ± 0.20[b]	15.13 ± 0.12[a]	10.80 ± 0.20[d]	12.87 ± 0.12[c]
ความสว่าง (L*)	31.99 ± 0.30[d]	32.91± 0.15[c]	33.95 ± 0.18[a]	33.07± 0.79[b]
ค่าสีแดง (a*)	2.26 ± 0.19[b]	2.35 ± 0.21[b]	2.48 ± 0.09[ab]	2.70 ± 0.16[a]
ค่าสีเหลือง (b*)	1.99 ± 0.01[c]	2.74 ± 0.06[b]	3.03 ± 0.35[a]	3.33 ± 0.13[a]
ค่าเฉดสี (hue angle)	45.53 ± 2.10[b]	48.34 ± 1.01[ab]	49.98 ± 3.73[ab]	51.01 ± 1.07[a]
ค่าความอิ่มตัวของสี (chroma)	3.01 ± 0.16[c]	3.61 ± 0.17[b]	3.95 ± 0.24[ab]	4.28 ± 0.19[a]
pH	3.42 ± 0.01[b]	3.44 ± 0.02[a]	3.04 ± 0.01[d]	3.07 ± 0.01[c]

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[a, b,c,...] ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ช.3. สมบัติทางกายภาพเคมีและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแผ่นปรุงรสระหว่างการเก็บรักษา

ตาราง ช.24 ความชื้น (% wet basis) ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่าการละลายน้ำ (%) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน

	อุณหภูมิ (°C)	สูตรน้ำจิ้มแจ่ว	ระยะเวลา(วัน)				
			0	15	30	45	60
ค่าความชื้น (% wet basis)	35	สูตรน้ำมะขาม	6.10 ± 0.21^{k}	7.62 ± 0.24^{ij}	11.13 ± 0.41^{h}	14.13 ± 0.20^{e}	22.26 ± 0.25^{b}
		สูตรผสม	7.19 ± 0.01^{j}	9.14 ± 0.06^{i}	12.55 ± 0.11^{f}	16.43 ± 0.08^{d}	24.80 ± 0.36^{a}
	45	สูตรน้ำมะขาม	6.10 ± 0.21^{k}	6.55 ± 0.21^{k}	7.63 ± 0.32^{j}	9.16 ± 0.50^{i}	17.40 ± 0.40^{c}
		สูตรผสม	7.19 ± 0.01^{j}	7.36 ± 0.25^{j}	9.16 ± 0.05^{i}	11.90 ± 0.62^{g}	21.80 ± 0.20^{b}
a_w	35	สูตรน้ำมะขาม	0.344 ± 0.002^{k}	0.362 ± 0.003^{hi}	0.387 ± 0.003^{f}	0.431 ± 0.003^{c}	0.445 ± 0.006^{b}
		สูตรผสม	0.354 ± 0.002^{j}	0.364 ± 0.003^{h}	0.391 ± 0.004^{f}	0.446 ± 0.004^{b}	0.460 ± 0.002^{a}
	45	สูตรน้ำมะขาม	0.344 ± 0.002^{k}	0.350 ± 0.003^{j}	0.375 ± 0.005^{g}	0.402 ± 0.003^{e}	0.412 ± 0.003^{d}
		สูตรผสม	0.354 ± 0.002^{j}	0.357 ± 0.002^{ij}	0.381 ± 0.003^{g}	0.416 ± 0.004^{d}	0.430 ± 0.009^{c}
ค่าการละลายน้ำ (%)	35	สูตรน้ำมะขาม	49.59 ± 0.16^{k}	58.24 ± 0.21^{i}	65.38 ± 0.18^{f}	66.96 ± 1.71^{e}	71.91 ± 0.53^{bc}
		สูตรผสม	60.98 ± 0.13^{h}	65.55 ± 0.10^{f}	67.84 ± 1.42^{e}	72.95 ± 0.27^{b}	75.43 ± 0.73^{a}
	45	สูตรน้ำมะขาม	49.59 ± 0.16^{k}	52.19 ± 0.17^{j}	61.78 ± 0.18^{h}	64.95 ± 1.05^{f}	66.76 ± 0.59^{e}
		สูตรผสม	60.98 ± 0.13^{h}	63.60 ± 0.45^{g}	65.12 ± 0.76^{f}	70.57 ± 0.32^{d}	71.70 ± 1.30^{cd}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,\ldots}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละสมบัติของฟิล์มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง ช.25 ความหนา (mm) ความต้านทานแรงดึง (MPa) และค่าการยืดตัว (%) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน

	อุณหภูมิ (°C)	สูตรน้ำจิ้มแจ่ว	ระยะเวลา(วัน)				
			0	15	30	45	60
ความหนา (mm)^{NS}	35	สูตรน้ำมะขาม	0.821 ± 0.009	0.834 ± 0.045	0.819 ± 0.061	0.810 ± 0.049	0.818 ± 0.013
		สูตรผสม	0.811 ± 0.031	0.830 ± 0.026	0.821 ± 0.044	0.819 ± 0.055	0.808 ± 0.030
	45	สูตรน้ำมะขาม	0.821 ± 0.009	0.806 ± 0.009	0.788 ± 0.025	0.806 ± 0.007	0.794 ± 0.026
		สูตรผสม	0.811 ± 0.031	0.791 ± 0.012	0.797 ± 0.028	0.802 ± 0.024	0.804 ± 0.026
ความต้านทานแรงดึง (MPa)	35	สูตรน้ำมะขาม	38.17 ± 0.08^{a}	32.11 ± 0.17^{cd}	31.74 ± 0.14^{cd}	27.60 ± 1.06^{e}	22.55 ± 0.57^{g}
		สูตรผสม	26.26 ± 1.38^{e}	23.35 ± 0.22^{f}	21.94 ± 0.99^{g}	19.30 ± 2.80^{h}	17.50 ±1.15^{h}
	45	สูตรน้ำมะขาม	38.17 ± 0.08^{a}	34.52 ± 0.46^{b}	32.70 ± 0.96^{c}	30.73 ± 0.45^{d}	22.89 ± 1.34^{g}
		สูตรผสม	26.26 ± 1.38^{e}	23.74 ± 0.35^{f}	22.46 ± 1.29^{g}	21.79 ± 0.85^{g}	18.98 ± 0.58^{h}
ค่าการยืดตัว (%)	35	สูตรน้ำมะขาม	114.53 ± 6.98^{g}	153.36 ± 2.64^{c}	160.14± 1.25^{b}	166.09 ± 3.03^{a}	169.30 ± 1.23^{a}
		สูตรผสม	90.29 ± 3.16^{ijkl}	87.18 ± 4.79^{kl}	91.54 ± 2.11^{ijk}	93.43± 0.65^{ij}	105.99 ± 3.22^{h}
	45	สูตรน้ำมะขาม	114.53 ± 6.98^{g}	129.59 ± 2.08^{f}	135.66 ± 3.02^{e}	143.94 ± 3.41^{d}	149.52 ± 2.24^{c}
		สูตรผสม	90.29 ± 3.16^{ijkl}	84.76 ± 1.21^{l}	86.35 ± 3.11^{kl}	87.73 ± 1.74^{jkl}	95.09 ± 0.98^{i}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละสมบัติของฟิล์มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{NS} หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

ตาราง ช.26 ค่า L* (ความสว่าง) ค่า a* (สีแดง) และค่า b* (สีเหลือง) ของแผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นระยะเวลา 60 วัน

	อุณหภูมิ (°C)	สูตรน้ำจิ้มแจ่ว	ระยะเวลา(วัน)				
			0	15	30	45	60
L*	35	สูตรน้ำมะขาม	56.64 ± 0.67^{c}	56.51 ± 0.19^{c}	56.22 ± 0.99^{c}	50.44 ± 0.15^{fg}	46.97 ± 2.92^{h}
		สูตรผสม	63.54 ± 1.94^{a}	61.99 ± 1.11^{ab}	60.85 ± 0.70^{b}	53.78 ± 0.12^{de}	50.85 ± 0.61^{fg}
	45	สูตรน้ำมะขาม	56.64 ± 0.67^{c}	52.56 ± 0.49^{ef}	49.46 ± 1.69^{g}	45.15 ± 0.11^{h}	42.33 ± 1.35^{i}
		สูตรผสม	63.54 ± 1.94^{a}	55.25 ± 1.37^{cd}	51.60 ± 0.91^{fg}	45.92 ± 0.27^{h}	42.51 ± 1.47^{i}
a*	35	สูตรน้ำมะขาม	3.55 ± 0.76^{i}	5.35 ± 0.75^{i}	6.41 ± 0.20^{hi}	7.58 ± 0.72^{gh}	9.63 ± 1.08^{e}
		สูตรผสม	5.27 ± 0.58^{i}	9.46 ± 0.08^{ef}	11.43 ± 0.76^{cd}	12.35 ± 0.54^{c}	13.66 ± 0.94^{b}
	45	สูตรน้ำมะขาม	3.55 ± 0.76^{i}	6.88 ± 0.69^{h}	8.21 ± 1.15^{fg}	9.37 ± 1.19^{ef}	10.99 ± 0.57^{d}
		สูตรผสม	5.27 ± 0.58^{i}	12.34 ± 1.09^{c}	13.82 ± 0.20^{b}	14.66 ± 1.05^{b}	16.03 ± 0.38^{a}
b*	35	สูตรน้ำมะขาม	21.63 ± 1.04^{j}	21.90 ± 0.23^{j}	22.84 ± 0.17^{ij}	25.22 ± 0.50^{gh}	29.24 ± 0.35^{cd}
		สูตรผสม	22.80 ± 0.87^{ij}	23.05 ± 0.17^{ij}	24.86 ± 0.43^{h}	27.02 ± 0.41^{ef}	30.47 ± 1.39^{bc}
	45	สูตรน้ำมะขาม	21.63 ± 1.04^{j}	22.99 ± 0.39^{ij}	24.20 ± 1.83^{hj}	28.18 ± 1.74^{de}	30.94 ± 0.68^{b}
		สูตรผสม	22.80 ± 0.87^{ij}	24.31 ± 0.29^{hi}	26.53 ± 0.50^{fg}	29.00 ± 0.92^{cd}	33.33 ± 0.24^{a}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a, b,c,...}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละสมบัติของฟิล์มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง ช.27 คะแนนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน

คุณลักษณะ	อุณหภูมิ (°C)	สูตรน้ำจิ้มแจ่ว	ระยะเวลา(เดือน)		
			0	1	2
สี	35	สูตรน้ำมะขาม	5.6 ± 1.3 [a]	5.4 ± 1.0 [abc]	5.0 ± 1.3 [bc]
		สูตรผสม	5.4 ± 1.1 [ab]	5.3 ± 1.1 [abc]	5.2 ± 0.9 [abc]
	45	สูตรน้ำมะขาม	5.6 ± 1.3 [a]	5.1 ± 1.0 [abc]	4.9 ± 1.3 [c]
		สูตรผสม	5.4 ± 1.1 [ab]	5.2 ± 1.0 [abc]	5.0 ± 1.1 [bc]
การกระจายตัวของพริกป่นและข้าวคั่ว [NS]	35	สูตรน้ำมะขาม	5.4 ± 1.1	5.3 ± 1.2	5.2 ± 1.1
		สูตรผสม	5.3 ± 1.1	5.2 ± 1.1	5.2 ± 1.2
	45	สูตรน้ำมะขาม	5.4 ± 1.1	5.0 ± 1.2	5.0 ± 1.1
		สูตรผสม	5.3 ± 1.1	5.2 ± 1.3	5.1 ± 1.2

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[a, b,c] ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแต่ละคุณลักษณะ

[NS] หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

แบบทดสอบคุณลักษณะประสาทสัมผัสโดยวิธีเชิงพรรณนาแบบสเกล 7 จุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.28 คะแนนชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มแจ่ว เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 60 วัน

คุณลักษณะ	อุณหภูมิ (°C)	สูตรน้ำจิ้มแจ่ว	ระยะเวลา(เดือน)		
			0	1	2
สี	35	สูตรน้ำมะขาม	5.7 ± 1.0^{a}	5.5 ± 0.8^{ab}	5.1 ± 1.3^{bc}
		สูตรผสม	5.8 ± 0.5^{a}	5.6 ± 0.8^{a}	5.4 ± 1.0^{abc}
	45	สูตรน้ำมะขาม	5.7 ± 1.0^{a}	5.1 ± 1.4^{c}	5.0 ± 1.2^{c}
		สูตรผสม	5.8 ± 0.5^{a}	5.3 ± 1.1^{abc}	5.3± 1.3^{abc}
กลิ่น	35	สูตรน้ำมะขาม	5.4 ± 0.9^{abc}	5.4± 1.3^{abc}	5.2 ± 1.3^{bcd}
		สูตรผสม	5.7 ± 0.8^{a}	5.6 ± 1.3^{ab}	5.3 ± 1.0^{abc}
	45	สูตรน้ำมะขาม	5.4 ± 0.9^{abc}	5.0 ± 1.1^{cd}	4.8 ± 1.5^{d}
		สูตรผสม	5.7 ± 0.8^{a}	5.4 ± 1.2^{abc}	5.3 ± 1.1^{abc}
กลิ่นรส	35	สูตรน้ำมะขาม	5.3 ± 0.9^{ab}	5.1 ± 1.3^{abc}	4.8 ± 1.2^{cd}
		สูตรผสม	5.5 ± 0.9^{a}	5.3 ± 1.4^{abc}	5.1 ± 1.4^{abc}
	45	สูตรน้ำมะขาม	5.3 ± 0.9^{ab}	4.9 ± 1.3^{bcd}	4.6 ± 1.2^{d}
		สูตรผสม	5.5 ± 0.9^{a}	5.0 ± 1.0^{abcd}	4.6 ± 1.1^{d}
ความชอบโดยรวม	35	สูตรน้ำมะขาม	5.5 ± 0.9^{a}	5.3 ± 1.1^{ab}	5.0 ± 1.0^{bc}
		สูตรผสม	5.6 ± 0.8^{a}	5.6 ± 1.1^{a}	5.3 ± 1.2^{ab}
	45	สูตรน้ำมะขาม	5.5 ± 0.9^{a}	5.2 ± 1.1^{ab}	4.6 ± 1.2^{c}
		สูตรผสม	5.6 ± 0.8^{a}	5.3 ± 1.1^{ab}	4.9 ± 1.2^{bc}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

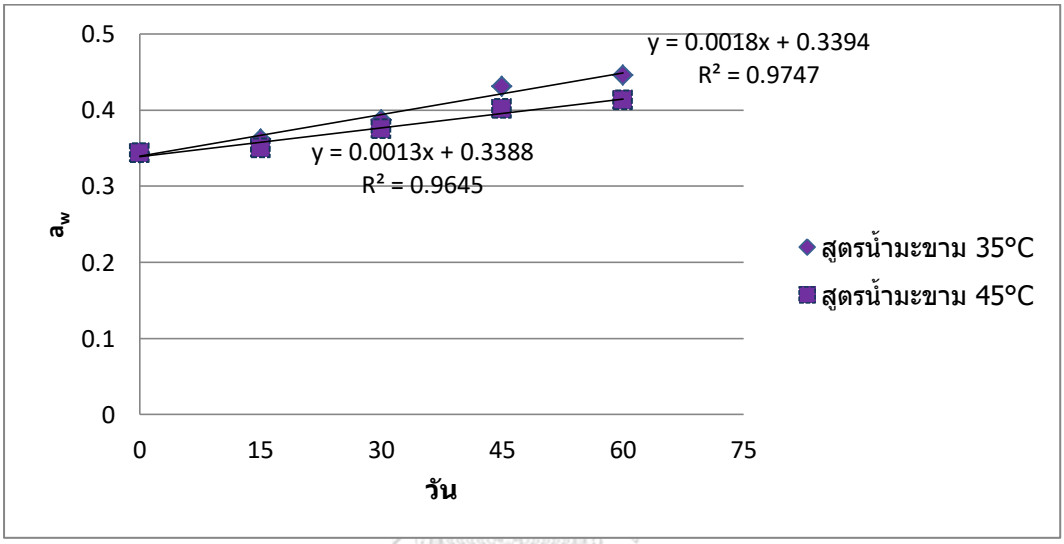
$^{a, b,c}$ ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแต่ละคุณลักษณะ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 7-Point Hedonic Scale

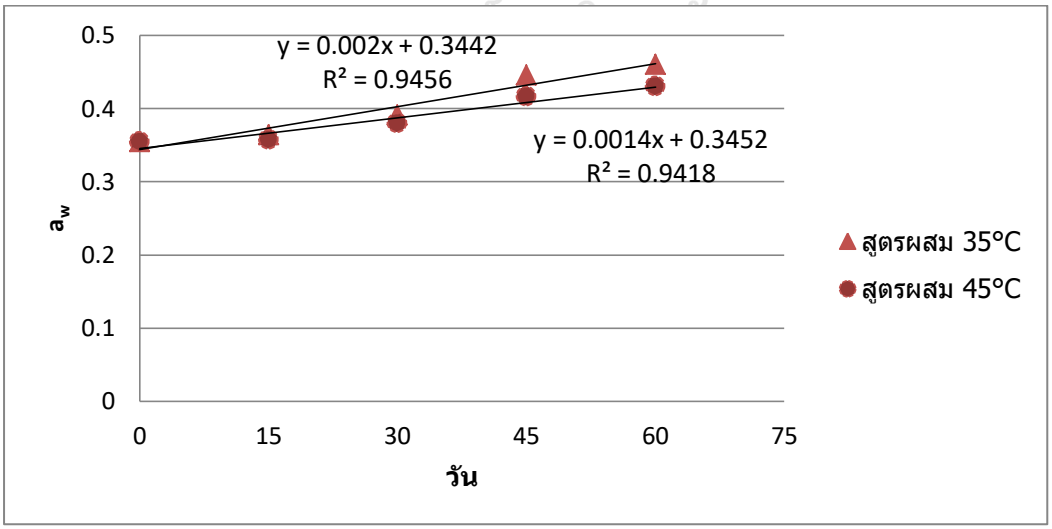
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ช.4 การหาสมการคำนวนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีเร่งอุณหภูมิ

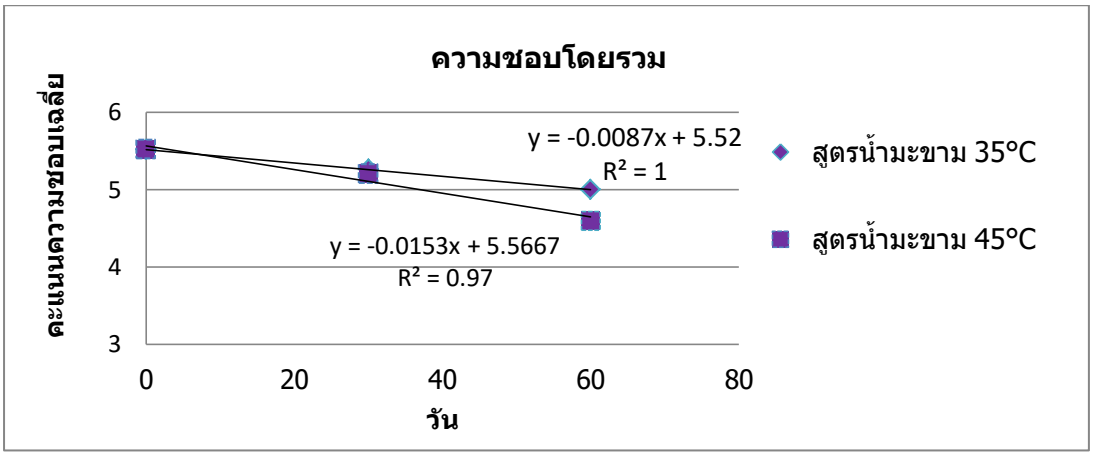
การหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ใช้เกณฑ์ในการตัดสิน คือ ผลิตภัณฑ์มีการเสื่อมเสียเมื่อมีค่า a_w >0.6 คะแนน (กำหนดคุณภาพผลิตภัณฑ์) หรือ ความชอบโดยรวม ต่ำกว่า 4 (4 = เฉยๆ) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สามารถหาอายุการเก็บได้จากสมการแสดงดังต่อไปนี้



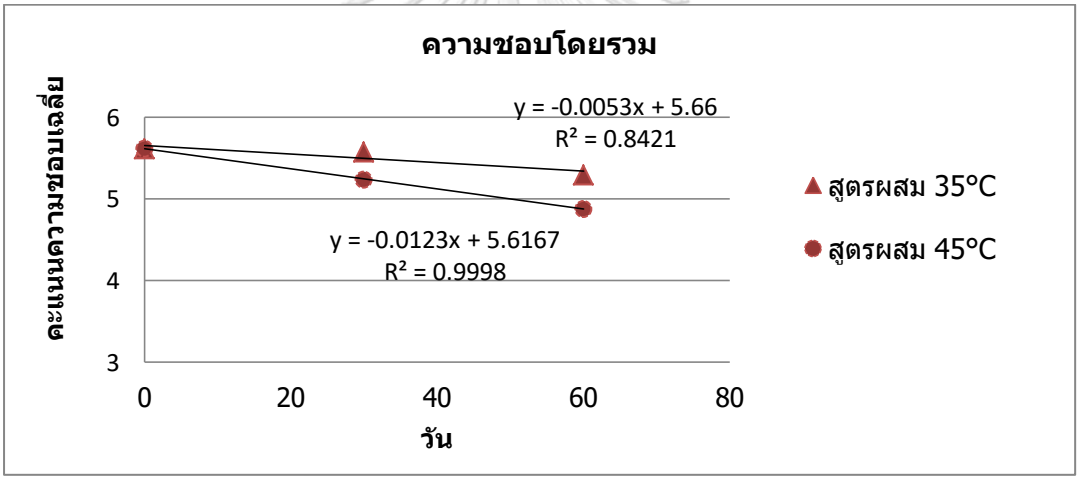
ภาพ ช.1 สมการแสดงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะขามที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส



ภาพ ช.2 สมการแสดงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วสูตรผสมที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส



ภาพ ช.3 สมการแสดงคะแนนเฉลี่ยทางด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วสูตรน้ำมะขามที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส



Chulalongkorn University

ภาพ ช.4 สมการแสดงคะแนนเฉลี่ยทางด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วสูตรผสมที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส

1.สูตรมะขาม ที่อุณหภูมิ 45 °C

หาจาก ค่า a_w ได้สมการ y = 0.0013x + 0.3388

กำหนดให้ y = 0.6 ; 0.6 = 0.0013x + 0.3388

X = 200 วัน

หาจาก ค่าความชอบโดยรวม ได้สมการ y = -0.0153x + 5.57

กำหนดให้ y = 4 ; 4 = -0.0153x + 5.57

X = 102 วัน

2.สูตรมะขาม ที่อุณหภูมิ 35 °C

หาจาก ค่า a_w ได้สมการ y = 0.0018x + 0.3394

กำหนดให้ y = 0.6 ; 0.6 = 0.0018x + 0.3394

X = 144 วัน

หาจาก ค่าความชอบโดยรวม ได้สมการ y = - 0.0087x + 5.52

กำหนดให้ y = 4 ; 4 = - 0.0087x + 5.52

X = 174 วัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.สูตรผสม ที่อุณหภูมิ 45 °C

หาจาก ค่า a_w ได้สมการ y = 0.0014x + 0.3452

กำหนดให้ y = 0.6 ; 0.6 = 0.0014x + 0.3452

X = 182 วัน

หาจาก ค่าความชอบโดยรวม ได้สมการ y = -0.0123x + 5.62

กำหนดให้ y = 4 ; 4 = -0.0123x + 5.62

X = 131 วัน

4.สูตรผสม ที่อุณหภูมิ 35 °C

หาจาก ค่า a_w ได้สมการ y = 0.0020x + 0.3442

กำหนดให้ y = 0.6 ; 0.6 = 0.0020x + 0.3442

X = 128 วัน

หาจาก ค่าความชอบโดยรวม ได้สมการ y = -0.0053x + 5.66

กำหนดให้ y = 4 ; 4 = -0.0053x + 5.66

X = 313 วัน

การหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 °C

1. **สูตรมะขาม**

หาจาก ค่า a_w

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 °C = 144 วัน และอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 ° C = 200 วัน

คำนวณได้จากสมการ $Q_{10} = \frac{\theta_{S(35)}}{\theta_{S(45)}}$

$Q_{10} = \frac{144}{200}$

= 0.72

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 °C จะได้สมการ

คำนวณได้จากสมการ $Q_{10} = \frac{\theta_{S(25)}}{\theta_{S(35)}}$

$0.72 = \frac{\theta_{S(25)}}{144}$

$\theta_{S(25)} = 103$

หาจาก ค่าความชอบโดยรวม

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 °C = 174 วัน และอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 ° C = 102 วัน

คำนวณได้จากสมการ $Q_{10} = \frac{\theta_{s(35)}}{\theta_{s(45)}}$

$Q_{10} = \frac{\mathbf{174}}{\mathbf{102}}$

$= 1.70$

เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 °C จะได้สมการ

คำนวณได้จากสมการ $Q_{10} = \frac{\theta_{s(25)}}{\theta_{s(35)}}$

$1.70 = \frac{\theta_{s(25)}}{\mathbf{174}}$

$\theta_{s(25)} = 295$

ดังนั้น อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วสูตรมะขามมีค่าเท่ากับ 3 เดือน 13 วัน

2. **สูตรผสม**

หาจาก ค่า a_w

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 °C = 128 วัน และอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45° C = 182 วัน

คำนวณได้จากสมการ $Q_{10} = \frac{\theta_{s(35)}}{\theta_{s(45)}}$

$Q_{10} = \frac{\mathbf{128}}{\mathbf{182}}$

$= 0.70$

เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 °C จะได้สมการ

$Q_{10} = \frac{\theta_{s(25)}}{\theta_{s(35)}}$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$0.70 = \frac{\theta_{s(25)}}{128}$$

$$\theta_{s(25)} = 90$$

<u>หาจาก ค่าความชอบโดยรวม</u>

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35°C = 313 วัน และอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45° C = 131 วัน

คำนวณได้จากสมการ $Q_{10} = \frac{\theta_{s(35)}}{\theta_{s(45)}}$

$$Q_{10} = \frac{313}{131}$$

$$= 2.38$$

เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 °C จะได้สมการ

$$Q_{10} = \frac{\theta_{s(25)}}{\theta_{s(35)}}$$

$$2.38 = \frac{\theta_{s(25)}}{313}$$

$$\theta_{s(25)} = 744$$

ดังนั้น อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำจิ้มแจ่วสูตรผสมมีค่าเท่ากับ 3 เดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวนุชนาฏ กิจวรเมธา
วัน เดือน ปี เกิด	4 กุมภาพันธ์ 2537
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	ปริญญามหาบัณฑิต
ที่อยู่ปัจจุบัน	48/24 ซ. สาทรเหนือ แขวงสีลม เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร
ผลงานตีพิมพ์	เสนอผลงานทางวิชาการ ภาคบรรยาย เรื่อง สมบัติของฟิล์มปรุงรสละลายเร็วฐานมอลโทเดกซ์ทรินที่มีน้ำมะขามเปียกและ/หรือน้ำมะนาว และแซนแทนกัมเป็นองค์ประกอบ ในการประชุมวิชาการเสนอ ผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 46 (46th National Graduate Research Conference) วันที่17-18 พฤษภาคม 2561 ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติดิเอ็มเพรส โรงแรมดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University