ผลของกรด น้ำตาล และพลาสติไซเซอร์ต่อสมบัติของฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินรสน้ำยำ

น.ส.ศิโยน กรพิบูลย์พงษ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF ACIDS, SUGARS AND PLASTICIZER ON PROPERTIES OF SPICY DRESSING FLAVORED MALTODEXTRIN-BASED FILM

Miss Siyon Kornpiboonpong

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 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของกรด น้ำตาล และพลาสติไซเซอร์ต่อสมบัติของฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินรสน้ำยำ
โดย	น.ส.ศิโยน กรพิบูลย์พงษ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภา คงเป็นสุข

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

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

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ศิริมา พ่วงประพันธ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ธีรนันท์ เจนจรัสสกุล)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ศิโยน กรพิบูลย์พงษ์ : ผลของกรด น้ำตาล และพลาสติไซเซอร์ต่อสมบัติของฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินรสน้ำยำ. (EFFECTS OF ACIDS, SUGARS AND PLASTICIZER ON PROPERTIES OF SPICY DRESSING FLAVORED MALTODEXTRIN-BASED FILM) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.วรภา คงเป็นสุข

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิผลของกรด น้ำตาล และพลาสติไซเซอร์ต่อคุณสมบัติของฟิล์มบริโภคได้ที่ละลายน้ำที่ดี และพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ โดยใช้มอลโทเดกซ์ทรินเสริมแซนแทนกัมเป็นสารก่อฟิล์ม ในขั้นตอนแรกศึกษาการใส่กลีเซอรอลเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของฟิล์ม โดยเปรียบเทียบสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์ม สูตรที่ใช้แซนแทนกัมและกลีเซอรอล (อัตราส่วน 2:3) เปรียบเทียบกับสูตรที่ไม่เติมกลีเซอรอล พบว่า สูตรที่ไม่เติมกลีเซอรอล มีความเปราะมาก เมื่อเทียบกับสูตรที่เติมกลีเซอรอล จึงไม่เหมาะสมในการนำมาขึ้นรูปฟิล์ม ในการศึกษาอิทธิพลของเครื่องปรุงรส ได้แก่ ผลของการแทนที่น้ำมะนาวด้วยน้ำส้มสายชู ผลของน้ำตาลทรายกับน้ำตาลมะพร้าว ซึ่งไม่ใส่ส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (ได้แก่ พริกป่น) พบว่าสูตรที่ใช้น้ำมะนาวจะมีค่าความชื้นและร้อยละการยืดตัวของแผ่นฟิล์มสูงกว่าสูตรที่ใช้น้ำส้มสายชู แต่จะทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงน้อยกว่า ($p<0.05$) ฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลทรายมีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว ($p<0.05$) และสูตรน้ำตาลมะพร้าวผสมน้ำมะนาว (C/L) สามารถละลายน้ำได้ดีที่สุด ดังนั้นจึงเลือกสารละลายขึ้นรูปฟิล์ม 2 สูตร ได้แก่ สูตรน้ำตาลทรายผสมน้ำมะนาว (S/L) และสูตรน้ำตาลมะพร้าวผสมน้ำมะนาว (C/L) ที่มีสมบัติเชิงกลที่เหมาะต่อการขึ้นรูปและสามารถละลายน้ำได้ดี เพื่อพัฒนาขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ โดยโรย พริกขี้หนูป่นบนแผ่นฟิล์มระหว่างการอบขึ้นรูป พบว่าการเติมพริกขี้หนูป่น ทำให้ฟิล์มมีค่าปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้นลดลง ค่าความต้านทานแรงดึงสูงขึ้น ค่าร้อยละการยืดตัวลดลง และมีค่าความสามารถในการละลายน้ำลดลง เมื่อทดสอบการยอมรับของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ โดยละลายฟิล์ม 8 กรัม ในน้ำ 16, 20, 24 มิลลิลิตร พบว่าน้ำปรุงรสยำที่ละลายในน้ำ 16 และ 20 มิลลิลิตร ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านความชอบและความพอดีของน้ำยำที่ละลายได้มากกว่าในน้ำ 24 มิลลิลิตร แต่มีความชอบและความพอดีด้านความเร็วในการละลายน้ำน้อยว่า ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 และ 30±5 พบว่า ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 ส่งผลให้ ค่าความชื้นลดลง ค่าความต้านทางแรงดึงเพิ่มขึ้นและร้อยละการยืดตัวลดลง จนไม่สามารถวัดค่าได้ในการเก็บรักษาวันที่ 45 ส่วนการเก็บที่ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30±5 แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำมีค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้น โดยแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ เมื่อพิจารณาการประเมินคุณภาพและการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ พบว่า คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น (ขณะดม) และความชอบโดยรวมค่อยๆลดลง โดยน้ำยำที่ละลายได้จากแผ่นฟิล์มสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) มีคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าน้ำยำที่ละลายได้จากแผ่นฟิล์มสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2563	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6072106423 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEYWORD: edible film, maltodextrin-based film, glycerol, sugar, coconut sugar, vinegar, lime juice, xantan gum

Siyon Kornpiboonpong : EFFECTS OF ACIDS, SUGARS AND PLASTICIZER ON PROPERTIES OF SPICY DRESSING FLAVORED MALTODEXTRIN-BASED FILM. Advisor: Asst. Prof. VARAPHA KONGPENSOOK, Ph.D.

This research aimed to study effects of acid, sugar and plasticizer on properties of dissolvable edible film and to develop Yum-dressing seasoning film from maltodextrin-based casting solution adding xanthan gum. The first part, glycerol as a plasticizer was added to casting solution with the ratio 2:3 of Xantan gum:glycerol, comparing with the film without glycerol. The film without glycerol was very fragile and not suitable for forming film. Next, the effects of the seasoning ingredients were studied by varying 2 types of sugar (white sugar or coconut sugar), and 3 types of natural acid (lime juice, vinegar and blend 50:50). The result showed that the lime juice formulas had higher in moisture content and percentage elongation but low tensile strength ($p < 0.05$) than the vinegar-based formulas. The sugar formula films had lower in tensile strength than the coconut sugar formula ($p < 0.05$). The film from coconut sugar mixed with lemon juice (C/L) had highest water solubility. Therefore, the Sugar and Lemon Juice formula (S/L) and the Coconut Sugar with Lemon Juice formula (C/L) were selected based on the film's mechanical properties and high solubility. Then, the seasoning film forming process was studied by adding the chili powder on film during drying. The results showed that the films with chili powder had lower water activity, moisture content, percentage of elongation and solubility, but had higher tensile strength. From the consumer acceptance test by dissolving 8 gram of film in 16, 20, 24 ml of water, showed that dissolving with16 and 20 ml of water had higher liking scores of appearance and texture than using 24 ml of water, but slower in the solubility. The last part, the S/L film and the C/L film were stored for 60 days at temperature 35 or 45 °C, with relative humidity of 0% or 30±5 to study the changes of properties. During storage, at 0% relative humidity, the moisture content of films decreased, the tensile strength increased and the percentage of elongation decreased. However, 2 formular were very fragile and not able to measure on the 45th day. At the condition of 30±5% relative humidity, films showed significantly higher in water activity and moisture content. Numbers of total microorganisms and the yeast mold did not exceed the standard for both products. The acceptance test of the stored products showed that liking scores of color, odor and overall liking tended to be lower. The C/L film had the overall liking scores higher than the S/L film.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Food Technology	Student's Signature .....
Academic Year:	2020	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ สนับสนุนและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านดังต่อไปนี้

ท่านแรกขอกราบของพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภา คงเป็นสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้ความรู้ ให้คำปรึกษาแนะนำและให้การสนับสนุนการศึกษาวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี นอกจากนี้ยังให้การอบรมสั่งสอนแก่ผู้วิจัยเพื่อเป็นบุคคลที่มีคุณภาพในสังคม

ขอการของพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ศิริมา พ่วงประพันธ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ธีรนันท์ เจนจรัสสกุล กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วลัยรัตน์ จันทรปานนท์ ที่กรุณาสละเวลาตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่อง ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ เพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้องและเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และประสบการณ์ในการทำปฏิบัติการต่างๆ ให้แก่ผู้วิจัย

ขอกราบของพระคุณเจ้าหน้าที่และบุคคลากรในห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่าน สำหรับความช่วยเหลือในตลอดการดำเนินการวิจัย ทั้งอำนวยความสะดวกและให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ตลอดการวิจัยนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ศิโยน กรพิบูลย์พงษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ด

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 1

1.3. ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 3

วารสารปริทัศน์ 3

2.1. ฟิล์มบริโภคได้ (edible film) 3

2.2. ชนิดของฟิล์มที่รับประทานได้ 3

2.2.1. ฟิล์มโปรตีน (protein film) 3

2.2.2. ฟิล์มลิพิด (lipid film) 4

2.2.3. ฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide film) 4

2.3. มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) 4

2.3.1. การเกิดฟิล์มของมอลโทเดกซ์ทริน 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4. แซนแทนกัม (xanthan gum) 6
2.4.1. การเกิดฟิล์มของแซนแทนกัม 7
2.5. พลาสติไซเซอร์ (plasticizers) 7
2.6. กลีเซอรอล (glycerol) 9
2.7. ลักษณะเฉพาะของฟิล์มบริโภคได้ 9
2.7.1. สมบัติเชิงกล 9
2.7.2. ลักษณะปรากฏ (appearance) 10
2.7.3. ความสามารถในการละลายน้ำ (water solubility) 10
2.7.4. การดูดซึมของน้ำ (water sorption) 10
2.7.5. การซึมผ่านของไอน้ำผ่านแผ่นฟิล์ม (film water vapor permeability) 10
2.8. อาหารประเภทยำ 11
2.8.1. น้ำตาลทราย (sugar) 11
2.8.2. น้ำตาลมะพร้าว 12
2.8.3. กรดซิตริก (citric acid) 13
2.8.3.1. น้ำมะนาว 13
2.8.4. กรดแอซีติก (acetic acid) 14
2.8.4.1. น้ำส้มสายชู 14
2.9. ผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงที่มีอยู่แล้วในตลาด 15
บทที่ 3 17
วิธีดำเนินการวิจัย 17
3.1. วัสดุอุปกรณ์ 17
3.1.1. วัตถุดิบ 17
3.1.2. สารเคมี 17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.3. อุปกรณ์และเครื่องมือ 17
3.2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 19
3.2.1. ศึกษาอิทธิพลของการใส่กลีเซอรอลในสารละลายก่อฟิล์มต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรควบคุม 19
3.2.1.1. เตรียมสารละลายน้ำยำสูตรควบคุม 19
3.2.1.2. การเตรียมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ 19
3.2.1.3. การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 19
3.2.1.4. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 20
3.2.1.5. ทดสอบทางสถิติ 20
3.2.2. พัฒนาสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 21
3.2.2.1. เตรียมสารละลายน้ำยำจากเครื่องปรุงรส 21
3.2.2.2. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายน้ำยำ 22
3.2.2.3. การเตรียมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ 22
3.2.2.4. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ 22
3.2.2.5. การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 23
3.2.2.6. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 23
3.2.2.7. ทดสอบทางสถิติ 24
3.2.3. การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 24
3.2.3.1. การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 24
3.2.3.2. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นปรุงรส 25
3.2.3.3. ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแผ่นปรุงรสน้ำยำ 25
3.2.3.4. ทดสอบทางสถิติ 26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2.4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำระหว่างการเก็บรักษา 27

3.2.4.1. ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา 27

3.2.4.2. ทดสอบทางสถิติ 27

3.2.4.3. การหาสมการคำนวณการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีเร่งอุณหภูมิ 28

บทที่ 4 29

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย 29

4.1. ศึกษาอิทธิพลของการใส่กลีเซอรอลในสารละลายก่อฟิล์มต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรควบคุม 29

4.2. พัฒนาสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 31

4.2.1. สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำยำ 31

4.2.2. สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ 34

4.2.3. สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 37

4.3. การพัฒนาขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 44

4.3.1. การเปลี่ยนแปลงความชื้นของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำระหว่างการอบแห้ง 44

4.3.2. สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 46

4.3.3. การยอมรับทางประสาทสัมผัสของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 53

4.4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำระหว่างการเก็บรักษา .. 59

4.4.1. สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 59

4.4.2. ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ของตัวอย่างที่เก็บไว้ 60 วัน .. 70

4.4.3. การยอมรับทางประสาทสัมผัส 72

บทที่ 5 77

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 77
ข้อเสนอแนะ 79
บรรณานุกรม 80
ภาคผนวก 88
ภาคผนวก ก 89
วิธีวิเคราะห์สมบัติน้ำยำและสารละลายขึ้นรูปฟิล์ม 89
ภาคผนวก ข 92
วิธีวิเคราะห์สมบัติของแผ่นฟิล์มรสน้ำยำ 92
ภาคผนวก ค 97
วิธีวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ 97
ภาคผนวก ง 99
ผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่ใช้เป็นวัตถุดิบ 99
ภาคผนวก จ 103
แบบสอบถาม 103
ภาคผนวก ช 113
ข้อมูลการทดลอง 113
ประวัติผู้เขียน 162

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างพลาสติไซเซอร์ สูตรโมเลกุลและมวลโมเลกุลที่ใช้สำหรับฟิล์มบริโภคได้.... 8

ตารางที่ 3.1 ร้อยละโดยน้ำหนักของส่วนผสมต่างๆในสารละลายน้ำยำ..... 21

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรควบคุม สูตรแซนแทนกัมร้อยละ 0.5 และกลีเซอรอลร้อยละ 0.75 (สูตร X0.5G0.75) หรือเติมแซนแทนกัมร้อยละ 1 และกลีเซอรอล ร้อยละ 0 (สูตร X1G0) และร้อยละ 1.5 (สูตร X1G1.5)..... 30

ตารางที่ 4.2 คะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ..... 54

ตารางที่ 4.3 คะแนนความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 55

ตารางที่ 4.4 คะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่ละลายได้ในน้ำ 16, 20, 24 มิลลิลิตร..... 57

ตารางที่ 4.5 คะแนนความพอดีเกี่ยวกับคุณลักษณะด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุง..... 58

ตารางที่ 4.6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบเมื่อเก็บแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำเป็นระยะเวลา60 วัน..... 71

ตารางที่ 4.7 ปริมาณยีสต์และราที่ตรวจพบเมื่อเก็บแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำเป็นระยะเวลา 60 วัน 71

ตารางที่ 4.8 คะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านคุณลักษณะต่างๆ ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตร (S/L และ C/L) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน 73

ตารางที่ 4.9 คะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านคุณลักษณะต่างๆ ของน้ำยำที่ละลายได้จาก 74

ตารางที่ 4.10 สมการคำนวณการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นฟิล์มปรุงรส.. 75

ตารางที่ 4.11 สมการคำนวณการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวมของ..... 75

ตาราง ช.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของส่วนประกอบของน้ำยำ..... 114

ตาราง ช.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของส่วนประกอบของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทริน..... 114

ตาราง ช.3 ค่า *L (ความสว่าง) ของน้ำยำ 6 สูตร..... 115

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช.4 ค่า *a (สีแดง) ของน้ำยำ 6 สูตร 115

ตาราง ช.5 ค่า *b (สีเหลือง) ของน้ำยำ 6 สูตร 116

ตาราง ช.6 ค่าเฉดสี (hue angle) ของน้ำยำ 6 สูตร 116

ตาราง ช.7 ค่าความอิ่มตัวของสี (chroma) ของน้ำยำ 6 สูตร 117

ตาราง ช. 8 ค่า pH (ความเป็นกรด-ด่าง) ของน้ำยำ 6 สูตร 117

ตาราง ช.9 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของน้ำยำ 6 สูตร 118

ตาราง ช.10 ค่า *L (ความสว่าง) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายรสน้ำยำ 6 สูตร 118

ตาราง ช.11 ค่า *a (สีแดง) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายรสน้ำยำ 6 สูตร 119

ตาราง ช.12 ค่า *b (สีเหลือง) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายรสน้ำยำ 6 สูตร 119

ตาราง ช.13 ค่าเฉดสี (hue angle) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายรสน้ำยำ 6 สูตร 120

ตาราง ช.14 ค่าความอิ่มตัวของสี (chroma) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายรสน้ำยำ 6 สูตร 120

ตาราง ช.15 ค่าความหนืดของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายรสน้ำยำ 6 สูตร 121

ตาราง ช.16 ค่า pH (ความเป็นกรด-ด่าง) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายรสน้ำยำ 6 สูตร 121

ตาราง ช.17 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 122

ตาราง ช. 18 ค่าความชื้น ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 122

ตาราง ช. 19 ค่า *L (ความสว่าง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 123

ตาราง ช.20 ค่า *a (สีแดง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 123

ตาราง ช.21 ค่า *b (สีเหลือง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 124

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.22 ค่าเฉดสี (hue angle) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 124

ตาราง ช.23 ค่าความอิ่มตัวของสี (chroma) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 125

ตาราง ช.24 ค่าความหนาของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 125

ตาราง ช. 25 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 126

ตาราง ช.26 ร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร... 126

ตาราง ช.27 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 127

ตาราง ช. 28 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 2 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 127

ตาราง ช.29 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 3 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 128

ตาราง ช.30 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 129

ตาราง ช.31 ค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 129

ตาราง ช.32 ค่า *L (ความสว่าง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 130

ตาราง ช.33 ค่า *a (สีแดง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 130

ตาราง ช.34 ค่า *b (สีเหลือง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 131

ตาราง ช.35 ค่าเฉดสี (hue angle) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 131

ตาราง ช.36 ค่า chroma ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 132

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.37 ความหนาของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 132

ตาราง ช.38 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 132

ตาราง ช.39 ค่าร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 133

ตาราง ช.40 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 133

ตาราง ช.41 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 2 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 134

ตาราง ช.42 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 3 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 134

ตาราง ช.43 คะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่ละลายได้ในน้ำ 16, 20, 24 มิลลิลิตร 135

ตาราง ช.44 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 136

ตาราง ช.45 ค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 137

ตาราง ช.46 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 138

ตาราง ช.47 ค่าร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 139

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.48 ค่า L* (ความสว่าง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 140

ตาราง ช. 49 ค่า a* (สีแดง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 141

ตาราง ช. 50 ค่า b* (สีเหลือง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 142

ตาราง ช. 51 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 143

ตาราง ช.52 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 2 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 144

ตาราง ช.53 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 3 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 145

ตาราง ช. 54 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 146

ตาราง ช.55 ค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 147

ตาราง ช.56 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 148

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช.57 ค่าร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 149

ตาราง ช.58 ค่า L* (ความสว่าง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 150

ตาราง ช. 59 ค่า a* (สีแดง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 151

ตาราง ช. 60 ค่า b* (สีเหลือง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 152

ตาราง ช.61 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1 นาที ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 153

ตาราง ช.62 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 2 นาที ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 154

ตาราง ช.63 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 3 นาที ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 155

ตาราง ช. 64 ร้อยละโดยน้ำหนักของส่วนผสมต่างๆในสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ 156

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 2.1 สูตรโครงสร้างของมอลโทเดกซ์ทริน 5

ภาพ 2.2 สูตรโครงสร้างของแซนแทนกัม 7

ภาพ 2.3 สูตรโครงสร้างของกลีเซอรอล 9

ภาพ 2.4 สูตรโครงสร้างของซูโครส (sucrose) 11

ภาพ 2.5 สูตรโครงสร้างของกรดซิตริก (citric acid) 14

ภาพ 2.6 สูตรโครงสร้างของกรดแอซีติก (acetic acid) 15

ภาพ 4.1 ค่า L* (A), a* (B), b* (C), hue angle (D), chroma (E) ของน้ำยำ 6 สูตร 33

ภาพ 4.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (A), ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (B) ของน้ำยำ 34

ภาพ 4.3 ค่า L* (A), a* (B), b* (C), hue angle (D), chroma (E) ของสารละลายขึ้นรูป 35

ภาพ 4.4 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสม ... 36

ภาพ 4.5 ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสม 36

ภาพ 4.6 ค่าความหนืดของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลาย 37

ภาพ 4.7 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 38

ภาพ 4.8 ค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 38

ภาพ 4.9 ค่าความหนาของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 39

ภาพ 4.10 ค่า L* (A), a* (B), b* (C), hue angle (D), chroma (E) ของแผ่นฟิล์มปรุงรส 40

ภาพ 4.11 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 41

ภาพ 4.12 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 42

ภาพ 4.13 ร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร 42

ภาพ 4.14 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1,2 และ 3 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุง ... 43

ภาพ 4. 15 อัตราการทำแห้งของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลาย .. 45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพ 4.16 อัตราการทำแห้งของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) (A) และสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) (B) ที่แบบโรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ 45

ภาพ 4.17 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (A) และค่าความชื้น (B) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 46

ภาพ 4.18 ค่า L* (A), a* (B), b* (C), hue angle (D), chroma (E) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 48

ภาพ 4.19 แผ่นปรุงรสน้ำยำ สูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) (A), สูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) (B) แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น 49

ภาพ 4. 20 แผ่นปรุงรสน้ำยำ สูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) (A), สูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) (B) แบบโรยพริกขี้หนูป่น 49

ภาพ 4.21 ค่าความหนาของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 50

ภาพ 4.22 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่ 51

ภาพ 4.23 ค่าร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 51

ภาพ 4.24 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1 นาที, 2 นาที, 3 นาที ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น 52

ภาพ 4. 25 คะแนนความพอดีเกี่ยวกับปริมาณพริกป่นของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 54

ภาพ 4.26 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (A) และร้อยละความชื้น (B) ที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์... 60

ภาพ 4.27 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (A) และ ค่าร้อยละความชื้น (B) ที่ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ที่ 30% ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน 61

ภาพ 4.28 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1 นาที (A), 2 นาที (B), 3 นาที (C). 62

ภาพ 4.29 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1 นาที (A), 2 นาที (B), 3 นาที (C) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 30% ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติก 63

ภาพ 4.30 ค่า L* (A), a* (B), b* (C) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 0% ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพ 4.31 ค่า L* (A), a* (B), b* (C) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 30% ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ.... 66

ภาพ 4.32 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 30% ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ บรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน..... 67

ภาพ 4. 33 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 0% ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ บรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน..... 67

ภาพ 4.34 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) และค่าร้อยละการยืดตัว (percent . 69

ภาพ 4.35 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) และค่าร้อยละการยืดตัว 70

ภาพ ง.1 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำส้มสายชูกลั่น 5% ตรา อสร. บริษัท อสร. ฟู้ดส์ จำกัด 100

ภาพ ง.2 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำมะนาว 100% ตรา นูบูน บริษัท นูบูน จำกัด..... 100

ภาพ ง.3 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำปลา ตรา ทิพรส บริษัท ไพโรจน์ (ทั่งซังฮะ) จำกัด 101

ภาพ ง.4 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำตาลทราย ตรา มิตรผล บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด..... 101

ภาพ ง.5 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำตาลมะพร้าว ตรา ลูกนายพล 102

ภาพ ง.6 ฉลากผลิตภัณฑ์ พริกขี้หนูป่นละเอียด บริษัท อาจจิตต์อินเตอร์เนชั่นแนลเพ็พเพอร์ แอนด์สไปซ์ จำกัด 102

ภาพ ช.1 สมการแสดงค่า a_w ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) ที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30..... 157

ภาพ ช.2 สมการแสดงค่า a_w ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) ที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30..... 157

ภาพ ช.3 สมการแสดงคะแนนความชอบโดยรวม ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) ที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 158

ภาพ ช.4 สมการแสดงคะแนนความชอบโดยรวม ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) ที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 158

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาหารไทย เป็นอาหารที่ประกอบด้วยรสชาติที่เข้มข้น มีเครื่องปรุงหลายอย่าง รสชาติอาหารแต่ละอย่างมีรสเฉพาะตัว การใช้เครื่องปรุงรสต่างๆ ก็ไม่เหมือนกัน อาหารประเภทยำเป็นหนึ่งในอาหารไทยที่ได้รับความนิยม อาหารยำ คือ การนำผักต่างๆ เนื้อสัตว์และน้ำปรุงรสมาคลุกเคล้าเข้าด้วยกัน จนรสซึมซาบเสมอกัน น้ำปรุงรสยำ มีรสหลักอยู่ 3 รส คือ เค็ม หวาน เปรี้ยว ที่ได้จากน้ำปลา น้ำตาลทราย น้ำมะนาว มาผสมรวมกัน แต่เนื่องจากน้ำปรุงรสยำมีข้อจำกัดด้วยวัตถุดิบ ซึ่งหาได้ยากในบางท้องถิ่นหรือบางฤดูกาล เช่น มะนาว และน้ำปรุงรสยำมีลักษณะเป็นของเหลว ที่มีข้อจำกัดในด้านการเก็บรักษา และการขนส่ง จากปัญหาข้างต้นทำให้เกิด แนวคิดที่จะพัฒนาน้ำยำในรูปแบบที่แปลกใหม่โดยการมาทำเป็นแผ่นฟิล์มที่บริโภคได้ โดยในการศึกษานี้สนใจผลของเครื่องปรุงรสต่างๆ ในระบบอาหารจริงได้แก่ องค์ประกอบในน้ำยำซึ่งใส่ส่วนผสมหลายชนิดเข้าร่วมกัน เช่น ชนิดของกรด (กรดซิตริกในน้ำมะนาว, กรดแอซีติกในน้ำส้มสายชู) ชนิดของน้ำตาล (น้ำตาลทราย, น้ำตาลมะพร้าว) ต่อการขึ้นรูปเป็นฟิล์มบริโภคได้ (edible film) และต่อคุณภาพด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ เพื่อพัฒนาน้ำยำในรูปแบบที่แปลกใหม่โดยการมาทำเป็นแผ่นฟิล์มที่บริโภคได้ เมื่อเติมน้ำลงไปจะสามารถรับประทานเป็นน้ำยำสำเร็จรูป ซึ่งคาดว่าจะสามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในอนาคตได้อย่างหลากหลายยิ่งขึ้น เช่น สามารถนำไปสอดไส้อาหาร หรือวางบนชิ้นอาหารก่อนหรือหลังปรุง อีกทั้งยังสะดวกในการใช้ ไม่ฟุ้งกระจายในระหว่างเปิดบรรจุภัณฑ์ การทำน้ำยำเป็นแผ่นฟิล์มจะช่วยเก็บคุณค่าทางอาหารได้ดีกว่าการนำเก็บไว้ในรูปแบบผง เนื่องจากกระบวนการทำแห้งใช้อุณหภูมิที่สูง ทำให้คุรค่าทางอาหารในผลิตภัณฑ์เหลือน้อยลง และยังสามารถแก้ปัญหาความไม่สม่ำเสมอของรสชาติ ทำให้น้ำยำที่ได้มีรสชาติคงที่ สม่ำเสมอในทุกฤดูกาล อีกทั้งช่วยให้มีต้นทุนการขนส่งที่ลดลง ทำให้สามารถกระจายสินค้าไปตามที่ต่างๆ หรือในต่างประเทศได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้น

1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่ละลายน้ำได้เร็ว โดยศึกษาผลของส่วนผสมในน้ำยำ ได้แก่ ชนิดน้ำตาล สารให้รสเปรี้ยว และพลาสติไซเซอร์ และขั้นตอนการผลิตต่อสมบัติด้านกายภาพ เคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแผ่นฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทริน และศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษาของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.3. ขอบเขตของงานวิจัย

พัฒนาแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบริโภคได้ โดยศึกษาอิทธิพลของสูตรและกระบวนการผลิตแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบอิทธิพลของชนิดน้ำตาล (น้ำตาลทรายและน้ำตาลมะพร้าว) สารให้รสเปรี้ยว (น้ำมะนาวและน้ำส้มสายชู) และกลีเซอรอล ต่อแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำฐานมอลโทเดกซ์ทรินและได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ได้แก่ แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบริโภคได้ ที่สามารถละลายน้ำได้เร็ว ประยุกต์ใช้กับอาหารได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1. ฟิล์มบริโภคได้ (edible film)

วัสดุที่สามารถบริโภคได้พร้อมกับอาหาร ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นบาง การใช้งานอาจเป็นแผ่นฟิล์มนำมาใช้กับอาหาร หรือเคลือบสารก่อฟิล์มบนผิวของอาหารโดยตรง (Sothornvit and Krochta, 2000) เพื่อควบคุมปริมาณออกซิเจน ความชื้น คาร์บอนไดออกไซด์ รสชาติ และการถ่ายเทกลิ่นระหว่างส่วนประกอบของอาหาร และบรรยากาศบริเวณรอบ (Du et al., 2011) โดยทั่วไป ฟิล์มบริโภคได้ผลิตขึ้นจากพอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีน หรือไขมัน

2.2. ชนิดของฟิล์มที่รับประทานได้

ฟิล์มที่รับประทานได้ ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีความสามารถในการขึ้นรูปฟิล์ม ซึ่งต้องสามารถกระจายและละลายได้ในตัวทำละลาย เช่น น้ำ แอลกอฮอล์ หรือส่วนผสมของตัวทำละลายอื่นๆ อีกทั้งอาจมีการเพิ่มสารประกอบอื่นๆ เช่น พลาสติไซเซอร์และอิมัลซิไฟเออร์ลงในฟิล์ม เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลและสร้างอิมัลชันที่มีความเสถียรได้ (Erginkaya et at., 2014) โดยจะสามารถแบ่งฟิล์มที่รับประทานได้เป็น 3 ชนิดหลักๆ ได้แก่ ฟิล์มโปรตีน ฟิล์มลิพิด และฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์

2.2.1. ฟิล์มโปรตีน (protein film)

ฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีน มีคุณสมบัติทางกลที่แข็งแรงและสมบัติด้านการซึมผ่านที่ดีกว่าฟิล์มชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีคุณค่าทางอาหารสูงอีกด้วย โดยคุณสมบัติต่างๆขึ้นอยู่กับชนิดของโปรตีน การผลิตฟิล์มโปรตีนได้จากการให้ความร้อนเป็นเวลานานและถูกดัดแปรด้วยสารเคมี เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนรูปร่างของโปรตีน ตัวอย่างของฟิล์มโปรตีนได้แก่ ฟิล์มคอลลาเจน (collagen film) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ได้จากกระดูกอ่อนและเอ็น มีข้อดีหลายอย่าง เช่น ไม่เป็นพิษต่ออาหาร มีความเข้ากันได้ดีในด้านชีวภาพ ฟิล์มเจลลาติน (gelatin film) นิยมใช้ในการห่อหุ้มอาหารที่มีความชื้นต่ำหรือมีส่วนของน้ำมัน ช่วยป้องกันออกซิเจนและแสง ฟิล์มโปรตีนข้าวโพด (corn zein film) มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ ฟิล์มที่ได้จะมีความเปราะจึงต้องเติมพลาสติไซเซอร์เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่น สามาถรป้องกันไอน้ำได้ดี ฟิล์มข้าวสาลี (wheat gluten film) เป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ มีความเหนียวและยืดหยุ่น สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ ฟิล์มโปรตีนถั่วเหลือง (soy protein film) ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีสารอาหารสูง ฟิล์มเคซีน (casein film) มีความโปร่งใสและยืดหยุ่น แต่ไม่มีคุณสมบัติกันน้ำ ฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว (mung bean protein film) มีคุณสมบัติเชิงกลและกันไอน้ำสูง (Wittaya, 2012)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.2. ฟิล์มลิพิด (lipid film)

นิยมใช้เป็นสารเคลือบ โดยต้องการวัตถุประสงค์ที่จะให้ผลอย่างอื่นด้วย เช่น ลดการเสียดสีของผิวขณะขนส่ง หรือป้องกันการเกิดสีน้ำตาล เป็นต้น สารประกอบลิพิดหลายชนิด รวมทั้ง แอซีทิลเลตโมโนกลีเซอไรด์ ไขธรรมชาติ และสารตึงผิวสามารถนำมาใช้เป็นสารเคลือบได้ (สุพรรณิกา กันธิมา, 2555) สารประกอบลิพิดที่มีประสิทธิภาพที่สุดคือพาราฟิน (paraffin wax) และขี้ผึ้ง (beeswax) หน้าที่หลักของการเคลือบไขมัน คือการป้องกันความชื้นในการขนส่ง ฟิล์มมีความหนาและเปราะมากขึ้นเนื่องจากไม่มี covalent bond ในโครงสร้าง matrix ดังนั้นจึงต้องเสริมสารก่อฟิล์ม เช่น โปรตีน หรือ พอลิแซ็กคาไรด์ ช่วยเสริมโครงสร้างพอลิเมอร์ให้มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น (Bourtoom, 2008) ตัวอย่างของฟิล์มลิพิดได้แก่ wax ที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถปรับเปลี่ยนได้หลายสถานะที่อุณหภูมิห้อง ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ได้ดีมาก ซึ่งมีหลายประเภทด้วยกัน เช่น ขี้ผึ้ง (beeswax), spermaceti, jojoba oil, rice bran wax เป็นต้น (Rhim and Shellhammer, 2005)

2.2.3. ฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide film)

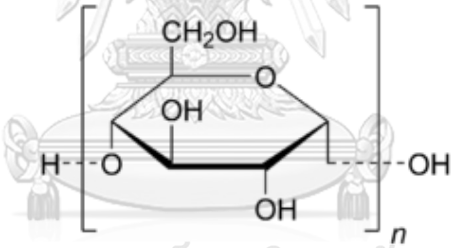
เป็นฟิล์มที่ผลิตได้จาก alginate, pectin, carrageenan, starch, starch hydrolysate และ cellulose derivatives ซึ่งมีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) จึงไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้ป้องกันการซึมผ่านของความชื้น (Bourtoom, 2008) ข้อดีของพอลิแซ็กคาไรด์ คือ มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ ไม่เป็นพิษ และสามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ดังนั้นจึงสามารถชะลอการหายใจของผักและผลไม้ได้ ตัวอย่างของฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์ ได้แก่ ไคโตซาน (chitosan) ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา (Campos et al., 2011) อนุพันธ์ของเซลลูโลส (cellulose derivative) สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้และไม่มีกลิ่น สตาร์ช (starch) เป็นฟิล์มที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีลักษณะใสไม่มีสี ไม่มีรส เป็นต้น (Mohamed et al., 2020)

2.3. มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin)

เกิดจากการย่อยโมเลกุลแป้งบางส่วนโดยใช้เอนไซม์ ให้เป็นโมเลกุลสายสั้นๆ มีค่า dextrose equivalent (DE) ต่ำกว่า 20 มอลโทเดกซ์ทรินมีลักษณะเป็นผงสีขาว หรือเกล็ดสีขาว ไม่มีรสหรือกลิ่น มีรสหวานเล็กน้อย สามารถละลายในน้ำได้ดี มีความชื้นประมาณร้อยละ 3-5 ความหนาแน่น (bulk density) อยู่ในช่วง 0.31-0.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยทั่วไปนิยมใช้เป็นสารเพิ่ม

ปริมาณ ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส รักษาความชุ่มชื้น และยืดอายุการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์ มีราคาไม่แพงและหาซื้อได้ง่าย สามารถใช้ร่วมกับสารประกอบอื่น ๆ (Quek et al., 2007) ฟิล์มจากมอลโทเดกซ์ทรินสามารถละลายในน้ำได้ (Cilurzo et al., 2008 ; Embuscado and Huber, 2009) มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านไอน้ำและออกซิเจน (Koushki et al., 2015) มอลโทเดกซ์ทรินมีความสามารถในการละลายน้ำและมีสมบัติการขึ้นรูปฟิล์มที่ดี เนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลที่ค่อนข้างต่ำ (Zhang and Han, 2006) ฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินมีข้อกำจัดของคือ ความเปราะของฟิล์ม ซึ่งการเติมสารพลาสติไซเซอร์ จะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับฟิล์ม โดยพลาสติไซเซอร์ ที่เหมาะสำหรับฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินคือ น้ำ กลีเซอรอล (glycerol) และโพรพิลีนไกลคอล (propylene glycol) (Cilurzo et al., 2008)

กนกวรรณ ไตรพรวัฒนกุล และ นันท์นภัส ฐากุลวีรนันท์ (2551) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของฟิล์มเด็กซ์ตริน การเตรียมแผ่นฟิล์มเด็กซ์ตริน พบว่าฟิล์มที่ผลิตจากเด็กซ์ตรินอย่างเดียวมีคุณสมบัติเปราะและแตกหักง่าย จึงควรเตรียมฟิล์มร่วมกับวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) ได้แก่ แซนแทนกัม และ พลาสติไซเซอร์ (plasticizer) ได้แก่ กลีเซอรอลและซอร์บิทอล ซึ่งจะให้ฟิล์มที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แหล่งที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Maltodextrin

ภาพ 2.1 สูตรโครงสร้างของมอลโทเดกซ์ทริน

2.3.1. การเกิดฟิล์มของมอลโทเดกซ์ทริน

ฟิล์มบริโภคได้ เกิดจากการทำให้สารที่สามารถเกิดฟิล์มละลายหรือกระจายตัว แล้วใช้วิธีต่างๆ แยกสารนั้นๆ ออกจากตัวทำละลาย เช่น การระเหย การเติมอิเล็กโทรไลต์เพื่อให้เกิดพันธะข้าม เป็นต้น ในการขึ้นรูปฟิล์ม จะมีแรง 2 ชนิด เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง คือ แรงโคฮีชัน (cohesion) ซึ่งเป็นแรงระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ด้วยกันเอง จะเกิดขึ้นระหว่างการเกิดฟิล์มที่จะเชื่อมต่อและสร้างพันธะที่แข็งแรง ซึ่งจะป้องกันหรือต้านทานการแยกจากกัน ปัจจัยที่มีผลต่อแรงโคฮีชัน คือ โครงสร้างและสมบัติทางเคมีของพอลิเมอร์ โดยมี

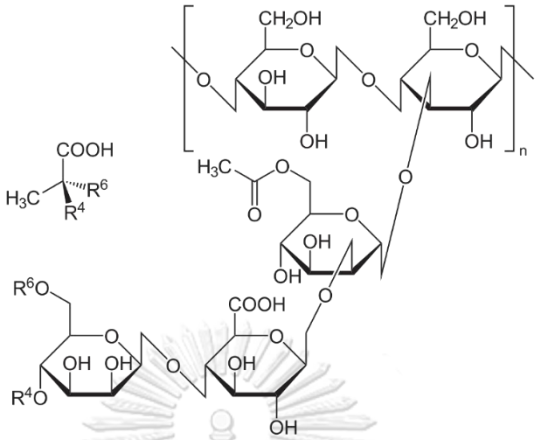
ความสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุล ความสม่ำเสมอของสายโซ่พอลิเมอร์ และการกระจายของกลุ่มที่มีขั้วในสายพอลิเมอร์จะช่วยให้เกิดพันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนิกระหว่างสาย ซึ่งทำให้เกิดความแข็งแรง ปัจจัยต่อไปที่มีผลต่อแรงโคฮีชัน คือ การละลายของพอลิเมอร์ ถ้าละลายหรือขยายตัวได้มาก ก็จะมีแรงโคฮีชันมาก ฟิล์มที่ได้จะแข็งแรง และปัจจัยสุดท้าย คือ สภาวะการเตรียมฟิล์ม ควรเตรียมฟิล์มโดยใช้สารละลายอุ่น และทำให้ฟิล์มแห้งด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสม หากใช้อุณหภูมิสูงเกินไป จะทำให้อัตราการระเหยตัวทำละลายสูง พอลิเมอร์จะถูกตรึงก่อนทำให้เชื่อมต่อกันไม่สมบูรณ์ ส่วนอีกแรง คือ แรงแอคฮีชัน (adhesion) ซึ่งเป็นแรงระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์กับสารอื่นที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปฟิล์ม เช่น พลาสติไซเซอร์ (plasticizers) ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติของฟิล์มเช่นกัน (Banker, 1966) การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มมอลโทเดกซ์ทริน ทำได้โดยการผสมมอลโทเดกซ์ทรินกับสารที่เกี่ยวข้องกับแผ่นฟิล์มที่เป็นส่วนผสมแห้งเข้าด้วยกัน ใส่ลงไปอย่างช้าๆในน้ำที่เดือด พร้อมคนให้เข้ากัน ลดอุณหภูมิจนอยู่ประมาณ 35 ถึง 40 องศาเซลเซียส เทลงไปในภาชนะบางๆ จากนั้นนำไปเข้าตู้อบแห้ง อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนฟิล์มที่ได้มีค่าความชื้นคงที่ ของเหลวก็จะจับตัวเป็นแผ่นฟิล์ม (Dzija et al., 2003) โดยความร้อนทำลายแรงภายในโมเลกุล (intramolecular force) ทำให้พอลิเมอร์สามารถกระจายตัวได้ดี สายพอลิเมอร์ แต่ละสายเกิดการอันตรกิริยากันด้วยพันธะไฮโดรเจน การทำแห้งด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อกำจัดตัวทำละลายออก ทำให้เกิดการจัดตัวของพอลิเมอร์เป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติ ที่แข็งแรง เกิดเป็นฟิล์มขึ้น (Han, 2005)

2.4. แซนแทนกัม (xanthan gum)

เป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) มีโมเลกุลเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ ประเภท heteropolysaccharide มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าหนึ่งล้าน g/mol สามารถผลิตได้โดย *Xanthomonas campestris* มีโครงสร้างคล้ายเซลลูโลส โดยเชื่อมต่อ 2 โมเลกุลของกลูโคส (glucose) ด้วยน้ำตาลแมนโนส (mannose) 2 โมเลกุล และกรดกลูคูโรนิก (glucuronic acid) 1 โมเลกุล มีสมบัติละลายน้ำได้ดี และด้วยความแข็งแรงของโครงสร้างแซนแทนกัม ส่งผลให้มีความหนืดสูงในช่วงความเข้มข้นที่หลากหลาย ให้ความหนืดแบบ non-newtonian fluid โดยมีพฤติกรรมเป็นแบบ shear thinning fluid (Vega et al., 2015) การใช้แซนแทนกัมในผลิตภัณฑ์อาหาร สามารถใช้เป็นสารให้ความหนืดทนความร้อนได้สูง (thickening agent) ทำให้อาหารคงรูป (stabilizer) ใช้เป็นสารก่อโฟม (foaming agent) ใช้แทนไขมัน (fat replacer) ใช้ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งในอาหารแช่เยือกแข็ง การใช้แซนแทนกัมกับแผ่นฟิล์มบริโภคได้ ซึ่งการเติมแซนแทนกัมลงไปแผ่นฟิล์มที่มีส่วนประกอบหลักเป็นมอลโทเดกซ์ทรินจะช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลให้กับแผ่นฟิล์ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ได้ โดยจะทำให้มีค่าความต้านทานแรงดึงและความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น (กนกวรรณ ไตรพรวัฒนกุล และ นันท์นภัส ฐากุลวีรนันท์, 2551; นุชนาฏ กิจวรเมธา และ คณะ, 2561)



แหล่งที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Xanthan_gum

ภาพ 2.2 สูตรโครงสร้างของแซนแทนกัม

2.4.1. การเกิดฟิล์มของแซนแทนกัม

จากการศึกษาของ Mandala and Bayas, 2004 ที่ศึกษาอิทธิพลของแซนแทนกัมต่อแป้งสตาร์ช พบว่าในขั้นตอนการเตรียมสารละลายแซนแทนกัม เมื่อกวนผสมอย่างต่อเนื่องและให้ความร้อน แซนแทนกัมจะเปลี่ยนจากโครงสร้างที่เป็นระเบียบ (rigid ordered structure) ไปอยู่ในสภาวะที่ไม่เป็นระเบียบ (flexible disordered coil) เมื่ออุณหภูมิของสารละลายลดลง สายพอลิเมอร์แต่ละสายเกิดการเชื่อมต่อกันและเกิดอันตรกิริยาด้วยพันธะไฮโดรเจน (Saha and Bhattacharya, 2010) สารละลายแซนแทนกัมสามารถเกิดไฮโดรเจลเป็นโครงร่างเครือข่ายสามมิติของพอลิเมอร์ที่ชอบน้ำและบวมน้ำได้ (Bueno and Petri, 2014) โดยการทำแห้งด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อกำจัดตัวทำละลายออก ทำให้เกิดการจัดตัวของพอลิเมอร์เป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติที่แข็งแรง เกิดเป็นฟิล์มขึ้น (Han, 2005)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5. พลาสติไซเซอร์ (plasticizers)

พลาสติไซเซอร์จะมีขนาดเล็ก น้ำหนักโมเลกุลต่ำ เป็นสารที่ไม่ระเหย การเพิ่ม พลาสติไซเซอร์จะช่วยลดความเปราะและช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับพลาสติก เนื่องจาก พลาสติไซเซอร์เป็นโมเลกุลขนาดเล็ก จึงเข้าไปแทรกระหว่างสายของพอลิเมอร์ และสลายปฏิกิริยาระหว่างพอลิเมอร์ ทำให้โครงสร้างของพอลิเมอร์เปลี่ยนแปลงให้มีรูพรุน เพิ่มความยืดหยุ่น (Immergut and Mark, 1965;

McKeen, 2012;) สามารถแบ่งพลาสติไซเซอร์ ได้เป็น 2 ประเภท คือ พลาสติไซเซอร์ภายนอก (external plasticizer) และ พลาสติไซเซอร์ภายใน (internal plasticizer)

พลาสติไซเซอร์ภายใน (internal plasticizer) เมื่อเติมเข้าไปแล้วจะเป็นสารช่วยในการเกิดพอลิเมอร์ เป็นส่วนหนึ่งของพอลิเมอร์ในโครงสร้าง ซึ่งพลาสติไซเซอร์ ประเภทนี้จะมีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ ส่วนพลาสติไซเซอร์ภายนอก (external plasticizer) เป็นสารที่เติมลงไปในโครงสร้างพอลิเมอร์แล้วจะไปจับยึดกับพอลิเมอร์ด้วยพันธะ secondary valency ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนตัวลง (Banker, 1966)

พลาสติไซเซอร์ทั่วไปที่ใช้สำหรับฟิล์มบริโภคได้ คือ monosaccharides, oligosaccharides, polyols และ lipid นอกจากนี้น้ำยังเป็นพลาสติไซเซอร์ ที่สำคัญสำหรับฟิล์มบริโภคได้ โครงสร้างทางเคมีของพลาสติไซเซอร์ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl groups) ซึ่งจะสร้างพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bonds) กับพอลิเมอร์ ดังนั้นจึงเพิ่มปริมาตรที่โมเลกุลสามารถเคลื่อนที่ไปได้ (free volume) และเพิ่มความยืดหยุ่นของโครงสร้างฟิล์ม ตัวอย่างของพลาสติไซเซอร์ และโครงสร้างทางเคมีที่ใช้สำหรับฟิล์มบริโภคได้ แสดงดังตาราง 2.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าพลาสติไซเซอร์ต่างๆ ประกอบด้วยจำนวนหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl groups) ที่แตกต่างกันและมีสถานะที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงส่งผลต่อระดับความแข็งแรงของฟิล์ม (Sothornvit and Krochta, 2005)

สมบัติที่ดีของพลาสติไซเซอร์ คือต้องรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับพอลิเมอร์ที่ใช้ทำฟิล์ม ละลายในตัวทำละลายที่ใช้ได้ดีโดยมีแรงระหว่างโมเลกุลคล้ายคลึงกัน จุดเดือดสูง นอกจากนี้ยังควรไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่เป็นพิษ และไม่ติดไฟ ถ้าใช้พลาสติไซเซอร์ ที่มีสมบัติที่เหมาะสมจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการแยกตัวระหว่างการอบแห้งฟิล์ม (Guilbert, 1986, Donhowe and Fennema, 1994)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างพลาสติไซเซอร์ สูตรโมเลกุลและมวลโมเลกุลที่ใช้สำหรับฟิล์มบริโภคได้

พลาสติไซเซอร์ (plasticizers)	สูตรโมเลกุล	มวลโมเลกุล
Xylitol	$C_5H_{12}O_5$	152
Mannitol	$C_6H_{14}O_6$	82
Propylene glycol	$C_3H_8O_2$	76
Glycerol	$C_3H_8O_3$	92
Sorbitol	$C_6H_{14}O_6$	182
Sucrose	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342
Glucose	$C_6H_{12}O_6$	180
Urea	CH_4N_2O	60

2.6. กลีเซอรอล (glycerol)

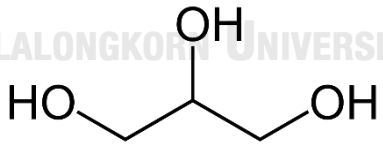
โครงสร้างโมเลกุลเป็นพอลิออล (polyol) เป็นสารที่เป็นของเหลว ใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีรสหวาน 0.6 เท่า ของน้ำตาล ในโมเลกุลมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) 3 หมู่ จึงทำให้ละลายน้ำได้ดี มีสมบัติในการดูดจับน้ำได้ดี (hydroscopic) การใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์อาหาร สามารถเป็นสารเก็บความชื้น (humectant) ป้องกันไม่ให้อาหารแห้ง ช่วยลดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของอาหาร ใช้เป็นสารให้ความหวาน (sweetener) ใช้เป็นสารให้ความหนืด (thickening agent) ใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ การใช้กลีเซอรอลกับแผ่นฟิล์มบริโภคได้ จากการศึกษาของ Arham et al. (2016) พบว่าการเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลในแผ่นฟิล์มบริโภคได้ จะทำให้แผ่นฟิล์มมีความหนาและการละลายน้ำดีขึ้น แต่จะทำให้แรงต้านทานการดึงของแผ่นฟิล์มลดลง

Tong et al. (2008) พบว่าการเติมกลีเซอรอลในฟิล์มฐานผสมระหว่าง Pullulan, Alginate และ Carboxymethyl cellulose จะช่วยลดค่าความต้านทานแรงดึงของฟิล์ม เพิ่มร้อยละการยืดตัว ลดความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ แต่เพิ่มค่าความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์ม

Farahnaky et al. (2013) พบว่า การเติมกลีเซอรอลในฟิล์มแป้ง จะทำให้ค่าการละลายน้ำเพิ่มขึ้น การยืดตัวเพิ่มขึ้น ความเครียดที่จุดแตกหักและค่า Young's modulus ลดลง ช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์มแป้ง รวมถึงเพิ่มความสว่างของค่าสีของฟิล์มแป้งด้วย

Kim et al. (2002) พบว่าการเติมพลาสติไซเซอร์ ซึ่งได้แก่ ซอร์บิทอล (sorbitol), ไซลิทอล (xylitol), แมนนิทอล (mannitol) และ กลีเซอรอล (glycerol) ในฟิล์มบริโภคได้ highly carboxy methylated starch-based ทำให้ร้อยละการยืดตัวของฟิล์มเพิ่มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



แหล่งที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Glycerol

ภาพ 2.3 สูตรโครงสร้างของกลีเซอรอล

2.7. ลักษณะเฉพาะของฟิล์มบริโภคได้

2.7.1. สมบัติเชิงกล

สมบัติเชิงกลของฟิล์มขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาของสารเติมแต่งและโครงสร้างของฟิล์ม และยังเกี่ยวข้องปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาวะทางกายภาพ เคมี และอุณหภูมิ ซึ่งมีผลต่อเสถียรภาพและความยืดหยุ่นของฟิล์ม สมบัติเชิงกลของฟิล์มวิเคราะห์ได้จากร้อยละ การยืด

ตัวของฟิล์มเมื่อขาด (อัตราที่วัสดุยืดตัวก่อนที่จะแตกหักโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์), ความต้านแรงดึง (ความเค้นดึงสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับจนเกิดการขาด มีหน่วยเป็น MPa) และโมดูลัส (หาได้จากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเค้น-ความเครียด) ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้เครื่อง Instorn นอกจากนี้สภาพแวดล้อมระหว่างการผลิตและการเก็บรักษามีผลต่อสมบัติเชิงกล การเสื่อมสภาพที่เกิดขึ้นระหว่างอายุการเก็บรักษาทำให้สูญเสียสมบัติเชิงกลของฟิล์มอย่างมาก โดยเฉพาะค่าการยืดตัวของฟิล์ม (García et al., 2009)

2.7.2. ลักษณะปรากฏ (appearance)

ลักษณะปรากฏที่มองเห็นได้ของแผ่นฟิล์มมีความสำคัญอย่างมากต่อการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ฟิล์ม ลักษณะที่ปรากฏที่สำคัญคือ สี และความทึบของฟิล์ม โดยสีขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สภาวะการทำให้แห้ง อุณหภูมิที่ใช้ หรือสารเติมแต่งที่ใส่ลงไปในฟิล์ม เช่น การเพิ่มกลีเซอรอลจะช่วยลดความทึบของฟิล์มฐานไคโตซาน แต่มีค่าสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น (García et al., 2009)

2.7.3. ความสามารถในการละลายน้ำ (water solubility)

ความสามารถในการละลายน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการนำไปใช้งานของฟิล์ม โดยฟิล์มแต่ละชนิดมีค่าความสามารถในการละลายน้ำที่แตกต่างกันไป (García et al., 2009)

2.7.4. การดูดซึมของน้ำ (water sorption)

ไอโซเทอร์มของการดูดซับน้ำมีประโยชน์ในการกำหนดความเสถียรของฟิล์มภายใต้สภาวะต่างๆ เนื่องจากองค์ประกอบของฟิล์ม โดยเฉพาะไฮโดรคอลลอยด์มีความไวต่อความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ ซึ่งไอโซเทอร์มของการดูดซับน้ำสามารถวัดได้หลายวิธี (García et al., 2009)

2.7.5. การซึมผ่านของไอน้ำผ่านแผ่นฟิล์ม (film water vapor permeability)

การซึมผ่านของไอน้ำ เป็นค่าที่ใช้วัดความสามารถของไอน้ำที่จะแพร่ผ่านแผ่นฟิล์ม โดยค่าการแพร่ผ่านของไอน้ำ เท่ากับอัตราของไอน้ำที่เคลื่อนที่ผ่านหนึ่งหน่วยพื้นที่ของแผ่นฟิล์ม คูณด้วยความหนาของแผ่นฟิล์ม หารด้วยค่าความแตกต่างของความดันไอระหว่าง 2 ด้านของแผ่นฟิล์ม กลไกการแพร่ผ่านนี้ประกอบด้วยกระบวนการละลาย (solubility) และการแพร่ (diffusion) โดยที่ไอน้ำจะแพร่มาที่ด้านหนึ่งของฟิล์มแล้วเกิดการละลายบน

ผิวและแพร่ผ่านภายในแผ่นฟิล์มออกสู่อีกด้านหนึ่งของฟิล์ม ฟิล์มที่ไม่เติมพลาสติไซเซอร์ จะให้ค่าการซึมผ่านของไอน้ำสูงกว่าฟิล์มที่เติมพลาสติไซเซอร์ เนื่องจากฟิล์มที่ไม่เติมพลาสติไซเซอร์จะมีรูพรุน (pores) ระหว่างโมเลกุล ส่วนพลาสติไซเซอร์ เช่น กลีเซอรอลที่ชอบน้ำ จะช่วยในการดูดซึมและดูดซับโมเลกุลของน้ำไว้ (García et al., 2009)

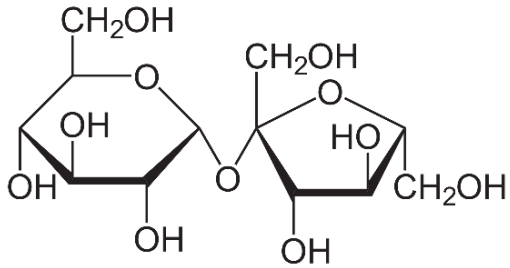
2.8. อาหารประเภทยำ

ยำ เป็นอาหารไทยที่ปรุงโดยการนำผักและเนื้อสัตว์ มาคลุกเคล้าเข้าด้วยกัน ด้วยน้ำปรุงรส ที่มีรสชาติจัดจ้าน (ราชบัณฑิตยสถาน, 2554) ให้ความเผ็ดร้อน รสเปรี้ยวอมหวาน ตัดด้วยรสเค็ม ซึ่งปรับส่วนผสม ชนิดของเนื้อสัตว์ และผักได้หลากหลายตามความชอบส่วนตัว โดยทั่วไปสามารถเตรียมน้ำปรุงรสโดยนำพริกขี้หนูโขลก ปรุงด้วยรสเปรี้ยวจากน้ำมะนาว รสเค็มจากน้ำปลา และรสหวานจากน้ำตาล อาจมีการพัฒนาให้เกิดความหลากหลาย โดยใส่ส่วนผสมต่างๆเข้าไปให้เกิดรสชาติที่แตกต่าง เช่น ใส่กระเทียมดอง หรือปรุงรสด้วยสมุนไพร เช่น กระเทียม รากผักชี หรืออาจเปลี่ยนประเภทของน้ำตาลเพื่อเพิ่มความหอม เช่น น้ำตาลมะพร้าว เนื่องด้วยเครื่องปรุงรสหลายชนิดที่เป็นองค์ประกอบในน้ำยำ เช่น มะนาว (กรดซิตริก) และน้ำส้มสายชู (กรดแอซีติก) เกลือ (salt) และน้ำตาล(sugar) ซึ่งการผสมส่วนผสมดังกล่าวอาจมีอิทธิพลต่อการขึ้นรูปของแผ่นฟิล์มมอลโทเดกซ์ทริน

2.8.1. น้ำตาลทราย (sugar)

เป็นสารให้ความหวาน (sweetener) ที่เป็นคาร์โบไฮเดรต ประเภทน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และน้ำตาลโมเลกุลคู่ ชนิดน้ำตาลที่ใช้ในอาหาร ได้แก่ น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรักโทส และน้ำตาลแล็กโทส ในงานวิจัยนี้จะใช้ซูโครสเป็นสารให้ความหวานกับแผ่นฟิล์มน้ำยำ

น้ำตาลซูโครส (sucrose) เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดียว 2 ชนิด คือ น้ำตาลฟรักโทส (fructose) และน้ำตาลกลูโคส (glucose) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) (Veiga-Santos et al., 2007)



แหล่งที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Sucrose

ภาพ 2.4 สูตรโครงสร้างของซูโครส (sucrose)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มีการศึกษาการเติมน้ำตาลในแผ่นฟิล์มที่มีส่วนผสมหลักเป็น starch น้ำตาลจะมีสมบัติเป็นพลาสติไซเซอร์ (สารเพิ่มความยืดหยุ่น) (Koch, 2013) แต่น้ำตาลอาจจะส่งผลทำให้ฟิล์มเปราะขึ้นด้วยเช่นกัน (Embuscado and Huber, 2009) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Veiga-Santos et al. (2005) พบว่ามีการตกผลึกของซูโครสในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้อาจมีการเปลี่ยนจากลักษณะฟิล์มเป็นเปราะขึ้น จึงจำเป็นต้องเติมสารเพิ่มความยืดหยุ่นชนิดอื่นเข้ามาในฟิล์ม

Nindjin et al. (2015) พบว่า การเติมซูโครสส่งผลให้ค่าความต้านแรงดึงลดลง เนื่องจากการเป็นพลาสติไซเซอร์ช่วยลดแรงระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ ทำให้โครงสร้างของฟิล์มมีความหนาแน่นน้อยลง เกิดการเคลื่อนที่ของสายโซ่พอลิเมอร์ ดังนั้นความต้านทานแรงดึงจึงลดลง แต่ซูโครสทำให้ฟิล์มมีความเปราะขึ้น

2.8.2. น้ำตาลมะพร้าว

นิยมทำจากน้ำตาลสดที่สามารถเก็บเกี่ยวได้จากจั่น หรือช่อดอก ของต้นมะพร้าว โดยนำน้ำตาลสดเคี่ยวจนกระทั่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณ 82° Brix หรือจนกระทั่งมีอุณหภูมิประมาณ 115-120 องศาเซลเซียส สังเกตเห็นลักษณะปรากฏของน้ำตาลสดที่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้น มีความหนืดและความเหนียวมากขึ้น พอน้ำตาลเริ่มงวดจึงลดไฟลง นำไม้พายมาตีเพื่อให้น้ำตาลแห้งและแข็งตัวเร็วขึ้น และช่วยให้น้ำตาลที่ถูกเคี่ยวมีสีน้ำตาล จากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล จะได้ก้อนเหนียวที่มีความหนืดสูง มีสีน้ำตาลอ่อนถึงเข้ม (วรัญญา ศรีสุทัสน์กุล, 2556) น้ำตาลมะพร้าวที่มีคุณภาพดีควรมีสีนวลโดยไม่ใช้สารฟอกสี เนื้อละเอียด กลิ่นหอมเฉพาะตัว มีปริมาณความชื้นร้อยละ 7–8 ไม่เยิ้มเหลว มีปริมาณซูโครสมากกว่าร้อยละ 70 และมีน้ำตาลอินเวิร์ตไม่เกินร้อยละ 6–7 และองค์ประกอบอื่นๆ เช่น เพกตินและกัม เถ้า เป็นต้น (วรัญญา ศรีสุทัศน์กุล, 2556) แต่องค์ประกอบและคุณภาพของน้ำตาลมะพร้าว สามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ตามพันธุ์ สถานที่ปลูก เวลา และระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว (Borse et al., 2006) ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาผลกระทบของน้ำตาลมะพร้าวต่อแผ่นฟิล์มที่ทำจากมอลโทเดกซ์ทริน

น้ำตาลอินเวิร์ต (invert sugar) เป็นน้ำตาลที่มีความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย มีแนวโน้มที่จะตกผลึกน้อยกว่าน้ำตาลซูโครส เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีต้นทุนต่ำ มักใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อลดการตกผลึกของซูโครส จากการศึกษาของ Veiga-Santos et al. (2007) ที่ศึกษาอิทธิพลของน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลอินเวิร์ตต่อฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเจลลาติน พบว่าเมื่อเติมน้ำตาลอินเวิร์ตจะส่งผลให้ค่าร้อยละการยืดตัวของฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้นแต่น้อยกว่าเมื่อเติมน้ำตาลซูโครส

ได้มีการศึกษาอิทธิพลของน้ำตาลทรายและน้ำตาลมะพร้าว (ของประเทศไทย) ต่อสมบัติของหมูหวานทอด จากงานวิจัยของ Kanesuk et al. (2016) พบว่า หมูหวานทอดที่ใช้น้ำตาลทรายมีค่า a_w ต่ำกว่า แต่มีค่า pH สูงกว่าที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว ซึ่งสอดคล้องกับค่า a_w และค่า pH ของน้ำตาลทรายและน้ำตาลมะพร้าวที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

2.8.3. กรดซิตริก (citric acid)

เป็นกรดอินทรีย์ และมีสมบัติเป็นกรดไตรคาร์บอกซิลิกอ่อนๆ (tricarboxylic acid) มีสูตรโมเลกุลคือ $C_6H_{10}O_8$ จะอยู่ตามธรรมชาติในผลไม้รสเปรี้ยว การใช้กรดซิตริก ใช้เพื่อปรับค่าพีเอชของอาหารให้เป็นกรด ซึ่งจะช่วยในเรื่องของการเก็บรักษา ใช้ในการปรุงแต่งกลิ่นรส โดยจะทำให้อาหารมีรสเปรี้ยว อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นสารกันหืน เป็นสารกันเสีย เป็นสารจับโลหะ ผลของกรดซิตริกต่อฟิล์ม มอลโทเดกซ์ทริน การผลิตกรดซิตริกดั้งเดิมผลิตจากมะนาว เนื่องจากน้ำมะนาวมีปริมาณกรอซิตริกเป็นจำนวนมาก แต่ในภาคธุรกิจการผลิตกรดซิตริกนิยมผลิตด้วยวิธีการสังเคราะห์กรดซิตริกจากน้ำตาลกลูโคสผ่านวิธีไกลโคไลซีส (Glycolysis pathway) ได้เป็นสารออกซาโลอะซิเตท (Oxaloacetate) แล้วสะสมเป็นกรดซิตริก โดยจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในการผลิตแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เชื้อรา *Aspergillus Niger* และยีสต์ *Cadida Lypolitica* กรดซิตริกส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมอาหารแปรรูป อุตสาหกรรมซักฟอกและทำความสะอาด และใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง

2.8.3.1. น้ำมะนาว

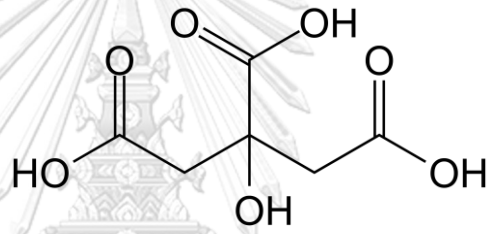
ในน้ำมะนาวประด้วยกรดซิตริกจำนวนมากที่สุดประมาณร้อยละ 8 และกรดมาลิกประมาณร้อยละ 5 ซึ่งมะนาวเป็นผลไม้ที่มีกรดซิตริกมากที่สุด (Penniston, 2008) และมีวิตามินซีอยู่ในประมาณมาก ส่วนผิวมะนาวมีน้ำมันหอมระเหย ร้อยละ 0.3-0.4 ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้น้ำมะนาวเป็นส่วนประกอบ ซึ่งมะนาวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยมีการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบเพื่อเพิ่มรสชาติในการปรุงอาหาร ซึ่งมีคุณสมบัติให้รสเปรี้ยวและกลิ่นรสมะนาว ใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท แม้ว่ามะนาวสามารถผลิตได้ทั่วทุกภาคของประเทศและให้ผลตลอดปี แต่ผลผลิตของมะนาวก็ขึ้นอยู่กับฤดูกาล และพบว่าในประเทศไทยประสบปัญหาการขาดแคลนของมะนาวในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งทำให้มะนาวมีราคาแพงขึ้น (สุชาดา ไชยสวัสดิ์ และคณะ, 2541)

จากการศึกษาของ Ghanbarzadeh et al. (2011) พบว่าการเติมกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0 ถึง 10% ในฟิล์มแป้งข้าวโพดช่วยปรับปรุงความต้านทานแรงดึงและค่าการซึมผ่านของไอน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยการเติมกรดซิตริกที่ความ

เข้มข้น 10% ให้ฟิล์มที่มีความต้านทานแรงดึงสูงสุด แต่มีค่าความยืดหยุ่นและค่าการซึมผ่านของไอน้ำต่ำสุด

จากการศึกษาของ Reddy และ Yang (2010) ได้ศึกษาการเชื่อมข้ามโมเลกุลของฟิล์มแป้งข้าวโพดด้วยกรดซิตริก พบว่า กรดซิตริกช่วยปรับปรุงความต้านทานแรงดึงโดยการเชื่อมข้ามระหว่างกลุ่มไฮดรอกซิลของฟิล์มแป้งและกรดซิตริกด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้ฟิล์มมีความแข็งแรงมากกว่า คือลดความต้านทานแรงดึงและเพิ่มการยืดตัวของแผ่นฟิล์ม

จากการศึกษาของ Yu et al. (2005) ได้ศึกษาผลของกรดซิตริกต่อสมบัติของฟิล์ม thermoplastic starch พบว่า โครงสร้างไตรคาร์บอกซิลิกของกรดซิตริกจะทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างกลุ่มคาร์บอกซิลของกรดซิตริกและกลุ่มไฮดรอกซิลของแป้ง ซึ่งจะช่วยเพิ่มความต้านทานต่อน้ำเนื่องจาก ลดกลุ่มไฮดรอกซิลของแป้งที่มีอยู่



แหล่งที่มา :https://nudenicotine.com/products/citric-acid-solutions-5-15

ภาพ 2.5 สูตรโครงสร้างของกรดซิตริก (citric acid)

2.8.4. กรดแอซีติก (acetic acid)

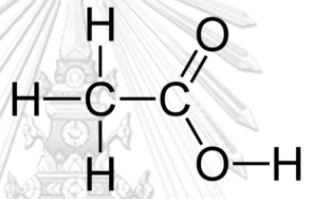
เป็นกรดอินทรีย์ ประเภทกรดคาร์บอกซิลิก มีสูตรโมเลกุลคือ $C_2H_4O_2$ กรดแอซีติกเกิดจากการหมักเอทิลแอลกอฮอล์ด้วยแบคทีเรียแอซีโตแบคเตอร์ หรือเกิดจากการสังเคราะห์ทางเคมี ไม่มีสีไม่มีกลิ่นฉุน หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า น้ำส้มสายชู เป็นสารที่มีต้นทุนต่ำ ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับสารประกอบอินทรีย์ (Beverlya et al., 2008) การใช้กรดแอซีติกถูกใช้เพื่อปรุงแต่งกลิ่นรสของอาหาร โดยให้รสเปรี้ยว ใช้ปรับความเป็นกรดของอาหาร และใช้เป็นสารกันเสีย โดยจะควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

2.8.4.1. น้ำส้มสายชู

ในงานวิจัยนี้จะใช้น้ำส้มสายชูกลั่นที่มีความเข้มข้นของกรดแอซีติกอยู่ร้อยละ 5 เป็นส่วนประกอบ น้ำส้มสายชูหมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่มาจากกระบวนการผลิตโดยวิธีธรรมชาติ มี 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกเป็นการหมักน้ำตาลให้กลายเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) และคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide) โดยการทำงานของยีสต์ และขั้นที่สองคือการออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ให้เป็นกรดแอซิตริก โดย

การทำงานของแบคทีเรีย ส่วนน้ำส้มสายชูกลั่นเป็นนำส้มสายชูที่ได้จากการกลั่นน้ำส้มสายชูหมัก โดยเอาแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหนักมากลั่นแยกแอลกอฮอล์ออก แล้วนำไปหมักกับเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งจะมีสีใส

จากการศึกษาของ Park et al. (2002) ที่ศึกษาฟิล์มฐานไคโตซานที่มีประเภทตัวทำละลายอินทรีย์ พบว่า กรดแอซีติก (acetic acid) ส่งผลให้ฟิล์มมีค่าความต้านทานแรงดึงสูงขึ้น กว่ากรดมาลิก (malic acid), กรดแลคติก (lactic acid) และกรดซิตริก (citric acid) ซึ่งอาจจะเกิดจากสมบัติของฟิล์มไคโตซาน ที่เมื่อสามารถละลายในกรดแอซีติกแล้วจะมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าละลายในกรดชนิดอื่นๆ มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างโมเลกุลที่แข็งแรง ทำให้เห็นว่าฟิล์มไคโตซานที่เตรียมด้วยการละลายในกรดแอซีติกจะมีโครงสร้างที่แน่นกว่า ส่งผลให้ค่าต้านทานแรงดึงสูงและค่าร้อยละการยืดตัวต่ำกว่ากรดชนิดอื่นๆ



แหล่งที่มา : https://www.wikiwand.com/th/กรดน้ำส้ม

ภาพ 2.6 สูตรโครงสร้างของกรดแอซีติก (acetic acid)

จากการศึกษาของ Sakkara et al. (2020) ได้ศึกษาผลของ pH ต่อสมบัติของฟิล์มสตาร์ช โดยละลายแป้งสตาร์ชที่ผ่านการเจลาติไนซ์แล้วใน pH ที่แตกต่างกัน ซึ่งเตรียมจากกรดแอซีติกและ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) พบว่า ที่ค่า pH สูง (pH 11) จะมีค่าความหนืดและค่าความต้านทานแรงดึงต่ำกว่าที่ pH ต่ำกว่า เนื่องจากโมเลกุลของแป้งจะสูญเสียไปจากการไฮโดรไลซิสในสภาวะที่เป็นกรดและด่างอย่างแรง แต่ที่ pH 11 จะมีร้อยละการยืดตัวสูงที่สุด

2.9. ผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงที่มีอยู่แล้วในตลาด

สิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตร เลขที่ 1401004554 โดย พัฒทรา ธีรพิบูลย์เดช (2557) แผ่นฟิล์มกักเก็บน้ำมันหอมระเหย (ฟิล์มกลิ่นสมุนไพร) กระบวนการเตรียมฟิล์มร่วมกับเอนแคปซูเลชั่น (encapsulation) เพื่อกักเก็บน้ำมันหอมระเหยสำหรับสมุนไพรเครื่องต้มยำ มีอายุผลิตภัณฑ์ 1 ปี เป็นแผ่นฟิล์มที่สามารถบรรจุสิ่งสกัดพืชสมุนไพร ซึ่งมีลักษณะคล้ายน้ำมันหรือโอลิโอเรซิน (oleoresin) ได้ในปริมาณสูงถึง 30% ของน้ำหนักฟิล์มแห้ง ใช้สารก่อฟิล์มเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถ

รับประทานได้และราคาไม่แพง ไม่ส่งผลด้านกลิ่นและรสชาติ สามารถละลายน้ำได้ดีที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แผ่นฟิล์มกักเก็บน้ำมันหอมระเหยนี้ จะละลายได้อย่างช้าๆ เหมาะกับอาหารไทย เช่น ต้มยำ เพียงเติมแผ่นฟิล์มลงไปในหม้อต้มยำ ก็จะได้อาหารที่มีกลิ่นหอมเครื่องเทศเหมือนปรุงรสด้วยเครื่องเทศสด

ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษาผลของเครื่องปรุงรสเหล่านี้ต่อการขึ้นรูปฟิล์มบริโภคได้ โดยเฉพาะในระบบอาหารจริง ซึ่งใส่ส่วนผสมหลายชนิดเข้าร่วมกัน งานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาน้ำยำในรูปแบบที่แปลกใหม่โดยมาทำเป็นแผ่นฟิล์มที่บริโภคได้ (edible film) ที่เมื่อเติมน้ำลงไปจะสามารถรับประทานเป็นน้ำยำสำเร็จรูป ซึ่งคาดว่าจะสามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในอนาคตได้อย่างหลากหลายยิ่งขึ้น เช่น สามารถนำไปสอดไส้อาหาร หรือวางบนชิ้นอาหารก่อนหรือหลังปรุง อีกทั้งยังสะดวกในการใช้ ไม่ฟุ้งกระจายในระหว่างเปิดบรรจุภัณฑ์ การทำน้ำยำเป็นแผ่นฟิล์มจะช่วยเก็บกลิ่นรสของอาหารได้ดีกว่าการนำเก็บไว้ในรูปแบบผง เนื่องจากกระบวนการทำแห้งใช้อุณหภูมิที่สูง ทำให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์เหลือน้อยลง (พัฒทรา ธีรพิบูลย์เดช, 2557) และยังสามารถแก้ปัญหาความไม่สม่ำเสมอของรสชาติ ทำให้น้ำยำที่ได้มีรสชาติคงที่ สม่ำเสมอในทุกฤดูกาล ในปัจจุบันการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำยำสำเร็จรูปในขวดพร้อมรับประทาน ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลว ทำให้มีน้ำหนักมากส่งผลต่อต้นทุนการขนส่ง การแปรรูปน้ำยำเป็นแผ่นฟิล์มจะช่วยให้มีต้นทุนการขนส่งที่ลดลง ทำให้สามารถกระจายสินค้าไปตามที่ต่างๆ หรือในต่างประเทศได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1. วัสดุอุปกรณ์

3.1.1. วัตถุดิบ

- น้ำปลา ตรา ทิพรส บริษัท ไพโรจน์ (ทั่งซังฮะ) จำกัด
- น้ำส้มสายชูกลั่น 5% ตรา อสร. บริษัท อสร. ฟู้ดส์ จำกัด
- น้ำตาลทราย ตรา มิตรผล บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด
- น้ำมะนาว 100% ตรา นูบูน บริษัท นูบูน จำกัด
- พริกขี้หนูป่นละเอียด บริษัท อาจจิตต์อินเตอร์เนชั่นแนลเพ็พเพอร์แอนด์สไปซ์ จำกัด
- น้ำตาลมะพร้าว ตรา ลูกนายพล

3.1.2. สารเคมี

- มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด (ค่า DE = 10-12)
- แซนแทนกัม (xanthan gum) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด
- กลีเซอรีน (Glycerin) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด
- ซิลิกาเจล
- แมกนีเซียมคลอไรด์ (magnesium chloride)
- สารละลายเกลือเพปโทน (peptone salt solution)

3.1.3. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- **เครื่องแก้วและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์**
  - ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
  - ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
  - กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร
  - บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
  - บีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร
  - บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
  - กระดาษกรอง ตรา Whatman® เบอร์ 4 ขนาดเส้นรอบวง 110 มิลลิเมตร
  - เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermometer) ขวดหยดสารสีชา กรวยแก้ว แท่งแก้วคนสาร และช้อนตักสาร
- **อุปกรณ์ครัว**
  - ช้อนตวง
  - แผ่นเทฟลอน ขนาด 30 × 30 เซนติเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- กระดาษไข
- ถาดอะคริลิค (acrylic plate) ขนาด 20 × 20 เซนติเมตร
- กระชอนตาถี่ขนาด 60 และ 80 เมช

- **บรรจุภัณฑ์**
  - ถุงพอลิโพรพิลีน ขนาด 6x9 นิ้ว
  - กล่องใส่อาหาร ปริมาตร 5.5 ลิตร ยี่ห้อ Superlock
- **เครื่องมือสำหรับเตรียมฟิล์มบริโภค**
  - เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง
  - เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง
  - เครื่องกวนสารละลายพร้อมเตาให้ความร้อน
  - เครื่อง pH meter รุ่น F20 (บริษัท Mettler Toledo ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)
  - เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ได้ (hand refractometer) รุ่น N1 (ตรา Atago ประเทศญี่ปุ่น)
  - เครื่องวัดสี Minolta chroma meter รุ่น CR 400 series (บริษัท Konica Minolta ประเทศ ญี่ปุ่น)
  - เครื่องวัดความหนืด viscometer รุ่น Premium Series (ตรา Fungilab ประเทศสเปน)
  - ตู้อบลมร้อน
- **อุปกรณ์และเครื่องมือสาหรับวิเคราะห์สมบัติของแผ่นฟิล์ม**
  - เครื่องวัดความหนา (hand dial thickness gauge) รุ่น Model ID-C112 (ตรา Mitutoyo ประเทศญี่ปุ่น)
  - เครื่องวิเคราะห์สมบัติเชิงกล Stable Micro Systems Texture Analyser รุ่น Model TA-XT Icon
  - เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) รุ่น Series 3 ตรา Aqua lab (บริษัท Decagon Devices ประเทศสหรัฐอเมริกา)
  - เครื่อง impulse sealer รุ่น TIS 450/10
- **อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับทดสอบทางประสาทสัมผัส**
  - ถ้วยพลาสติกใสพร้อมฝา ขนาด 2 ออนซ์ (60 มิลลิลิตร)
  - ถาดสำหรับใส่ตัวอย่าง
  - แก้วน้ำดื่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ช้อนพลาสติก

3.2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2.1. ศึกษาอิทธิพลของการใส่กลีเซอรอลในสารละลายก่อฟิล์มต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรควบคุม

ศึกษาอิทธิพลของกลีเซอรอลร่วมกับแซนแทนกัม โดยเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและเคมีของฟิล์มมอลโทเดกซ์ทรินที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 1 กลีเซอรอลร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก (X1G1.5) สูตรที่ปรับลดปริมาณสารทั้ง 2 (แต่คงอัตราส่วน) โดยเติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.5 กลีเซอรอลร้อยละ 0.75 (X0.5G0.75) และฟิล์มมอลโทเดกซ์ทรินที่เติมแต่แซนแทนกัมโดยไม่เติมกลีเซอรอล (X1G0) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

3.2.1.1. เตรียมสารละลายน้ำยำสูตรควบคุม

เตรียมสารละลายน้ำยำสูตรควบคุม โดยผสมสารละลายอัตราส่วนน้ำปลา น้ำมะนาว และน้ำตาลทรายร้อยละ 35, 35 และ 30 ตามลำดับเข้าด้วยกัน ดัดแปลงจาก ดารามาศ ดวงแก้ว และ วิไลลักษณ์ อิสระมงคลพันธุ์ (2555)

3.2.1.2. การเตรียมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ

- การเตรียมสารก่อฟิล์ม ดัดแปลงจากวิธี ของ Cilurzo et al., 2008 และ นุชนาฏ กิจวรเมธา และ คณะ, 2561 โดยเตรียมสารละลายมอลโทเดกซ์ทริน ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนละลายหมด (กวนตลอดเวลา)
- เติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.5 และกลีเซอรอลร้อยละ 0.75 (สูตร X0.5G0.75) หรือเติมแซนแทนกัมร้อยละ 1 และกลีเซอรอล ร้อยละ 0 (สูตร X1G0) และร้อยละ 1.5 (สูตร X1G1.5) กวนผสมโดยใช้ magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ให้เข้ากันเป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (เป็นเวลา 15 นาที)
- ผสมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินกับสารละลายน้ำยำ จากข้อ 3.2.1.1 อัตราส่วน 35:65 กวนให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที

3.2.1.3. การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

- เทสารละลายมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ จากข้อ 3.2.1.2 ปริมาตร 70 มิลลิลิตรลงบนถาดอะคริลิคขนาด 20 X 20 เซนติเมตร ที่รองด้วยแผ่นรองอบเทฟลอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จนฟิล์มที่ได้มีค่าความชื้นคงที่
- ลอกแผ่นฟิล์มที่ได้ออกจากแผ่นรองอบเทฟลอนเก็บไว้ในกล่องปริมาตร 5.5 ลิตร บรรจุซิลิกาเจล ที่อุณหภูมิ 25±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำฟิล์มไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี

3.2.1.4. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

- วัดค่าความหนาของแผ่นฟิล์ม โดยตัดตัวอย่างฟิล์มเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5 x 5 เซนติเมตรวัดความหนาของฟิล์มด้วย micrometer (Mitutoyo Corp., Japan) โดยสุ่มวัดความหนาของฟิล์ม 10 ตำแหน่งของฟิล์มรอบๆ แผ่นฟิล์ม (ภาคผนวก ข.3)
- วิเคราะห์ค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มตามวิธีของ AOAC (2000) (ภาคผนวก ข.2)
- วิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระของแผ่นฟิล์ม (a_w) ด้วยเครื่อง aqua lab (Decagon Devices, Inc., USA) (ภาคผนวก ข.1)
- วัดสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม ได้แก่ ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ร้อยละการยืดตัว (percent elongation) โดยใช้เครื่อง texture analyzer (ภาคผนวก ข.4)
- วิเคราะห์ค่าการละลายน้ำของแผ่นฟิล์ม (solubility) ดัดแปลงจากวิธีของ Shojaee et al. (2013) โดยตัดฟิล์มขนาด 2 x 2 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นที่แน่นอน (ประมาณ 5 กรัม) แล้วแช่แผ่นฟิล์มในถ้วยที่บรรจุน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร (อุณหภูมิ 25 องศาเซสเซียส) สุ่มตัวอย่างที่เวลา 1, 2 และ 3 นาที พร้อมคนตัวอย่าง จากนั้นนำชิ้นฟิล์มที่เหลือมาทำให้แห้งอีกครั้งโดยอบที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ก่อนนำไปชั่งน้ำหนักทำซ้ำจนตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ มีหน่วยเป็นร้อยละจากสูตรการคำนวณ $WS(\%) = ((W_o - W_f) / W_o) \times 100$ เมื่อ W_o เป็นน้ำหนักเริ่มต้นของแผ่นฟิล์มและ W_f คือน้ำหนักของฟิล์มที่ไม่ละลายน้ำ (ภาคผนวก ข.5)

3.2.1.5. ทดสอบทางสถิติ

ทดสอบการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรควบคุม 3 สูตร โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

(mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของแต่ละชุดข้อมูล เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (α = 0.05) แล้วคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยเลือกจากสมบัติการละลายน้ำ (ละลายได้เร็วที่สุด) การขึ้นรูป (ขึ้นรูปได้ดี มีความสม่ำเสมอ) มีปริมาณน้ำอิสระของแผ่นฟิล์มต่ำกว่า 0.6 และยืดหยุ่นไม่เปราะหักง่าย

3.2.2. พัฒนาสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

ศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมของสารละลายน้ำยำ ได้แก่ กรด (น้ำมะนาวหรือน้ำส้มสายชู) และน้ำตาล ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ ซึ่งไม่ใส่ส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่น) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

3.2.2.1. เตรียมสารละลายน้ำยำจากเครื่องปรุงรส

การเตรียมสารละลายน้ำยำ 6 สูตร ที่มีส่วนผสมตามตาราง 1 โดยแปรอัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู 3 ระดับ ได้แก่ สูตรน้ำมะนาว (1:0) สูตรน้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1) และสูตรน้ำส้มสายชู (0:1) และแปรชนิดของน้ำตาล 2 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลทราย และน้ำตาลมะพร้าว

ตารางที่ 3.1 ร้อยละโดยน้ำหนักของส่วนผสมต่างๆในสารละลายน้ำยำ

สูตร	น้ำปลา	น้ำมะนาว	น้ำส้มสายชู	น้ำตาลทราย	น้ำตาลมะพร้าว
S/L	35	35	0	30	0
S/LV	35	17.5	17.5	30	0
S/V	35	0	35	30	0
C/L	35	35	0	0	30
C/LV	35	17.5	17.5	0	30
C/V	35	0	35	0	30

หมายเหตุ ร้อยละโดยรวมของสารละลายน้ำยำในแต่ละสูตร เท่ากับ 100
S/L = สูตรน้ำตาลทรายผสมน้ำมะนาว
S/LV = สูตรน้ำตาลทรายผสมน้ำมะนาวและน้ำส้มสายชู
S/V = สูตรน้ำตาลทรายผสมน้ำส้มสายชู
C/L = สูตรน้ำตาลมะพร้าวผสมน้ำมะนาว
C/LV = สูตรน้ำตาลมะพร้าวผสมน้ำมะนาวและน้ำส้มสายชู
C/V = สูตรน้ำตาลมะพร้าวผสมน้ำส้มสายชู

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.2.2. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายน้ำยำ

- วิเคราะห์ค่าสีของสารละลายน้ำยำในระบบสี CIELAB ด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter (CR 400 series, Konica Minolta Inc., Japan) (ภาคผนวก ก.1)
- วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายน้ำยำด้วยเครื่อง pH meter (ภาคผนวก ก.2)
- วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) ด้วยเครื่อง hand refractometer มีหน่วยเป็น °Brix (องศาบริกซ์)

3.2.2.3. การเตรียมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ

- การเตรียมสารก่อฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินตามวิธีในข้อ 3.2.1.2 โดยใช้ปริมาณแซนแทนกัมเป็นร้อยละ 0.5 และกลีเซอรอล ร้อยละ 0.75 (X0.5G0.75 จากข้อ 3.2.1) กวนผสมโดยใช้ magnetic stirrer ให้เข้ากันเป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที
- ผสมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินกับสารละลายน้ำยำ 6 สูตร จากข้อ 3.2.2.1 อัตราส่วนส่วน 35:65 กวนให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที

3.2.2.4. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- วิเคราะห์ค่าสีของสารละลายน้ำยำในระบบสี CIELAB ด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter (CR 400 series, Konica Minolta Inc., Japan) (ภาคผนวก ก.1)
- วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำด้วยเครื่อง pH meter (ภาคผนวก ก.2)
- วิเคราะห์ค่าความหนืดของสารละลายมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำด้วยเครื่อง rotational rheometer (Brookfield Engineering Laboratories, USA) โดยใช้หัววัด R2 (ภาคผนวก ก.3)

3.2.2.5. การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

- เทสารละลายมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ จากข้อ 3.2.2.3 ปริมาตร 70 มิลลิลิตรลงบนถาดอะคริลิคขนาด 20 X 20 เซนติเมตร ที่รองด้วยแผ่นรองอบเทฟลอน
- นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จนฟิล์มที่ได้มีค่าความชื้นคงที่
- ลอกแผ่นฟิล์มที่ได้เก็บไว้ในกล่องปริมาตร 5.5 ลิตร บรรจุซิลิกาเจล ที่อุณหภูมิ 25±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำฟิล์มไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี

3.2.2.6. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

- วิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระของแผ่นฟิล์ม (a_w) ด้วยเครื่อง aqua lab (Decagon Devices, Inc., USA) (ภาคผนวก ข.1)
- วิเคราะห์ค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มตามวิธีของ AOAC (2000) (ภาคผนวก ข.2)
- วัดค่าความหนาของแผ่นฟิล์ม โดยตัดตัวอย่างฟิล์มเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5 X 5 เซนติเมตรวัดความหนาของฟิล์มด้วย micrometer (Mitutoyo Corp., Japan) ทำการสุ่มวัดความหนาของฟิล์ม 10 ตำแหน่งของฟิล์มรอบๆ แผ่นฟิล์ม (ภาคผนวก ข.3)
- วิเคราะห์ค่าสีของแผ่นฟิล์มในระบบสี CIELAB ด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter (CR 400 series, Konica Minolta Inc., Japan) (ภาคผนวก ก.1)
- วัดสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม ได้แก่ ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ร้อยละการยืดตัว (percent elongation) โดยใช้เครื่อง texture analyzer (ภาคผนวก ข.4)
- วิเคราะห์ค่าการละลายน้ำของแผ่นฟิล์ม (solubility) ดัดแปลงจากวิธีของ Shojaee et al. (2013) โดยตัดฟิล์มขนาด 2 x 2 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นที่แน่นอน (ประมาณ 5 กรัม) แล้วนำแผ่นฟิล์มที่ได้มาแช่ในถ้วยที่บรรจุน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซสเซียส ปริมาตร 50 มิลลิลิตรสุ่มตัวอย่างที่เวลา 1, 2 และ 3 นาที พร้อมคนตัวอย่าง จากนั้นนำชิ้นฟิล์มที่เหลือมาทำให้แห้งอีกครั้งโดยอบที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ก่อนนำไปชั่งน้ำหนักทำซ้ำจนตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน่วยเป็นร้อยละ จากสูตรการคำนวณ $WS(\%) = ((W_o - W_f)/W_o) \times 100$ เมื่อ W_o เป็นน้ำหนักเริ่มต้นของแผ่นฟิล์มและ W_f คือน้ำหนักของฟิล์มที่ไม่ละลายน้ำ (ภาคผนวก ข.5)

3.2.2.7. ทดสอบทางสถิติ

ทดสอบการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายน้ำยำ สารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายรสน้ำยำ และแผ่นฟิล์มรสน้ำยำ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2×3 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของแต่ละชุดข้อมูล เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (α = 0.05) แล้วคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยเลือกจากสมบัติการละลายน้ำได้ดี (ละลายได้เร็ว) การขึ้นรูปได้ดี แผ่นฟิล์มมีความสม่ำเสมอ มีปริมาณน้ำอิสระของแผ่นฟิล์มต่ำกว่า 0.6 และยืดหยุ่นไม่เปราะหักง่าย

3.2.3. การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

พัฒนาขั้นตอนการขึ้นแผ่นฟิล์มสารละลายน้ำยำโดยเติมส่วนผสมแห้ง ที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ พริกขี้หนูป่น ลงบนฟิล์มขณะอบแห้ง

3.2.3.1. การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

เตรียมแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.2.2 (ได้แก่ สูตร S/L และ C/L) โดยโรยพริกขี้หนูป่นและไม่โรยพริกขี้หนูป่น เพื่อหาเวลาการอบแห้งจากการทำกราฟการทำแห้ง (drying curve)

- เตรียมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินกับสารละลายน้ำยำสูตรที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.2.2 (ได้แก่ สูตร S/L และ C/L) ปริมาตร 70 มิลลิลิตร เทลงบนถาดอะคริลิคขนาด 20 x 20 เซนติเมตร ที่รองด้วยแผ่นรองอบเทฟลอน
- นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนฟิล์มที่ได้มีค่าความชื้นคงที่สำหรับสูตรที่โรยพริกขี้หนูป่น เมื่ออบแห้งเป็นเวลาการอบแห้ง 1 ชั่วโมง นำถาดอะคริลิคออกจากตู้อบเพื่อโรยพริงขี้หนูป่นปริมาณร้อยละ 0.25 โดยน้ำหนัก โดยร่อนพริกขี้หนูป่นผ่านกระซ่อนตาถี่ให้กระจายทั่วบริเวณด้านบนของแผ่นฟิล์ม นำไปอบแห้งต่อที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จน

ฟิล์มที่ได้มีค่าความชื้นคงที่ ประเมินเวลาการอบแห้งจากกราฟการทำแห้ง (drying curve)

3.2.3.2. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นปรุงรส

เตรียมแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.2.2 (ได้แก่ สูตร S/L และ C/L) ซึ่งไม่ใส่และใส่ส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่น) และอบแห้งที่ภาวะตามข้อ 3.2.3.1 ลอกแผ่นฟิล์มที่ได้เก็บไว้ในภาชนะบรรจุซิลิกาเจล ที่อุณหภูมิ 25 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำฟิล์มไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ตามข้อ 3.2.2.6

3.2.3.3. ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแผ่นปรุงรสน้ำยำ

ทดสอบการยอมรับของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ เพื่อหาคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ และหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับละลายแผ่นปรุงรส โดยการทดสอบได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยแบบยกเว้นการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย โครงการวิจัยที่ 140.1/63 จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ใบรับรองแสดงในภาคผนวก จ) การทดสอบใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกคือ มีอายุมากกว่า 18 ปี ที่สุขภาพดี ไม่มีโรคประจำตัวร้ายแรง มีความคุ้นเคยกับการรับประทานอาหารไทย ประเภทยำ คัดกรองโดยเชิญผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยที่อยู่บริเวณอาคารมหาวชิรุณหิศกรอกแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการรับประทานอาหาร และโรคประจำตัวก่อนเริ่มการวิจัย สถานที่ทำการทดลองอาคารมหาวชิรุณหิศ ชั้น 7 หากผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเข้าจึงเริ่มการวิจัย โดยจะแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยกรอกแบบสอบถามแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ โดยผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยจะได้รับตัวอย่าง แผ่นปรุงรสน้ำยำ ทีละ 1 ตัวอย่าง (จาก 2 ตัวอย่าง) เพื่อประเมินลักษณะของแผ่นฟิล์ม โดยอ่านข้อมูลที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และให้ประเมินความสะดวกในการใช้ผลิตภัณฑ์ 9-point hedonic scale (1=ไม่สะดวกเลย 9=สะดวกมาก) และความน่าสนใจของผลิตภัณฑ์ตามความรู้สึกของผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยหลังจากอ่านข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ฟิล์มรสน้ำยำแล้ว จึงประเมินความชอบของแผ่นฟิล์มที่ได้รับในด้านสี ความชอบด้านการกระจายตัวของพริกป่น ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง 9=ชอบอย่างยิ่ง) และความพอดีของปริมาณพริกป่น ด้วยวิธี Just about right (JAR) scale (1=น้อยไป 2=พอดี 3=มากไป)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ส่วนที่ 2 ให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสและการละลายของฟิล์มรสน้ำยำ โดยใช้อัตราส่วนในการละลายแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ตัวอย่างฟิล์มรสน้ำยำ 8 กรัม ต่อน้ำ 16, 20 และ 24 มิลลิลิตร ให้ผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยฉีกฟิล์มรสน้ำยำที่เตรียมไว้เป็นชิ้นเล็กๆ และละลายลงในถ้วยที่บรรจุน้ำไว้ 3 ระดับที่เตรียมไว้ให้ จากนั้นคนให้ฟิล์มละลายเป็นของเหลวทั้งหมด เป็นเวลา 3-5 นาที แล้วประเมินความชอบด้านเนื้อสัมผัสของฟิล์มขณะฉีก ความชอบด้านการละลาย ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง 9=ชอบอย่างยิ่ง) และความเร็วในการละลายของตัวอย่างฟิล์มรสน้ำยำ ด้วยวิธี Just about right (JAR) scale (1=เร็วเกินไป 2=พอดี 3=ช้าเกินไป)

ส่วนที่ 3 การทดสอบลักษณะของน้ำยำที่ละลายได้ โดยให้ผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยประเมินความชอบของลักษณะปรากฏของน้ำยำที่ละลายได้ จากนั้นดมกลิ่นของน้ำยำที่ละลายได้ แล้วประเมินความชอบและความพอดีในด้านกลิ่นของน้ำยำ จากนั้นชิมตัวอย่างน้ำยำที่ละลายได้ อย่างน้อย 1/3 ของทั้งหมด โดยรับประมาณคู่กับวุ้นเส้นลวกที่เตรียมไว้ให้ และให้ตัวอย่างอยู่ในปากไม่น้อยกว่า 15 วินาที (ผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยสามารถคายตัวอย่างทิ้งได้หลังจากครบ 15 วินาทีแล้ว) ประเมินความชอบด้านความหนืด กลิ่นรสน้ำยำ ความชอบโดยรวม และความพอดีด้านกลิ่นรสน้ำยำ กลิ่นรสมะนาว ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว ความเผ็ด ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง 9=ชอบอย่างยิ่ง) และ Just about right (JAR) scale (1=น้อยเกินไป 2=พอดี 3=มากเกินไป) ผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยต้องล้างปากด้วยน้ำเปล่าก่อน และพักอย่างน้อย 2 นาที ก่อนประเมินตัวอย่างถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแสดงใน ภาคผนวก จ

3.2.3.4. ทดสอบทางสถิติ

ทดสอบการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มรสน้ำยำ (ข้อ 3.2.3.2) โดยวางแผนการทดลองแบบ 2×2 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และสำหรับการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส (ข้อ 3.2.3.3) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของแต่ละชุดข้อมูล เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (α = 0.05)

3.2.4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำระหว่างการเก็บรักษา

3.2.4.1. ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 2 สูตร จากข้อ 3.2.3 โดยเก็บผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ ในถุงพอลิโพรพิลีน (PP) ขนาด 6x8 นิ้ว ปิดสนิทในที่มืด เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 และ 30±5 ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน

- วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ ตามข้อ 3.2.3.2. โดยสุ่ม ตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุก 15 วัน
- วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์วิธี total plate count ตามวิธีของ AOAC (2002A) และ วิเคราะห์หายีสต์และรา ตามวิธีของ AOAC (2002B) ของตัวอย่างที่เก็บไว้ 60 วัน
- ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส สุ่มตัวอย่างทุก 30 วัน

ประเมินคุณภาพและการยอมรับของแผ่นปรุงรสที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ด้วยผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ตามข้อ 3.2.3.3 โดยในส่วนของการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสและการละลายของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยฉีกฟิล์มรสน้ำยำขนาด 8 กรัมที่เตรียมไว้เป็นชิ้นเล็กๆ และละลายลงในถ้วยที่บรรจุน้ำ 20 มิลลิลิตร ที่อุณภูมิห้อง (25 ± 5 องศาเซลเซียส) ที่เตรียมไว้ให้ จากนั้นคนให้ฟิล์มละลายเป็นของเหลวทั้งหมด เป็นเวลา 3-5 นาที แล้วประเมินความชอบด้านเนื้อสัมผัสของฟิล์มขณะฉีก ความชอบด้านการละลาย ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง 9=ชอบอย่างยิ่ง) และความเร็วในการละลายของตัวอย่างฟิล์มรสน้ำยำ ด้วยวิธี Just about right (JAR) scale (1=เร็วเกินไป 2=พอดี 3=ช้าเกินไป)

แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแสดงใน ภาคผนวก

3.2.4.2. ทดสอบทางสถิติ

โดยวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ วางแผนการทดลองแบบ 2 x 2 factorial in completely randomized design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ผลการประเมินค่าทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของแต่ละชุดข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (α = 0.05)

3.2.4.3. การหาสมการคำนวณการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีเร่งอุณหภูมิ

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. ศึกษาอิทธิพลของการใส่กลีเซอรอลในสารละลายก่อฟิล์มต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรควบคุม

ในการทดลองนี้ใช้สารละลายก่อฟิล์มที่เตรียมจากละลายมอลโทเดกซ์ทริน ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ซึ่งผสมแซนแทนกัม ร้อยละ 1 (ดัดแปลงจากวิธี ของ Cilurzo et al., 2008 และ นุชนาฏ กิจวรเมธา และ คณะ, 2561) เพื่อปรับสมบัติทางกายภาพของฟิล์มให้เหมาะสมยิ่งขึ้นจึงศึกษาการเติม กลีเซอรอล ร้อยละ 1.5 (X1G1.5) เทียบกับสูตรที่ไม่เติม (ร้อยละ 0, X1G0) เพื่อลดความหนืดของสารละลายก่อฟิล์ม จึงลดปริมาณสารเติมแต่ง (แซนแทนกัมและกลีเซอรอล) ลงร้อยละ 50 โดยใช้แซนแทนกัมร้อยละ 0.5 และกลีเซอรอลร้อยละ 0.75 (X0.5G0.75) โดยน้ำหนัก เพื่อเปรียบเทียบด้วย

เมื่อพิจารณาสมบัติของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ ทั้ง 3 สูตร (X1G0, X1G1.5 และ X0.5G0.75) แสดงดัง ตารางที่ 4.1 พบว่า สูตรที่ใช้แซนแทนกัมร้อยละ 1 มีค่าเฉลี่ยของความหนา ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) และพบว่า สูตร X0.5G0.75 มีความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระมากที่สุด เนื่องจากการเพิ่มปริมาณแซนแทนกัมทำให้เกิด cross-link ของแซนแทนกัมระหว่างสายพอลิเมอร์ ลดการเกิดอันตรกิริยากับน้ำ ทำให้ฟิล์มที่ได้มีความชื้นลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ นุชนาฏ กิจวรเมธา และ คณะ (2561) แต่เมื่อพิจารณาสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม พบว่า สูตรที่ไม่เติมกลีเซอรอล (X1G0) ไม่สามารถวัดค่าความต้านทานแรงดึง และร้อยละการยืดตัวได้ เนื่องจากแผ่นฟิล์มมีความเปราะมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ กนกวรรณ ไตรพรวัฒนกุล และ นันท์นภัส ฐากุลวีรนันท์ (2551) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟิล์มเด็กซ์ตริน การเตรียมแผ่นฟิล์มเด็กซ์ตริน พบว่าฟิล์มที่ผลิตจากเด็กซ์ตรินอย่างเดียวมีสมบัติเปราะและแตกหักง่าย จึงควรเติมสารเติมแต่งหรือสารเพิ่มความยืดหยุ่นหรือพลาสติไซเซอร์ (plasticizers) เพิ่มปรับปรุงสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม เมื่อเทียบกับสูตรที่เติมกลีเซอรอล (X1G1.5 และ X0.5G0.75) ที่ฟิล์มสามารถวัดสมบัติเชิงกลได้ พบว่าสูตร X1G1.5 มีค่าความต้านทานแรงดึงมากกว่าสูตร X0.5G0.75 เนื่องจากการเติมแซนแทนกัมลงไปแผ่นฟิล์มที่มีส่วนประกอบหลักเป็นมอลโทเดกซ์ทรินจะช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลให้กับแผ่นฟิล์มได้ โดยจะทำให้มีค่าความต้านทานแรงดึงและความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น

จากการวิเคราะห์ค่าการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มพบว่า ทั้ง 3 สูตร (X1G0, X1G1.5 และ X0.5G0.75) พบว่า สูตรที่ใช้แซนแทนกัมร้อยละ 1 มีค่ามีค่าการละลายน้ำที่ 1 นาที ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่ค่าการละลายน้ำที่ 2 และ 3 นาที พบว่าสูตร X1G0 มีค่าน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งจากงานวิจัยของ Laohakunjit and Noomhorm (2004) ศึกษากลีเซอรอลในฟิล์มแป้งข้าวเจ้า งานวิจัยของ Farahnaky et al. (2013) ที่ศึกษาฟิล์มจากแป้งสาลี และ

งานวิจัยของ Arham et al. (2016) ที่ศึกษาฟิล์มฐาน Agar ซึ่งรายงานว่ากลีเซอรอลมีประสิทธิภาพมากในการลดค่าความต้านทานแรงดึงและเพิ่มร้อยละการยืดตัว รวมถึงเพิ่มค่าการละลายน้ำ และ มีรายงานว่าฟิล์มที่ใส่กลีเซอรอลมากขึ้นจะทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์มเพิ่มขึ้น เนื่องจากสมบัติที่ชอบน้ำและการดูดน้ำ ซึ่งจะดูดโมเลกุลของน้ำไว้ และ กลีเซอรอลซึ่งเป็นพลาสติไซเซอร์ ซึ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กเข้าไปแทรกระหว่างสายของพอลิเมอร์ จึงช่วยลดแรงระหว่างโมเลกุลของโครงสร้างฟิล์ม ซึ่งส่งผลให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นที่ดีขึ้น (Ramos et al., 2013; Sothornvit and Krochta, 2001) และสูตร X0.5G0.75 มีค่าการละลายน้ำได้มากที่สุด เนื่องจากการลดปริมาณแซนแทนกัมจะช่วยให้มีความสามารถในการละลายน้ำมากขึ้น (นุชนาฏ กิจวรเมธา และ คณะ, 2561) ดังนั้นจึงได้เลือกใช้สูตรแซนแทนกัมร้อยละ 0.5 และกลีเซอรอลร้อยละ 0.75 (X0.5G0.75) ที่มีค่าความสามารถในการละลายน้ำที่ดีในขั้นตอนการพัฒนาสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรควบคุม ซึ่งใส่แซนแทนกัมและกลีเซอรอลต่างกัน 3 สูตร

สมบัติทางกายภาพ	**X1G0**	**X1G1.5**	**X0.5G0.75**
ความหนา (mm)	0.73 ± 0.02^{b}	0.72 ± 0.02^{b}	0.77 ± 0.05^{a}
ความชื้น (%wb)	5.758 ± 0.683^{b}	5.971 ± 1.395^{b}	10.016 ± 1.23^{a}
ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.325 ± 0.050^{b}	0.35 ± 0.056^{b}	0.41 ± 0.02^{a}
ความต้านทานแรงดึง (MPa)	too brittle	5.735 ± 0.672^{a}	1.93 ± 0.37^{b}
ค่าการยืดตัว (%)^{NS}	too brittle	89.49 ± 11.935	98.93 ± 20.87
ค่าการละลายน้ำที่ 1 นาที (%)	33.17 ± 4.667^{c}	42.045 ± 0.276^{b}	55.55 ± 4.63^{a}
ค่าการละลายน้ำที่ 2 นาที (%)	59.775 ± 2.128^{c}	78.88 ± 1.372^{b}	81.70 ± 4.27^{a}
ค่าการละลายน้ำที่ 3 นาที (%)	81.98 ± 0.665^{b}	93.185 ± 2.963^{a}	94.02 ± 1.17^{a}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

4.2. พัฒนาสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

ศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมของสารละลายน้ำยำที่ไม่ใส่ส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่น) โดยแปรอัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู 3 ระดับ ได้แก่ สูตรน้ำมะนาว (1:0) สูตรน้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1) และสูตรน้ำส้มสายชู (0:1) และแปรชนิดของน้ำตาล 2 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลทรายและน้ำตาลมะพร้าว ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของ น้ำยำ สารละลายขึ้นรูปฟิล์มที่ผสมน้ำยำและแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ ซึ่งทั้ง 6 สูตรมีอัตราส่วนน้ำปลา กรด (น้ำมะนาว,น้ำส้มสายชู) และน้ำตาล (น้ำตาลทราย,น้ำตาลมะพร้าว) ร้อยละ 35, 35 และ 30 ตามลำดับ

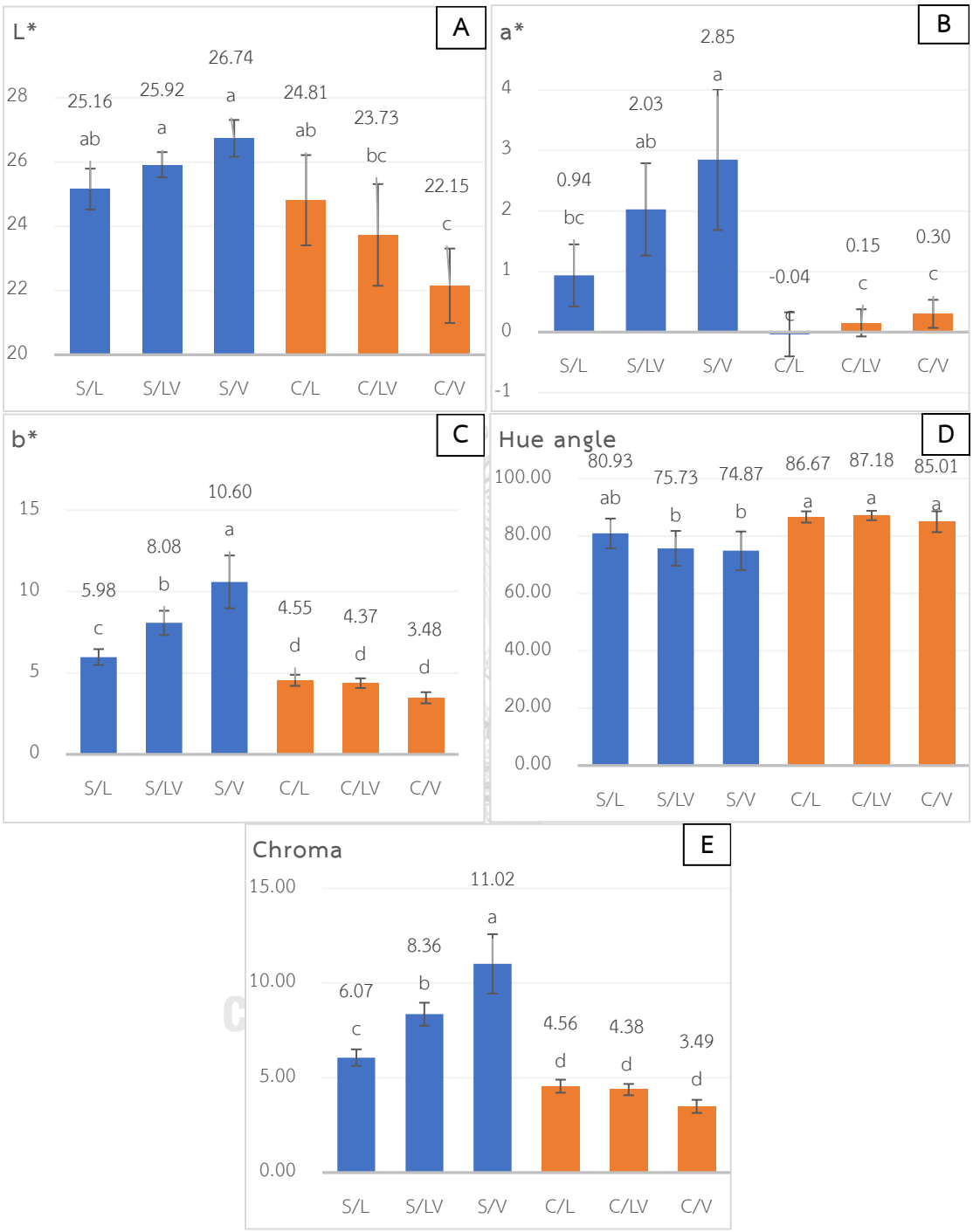
4.2.1. สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำยำ

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำยำ 6 สูตร เมื่อพิจารณาค่าสีแสดงดังภาพที่ 4.1 (ภาคผนวก ช.3-7) พบว่า น้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L, S/LV และ S/V) มีค่า L* (ความสว่าง) ค่า a* (สีแดง) ค่า b* (สีเหลือง) และค่า chroma (ความอิ่มตัวของสี) มากกว่าน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L, C/LV และ C/V) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เนื่องจาก สูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวมีสีเข้มซึ่งเมื่อละลายน้ำแล้วจะให้สีน้ำตาลขุ่น ส่งผลให้ค่าความสว่างมีค่าลง และในส่วนของสูตรที่ใช้น้ำยำสูตรน้ำตาลทราย พบว่า สูตร S/V มีค่า L* ค่า a* และค่า b* มากกว่าสูตร S/LV และสูตร S/L ตามลำดับ เนื่องจากน้ำส้มสายชูเป็นสารละลายใสไม่มีสี ทำให้สีของน้ำปลาที่มีสีโทนน้ำตาลแดงแสดงโทนสีได้มากที่สุด และน้ำมะนาวมีสีเขียวขาวขุ่น เมื่อผสมกับน้ำปลา ทำให้สีโทนน้ำตาลแดงของน้ำปลาแสดงสีได้น้อยกว่า ส่วนในสูตรที่ใส่น้ำตาลมะพร้าว พบว่า สูตร C/L มีค่า L* มากกว่าสูตร C/LV และสูตร C/V ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมะนาวที่มีสีขาวเขียว ทำให้ช่วยดึงค่าความสว่างของน้ำปลาและน้ำตาลมะพร้าวได้ดีกว่าน้ำส้มสายชูที่มีสีใส เมื่อผสมกับน้ำปลาและน้ำตาลมะพร้าวแล้วจึงไม่เพิ่มความสว่างให้กับสารละลาย แต่ค่า a* และค่า b* ของสูตรที่ใส่น้ำตาลมะพร้าว 3 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) และเมื่อพิจารณาค่า hue angle (เฉดสี) พบว่า น้ำยำทั้ง 6 สูตรแสดงโทนสีแดงเหลือง ซึ่งเกิดจากน้ำปลาและน้ำตาลมะพร้าวที่มีโทนสีแดง และน้ำมะนาวที่มีโทนสีเหลือง

จากภาพ 4.2A (ภาคผนวก ช.8) แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยำ 6 สูตร พบว่าชนิดของกรดมีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของน้ำยำอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) สูตรน้ำมะนาว (S/L และ C/L) มีค่า pH ต่ำกว่าสูตรกรดผสม (S/LV และ C/LV) และสูตรน้ำส้มสายชู (S/V และ C/V) ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมะนาวมีค่า pH เท่ากับ 2.32 ซึ่งต่ำกว่าน้ำส้มสายชูที่มีค่า pH เท่ากับ 2.51 (แสดงในภาคผนวก ช.1) และเมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ในน้ำยำ ภาพที่ 4.2B (ภาคผนวก ช.9) พบว่า ชนิดของน้ำตาลและ ชนิดของกรด ต่างมีอิทธิพลต่อค่า TSS อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยน้ำยำสูตร

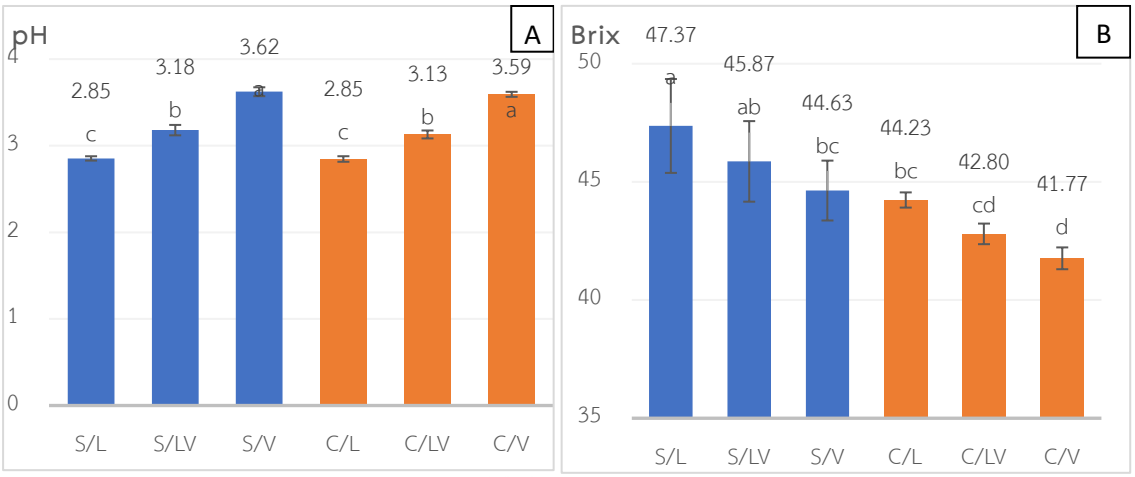
น้ำตาลทราย มีค่า TSS สูงกว่าสูตรน้ำตาลมะพร้าว และน้ำยำที่ใช้น้ำมะนาว (S/L) มีค่า TSS มากกว่าสูตรกรดผสม และสูตรน้ำส้มสายชู ตามลำดับ ทั้งใน 2 ชนิดของน้ำตาลและกรด ซึ่งสอดคล้องกับส่วนผสมในน้ำยำ ได้แก่ น้ำตาลทรายที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 29.93 ซึ่งมากกว่าน้ำตาลมะพร้าวที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 29.53 และน้ำมะนาวที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 9.83 ซึ่งมากกว่าน้ำส้มสายชูที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 2.00 (แสดงในภาคผนวก ช.1)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



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

ภาพ 4.1 ค่า L* (A), a* (B), b* (C), hue angle (D), chroma (E) ของน้ำยำ 6 สูตร



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

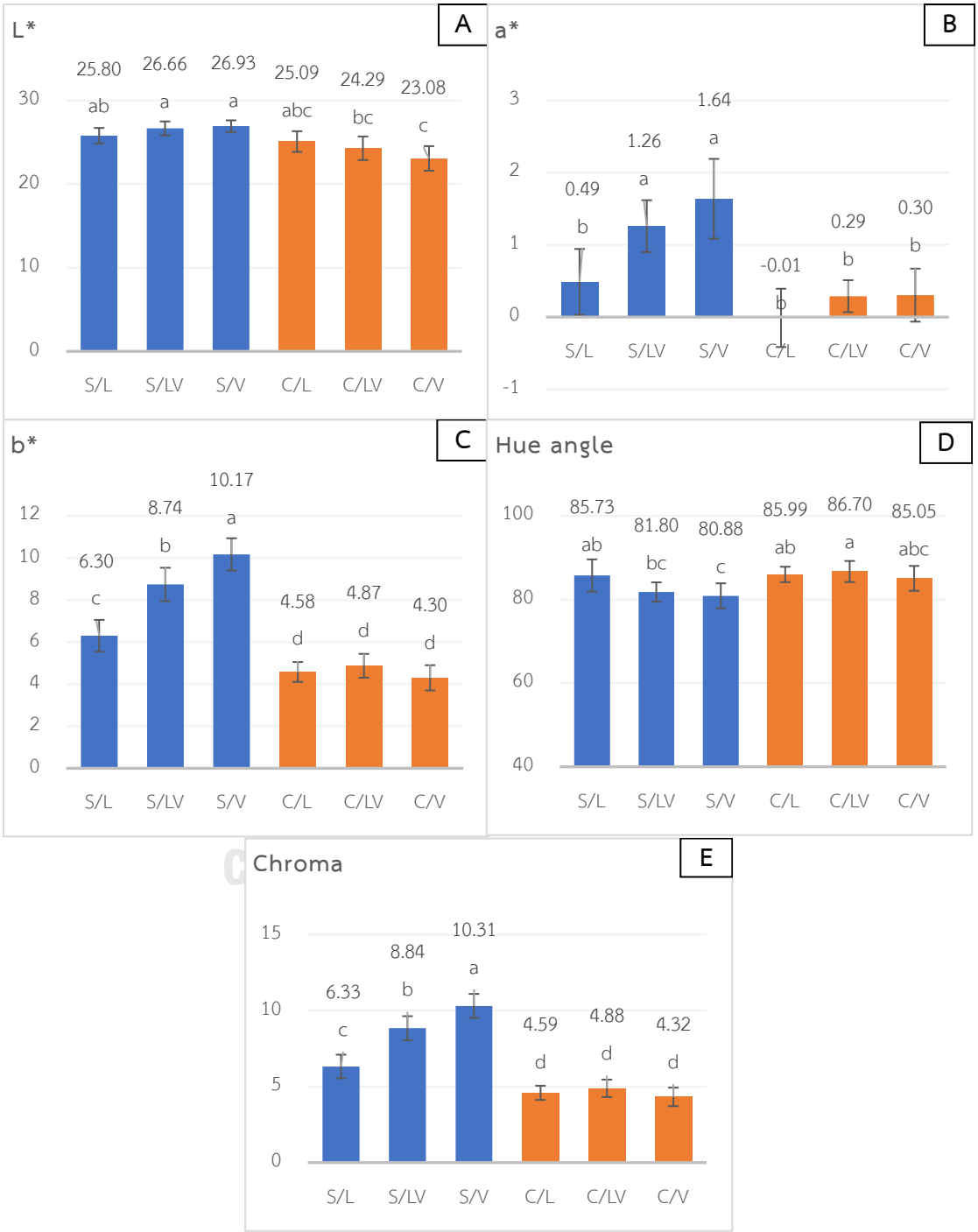
ภาพ 4.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (A), ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (B) ของน้ำยำ 6 สูตร

4.2.2. สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ

ผสมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินกับสารละลายน้ำยำ 6 สูตร (จากข้อ 4.2.1) ในอัตราส่วน 35:65 โดยที่สารละลายก่อฟิล์มเตรียมจากสารละลายมอลโทเดกซ์ทรินความเข้มข้นร้อยละ 30 ผสมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.5 และกลีเซอรอล ร้อยละ 0.75 (จากข้อ 4.1)

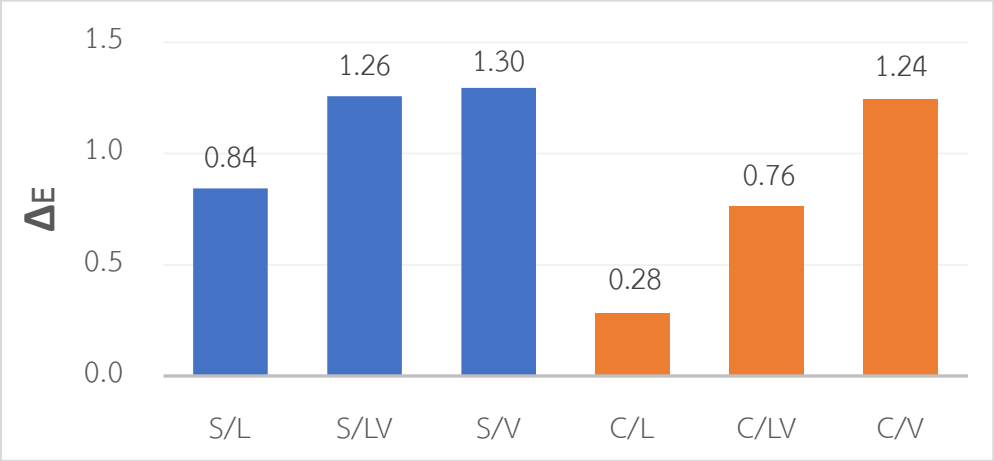
จากการวิเคราะห์ค่าสี แสดงดังภาพที่ 4.3 (ภาคผนวก ช.10-14) พบว่า น้ำยำ 6 สูตร เมื่อผ่านการผสมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทริน (ภาพ 4.1) พบว่า ค่า L* มีค่าเพิ่มมากขึ้น กล่าวคือมีความสว่างเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินเป็นสารละลายสีขาวขุ่น ที่มีค่า L* เท่ากับ 37.17 เมื่อผสมกับน้ำยำที่มีความสว่างน้อยกว่า จึงทำให้ความสว่างของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มเพิ่มมากขึ้น โดยสารละลายขึ้นรูปฟิล์มสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L, S/LV และ S/V) มีค่า L* (ความสว่าง) ค่า a* (สีแดง) และค่า b* (สีเหลือง) มากกว่าสารละลายขึ้นรูปฟิล์มสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L, C/LV และ C/V) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และ พบว่าชนิดกรดมีอิทธิพลต่อค่า a* (สีแดง) และค่า b* (สีเหลือง) เฉพาะในสูตรน้ำตาลทราย ส่วนสารละลายขึ้นรูปฟิล์มสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L, C/LV และ C/V) ทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) และเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) แสดงดังภาพที่ 4.4 โดยเทียบกับค่าสีของน้ำยำที่ยังไม่ผสมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทริน พบว่า ΔE ของสูตรที่

ใช้น้ำส้มสายชู (S/V และ C/V) มีค่ามากกว่าสูตรที่ใช้กรดผสม (S/LV และ C/LV) และสูตรที่ให้น้ำมะนาว (S/L และ C/L) ตามลำดับ



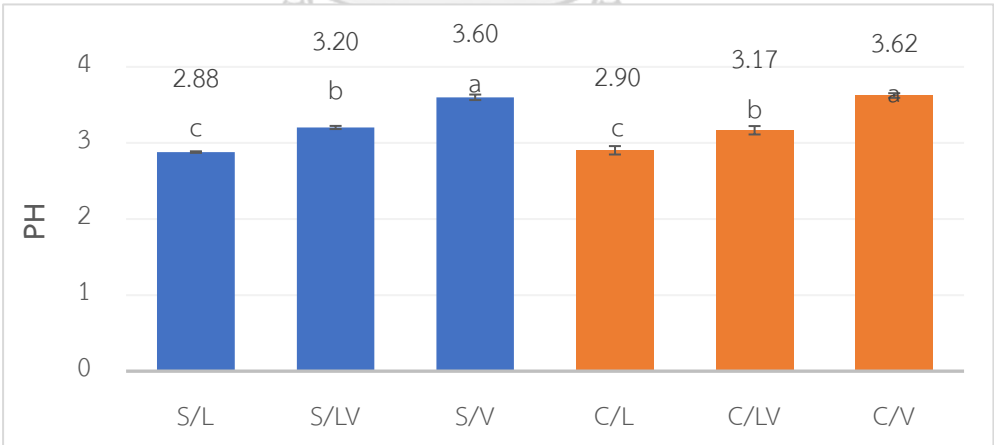
a,b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.3 ค่า L* (A), a* (B), b* (C), hue angle (D), chroma (E) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ 6 สูตร



ภาพ 4.4 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ 6 สูตร

เมื่อพิจารณา ค่า pH ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ 6 สูตร แสดงดังภาพ 4.5 (ภาคผนวก ช.16) พบว่า ค่า pH ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มแต่ละสูตรไม่แตกต่างจาก ค่า pH ของน้ำยำ (ภาพ 4.2 A) และมีผลสอดคล้องกับค่า pH ของน้ำยำสูตรนั้นๆ กล่าวคือ ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มสูตรน้ำส้มสายชู มีค่า pH สูงกว่าของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มสูตรน้ำมะนาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากน้ำส้มสายชูมีค่า pH สูงกว่าน้ำมะนาว

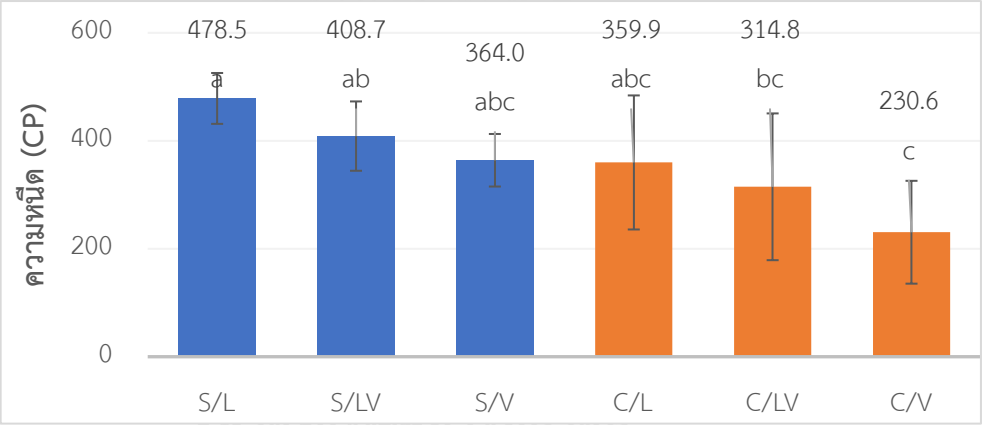


a,b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.5 ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ 6 สูตร

เมื่อพิจารณาค่าความหนืดของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ 6 สูตร แสดงดังภาพ 4.6 (ภาคผนวก ช.15) พบว่า มีอิทธิพลของกรดต่อค่าความหนืด โดยสูตรที่ใช้น้ำมะนาวจะส่งผลให้มีค่าความหนืดสูงกว่าสูตรที่มีน้ำส้มสายชู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คาดว่ามาจากการย่อยสลาย cross-link ของมอลโทเดกซ์ทรินที่เกิดขึ้นจากกรด (Majzoobi et al, 2014; Majzoobi and Beparva, 2014) ทำให้มีความหนืดลดลง

มีอิทธิผลของชนิดของน้ำตาลต่อค่าความหนืด กล่าวคือความหนืดของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L, S/LV และ S/V) สูงกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L, C/LV และ C/V) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คาดว่าเกิดจากองค์ประกอบในน้ำตาลมะพร้าวที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสน้อยกว่าในน้ำตาลทราย อีกทั้งมีน้ำตาลอินเวิร์ตและกัมเป็นองค์ประกอบร่วมด้วย (วรัญญา ศรีสุทัศน์กุล, 2556) ทำให้สารละลายจากน้ำตาลมะพร้าวมีความหนืดน้อยกว่า



ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

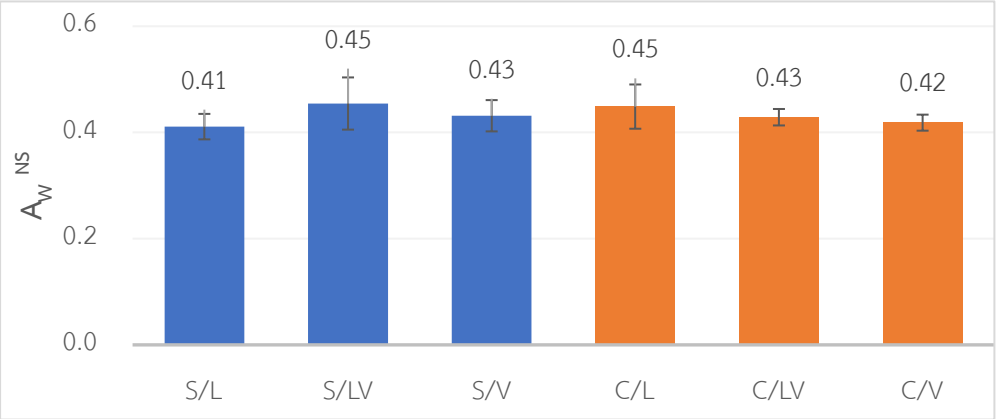
ภาพ 4.6 ค่าความหนืดของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ 6 สูตร

4.2.3. สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

เมื่ออบสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสทั้ง 6 สูตรแล้วเก็บไว้ในภาชนะบรรจุซิลิกาเจล ที่อุณหภูมิ 25±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติต่างๆ โดยค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่าความชื้นแสดงดังภาพ 4.7และ 4.8 (ภาคผนวก ช.17 และ ช.18) พบว่า ค่าปริมาณน้ำอิสระของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) จัดอยู่ในกลุ่มอาหารแห้งที่มีเสถียรภาพต่อการเจริญของจุลินทรีย์ แต่เมื่อพิจารณาค่าความชื้น พบว่า มีอิทธิพลของกรดต่อค่าความชื้น กล่าวคือแผ่นฟิล์มปรุงรส

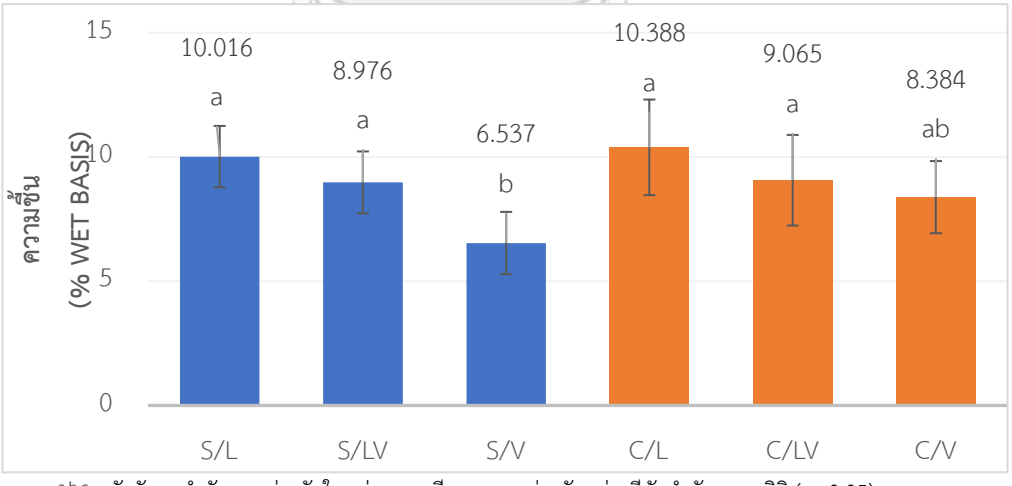
น้ำยำสูตรที่ใส่อัตราส่วนน้ำมะนาวมากกว่าจะทำให้ค่าความชื้นของฟิล์มปรุงรสเพิ่มขึ้นมากกว่าสูตรที่ใส่น้ำส้มสายชูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และพบว่ามีอิทธิพลของชนิดน้ำตาลต่อค่าความชื้น แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L, C/LV และ C/V) มีค่าความชื้นมากกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L, S/LV และ S/V) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ทั้งนี้ความหนาของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความหนาเฉลี่ย เท่ากับ 0.76 มิลลิเมตร แสดงดังภาพ 4.9 (ภาคผนวก ช.24)



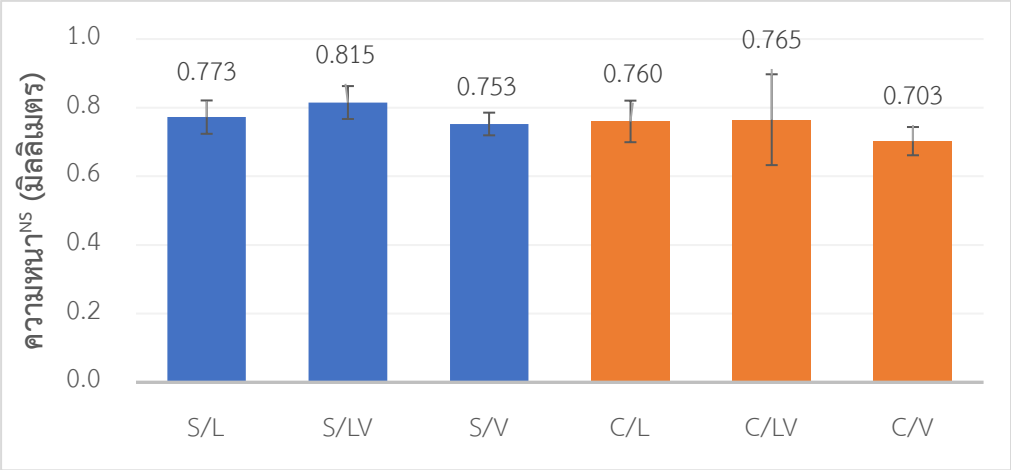
NS หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

ภาพ 4.7 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร



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

ภาพ 4.8 ค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

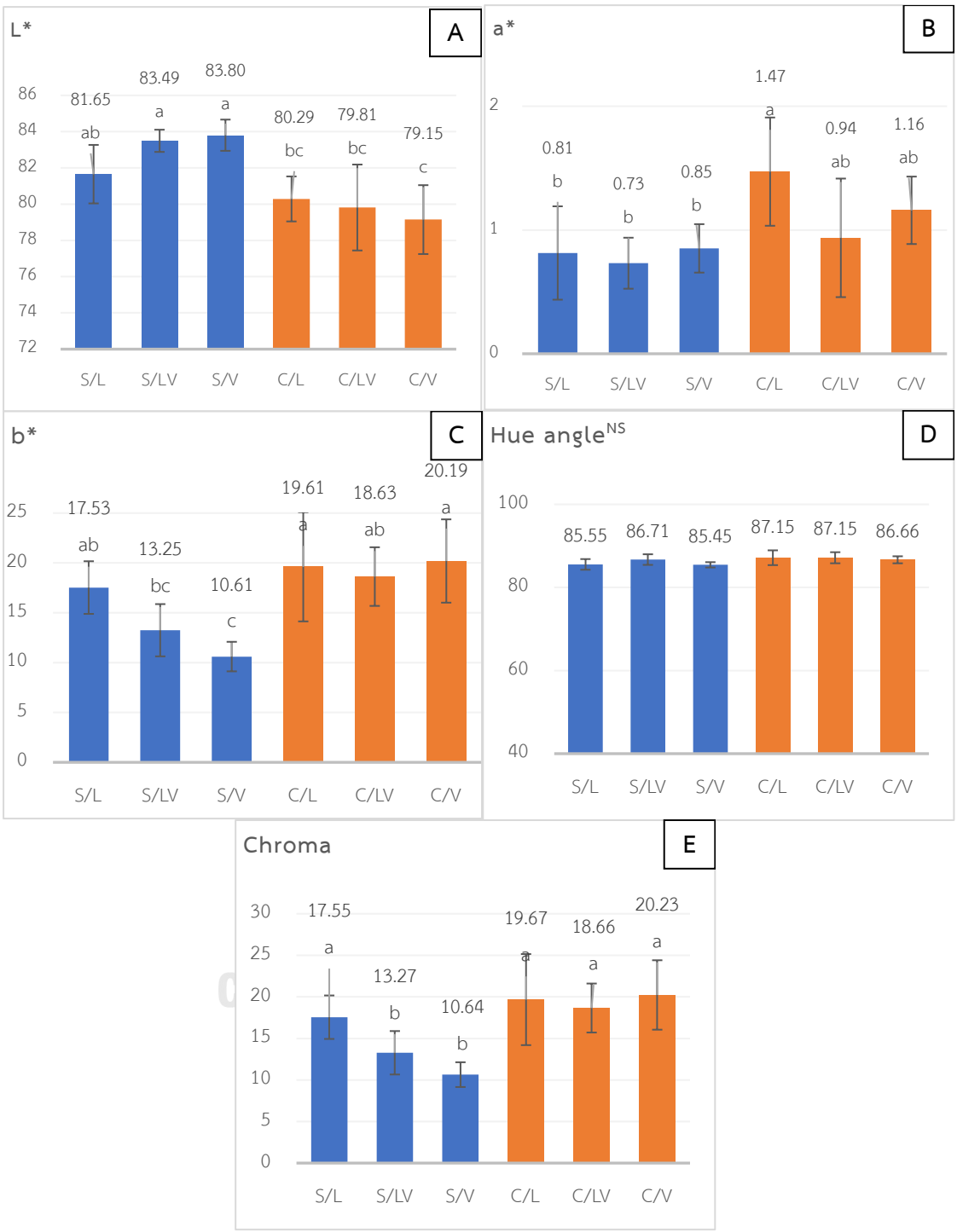


NS หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ภาพ 4.9 ค่าความหนาของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

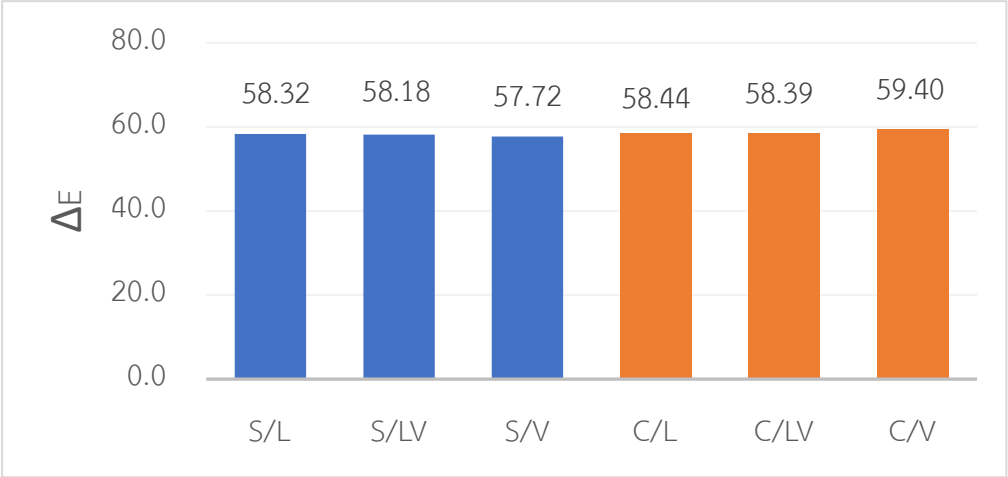
เมื่อเปรียบเทียบค่าสีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่ผ่านการอบแห้งแล้ว (ฟิล์มมีความหนาเฉลี่ย 0.76 มิลลิเมตร) แสดงภาพ 4.10 (ภาคผนวก ช.19-ช.23) กับค่าสีของสารละลายก่อฟิล์มก่อนอบ (ภาพ 4.3) พบว่าค่า L* (ความสว่าง), a* (สีแดง), b* (สีเหลือง) และ chroma (ความอิ่มตัวของสี) เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ระหว่างการขึ้นรูปแผ่นต้องอบให้ความร้อน โดยค่า a* (สีแดง), b* (สีเหลือง) ของฟิล์มสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L, C/LV และ C/V) ค่าเพิ่มขึ้นมากกว่า สูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L, S/LV และ S/V) เมื่อพิจารณาค่า ΔE (ภาพ 4.11) เมื่อเทียบกับสารละลายขึ้นรูปฟิล์มก่อนอบ แสดงว่าเมื่ออบเป็นแผ่นสีของฟิล์มจะเข้มขึ้นทุกสูตร

เมื่อพิจารณาค่าสีของโดยค่าสีของแผ่นฟิล์มภาพ 4.10 พบว่า สูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L, C/LV และ C/V) มีค่า a* (สีแดง) และ b* (สีเหลือง) มากกว่า แต่มีค่า L* น้อยกว่า สูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L, S/LV และ S/V) เนื่องจากน้ำตาลมะพร้าวมีองค์ประกอบหลายชนิด (วรัญญา ศรีสุทัศน์กุล, 2556) ที่ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแตกต่างจากการน้ำตาลซูโครส



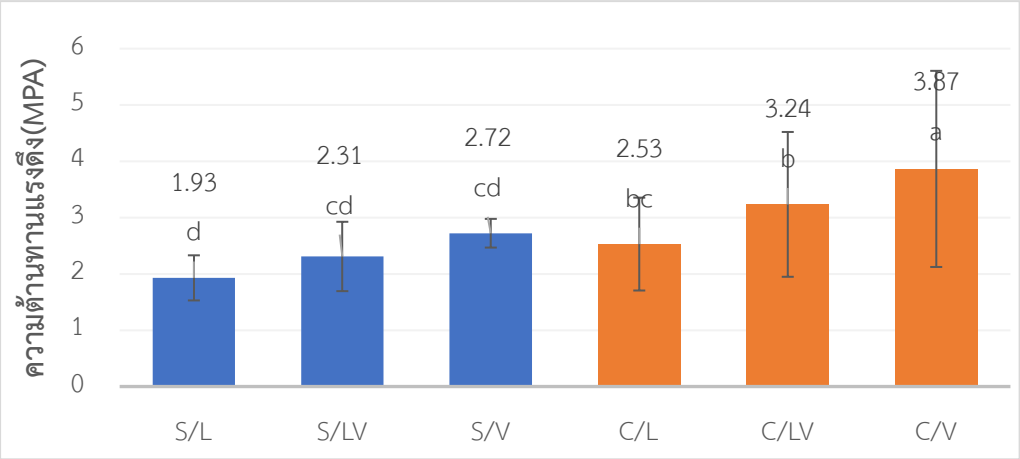
a,b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.10 ค่า L* (A), a* (B), b* (C), hue angle (D), chroma (E) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร



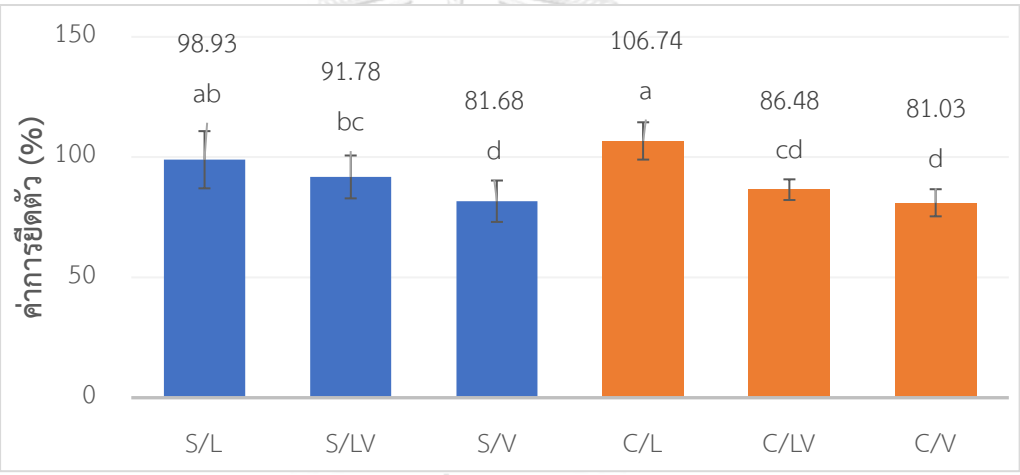
ภาพ 4.11 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

เมื่อพิจารณาสมบัติเชิงกล ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร แสดงดังภาพ 4.12 และ 4.13 (ภาคผนวก ช.25 และ ช.26) พบว่ามีอิทธิพลของชนิดน้ำตาล ต่อค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) โดยแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L, C/LV และ C/V) มีค่าความต้านทานแรงดึงมากกว่าแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L, S/LV และ S/V) เนื่องจากน้ำตาลซูโครสมีโมเลกุลขนาดเล็ก มีสมบัติเป็นพลาสติไซเซอร์ (plasticizer) (Koch, 2013) และงานวิจัยของ Veiga-Santos P. et. al (2007) พบว่า การเพิ่มปริมาณซูโครสสามารถเพิ่มค่าการยืดตัวในฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากซูโครสจะช่วยลดแรงระหว่างโมเลกุลและเพิ่มความคล่องตัวของสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้เพิ่มค่าการยืดตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งในผลการทดลองนี้ค่าร้อยละการยืดตัวของสูตรที่ใช้น้ำตาลทรายและสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เนื่องจากน้ำตาลทรายที่ใช้งานวิจัยนี้คือซูโครส และองค์ประกอบหลักของน้ำตาลมะพร้าวคือซูโครสร้อยละ 70-90 (วรัญญา ศรีสุทัศน์กุล, 2556) อาจเป็นผลทำให้ค่าร้อยละการยืดตัวของ 2 สูตรใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่า มีอิทธิพลของชนิดกรดต่อค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) และค่าร้อยละการยืดตัว (percent elongation) แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้อัตราส่วนน้ำมะนาวมากมีค่าความต้านทานแรงดึงน้อยกว่า แต่มีค่าร้อยละการยืดตัวมากกว่าแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้อัตราส่วนน้ำส้มสายชูมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Remuñán-lópez and Bodmeier (1996) ได้ศึกษาฟิล์มฐานพอลิแซ็กคาไรด์ พบว่ากรดซิตริกทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่นได้ดีกว่ากรดแอซีติกในฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์ โดยจะปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์ม กล่าวคือจะช่วยลดค่าความต้านทานแรงดึง และเพิ่มร้อยละการยืดตัว



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

ภาพ 4.12 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

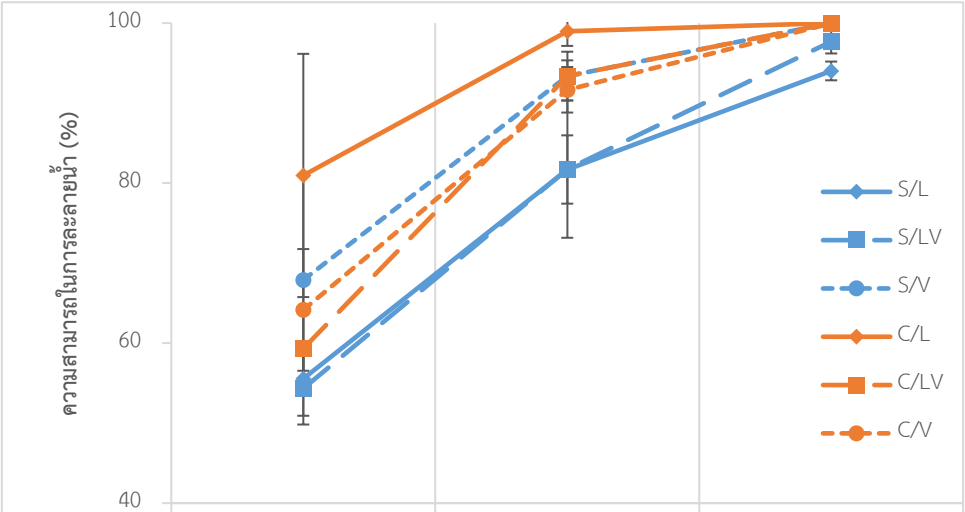


a,b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.13 ร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

ค่าความสามารถในการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร โดยละลายฟิล์ม 5 กรัม ในน้ำปริมาตร 50 มิลลิลิตร สุ่มตัวอย่างที่เวลา 1, 2 และ 3 นาที ผลแสดงดังภาพ 4.14 (ภาคผนวก ช.27-ช.29) เมื่อพิจารณาความสามารถในการละลายน้ำ พบว่าแผ่นฟิล์มทุกสูตรละลายน้ำได้มากขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้น และทุกสูตรละลายได้มากกว่า 94% ในเวลา 3 นาที โดยฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรน้ำตาลมะพร้าวละลายได้มากกว่าแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรน้ำตาลทรายตั้งแต่เวลา 1 นาทีแรก และเมื่อเปรียบเทียบสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว พบว่าสูตรที่ใช้มะนาว (C/L) มีค่าความสามารถในการละลายน้ำดีที่สุด คือละลายได้ร้อยละ 80.95 (1 นาที) ร้อยละ 98.97 (2 นาที) และร้อยละ 100.00 (3 นาที) แต่เมื่อเปรียบเทียบสูตรที่ใช้

น้ำตาลทราย พบว่า สูตรที่ใช้น้ำส้มสายชู (S/V) มีค่าความสามารถในการละลายน้ำดีที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 67.90 (1 นาที) ร้อยละ 93.38 (2 นาที) และ ร้อยละ 100.00 (3 นาที)



	1 นาที	2 นาที	3 นาที
S/L	55.55 b	81.70 c	94.02 c
S/LV	54.33 b	81.74 c	97.68 b
S/V	67.90 ab	93.38 ab	100.00 a
C/L	80.95 a	98.97 a	100.00 a
C/LV	59.32 b	93.38 ab	100.00 a
C/V	64.15 b	91.66 b	99.96 a

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

ภาพ 4.14 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1,2 และ 3 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

จากการพัฒนาสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มปรุงรสน้ำยำ โดยศึกษาอิทธิพลของสูตรน้ำยำต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์ม สามารถสรุปได้ว่า ฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้อัตราส่วนน้ำมะนาว 1:0 มีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำกว่า และมีค่าร้อยละการยืดตัวสูงกว่าสูตรที่ใช้น้ำส้มสายชู เนื่องจากกรด ซิตริกทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่นได้ดีกว่ากรดแอซีติก โดยจะปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์ม และฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลทรายมีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว เนื่องจากน้ำตาลทรายที่เป็นซูโครสมีสมบัติเป็นพลาสติไซเซอร์มากกว่าน้ำตาลมะพร้าว ที่มีองค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่ พลาสติไซเซอร์ เช่น เพคติน กัม และแร่ธาตุอื่นๆ (วรัญญา ศรีสุทัศน์กุล, 2556) ฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

สูตรน้ำตาลทรายผสมน้ำมะนาว (S/L) ที่มีสมบัติเชิงกลที่ดีเหมาะแก่การขึ้นรูป ส่วนความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรน้ำตาลมะพร้าวผสมน้ำมะนาว (C/L) มีค่าความสามารถในการละลายน้ำดีที่สุด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงลักษณะกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ประกอบจึงพิจารณาเลือกสูตร 2 สูตร ได้แก่สูตรที่ใช้น้ำมะนาวกับน้ำตาลทั้ง 2 ชนิด (S/L และ C/L) (ส่วนผสมแสดงดังภาคผนวกตาราง ช.66) เพื่อนำไปศึกษาต่อในขั้นตอนพัฒนาการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

4.3. การพัฒนาขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

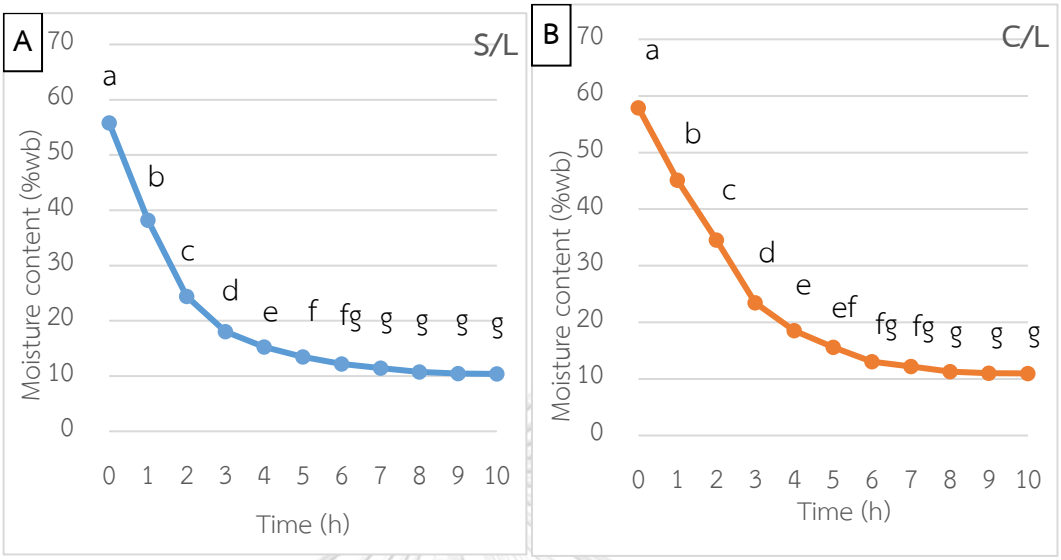
4.3.1. การเปลี่ยนแปลงความชื้นของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำระหว่างการอบแห้ง

เมื่อเลือกสูตรน้ำยำจากข้อ 4.2 มา 2 สูตร ได้แก่ สูตรน้ำตาลมะพร้าวผสมน้ำมะนาว (C/L) และสูตรน้ำตาลทรายผสมน้ำมะนาว (S/L) ทำการอบแห้งสารละลายขึ้นรูปฟิล์มผสมน้ำยำสูตรดังกล่าว ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ในถาดขนาด 20x20 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้ง โดยโรยส่วนผสมแห้งที่ไม่ละลายน้ำ (พริกขี้หนูป่นปริมาณ ร้อยละ 0.25 ของน้ำหนัก) บนแผ่นฟิล์มระหว่างอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับแผ่นที่ไม่โรยพริกขี้หนูป่น

เมื่อพิจารณาอัตราการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพ 4.15 และ 4.16 พบว่า สารละลายขึ้นรูปฟิล์มแบบไม่โรยพริกขี้หนูป่นมีความชื้นเริ่มต้นอยู่ในช่วง 55.82±0.60 ถึง 57.88±0.38 เมื่อเวลาในการอบเพิ่มขึ้นส่งผลให้สารละลายขึ้นรูปมีความชื้นที่ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการทำแห้ง จากนั้นความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆ ในช่วงท้ายของการอบแห้ง โดยสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวใช้เวลาทำให้ความชื้นคงที่ในช่วงท้ายของการอบแห้งนานกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย

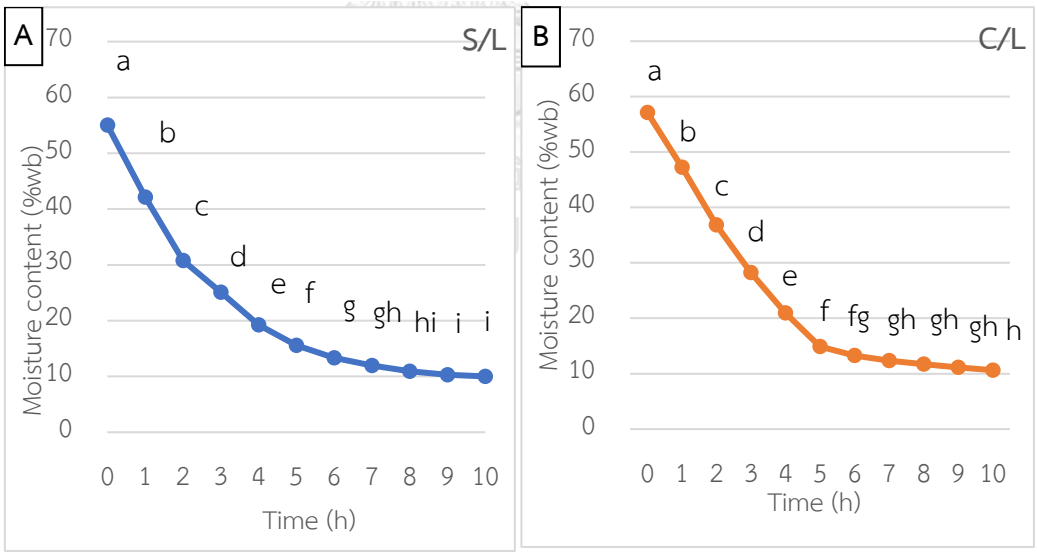
สำหรับฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่ไม่โรยพริกขี้หนูป่นสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) สามารถกำหนดเวลาในการอบแห้ง เท่ากับ 7 ชั่วโมง มีความชื้น 11.42±0.51 (โดยฐานเปียก) และสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) สามารถกำหนดเวลาในการอบแห้ง เท่ากับ 8 ชั่วโมง มีความชื้น 11.27±1.76 (โดยฐานเปียก) เมื่อโรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำบนแผ่นฟิล์มระหว่างการอบที่ 1 ชั่วโมงพบว่า เวลาในการอบแห้งของสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) เท่ากับ 9 ชั่วโมง มีความชื้น 10.29±0.1 (โดยฐานเปียก) และสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) กำหนดเวลาในการอบแห้ง เท่ากับ 10 ชั่วโมง มีความชื้น 10.63±0.88 โดยความชื้นในเวลาการอบแห้งดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับความชื้นสุดท้ายที่วัดได้จากแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ (ภาพ 4.17) ซึ่งเวลาในการอบแห้งของแผ่นฟิล์มที่โรยพริกขี้หนูป่นมีเวลามากกว่าสูตรที่ไม่

โรยพริกขี้หนูป่น เนื่องจากส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ ดูดซับน้ำได้ดี ทำให้เป็นอุปสรรคในการทำแห้ง ชะลอการระเหยของน้ำออกจากฟิล์ม



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

ภาพ 4. 15 อัตราการทำแห้งของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) (A) และสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) (B) ที่แบบไม่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ



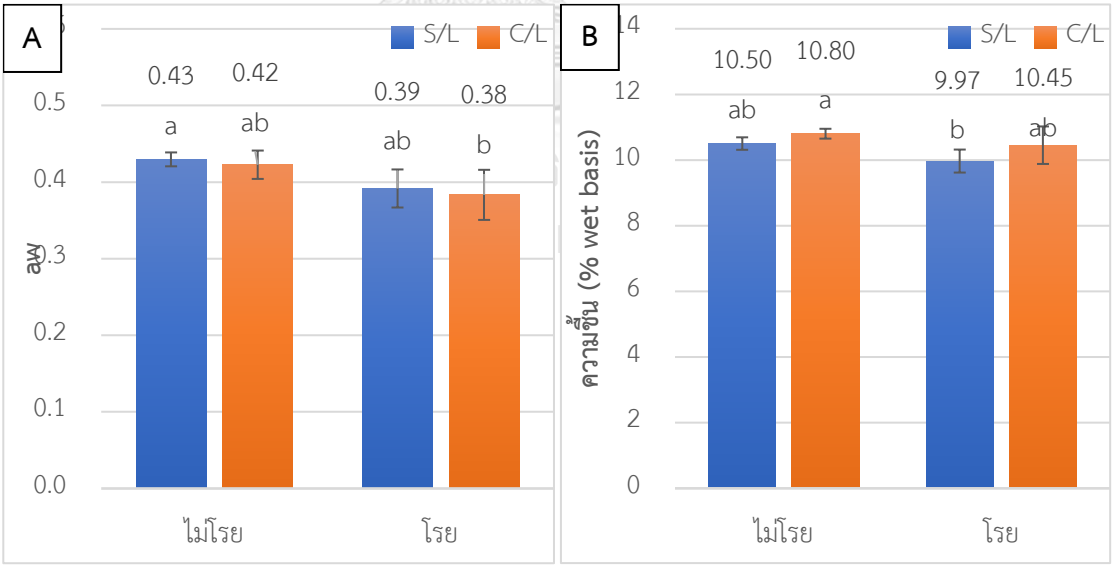
a,b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.16 อัตราการทำแห้งของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) (A) และสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) (B) ที่แบบโรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ

4.3.2. สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

เมื่อพิจารณาค่าปริมาณน้ำอิสระ และความชื้นของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 2 สูตร ได้แก่ สูตรน้ำตาลมะพร้าวผสมน้ำมะนาว (C/L) และสูตรน้ำตาลทรายผสมน้ำมะนาว (S/L) แบบไม่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ เทียบกับสูตรที่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ แสดงดังภาพ 4.17 และ 4.18 (ภาคผนวก ช.30-ช.31) พบว่า ค่าปริมาณน้ำอิสระของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ไม่โรยพริกขี้หนูป่นมีค่ามากกว่าสูตรที่โรยพริกขี้หนูป่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความชื้นของสูตรที่โรยพริกขี้หนูและไม่โรยพริกขี้หนู เนื่องจากส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (พริกขี้หนูป่น) เป็นของแข็งแห้งที่มีความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำ อยู่ที่ 7.23±0.01 และ 0.316±0.003 ตามลำดับ (Chaethong et al, 2012) ซึ่งกระจายอยู่ทั่วบริเวณของแผ่นฟิล์ม เป็นผลทำให้สูตรที่โรยพริกขี้หนูป่นมีค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่าสูตรที่ไม่โรยพริกขี้หนูป่น

ค่าปริมาณน้ำอิสระของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำแบบไม่โรยพริกขี้หนูและโรยพริกขี้หนูมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.38±0.03 ถึง 0.43±0.09 จัดอยู่ในกลุ่มอาหารแห้งที่มีเสถียรภาพต่อการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องจากค่าปริมาณน้ำอิสระที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์ราอยู่ระหว่าง 0.8-0.87 (Veiga-Santos et al, 2005) และค่าปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำกว่า 0.6 จะไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์ (Fernandez, 2011)



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

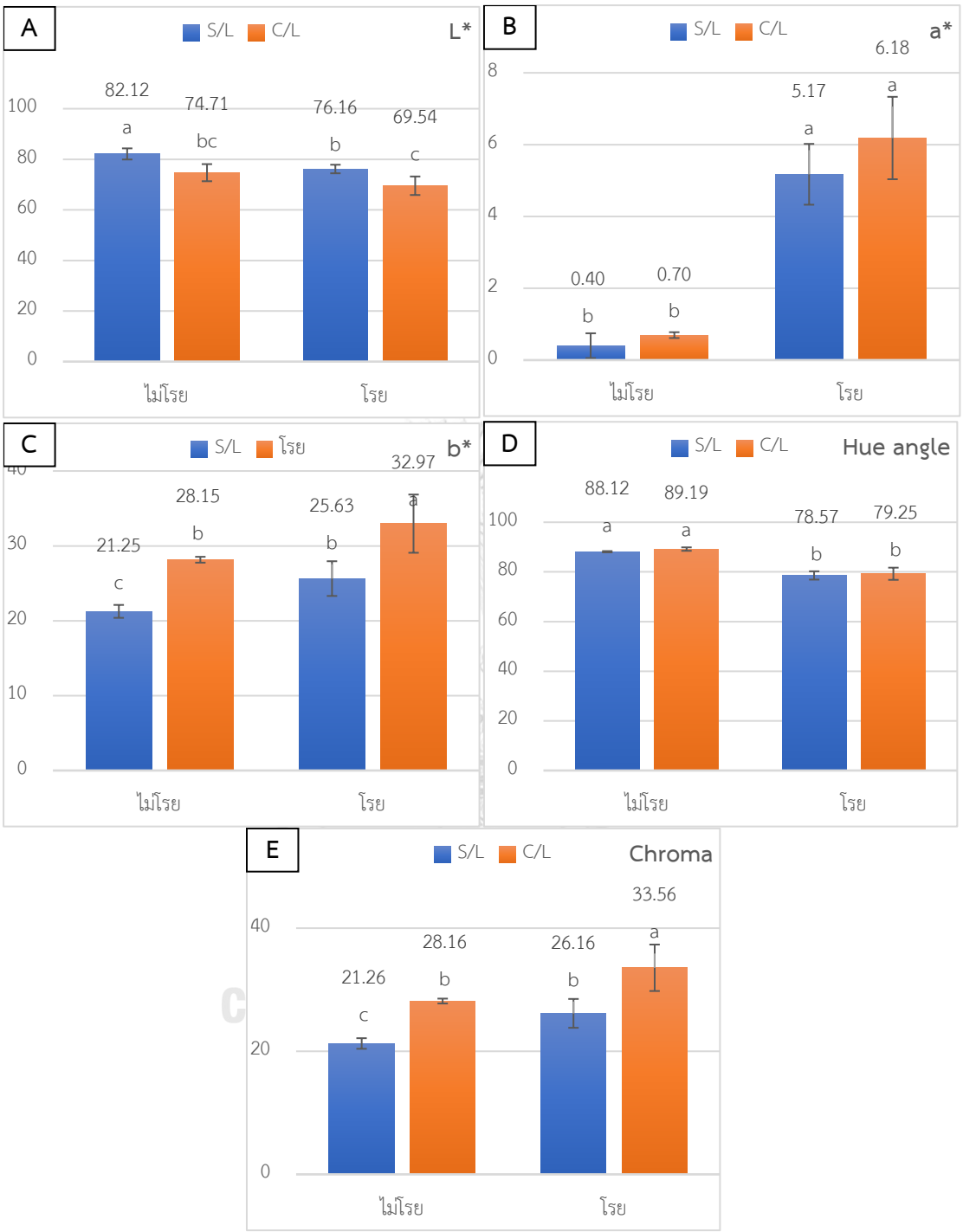
ภาพ 4.17 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (A) และค่าความชื้น (B) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

เมื่อพิจารณาค่าสีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น แสดงดังภาพ 4.18 (ภาคผนวก ช.32-ช.36) พบว่า แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำแบบโรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำมีค่า L* (ความสว่าง) ลดลง แต่ค่า a* (สีแดง) และ b* (สีเหลือง) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำแบบไม่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ สอดคล้องกับค่าเฉดสี (hue angle) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร พบว่าแบบโรยพริกขี้หนูป่นจะแสดงโทนสีแดงมากกว่าสูตรที่ไม่โรยพริกขี้หนูป่น เนื่องจากสีของพริกขี้หนูป่นที่แสดงโทนสีแดงส่งผลต่อค่าสีของแผ่นฟิล์มอย่างเห็นได้ชัด

เมื่อเปรียบเทียบค่าสีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร แสดงดังภาพที่ 4.10 กับค่าของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แสดงดังภาพ 4.18 พบว่ามีอิทธิพลของชนิดของน้ำตาลในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ค่า L* ของสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) มีค่าต่ำกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) แต่ค่า a* และ b* ของสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) มีค่าสูงกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าสีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตรแบบโรยพริกขี้หนูป่น ที่ค่า a* และ b* ของสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) มีค่าสูงกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) แต่ค่า L* ของสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) มีค่าต่ำกว่า เนื่องจากน้ำตาลมะพร้าวจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลขึ้นมากกว่าน้ำตาลทราย

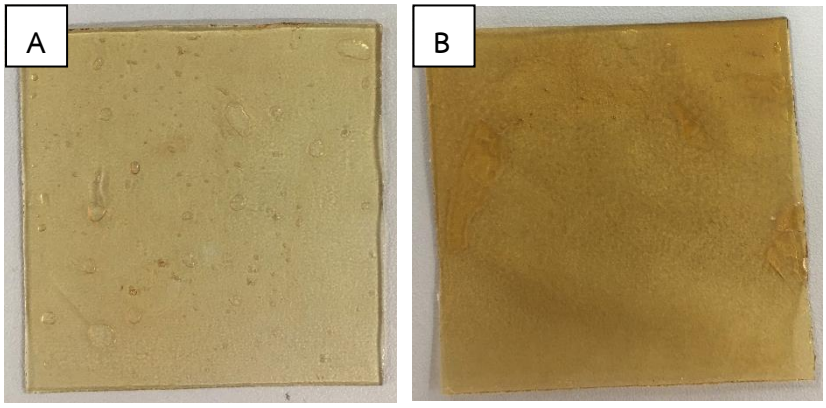
ทั้งนี้ไม่มีผลมาจากความหนา โดยความหนาของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 2 สูตรทั้งแบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) แสดงดังภาพ 4.21 (ภาคผนวก ช.37) พบว่า เนื่องจากการโรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำในปริมาณที่น้อยมากเพียงร้อยละ 0.25 โดยน้ำหนัก ไม่ส่งผลต่อค่าความหนาของแผ่นฟิล์ม โดยโรยพริกขี้หนูป่นผ่านกระชอนถี่ เพื่อให้อนุภาคของพริกขี้หนูป่นมีขนาดเล็กและกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วบริเวณของแผ่นฟิล์ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

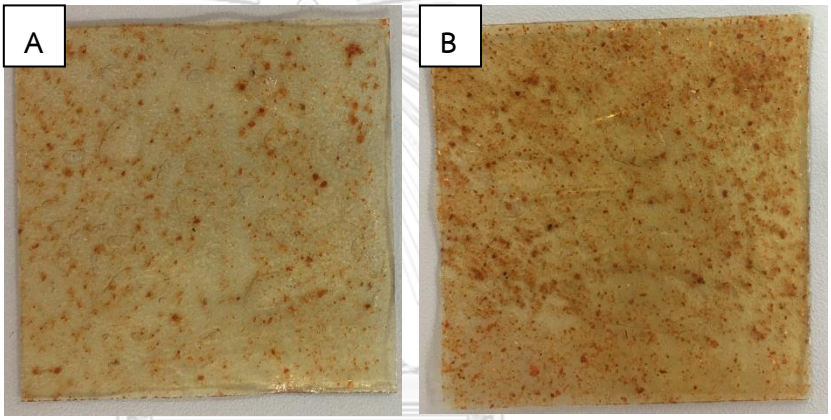


a,b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.18 ค่า L* (A), a* (B), b* (C), hue angle (D), chroma (E) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

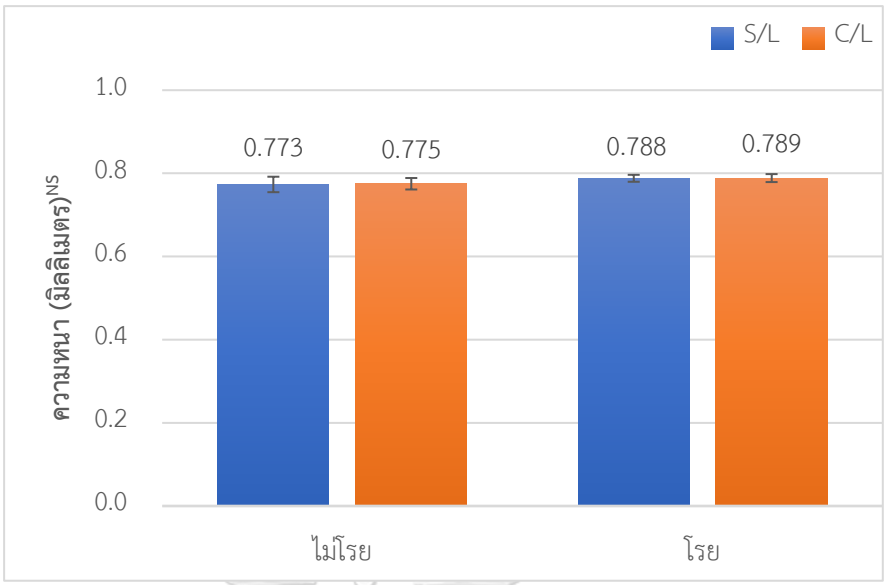


ภาพ 4.19 แผ่นปรุงรสน้ำยำ สูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) (A), สูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) (B) แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น



ภาพ 4. 20 แผ่นปรุงรสน้ำยำ สูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) (A), สูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) (B) แบบโรยพริกขี้หนูป่น

Chulalongkorn University



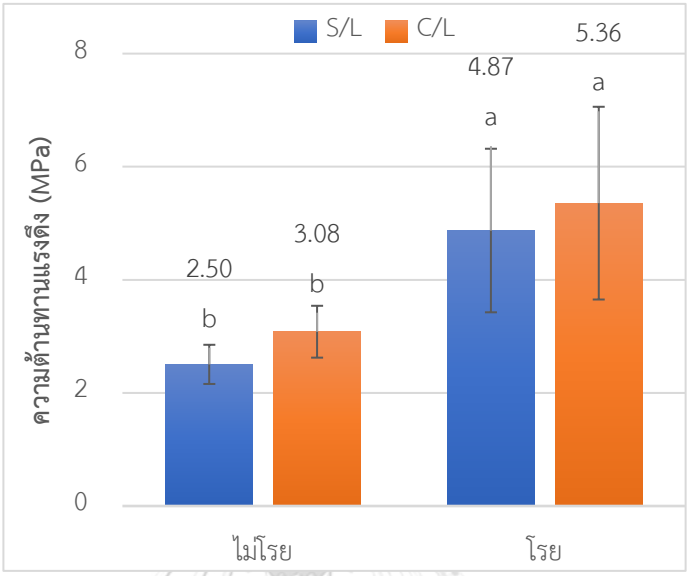
a,b,c,... ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.21 ค่าความหนาของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่นและแบบโรยพริกขี้หนูป่น

เมื่อพิจารณาค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) และร้อยละการยืดตัว (percent elongation) แสดงดังภาพ 4.22-4.23 (ภาคผนวก ช.38-ช.39) พบว่า การโรยผงพริกบ่นบนแผ่นฟิล์มปรุงรส มีผลให้สมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำทั้ง 2 สูตร เปลี่ยนไป โดยมีค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) สูงขึ้น และ ค่าร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำที่กระจายอยู่บนผิวของแผ่นฟิล์ม ทำให้ช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างของฟิล์ม โดยส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงสูงขึ้น แต่ค่าร้อยละการยืดตัวลดลง (นุชนาฏ กิจวรเมธา และ คณะ, 2561) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่าง 2 สูตร พบว่า แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) มีค่าความต้านทานแรงดึงมากกว่าแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) ซึ่งสอดคล้องกับภาพที่ 4.12 เนื่องจากน้ำตาลทรายมีโมเลกุลขนาดเล็ก มีสมบัติเป็นพลาสติไซเซอร์ (plasticizer) (Koch, 2013) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของพลาสติไซเซอร์ส่งผลให้ค่าความต้านแทนแรงดึงลดลง

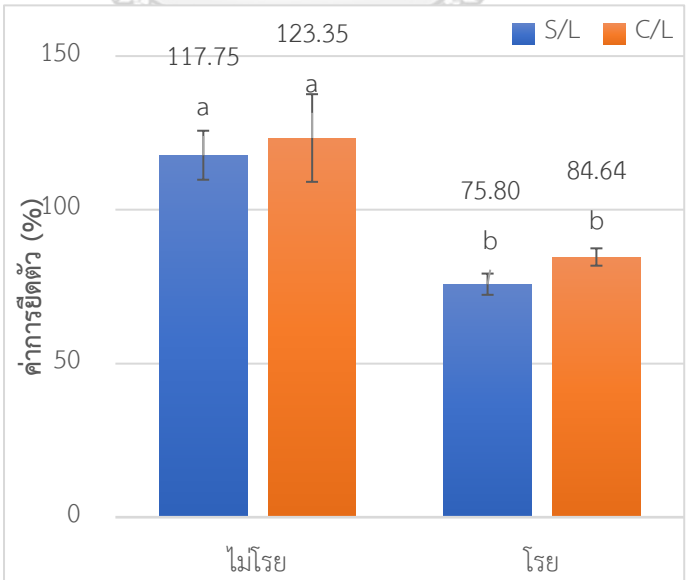
งานวิจัยของ Veiga-Santos et. al (2007) พบว่า การเพิ่มปริมาณซูโครสสามารถเพิ่มค่าการยืดตัวในฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากซูโครสจะช่วยลดแรงระหว่างโมเลกุลและเพิ่มความคล่องตัวของสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้เพิ่มค่าการยืดตัวเพิ่มขึ้น โดยน้ำตาลทรายที่ใช้งานวิจัยนี้คือซูโครส และองค์ประกอบหลักของน้ำตาลมะพร้าว คือซูโครสร้อยละ 70-90 (วรัญญา ศรีสุทัศน์กุล, 2556) ทำให้ผลการทดลองนี้ค่าร้อยละการยืดตัวของสูตรที่ใช้น้ำตาล

ทรายและสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ทั้งแบบที่โรยพริกขี้หนูป่นและไม่โรยพริกขี้หนูป่น สอดคล้องกับภาพที่ 4.13 ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร



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

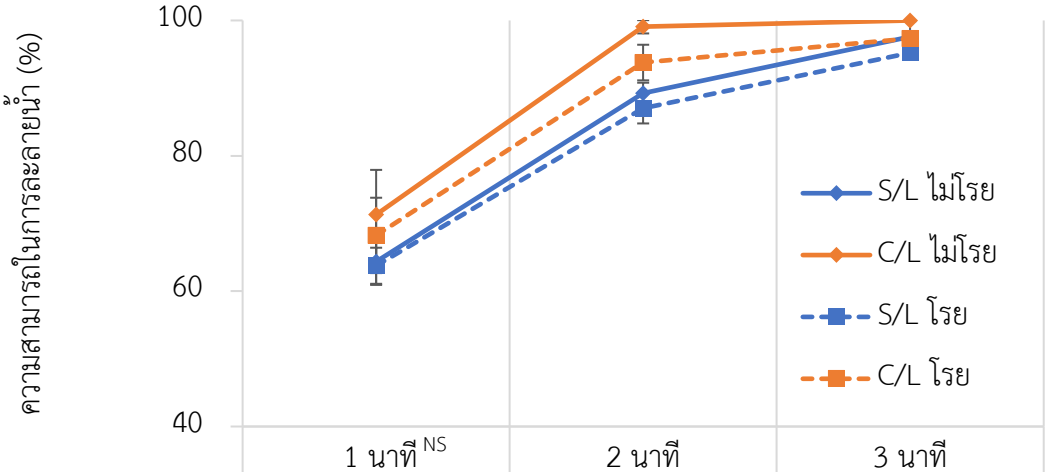
ภาพ 4.22 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น



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

ภาพ 4.23 ค่าร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น โดยละลายฟิล์ม 5 กรัม ในน้ำปริมาตร 50 มิลลิลิตร แสดงดังภาพ 4.24 (ภาคผนวก ช.40-ช.42) พบว่า ค่าความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์มปรุงรสน้ำยำแบบโรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับฟิล์มปรุงรสน้ำยำแบบไม่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ เนื่องจากพริกขี้หนูป่นไม่ละลายในน้ำส่งผลให้ค่าความสามารถในการละลายน้ำลดลงโดยฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรน้ำตาลมะพร้าวละลายได้มากกว่าฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรน้ำตาลทรายตั้งแต่เวลา 1 นาทีแรก ทั้งแบบโรยพริกขี้หนูป่นและไม่โรยพริกขี้หนูป่น



	1 นาที NS	2 นาที	3 นาที
S/L ไม่โรย	64.37	89.27 c	97.60 b
C/L ไม่โรย	71.31	99.07 a	100.00 a
S/L โรย	63.75	87.04 c	95.22 c
C/L โรย	68.24	93.78 b	97.33 bc

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

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

ภาพ 4.24 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1 นาที, 2 นาที, 3 นาที ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

เมื่อโรยพริกขี้หนูป่นลงบนแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำทั้ง 2 สูตร พบว่า จะมีเวลาในการอบแห้งมากกว่าแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำแบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น โดยไม่ทำให้ความหนาของแผ่นฟิล์มเปลี่ยนไป แต่มีผลช่วยให้สมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มเปลี่ยนแปลงไป โดยค่าแรงต้านแรงดึงเพิ่มมากขึ้น แต่ร้อยละการยืดตัวลดลง เมื่อเทียบกับไม่โรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ

4.3.3. การยอมรับทางประสาทสัมผัสของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

เมื่อทดสอบการยอมรับของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร ได้แก่ สูตรน้ำตาลมะพร้าวผสมน้ำมะนาว (C/L) และสูตรน้ำตาลทรายผสมน้ำมะนาว (S/L) ที่โรยพริกป่นระหว่างอบแห้ง การทดสอบใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ประเมินความชอบต่อลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำก่อนละลาย ความชอบต่อการละลาย และความชอบต่อลักษณะของน้ำยำที่ละลายได้ (แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก จ)

ในด้านลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ ได้แก่ สี และการกระจายตัวของพริกป่น และความชอบด้านเนื้อสัมผัสของแผ่นฟิล์มขณะฉีก แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าค่าเฉลี่ยความชอบ จาก 9-point Hedonic scale ในด้าน สี และการกระจายตัวของพริกป่น ของสูตรน้ำตาลทรายผสมน้ำมะนาว (S/L) และของสูตรน้ำตาลมะพร้าวผสมน้ำมะนาว (C/L) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งจัดอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก เนื่องจากสีและลักษณะปรากฏของทั้ง 2 สูตร มีความใกล้เคียงกัน ส่วนค่าเฉลี่ยความชอบด้านเนื้อสัมผัสของแผ่น (ขณะฉีก) ของทั้ง 2 สูตรมีค่าไม่แตกต่างกันโดยจัดอยู่ในระดับบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ เนื่องจากแผ่นฟิล์มปรุงรสต้องใช้แรงในขณะฉีก และมีความเหนียวติดมือเล็กน้อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

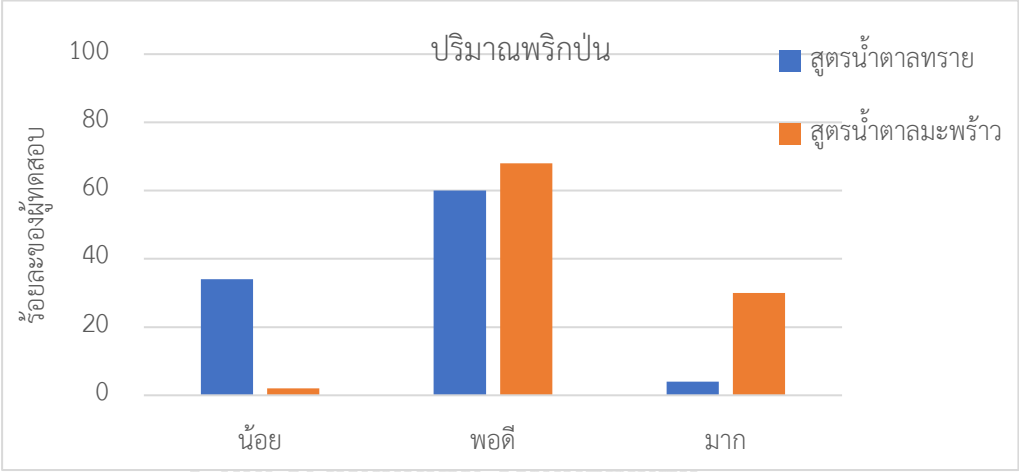
ส่วนคะแนนจาก JAR scale เพื่อประเมินความพอดีเกี่ยวกับการกระจายตัวของปริมาณพริกป่น แสดงดังภาพ 4.25 พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่เลือกว่า มีการกระจายตัวของปริมาณพริกป่นพอดี คิดเป็นร้อยละ 60 สำหรับแผ่นฟิล์มสูตร S/L และร้อยละ 68 สำหรับแผ่นฟิล์มสูตร C/L ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสีที่แตกต่างกันของเนื้อแผ่นฟิล์ม (สูตร C/L มีสีน้ำตาลกว่า) ทำให้เมื่อโรยพริกป่นไปแล้ว ผู้ทดสอบร้อยละ 30 ประเมินว่า กระจายตัวของปริมาณพริกป่นมากเกินไปสำหรับสูตร C/L แต่ผู้ทดสอบร้อยละ 34 ประเมินว่า กระจายตัวของปริมาณพริกป่นน้อยเกินไปสำหรับสูตร S/L

ตารางที่ 4.2 คะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

	สูตรน้ำตาลทราย (S/L)	สูตรน้ำตาลมะพร้าว (C/L)
ความชอบด้านสี[NS]	7.7 ± 0.79	7.7 ± 0.95
ความชอบด้านการกระจายตัวของพริกป่น[NS]	7.5 ± 1.03	7.3 ± 1.09
ความชอบด้านเนื้อสัมผัสของแผ่น (ขณะฉีก)[NS]	5.3 ± 1.56	5.3 ± 1.46

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จาก 9-point hedonic scale

[NS] หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)



ภาพ 4. 25 คะแนนความพอดีเกี่ยวกับปริมาณพริกป่นของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

จากการสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ฟิล์มปรุงรส 2 สูตรจากผู้ทดสอบ 50 คน โดยให้ผู้ทดสอบอ่านข้อมูลที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และให้ประเมินความสะดวกในการใช้ผลิตภัณฑ์ ความน่าสนใจ และความสนใจซื้อ เมื่อทดสอบด้วยวิธี 7-point hedonic scale แสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่า ผู้ทดสอบมีความสนใจผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันในทั้ง 2 สูตร เนื่องจากเมื่อผู้ทดสอบอ่านข้อมูลที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แล้วคิดเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีความสะดวกจึงทำให้ตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.3 คะแนนความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

	สูตรน้ำตาลทราย (S/L)	สูตรน้ำตาลมะพร้าว (C/L)
ความสะดวก^{NS}	6.2 ± 0.83	6.3 ± 0.78
ความน่าสนใจ^{NS}	6.5 ± 0.54	6.5 ± 0.58
สนใจซื้อ^{NS}	6.2 ± 0.87	6.3 ± 0.76

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จาก 7-point hedonic scale

^{NS} หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

เมื่อประเมินความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำปรุงรสยำที่ละลาย จากผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสทั้ง 2 สูตร จากผู้ทดสอบ 50 คน โดยให้ผู้ทดสอบละลายฟิล์ม 8 กรัม ในน้ำปริมาณ 16, 20, 24 มิลลิลิตร แล้วประเมินความชอบต่อการละลาย สี กลิ่น ความหนืด กลิ่นรสน้ำยำ และความชอบโดยรวม ด้วย 9-point hedonic scale แสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่า แผ่นฟิล์มสูตร C/L ที่ละลายด้วยน้ำ 24 มิลลิลิตร มีคะแนนความชอบในด้านการละลายสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง ในข้อ 4.2.1.3 สูตร C/L จะมีค่าการละลายน้ำได้ดีกว่าสูตร S/L และมีปริมาณตัวทำละลายมากแผ่นฟิล์มจะสามารถละลายได้เร็วกว่าที่มีตัวทำละลาย ส่งผลให้มีคะแนนความชอบมากกว่า เนื่องจากผู้บริโภคต้องการความสะดวกในการละลายแผ่นฟิล์ม

โดยรวมเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบของน้ำปรุงรสยำที่ละลายจากแผ่นฟิล์ม 2 สูตร พบว่า ผู้ทดสอบชอบสูตรน้ำตาลมะพร้าวผสมน้ำมะนาว (C/L) มากกว่าสูตรน้ำตาลทรายผสมน้ำมะนาว (S/L) ในทุกด้าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในด้านสีของน้ำปรุงรสยำที่ละลายจากแผ่นฟิล์ม พบว่า สูตร C/L มีคะแนนความชอบมากกว่าสูตร S/L อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสูตร S/L ที่ละลายในน้ำ 24 มิลลิลิตร มีค่าคะแนนความชอบด้านสีเฉลี่ยต่ำที่สุด เนื่องจากมีสีอ่อนกว่าตัวอย่างอื่นๆ เช่นเดียวกับด้านกลิ่น สูตร S/Lที่ละลายในน้ำ 24 มิลลิลิตร มีค่าคะแนนความชอบน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากมีปริมาณตัวทำละลายมากความเข้มข้นของน้ำยำมีน้อย รวมถึงกลิ่นของน้ำตาลทรายไม่หอมเท่าน้ำตาลมะพร้าว ทำให้กลิ่นของสูตร S/L ที่ละลายในน้ำ 24 มิลลิลิตรอ่อนกว่าสูตร C/L

ในด้านความหนืด พบว่า น้ำปรุงรสยำสูตร C/L มีคะแนนความชอบมากกว่าสูตร S/L เมื่อละลายในน้ำ 16 และ 20 มิลลิลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสูตร C/L ในน้ำ 16 มิลลิลิตร มีคะแนนความชอบด้านความหนืดสูงที่สุด

ด้านกลิ่นรสของน้ำปรุงรสยำ พบว่า ทั้ง 2 สูตร ในน้ำ 16, 20 และ 24 มิลลิลิตร จัดอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก ซึ่งสูตร C/L ในน้ำ 16 มิลลิตร มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งคะแนนความชอบโดยรวมก็ให้ผลเช่นเดียวกัน

เนื่องจากน้ำตาลมะพร้าวมีกลิ่นและรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ ให้ความหอมหวานกว่าน้ำตาลทรายซึ่งให้รสหวานเป็นหลักจึงส่งผลต่อคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ แม้ว่าการใช้น้ำปริมาณน้อย (16 มิลลิลิตร) จะทำให้แผ่นฟิล์มละลายได้ยากกว่าทำให้คะแนนความชอบลดลง แต่ความชอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำปรุงรสยำมีมากกว่าเมื่อใช้น้ำปริมาณมากขึ้น

ในส่วนความพอดีด้านกลิ่นรสน้ำยำ กลิ่นรสมะนาว ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว ความเผ็ด พบว่า สูตร C/L ผู้ทดสอบประเมินว่าพอดี มากกว่าร้อยละ 60 ในการละลายน้ำที่ 16 มิลลิลิตร ด้านกลิ่นรสน้ำยำ ความหวาน ความเปรี้ยว ความเผ็ด และในการละลายน้ำที่ 20 มิลลิลิตร ด้านกลิ่นรสมะนาว ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว และความเผ็ด ในส่วนสูตร S/L ผู้ทดสอบประเมินว่าพอดี มากกว่าร้อยละ 60 ในการละลายน้ำที่ 16 มิลลิลิตร ด้านความหวาน และในการละลายน้ำที่ 20 มิลลิลิตร ด้านกลิ่นรสน้ำยำ ความหวาน ความเค็ม ดังนั้นในการละลายน้ำที่ 16 และ 20 มิลลิลิตร ผู้ทดสอบประเมินว่าสูตร C/L มีความพอดีในด้านกลิ่นรสและรสชาติของน้ำยำที่ละลายจากผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำมากกว่าสูตร S/L

โดยรวมร้อยละของผู้ทดสอบส่วนใหญ่จะประเมินว่าลักษณะนั้นๆ ว่าพอดี ในการละลายน้ำที่ 16 มิลลิลิตร และเมื่อใช้การละลายน้ำที่มากขึ้น ร้อยละของผู้ทดสอบที่ประเมินว่าพอดีจะลดลง แต่ประเมินว่าน้อยไปเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเมื่อใช้ปริมาณตัวทำละลายมากขึ้น จะทำให้ความเข้มข้นของน้ำยำลดลง รวมถึงกลิ่นรสและรสชาติของน้ำยำก็ลดลงเช่นกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.4 คะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่ละลายได้ในน้ำ 16, 20, 24 มิลลิลิตร

คะแนนความชอบด้าน	ปริมาณน้ำที่ใช้ละลายแผ่นฟิล์ม	สูตรน้ำตาลทราย (S/L)	สูตรน้ำตาลมะพร้าว (C/L)
การละลาย	16 ml	5.5 ± 1.61^{b}	5.3 ± 1.31^{b}
	20 ml	5.2 ± 1.32^{b}	5.3 ± 1.66^{b}
	24 ml	5.5 ± 1.33^{b}	6.2 ± 1.69^{a}
สี	16 ml	6.7 ± 1.62^{cd}	7.7 ± 1.32^{a}
	20 ml	7.0 ± 1.09^{bc}	7.3 ± 1.41^{ab}
	24 ml	6.4 ± 1.41^{d}	7.8 ± 1.23^{a}
กลิ่น (ขณะดม)	16 ml	6.5 ± 1.49^{a}	7.1 ± 1.53^{a}
	20 ml	6.5 ± 1.54^{a}	6.5 ± 1.70^{a}
	24 ml	5.8 ± 1.74^{b}	7.0 ± 1.34^{a}
ความหนืด	16 ml	6.3 ± 1.14^{b}	7.3 ± 1.55^{a}
	20 ml	6.3 ± 1.20^{b}	7.1 ± 1.64^{a}
	24 ml	6.5 ± 1.16^{b}	6.4 ± 1.54^{b}
กลิ่นรสน้ำยำ	16 ml	6.1 ± 1.73^{b}	7.8 ± 1.27^{a}
	20 ml	6.2 ± 2.05^{b}	6.6 ± 1.87^{b}
	24 ml	6.0 ± 1.71^{b}	6.0 ± 1.48^{b}
ความชอบโดยรวม	16 ml	6.2 ± 1.33^{bc}	7.8 ± 1.24^{a}
	20 ml	6.3 ± 1.34^{bc}	6.6 ± 1.77^{b}
	24 ml	5.8 ± 1.29^{c}	6.5 ± 1.54^{b}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จาก 9-point hedonic scale

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อประเมินความพอดีทางด้านลักษณะต่างๆ ของน้ำปรุงรสยำที่ละลายจากผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสทั้ง 2 สูตร จากผู้ทดสอบ 50 คน โดยให้ผู้ทดสอบละลายฟิล์ม 8 กรัม ในน้ำปริมาณ 16, 20, 24 มิลลิลิตร ด้วยวิธี Just about right (JAR) แสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่า ผู้ทดสอบประเมินการละลายในน้ำว่า พอดี มากที่สุดในการละลายน้ำที่ 24 มิลลิลิตรทั้ง 2 สูตร

ตารางที่ 4.5 คะแนนความพอดีเกี่ยวกับคุณลักษณะด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำโดยใช้อัตราส่วนในการละลายแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ น้ำ 16 (A) , 20 (B) และ 24 (C) มิลลิลิตร

	ปริมาณน้ำ (ml)	สูตรน้ำตาลทราย			สูตรน้ำตาลมะพร้าว		
		น้อย	พอดี	มาก	น้อย	พอดี	มาก
ความเร็วในการละลาย	16	0	24	76	0	36	64
	20	0	52	48	2	56	42
	24	0	80	20	8	62	30
กลิ่นรสน้ำยำ	16	32	58	10	24	76	0
	20	32	60	8	34	66	0
	24	74	26	0	58	42	0
กลิ่นรสมะนาว	16	34	38	28	34	52	14
	20	56	44	0	40	60	0
	24	64	36	0	56	44	0
ความหวาน	16	10	62	28	18	68	14
	20	12	60	28	8	82	10
	24	18	58	24	24	70	6
ความเค็ม	16	8	46	46	0	50	50
	20	28	72	0	4	80	16
	24	48	52	0	36	54	10
ความเปรี้ยว	16	32	56	12	24	76	0
	20	48	44	8	24	76	0
	24	54	38	8	12	64	24
ความเผ็ด	16	32	48	20	40	60	0
	20	42	38	20	40	60	0
	24	56	24	20	54	46	0

หมายเหตุ แสดงค่าเป็นร้อยละโดยรวมของผู้ทดสอบในแต่ละคุณลักษณะและแต่ละปริมาตรในการละลาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

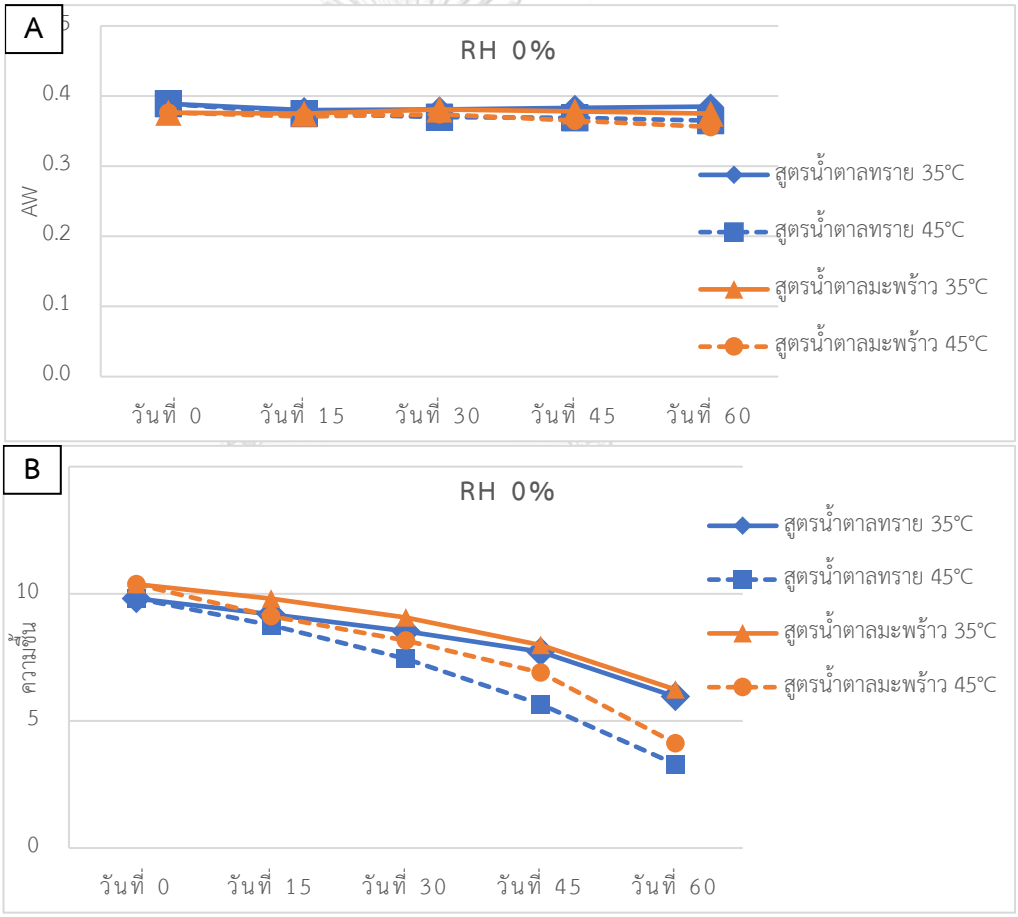
จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแผ่นฟิล์มรสน้ำยำทั้ง 2 สูตร สูตรน้ำตาลทรายผสมน้ำมะนาว (S/L) และ สูตรน้ำตาลมะพร้าวผสมน้ำมะนาว (C/L) พร้อมโรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่น) ปริมาณร้อยละ 0.25 โดยน้ำหนัก โดยละลายฟิล์ม 8 กรัม ในน้ำ 16, 20, 24 มิลลิลิตร พบว่า โดยรวมสูตรน้ำตาลมะพร้าวผสมน้ำมะนาว (C/L) มีคะแนนความชอบมากกว่า ส่วนปริมาณน้ำที่ใช้ในการละลายแผ่นฟิล์ม แม้ว่าการละลายที่ระดับน้ำ 24 มิลลิลิตร มีความชอบและความพอดีในการละลายมากกว่า แต่ในด้านกลิ่นรส ได้แก่ กลิ่นรสน้ำยำ กลิ่นรสมะนาว ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว ความเผ็ด และความชอบโดยรวม น้ำปรุงรสยำที่ละลายในน้ำ 16 และ 20 มิลลิลิตร มีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านต่างๆและจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกว่าพอดีมากกว่า เนื่องจากมีความเข้มข้นของน้ำยำในปริมาณมาก ดังนั้นจึงสามารถใช้ปริมาณน้ำ 16-20 มิลลิลิตร ในการละลายแผ่นฟิล์ม 8 กรัม

4.4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำระหว่างการเก็บรักษา

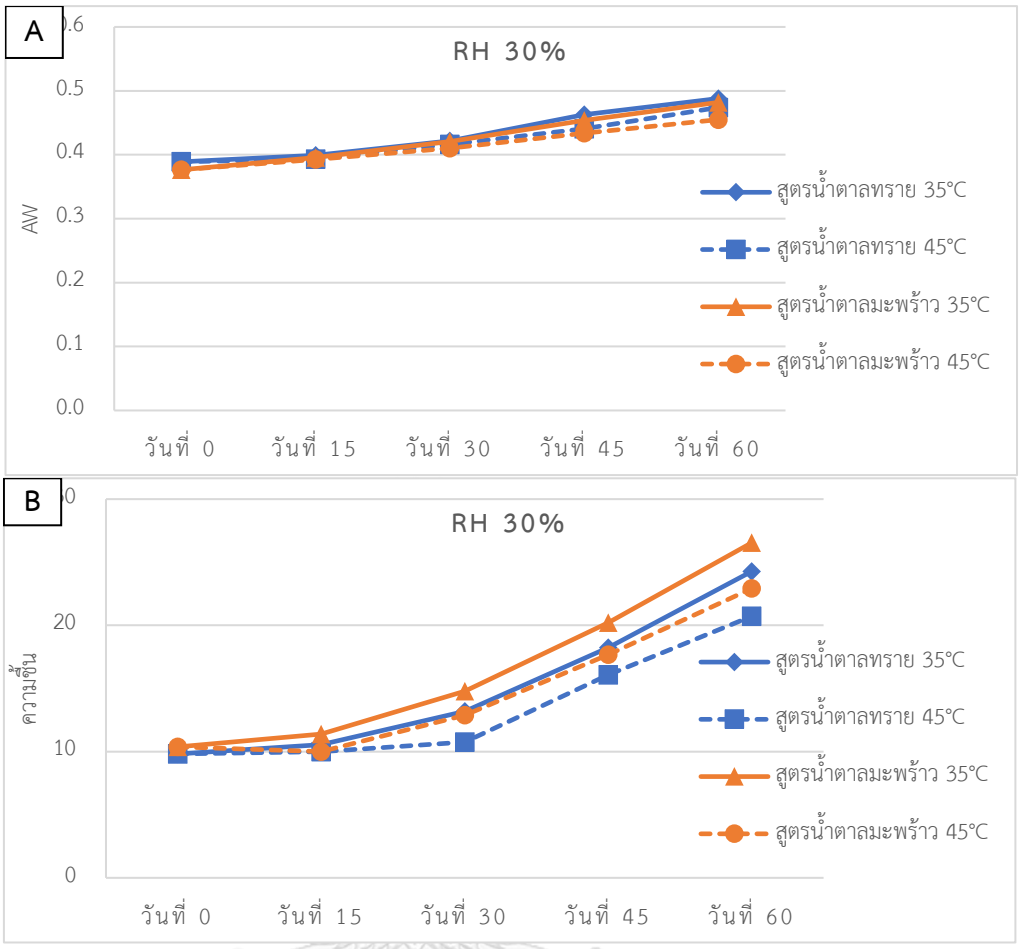
4.4.1. สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

เมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำซึ่งโรยพริกขี้หนูป่น ทั้ง 2 สูตร (S/L และ C/L) ซึ่งเก็บในถุงพอลิโพรพิลีน (PP) ขนาด 6x8 นิ้ว ปิดสนิทในที่มืด เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 และ 30±5 ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน โดยสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุก 15 วัน เมื่อเก็บในภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_W) ของแผ่นปรุงรสน้ำยำทั้ง 2 สูตร แสดงภาพ 4.26 (ภาคผนวก ช.44) ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่นานขึ้น แต่ค่าร้อยละความชื้นของแผ่นปรุงรสน้ำยำทั้ง 2 สูตร (ภาคผนวก ช.45) มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากการเก็บรักษาที่ซิลิกาเจลที่มีสมบัติดูดความชื้น ทำให้แผ่นฟิล์มค่อยๆ มีความชื้นลดลงเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่นานขึ้น แผ่นฟิล์มที่เก็บที่ อุณหูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่า a_w และค่าความชื้นต่ำกว่าแผ่นฟิล์มที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และสูตร C/L มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าสูตร S/L เมื่อเก็บที่ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30±5 แสดงภาพ 4.27 (ภาคผนวก ช.54 และ ช.55) ค่า a_w และค่าร้อยละความชื้นของแผ่นปรุงรสน้ำยำทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากแผ่นฟิล์มจากมอลโทเดกซ์ทริน มีสมบัติชอบน้ำ และแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำมีองค์ประกอบเป็นน้ำตาล ซึ่งมีสมบัติดูดซับความชื้นได้ดี จึงเกิดการดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อม โดยมีอิทธิพลของชนิดน้ำตาล คือ สูตร C/L มีการเปลี่ยนแปลงร้อยละความชื้นมากกว่า S/L เนื่องจากน้ำตาลมะพร้าวมีสมบัติในการดูดซึมน้ำจากบรรยากาศได้

มากกว่าน้ำตาลทราย และหลังจากเก็บ 15 วัน พบว่า แผ่นฟิล์มที่เก็บที่อุณหูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่า a_w และค่าร้อยละความชื้นต่ำกว่าแผ่นฟิล์มที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้แผ่นฟิล์มมีการจัดเรียงตัวกันระหว่างพอลิเมอร์ของสตาร์ชและลดช่องว่างระหว่างโมเลกุล ซึ่งเกิดจากการระเหยไปของตัวทำละลายในการขึ้นรูปฟิล์มมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า (สัณสนีย์ เหมาคม, 2541) ทั้งนี้เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน มีค่าต่ำกว่า 0.47±0.01 จัดอยู่ในกลุ่มอาหารแห้งที่มีเสถียรภาพต่อการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องจากค่าปริมาณน้ำอิสระที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์และราอยู่ระหว่าง 0.8-0.87 (Veiga-Santos, 2005) และค่าปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำกว่า 0.6 จะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Fernandez, 2011)



ภาพ 4.26 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (A) และร้อยละความชื้น (B) ที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์ที่ 0% ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน

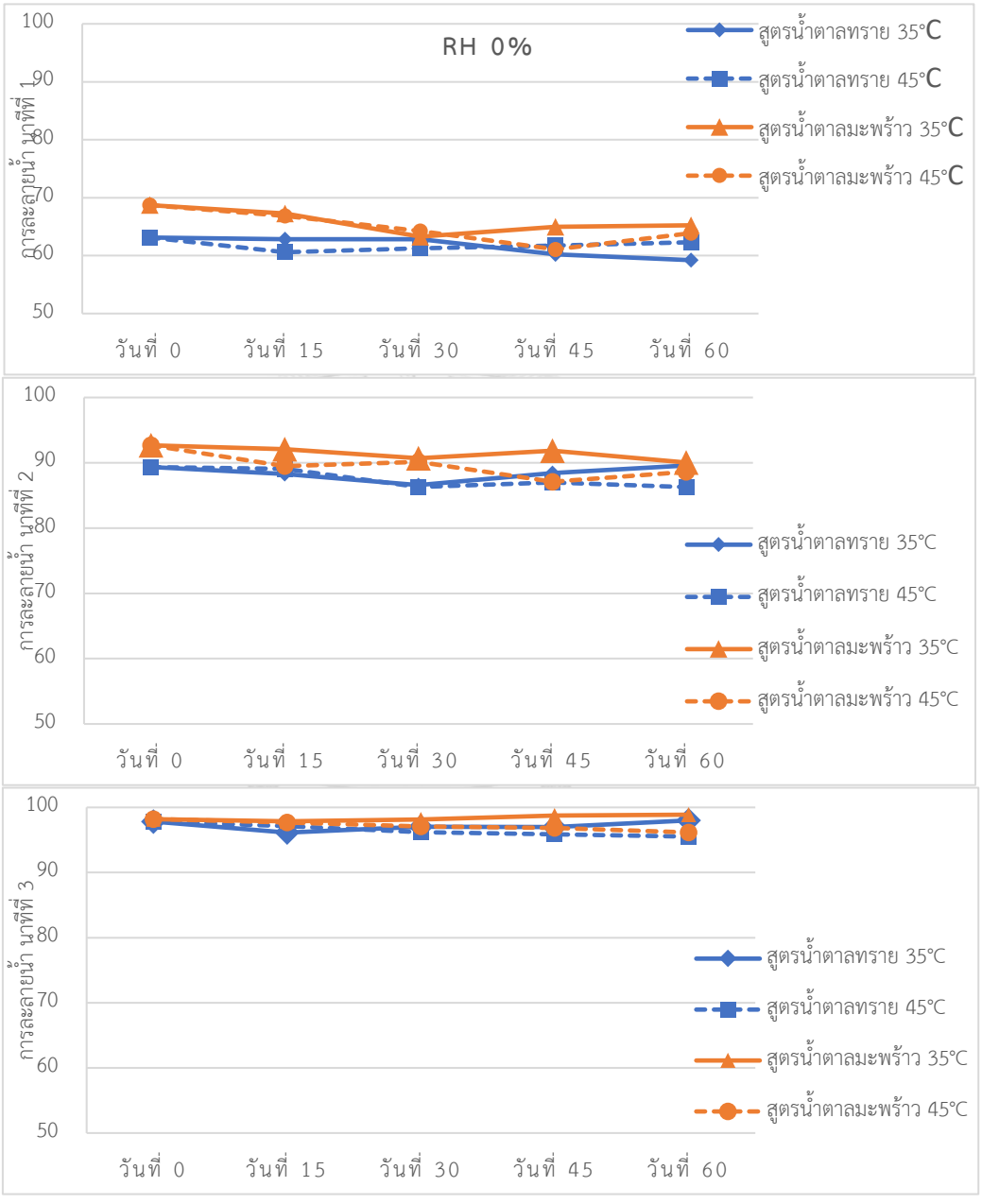


ภาพ 4.27 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (A) และ ค่าร้อยละความชื้น (B) ที่ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ที่ 30% ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน

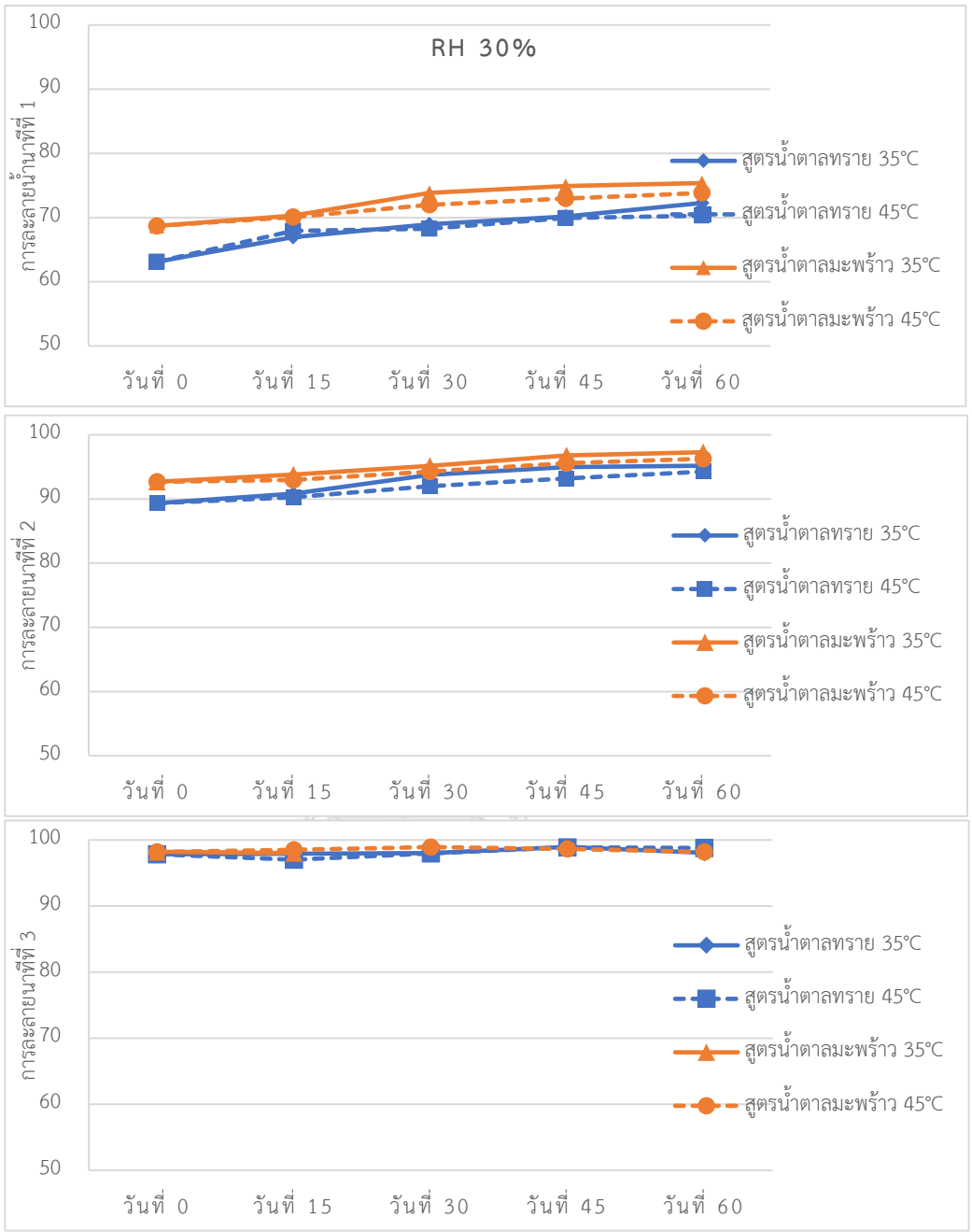
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการละลายน้ำ เมื่อเก็บที่ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียสแสดงภาพ 4.28 (ภาคผนวก ช.51-ช.53) พบว่า ค่าความสามารถในการละลายน้ำ ในแต่ละระดับเวลา 1, 2 และ 3 นาที ของแผ่นปรุงรสน้ำยำแต่ละสูตร ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่นานขึ้น แต่เมื่อเก็บที่ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 แสดงดังภาพ 4.29 (ภาคผนวก ช.61-ช.63) พบว่า ความสามารถในการละลายที่ 1 และ 2 นาที ของแผ่นปรุงรสน้ำยำทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ใน โดยสูตรน้ำตาลมะพร้าวมีความสามารถในการละลายดีกว่าสูตรน้ำตาลทราย และ ที่ภาวะการเก็บที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน พบว่า การเก็บที่อุณหภูมิ 35 องศา มีค่าการละลายน้ำ สูงกว่าเก็บที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเก็บรักษาที่

อุณหภูมิสูง ส่งผลให้แผ่นฟิล์มมีการจัดเรียงตัวกันระหว่างพอลิเมอร์ของสตาร์ชและลดช่องว่างระหว่างโมเลกุล ซึ่งเกิดจากการระเหยไปของตัวทำละลายในการขึ้นรูปฟิล์ม การละลายจึงเกิดได้ยากกว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า (สัณสนีย์, 2541)



ภาพ 4.28 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1 นาที (A), 2 นาที (B), 3 นาที (C) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 0% ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน

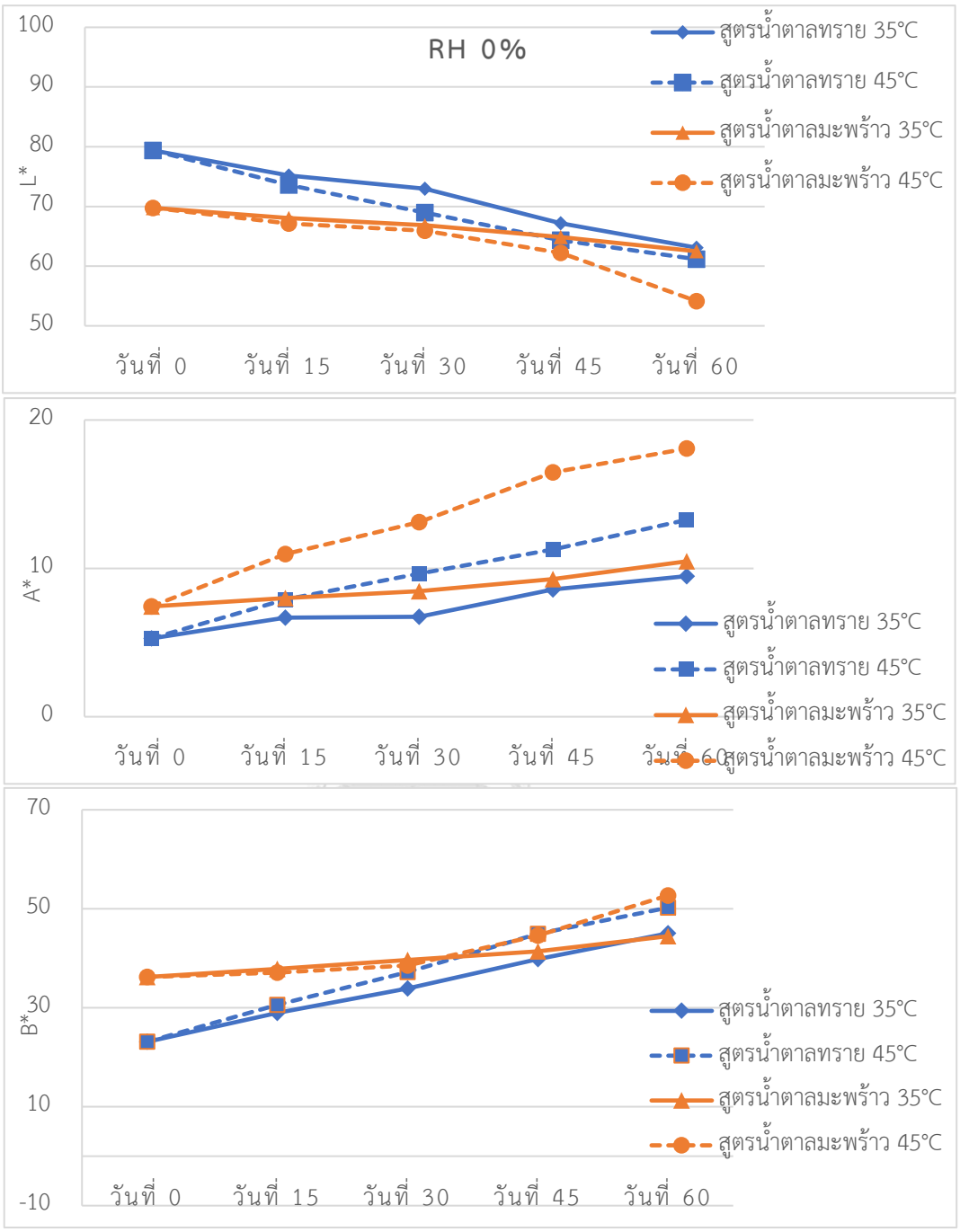


ภาพ 4.29 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1 นาที (A), 2 นาที (B), 3 นาที (C) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 30% ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน

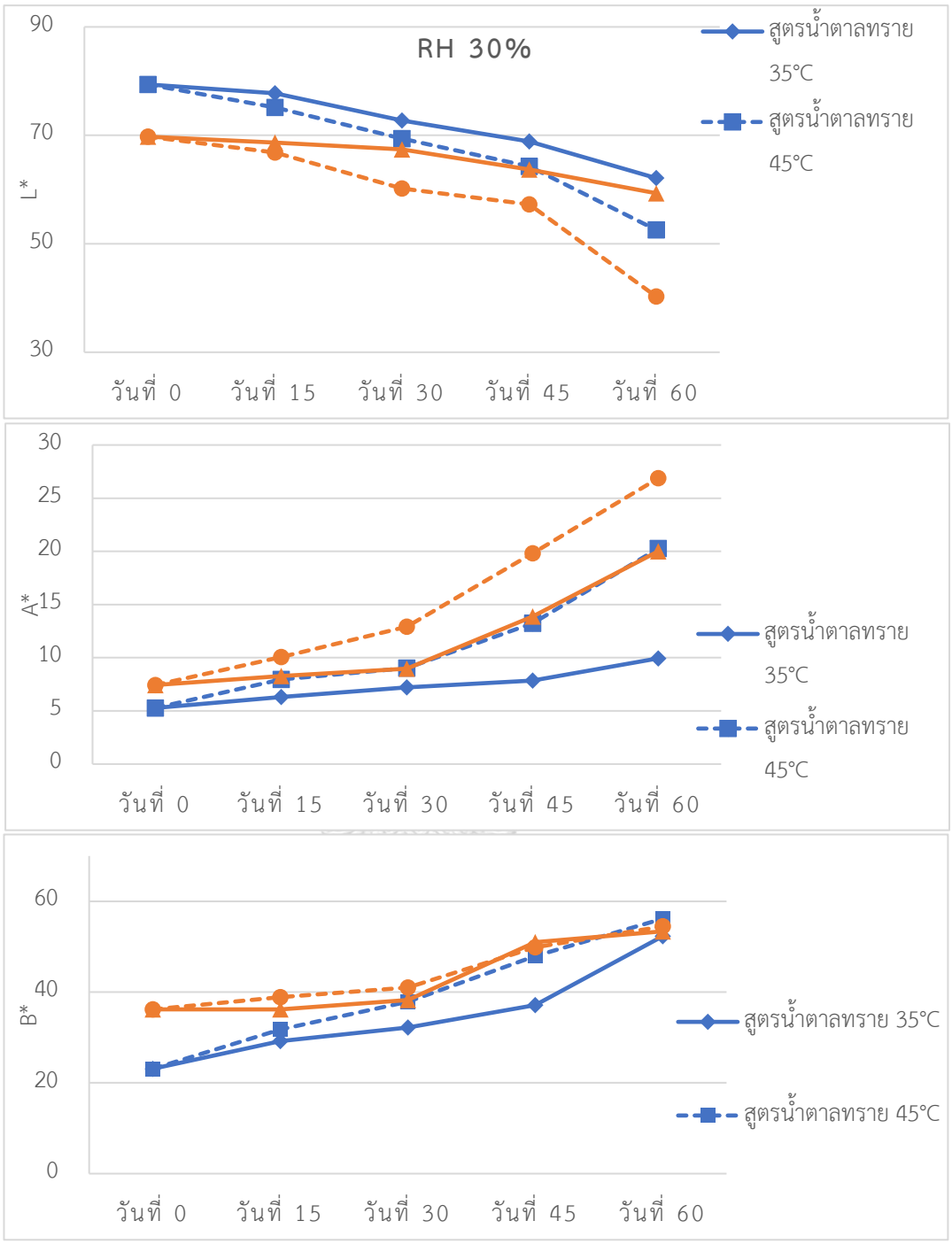
เมื่อพิจารณาค่าสี ของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่โรยพริกขี้หนูป่น ทั้ง 2 สูตร (S/L และ C/L) ที่ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 และ 30±5 แสดงภาพ 4.30 และ 4.31 (ภาคผนวก ช.48-ช.50 และ ช.58-ช.60) พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ค่า L* (ความสว่าง) มีแนวโน้มลดลง ค่า a* และ b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเก็บรักษาที่เวลานานขึ้น

มีอิทธิพลของอุณหภูมิการเก็บต่อค่าสีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำทั้ง 2 สูตร คือ แผ่นฟิล์มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีมากกว่า แผ่นฟิล์มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส โดยมีค่า L* ต่ำกว่าที่ แต่ค่า a* และ b* สูงกว่าที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และความแตกต่างสีของสูตร S/L จะมีความเปลี่ยนแปลงชัดกว่าสูตร C/L เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสีขององค์ประกอบในน้ำยำ เช่น น้ำปลาที่จะมีสีเข้มขึ้นจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลและปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เมื่อเก็บในระยะเวลานานขึ้น โดยมีอุณหภูมิเป็นตัวเร่ง เช่นเดียวกับน้ำตาลมะพร้าวและน้ำตาลทรายที่จะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล แต่น้ำตาลมะพร้าวจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (non enzymatic browning reaction) ขึ้นมากกว่าน้ำตาลทราย ดังนั้นทำให้สูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) ที่เก็บที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จึงมีสีเข้มมากที่สุด

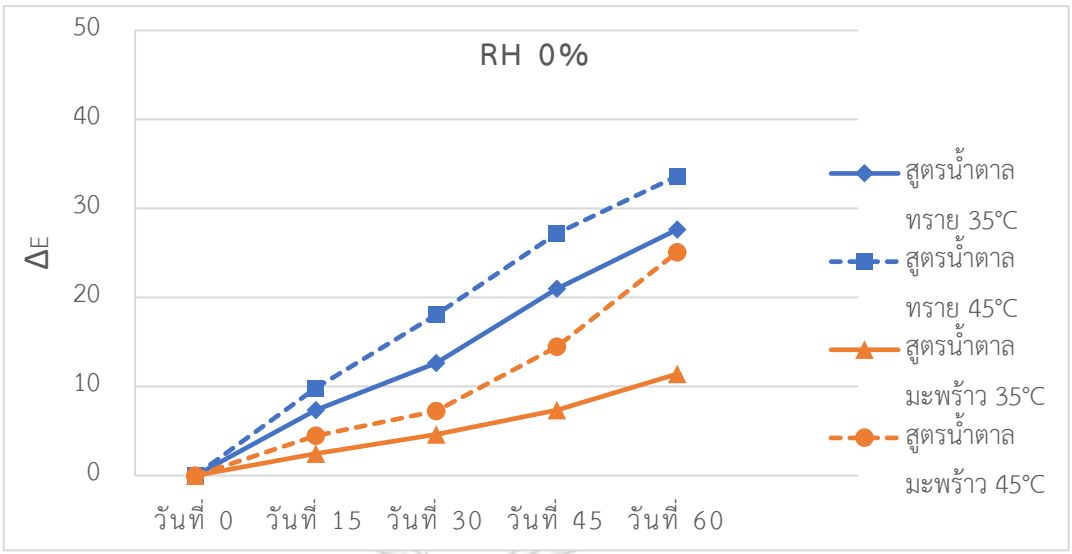
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



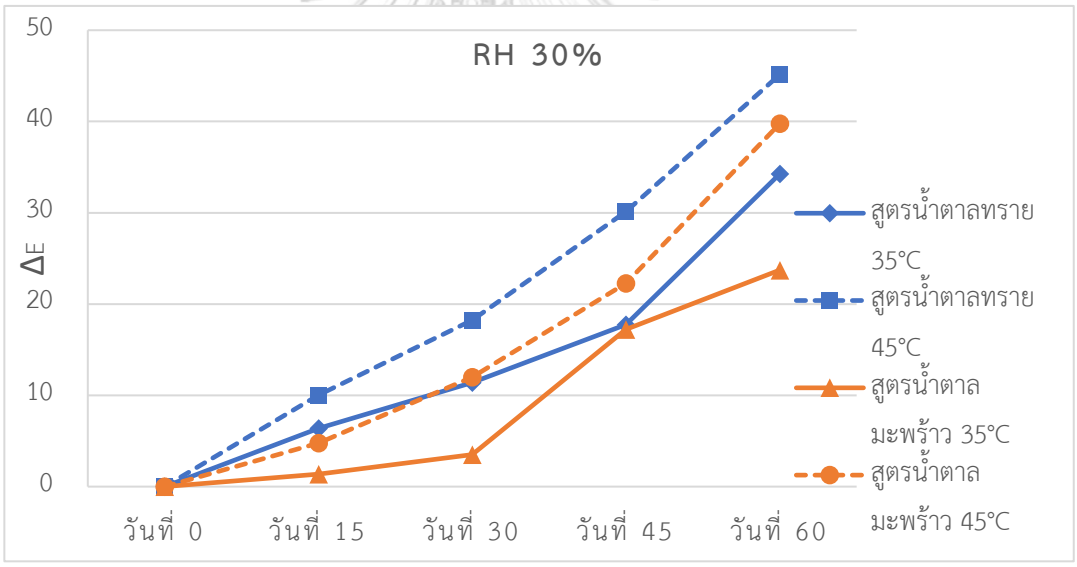
ภาพ 4.30 ค่า L* (A), a* (B), b* (C) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 0% ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน



ภาพ 4.31 ค่า L* (A), a* (B), b* (C) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 30% ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน



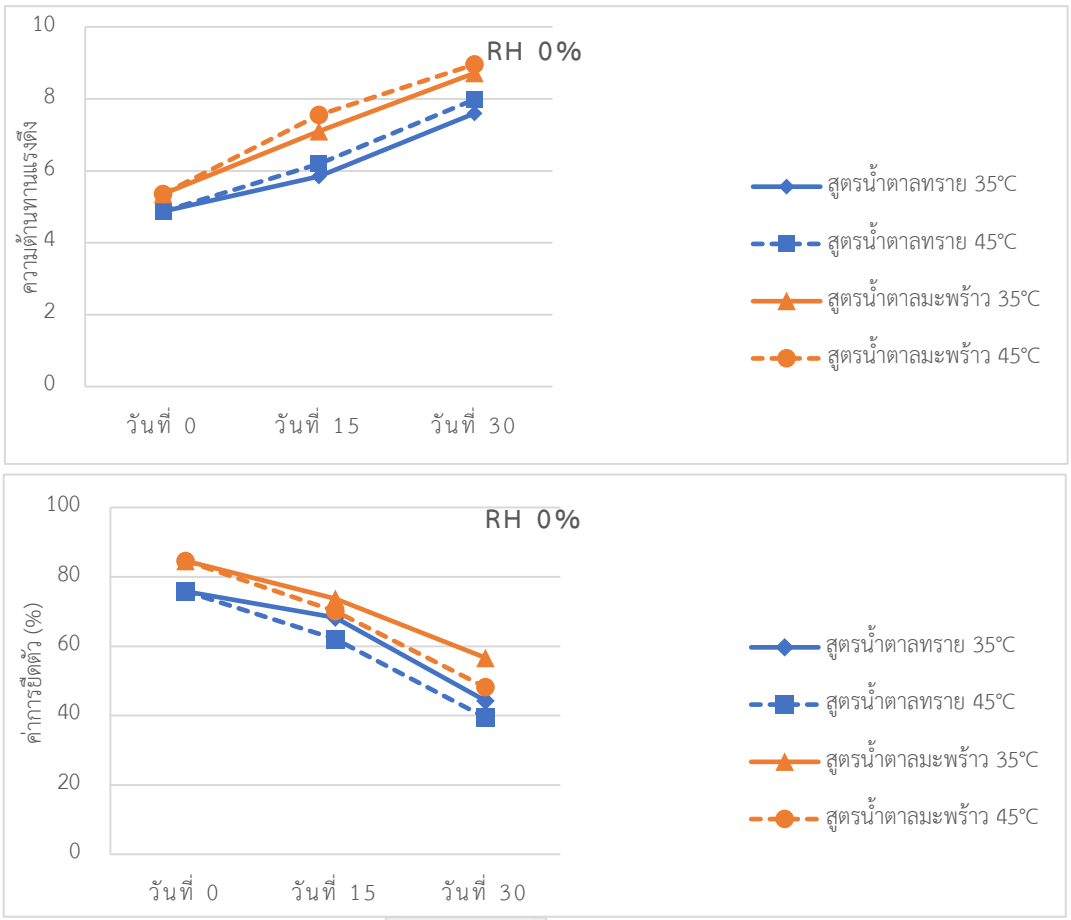
ภาพ 4. 33 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 0% ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน



ภาพ 4.32 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 30% ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน

เมื่อพิจารณาค่าความต้านทางแรงดึงและร้อยละการยืดตัวของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 2 สูตร (S/L และ C/L) แบบโรยพริกขี้หนูป่น ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน แสดงดังภาพ 4.34 และ 4.35 พบว่า ที่ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 ค่าความต้านทางแรงดึงเพิ่มขึ้นและร้อยละการยืดตัวลดลง จนไม่สามารถวัดค่าได้ในการเก็บรักษาวันที่ 45 เนื่องจากแผ่นฟิล์มมีความเปราะมาก ผู้วิจัยคาดว่าผลที่ได้มีความคล้ายคลึงกันกับการเกิด retrogradation ในฟิล์ม Thermoplastic starch ของงานวิจัยของ Zhang and Han (2010) กล่าวว่า การเกิด retrogradation ทำให้โมเลกุลของพลาสติไซเซอร์ และน้ำจะหลุดออกจากโมเลกุลของสตาร์ช ก่อให้เกิดการจับตัวกันระหว่างพอลิเมอร์ของสตาร์ช ซึ่งทำให้ค่า a_w ลดลง ความยืดหยุ่นลดลง ค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้น มีลักษณะเปราะ และเนื่องจากการเก็บรักษาที่ซิลิกาเจลที่มีสมบัติดูดความชื้น ทำให้ค่อยๆ ดูดซับน้ำที่หลุดออกมา และพบว่ามีอิทธิพลของอุณหภูมิที่เก็บรักษา ต่อค่าความต้านทางแรงดึงและร้อยละการยืดตัว กล่าวคือ การเก็บรักษาแผ่นฟิล์มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ทำให้แผ่นฟิล์มมีค่าความต้านทานแรงดึงสูงขึ้นและร้อยละการยืดตัวลดลงกว่าการเก็บรักษาแผ่นฟิล์มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ส่วนที่ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 พบว่ามีค่าความต้านทางแรงดึงลดลงและร้อยละการยืดตัวเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลานานขึ้น เนื่องจากน้ำตาลทรายและน้ำตาลมะพร้าวมีสมบัติในการดูดน้ำหรือความชื้นที่อยู่ในอากาศโดยรอบ ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 ส่งผลต่อค่าสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม

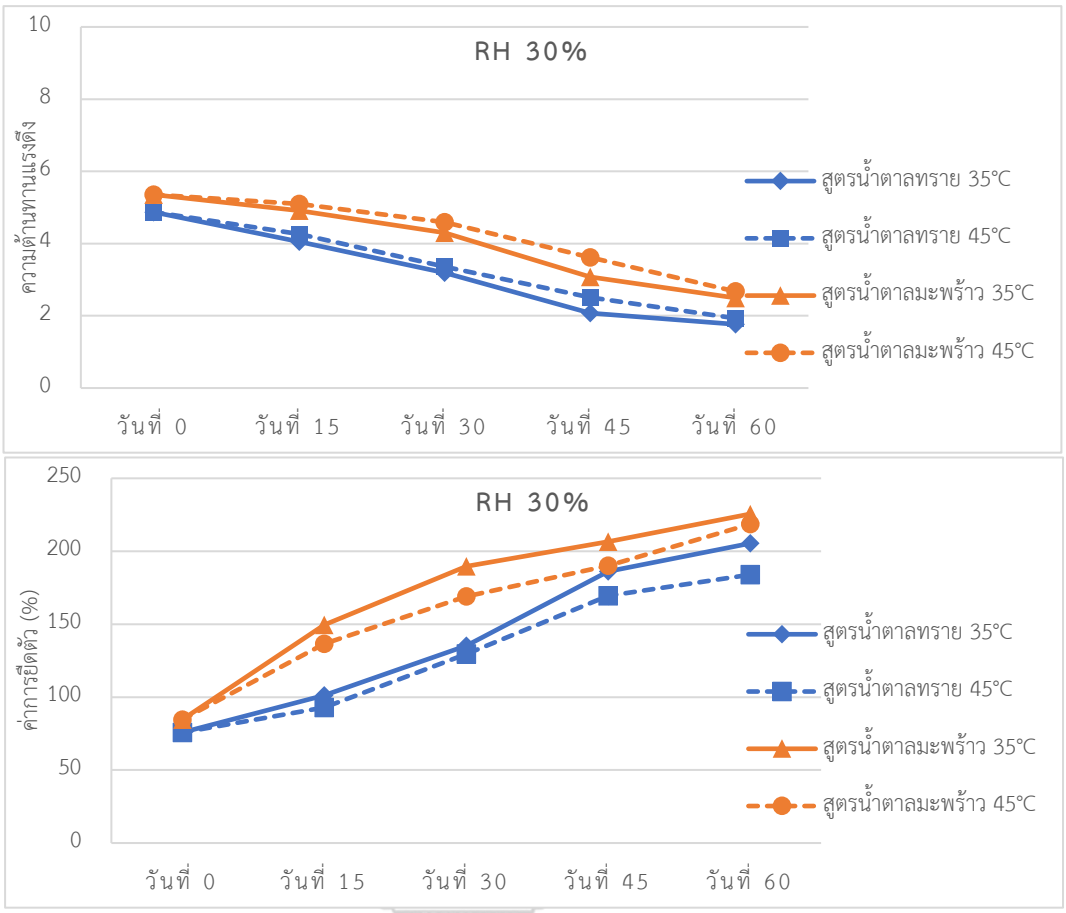
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



** วันที่ 45 และ 60 ไม่สามารถวัดค่าได้ เนื่องจากฟิล์มเปราะมาก

ภาพ 4.34 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) และค่าร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ที่ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ที่ 0% ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 30 วัน

CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพ 4.35 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) และค่าร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ที่ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ที่ 30% (A) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4.2. ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ของตัวอย่างที่เก็บไว้ 60 วัน

จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์วิธี total plate count ตามวิธีของ AOAC (2002A) และ วิเคราะห์หายีสต์และรา ตามวิธีของ AOAC (2002B) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 2 สูตร (S/L และ C/L) ที่เก็บไว้ 60 วัน พบว่า แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำทั้ง 2 สูตร (S/L และ C/L) เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและค่ายีสต์ราที่ตรวจได้น้อยกว่า 30 cfu/g ดังนั้นกล่าวได้ว่าแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำทั้ง 2 สูตรมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 210) พ.ศ. 2543 เรื่อง อาหารกึ่งสำเร็จรูป ที่กำหนดให้มีแบคทีเรียไม่เกิน 500,000 ในอาหาร 1 กรัม และมีเชื้อราไม่เกิน

500 ในอาหาร 1 กรัม เนื่องจากค่า pH ของน้ำยำที่ แสดงดังภาพ 4.2A (ภาคผนวก ช.8) สูตร S/L มีค่าเท่ากับ 2.85±0.02 และสูตร C/L มีค่าเท่ากับ 2.85±0.03 และเมื่อผสมสารก่อฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทริน ทำให้ค่า pH แสดงดังภาพ 4.5 (ภาคผนวก ช.16) สูตร S/L มีค่าเท่ากับ 2.88±0.01 และสูตร C/L มีค่าเท่ากับ 2.90±0.05 ซึ่งค่า pH มีความสำคัญการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีที่ pH 6.5-7.5 ส่วนยีสต์และราสามารถเจริญได้ในช่วงที่กว้างกว่า และเจริญได้ดีในช่วงระหว่าง pH 5-6 (Morpeth, 1995) รวมถึงค่า a_w ของฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่มีค่าต่ำกว่า 0.43±0.09 จัดอยู่ในกลุ่มอาหารแห้งที่มีเสถียรภาพต่อการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องจากค่าปริมาณน้ำอิสระที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ราอยู่ระหว่าง 0.8-0.87 (Veiga-Santos et al., 2005) และค่าปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำกว่า 0.6 จะไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์ (Fernandez, 2011)

ตารางที่ 4.6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบเมื่อเก็บแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำเป็นระยะเวลา60 วัน

	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวม (cfu/g)
สูตรน้ำตาลทราย	35	<30
	45	<30
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	35	<30
	45	<30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.7 ปริมาณยีสต์และราที่ตรวจพบเมื่อเก็บแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำเป็นระยะเวลา 60 วัน

	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณยีสต์และรา (cfu/g)
สูตรน้ำตาลทราย	35	<30
	45	<30
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	35	<30
	45	<30

4.4.3. การยอมรับทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพและการยอมรับของแผ่นปรุงรสที่เก็บรักษาไว้ 60 วันที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ด้วยผู้ทดสอบจำนวน 50 คน โดยผู้ทดสอบจะประเมินลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์มที่ได้ ด้วย 9-point hedonic scale ในด้านสี การกระจายตัวของพริกขี้หนู ในส่วนของการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสและการละลายของฟิล์มรสน้ำยำผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยฉีกฟิล์มรสน้ำยำขนาด 8 กรัมที่เตรียมไว้เป็นชิ้นเล็กๆ และละลายลงในถ้วยที่บรรจุน้ำ 20 มิลลิลิตร ที่อุณภูมิ 25 ± 5 องศาเซลเซียสที่เตรียมไว้ให้ จากนั้นคนให้ฟิล์มละลายเป็นของเหลวทั้งหมด เป็นเวลา 3-5 นาที แล้วประเมินความชอบด้านเนื้อสัมผัสของฟิล์มขณะฉีก ความชอบด้านการละลาย และความเร็วในการละลายของตัวอย่างฟิล์มรสน้ำยำ จากนั้นผู้ทดสอบจะประเมินความชอบด้านลักษณะต่างๆของน้ำยำที่ละลายได้ ในด้านสีน้ำยำ กลิ่น(ขณะดม) ความหนืด กลิ่นรสน้ำยำ ความชอบโดยรวม ด้วย 9-point hedonic scale

ผลการประเมินคะแนนความชอบของแผ่นปรุงรสที่เก็บรักษาไว้ แสดงดังตาราง 4.8 พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสีของแผ่นฟิล์มปรุงรส ในระยะการเก็บรักษาที่ 0 วัน มีคะแนนความชอบสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และค่อยๆลดลงในวันที่ 30 และ 60 ตามลำดับ เนื่องจากสีของแผ่นฟิล์มที่เก็บในระยะเวลาที่นานขึ้นส่งผลให้ฟิล์มมีสีที่เข้มขึ้น ซึ่งไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้ทดสอบ เช่นเดียวคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านการกระจายตัวของพริกขี้หนูที่ค่อยๆลดลงในการเก็บรักษาวันที่ 30 และ 60 เนื่องจากสีที่เข้มขึ้นของแผ่นฟิล์ม ทำให้ลักษณะปรากฏของพริกป่นที่กระจายตัวอยู่บริเวณแผ่นฟิล์มไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้ทดสอบ ในส่วนคะแนนความชอบด้านการละลายของแผ่นฟิล์มที่อุณหภูมิ 35 มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าที่ 45 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ของแผ่นฟิล์มที่เก็บรักษาไว้ 60 วัน และคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสของแผ่นขณะฉีก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ตลอดการเก็บรักษา 60 วัน

ผลการประเมินคะแนนความชอบของน้ำยำที่ละลายได้จากแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 2 สูตร (S/L และ C/L) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน แสดงดังตาราง 4.9 พบว่า คะแนนความชอบด้านสี และกลิ่น (ขณะดม) มีอิทธิพลของระยะการเก็บที่ 0, 30 และ 60 วัน มีค่าลดลงตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนความหนืดและกลิ่นรสน้ำยำ ไม่มีอิทธิพลของระยะการเก็บที่ 0, 30 และ 60 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวม พบว่า มีอิทธิพลของระยะการเก็บที่ 0, 30 และ 60 วัน ซึ่งจะมีค่าลดลงตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p<0.05$) และมีอิทธิพลของสูตรน้ำยำต่อคะแนนความชอบโดยรวม กล่าวคือ น้ำยำที่ละลายได้จากแผ่นฟิล์มสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) มีคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าน้ำยำที่ละลายได้จากแผ่นฟิล์มสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.8 คะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านคุณลักษณะต่างๆ ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตร (S/L และ C/L) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน

คุณลักษณะ	อุณหภูมิ (°C)	สูตรน้ำยำ	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)		
			0 *	30	60
สีของแผ่นฟิล์ม	35	สูตรน้ำตาลทราย	7.7±0.79 ^{a}	7.4±0.91 ^{a}	6.1±1.13^{cd}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	7.7±0.95 ^{a}	7.3±0.84 ^{a}	6.3±1.36^{bcd}
	45	สูตรน้ำตาลทราย		6.7±1.35 ^{b}	5.9±1.47^{de}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		6.5±1.62^{ab}	5.6±1.34^{e}
การกระจายตัวของพริกขี้หนูป่น	35	สูตรน้ำตาลทราย	7.5±1.03^{a}	7.4±1.01^{ab}	7.2±0.94^{abc}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	7.3±1.09^{abc}	7.3±0.99^{abc}	7.1±1.07^{abc}
	45	สูตรน้ำตาลทราย		7.2±0.98^{abc}	6.9±1.47^{bc}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		7.0±1.05^{abc}	6.8±1.10^{c}
เนื้อสัมผัสของแผ่น (ขณะฉีก)^{NS}	35	สูตรน้ำตาลทราย	5.3±1.56	5.0±1.51	5.2±1.44
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	5.3±1.46	5.3±1.08	5.0±1.12
	45	สูตรน้ำตาลทราย		5.6±1.59	5.3±1.52
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		5.3±1.98	5.0±1.05
การละลาย	35	สูตรน้ำตาลทราย	5.2±1.32^{bc}	5.3±1.66^{abc}	5.2±1.42^{bc}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	5.3±1.66^{abc}	5.7±1.02^{ab}	5.9±1.01^{a}
	45	สูตรน้ำตาลทราย		5.2±1.35^{bc}	5.0±1.34^{b}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		5.5±1.07^{abc}	5.4±0.97^{abc}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* ไม่มีอิทธิพลของอุณภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

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

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

ตารางที่ 4.9 คะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านคุณลักษณะต่างๆ ของน้ำยำที่ละลายได้จากแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 2 สูตร (S/L และ C/L) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน

คุณลักษณะ	อุณหภูมิ (°C)	สูตรน้ำยำ	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)		
			0 *	30	60
สีของน้ำยำ	35	สูตรน้ำตาลทราย	7.0±1.09^{ab}	6.9±1.09^{ab}	5.9±1.01^{cd}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	7.3±1.41^{a}	7.0±0.93^{ab}	6.0±1.29^{cd}
	45	สูตรน้ำตาลทราย		6.8±1.66$_{ab}$	6.0±1.73^{cd}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		6.5±1.91^{bc}	5.8±1.71^{d}
กลิ่น (ขณะดม)	35	สูตรน้ำตาลทราย	6.5±1.54^{a}	6.3±1.06^{ab}	6.0±1.04 ^{ab}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	6.5±1.70^{a}	6.1±1.05 ^{ab}	5.9±1.09^{b}
	45	สูตรน้ำตาลทราย		6.4±1.32 ^{ab}	6.2±1.16 ^{ab}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		6.2±0.86 ^{ab}	6.0±1.24 ^{ab}
ความหนืด	35	สูตรน้ำตาลทราย	6.3±1.20^{b}	6.3±1.41^{b}	6.2±1.25^{b}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	7.1±1.64^{a}	6.4±1.32^{b}	6.4±1.30^{ab}
	45	สูตรน้ำตาลทราย		6.8±1.65^{ab}	6.9±1.64^{ab}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		6.8±1.69^{ab}	6.7±1.78^{ab}
กลิ่นรสน้ำยำ^{NS}	35	สูตรน้ำตาลทราย	6.2±2.05	6.2±1.53	6.1±1.30
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	6.6±1.87	6.2±1.85	6.1±1.83
	45	สูตรน้ำตาลทราย		6.7±1.69	6.6±1.76
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		6.4±1.81	6.1±1.66
ความชอบโดยรวม	35	สูตรน้ำตาลทราย	6.3±1.34^{ab}	6.3±0.95^{ab}	5.8±0.65^{c}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	6.6±1.77^{a}	6.1±0.99^{abc}	5.6±0.71^{c}
	45	สูตรน้ำตาลทราย		6.6±1.79^{a}	6.1±1.70^{abc}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		6.3±1.57^{ab}	5.7±1.57^{c}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* ไม่มีอิทธิพลของอุณภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

^{NS} หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

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

4.4.4 การหาสมการคำนวณการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีเร่งอุณหภูมิ

การทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำใช้วิธีเร่งอุณหภูมิเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีการเสื่อมเสียเร็วกว่าปกติ เพราะอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเร่งปฏิกิริยาต่างๆในอาหาร เพื่อประมาณอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เทคนิค Q_{10} ซึ่งได้เลือกสภาวะการเก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียสเป็นสภาวะที่เร่งอุณหภูมิแก่แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำและใช้ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบโดยรวมเป็นเกณฑ์ตัดสิน โดยสามารถคำนวณค่า Q_{10} ได้แสดงดัง ภาคผนวก ช.4

ตารางที่ 4.10 สมการคำนวณการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน

สูตร	อุณหภูมิ (°C)	ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)		
		สมการ	R^2	
สูตรน้ำตาลทราย	35	y = 0.0017x + 0.38	0.96	Q_{10} = 0.88
	45	y = 0.0015x + 0.38	0.94	
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	35	y = 0.0018x + 0.37	0.99	Q_{10} = 0.73
	45	y = 0.0013x + 0.37	0.99	

ตารางที่ 4.11 สมการคำนวณการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวมของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน

สูตร	อุณหภูมิ (°C)	ค่าคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวม		
		สมการ	R^2	
สูตรน้ำตาลทราย	35	y = -0.0077x + 6.37	0.78	Q_{10} = 1.59
	45	y = -0.012x + 6.35	0.95	
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	35	y = -0.009x + 6.70	0.81	Q_{10} = 1.79
	45	y = -0.016x + 6.68	0.96	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 2 สูตรบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน ควบคุมอุณหภูมิที่ 35 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่า ไม่สามารถคำนวณการเก็บรักษาแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ ที่ใช้ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เป็นเกณฑ์ตัดสินได้ เนื่องจากการทำนายอายุการเก็บโดยใช้ a_w พบว่าการเก็บที่อุณหภูมิที่สูงกว่ามีเกิดการเสื่อมเสียได้ช้ากว่าเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งเป็นผลที่ไม่เป็นตามที่ควรจะเป็น ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าการเก็บที่อุณหภูมิที่สูงกว่าน่าจะมีการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ได้เร็วกว่าเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำฐานมอลโทเดกซ์ทริน โดยศึกษาอิทธิพลของการใส่ พลาสติไซเซอร์ (กลีเซอรอล) ต่อสมบัติด้านกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรควบคุม ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง พบว่า การเติมกลีเซอรอลสามารถช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์ม ทำให้แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรควบคุม มีความต้านแรงดึงและร้อยละการยืดตัวที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มปรุงรสน้ำยำ จึงเลือกใช้แผ่นฟิล์มสูตรเติมกลีเซอรอลต่อแซนแทนกัมในอัตราส่วน 3:2 ในสารละลายมอลโทเดกซ์ทรินมาพัฒนาต่อในขั้นการเลือกสารละลายน้ำยำขึ้นรูปฟิล์ม

จากการพัฒนาสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มปรุงรสน้ำยำ โดยศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมของสารละลายน้ำยำที่ไม่ใส่ส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (พริกป่น) แปรอัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู 3 ระดับ ได้แก่ สูตรน้ำมะนาว (1:0) สูตรน้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1) และสูตรน้ำส้มสายชู (0:1) และแปรชนิดของน้ำตาล 2 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลทราย และน้ำตาลมะพร้าว ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของ น้ำยำ สารละลายขึ้นรูปฟิล์มที่ผสมน้ำยำ และแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ พบว่า ในผลการวิเคราะห์สมบัติต่างๆของน้ำยำและสารละลายขึ้นรูปฟิล์มที่ผสมน้ำยำ สูตรที่ใช้น้ำมะนาวมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้นกว่าสูตรที่ใช้น้ำส้มสายชู และสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวทำให้ความสว่างลดลง มีโทนสีน้ำตาลชัดขึ้น และมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่าน้ำตาลทราย ในผลการวิเคราะห์สมบัติของแผ่นฟิล์มปรุงรส สูตรที่น้ำมะนาว มีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำกว่า และมีค่าร้อยละการยืดตัวสูงกว่าสูตรที่ใช้น้ำส้มสายชู และฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลทรายมีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว โดยสูตรน้ำตาลมะพร้าวผสมน้ำมะนาว (C/L) มีค่าความสามารถในการละลายน้ำสูงที่สุด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงลักษณ์กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ประกอบจึงพิจารณาเลือกสูตร 2 สูตร ได้แก่สูตรที่ใช้น้ำมะนาวกับน้ำตาลทั้ง 2 ชนิด (S/L และ C/L) เพื่อนำไปศึกษาต่อในขั้นตอนพัฒนาการขึ้นรูปฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

จากการพัฒนาขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ โดยโรยส่วนผสมแห้งที่ไม่ละลายน้ำ (พริกขี้หนูป่นปริมาณ ร้อยละ 0.25 ของน้ำหนัก) บนแผ่นฟิล์มระหว่างอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง พบว่า ค่าปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ไม่โรยพริกขี้หนูป่นมีค่ามากกว่าสูตรที่โรยพริกขี้หนูป่น และการโรยผงพริกบ่นบนแผ่นฟิล์มปรุงรส มีผลให้สมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำทั้ง 2 สูตรเปลี่ยนไป โดยมีค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) สูงขึ้น ค่าร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ลดลง และมีค่าความสามารถในการละลายน้ำลดลง เมื่อทดสอบการยอมรับของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร พร้อมโรยส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ โดยละลายฟิล์ม 8 กรัม ในน้ำ 16, 20, 24 มิลลิลิตร พบว่า น้ำ

ปรุงรสยำที่ละลายในน้ำ 16 และ 20 มิลลิลิตร ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านความชอบและความพอดีของน้ำยำที่ละลายได้มากกว่าในน้ำ 24 มิลลิลิตร แม้ว่าจะมีความชอบและความพอดีในการละลายน้อยกว่า เนื่องจากมีความเข้มข้นของน้ำยำในปริมาณมาก ดังนั้นจึงสามารถใช้ปริมาณน้ำ 16-20 มิลลิลิตร ในการละลายแผ่นฟิล์ม 8 กรัม

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 2 สูตรระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน ซึ่งเก็บในถุงพอลิโพรพิลีน (PP) ขนาด 6x8 นิ้ว ปิดสนิทในที่มืด เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 และ 30±5 ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี พบว่า ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 ส่งผลให้ ค่าความชื้นลดลง เมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่นานขึ้น ค่าความต้านทางแรงดึงเพิ่มขึ้นและร้อยละการยืดตัวลดลง จนไม่สามารถวัดค่าได้ ในการเก็บรักษาวันที่ 45 ส่วนการเก็บที่ภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30±5 แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำมีค่าความชื้น และปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้น แต่ไม่เกิน 0.6 ซึ่งยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ สมบัติเชิงกลยังคงมีความยืดหยุ่นเหมาะต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน เมื่อพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ของตัวอย่างที่เก็บไว้ 60 วัน พบว่า แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำทั้ง 2 สูตร เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและค่ายีสต์ราที่ตรวจได้น้อยกว่า 30 cfu/g ดังนั้นกล่าวได้ว่าแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำทั้ง 2 สูตรมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 210) พ.ศ. 2543 เมื่อพิจารณาการประเมินคุณภาพและการยอมรับของแผ่นปรุงรส 2 สูตรที่เก็บรักษาไว้ 60 วันที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่า คะแนนความชอบด้านสีของแผ่นฟิล์มค่อยๆลดลง เมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้น คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น (ขณะดม) และความชอบโดยรวมของน้ำยำที่ละลายได้จากแผ่นฟิล์มค่อยๆลดลง เมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้นเช่นกัน และน้ำยำที่ละลายได้จากแผ่นฟิล์มสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) มีคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าน้ำยำที่ละลายได้จากแผ่นฟิล์มสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) ส่วนด้านการคำนวณอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ โดยใช้เทคนิค Q_{10} ซึ่งได้เลือกสภาวะการเก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียสเป็นสภาวะที่เร่งอุณหภูมิแก่แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำและใช้ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบโดยรวมเป็นเกณฑ์ พบว่า แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรน้ำตาลทรายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสสามารถการเก็บรักษาได้เท่ากับ 3 เดือน 23 วัน และแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรน้ำตาลมะพร้าวเท่ากับ 3 เดือน 1 วัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ควรมีการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสูตรน้ำยำก่อนการขึ้นรูปฟิล์ม เพื่อเป็นสูตรน้ำยำควบคุมที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคคือมีคะแนนความชอบด้านรสชาติในระดับชอบมากก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการพัฒนาสารก่อฟิล์ม

ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาของแผ่นฟิล์ม พบว่า แผ่นฟิล์มมีอายุการเก็บที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับอาหารแห้ง หรืออาหารกึ่งสำเร็จรูปชนิดอื่นๆ ดังนั้นควรเพิ่มสารเติมแต่งหรือสารพอลิเมอร์ชนิดอื่น เพื่อยืดอายุการเก็บของแผ่นฟิล์ม และในงานวิจัยในขั้นตอนการเก็บรักษาโดยบรรจุแผ่นฟิล์มไว้ในถุงพอลิโพรพิลีน (PP) ที่มีการป้องกันการซึมผ่านของอากาศ (oxygen permeability) ไม่ดีเท่าพลาสติกบางชนิด ทำให้มีการซึมผ่านของอากาศเข้าไปในแผ่นฟิล์มที่มีการดูดความชื้นจากภายนอก ดังนั้นควรเลือกบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของอากาศได้อย่างดี เช่น ถุงอะลูมิเนียมลามิเนต เป็นต้น

ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาของแผ่นฟิล์มควรเพิ่มการวิเคราะห์สมบัติอื่นๆ ที่เกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านอาหารเพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำการทำนายอายุการเก็บด้วยค่า a_w ไม่สามารถนำมาใช้ได้เพราะผลการทดลองไม่เป็นไปตามสมมติฐานคือ การเก็บที่อุณหภูมิที่สูงกว่าน่าจะมีการเปลี่ยนแปลงค่า a_w เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบริโภคได้ ที่สามารถละลายน้ำได้ เพื่อเพิ่มความแปลกใหม่ และเพิ่มความสะดวกสบายในการใช้งาน ซึ่งสามารถใช้ได้กับน้ำจิ้มหลายประเภท ดังนั้นจึงควรความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับน้ำจิ้มสูตรอื่นๆ เพื่อเพิ่มความหลายหลากให้กับรสชาติมากยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กนกวรรณ ไตรพรวัฒนกุล และ นันท์นภัส ฐากุลวีรนันท์. (2551). การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของฟิล์มเด็กซ์ตริน. ปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิตคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

กระทรวงสาธารณสุข. (2543). ประกาศฉบับที่ 210 เรื่อง อาหารกึ่งสำเร็จรูป.

ดารามาศ แก้วแดง และ วิไลลักษณ์ อิสระมงคลพันธุ์. (2555). น้ำจิ้ม น้ำยำ น้ำปรุงรส. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม่บ้าน.

นุชนาฏ กิจวรเมธา, ธีรนันท์ เจนจรัสสกุล และ วรภา คงเป็นสุข. (2561). สมบัติของฟิล์มปรุงรสละลายเร็วฐานมอลโทเดกซ์-ทรินที่มีน้ำมะขามเปียกและน้ำมะนาว และแซนแทนกัมเป็นองค์ประกอบ. บทความฉบับสมบูรณ์ในรายงานการประชุมวิชาการ. ใน การประชุมวิชาการและการประกวดนวัตกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 2. ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติดิเอ็มเพรส โรงแรมดิเอ็มเพรส เชียงใหม่. 17-18 พฤษภาคม 2561. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

พัฒทรา ธีรพิบูลย์เดช. (2557). แผ่นฟิล์มกักเก็บน้ำมันหอมระเหย (ฟิล์มกลิ่นสมุนไพร). ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2554). พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2554. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ศิริวัฒนาอินเตอร์พริ้นท์.

วรัญญา ศรีสุทัศน์กุล. (2556). การใช้เทคนิคสเปกโตรสโคปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและการปลอมปนของน้ำตาลมะพร้าว. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สุชาดา ไชยสวัสดิ์, วลัยพร เอี่ยมภาษิต, นาตรถยา ชมนารถ และ สรเสกข์ กุลมัย. (2541). การลดความขมของน้ำมะนาวโดยใช้วัตถุเจือปน. วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่. 31(1): 5-12.

สุพรรณิกา กันธิมา. (2555). อิทธิพลของกลีเซอรอลและโปแตสเซียมซอร์เบทต่อสมบัติของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

สัณสนีย์ เหมาคม. (2541). ฟิล์มละลายน้ำจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.

AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. The Association of Official Analytical Chemists.16th Ed. USA: Washington, DC.

AOAC. (2002A). Official Methods 990.12 Aerobic Plate Count in Foods. The Association of Official Analytical Chemists. USA: Verginia.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

AOAC. (2002B). Official Methods 997.02 Yeast and Mold Counts in Foods. The Association of Official Analytical Chemists. USA: Verginia

Arham, R., Mulyati, M. T., Metusalach, M., and Salengke, S. (2016). Physical and mechanical properties of agar based edible film with glycerol plasticizer. International Food Research Journal. 23(4): 1669-1675.

Banker, G. S. (1966). Film coating theory and practice. Journal of Pharmaceutical Sciences. 55(1): 81-89.

Beverlya, R. L., Janes, M. E., Prinyawiwatkula, W., and No, H. K. (2008). Edible chitosan films on ready-to-eat roast beef for the control of Listeria monocytogenes. Food Microbiology. 25(3): 534-537.

Borse, B. B., Rao, L. J. M., Ramalakshmi, K., and Raghavan, B. (2006). Chemical composition of volatiles from coconut sap (neera) and effect of processing. Food Chemistry. 101(3): 877-880.

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

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

Campos, C. A., Gerschenson, L. N., and Flores, S. K. (2011). Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. Food Bioproc. Technol. 4: 849-875.

Chaethong, K., Tunnarut, D. and Pongsawatmanit, R. (2012). Quality and color parameters of dried chili and chili powder pretreated by metabisulfite soaking with different times and concentrations. Kasetsart J. Nat. Sci. 46: 473–484.

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: 895-900.

Donhowe, I. G., and Fennema, O. R. (1994). Edible films and coatings: characteristics, formation, definitions and testing methods. In: Krochta JM,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Baldwin EA, Nisperos-Carriedo M (Eds.) Edible Coatings and Films to Improve Food Quality, Technomic Pub. Co., Lancaster, PA. (p. 1–21).

Du, W. X., Avena-Bustillos, R. J., Hua, S. S. T., and McHugh, T. H. (2011). Antimicrobial volatile essansial oils in edible films for food safety. Science against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances. 2: 1124-1134

Dzija, M. R., Barkalow, D. G., Chapdelaine, A. H., and Zyck, D. J. (2003). Edible film formulations containing maltodextrin. Unites States Patent. US 6,656,493 B2.

Embuscado, M. E., and Huber, K. C. (2009). Structure and function of starch-based edible films and coatings. Edible Films and Coatings for Food Applications. (p.113-134). Springer Dordrecht Heidelberg: London, New York.

Erginkaya, Z., Kalkan, S., and Ünal, E. (2014). Use of Antimicrobial Edible Films and Coatings as Packaging Materials for Food Safety. Food Processing: Strategies for Quality Assessment. Food Engineering Series. Springer, New York.

Farahnaky, A., Saberi, B. and Majzoobi, M. (2013). Effect of glycerol on physical and mechanical properties of wheat starch edible films. Journal of Texture Studies. 44: 176-186.

Fernández, V. M. (2011). Water Activity. In: Gargaud M. et al. (eds) Encyclopedia of Astrobiology. Springer, Berlin, Heidelberg.

García, M. A., Pinotti, A., Martino, M. N., and Zaritzky, N. E. (2009). Characterization of Starch and Composite Edible Films and Coatings. In: Huber K., Embuscado M. (eds) Edible Films and Coatings for Food Applications. Springer, New York, NY.

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: 229–235.

Guilbert, S. (1986). Technology and application of edible film. Food packaing and preservation Theory and practice. (p. 371-394). London: Elsevier Applied Science Publisher.

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Immergut, E. H., and Mark, H. F. (1965). Principles of plasticization. Plasticization and Plasticizer Processes. American Chemical Society: Washington, DC. 1-26.

Kanesuk, S., Riebrory, S., amd Chaijan, M. (2016). Effects of sugars on some characteristics and acceptability of fried sweet-pork. The Proceedings of 54th Kasetsart University Annual Conference. 1064-1071.

Koushki, M. R., Azizi, M. H., 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: 45-50.

Koch, K. (2013). Chapter 19 - Starch-based films. Starch in Food. (pp. 747-761). Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences.

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

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

Majzoobi, M., and Beparva, P. (2014). Effects of acetic acid and lactic acid on physicochemical characteristics of native and cross-linked wheat starches. Food Chemistry. 147: 312-317.

Majzoobi, M., Beparva, P., Farahnaky, A., and Badii, F. (2014). Effects of malic acid and citric acid on the functional properties of native and cross-linked wheat starches. Starch Starke. 66: 491-495.

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

McKeen, L. (2012). The effect of sterilization on plastics and elastomers. Elsevier.

Mohamed., S. A. A., El-Sakhawy., M., and El-Sakhawy., M. A., (2020) Polysaccharides, Protein and Lipid -Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review, Carbohydrate Polymers, 238.

Morpeth., F. (1995). Preservation of Surfactant Formulations. An introduction to microbial spoilage. 1-5.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Nindjin, C., Beyrer, M., and Amani, G. N. (2015). Effects of sucrose and vegetable oil on properties of native cassava (Manihot esculenta Crantz) starch-based edible film. African journal of food, Agriculture, Nutrition and Development. 15(2): 9905-9921.

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.

Park, S. Y., Marsh, K. S., and Rhim, J. W. (2002). Characteristics of Different Molecular Weight Chitosan Films Affected by the Type of Organic Solvents. Journal of Food Science. 67(1): 194-197.

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

Ramos, Ó. L., Reinas, I., Silva, S. I., Fernandes, J. C., Cerqueira, M. A., Pereira, R. N., Vicente, A. A., Pocas, M. F., Pintado, M. E., and Malcata, F. X. (2013). Effect of whey protein purity and glycerol content upon physical properties of edible films manufactured therefrom. Food Hydrocolloids. 30(1): 110-122.

Remuñán-lópez, C., and Bodmeier, R. (1996). Mechanical and Water Vapor Transmission Properties of Polysaccharide Films, Drug Development and Industrial Pharmacy. 22(12): 1201-1209.

Rhim, J. W., and Shellhammer, T. H. (2005). Lipid-based edible films and coatings. Innovations in Food Packing. 362-383.

Saha, D., and Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. J Food Sci Technol. 47(6): 587–597.

Sakkara, S., Nataraj, D., Venkatesh, K., Xu, Y., and Patil, J. H. (2020). Effect of pH on the physicochemical properties of starch films. Journal of Applied Polymer Science. 48563.

Shojaee, A. S., Hosseini, S., Mohammadifar, M. A., Mohammadi, A., Ghasemlou, M., Ojagh, S. M., Hosseini, S. M., and Khaksar, R. (2013). Characterization of antioxidant-antimicrobial Kappa-Carrageenan films containing *Satureja*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

hortensis essential oil. International Journal of Biological Macromolecules. 52: 116–124.

Sothornvit, R., and Krochta, J. M. (2000). Watervapor permeability and solubility of films from hydrolyzed whey protein. Journal of Food Science. 65: 700-703.

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

Sothornvit, R., and Krochta, J. M. (2005). Plasticizers in edible films and coatings. Innovations in Food Packaging. 403-433.

Tong, Q., Xiao, Q., and Lim, L. (2008). Preparation and properties of pullulan–alginate–carboxymethylcellulose blend films. Food Research International. 41(1): 1007-1014.

Vega, E. D., Vasquez, E., Diaz, J. R. A., and Masuelli, M. A. (2015). Influence of the Ionic Strength in the Intrinsic Viscosity of Xanthan Gum. An Experimental Review. Journal of Polymer and Biopolymer Physics Chemistry. 3(1): 12-18.

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

Veiga-Santos, P., Oliveira, L. M., Cereda, M. P., and Scamparini, A. R. P. (2007). Sucrose and inverted sugar as plasticizer. Effect on cassava starch–gelatin film mechanical properties, hydrophilicity and water activity. Food Chemistry. 103: 255-262.

Wittaya, T. (2012). Protein-Based Edible Films: Characteristics and Improvement of Properties, Structure and Function of Food Engineering. Ayman Amer Eissa.

Yu, J., Wang, N., and Ma, X. (2005). The Effects of Citric Acid on the Properties of Thermoplastic Starch Plasticized by Glycerol. Starch/Stärke. 57(10): 494-504.

Zhang, Y., and Han, J. (2006). Mechanical and Thermal Characteristics of Pea Starch Films Plasticized with Monosaccharides and Polyols. Journal of Food Science. 71(2): 109-118.

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.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
วิธีวิเคราะห์สมบัติน้ำยำและสารละลายขึ้นรูปฟิล์ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ก.1 วิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่าง

<u>อุปกรณ์และเครื่องมือ</u>

1. เครื่อง Minolta Chroma Meter (CR 400 series, Konica Minolta Inc., Japan)
2. แผ่นกระเบื้องสีขาว

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. เปิดเครื่อง Minolta Chroma Meter
2. เทียบมาตรฐานของเครื่องโดยใช้แผ่นกระเบื้องสีขาว
3. หากตัวอย่างเป็นสารละลาย ใส่ตัวอย่างลงในถ้วยแก้วสำหรับอุปกรณ์วัดสีที่เป็นชนิดของเหลว หากตัวอย่างเป็นแผ่นฟิล์มขนาด 5x5 เซนติเมตร ลงแผ่นฟิล์มบนพื้นเรียบสีขาว วัดสีของตัวอย่างโดยวางหัววัดลงบนผิวของตัวอย่าง
4. บันทึกค่าที่ได้ ทำการวัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

   โดย L* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่า 0 ถึง 100 (0 หมายถึง มืดที่สุด และ 100 หมายถึง สว่างที่สุด)

   a* หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีแดง (หากมีค่าบวก + แสดงถึง สีแดง และค่าลบ - แสดงถึงสีเขียว)

   b* หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลือง (หากมีค่าบวก + แสดงถึง สีเหลือง และค่าลบ - แสดงถึงสีน้ำเงิน)
5. การคำนวณค่า hue angle (เฉดสี) มีหน่วยเป็นองศา และคำนวณค่า chroma (ความอิ่มของสี)

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

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

   โดย h* = 0° แสดงว่าเป็นสีแดง

   h* = 90° แสดงว่าเป็นสีเหลือง

   h* = 180° แสดงว่าเป็นสีเขียว

   h* = 270° แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน
6. การคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE)

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2}$$

โดย L^*_1, a^*_1, b^*_1 = L^*, a^*, b^* ของตัวอย่าง

L^*_2, a^*_2, b^*_2 = L^*, a^*, b^* ของตัวอย่างมาตรฐาน

ΔE < 3 แสดงว่า ไม่แตกต่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ΔE = 3 – 6 แสดงว่า แตกต่างแต่ยังยอมรับได้

ΔE > 6 แสดงว่า แตกต่างกันมาก

ก.2 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่าง

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. บีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร
2. เครื่อง pH meter
3. สารละลายบัฟเฟอร์ pH 7
4. สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.1

วิธีการวิเคราะห์

1. ปรับค่ามาตรฐานของเครื่อง pH meter ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ pH 7 และ 4.1 ตามลำดับ
2. นำตัวอย่างใส่บีกเกอร์ 25 มิลลิลิตร และวัดค่าด้วย pH meter
3. บันทึกค่าที่ได้ ทำการวัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

ก.3 วิเคราะห์ค่าความหนืดของตัวอย่าง

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. เครื่อง rotational rheometer (Brookfield Engineering Laboratories, USA)
3. หัววัดเบอร์ R2

วิธีการวิเคราะห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. เปิดเครื่อง rotational rheometer พร้อมประกอบหัววัดเข้ากับเครื่องวัดความหนืด
2. เตรียมตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ปริมาร 300 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร
3. นำตัวอย่างวางประกอบเข้ากับเครื่องวัดความหนืด โดยระดับของตัวอย่างต้องท่วงขีดเครื่องหมายที่แสดงอยู่บนหัววัด
4. ใส่หมายเลขหัววัด และใส่ความเร็วรอบ 100 แล้วเริ่มวิเคราะห์
5. สังเกตที่ %Torque ต้องใกล้เคียง 100% แต่ไม่ต่ำกว่า 85%
6. บันทึกค่าที่ได้ ทำการวัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

ภาคผนวก ข
วิธีวิเคราะห์สมบัติของแผ่นฟิล์มรสน้ำยำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข.1 วิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระของตัวอย่าง (a_w)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่อง aqua lab (Decagon Devices, Inc., USA)
2. ถ้วยสำหรับวัด a_w

วิธีการวิเคราะห์

1. นำแผ่นฟิล์มตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ในถ้วยสำหรับวัด a_w ให้มีความสูงประมาณ 2 ใน 3 ของถ้วย
2. ใส่ถ้วยสำหรับวัด a_w ที่บรรจุตัวอย่างแล้วในเครื่อง aqua lab รอจนเครื่องได้ค่า a_w ที่คงที่
3. บันทึกค่าที่ได้ ทำการวัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

ข.2 วิเคราะห์ค่าความชื้นของตัวอย่าง (AOAC, 2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
2. เครื่องชั่ง (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
3. โถดูดความชื้น (Desiccator) ที่มีสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจล
4. ที่คีบกระป๋อง (Tong)
5. ถ้วยอะลูมิเนียม
6. ถาดอะลูมิเนียม

วิธีการวิเคราะห์

1. อบถ้วยอะลูมิเนียม ที่ตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที
2. ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (W_1)
3. สับตัวอย่าง 2-3 กรัมให้ละเอียด
4. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนใส่ในถ้วยอะลูมิเนียมที่อบเรียบร้อยแล้ว และชั่งน้ำหนัก (W_2)
5. นำถ้วยอะลูมิเนียมไปอบที่ตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง
6. นำถ้วยอะลูมิเนียมออกจากตู้อบลมร้อน และทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ประมาณ 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
7. นำไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักที่คงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) (W_3)
8. การคำนวณปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\text{ปริมาณความชื้น} = \frac{[(W_2 - W_3) \times 100]}{(W_2 - W_1)}$$

โดย W_1 =น้ำหนักของถาดอะลูมิเนียม หน่วยเป็น กรัม

W_2 =น้ำหนักของถาดอะลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ หน่วยเป็น กรัม

W_3 =น้ำหนักของถาดอะลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบ หน่วยเป็น กรัม

9. บันทึกค่าที่ได้ ทำการวัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

ข.3 วิเคราะห์ค่าความหนาของตัวอย่าง

<u>อุปกรณ์และเครื่องมือ</u>

1. เครื่อง micrometer (Mitutoyo Corp., Japan)

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. ตัดตัวอย่างแผ่นฟิล์มเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5 X 5 เซนติเมตร
2. วัดความหนาของฟิล์มด้วย micrometer (Mitutoyo Corp., Japan) โดยทำการสุ่มวัดความหนาของฟิล์ม 10 ตำแหน่งรอบๆ แผ่นฟิล์ม

ข.4 วิเคราะห์สมบัติเชิงกลของตัวอย่าง

<u>อุปกรณ์และเครื่องมือ</u>

1. เครื่อง texture analyzer (TA-XT Icon, Stable Micro Systems Texture Analtsae, UK)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. ตัดตัวอย่างแผ่นฟิล์มขนาด 2x10 เซนติเมตร จำนวน 12 ชิ้น
2. ทำการ Calibrate Force และ Calibrate Height ที่ 60 มิลลิเมตร
3. เข้าไปที่ T.A Setting เลือก Library เพื่อกำหนดรูปแบบการวัด โดยเลือก Return to start
4. ตั้งค่าเครื่อง texture analyzer โดยกำหนดค่าดังนี้
    4.1 Pre-Test Speed : 0.5 min/sec
    4.2 Test Mode : Tension
    4.3 Probe Selection : A-TG
5. เข้าไปที่ T.A Run a Test เขียนรายละเอียดของตัวอย่าง และเลือก Drive ที่ต้องการบันทึก
6. เริ่มทดสอบ โดยให้เครื่องดึงตัวอย่างจนกระทั่งฟิล์มขาดออกจากกัน
7. บันทึกค่าที่ได้ ทำการวัดตัวอย่าง 12 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

8. การคำนวณค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) จากสมการ ข.2.1 ร้อยละการยืดตัว (Percent elongation) จากสมการ ข.2.2

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

$$\%E = \frac{\text{ระยะยืดตัวของตัวอย่าง } (mm)}{\text{ความยาวเริ่มต้นของตัวอย่าง } (mm)} \times 100 \qquad \text{(ข.2.2)}$$

ข.5 วิเคราะห์ค่าการละลายน้ำของตัวอย่าง (solubility) ดัดแปลงจากวิธีของ Shojaee et al. (2013)

<u>อุปกรณ์และเครื่องมือ</u>

1. บีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร
2. เครื่องกวนสารละลายพร้อมเตาให้ความร้อน (Hot plate)
3. กระดาษกรอง
4. ถ้วยอะลูมิเนียม
5. ถาดอะลูมิเนียม
6. เครื่องจับเวลา

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. ตัดตัวอย่างแผ่นฟิล์มขนาด 2 x 2 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นที่แน่นอน (ประมาณ 5 กรัม) (W_0)
2. นำแผ่นฟิล์มที่ได้มาแช่ในถ้วยที่บรรจุน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซสเซียส ปริมาตร 50 มิลลิลิตร พร้อมคนตัวอย่าง
3. สุ่มตัวอย่างที่เวลา 1, 2 และ 3 นาที กรองจนเหลือส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (W_f) ใส่ไว้ในถ้วยอะลูมิเนียมที่อบแล้ว
4. นำตัวอย่างที่ได้ในถ้วยอะลูมิเนียมมาทำให้แห้งอีกครั้งโดยอบที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์
5. ชั่งน้ำหนัก และนำไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมง จนตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่
6. การคำนวณค่าการละลายน้ำ (%)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\text{ความสามารถในการละลายน้ำ } (\%) = \left(\frac{W_0 - W_f}{W_0}\right) \times 100$$

โดย W_0 = น้ำหนักเริ่มต้นของแผ่นฟิล์ม

W_f = น้ำหนักของฟิล์มที่ไม่ละลายน้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี (AOAC Official Method 990.12, 2002)
ปริมาณยีสต์และรา (AOAC Official Method 997.02, 2002)

1. เตรียมตัวอย่างที่ต้องการตรวจเจืองจาง 1:10 โดยชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ตักใส่ Stomacher bag ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เติม diluent (0.1% Peptone water) ลงไป ประมาณ 100 มิลลิลิตร (เตรียม peptone water 225 มิลลิลิตร) ตีป่นใน stomacher นาน 1 นาที แล้วเติม peptone water ที่เหลืออีก 125 มิลลิลิตร ตีป่นอีก 30 วินาที
2. ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มี 0.1% Peptone water 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างที่มีความเจือจางเท่ากับ 10^{-2} แล้วจึงเจือจางตัวอย่างตามวิธีข้างต้นจนได้ค่าเจือจาง 10^{-3} และ 10^{-4}
3. วางแผ่น 3M Prtrifilm^{TM} บนพื้นราบ เปิดแผ่นฟิล์มแผ่นบนขึ้น ใช้ปิเปตถ่ายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงตรงกลางแผ่นฟิล์มแผ่นล่าง โดยให้ปิเปตตั้งฉากกับแผ่น 3M Prtrifilm^{TM} แล้วค่อยๆปล่อยแผ่นฟิล์มแผ่นบนลงมา วางตัวกด Spreader บนแผ่นฟิล์มแผ่นบนให้ครอบบริเวณที่หยดตัวอย่าง ใช้นิ้วกดแรงพอประมาณจนตัวอย่างกระจายเต็มวงกลม ยก Spreader ขึ้น รออย่างน้อย 1-2 นาที เพื่อให้เนื้อเจลแข็งตัว
4. นำไปบ่มที่ตู้บ่มตามอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อเชื้อแต่ละชนิด (เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 1 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง ,ปริมาณยีสต์และรา บ่มที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส เวลา 5 วัน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

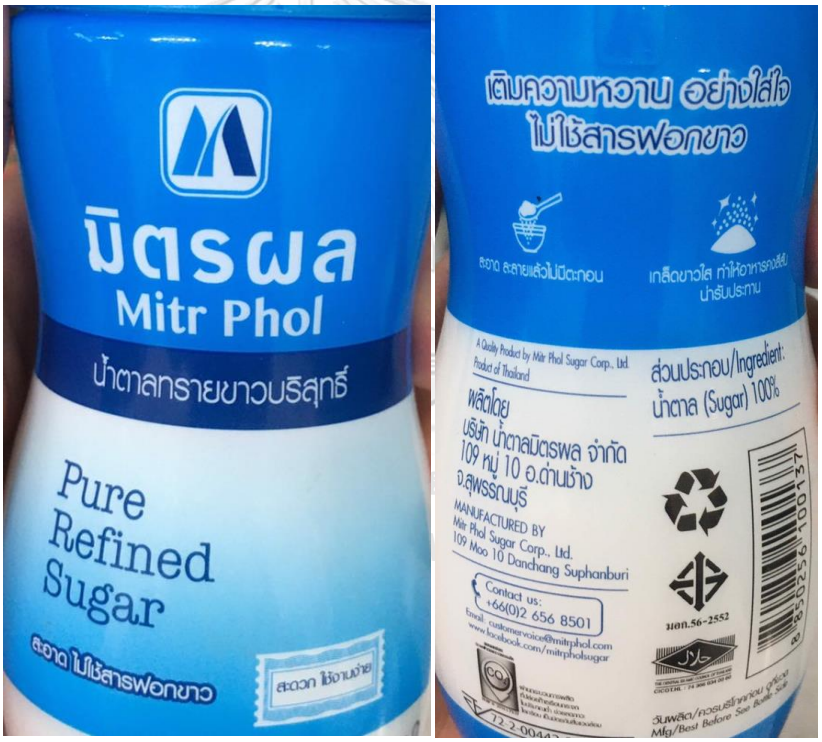
ภาคผนวก ง
ผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพ ง.1 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำส้มสายชูกลั่น 5% ตรา อสร. บริษัท อสร. ฟู้ดส์ จำกัด

ภาพ ง.2 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำมะนาว 100% ตรา นูบูน บริษัท นูบูน จำกัด

ภาพ ง.3 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำปลา ตรา ทิพรส บริษัท ไพโรจน์ (ทั่งซังฮะ) จำกัด



ภาพ ง.4 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำตาลทราย ตรา มิตรผล บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด

ภาพ ง.5 ฉลากผลิตภัณฑ์ น้ำตาลมะพร้าว ตรา ลูกนายพล

ภาพ ง.6 ฉลากผลิตภัณฑ์ พริกขี้หนูป่นละเอียด บริษัท อาจจิตต์อินเตอร์เนชั่นแนลเพ็พเพอร์ แอนด์สไปซ์ จำกัด

ภาคผนวก จ

แบบสอบถาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผู้ทดสอบเลขที่_____ วันที่ทดสอบ _____
ชื่อผู้ทดสอบ_____

แบบสอบถามเกี่ยวกับสุขภาพและพฤติกรรมของผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

<u>คำแนะนำ :</u> กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ที่ตรงกับข้อมูลของท่านมากที่สุด

1.1 เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

1.2 อายุ

☐ ต่ำกว่า 15 ปี ☐ 15-20 ปี ☐ 21-30 ปี
☐ 31-40 ปี ☐ 41-50 ปี ☐ 51 ปีขึ้นไป

1.3 ระดับการศึกษา

☐ ต่ำกว่ามัธยมปลาย ☐ มัธยมปลาย/ปวช. ☐ อนุปริญญา/ปวส.
☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

1.4 รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

☐ น้อยกว่า 10,001 บาท ☐ 10,001-30,000 บาท
☐ 30,001-60,000 บาท ☐ มากกว่า 60,000 บาท

1.5 ประวัติการมีโรคประจำตัว

☐ ไม่มีโรคประจำตัว ☐ มีโรคประจำตัว (โปรดระบุชื่อโรค/อาการ)
.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.6 ท่านมีภาวะเสี่ยงต่อโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง โรคมะเร็ง โรคความ ดันโลหิตสูง เป็นต้น (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ มีรูปร่างท้วมหรืออ้วน ☐ มีภาวะอ้วนลงพุง
☐ ภาวะความดันโลหิตสูง ☐ มีน้ำตาลในเลือดสูง/มีเบาหวาน
☐ มีไขมันในเลือดสูง ☐ มีไขมันเกาะตับ
☐ กินอาหารรสหวาน/มัน/เค็มจัด ☐ อารมณ์แปรปรวนง่าย
☐ ไม่ออก/แทบไม่ออกกำลังกาย ☐ มีพ่อแม่/ปู่ย่า/ตายาย ป่วย/ตายด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง
☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

ตอนที่ 2 พฤติกรรมการบริโภคอาหารประเภทยำ

<u>คำแนะนำ</u> : กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ให้ตรงกับที่ท่านปฏิบัติ

ปฏิบัติประจำ หมายถึง ปฏิบัติเป็นประจำทุกวันหรือเกือบทุกวัน

ปฏิบัติบ่อยๆ หมายถึง ปฏิบัติวันเว้นวัน หรือ 3-5 ครั้ง / สัปดาห์

ปฏิบัติบางครั้ง หมายถึง ปฏิบัติ 1-2 ครั้ง / สัปดาห์

ปฏิบัตินานๆครั้ง หมายถึง ปฏิบัติ 1-2 ครั้ง / เดือน

ไม่เคยปฏิบัติ หมายถึง ไม่เคยทำ

พฤติกรรมการบริโภคอาหารประเภทยำ	**ระดับของการปฏิบัติ**				
	ประจำ	**บ่อยๆ**	**บางครั้ง**	**นานๆ ครั้ง**	**น้อย มาก**
1. รับประทานอาหารประเภทยำในมื้อเช้า	☐	☐	☐	☐	☐
2. รับประทานอาหารประเภทยำในมื้อกลางวัน	☐	☐	☐	☐	☐
3. รับประทานอาหารประเภทยำในมื้อเย็น	☐	☐	☐	☐	☐
4. รับประทานอาหารประเภทยำเป็นอาหารว่าง	☐	☐	☐	☐	☐
รูปแบบการบริโภคอาหารประเภทยำ	☐	☐	☐	☐	☐
1. ท่านรับประทานอาหารประเภทยำเป็นอาหารหลักแทนข้าว					
2. ท่านรับประทานอาหารประเภทยำเป็นกับแกล้ม	☐	☐	☐	☐	☐
3. ท่านรับประทานอาหารประเภทยำที่ปรุงเอง	☐	☐	☐	☐	☐
4. ท่านรับประทานอาหารประเภทยำที่ซื้อปรุงสำเร็จแล้วมารับประทาน	☐	☐	☐	☐	☐
5. ท่านรับประทานอาหารประเภทยำที่สั่งปรุงใหม่ในร้านอาหาร	☐	☐	☐	☐	☐

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1 ท่านชอบรับประทานอาหารประเภทยำ

☐ มากที่สุด ☐ มาก ☐ ปานกลาง ☐ น้อย ☐ น้อยที่สุด

2.2 เมื่อท่านรับประทานอาหารประเภทยำ ท่านรับประทานส่วนประกอบชนิดใดมาก

☐ ส่วนประกอบที่เป็นเนื้อสัตว์

☐ ส่วนประกอบที่เป็นผัก

☐ ส่วนประกอบที่เป็นพืชสมุนไพร เช่น กระเทียม ตะไคร้ สะระแหน่

☐ น้ำยำ

☐ ส่วนประกอบอื่นๆ (โปรดระบุ).....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้ทดสอบเลขที่_____ วันที่ทดสอบ _____

ชื่อผู้ทดสอบ_____

การทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

ท่านจะได้รับตัวอย่างทดสอบเพื่อทำการทดสอบ 3 ส่วน

ส่วนที่ 1

- ท่านจะได้รับตัวอย่าง แผ่นปรุงรสน้ำยำ ทีละ 1 ตัวอย่าง (จาก 2 ตัวอย่าง) เพื่อประเมินลักษณะของแผ่น

ส่วนที่ 2

- ท่านจะได้รับตัวอย่าง แผ่นปรุงรสน้ำยำ และน้ำเปล่า ทีละ 1 ตัวอย่าง (จาก 6 ตัวอย่าง)
- หัก/ฉีกแผ่นปรุงรส (ขนาด 8 กรัม) ให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ละลายในถ้วยน้ำเปล่าที่เตรียมไว้ให้สำหรับแต่ละตัวอย่าง คนให้แผ่นปรุงรสละลาย (ใช้เวลาประมาณ 5นาที)

ส่วนที่ 3

- ประเมินลักษณะและความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ปรุงรสที่ละลายได้ (จากส่วนที่ 2) **โดยทำตามลำดับตามที่ได้รับตัวอย่างจากส่วนที่ 2**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ส่วนที่ 1 แบบประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำยำ

<u>คำแนะนำ :</u> พิจารณาข้อความและตอบคำถาม โดยทำเครื่องหมาย X ลงใน ☐ ที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน “ผลิตภัณฑ์แผ่นปรุงรสน้ำยำโดยแปรรูปแผ่นฟิล์มบริโภคในรูปแบบแผ่นปรุงรส เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค มีความสะดวกในการพกพา เหมาะสำหรับนักเดินทาง เช่น เดินทางไปต่างประเทศ หรือ เข้าค่ายพักแรม ใช้ได้ง่าย โดยฉีกแผ่นปรุงรสละลายด้วยน้ำเปล่าอุณหภูมิปกติ คนเป็นเวลา 3-5 นาที แผ่นปรุงรสจะคืนรูปเป็นน้ำยำสามารถรับประทานได้ทันที นอกจากนี้ยังสามารถนำไปแช่น้ำให้นิ่มแล้ววางบนผักหรือเนื้อสัตว์ในแซนวิชก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งได้” จากข้อความนี้กรุณาให้ความคิดเห็นของท่าน

รหัสตัวอย่าง <u>xxx</u>

1. ความสะดวกในการใช้ผลิตภัณฑ์

ไม่สะดวกเลย ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ สะดวกมาก

2. ความน่าสนใจของผลิตภัณฑ์

ไม่น่าสนใจเลย ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ น่าสนใจมาก

3. หากมีผลิตภัณฑ์วางขายท่านคิดว่าท่านสนใจซื้อหรือไม่

ไม่น่าสนใจเลย ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ น่าสนใจมาก

4. ความชอบด้านสีของแผ่น

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบอย่างยิ่ง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบอย่างยิ่ง

5. ความชอบด้านการกระจายตัวของพริกป่น

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบอย่างยิ่ง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบอย่างยิ่ง

6. ความพอดีของปริมาณพริกป่น

☐	☐	☐
น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 2 แบบประเมินคุณภาพการละลายของแผ่นปรุงรสน้ำยำ

<u>คำแนะนำ :</u> หัก/ฉีกตัวอย่างแผ่นปรุงรส (ขนาด 8 กรัม) ให้เป็นชิ้นเล็กๆ ละลายในถ้วยน้ำเปล่าที่เตรียมไว้ให้สำหรับแต่ละตัวอย่าง คนให้แผ่นปรุงรสละลาย (ใช้เวลาประมาณ 5 นาที) แล้วประเมินความชอบและความพอดีของคุณลักษณะต่างๆ ของตัวอย่าง โดยทำเครื่องหมาย X ลงใน ☐ ที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน

รหัสตัวอย่าง <u>xxx</u>

1. ความชอบด้านเนื้อสัมผัสของแผ่น (ขณะฉีกแผ่น)

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบอย่างยิ่ง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบอย่างยิ่ง

2. ความชอบด้านการละลาย

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบอย่างยิ่ง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบอย่างยิ่ง

3. ความเร็วในการการละลาย

☐	☐	☐
เร็วเกินไป	พอดี	ช้าเกินไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ส่วนที่ 3 แบบประเมินคุณภาพของน้ำยำที่ละลายได้ (จากส่วนที่ 2)

รหัสตัวอย่าง XXX

คำแนะนำ : ชิมตัวอย่างน้ำยำที่ละลายได้ โดยรับประมานคู่กับวุ้นเส้นลวกที่เตรียมไว้ให้ แล้วประเมินความชอบและความพอดีของคุณลักษณะต่างๆ ของตัวอย่าง โดยทำเครื่องหมาย X ลงใน ☐ ที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน

4. ความชอบด้านต่างๆ ต่อน้ำยำ

สี	กลิ่น (ขณะดม)	ความหนืด	กลิ่นรสน้ำยำ	ความชอบโดยรวม
ชอบอย่างยิ่ง ☐	ชอบอย่างยิ่ง ☐	ชอบอย่างยิ่ง ☐	ชอบอย่างยิ่ง ☐	ชอบอย่างยิ่ง ☐
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 ☐
ไม่ชอบอย่างยิ่ง ☐	ไม่ชอบอย่างยิ่ง ☐	ไม่ชอบอย่างยิ่ง ☐	ไม่ชอบอย่างยิ่ง ☐	ไม่ชอบอย่างยิ่ง ☐

5. ระดับความพอดีของกลิ่นรสต่างๆ ของน้ำยำ

กลิ่นรสน้ำยำ	กลิ่นรสมะนาว	ความหวาน	ความเค็ม	ความเปรี้ยว	ความเผ็ด
น้อยเกินไป ☐	น้อยเกินไป ☐	น้อยเกินไป ☐	น้อยเกินไป ☐	น้อยเกินไป ☐	น้อยเกินไป ☐
พอดี ☐	พอดี ☐	พอดี ☐	พอดี ☐	พอดี ☐	พอดี ☐
มากเกินไป ☐	มากเกินไป ☐	มากเกินไป ☐	มากเกินไป ☐	มากเกินไป ☐	มากเกินไป ☐

งานวิชาการและกิจการนิสิต
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาฯ
เลขที่รับ LP037407/2563
วันที่ 31 ส.ค. 2563 เวลา 8.59

LP1040/63
๓๐ ส.ค. ๖๓/๑๐๓๑๓

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาฯ
เลขรับ SCI-EX 04251/2563
วันที่ ๒๘ สค 63
เวลา ๑๓.๕๔

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218-3202, 83049
ที่ จว 373/2563 (อ) **วันที่** 26 สิงหาคม 2563
เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

ตามที่นิสิต/บุคลากรในสังกัดของท่านได้เสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้น ในการนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลักได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยแบบยกเว้นการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย (Exempt categories) ดังนี้

โครงการวิจัยที่ 140.1/63 เรื่อง ผลของกรด น้ำตาล และพลาสติไซเซอร์ต่อสมบัติของฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินรสน้ำยำ (EFFECTS OF ACIDS SUGARS AND PLASTICIZER ON PROPERTIES OF SPICY DRESSING FLAVORED MALTODEXTRIN-BASED FILM) **ของ นางสาวศิโยน กรพิบูลย์พงษ์ นิสิตระดับ**มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน
กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรียน หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
เพื่อโปรดทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีรัตน์ เตียววาณิชย์)
รองคณบดี
31 สิงหาคม 2563

2/9/63

AF 01-12

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์: 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 191/2563

ใบรับรองโครงการวิจัย
ยกเว้นการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 140.1/63 : ผลของกรด น้ำตาล และพลาสติไซเซอร์ต่อสมบัติของฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินรสน้ำยำ

ผู้วิจัยหลัก : นางสาวศิโยน กรพิบูลย์พงษ์

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงการวิจัยนี้ได้รับการยกเว้นการทบทวนจริยธรรมการวิจัยโดยใช้หลักของ Office for Human Research Protections (OHRP Exempt Categories) 45 CFR part 46.101(b)

โดยมีเงื่อนไขว่าผู้วิจัยดำเนินการวิจัยอย่างเคร่งครัดตามที่ปรากฏในโครงการวิจัยฉบับที่ส่งให้คณะกรรมการฯ พิจารณา หากมีการเปลี่ยนแปลงต้องแจ้งคณะกรรมการฯ ก่อนมีการดำเนินการวิจัยต่อไป

ลงนาม.....
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปรีดา ทัศนประดิษฐ)
ประธาน

ลงนาม.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศ์โรจน์)
กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 25 สิงหาคม 2563

หมายเหตุ
โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 01-15) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

ภาคผนวก ช
ข้อมูลการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ช.1 พัฒนาสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มปรุงรสน้ำยำ โดยศึกษาอิทธิพลของสูตรน้ำยำต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์ม

ตาราง ช.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของส่วนประกอบของน้ำยำ

สมบัติ	น้ำมะนาว	น้ำส้มสายชู	น้ำตาลทราย	น้ำตาลมะพร้าว	น้ำปลา
L*	53.48±0.09^{b}	60.79±1.71^{a}	55.08±1.52^{b}	38.50±0.30^{c}	36.95±1.33^{c}
a*	-0.54±0.01^{d}	0.46±0.01^{c}	0.37±0.03^{c}	4.80±0.45^{b}	6.06±0.6^{a}
b*	-0.80±0.06^{a}	-5.82±0.10^{b}	-5.56±0.15^{b}	-0.38±0.31^{a}	-1.37±0.66^{a}
hue angle	55.85±2.22^{b}	85.48±0.17^{a}	86.19±0.35^{a}	4.39±3.24^{d}	13.09±7.40^{c}
chroma	0.97±0.05^{d}	5.83±0.10^{ab}	5.57±0.15^{b}	4.82±0.47^{c}	6.25±0.41^{a}
pH	2.32±0.03^{d}	2.51±0.10^{c}	5.33±0.03^{a}	4.77±0.02^{b}	5.32±0.01^{a}
TSS	9.83±0.29^{d}	2.00±0.00^{e}	29.93±0.12^{b}	29.53±0.06^{c}	39.53±0.15^{a}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

ตาราง ช.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของส่วนประกอบของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทริน

สมบัติ	สารละลายมอลโทเดกซ์ทรินความเข้มข้นร้อยละ 30	สารละลายมอลโทเดกซ์ทรินผสมกลีเซอรอลและแซนแทนกัม
L*	62.57±1.60^{a}	37.17±0.05^{b}
a*	0.46±0.03^{b}	5.13±0.02^{a}
b*	-5.29±0.11^{b}	-4.45±0.07^{a}
hue angle	85.03±0.20^{a}	40.94±0.39^{b}
chroma	5.31±0.11^{b}	6.79±0.05^{a}
pH	4.84±0.06^{b}	5.22±0.02^{a}
TSS	28.87±0.15b	30.07±0.06^{a}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

ตาราง ช.3 ค่า *L (ความสว่าง) ของน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ค่า L*			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	25.16±0.64^{ab}	25.92±0.39^{a}	26.74±0.57^{a}	25.94±0.79^{Y}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	24.81±1.41^{ab}	23.73±1.58^{bc}	22.15±1.16^{c}	23.56±1.34^{Z}
ค่าเฉลี่ย^{NS}	24.99±0.24	24.82±0.1.54	24.44±3.25	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.4 ค่า *a (สีแดง) ของน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ค่า a*			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	0.94±0.51^{bc}	2.03±0.76^{ab}	2.85±1.16^{a}	1.94±0.96^{Y}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	-0.04±0.37^{c}	0.15±0.22^{c}	0.30±0.23^{c}	0.14±0.17^{Z}
ค่าเฉลี่ย	0.45±0.69^{B}	1.09±1.32^{AB}	1.57±1.80^{A}	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.5 ค่า *b (สีเหลือง) ของน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ค่า b*			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	5.98±0.48^{c}	2.03±0.76^{ab}	10.59±1.62^{a}	8.22±2.31^{Y}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	4.55±0.34^{d}	4.37±0.30^{d}	3.48±0.34^{d}	4.13±0.58^{Z}
ค่าเฉลี่ย	5.26±1.01^{B}	6.23±2.62^{AB}	7.04±5.03^{A}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.6 ค่าเฉดสี (hue angle) ของน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ค่า hue angle			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	80.93±5.18^{ab}	75.7303±6.07^{b}	74.87±6.73^{b}	77.18±5.94^{Z}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	86.67±1.96^{a}	87.18±1.64^{a}	85.01±3.65^{a}	86.29±2.43^{Y}
ค่าเฉลี่ย^{NS}	83.80±4.71	81.45±7.42	79.94±7.37	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.7 ค่าความอิ่มตัวของสี (chroma) ของน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ค่า chroma			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	6.07±0.44^{c}	8.36±0.61^{b}	11.02±1.56^{a}	8.48±2.31^{Y}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	4.56±0.34^{d}	4.38±0.30^{d}	3.49±0.34^{d}	4.14±0.57^{Z}
ค่าเฉลี่ย^{NS}	5.31±0.90^{B}	6.37±2.22^{A}	7.26±4.24^{A}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช. 8 ค่า pH (ความเป็นกรด-ด่าง) ของน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	pH			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย^{NS}
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	2.85±0.02^{c}	3.18±0.06^{b}	3.62±0.05^{a}	3.22±0.34
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	2.85±0.03^{c}	3.13±0.05^{b}	3.59±0.03^{a}	3.19±0.33
ค่าเฉลี่ย	2.85±0.03^{C}	3.16±0.05^{B}	3.61±0.04^{A}	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.9 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	TSS			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	47.37±1.98^{a}	45.87±1.70^{ab}	44.63±1.27^{bc}	45.96±1.88^{Y}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	44.23±0.32^{bc}	42.80±0.44^{cd}	41.77±0.46^{d}	42.93±1.13^{Z}
ค่าเฉลี่ย	45.80±2.14^{A}	44.33±2.01^{AB}	43.20±1.79^{B}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.10 ค่า *L (ความสว่าง) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ค่า L*			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	25.80±0.92^{ab}	26.66±0.84^{a}	26.93±0.70^{a}	26.46±0.59^{Y}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	25.09±1.24^{abc}	24.29±1.41^{bc}	23.08±1.47^{c}	24.15±1.01^{Z}
ค่าเฉลี่ย^{NS}	25.45±0.5	25.48±1.68	25.00±2.72	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.11 ค่า *a (สีแดง) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ค่า a*			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	0.49±0.46^{b}	1.26±0.36^{a}	1.64±0.55^{a}	1.13±0.59^{Y}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	-0.01±0.40^{b}	0.29±0.22^{b}	0.30±0.37^{b}	0.19±0.18^{Z}
ค่าเฉลี่ย	0.24±0.35^{B}	0.78±0.69^{A}	0.97±0.94^{A}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.12 ค่า *b (สีเหลือง) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ค่า b*			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	6.30±0.76^{c}	8.74±0.79^{b}	10.17±0.77^{a}	8.40±1.96^{Y}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	4.58±0.47^{d}	4.87±0.57^{d}	4.30±0.60^{d}	4.58±0.29^{Z}
ค่าเฉลี่ย	5.44±1.22^{B}	6.81±2.73^{A}	7.24±4.15^{A}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.13 ค่าเฉดสี (hue angle) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ค่า hue angle			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	85.73±3.86^{ab}	81.80±2.30^{bc}	80.88±2.98^{c}	82.80±3.50^{Z}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	85.99±1.84^{ab}	86.69±2.52^{a}	85.05±2.97^{abc}	85.91±2.27^{Y}
ค่าเฉลี่ย^{NS}	85.86±2.71	84.25±3.44	82.97±3.51	

หมายเหตุ แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.14 ค่าความอิ่มตัวของสี (chroma) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ค่า chroma			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	6.33±0.77^{c}	8.84±0.79^{b}	10.31±0.79^{a}	8.49±1.87^{Y}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	4.59±0.47^{d}	4.88±0.57^{d}	4.32±0.61^{d}	4.60±0.54^{Z}
ค่าเฉลี่ย^{NS}	5.46±1.11^{B}	6.86±2.25^{AB}	7.32±3.34^{A}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.15 ค่าความหนืดของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ความหนืด (cP)			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	478.5±47.12^{a}	408.7±64.22^{ab}	364.0±48.67^{abc}	417.06±68.39^{Y}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	359.9±124.15^{abc}	314.8±135.95^{bc}	230.6±95.25^{c}	301.77±118.21^{Z}
ค่าเฉลี่ย	419.20±106.18^{A}	361.75±108.11^{AB}	297.28±99.56^{B}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.16 ค่า pH (ความเป็นกรด-ด่าง) ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	pH			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ยNS
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	2.88±0.01^{c}	3.20±0.02^{b}	3.60±0.04^{a}	3.23±0.31
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	2.90±0.05^{c}	3.17±0.05^{b}	3.62±0.03^{a}	3.23±0.32
ค่าเฉลี่ย	2.89±0.04^{C}	3.19±0.04^{B}	3.61±0.03^{A}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.17 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ปริมาณน้ำอิสระ^{NS}			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย^{NS}
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	0.41±0.02	0.45±0.03	0.43±0.02	0.43±0.04
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	0.45±0.03	0.43±0.01	0.42±0.01	0.43±0.03
ค่าเฉลี่ย^{NS}	0.43±0.03	0.44±0.04	0.43±0.03	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{NS} หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตาราง ช. 18 ค่าความชื้น ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ความชื้น			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	10.016±1.23^{a}	8.976±1.25^{a}	6.537±1.25^{b}	8.51±1.89^{Z}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	10.388±1.92^{a}	9.065±1.82^{a}	8.384±1.45^{ab}	9.28±1.80^{Y}
ค่าเฉลี่ย	10.20±1.51^{A}	9.02±1.45^{B}	7.46±1.60^{C}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช. 19 ค่า *L (ความสว่าง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ค่า *L			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	81.65±1.61^{ab}	83.49±0.61^{a}	83.80±0.86^{a}	82.53±1.86^{Y}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	80.29±1.24^{bc}	79.81±2.37^{bc}	79.15±1.90^{c}	80.20±2.11^{Z}
ค่าเฉลี่ย^{NS}	80.97±1.52	81.65±2.54	81.47±2.84	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.20 ค่า *a (สีแดง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ค่า *a			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	0.81±038^{b}	0.73±0.20^{b}	0.85±0.19^{b}	0.80±0.25^{Z}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	1.47±0.44^{a}	0.94±0.48^{ab}	1.16±0.27^{ab}	1.19±0.43^{Y}
ค่าเฉลี่ย^{NS}	1.14±0.52	0.83±0.36	1.01±0.27	0.81±038^{b}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช.21 ค่า *b (สีเหลือง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ค่า *b			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	17.53±2.64^{ab}	13.25±2.62^{bc}	10.61±1.48^{c}	14.49±5.12^{Z}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	19.61±5.48^{a}	18.63±2.94^{ab}	20.19±4.18^{a}	18.78±3.21^{Y}
ค่าเฉลี่ย	18.57±4.13^{A}	15.94±3.86^{B}	15.40±5.89^{B}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.22 ค่าเฉดสี (hue angle) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ค่า hue angle^{NS}			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	85.55±1.28	86.71±1.28	85.45±0.64	85.90±1.17^{Z}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	87.15±1.78	87.15±1.33	86.66±0.84	86.99±1.26^{Y}
ค่าเฉลี่ย^{NS}	86.35±1.67	86.93±1.23	86.05±0.95	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.23 ค่าความอิ่มตัวของสี (chroma) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ค่า chroma			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	19.67±5.48^{a}	13.27±2.61^{b}	10.64±1.49^{b}	14.53±5.13^{Z}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	17.55±2.61^{a}	18.66±2.95^{a}	20.23±4.18^{a}	18.81±3.21^{Y}
ค่าเฉลี่ย^{NS}	18.61±4.13	15.96±3.86	15.43±5.89	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.24 ค่าความหนาของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	ความหนา (mm)^{NS}			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย^{NS}
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	0.77±0.005	0.82±0.006	0.75±0.003	0.78±0.05
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	0.76±0.006	0.76±0.013	0.70±0.004	0.74±0.08
ค่าเฉลี่ย^{NS}	0.77±0.05	0.79±0.10	0.73±0.04	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช. 25 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	Tensile strength (MPa)			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	1.93±0.37^{d}	2.31±0.59^{cd}	2.72±0.53^{cd}	2.32±0.53^{Z}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	2.53±0.74^{bc}	3.24±1.16^{b}	3.87±1.57^{a}	3.21±1.34^{Y}
ค่าเฉลี่ย	2.23±0.68^{C}	2.77±1.06^{B}	3.29±1.30^{A}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.26 ร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	Elongation (%)			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย^{NS}
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	98.93±20.87^{ab}	91.78±23.80^{bc}	81.68±14.24^{d}	90.80±11.62
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	106.74±29.62^{a}	86.48±15.64^{cd}	81.03±12.83^{d}	91.42±12.79
ค่าเฉลี่ย	102.83±10.18^{A}	89.13±7.07^{B}	81.36±6.74^{C}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.27 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	การละลายน้ำ (%) ที่ 1 นาที			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย^{NS}
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	55.55±4.63^{b}	54.33±4.50^{b}	67.90±13.06^{ab}	59.26±9.94^{Z}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	80.95±15.20^{a}	59.32±4.65^{b}	64.15±7.61^{b}	68.14±13.36^{Y}
ค่าเฉลี่ย	68.25±17.10^{A}	56.82±5.01^{B}	66.02±10.10^{A}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช. 28 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 2 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	การละลายน้ำ (%) ที่ 2 นาที			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			ค่าเฉลี่ย^{NS}
	น้ำมะนาว (1:0)	น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)	น้ำส้มสายชู (0:1)	
สูตรน้ำตาลทราย	81.70±4.27^{c}	81.74±8.58^{c}	93.38±1.96^{ab}	85.61±7.68^{Z}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	98.97±1.83^{a}	93.38±3.04^{ab}	91.66±2.84^{b}	94.67±4.03^{Y}
ค่าเฉลี่ย^{NS}	90.33±9.72	87.56±8.61	92.52±2.44	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.29 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 3 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ 6 สูตร

น้ำยำ	**การละลายน้ำ (%) ที่ 3 นาที**			
	อัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู			**ค่าเฉลี่ย^{NS}**
	น้ำมะนาว (1:0)	**น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1)**	**น้ำส้มสายชู (0:1)**	
สูตรน้ำตาลทราย	94.02±1.17^{c}	97.68±1.48^{b}	100.00±0.00^{a}	97.23±2.75^{Z}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	99.96±0.08^{a}	99.99±0.05^{Y}
ค่าเฉลี่ย^{NS}	97.01±3.29^{C}	98.84±1.57^{B}	99.98±0.06^{A}	

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ช.2 การพัฒนาขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ

ตาราง ช.30 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

แผ่นฟิล์ม	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	
	ไม่โรยพริกขี้หนูป่น	โรยพริกขี้หนูป่น
สูตรน้ำตาลทราย	0.43 ± 0.09^{a}	0.39 ± 0.02^{ab}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	0.42 ± 0.02^{ab}	0.38 ± 0.03^{b}
ค่าเฉลี่ย	0.43 ± 0.02^{A}	0.39 ± 0.03^{B}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

ตาราง ช.31 ค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

แผ่นฟิล์ม	ความชื้น (% wet basis)	
	ไม่โรยพริกขี้หนูป่น	โรยพริกขี้หนูป่น
สูตรน้ำตาลทราย	10.50 ± 0.19^{ab}	9.97 ± 0.35^{b}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	10.80 ± 0.15^{a}	10.45 ± 0.57^{ab}
ค่าเฉลี่ย	10.65 ± 0.22^{A}	10.21 ± 0.50^{B}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.32 ค่า *L (ความสว่าง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

แผ่นฟิล์ม	ค่า *L	
	ไม่โรยพริกขี้หนูป่น	โรยพริกขี้หนูป่น
สูตรน้ำตาลทราย	82.12±2.20[a]	76.16±1.70[b]
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	74.71±3.38[bc]	69.54±3.66[c]
ค่าเฉลี่ย[NS]	78.42±5.24[A]	72.85±4.68[B]

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

ตาราง ช.33 ค่า *a (สีแดง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

แผ่นฟิล์ม	ค่า *a	
	ไม่โรยพริกขี้หนูป่น	โรยพริกขี้หนูป่น
สูตรน้ำตาลทราย	0.40±0.34[b]	5.17±0.84[a]
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	0.70±0.08[b]	6.18±1.14[a]
ค่าเฉลี่ย[NS]	0.55±0.21[B]	5.68±0.71[A]

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.34 ค่า *b (สีเหลือง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

แผ่นฟิล์ม	ค่า *b	
	ไม่โรยพริกขี้หนูป่น	โรยพริกขี้หนูป่น
สูตรน้ำตาลทราย	21.25±0.86^{c}	25.63±2.32^{b}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	28.15±0.36^{b}	32.97±3.89^{a}
ค่าเฉลี่ย^{NS}	24.70±4.88^{B}	29.30±5.19^{A}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

ตาราง ช.35 ค่าเฉดสี (hue angle) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

แผ่นฟิล์ม	ค่า hue angle	
	ไม่โรยพริกขี้หนูป่น	โรยพริกขี้หนูป่น
สูตรน้ำตาลทราย	88.12±0.25^{a}	78.57±1.67^{b}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	89.19±0.69^{a}	79.25±2.45^{b}
ค่าเฉลี่ย	88.67±0.75^{A}	78.91±1.91^{B}

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

ตาราง ช.36 ค่า chroma ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

แผ่นฟิล์ม	ค่า chroma	
	ไม่โรยพริกขี้หนูป่น	โรยพริกขี้หนูป่น
สูตรน้ำตาลทราย	21.26±0.86^{c}	26.16±2.34^{b}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	28.16±0.39^{b}	33.56±3.77^{a}
ค่าเฉลี่ย	24.71±3.82^{B}	29.86±4.93^{A}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

ตาราง ช.37 ความหนาของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

แผ่นฟิล์ม	ความหนา (mm)^{NS}	
	ไม่โรยพริกขี้หนูป่น	โรยพริกขี้หนูป่น
สูตรน้ำตาลทราย	0.77±0.19	0.78±0.08
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	0.77±0.14	0.78±0.09
ค่าเฉลี่ย^{NS}	0.77±0.01	0.78±0.01

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช.38 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

แผ่นฟิล์ม	Tensile strength (MPa)	
	ไม่โรยพริกขี้หนูป่น	โรยพริกขี้หนูป่น
สูตรน้ำตาลทราย	2.505±0.35^{b}	4.872±1.45^{a}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	3.082±0.46^{b}	5.356±1.70^{a}
ค่าเฉลี่ย^{NS}	2.79±0.49^{B}	5.11±1.49^{A}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

ตาราง ช.39 ค่าร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

แผ่นฟิล์ม	Elongation (%)	
	ไม่โรยพริกขี้หนูป่น	โรยพริกขี้หนูป่น
สูตรน้ำตาลทราย	117.750±7.97[a]	75.800±3.45[b]
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	123.351±14.26[a]	84.644±2.82[b]
ค่าเฉลี่ย[NS]	120.55±11.10[A]	80.22±5.56[B]

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

ตาราง ช.40 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

แผ่นฟิล์ม	การละลายน้ำ (%) ที่ 1 นาที[NS]	
	ไม่โรยพริกขี้หนูป่น	โรยพริกขี้หนูป่น
สูตรน้ำตาลทราย	64.37±3.45	63.75±2.66
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	71.31±6.61	68.24±5.56
ค่าเฉลี่ย[NS]	67.84±6.06	66.00±4.61

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช.41 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 2 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

แผ่นฟิล์ม	การละลายน้ำ (%) ที่ 2 นาที	
	ไม่โรยพริกขี้หนูป่น	โรยพริกขี้หนูป่น
สูตรน้ำตาลทราย	89.27±1.53^{c}	87.04±2.26^{c}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	99.07±0.99^{a}	93.78±2.63^{b}
ค่าเฉลี่ย	94.17±5.49^{A}	90.41±4.29^{B}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

ตาราง ช.42 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 3 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่คัดเลือกได้ 2 สูตร แบบไม่โรยพริกขี้หนูป่น และแบบโรยพริกขี้หนูป่น

แผ่นฟิล์ม	การละลายน้ำ (%) ที่ 3 นาที	
	ไม่โรยพริกขี้หนูป่น	โรยพริกขี้หนูป่น
สูตรน้ำตาลทราย	89.27±1.53^{c}	87.04±2.26^{c}
สูตรน้ำตาลมะพร้าว	99.07±0.99^{a}	93.78±2.63^{b}
ค่าเฉลี่ย	94.17±5.49^{A}	90.41±4.29^{B}

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

ตาราง ช.43 คะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่ละลายได้ในน้ำ 16, 20, 24 มิลลิลิตร

คุณลักษณะ	น้ำ 16 มิลลิลิตร		น้ำ 20 มิลลิลิตร		น้ำ 24 มิลลิลิตร	
	สูตรน้ำตาลทราย	สูตรน้ำตาลมะพร้าว	สูตรน้ำตาลทราย	สูตรน้ำตาลมะพร้าว	สูตรน้ำตาลทราย	สูตรน้ำตาลมะพร้าว
การละลาย	5.52 ± 1.61 ^{b}	5.26 ± 1.31 ^{b}	5.25 ± 1.32 ^{b}	5.30 ± 1.66 ^{b}	5.54 ± 1.33 ^{b}	6.20 ± 1.69 ^{a}
สี	6.70 ± 1.62^{cd}	7.74 ± 1.32^{a}	7.00 ± 1.09^{bc}	7.32 ± 1.41^{ab}	6.40 ± 1.41 ^{d}	7.78 ± 1.23^{a}
กลิ่น (ขณะดม)	6.46 ± 1.49^{a}	7.12 ± 1.53^{a}	6.48 ± 1.54^{a}	6.46 ± 1.70^{a}	5.78 ± 1.74^{b}	7.00 ± 1.34^{a}
ความหนืด	6.28 ± 1.14^{b}	7.28 ± 1.55^{a}	6.32 ± 1.20^{b}	7.08 ± 1.64^{a}	6.48 ± 1.16^{b}	6.40 ± 1.54^{b}
กลิ่นรสน้ำยำ	6.06 ± 1.73^{b}	7.82 ± 1.27^{a}	6.22 ± 2.05^{b}	6.64 ± 1.87^{b}	6.02 ± 1.71^{b}	5.96 ± 1.48^{b}
ความชอบโดยรวม	6.16 ± 1.33^{bc}	7.82 ± 1.24^{a}	6.30 ± 1.34^{bc}	6.62 ± 1.77^{b}	5.82 ± 1.29^{c}	6.54 ± 1.54^{b}

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

ช.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำระหว่างการเก็บรักษา

ตาราง ช.44 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย^{NS}
$a_w{}^{NS}$	35	สูตรน้ำตาลทราย	0.389±0.037	0.380±0.012	0.381±0.023	0.383±0.001	0.385±0.000	0.379±0.02
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	0.377±0.043	0.375±0.006	0.381±0.010	0.378±0.014	0.375±0.003	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		0.375±0.007	0.370±0.010	0.369±0.013	0.365±0.001	0.372±0.02
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		0.371±0.11	0.374±0.008	0.365±0.008	0.356±0.000	
	ค่าเฉลี่ย^{NS}		0.383±0.03	0.375±0.01	0.376±0.01	0.374±0.01	0.370±0.01	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{NS} หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตาราง ช.45 ค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บทีอุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย
ความชื้น	35	สูตรน้ำตาลทราย	9.815±0.32^{ab}	9.19±0.10^{bc}	8.52±0.10^{cd}	7.715±0.25^{e}	5.955±0.25^{h}	8.466±1.48^{Z}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	10.375±0.78^{a}	9.815±0.19^{ab}	9.065±0.08^{bc}	7.98±0.08^{de}	6.236±0.05^{gh}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		8.765±0.29^{cd}	7.445±0.13^{ef}	5.655±0.28^{h}	3.299±0.34^{j}	7.366±2.33^{Y}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		9.12±0.11^{bc}	8.16±0.07^{de}	6.905±0.02^{fg}	4.121±0.75^{i}	
	ค่าเฉลี่ย		10.095±0.54^{A}	9.222±4.29^{B}	8.297±0.63^{C}	7.064±0.98^{D}	4.902±1.36^{E}	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.46 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย^{NS}
ความต้านทานแรงดึง (MPa)	35	สูตรน้ำตาลทราย	4.872±0.45^{a}	5.847±0.98^{cde}	7.598±0.98^{abc}	too brittle	too brittle	6.581±1.52
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	5.356±0.84^{de}	7.097±0.02^{abcd}	8.717±0.91^{a}	too brittle	too brittle	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		6.187±0.91^{bcde}	7.985±1.19^{ab}	too brittle	too brittle	6.819±1.67
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		7.556±0.88^{abc}	8.959±1.04^{a}	too brittle	too brittle	
	ค่าเฉลี่ย		5.114±0.57^{C}	6.672±0.95^{B}	8.315±0.98^{A}			

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.47 ค่าร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย
ค่าการยืดตัว (%)	35	สูตรน้ำตาลทราย	75.8±3.39^{b}	68.221±4.29^{bc}	44.284±3.55^{ef}	too brittle	too brittle	67.213±14.07^{Y}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	84.64±1.51^{a}	73.665±2.40^{b}	56.67±3.86^{d}	too brittle	too brittle	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		62.087±2.40^{cd}	39.42±1.66^{f}	too brittle	too brittle	63.367±16.45^{Z}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		70.075±5.96^{b}	48.19±2.81^{e}	too brittle	too brittle	
	ค่าเฉลี่ย		80.220±5.12^{A}	68.512±5.37^{B}	47.141±7.15^{C}			

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.48 ค่า L* (ความสว่าง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0

*

ไม่มีอิทธิพล	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย
L*	35	สูตรน้ำตาลทราย	79.39±0.66^{a}	75.17±0.87^{b}	71.64±0.32^{d}	67.19±1.20^{gh}	63.09±1.38^{jk}	68.85±5.20^{Y}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	69.76±0.84^{e}	68.04±0.19^{fg}	66.83±0.31^{gh}	64.88±0.58^{i}	62.49±1.49^{kl}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		73.58±0.29^{c}	68.96±0.09^{ef}	64.34±0.57^{ij}	61.16±0.51^{l}	66.66±6.78^{Z}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		67.15±0.09^{gh}	65.93±0.38^{hi}	62.22±1.45^{kl}	54.15±2.43^{m}	
	ค่าเฉลี่ย		74.57±5.07^{A}	70.98±3.63^{B}	68.34±2.31^{C}	64.66±2.04^{D}	60.22±3.98^{E}	

องอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช. 49 ค่า a* (สีแดง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย
a*	35	สูตรน้ำตาลทราย	5.28±0.41^{j}	6.67±0.32^{ij}	6.67±0.24^{ij}	8.57±0.28^{fgh}	9.48±1.51^{efg}	8.03±1.59^{Z}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	7.43±0.82^{hj}	7.99±0.03^{fghi}	8.46±0.11^{fgh}	9.27±0.03^{efg}	10.47±0.75^{de}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		7.89±0.04^{ghj}	9.65±0.01^{def}	11.27±0.09^{d}	13.27±2.39^{c}	11.34±3.99^{Y}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		10.96±0.08^{de}	13.12±0.30^{c}	16.47±0.33^{b}	18.07±2.52^{a}	
	ค่าเฉลี่ย		6.35±1.25^{E}	8.38±1.65^{D}	9.47±2.47^{C}	11.39±3.24^{B}	12.82±3.85^{A}	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช. 50 ค่า b* (สีเหลือง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย
b*	35	สูตรน้ำตาลทราย	23.11±1.37^{h}	28.97±0.06^{g}	33.89±0.12^{f}	39.85±0.25^{cd}	45.03±1.62^{b}	37.04±6.67^{Z}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	36.20±1.73^{ef}	37.87±0.03^{de}	39.62±0.05^{cd}	41.38±0.60^{c}	44.46±1.89^{b}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		30.60±0.43^{g}	37.19±0.04^{de}	44.96±0.08^{b}	50.23±2.28	39.52±8.77^{Y}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		37.09±0.08^{de}	38.56±3.06^{cde}	44.62±2.58^{b}	52.70±3.84^{a}	
	ค่าเฉลี่ย		29.66±6.97^{E}	33.63±4.08^{D}	37.31±2.60^{C}	42.70±2.52^{B}	48.10±4.23^{A}	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช. 51 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย^{NS}
การละลายนาทีที่ 1 (%)	35	สูตรน้ำตาลทราย	63.118±3.72^{bcdef}	62.814±1.53^{bcdef}	62.812±0.15^{bcdef}	60.24±2.26^{ef}	59.214±1.51^{f}	63.762±3.14
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	68.705±0.66^{a}	67.281±2.83^{ab}	63.271±0.39^{bcdef}	64.951±1.37^{abcde}	65.214±1.42^{abcde}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		60.584±1.89^{def}	61.254±2.35^{def}	61.731±2.11^{cdef}	62.284±0.91^{abcd}	63.719±3.23
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		66.842±1.25^{abc}	64.251±0.39^{abcdef}	61.074±0.21^{def}	63.851±1.09^{abcdef}	
	ค่าเฉลี่ย		65.911±3.60^{A}	64.380±3.34^{AB}	62.897±1.47^{B}	61.999±2.30^{B}	63.516±3.65^{AB}	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.52 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 2 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย
การละลายนาทีที่ 2 (%)	35	สูตรน้ำตาลทราย	89.34±2.02^{ab}	88.295±1.27^{ab}	86.579±1.53^{b}	88.415±1.07^{ab}	89.579±1.00^{ab}	89.955±2.28^{Y}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	92.67±3.38^{a}	92.087±2.53^{a}	90.678±1.97^{ab}	91.866±0.73^{a}	90.04±0.26^{ab}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		89.054±1.66^{ab}	86.284±1.31^{b}	86.989±2.25^{b}	86.275±0.87^{b}	88.591±2.39^{Z}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		89.487±2.17^{ab}	90.127±1.55^{ab}	87.097±0.23^{b}	88.59±1.93^{ab}	
	ค่าเฉลี่ย^{NS}		91.005±2.76	89.731±2.13	88.417±2.46	88.592±2.33	88.621±1.79	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.53 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 3 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย
การละลายนาทีที่ 3 (%)	35	สูตรน้ำตาลทราย	97.834±0.63^{abc}	96.132±1.12^{bc}	97.019±1.18^{abc}	96.975±1.00^{abc}	98.00±1.30^{abc}	96.850±1.09^{Y}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	98.214±1.54^{ab}	97.867±0.36^{abc}	98.134±0.30^{ab}	98.756±0.78^{a}	98.88±1.14^{a}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		97.114±1.17^{abc}	96.208±0.38^{bc}	95.864±0.30^{bc}	95.52±0.91^{c}	97.782±1.17^{Z}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		97.66±0.38^{abc}	97.074±1.11^{abc}	96.858±2.09^{abc}	96.16±0.47^{bc}	
	ค่าเฉลี่ย^{NS}		98.024±0.91	97.193±0.96	97.109±0.97	97.113±1.45	97.140±1.63	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช. 54 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย^{NS}
a_w	35	สูตรน้ำตาลทราย	0.389±0.037^{gh}	0.399±0.018^{fgh}	0.422±0.000^{defgh}	0.463±0.008^{abcd}	0.488±0.003^{a}	0.429±0.042
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	0.377±0.043^{gh}	0.396±0.008^{fgh}	0.421±0.007^{defgh}	0.454±0.007^{abcde}	0.482±0.001^{ab}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		0.393±0.007^{gh}	0.416±0.001^{efgh}	0.441±0.008^{bcedf}	0.474±0.001^{abc}	0.418±0.034
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		0.393±0.013^{gh}	0.410±0.014^{efgh}	0.434±0.010^{cdefg}	0.455±0.006^{abcde}	
	ค่าเฉลี่ย		0.383±0.031^{D}	0.395±0.009^{D}	0.417±0.08^{C}	0.448±0.014^{B}	0.475±0.013^{A}	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.55 ค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย
ความชื้น	35	สูตรน้ำตาลทราย	9.815±0.32^{j}	10.554±0.19^{ij}	13.195±0.13^{h}	18.247±0.25^{e}	24.28±0.11^{b}	15.939±5.92^{Y}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	10.375±0.78^{j}	11.385±0.13^{i}	14.79±0.11^{g}	20.201±0.36^{d}	26.547±0.19^{a}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		9.989±0.40^{j}	10.757±0.12^{ij}	16.068±0.30^{f}	20.724±0.09^{d}	14.420±4.79^{Z}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		10.001±0.05^{j}	12.878±0.17^{h}	17.672±0.11^{e}	22.923±1.15^{c}	
	ค่าเฉลี่ย		10.095±0.54^{D}	10.482±0.63^{D}	12.905±1.54^{C}	18.047±1.59^{B}	23.618±2.30^{A}	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.56 ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย^{NS}
ความต้านทานแรงดึง (MPa)	35	สูตรน้ำตาลทราย	4.872±0.84^{abcd}	4.051±0.33^{abcdef}	3.193±1.12^{cdefgh}	2.078±1.04^{gh}	1.764±0.40^{h}	3.610±1.373
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	5.356±0.88^{a}	4.916±1.15^{abc}	4.297±0.89^{abcde}	3.078±0.83^{defgh}	2.495±0.05^{fgh}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		4.262±0.90^{abcdef}	3.364±0.41^{bcdefgh}	2.512±0.06^{efgh}	1.931±0.48^{gh}	3.828±1.251
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		5.1±0.83^{ab}	4.591±0.55^{abcd}	3.617±0.70^{abcdefg}	2.674±0.27^{efgh}	
	ค่าเฉลี่ย		5.114±0.699^{A}	4.582±0.799^{AB}	3.861±0.875^{B}	2.821±0.847^{C}	2.216±0.479^{C}	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.57 ค่าร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย
ค่าการยืดตัว (%)	35	สูตรน้ำตาลทราย	75.8±3.39^{i}	101.3±6.16^{g}	135.19±6.63^{f}	186.08±5.85^{c}	205.41±7.83^{b}	155.97±53.30^{Z}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	84.64±1.51^{hi}	149.58±6.65^{e}	189.62±0.93^{c}	206.59±3.15^{b}	225.54±1.98^{a}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		92.94±3.87^{gh}	129.53±5.06^{f}	169.52±6.04^{d}	183.91±1.00^{c}	145.05±47.78^{Y}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		136.49±2.32^{f}	169.00±5.03^{d}	190.17±1.44^{c}	218.55±8.44^{a}	
	ค่าเฉลี่ย		80.22±5.13^{E}	120.08±25.52^{D}	155.83±26.62^{C}	188.09±14.51^{B}	208.35±17.52^{A}	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.58 ค่า L* (ความสว่าง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย
L*	35	สูตรน้ำตาลทราย	79.39±0.66^{a}	77.75±0.72^{b}	72.76±0.88^{d}	68.85±0.12^{e}	62.12±0.24^{h}	68.97±6.21^{Y}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	69.76±0.84^{e}	68.67±0.27^{e}	67.39±0.17^{f}	63.71±0.56^{g}	59.33±0.79^{i}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		75.17±1.04^{c}	69.38±1.15^{e}	64.29±1.06^{g}	52.57±1.16^{k}	63.52±11.08^{Z}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		66.86±0.68^{f}	60.22±0.84^{i}	57.28±0.48^{j}	40.28±0.08^{l}	
	ค่าเฉลี่ย		74.57±5.07^{A}	72.11±4.73^{B}	67.44±4.84^{C}	63.53±4.34^{D}	53.57±8.82^{E}	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช. 59 ค่า a* (สีแดง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย
a*	35	สูตรน้ำตาลทราย	5.28±0.41^{k}	6.32±0.06^{j}	7.21±0.13^{i}	7.84±0.15^{gh}	9.94±0.29^{e}	9.51±4.22^{Z}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	7.43±0.82^{hi}	8.27±0.07^{g}	8.96±0.08^{f}	13.87±0.17^{c}	20.01±0.16^{b}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		7.97±0.03^{gh}	9.02±0.15^{f}	13.24±0.17^{d}	20.27±0.55^{b}	13.29±6.69^{Y}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		10.07±0.08^{e}	12.92±0.11^{d}	19.82±0.08^{b}	26.87±0.11^{a}	
	ค่าเฉลี่ย		6.35±1.25^{E}	8.16±1.39^{D}	9.53±2.18^{C}	13.69±4.43^{B}	19.27±6.32^{A}	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช. 60 ค่า b* (สีเหลือง) ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย
b*	35	สูตรน้ำตาลทราย	23.11±1.37^{l}	29.19±0.14^{k}	32.19±0.08^{j}	37.14±0.12^{hi}	52.33±1.01^{c}	38.90±9.90^{Z}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	36.20±1.73^{i}	36.19±0.13^{i}	38.27±0.71^{gh}	50.99±0.24^{d}	53.40±0.18^{bc}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		31.80±0.66^{j}	37.87±0.13^{gh}	47.93±0.07^{e}	56.18±0.78a	41.73±10.06^{Y}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		38.91±0.35^{g}	41.01±0.23^{f}	49.86±0.14^{d}	54.48±0.34^{b}	
	ค่าเฉลี่ย		29.66±6.97^{E}	34.02±3.95^{D}	37.33±3.36^{C}	46.48±5.75^{B}	54.10±1.59^{A}	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.61 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 1 นาที ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย^{NS}
การละลายนาทีที่ 1 (%)	35	สูตรน้ำตาลทราย	63.118±3.72^{g}	66.942±0.48^{f}	68.946±0.51^{def}	70.189±0.37^{bcdef}	72.285±0.28^{abcd}	70.462±3.84
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	68.705±0.66^{def}	70.294±1.43^{bcdef}	73.834±0.78^{ab}	74.924±0.90^{a}	75.384±0.64^{a}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		67.916±2.31^{f}	68.284±0.53^{ef}	69.951±1.23^{cdef}	70.294±0.56^{bcdef}	69.711±3.20
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		70.072±1.62^{cdef}	71.967±1.48^{abcde}	72.964±0.93^{abc}	73.837±1.27^{ab}	
	ค่าเฉลี่ย		65.911±3.60^{D}	68.806±1.94^{C}	70.758±2.51^{B}	72.007±2.31^{AB}	72.950±2.10^{A}	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.62 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 2 นาที ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย
การละลายนาทีที่ 2 (%)	35	สูตรน้ำตาลทราย	89.34±0.08^{h}	90.843±1.09^{fgh}	93.751±1.27^{cde}	94.95±0.58^{abcd}	95.18±1.16^{abcd}	93.979±2.55^{Y}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	92.67±1.06^{defg}	93.81±1.59^{cde}	95.18±0.43^{abcd}	96.79±1.09^{ab}	97.28±1.48^{a}	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		90.27±1.39^{gh}	91.99±2.47^{efgh}	93.2±1.54^{def}	94.266±1.58^{bcde}	93.082±2.32^{Z}
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		92.97±0.56^{defg}	94.27±1.42^{bcde}	95.57±0.16^{abcd}	96.27±1.00^{abc}	
	ค่าเฉลี่ย		91.005±1.87^{C}	91.97±1.81^{C}	93.798±1.73^{B}	95.127±1.57^{A}	95.749±1.57^{A}	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

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

ตาราง ช.63 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%) ที่เวลา 3 นาที ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาในที่มืดเป็นเวลา 60 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30

	อุณหภูมิ (°C)	น้ำยำ	ระยะเวลา (วัน)					
			0*	15	30	45	60	ค่าเฉลี่ย[NS]
การละลายนาทีที่ 3 [NS] (%)	35	สูตรน้ำตาลทราย	97.834±0.63	97.92±1.18	98.01±0.87	98.945±0.43	98.04±0.93	98.20±0.72
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว	98.214±0.17	98.01±0.91	97.87±1.48	98.24±0.41	98.97±0.03	
	45	สูตรน้ำตาลทราย		97.01±1.72	97.988±1.08	98.89±0.91	98.78±0.28	98.30±0.82
		สูตรน้ำตาลมะพร้าว		98.49±0.04	98.92±0.80	98.656±0.47	98.18±0.57	
	ค่าเฉลี่ย[NS]		98.02±0.40	97.86±1.03	98.20±0.94	98.68±0.54	98.49±0.60	

* ไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแสดงค่าเฉลี่ยเดียวกันทั้ง 2 อุณหภูมิ

หมายเหตุ. แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

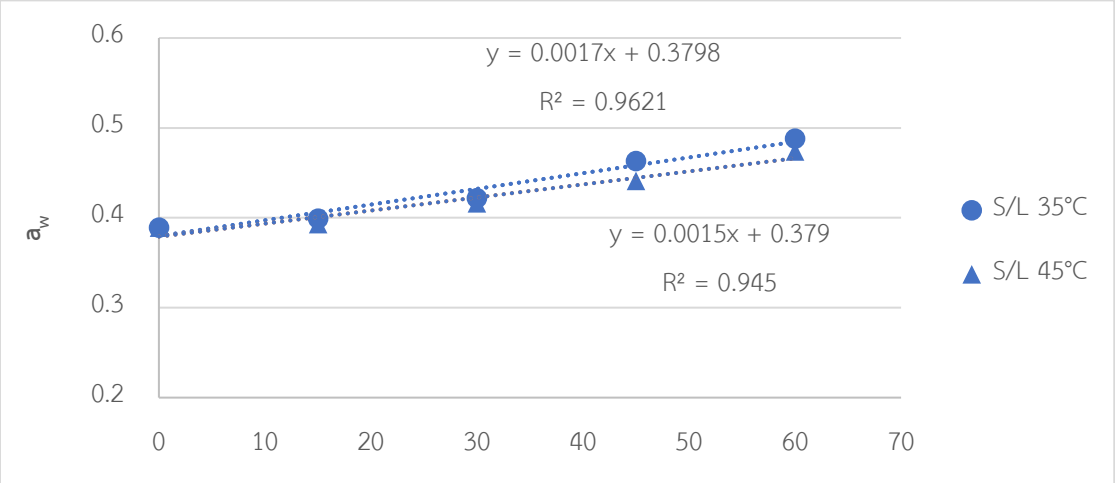
ตาราง ช. 64 ร้อยละโดยน้ำหนักของส่วนผสมต่างๆในสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายน้ำยำ

(ร้อยละ)		**สารก่อฟิล์ม:น้ำยำ อัตราส่วน 35:65**		
		Xan0.5% Gly0.75%		Xan1% Gly1.5%
		สูตรน้ำยำ S/L	สูตรน้ำยำ C/L	สูตรน้ำยำควบคุม
สารก่อฟิล์ม	มอลโทเดกซ์ทริน	10.50	10.50	10.50
	แซนแทนกัม	0.18	0.18	0.35
	กลีเซอรอล	0.26	0.26	0.53
	น้ำ	24.06	24.06	23.63
น้ำยำ	น้ำปลา	22.75	22.75	22.75
	น้ำมะนาว	22.75	22.75	22.75
	น้ำตาลทราย	19.50	-	19.50
	น้ำตาลมะพร้าว	-	19.50	-
	รวม	100.00	100.00	100.00
	XG/GL	0.67	0.67	0.67

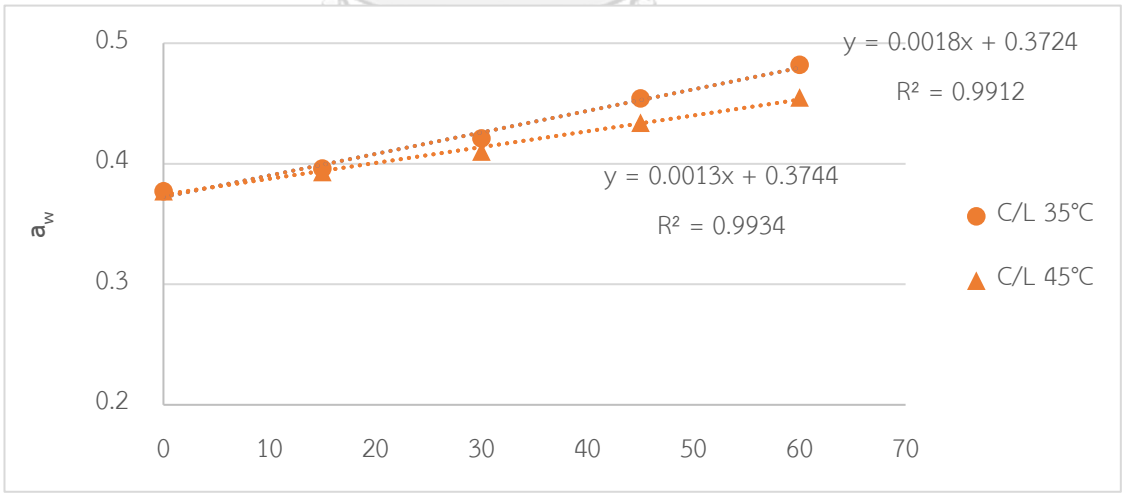
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ช.4 การหาสมการคำนวณการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีเร่งอุณหภูมิ

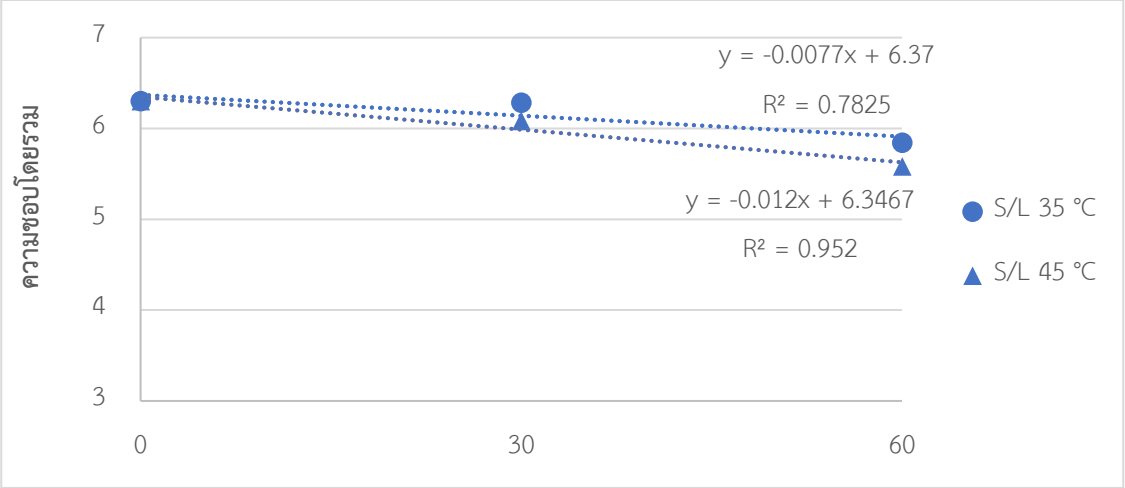
เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ คือ ผลิตภัณฑ์จะมีการเสื่อมเสียเมื่อมีค่า $a_w > 0.6$ หรือความชอบโดยรวมต่ำกว่า 5 (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ) สามารถหาอายุการเก็บได้จากสมการแสดงดังภาพต่อไปนี้



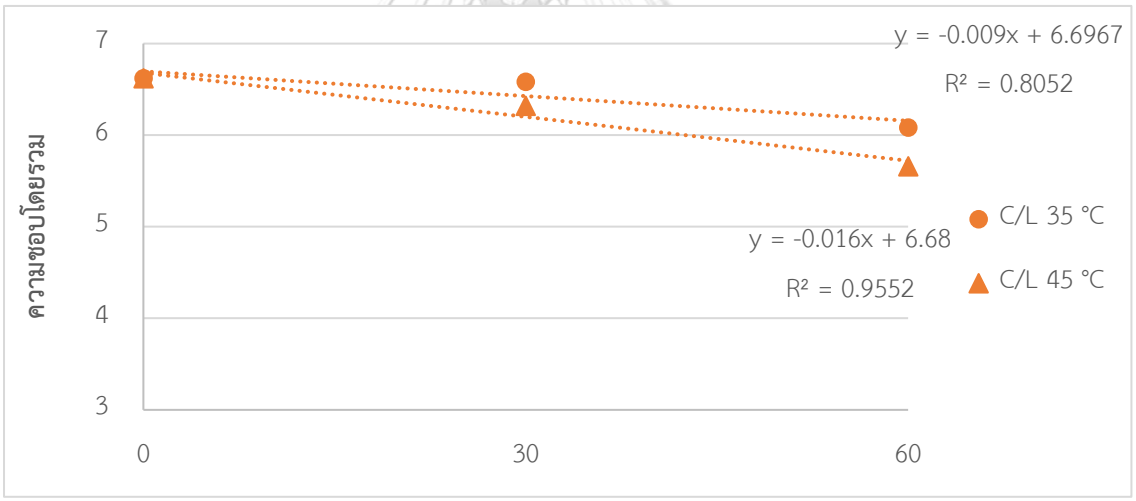
ภาพ ช.1 สมการแสดงค่า a_w ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) ที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30



ภาพ ช.2 สมการแสดงค่า a_w ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) ที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30



ภาพ ช.3 สมการแสดงคะแนนความชอบโดยรวม ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (S/L) ที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30



ภาพ ช.4 สมการแสดงคะแนนความชอบโดยรวม ของแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (C/L) ที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30

วิธีการคำนวณ

1. สูตรที่ใช้น้ำตาลทราย S/L ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

จากค่า a_w ได้สมการ $y = 0.0017x + 0.3798$

กำหนดให้ $y = 0.6$;

จะได้ $0.6 = 0.0017x + 0.3798$

$X = 129$ วัน

จากความชอบโดยรวม ได้สมการ $y = -0.0077x + 6.37$

กำหนดให้ $y = 5$;

จะได้ $5 = -0.0077x + 6.370$

$X = 178$ วัน

2. สูตรที่ใช้น้ำตาลทราย S/L ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

จากค่า a_w ได้สมการ $y = 0.0015x + 0.379$

กำหนดให้ $y = 0.6$;

จะได้ $0.6 = 0.0015x + 0.379$

$X = 147$ วัน

จากความชอบโดยรวม ได้สมการ $y = -0.012x + 6.3467$

กำหนดให้ $y = 5$;

จะได้ $5 = -0.012x + 6.3467$

$X = 112$ วัน

3. สูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว C/L ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

จากค่า a_w ได้สมการ $y = 0.0018x + 0.3724$

กำหนดให้ $y = 0.6$;

จะได้ $0.6 = 0.0018x + 0.3724$

$X = 126$ วัน

จากความชอบโดยรวม ได้สมการ $y = -0.009x + 6.6967$

กำหนดให้ $y = 5$;

จะได้ $5 = -0.009x + 6.6967$

$X = 188$ วัน

4. สูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว C/L ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

จากค่า a_w ได้สมการ $y = 0.0013x + 0.3744$

กำหนดให้ $y = 0.6$;

จะได้ 0.6 = 0.0013x + 0.3744

X = 173 วัน

<u>จากความชอบโดยรวม</u>ได้สมการ y = -0.016x + 6.68

กำหนดให้ y = 5 ;

จะได้ 5 = -0.016x + 6.68

X = 105 วัน

การหาอายุการเก็บรักษาแผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

1. สูตรที่ใช้น้ำตาลทราย S/L

<u>จากค่า a_w</u>

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส = 129 วัน

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส = 147 วัน

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

$= \frac{129}{147}$

$= 0.88$

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะได้

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

$0.88 = \frac{\theta_{S(25)}}{129}$

$\theta_{S(25)} = 113$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>จากค่าความชอบโดยรวม</u>

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส = 178 วัน

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส = 112 วัน

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

$= \frac{178}{112}$

$= 1.59$

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะได้

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

$$1.59 = \frac{\theta_{s(25)}}{178}$$

$$\theta_{s(25)} = 282$$

ดังนั้น อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ เท่ากับ 3 เดือน 23 วัน

2. สูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว C/L

<u>จากค่า a_w</u>

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส = 126 วัน

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส = 173 วัน

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

$$= \frac{126}{173}$$

$$= 0.73$$

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะได้

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

$$0.73 = \frac{\theta_{s(25)}}{126}$$

$$\theta_{s(25)} = 91$$

<u>จากค่าความชอบโดยรวม</u>

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส = 188 วัน

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส = 105 วัน

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

$$= \frac{188}{105}$$

$$= 1.79$$

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะได้

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

$$1.79 = \frac{\theta_{s(25)}}{188}$$

$$\theta_{s(25)} = 336$$

ดังนั้น อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มปรุงรสน้ำยำ เท่ากับ 3 เดือน 1 วัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ศิโยน กรพิบูลย์พงษ์
วัน เดือน ปี เกิด	10 สิงหาคม 2538
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ปีการศึกษา 2559
ที่อยู่ปัจจุบัน	4/2 หมู่ 2 ถ.เอกชัย ต.บางน้ำจืด อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 74000
ผลงานตีพิมพ์	นำเสนอผลงานทางวิชาการ ภาคบรรยาย เรื่อง "ผลของชนิดกรด น้ำตาล และสารขึ้นรูปฟิล์มต่อสมบัติของฟิล์มปรุงรส Effects of acid, sugar and film forming agent types on properties of seasoning film" ในการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา วันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2563 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University