

การปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ

นางสาวลลิตวดี ก๊กพ้อคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



TEXTURAL QUALITY IMPROVEMENT OF MICROWAVE REHEATED FROZEN FRIED  
SPRING ROLL

Miss Lalitwadee Kokporka

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

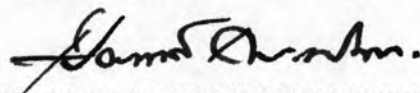
Copyright of Chulalongkorn University

492275

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปียะทอดแช่เยือกแข็ง  
   ที่อุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ  
โดย                              นางสาวลลิตวดี กักพ้อคำ  
สาขาวิชา                    เทคโนโลยีทางอาหาร  
อาจารย์ที่ปรึกษา            ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม      รองศาสตราจารย์ ดร. นินนาท ชินประห์ษฐ์  
   ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภา คงเป็นสุข

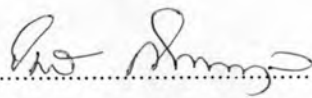
---

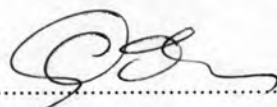
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

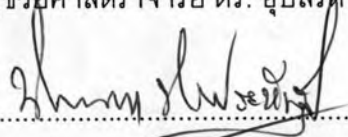


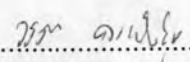
..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต)

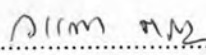
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(รองศาสตราจารย์ ดร. นินนาท ชินประห์ษฐ์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภา คงเป็นสุข)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรณา ตูลยธัญ)

ลลิตวดี กิกพอคำ: การปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ (TEXTURAL QUALITY IMPROVEMENT OF MICROWAVE REHEATED FROZEN FRIED SPRING ROLL) อ. ที่ปรึกษา: ผศ.ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ, อ.ที่ปรึกษาร่วม: รศ.ดร. นินนาท ชินประห์ษ์ และ ผศ.ดร. วรภา คงเป็นสุข, 102 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งให้มีคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสที่ดีแม้ภายหลังผ่านการอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ โดยแบ่งงานวิจัยออกเป็นการศึกษานานาชาติของการด้อยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยใช้สารลดค่า water activity ( $a_w$ ) และฟิล์มบริโภคได้ (edible film) และการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่อุ่นด้วยเตาไมโครเวฟระหว่างการเก็บรักษา

จากการศึกษานานาชาติของการด้อยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งสำหรับอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟโดยการวัดค่า  $a_w$  และค่ากายภาพทางเนื้อสัมผัสของปอเปี๊ยะทอดกับปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่ผ่านการอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟพบว่าค่า  $a_w$  ของแผ่นแป้งชั้นที่ 1 (แผ่นแป้งชั้นนอกสุด) มีค่าสูงขึ้น และค่า  $a_w$  ของไส้ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) แสดงว่าเมื่อเก็บปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งจะเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำจากไส้ปอเปี๊ยะซึ่งมีค่า  $a_w$  สูงไปสู่แผ่นแป้งซึ่งมีค่า  $a_w$  ต่ำกว่า และค่าความกรอบลดลง ดังนั้น การเคลื่อนที่ของน้ำจากไส้ปอเปี๊ยะไปสู่แผ่นแป้ง ทำให้ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งสูญเสียความกรอบ จึงศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยใช้สารลดค่า  $a_w$  ในไส้เพื่อให้ค่าความแตกต่างระหว่างไส้ของปอเปี๊ยะกับแผ่นแป้งลดลง และใช้ edible film เคลือบแผ่นแป้งชั้นใน (ด้านที่ติดกับไส้) เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของน้ำ (moisture migration) จากไส้ไปสู่แผ่นแป้งชั้นนอก

จากการศึกษาผลของการใช้ sorbitol เป็นสารลดค่า  $a_w$  แทนที่น้ำตาลในสูตรของไส้ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง โดยแปรปริมาณที่ทดแทนเป็น 4 ระดับ คือ 25, 50, 75 และ 100% และมีสูตรควบคุมซึ่งใช้น้ำตาล (4.92% ของน้ำหนักไส้) พบว่าเมื่อใช้ sorbitol ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ค่า  $a_w$  ของแผ่นแป้งชั้นที่ 1 มีค่าลดลง และมีค่ากายภาพและค่าทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบเพิ่มขึ้น โดยปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่ใช้ sorbitol 100% มาแทนที่น้ำตาลในสูตรจึงเป็นสูตรที่มีคุณภาพดีที่สุดในครั้งนี้ จึงเลือกมาศึกษาต่อในการปรับปรุงคุณภาพให้ดียิ่งขึ้นโดยใช้ edible film

จากการใช้ whey protein isolated (WPI) เป็น edible film เพื่อเคลือบแผ่นแป้งชั้นในสุด โดยแปรความเข้มข้นของ WPI เป็น 2 ระดับ คือ 4 และ 5% ซึ่งในการศึกษานี้มีสูตรของไส้ที่ใช้ในการศึกษา 2 สูตร คือ สูตรที่ใช้น้ำตาลและสูตรที่ใช้ sorbitol 100% และมีสูตรที่ใช้น้ำตาลในไส้โดยไม่มีการเคลือบด้วย WPI film บนแผ่นแป้งชั้นในเป็นสูตรควบคุม พบว่า เมื่อมีการเคลือบของ WPI film ที่ความเข้มข้นสูงขึ้น จะทำให้ค่า  $a_w$  ของแผ่นแป้งชั้นที่ 1 ลดลง โดยมีค่ากายภาพและค่าทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบเพิ่มขึ้น และเมื่อใช้ WPI film 5% ร่วมกับสูตรของไส้ที่ใช้ sorbitol 100% ทำให้ค่า  $a_w$  ของแผ่นแป้งชั้นที่ 1 มีค่าลดลงมากที่สุด และมีค่ากายภาพและค่าทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบมากที่สุด ดังนั้น จึงเลือกปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่ใช้ sorbitol 100% ทดแทนน้ำตาลในไส้ร่วมกับการเคลือบแผ่นแป้งด้วย WPI 5% มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน เปรียบเทียบกับปอเปี๊ยะทอดที่ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่มีและไม่มีมีการปรับปรุงคุณภาพ พบว่าตัวอย่างที่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol ร่วมกับ WPI film สามารถลดการเคลื่อนที่ของน้ำจากไส้ไปสู่แผ่นแป้งด้านนอกได้ ทำให้ค่ากายภาพและประสาทสัมผัสด้านความกรอบดีกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพที่ใช้เวลาในการเก็บเท่ากัน ส่งผลให้สามารถยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ได้ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีและไม่มีมีการปรับปรุงจะมีอายุการเก็บไม่เกิน 30 และ 15 วัน ตามลำดับ

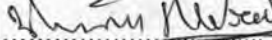
ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร.....

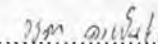
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร.....

ปีการศึกษา.....2549.....

ลายมือชื่อนิสิต..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 

# # 4672389723 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD : HUMECTANT / EDIBLE FILM/ SPRING ROLL / MOISTURE MIGRATION

LALITWADEE KOKPORKA: TEXTURAL QUALITY IMPROVEMENT OF MICROWAVE

REHEATED FROZEN FRIED SPRING ROLL. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. UBONRAT

SIRIPATRAWAN, Ph.D., THESIS COADVISOR : ASSOC.PROF. NINNART CHINPRAHAST,

Ph.D., ASST.PROF. WORAPA KHONGPHENSUK, Ph.D., 102 pp.

The objective of this research was to improve physical and sensory qualities of microwave reheated frozen fried spring roll. This research was separated into (1) to determine the cause of quality loss of the product, (2) to improve the product quality using humectant and edible film and (3) to study the quality changes during frozen storage.

The spring roll was composed of 3 crust layers of flour sheet (the first layer is the outermost crust, the second layer is the middle crust and the third layer is the innermost crust) and shrimp with mung bean vermicelli filling. Water activity of each composition, textural properties and sensory qualities for crispness of the frozen products after microwave reheating were determined. The results showed that the first crust layer of the microwave reheated frozen deep-fried spring roll had significantly higher ( $p \leq 0.05$ ) water activity while the filling had lower water activity than those of unfrozen deep-fried spring roll due to moisture migration from the filling to the first layer resulting in loss of product's crispness.

To improve the product quality, sorbitol was used as humectant to lower the water activity of the filling. Sugar in the filling (4.92% of filling ingredient) was replaced by 0, 25, 50, 75 and 100% (w/w) sorbitol. The results showed that the higher the amount of sorbitol, the lower the water activity of the filling. The results suggested that 100% w/w sorbitol was optimum for improving the product crispness by lowering moisture migration from filling to crust, giving better sensory quality for crispness and, therefore, was used for further experiment.

In the next experiment, 4 and 5% w/w of whey protein isolate (WPI) films were coated on separated flour sheet and then inserted between product filling and innermost crust to prohibit moisture migration. Five different samples were prepared in this experiment including (1) 100% sugar in filling + 4% WPI film, (2) 100% sugar in filling + 5% WPI film, (3) 100% sorbitol in filling + 4% WPI film, (4) 100% sorbitol in filling + 5% WPI film and (5) 100% sugar + insert flour sheet without WPI film coating (control). The results showed that using 100% sorbitol + 5% WPI film could reduce moisture migration from filling to crust, improved the product's crispness and the sample prepared with this treatment combination had the highest physical and sensory crispness scores.

In the last experiment, changes in chemical, physical and sensory qualities of the spring roll using 100% sorbitol + 5% WPI film (improved sample) were investigated during frozen storage and were compared with those of control samples. The result showed that the improved sample had lower moisture migration from filling to crust and thus could maintain the physical crispness and had higher sensory score of crispness than control sample throughout the storage period. The improved samples had shelf life of approximately 30 days while the control samples had shelf life of only 15 days.

Department.....Food Technology....

Field of study.....Food Technology...

Academic year.....2006.....

Student's signature.....

Advisor's signature.....

Co-advisor's signature.....

Co-advisor's signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาระดับปริญญาโทและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ โดยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. นินนาท ชินประห์ษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภา คงเป็นสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นและให้กำลังใจตลอดการทำวิจัย รวมถึงกรุณาช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล และรองศาสตราจารย์ ดร. วรณา ตุลยธัญ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. จิราวัฒน์ ทัตติยกุล และอาจารย์ ดร. ดริษ กวักเพฑูรย์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและคณาจารย์ของภาคเทคโนโลยีทางอาหารของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน

ขอขอบคุณ การสนับสนุนจากหน่วยงานต่างๆ ดังนี้

งบประมาณสำหรับการวิจัย

- งบประมาณแผ่นดิน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) สำนักประสานและส่งเสริมกิจการอุดมศึกษา

วัตถุดิบ

- บริษัทสุรพลฟู้ดส์ จำกัด มหาชน

ขอบคุณ รัตนภรณ์ ลมูลภักตร์ สุชาดา พิชรานันท์ สรัญ บินมิตตอร์ และเพื่อนๆ ปริญญาโททุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำและกำลังใจกันมาตลอดการวิจัย

ขอบคุณพี่ น้อง และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์

ขอบคุณครอบครัวรุ่งชวลนนท์ ที่กรุณาเสียสละเวลาช่วยเหลือและเป็นกำลังใจตลอดการวิจัย

ท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่สนับสนุนในด้านการเงิน คำแนะนำ และให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญรูป.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์.....	2
2.1 การทอด.....	2
2.2 การแช่เยือกแข็ง.....	3
2.3 การให้ความร้อนด้วยเตาไมโครเวฟ.....	4
2.4 ความสำคัญของความชื้นและ water activity ( $a_w$ ).....	4
2.5 สารลดค่า $a_w$ .....	6
2.6 ฟิล์มบริโกลได้.....	7
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย.....	13
3.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ.....	14
3.2 ศึกษาหาสาเหตุการลดลงของคุณภาพผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งหลังจากอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ.....	16
3.3 การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ.....	17
3.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุ่นด้วยเตาไมโครเวฟในระหว่างการเก็บรักษา.....	19
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	21
4.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ.....	21
4.2 ศึกษาหาสาเหตุการลดลงของคุณภาพผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ.....	22

4.3 การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุ่นด้วยเตา ไมโครเวฟ.....	25
4.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุ่นด้วยเตา ไมโครเวฟในระหว่างการเก็บรักษา.....	45
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	68
รายการอ้างอิง.....	70
ภาคผนวก.....	75
ภาคผนวก ก.....	76
ภาคผนวก ข.....	77
ภาคผนวก ค.....	84
ภาคผนวก ง.....	87
ภาคผนวก จ.....	92
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	102



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ส่วนประกอบของไส้ปอเปียะ.....	15
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของปอเปียะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ.....	21
4.2 ค่าสีของปอเปียะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ.....	21
4.3 ค่า $a_w$ ของแผ่นแบ่งชั้นต่างๆ และไส้ของปอเปียะทอดและปอเปียะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ.....	22
4.4 Texture profile ที่วัดบริเวณตรงกลางชิ้นของปอเปียะทอดและปอเปียะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ.....	24
4.5 Texture profile ที่วัดบริเวณด้านปลายของชิ้นปอเปียะทอดและปอเปียะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ.....	24
4.6 ค่า $a_w$ ของแผ่นแบ่งชั้นต่างๆ และไส้ของปอเปียะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ ซึ่งมีการแทนที่น้ำตาลในสูตรด้วย sorbitol ในอัตราส่วนต่างๆ.....	26
4.7 Texture profile ที่วัดบริเวณตรงกลางชิ้นของปอเปียะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ ซึ่งมีการแทนที่น้ำตาลในสูตรด้วย sorbitol ในอัตราส่วนต่างๆ.....	28
4.8 Texture profile ที่วัดบริเวณด้านปลายของชิ้นปอเปียะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ ซึ่งมีการแทนที่น้ำตาลในสูตรด้วย sorbitol ในอัตราส่วนต่างๆ.....	28
4.9 คะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปียะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ ซึ่งมีการแทนที่น้ำตาลในสูตรด้วย sorbitol ในอัตราส่วนต่างๆ (ประเมินโดยผู้ทดสอบแบบฝึกฝน).....	29
4.10 คะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปียะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ ซึ่งมีการแทนที่น้ำตาลในสูตรด้วย sorbitol ในอัตราส่วนต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภค).....	31
4.11 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ปอเปียะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ ซึ่งมีการแทนที่น้ำตาลในสูตรด้วย sorbitol ในอัตราส่วนต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภค).....	33
4.12 ค่า $a_w$ ของแผ่นแบ่งชั้นต่างๆ และไส้ของปอเปียะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ ซึ่งมีการเคลือบ WPI film บนแผ่นแบ่งชั้นในสุด.....	36

4.13 Texture profile ที่วัดบริเวณตรงกลางชิ้นของปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ ซึ่งมีการเคลือบด้วย WPI film บนแผ่นแบ่งชั้นในสุด.....	38
4.14 Texture profile ที่วัดบริเวณด้านปลายของชิ้นปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ ซึ่งมีการเคลือบด้วย WPI film บนแผ่นแบ่งชั้นในสุด.....	38
4.15 คะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ ซึ่งมีการเคลือบ WPI film บนแผ่นแบ่งชั้นในสุด (ประเมินโดยผู้ทดสอบแบบฝึกฝน).....	39
4.16 คะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ ซึ่งมีการเคลือบ WPI film บนแผ่นแบ่งชั้นในสุด (ประเมินโดยผู้บริโภคราย).....	41
4.17 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟ ซึ่งมีการเคลือบ WPI film บนแผ่นแบ่งชั้นในสุด (ประเมินโดยผู้บริโภคราย).....	43
4.18 อัตราการซึมผ่านของไอน้ำของแผ่นแบ่งที่มีและไม่มีการเคลือบด้วย WPI film.....	45
4.19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟที่มีและไม่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film.....	46
4.20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟที่มีและไม่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film (ประเมินโดยผู้ทดสอบแบบฝึกฝน).....	53
4.21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟที่มีและไม่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film (ประเมินโดยผู้บริโภคราย).....	56
4.22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำด้วยเตาไมโครเวฟที่มีและไม่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film (ประเมินโดยผู้บริโภคราย).....	62
จ.1 ค่าเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็งต่างๆ.....	92
จ.2 ค่า $a_w$ ของแผ่นแบ่งชั้นที่ 1 ของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็งต่างๆ.....	92

ตารางที่	หน้า
๑.3 ค่า $a_w$ ของได้ผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพ ด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็งต่างๆ.....	93
๑.4 ค่า slope บริเวณตรงกลางขึ้นของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็ง ต่างๆ.....	93
๑.5 ค่า hardness บริเวณตรงกลางขึ้นของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและ ไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือก- แข็งต่างๆ.....	94
๑.6 ค่า slope บริเวณด้านปลายของขึ้นผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็ง ต่างๆ.....	94
๑.7 ค่า hardness บริเวณด้านปลายของขึ้นผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและ ไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือก- แข็งต่างๆ.....	95
๑.8 คะแนนความชุ่มชื้นที่เปลือกของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็งต่างๆ (ประเมินโดยให้ผู้ทดสอบแบบฝึกฝน).....	95
๑.9 คะแนนความกรอบของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุง คุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็งต่างๆ (ประเมินโดยให้ผู้ทดสอบแบบฝึกฝน).....	96
๑.10 คะแนนความแข็งของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุง คุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็งต่างๆ (ประเมินโดยให้ผู้ทดสอบแบบฝึกฝน).....	96
๑.11 คะแนนความชุ่มชื้นที่เปลือกของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็ง ต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภคร).....	97
๑.12 คะแนนกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุง คุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็งต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภคร).....	97

ตารางที่	หน้า
จ.13 คะแนนรสเค็มของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็งต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภคร)	98
จ.14 คะแนนรสหวานของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็งต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภคร)	98
จ.15 คะแนนความกรอบของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็งต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภคร)	99
จ.16 คะแนนความแข็งของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็งต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภคร)	99
จ.17 คะแนนความชอบสีที่เปลือกของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็งต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภคร)	100
จ.18 คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็งต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภคร)	100
จ.19 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็งต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภคร)	101
จ.20 คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film ที่เวลาในการเก็บแบบแช่เยือกแข็งต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภคร)	101

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1a) การถ่ายเทความร้อนและมวลในการทอดโดยใช้น้ำมันน้อย.....	3
2.1b) การถ่ายเทความร้อนและมวลในการทอดโดยใช้น้ำมันมาก.....	3
2.2 โครงสร้างโมเลกุลของ sorbitol.....	7
2.3 แผนภาพสมมติฐานผลของ edible film ที่มีต่อการแพร่ผ่านของความชื้นและไขมัน ระหว่างการทอดแบบน้ำมันท่วมของผลิตภัณฑ์ประเภทแป้ง.....	9
3.1 ขั้นตอนการเตรียมได้ปอเปียะ.....	16
3.2 รูปสมมติภาพตัดขวางของปอเปียะทอด.....	17
3.3 ขั้นตอนการเตรียมสารละลายฟิล์ม.....	19
4.1 ค่า PV ของผลิตภัณฑ์ปอเปียะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มีการปรับปรุงคุณภาพ ด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลาต่างๆ.....	47
4.2 ค่า $a_w$ ของแผ่นแบ่งชั้นที่ 1 ของผลิตภัณฑ์ปอเปียะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มีการ ปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วย ระยะเวลาต่างๆ.....	48
4.3 ค่า $a_w$ ของไส้ผลิตภัณฑ์ปอเปียะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มีการปรับปรุงคุณภาพ ด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลาต่างๆ.....	49
4.4 ค่า slope บริเวณตรงกลางชั้นของผลิตภัณฑ์ปอเปียะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มีการ ปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วย ระยะเวลาต่างๆ.....	50
4.5 ค่า hardness บริเวณตรงกลางชั้นของผลิตภัณฑ์ปอเปียะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและ ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลาต่างๆ.....	50
4.6 ค่า slope บริเวณด้านปลายของชั้นผลิตภัณฑ์ปอเปียะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มีการ ปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วย ระยะเวลาต่างๆ.....	51

4.7 ค่า hardness บริเวณด้านปลายของชั้นผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและ ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลาต่างๆ.....	51
4.8 คะแนนความเข้มสีที่เปลือกของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มีการ ปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วย ระยะเวลาต่างๆ (ประเมินโดยผู้ทดสอบแบบฝึกฝน).....	53
4.9 คะแนนความกรอบของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มีการปรับปรุง คุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลา ต่างๆ (ประเมินโดยผู้ทดสอบแบบฝึกฝน).....	54
4.10 คะแนนความแข็งของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มีการปรับปรุง คุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลา ต่างๆ (ประเมินโดยผู้ทดสอบแบบฝึกฝน).....	55
4.11 คะแนนความเข้มสีที่เปลือกของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่ม ีการปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลาต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภคร).....	57
4.12 คะแนนกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มีการปรับปรุง คุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลา ต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภคร).....	58
4.13 คะแนนรสชาติของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มีการปรับปรุง คุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลา ต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภคร).....	59
4.14 คะแนนรสหวานของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มีการปรับปรุง คุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลา ต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภคร).....	60
4.15 คะแนนความกรอบของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มีการ ปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วย ระยะเวลาต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภคร).....	60

รูปที่	หน้า
4.16 คะแนนความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแซ่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลาต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภค).....	61
4.17 คะแนนความชอบสีที่เปลือคของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแซ่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลาต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภค).....	63
4.18 คะแนนความชอบกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแซ่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลาต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภค).....	64
4.19 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแซ่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลาต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภค).....	65
4.20 คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแซ่เยือกแข็ง ซึ่งมีและไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วย sorbitol และ WPI film และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลาต่างๆ (ประเมินโดยผู้บริโภค).....	66