โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพสตรี้ซูโรสลดไขมันและเพิ่มใยอาหาร

ชื่อนิสิต นางสาว มณฑิพา เกื้อชูศรี
นาย พรภวิษย์ ทิศา

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

ปีการศึกษา 2562

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสลดไขมันและเพิ่มใยอาหาร

โดย

นางสาว มณฑิพา เกื้อชูศรี

นาย พรภวิษย์ ทิศา

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ดร. ศิริมา พ่วงประพันธ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประจาปีการศึกษา 2562

PRODUCT DEVELOPMENT OF REDUCE FAT AND INCREASE FIBER OF PASTRY CHURROS

Montipa Kuachusri

Pornpavit Tisa

Project Adviser

Sirima Puangpraphant, Ph.D.

Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2019

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสลดไขมันและเพิ่มใยอาหาร

โดย นางสาว มณฑิพา เกื้อชูศรี

นาย พรภวิษย์ ทิศา

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ศิริมา พ่วงประพันธ์

ปีการศึกษา 2562

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
ประจำปีการศึกษา 2562

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์)
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ศิริมา พ่วงประพันธ์

.....

(อาจารย์ ดร. ศิริมา พ่วงประพันธ์)
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสลดไขมันและเพิ่มใยอาหาร
โดย นางสาว มณฑิพา เกื้อชูศรี
นาย พรภวิษย์ ทิศา
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ศิริมา พ่วงประพันธ์
ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของแป้งสาลี ไขมัน น้ำตาลค่อนข้างสูง และมีปริมาณใยอาหารต่ำ ซึ่งหากบริโภคในปริมาณมาก อาจก่อให้เกิดโรคอ้วน และทำให้ระดับโคเลสเตอรอลในเลือดสูงขึ้นได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสให้มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น โดยใช้การอบแทนการทอด และใช้อินูลินทดแทนเนยในสูตรมาตรฐาน เพื่อลดปริมาณไขมัน และเพิ่มปริมาณใยอาหาร จากผลการทดลองการอบด้วยเตาอบลมร้อน (200 °C 20 นาที) ในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสทดแทนการทอดในน้ำมันท่วม (180 °C 4 นาที) ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ในด้าน Compression force, Penetrate force, ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่ค่าความสว่าง (L*) และอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสที่ผ่านการอบและการทอดในน้ำมันท่วม พบว่าผู้บริโภคมีความชอบในด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ ความแน่นเนื้อ ความพองตัว สี และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน การอบสามารถลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ได้ 18.30% จึงทำการศึกษาการทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินเข้มข้น 40% โดยน้ำหนัก ในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบ ใช้อัตราส่วนเนยต่อสารละลายอินูลินที่ระดับ 100:0 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนสารละลายอินูลินที่ใช้ในการทดแทนเนย จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า Compression force และปริมาณใยอาหารหยาบมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) แต่อัตราการพองตัว ค่าความสว่าง (L*) และปริมาณไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่แปรอัตราส่วนเนยต่อสารละลายอินูลินที่ระดับ 75:25 และ 50:50 ให้ลักษณะเนื้อสัมผัส และค่าสีใกล้เคียงกับสูตร 100:0 โดยมีปริมาณไขมันที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตร 100:0 ถึง 33.44% และ 62.54% ตามลำดับ และมีปริมาณใยอาหารหยาบ 0.73 g/100g และ 1.63 g/100g ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่แปรอัตราส่วนเนยต่ออินูลินในระดับ 75:25 และ 50:50 สามารถลดปริมาณไขมันลงได้ถึง 45.30% และ 69.21% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเพสตรี้ชูโรสที่ทอดในน้ำมันท่วมและใช้เนยปกติ

Project Title Product development of reduce fat and increase fiber of pastry churros
Student Montipa Kuachusri
Pornpavit Tisa
Study Program Bachelor of Science in Food Technology
Advisor Sirima Puangpraphant, Ph.D.
Academic Year 2019

Abstract

Pastry churros is very popular, which contains wheat flour, high fat, high sugar with low fiber contents. Thus, consuming churros in large amount might cause obesity and could increase the level of cholesterol in the blood. The objective of this research is to develop heathier pastry churros by reducing fat and increasing fiber contents. The research study on using baking instead of deep fat frying process and using inulin instead of butter in standard recipes. From the experimental results, pastry churros baked with hot air oven (200 ℃ 20 min) instead of deep fat fried (180 ℃ 4 min) affected the texture in terms of compression force, penetrate force, redness (a*) and yellowness (b*) but were not significantly different (P> 0.05). However, lightness (L*) and expansion ratio were significantly different (P≤0.05). Appearance, crispness, firmness, expansion, color and overall liking of baked and deep fat fried pastry churros were not significantly different (P>0.05). Baking can reduce fat content of pastry churros by 18.30%. Baked pastry churros were studied replace butter with inulin solution 40% (w/w), with ratio of butter to inulin solution at the level of 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0:100. Increasing inulin solution causes significantly higher in compression force and coarse fiber content (P≤0.05) and significantly reducing in expansion ratio, lightness (L*) and fat content (P≤0.05). The 75:25 and 50:50 formulas have fat reduced to 33.44% and 62.54%, and fiber contents are 0.73 g/100g and 1.63 g/100g, respectively. When compared with deep fat fried pastry churros and using butter can reduce fat content by 45.30% and 69.21%, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนตามหลักสูตรระดับปริญญาบัณฑิตของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งได้รับเงินทุนสนับสนุนจากงบประมาณของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2562 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงการนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ ทางคณะวิจัยต้องขอขอบพระคุณ อ.ดร.ศิริมา พ่วงประพันธ์ ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของโครงการตาม ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำในการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น รวมทั้งความรู้และแนวคิดที่ผู้วิจัยได้นำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ทดลอง จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงหลายๆ สิ่งที่สามารถนำไปใช้เป็นความรู้เพิ่มเติมได้ในอนาคต

ขอขอบพระคุณ อ.ดร. ศานต์ เศรษฐชัยมงคล ผู้ประสานรายวิชา 2314499 ที่คอยให้ข้อมูลต่างๆ แนะแนวทางที่ดีในงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องจนดำเนินการได้อย่างราบรื่นตลอดมา รวมถึงคณาจารย์ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่านที่ได้ประสาทวิชาทั้งหลายก่อเป็นความรู้ความเข้าใจที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยได้ทุกส่วน

ขอขอบพระคุณหัวหน้าห้องปฏิบัติการเคมีทางอาหารและหัวหน้าห้องปฏิบัติการ กระบวนการแปรรูปอาหาร ที่คอยอำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ บุคลากรในภาควิชา รุ่นพี่ และเพื่อนนิสิต ตลอดจนทุกท่านที่คณะวิจัยไม่สามารถเอ่ยนามได้ครบถ้วน ขอขอบพระคุณที่คอยให้ความสะดวกทุกอย่างจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ทางคณะผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการค้นคว้าวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไปในอนาคต

นางสาว มณฑิพา เกื้อชูศรี
นาย พรภวิษย์ ทิศา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ง
Abstract	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	
สารบัญรูปภาพ	
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	
2.1 เพสตรี้ชูโรส	2
2.2 การทอดในน้ำมันท่วม	3
2.3 การอบ	4
2.4 อินูลิน	5
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย	8
3.2 วัสดุและอุปกรณ์	8
3.3 การผลิตผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรส	8
3.4 วิธีการทดสอบ	11
3.5 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ	11

หน้า

3.6 การวัดองค์ประกอบทางเคมี 12

3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ 12

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การศึกษาผลของการอบทดแทนการทอดในน้ำมันท่วมในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐาน 13

4.2 การศึกษาผลของการทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบ 16

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 23

เอกสารอ้างอิง 24

ภาคผนวก

ก การวิเคราะห์ทางเคมี 28

ข การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส 33

ค แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 34

ง รายละเอียดโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ 36

จ ประวัติผู้วิจัย 48

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเพสตรี้ชูโรส	2
2.2 สารอาหารต่อเพสตรี้ชูโรส 100 กรัม	3
3.1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเพสตรี้ชูโรส	8
3.2 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเพสตรี้ชูโรสสูตรอบ และทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลิน ในอัตราส่วนต่าง ๆ	10
4.1 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐานที่ใช้วิธีการทอดและการอบ	13
4.2 ค่าสีของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐานที่ใช้วิธีการทอดในน้ำมันท่วมและการอบ	14
4.3 ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐานที่ใช้วิธีการทอดในน้ำมันท่วมและการอบ	15
4.4 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบต่อผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐานที่ใช้วิธีการทอดในน้ำมันท่วมและการอบ	15
4.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลิน ในอัตราส่วนต่าง ๆ	16
4.6 ค่าสีของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ	18
4.7 ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ	19
4.8 ปริมาณใยอาหารหยาบในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลิน ในอัตราส่วนต่าง ๆ	20
4.9 ปริมาณใยความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) ในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบ ที่ทดแทนเนยด้วยอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ	21
4.10 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบต่อผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูสอบ ที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ	22

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะของเพสตรี้ชูโรส	2
3.1 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐาน	9
3.2 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรอบ และทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลิน	10
4.1 ผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐานที่ใช้วิธีการทอดในน้ำมันท่วมและการอบ	14
4.2 กราฟแสดงแนวโน้ม Compression force, Penetrate force และอัตราการพองตัว ของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ	17
4.3 ผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ	19

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และเพสตรี้กำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในเอเชีย เพสตรี้ชูโรสเป็นผลิตภัณฑ์เพสตรี้ที่มีส่วนผสมของแป้งสาลี ไขมัน น้ำตาลค่อนข้างสูง และมีปริมาณใยอาหารต่ำ ใช้วิธีการทอดในการผลิต ซึ่งหากบริโภคในปริมาณมาก อาจก่อให้เกิดโรคอ้วน และทำให้ระดับโคเลสเตอรอลในเลือดสูงขึ้นได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ชูโรสให้มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น โดยใช้การอบ แทนการทอด เพื่อลดปริมาณไขมัน และอินูลินทดแทนเนยในสูตรมาตรฐาน เพื่อลดปริมาณกรดไขมัน ลดโคเลสเตอรอล อีกทั้งยังเพิ่มปริมาณใยอาหารอีกด้วย (De Vries, 2003)

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลของการทอดน้ำมันท่วมและการอบ ต่อลักษณะเนื้อสัมผัส สี ลักษณะทางประสาทสัมผัส และปริมาณไขมันในเพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐาน
2. เพื่อพัฒนาสูตรชูโรสเพื่อสุขภาพที่มีไขมันน้อยลงและมีใยอาหารเพิ่มขึ้น โดยทดแทนเนยด้วยอินูลินในอัตราส่วนที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

3. ขอบเขตของการวิจัย

1. ตัวแปรที่ศึกษา

   ตัวแปรอิสระ คือ กระบวนการทางความร้อน (การทอดในน้ำมันท่วม และการอบ) และอัตราส่วนของอินูลินที่ใช้ทดแทนเนย

   ตัวแปรตาม คือ ปริมาณใยอาหาร และปริมาณไขมัน
2. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง ตั้งแต่เดือน กันยายน 2562 ถึง พฤษภาคม 2563

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรลดไขมันและเสริมใยอาหารที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

1. เพสตรี้ชูโรส (Churros)

เพสตรี้ชูโรสเป็นขนมที่มีต้นกำเนิดจากประเทศสเปน ลักษณะขนมเป็นแท่งยาว ๆ รูปแฉกคล้ายดาว ดังแสดงในภาพที่ 2.1 และมีส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งวัตถุดิบหลักประกอบด้วย แป้งสาลี เนย และไข่ไก่ จากนั้นนำส่วนผสมของโดแป้งไปทอดน้ำมันท่วม ที่อุณหภูมิ 185 ถึง 200 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการทอด 3 ถึง 4 นาที เมื่อทอดเสร็จแล้วชูโรสมีสีเหลืองอ่อนๆ อาจคลุกกับน้ำตาลและผงชินนามอน (Bender, 2005)

ภาพที่ 2.1 ลักษณะของเพสตรี้ชูโรส (dessert now dinner later., 2018)

ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเพสตรี้ชูโรส (Cooking Classy, 2018)

ส่วนประกอบ	ปริมาณ
แป้งสาลีอเนกประสงค์	141 กรัม
เนยจืด	56 กรัม
น้ำ	250 มิลลิลิตร
ไข่ไก่	1 ฟอง
กลิ่นวานิลลา	1.25 มิลลิลิตร
เกลือ	0.4 กรัม
ผงชินนามอน	3.3 กรัม
น้ำตาล	13 กรัม

เพสตรี้ชูโรสเป็นขนมที่ให้พลังงานสูง เนื่องจากมีปริมาณแป้ง ไขมัน และน้ำตาลสูง อีกทั้งยังมีโคเลสเตอรอลอีกด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สารอาหารต่อเพสตรี้ชูโรส 100 กรัม (Aashpazi, 2016)

สารอาหาร	Unit	Value per 100 g
Energy	kcal	425
Protein	g	7.3
Sugars, total	g	6.1
Carbohydrate	g	42.6
Fiber, total dietary	g	1.3
Total lipid (fat)	g	25.2
Fatty acids, total saturated	g	12.9
Cholesterol	mg	110
Potassium	mg	80
Sodium	mg	263

2. การทอดในน้ำมันท่วม (Deep fat frying)

การทอดเป็นกรรมวิธีที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร และมีวัตถุประสงค์รองคือ การถนอมอาหารโดยการทำลายจุลินทรีย์ เอนไซม์ และลดค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) ที่ผิวของอาหารหรือตลอดชิ้นของอาหาร (วิไล รังสาดทอง, 2547)

โดยการทอดในน้ำมันท่วมเป็นการถ่ายโอนความร้อนเป็นทั้งการพาความร้อนในน้ำมันร้อนและการนำความร้อนสู่ภายในอาหาร ผิวอาหารทั้งหมดจะได้รับความร้อนใกล้เคียงกัน สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนก่อนเกิดการระเหยเท่ากับ 250-300 วัตต์/เมตร^2 เคลวิน และเพิ่มขึ้น 800-1000 วัตต์/เมตร^2 เคลวิน เนื่องจากเกิดการเดือดและการเคลื่อนที่ของไอน้ำที่ออกจากอาหาร อย่างไรก็ตาม ถ้าอัตราการระเหยของไอน้ำสูงเกินไปจะเกิดฟิล์มบาง ๆ ของไอน้ำอยู่บนผิวอาหารทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนลดลง (วิไล รังสาดทอง, 2547) การทอดอาหารแบบน้ำมันท่วม (Deep fat frying) ทำได้โดยนำอาหารจุ่มลงไปในน้ำมันที่มีความร้อนสูงกว่าจุดเดือดของน้ำ อุณหภูมิน้ำมันที่ใช้ทอดอยู่ในช่วง 150-180 องศาเซลเซียส ส่งผลให้อาหารมีกลิ่นรสที่มีลักษณะเฉพาะ มีเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคชอบรับประทาน คือ มีลักษณะที่แห้ง มีความกรอบที่ด้านนอก และ มีความนุ่มที่ด้านใน ซึ่ง

เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของอาหารที่ทอดด้วยวิธีนี้ (Moreira et al., 1999) นอกจากนี้ ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี เช่น การสุกของแป้งและโปรตีนการเกิดสีน้ำตาล การเปลี่ยนสถานะเป็นกลาส ทำให้คุณสมบัติทางด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่นรสมีการเปลี่ยนแปลง เกิดเป็นลักษณะเฉพาะของอาหารทอด (Mellema, 2003)

Gramble et al. (1987) กล่าวว่าน้ำมันส่วนใหญ่เข้าสู่อาหารระหว่างการทำให้เย็น เนื่องจากการควบแน่นของไอน้ำทำให้ เกิดสภาวะสุญญากาศ ส่งผลให้น้ำมันซึ่งเกาะอยู่ที่ผิวซึมเข้าสู่อาหาร อีกทั้ง Moreira (1996) ได้ศึกษาการกระจายของน้ำมันของผลิตภัณฑ์แผ่นตอร์ติลา (tortilla) พบว่า มีปริมาณน้ำมันภายในเพียง 20% และอีก 80% อยู่ที่ผิวหน้าของอาหารหลังจากที่ทิ้งไว้ให้เย็นน้ำมันที่อยู่บริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์จะดูดซึมเข้าไปข้างใน 64% ส่วนอีก 36% ยังคงอยู่ที่ผิวหน้าเหมือนเดิม ปรากฏการณ์นี้อธิบายได้ว่า หลังจากการกระบวนการทอดเสร็จสิ้น การย้ายอาหารออกมาจากน้ำมัน อุณหภูมิภายในของผลิตภัณฑ์จะเริ่มลดลง ส่งผลให้ไอน้ำที่มีภายในเกิดการกลั่นตัว และความดันภายในลดลงอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นความแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอก ทำให้น้ำมันที่อยู่บริเวณผิวหน้าสามารถซึมผ่านเข้าไปภายในชิ้นอาหารได้ (Ziaiifar et al., 2008) การดูดซึมน้ำมันด้วยกลไกนี้จะมีโอกาสเกิดขึ้นได้มากสำหรับกระบวนการทอดที่ใช้เวลาสั้นและอาหารที่มีขนาดใหญ่ เพราะการทอดในสภาวะดังกล่าว ที่ผิวหน้าของอาหารหลังจากทอดจะไม่แห้งสมบูรณ์ ทำให้ยังมีไอน้ำเหลืออยู่ในชิ้นอาหาร (Mellema, 2003) การทอดอาหารด้วยวิธีนี้มีการดูดซับน้ำมันที่สูงมากปริมาณน้ำมันที่สูงนี้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เพราะก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ เช่น โรคอ้วน โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น และยังทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืนได้ง่าย ดังนั้น จึงเกิดการคิดค้นแนวทางในการลดปริมาณน้ำมันดูดซับในอาหารทอดเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น นั่นคือการใช้กระบวนการทางความร้อนอื่น ๆ ในการแปรรูปอาหาร เช่น การอบ หรือใช้สารทดแทนไขมัน

3. การอบ (Baking)

การอบ คือ การทำอาหารให้สุกโดยใช้ความร้อนแห้งจากเตาอบ ความร้อนระหว่างการอบทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนทั้งแบบการพาความร้อนร่วมกับการแผ่รังสีไปที่ผิวหน้าของอาหาร และนำความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในชิ้นอาหาร ระหว่างการอบยังมีการถ่ายเทมวลออกจากผิวของอาหาร ทำให้อาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉพาะบริเวณผิวหน้าของอาหาร น้ำในอาหารจะระเหยออกไป เกิดเป็นโครงสร้างที่มีรูอากาศภายใน เกิดเปลือกแข็งที่ผิวนอกของอาหาร อีกทั้งยังเกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของอาหาร ได้แก่ ทำให้อาหารสุก โดยทำให้แป้งเกิดการเจลาติไนซ์ (gelatinization) และโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation) การเปลี่ยนแปลงสี โดยเฉพาะที่ผิวนอกของอาหาร เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction)

เช่น Maillard reaction หรือ caramelization ซึ่งเป็นปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวกับเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนหรือกรดแอมิโนกับน้ำตาลในภาวะที่มีอุณหภูมิสูง (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2556)

เนื่องจากเพสตรี้ชูโรสเป็นขนมที่มีไขมันสูงมีส่วนประกอบจากเนยและการใช้น้ำมันทอดจนท่วม จึงมีงานวิจัยที่ศึกษาผลของการทอดในน้ำมันท่วมต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ คือ Ghaitaranpour et al., (2018) ได้ศึกษาผลทางกายภาพของโดนัท ที่ผ่านการทอดในน้ำมันท่วม และการทอดโดยใช้ลมร้อน โดยใช้ระบบสี L*a*b* ร่วมกับ ImageJ software (ImageJ 1.49, NIH, Bethesda, USA) ในการวัดความหนา และความหยาบของผิวโดนัท ที่อุณหภูมิ 150, 165 และ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 5 และ 8 นาที สำหรับการทอดในน้ำมันท่วม และ 4, 6 และ 8 นาที สำหรับการทอดโดยใช้ลมร้อน พบว่าหากทอดโดนัทในน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิสูงขึ้น ผิวของโดนัทจะมีความกรอบมากขึ้น แต่ถ้าหากทอดโดยใช้ลมร้อนจะใช้อุณหภูมิต่ำกว่าในการทำให้ผิวของโดนัทกรอบมากกว่าการทอดในน้ำมันท่วม ซึ่งการทอดทั้ง 2 วิธีเมื่อใช้อุณหภูมิลดลง จะเพิ่มความหยาบของผิวโดนัท และเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นผิวของโดนัทจะเรียบมากขึ้น การทอดในน้ำมันท่วมผิวของโดนัทจะเริ่มกรอบบริเวณด้านล่างและด้านข้างของโดนัทก่อน ส่วนการทอดโดยใช้ลมร้อน ผิวของโดนัทจะเริ่มกรอบจากบริเวณด้านบนของโดนัท ความกรอบเนื่องจากการทอดในน้ำมันท่วมจะขึ้นกับเวลามากกว่าการทอดโดยใช้ลมร้อน นั่นก็คือยิ่งใช้เวลาทอดในน้ำมันท่วมนาน ความกรอบก็จะเพิ่มมากขึ้น

และ Yang et al., (2019) ได้ศึกษาอิทธิพลของการผัดและการอบต่อลักษณะฟลาโวนอยด์, คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และการเกิดไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรัล ในขั้นตอนการทำเพสตรี้สอดไส้บลูเบอร์รี่ โดยอบที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 23 นาที แล้วจึงนำไปผัด เป็นเวลา 40 นาที ผลที่ได้พบว่า การผัดจะลดสารต้านอนุมูลอิสระในไส้บลูเบอร์รี่ปริมาณมาก อีกทั้งยังเกิดไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรัลอีกด้วย แต่การอบไม่ส่งผลต่อลักษณะฟลาโวนอยด์ คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และการเกิดไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรัล

เนื่องด้วยส่วนผสมของเพสตรี้ชูโรสมีเนยเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่ได้ศึกษาการลดไขมันจากผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และเพสตรี้ ด้วยการทดแทนไขมันเนยด้วย สารทดแทนไขมันต่าง ๆ เช่น อินูลิน มอลโทเดกซ์ทริน เพคติน ฯลฯ (Brennan et al., 2008)

4. อินูลิน (Inulin)

อินูลินเป็นโพลิเมอร์ของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่เชื่อมกันด้วยพันธะ fructosyl-fructose มี degree of polymerization (DP) ≥10 อินูลินสกัดได้จากรากของตน Chicoree หรือ Jerusalem artichoke โดยอินูลิน

มีคุณสมบัติเป็นใยอาหารชนิดหนึ่ง (De Vries, 2003) อินูลินทนต่อการย่อยและการดูดซึมในร่างกายมนุษย์ อีกทั้งอินูลินเป็น prebiotic เนื่องจากสามารถถูกหมักโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ และส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียจีนัส Bifidobacterium ได้ หรือเรียกว่า bifidogenic effect (Franck, 2002; Meyer & Stasse-Wolthuis, 2009) การบริโภคอินูลินในปริมาณ 15 กรัมต่อวัน โดยแบ่งทานในหลายมื้อ ไม่ส่งผลต่อระบบทางเดินอาหารของผู้ใหญ่แต่อย่างใด (Grabitske & Slavin, 2009)

อินูลินสามารถจับกับโมเลกุลน้ำที่ความเข่มข่นรอยละ 1-10 โดยสารละลายจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อความเขมขนเป็นรอยละ 40-45 จะเกิดโครงสรางคลายเจลระหว่างน้ำและอินูลินที่ใหความมัน ลื่น คลายไขมัน (creamy and fat like) (Baal, 1993) ซึ่งคุณสมบัตินี้ทำให้สามารถทดแทนไขมันได้ในผลิตภัณฑ์นม ขนม และเบเกอรี่ได้ (Franck, 2002; Roberfroid, 2005) แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นให้มากกว่าร้อยละ 50 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวาน และมีเนื้อสัมผัสที่แข็งมากเกินไป (Peressini and Sensidoni, 2009)

มีการศึกษาการใช้อินูลินในการผลิตขนมปัง โดย Peressini และ Sensidoni (2009) ได้ทำการศึกษาผลของการผสมอินูลินลงในขนมปังเพื่อเพิ่มใยอาหาร โดยเปรียบเทียบกับขนมสูตรมาตรฐานที่ไม่ได้เติมอินูลิน โดยผสมอินูลินลงในแป้งสาลี 2.5-7.5% น้ำหนักแห้ง พบว่าเมื่อผสมอินูลินในปริมาณมากขึ้นจะลดความหยุ่นหนืด (viscoelastic) ของแป้งโด ทำให้แป้งโดมีสมบัติคล้ายของแข็งมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาตรของขนมปังลดลง เนื่องจากอัตราการพองตัวของโดลดลง และขอบขนมปังมีความแข็งมากขึ้น ผลการศึกษาพบว่าการผสมอินูลิน 5% จะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด ถ้าผสมมากกว่า 5% จะทำให้ขนมปังมีรสหวานเกินไป อีกทั้งยังทำให้ขนมปังมีความแข็งและพองตัวได้น้อย

Poinot et al. (2010) ได้ทำการศึกษาผลของการเติมอินูลินลงในขนมปัง โดยผสมอินูลินลงในแป้งสาลี 3-5% น้ำหนักแห้ง พบว่าอินูลินจะเร่งการอบขนมปังให้เป็นไปอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น และเร่งให้เกิด Maillard reaction ซึ่งส่งผลให้ขนมปังมีคุณภาพโดยรวมคล้ายคลึงกับสูตรมาตรฐาน แต่ใช้เวลาในการอบน้อยลง อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มปริมาณใยอาหารอีกด้วย

และมีการใช้อินูลินในผลิตภัณฑ์มัฟฟินในงานวิจัยของ Zahn et al. (2010) ซึ่งเป็นการศึกษาการใช้อินูลินในการทดแทนไขมันในมัฟฟิน ในอัตราส่วน 50% 75% และ 100% พบว่าการเพิ่มปริมาณอินูลิน ทำให้ปริมาณความชื้นและความหนาแน่นของผิวมัฟฟินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ปริมาตรมัฟฟินลดลง อีกทั้งยังส่งผลต่อกลิ่นรสของมัฟฟินอีกด้วย ผลของการศึกษาพบว่าการทดแทนไขมันด้วยอินูลิน 50% มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ เมื่อเทียบกับสูตรมาตรฐานเพียงเล็กน้อย และยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งจะลดปริมาณไขมันถึง 45%

Rodríguez-García et al. (2013) ได้ทำการศึกษาการหาปริมาณที่เหมาะสมของสูตรเค้กสปอนจ์ที่มีอินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน โดยศึกษาการทดแทนไขมันในอัตราส่วน 0%, 35%, 50%, 70% และ 100% พบว่าการใช้อินูลินทดแทนไขมันจะทำให้ความหนืดของแป้งโดลดลง ส่งผลให้ฟองอากาศที่เกิดขึ้นมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่การที่มีปริมาณไขมันลดลง ซึ่งไขมันทำหน้าที่ในการรักษาเสถียรภาพของฟองอากาศ ทำให้โครงสร้างของเค้กสปอนจ์กักอากาศไว้ได้น้อยลง ทำให้ปริมาตรของเค้กลดลง จากการศึกษาพบว่าการทดแทนไขมันด้วยอินูลิน 70% ให้ผลในด้านลักษณะทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรมาตรฐาน (0%) อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

อีกทั้ง Devereux et al. (2003) ได้ศึกษาการใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันในคุ้กกี้ เค้ก ไอศกรีม และไส้กรอกต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส ในอัตราส่วน 4-13 กรัม/100กรัม ซึ่งการทดแทนไขมันด้วยอินูลินสามารถลดไขมันได้ 20-80% โดยยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1.1 วัตถุดิบ

แป้งสาลีเอนกประสงค์ ตราว่าว, เกลือบริโภคเสริมไอโอดีน ตราปรุงทิพย์, เนยจืด ตราอลาวรี่, ไข่ไก่สด ขนาดกลาง ตราเทสโก้, น้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล, กลิ่นวานิลลา ตราเบสท์โอเดอร์, น้ำมันดอกทานตะวัน ตรากุ๊ก และอินูลิน (Fibruline® Instant, Belgium)

1.2 สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์ (RCI labscan, Thailand), กรดซัลฟิวริก 98% (Qrec, New Zealand), โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Ajax Finechem, New Zealand), กรดไฮโดรคลอริก (RCI labscan, Thailand) และเอทานอล (RCI labscan, Thailand)

2. วัสดุและอุปกรณ์

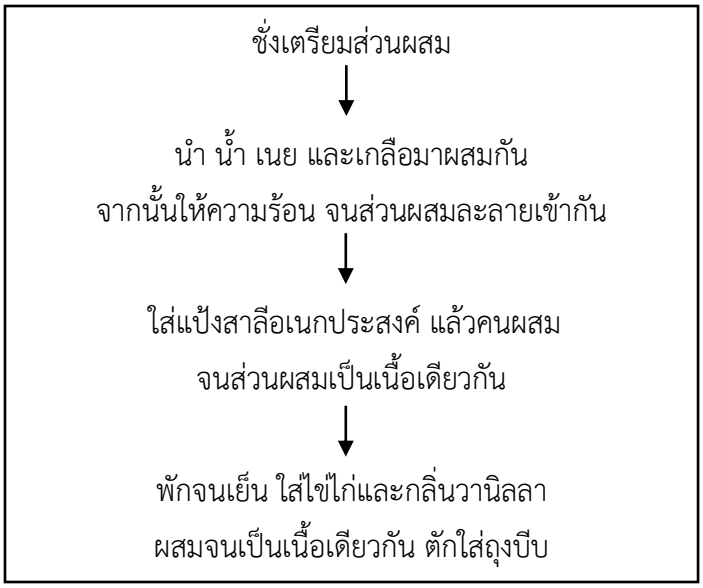
เตาไฟฟ้า (Imarflex, Japan, IF-406), เตาอบลมร้อน (Topkitch, China, PL-6), เทอร์โมมิเตอร์ (Tecpel, Taiwan, DTM-305C) และ เครื่องชั่งหยาบ (Mettler Toledo, Switzerland, PL4001-L)

3. การผลิตผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรส

ส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสจะใช้อัตราส่วน ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และขั้นตอนการผลิตแสดงในภาพที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเพสตรี้ชูโรส (Cooking Classy, 2018)

ส่วนผสม	ปริมาณ
แป้งสาลีอเนกประสงค์	141 กรัม
เนยจืด	56 กรัม
น้ำ	250 กรัม
ไข่ไก่	55 กรัม
กลิ่นวานิลลา	1.25 กรัม
เกลือ	0.4 กรัม
น้ำตาล	13 กรัม



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐาน

3.1 การผลิตผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสที่ใช้การทอดในน้ำมันท่วม

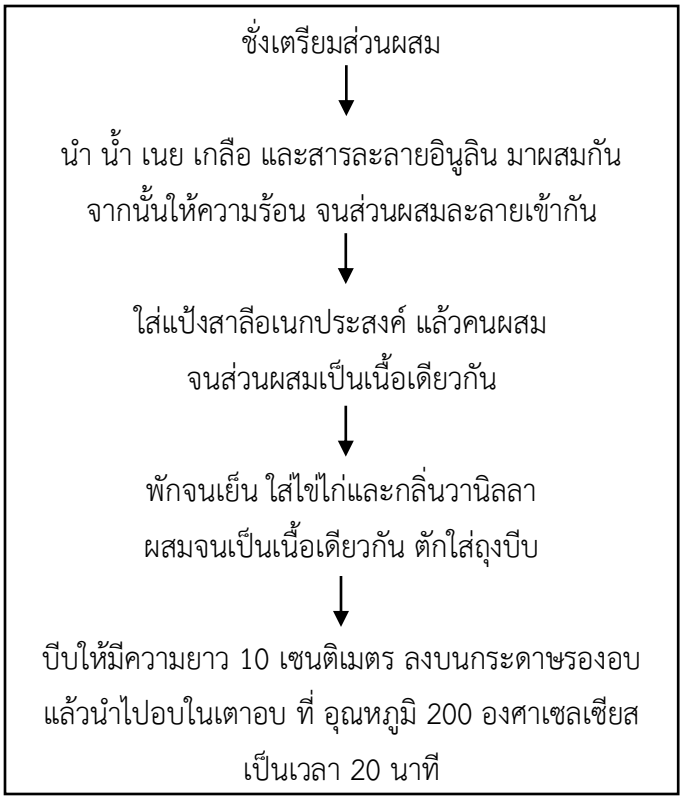
นำแป้งที่ได้จากขั้นตอนการการผลิตดังกล่าว (ภาพที่ 3.1) บีบให้มีความยาว 10 เซนติเมตร ทอดลงในน้ำมันดอกทานตะวัน ปริมาตร 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ทอดเป็นเวลา 4 นาที (Cooking Classy, 2018) จากนั้นนำมาสะเด็ดน้ำมัน แล้วพักให้เย็น 20 นาที

3.2 การผลิตผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสที่ใช้การอบ

นำแป้งที่ได้จากขั้นตอนการการผลิตดังกล่าว (ภาพที่ 3.1) บีบให้มีความยาว 10 เซนติเมตร ลงบนกระดาษรองอบ แล้วนำไปอบในเตาอบลมร้อน เตาอบลมร้อน (Kluay namthai, Thailand, PL-6) ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที (Stafford, 2019) จากนั้นนำออกจากเตาอบพักให้เย็น 20 นาที

3.3 การผลิตผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่ทดแทนเนยด้วยอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ

ทำการทดแทนเนยในสูตรมาตรฐาน (ตารางที่ 3.1) ด้วยสารละลายอินูลินเข้มข้น 40% โดยน้ำหนัก ในอัตราส่วนต่าง ๆ คือ 25%, 50%, 75% และ 100% ส่วนผสมในการผลิตจะใช้อัตราส่วนดังแสดงในตารางที่ 3.2 และขั้นตอนการผลิต แสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรอบ และทดแทนเนยด้วยอินูลิน

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเพสตรี้ชูโรสสูตรอบ และทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ

ส่วนผสม (กรัม)	**อัตราส่วน เนย: สารละลายอินูลิน**				
	100:0 (มาตรฐาน)	75:25	50:50	25:75	0:100
แป้งสาลีอเนกประสงค์	141	141	141	141	141
สารละลายอินูลิน	0	14	28	42	56
เนยจืด	56	42	28	14	0
น้ำ	250	250	250	250	250
ไข่ไก่	55	55	55	55	55
กลิ่นวานิลลา	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
เกลือ	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
น้ำตาล	13	13	13	13	13

4. วิธีการทดสอบ

4.1 การศึกษาผลของการอบทดแทนการทอดในน้ำมันท่วมในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐาน โดยการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าสี และปริมาณไขมัน จากนั้นคัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสมาประกอบกัน

4.2 เมื่อได้สูตรที่ดีที่สุดจาก ข้อ 4.1 แล้วนำมาทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วน 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% เพื่อศึกษาผลของการทดแทนเนยด้วยอินูลินในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรดังกล่าว โดยการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าสี ปริมาณไขมัน และปริมาณใยอาหาร จากนั้นคัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยอาศัยการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

5. การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

5.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส

วัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยดัดแปลงวิธีจาก Velez-Ruiz et al. (2003) โดยใช้เครื่องมือ Texture Analyzer (Stable Micro Systems, England, TA-XT2i) วัดค่า Penetration force (F_P) ใช้หัววัด P/2 ความเร็วของหัววัดเท่ากับ 1.7 mm/s และวัดค่า Compression force (F_C) ใช้หัววัด P/5S ความเร็วของหัววัดเท่ากับ 1.7 mm/s อ่านค่าจากแรงสูงสุดที่ใช้เจาะหรือกดตัวอย่าง

วัดอัตราการพองตัวโดยการแทนที่ด้วยเมล็ดงา โดยดัดแปลงวิธีจาก อรวรรณ ติวเถาว์ (2557) ดังแสดงในภาคผนวก ข

5.2 ค่าสี

วัดค่าสีด้วยระบบ CIE L* a* และ b* โดยใช้เครื่องมือ Chroma meter (Konica Minolta, CR-300) โดยวัดตัวอย่างบริเวณผิวนอกส่วนที่เป็นแฉก และส่วนที่เป็นร่อง แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยกัน ค่าความแตกต่างของสี (***ΔE***) โดยใช้วิธีของ Clydesdale & Francis (1969) คำนวณโดย

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

5.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสที่ผ่านการทอดในน้ำมันท่วม และการอบ มาวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยใช้แบบสอบถามชนิด hedonic test ชนิด 9 คะแนน โดย 1 คะแนนหมายถึงไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนนหมายถึงชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 35 คน และ

เลือกสูตรที่ผู้บริโภคชอบ และยอมรับมากที่สุดมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยใช้แบบทดสอบดังแสดงในภาคผนวก ค

6. การวัดองค์ประกอบทางเคมี

6.1 ปริมาณไขมัน ด้วยวิธี AOAC (2000) ดังแสดงในภาคผนวก ก

6.2 ปริมาณใยอาหารหยาบ ด้วยวิธี AOAC (2000) ดังแสดงในภาคผนวก ก

6.3 ปริมาณความชื้น ด้วยวิธี AOAC (2000) ดังแสดงในภาคผนวก ก

6.4 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี ใช้เครื่องมือ water activity meter (AquaLab, United States, Series 3TE)

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลที่ได้แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของการทดลองสามซ้ำ ใช้โปรแกรม SPSS 24.0 (SPSS Inc., Chicago, USA) ในการการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ การวัดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$ ด้วยการทดสอบ t-test สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่าง 2 ตัวอย่าง และ the least significant difference (LSD) test สำหรับเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมากกว่า 2 ตัวอย่าง โดยตัวอักษรต่าง ๆ ในตารางแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยออกแบบการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การศึกษาผลของการอบทดแทนการทอดในน้ำมันท่วมในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐาน

1.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส

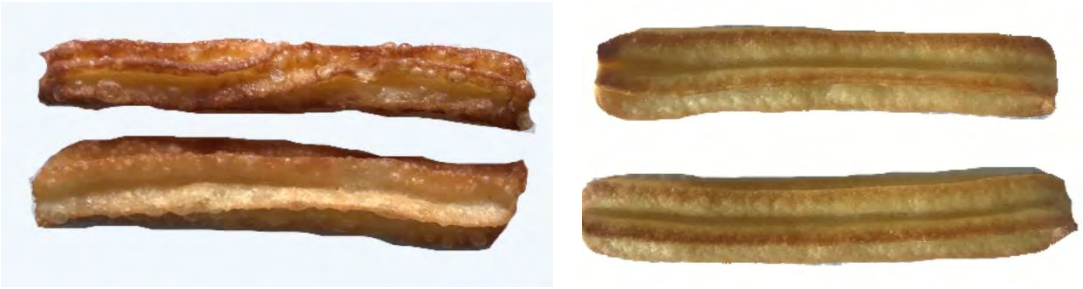
เมื่อเปรียบเทียบค่า Compression force และ Penetrate force ของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสที่ใช้วิธีการทอดในน้ำมันท่วม ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที และใช้วิธีอบ ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที พบว่าการอบและการทอดให้ผลต่อเนื้อสัมผัสในด้าน Compression force และ Penetrate force ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐานที่ใช้วิธีการทอดและการอบ

การบวนการทางความร้อน	Compression force^{ns} (kg)	Penetrate force^{ns} (kg)	อัตราการพองตัว
การทอดในน้ำมันท่วม	0.768 ± 0.237	0.565 ± 0.189	3.132 ± 0.127^{a}
การอบ	0.780 ± 0.343	0.559 ± 0.176	2.036 ± 0.121^{b}

หมายเหตุ ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) และตัวอักษรที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดย LSD test

โดยการทอดในน้ำมันท่วมมีค่า Compression force น้อยกว่าการอบ เนื่องจากการทอดในน้ำมันท่วมจะทำให้เกิดการระเหยของไอน้ำจากส่วนผสมอย่างรวดเร็ว เมื่อทอดจะเสร็จเกิดโพรงอากาศทั้งภายในและภายนอกของผลิตภัณฑ์มากกว่าการอบ ทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีความโปร่งมากกว่า (กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และคณะ , 2557) ส่งผลให้ค่า Compression force น้อยกว่า ในทางกลับกัน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทอดในน้ำมันท่วมมีความโปร่งมากกว่าการอบ ทำให้ Penetrate force น้อยกว่าการอบ และเมื่อศึกษาการพองตัวของเพสตรี้ชูโรส พบว่าการทอดในน้ำมันท่วมจะส่งผลให้มีอัตราการพองตัวมากกว่าการอบอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดยใช้เหตุผลเดียวกับค่า Penetrate force และค่า Compression force ดังแสดงในภาพที่ 4.1



(a) การทอดในน้ำมันท่วม (b) การอบ

ภาพที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐานที่ใช้วิธี (a) การทอดในน้ำมันท่วม และ (b) การอบ

1.2 ค่าสี

เมื่อเปรียบเทียบค่าสีของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสที่ใช้วิธีการทอดในน้ำมันท่วม ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที และใช้วิธีอบ ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้การทอดและการอบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่ค่าความสว่าง (L*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

ตารางที่ 4.2 ค่าสีของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐานที่ใช้วิธีการทอดในน้ำมันท่วมและการอบ

การบวนการทางความร้อน	**L***	**a*** ^{ns}	**b*** ^{ns}
การทอดในน้ำมันท่วม	57.18 ± 3.71^{a}	10.69 ± 1.64	27.31 ± 3.01
การอบ	46.34 ± 4.39^{b}	9.693 ± 2.776^{b}	31.46 ± 0.75^{a}

หมายเหตุ ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และตัวอักษรที่แสดงในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดย LSD test

โดยการทอดในน้ำมันท่วมให้สีที่สว่างกว่าการอบ เนื่องจากการทอดในน้ำมันท่วมมีอัตราการพองตัวที่สูงกว่า เนื่องจากเกิดโพรงภายในผลิตภัณฑ์มากกว่า ทำให้โครงสร้างมีความโปร่งแสงมากกว่า ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทอดในน้ำมันท่วมมีความสว่างมากกว่า (กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และคณะ, 2557) อีกทั้งเนื่องจากในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสมีองค์ประกอบของ น้ำตาลรีดิวซ์ และกรดอะมิโน เมื่อให้ความร้อนจะเกิด Maillard Reaction และเกิด Caramelization จากน้ำตาล ซึ่งจะเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ ซึ่งอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนในการอบมากกว่าการทอดในน้ำมันท่วม ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์มากกว่า ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบมีสีที่สว่างน้อยกว่า (Yost et al., 2006; Pathare et al., 2013)

1.3 ปริมาณไขมัน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐานที่ใช้วิธีการทอดในน้ำมันท่วมและการอบ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐานที่ใช้วิธีการทอดในน้ำมันท่วมและการอบ

การบวนการทางความร้อน	**ปริมาณไขมัน (%)**
การทอดในน้ำมันท่วม	43.478 ± 1.111^{a}
การอบ	35.522 ± 0.476^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แสดงในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดย LSD test

ปริมาณไขมันในเพสตรี้ชูโรสที่ผ่านการทอดในน้ำมันท่วมจะมีปริมาณไขมันมากกว่าเพสตรี้ชูโรสที่ผ่านการอบอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากเกิดการดูดซับน้ำมันของแป้งในการทอดในน้ำมันท่วม โดยการอบจะลดปริมาณไขมันลงจากการทอดในน้ำมันท่วม 18.23% ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ Andrés et al. (2013) ที่ทำการศึกษาการดูดซับน้ำมันของเฟรนช์ฟรายเนื่องจากการทอดในน้ำมันท่วมเทียบกับการทอดด้วยลมร้อน พบว่าการทอดในน้ำมันท่วมจะดูดซึมน้ำมัน 64-90% จากปริมาณไขมันที่มีทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ และยังสอดคล้องกับ Rosana et al. (1997) ที่ระบุว่าการที่น้ำระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ ทำให้น้ำมันที่ใช้ในการทอดเข้าไปแทนที่น้ำที่ระเหยออกไป การทอดในน้ำมันท่วมจึงเพิ่มปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์

1.4 การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส

เมื่อเปรียบเทียบความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐานที่ใช้วิธีการทอดในน้ำมันท่วมและการอบ โดยผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 35 ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบต่อผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐานที่ใช้วิธีการทอดในน้ำมันท่วมและการอบ

การบวนการทางความร้อน	**ลักษณะปรากฏ**	**ความกรอบ^{ns}**	**ความแน่นเนื้อ^{ns}**	**ความพองตัว^{ns}**	**สี^{ns}**	**ความชอบโดยรวม^{ns}**
การทอดในน้ำมันท่วม	5.26 ± 1.84^{b}	6.50 ± 1.45	5.96 ± 1.46	5.83 ± 1.46	5.67 ± 1.61	6.50 ± 0.78
การอบ	6.97 ± 1.31^{a}	6.29 ± 1.40	6.25 ± 0.85	5.00 ± 1.59	6.12 ± 1.23	6.54 ± 1.02

หมายเหตุ ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) และตัวอักษรที่แสดงในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดย LSD test

ผู้บริโภคมีความชอบในด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ยกเว้นด้านลักษณะปรากฏผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสที่ผ่านการอบมากกว่าการทอดอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) เมื่อพิจารณาความชอบที่มีต่อความกรอบ และความแน่นเนื้อ จากผลการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วย Texture Analyzer พบว่ามีความสอดคล้องกันนั่นคือคุณลักษณะทั้งสองในแต่ละตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ส่วนความชอบต่อลักษณะปรากฏ จากภาพที่ 4.2 จะเห็นว่าลักษณะปรากฏมีความแตกต่างกันเนื่องจากในการทอดจะต้องพลิกเพสตรี้ชูโรสไปมา เกิดการเคลื่อนที่ตลอดเวลาทำให้รูปร่างมีความไม่สม่ำเสมอ ในขณะที่ชูโรสไม่มีการเคลื่อนที่ขณะอบ ทำให้รูปร่างของเพสตรี้ชูโรสมีตรงและสม่ำเสมอกว่า จึงส่งผลต่อความชอบของผู้ทดสอบ และเมื่อพิจารณาความชอบโดยรวมของทั้งสองสูตรซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่า สามารถใช้การอบทดแทนการทอดในน้ำมันท่วมของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสได้

2. การศึกษาผลของการทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบ

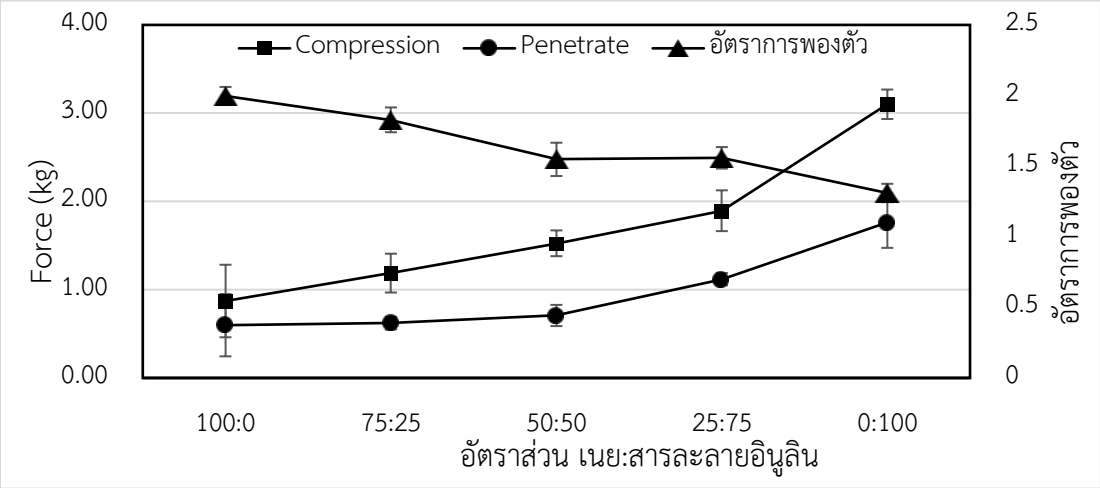
2.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส

เมื่อเปรียบเทียบ Compression force และ Penetrate force ของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที ที่แปรอัตราส่วนเนยต่อสารละลายอินูลินในระดับ 100:0 (สูตรมาตรฐาน) 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 พบว่าการทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินส่งผลต่อเนื้อสัมผัสในด้าน Compression force และ Penetrate force ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และมีแนวโน้มดังแสดงในภาพที่ 2

ตารางที่ 4.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลิน ในอัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วน เนย:สารละลายอินูลิน	Compression force (kg)	Penetrate force (kg)	**อัตราการพองตัว**
100:0	0.872 ± 0.411^{e}	0.598 ± 0.353^{c}	1.997 ± 0.064^{a}
75:25	1.188 ± 0.220^{d}	0.621 ± 0.071^{c}	1.828 ± 0.088^{b}
50:50	1.526 ± 0.146^{c}	0.708 ± 0.120^{c}	1.548 ± 0.118^{c}
25:75	1.895 ± 0.231^{b}	1.120 ± 0.069^{b}	1.559 ± 0.076^{c}
0:100	3.101 ± 0.167^{a}	1.762 ± 0.288^{a}	1.310 ± 0.065^{d}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แสดงในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดย LSD test



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงค่า Compression force, Penetrate force และอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ

เมื่อทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วน 50:50 เทียบกับสูตรมาตรฐานพบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่า Compression force มากกว่า และมีอัตราการพองตัวน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) แต่จะมีค่า Penetrate force ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) เมื่อทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วน 25:75 และ 0:100 เทียบกับสูตรมาตรฐานพบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่า Compression force และ Penetrate force มากกว่า อีกทั้งมีอัตราการพองตัวน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) เมื่อสังเกตแนวโน้มพบว่าการทดแทนเนย

ด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีค่า Penetrate force และค่า Compression force เพิ่มขึ้น และอัตราการพองตัวลดลง ดังแสดงในภาพที่ 4.2 นั่นคือ เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของอินูลินทำให้ปริมาณฟองอากาศที่เกิดขึ้นภายในผลิตภัณฑ์มีจำนวนน้อยลง และมีขนาดเล็กลง ส่งผลให้อัตราการพองตัวลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Peressini และ Sensidoni (2009) นั่นคือ เมื่อผสมอินูลินปริมาณมากขึ้นในขนมปัง ส่งผลให้ปริมาตรของขนมปังลดลง เนื่องจากอัตราการพองตัวของโดลดลง และขอบขนมปังมีความแข็งมากขึ้น และให้ผลสอดคล้องกับ Zahn et al. (2010) ที่ระบุว่าการเพิ่มปริมาณอินูลิน ทำให้ความหนาแน่นของผิวมัฟฟินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้ Compression force เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ปริมาตรมัฟฟินลดลง เนื่องจากเมื่อเพิ่มอัตราส่วนอินูลินลงในผลิตภัณฑ์จะทำให้มี Compression force และ Hardness เพิ่มมากขึ้นเนื่องจาก เมื่ออินูลินสร้างพันธะกับน้ำ จะเกิดเจลเป็นโครงสร้างสามมิติที่แข็งแรงขึ้น อีกทั้ง Ind-rani และ Rao (2008) ร่วมกับ Sahin (2008) ได้ระบุไว้ว่า เนื่องจากการปริมาณไขมันลดลงทำให้ฟองอากาศภายในผลิตภัณฑ์ลดลงด้วย ส่งผลให้มีอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์ลดลง

2.2 ค่าสี

เมื่อเปรียบเทียบค่าสีของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที ที่แปรอัตราส่วนเนยต่อสารละลายอินูลินในระดับ 100:0 (สูตรมาตรฐาน) 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 แสดงในตารางที่ 4.6 พบว่า เมื่อทดแทนเนยด้วยอินูลินในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่เข้มขึ้น นั่นคือมีความสว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากอินูลินจะเร่งการเกิด Maillard reaction ซึ่งเกิดจากการที่อินูลินมีหมู่ รีดิวซ์ ทำให้เมื่อผสมอินูลินในอัตราส่วนที่มากขึ้น จะส่งผลให้เกิดสีน้ำตาลเข้มขึ้น (Poinot et al., 2010) ΔE มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อทดแทนเนยด้วยอินูลินในอัตราส่วนที่มากขึ้น ซึ่งมีผลมาจากค่าความสว่าง (L*) เป็นหลัก ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vélez-Ruiz & Sosa-Morales (2003) นั่นคือเมื่อทอดโดนัททในน้ำมันท่วมในเวลาที่มากขึ้น ก็จะทำให้เกิด Maillard reaction มากขึ้น ทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์น้อยลง ซึ่งส่งผลให้ ΔE มีค่าเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 4.6 ค่าสีของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วน เนย:สารละลายอินูลิน	**L***	**a***	**b***	*ΔE*
100:0	45.98 ± 1.95^{a}	8.26 ± 1.68^{b}	31.13 ± 1.84^{a}	0
75:25	42.97 ± 1.08^{a}	8.87 ± 1.63^{b}	28.22 ± 3.14^{ab}	4.23
50:50	36.81 ± 0.56^{b}	7.30 ± 1.03^{b}	27.80 ± 0.80^{b}	9.80
25:75	32.02 ± 2.02^{c}	8.51 ± 0.78^{b}	23.71 ± 1.72^{c}	15.81
0:100	26.31 ± 2.39^{d}	12.36 ± 1.70^{a}	22.18 ± 1.87^{c}	22.00

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แสดงในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดย LSD test

(a) 100:0 (มาตรฐาน) (b) 75:25 (c) 50:50 (d) 25:75 (e) 0:100

ภาพที่ 4.3 ผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วน (a) 100:0 (b) 75:25 (c) 50:50 (d) 25:75 และ (e) 0:100

2.3 ปริมาณไขมัน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที ที่แปรอัตราส่วนเนยต่อสารละลายอินูลินในระดับ 100:0 (สูตรมาตรฐาน) 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 แสดงในตารางที่ 4.7 พบว่า เมื่อทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วนที่มากขึ้น ทำให้ปริมาณไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) เนื่องจากมีปริมาณเนยลดลง ซึ่งเนยเป็นไขมันนม ทำให้ปริมาณไขมันลดลง

ตารางที่ 4.7 ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วนเนย:สารละลายอินูลิน	**ปริมาณไขมัน (%)**
100:0	35.732 ± 0.112[a]
75:25	23.783 ± 0.155[b]
50:50	13.386 ± 0.199[c]
25:75	8.724 ± 0.283[d]
0:100	2.335 ± 0.110[e]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แสดงในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดย LSD test

2.4 ปริมาณใยอาหารหยาบ

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณใยอาหารหยาบของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที ที่แปรอัตราส่วนเนยต่อสารละลายอินูลินในระดับ 100:0 (สูตรมาตรฐาน) 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 แสดงในตารางที่ 4.8 พบว่า เมื่อทดแทนเนยด้วยอินูลินในอัตราส่วนที่มากขึ้น ทำให้ปริมาณใยอาหารหยาบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) เนื่องจากในอินูลินจะมีปริมาณใยอาหารอยู่ถึงร้อยละ 88 ซึ่งเมื่อเพิ่มอัตราส่วนอินูลินในผลิตภัณฑ์จะทำให้ปริมาณใยอาหารของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.8 ปริมาณใยอาหารหยาบในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วนเนย:อินูลิน	**ปริมาณใยอาหารหยาบ (%)**
100:0	0.0497 ± 0.018[e]
75:25	0.7799 ± 0.223[d]
50:50	1.6818 ± 0.236[c]
25:75	2.6041 ± 0.322[b]
0:100	3.5988 ± 0.245[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แสดงในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดย LSD test

2.5 ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที ที่แปรอัตราส่วนเนยต่อสารละลายอินูลินในระดับ 100:0 (สูตรมาตรฐาน) 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 แสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) ในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วน เนย:สารละลายอินูลิน	**ปริมาณความชื้น (%)**	a_w^{ns}
100:0	19.9000 ± 0.250^{a}	0.799 ± 0.015
75:25	21.0207 ± 0.670^{ab}	0.787 ± 0.016
50:50	22.0411 ± 0.512^{abc}	0.802 ± 0.009
25:75	22.6341 ± 0.562^{cd}	0.804 ± 0.021
0:100	23.0227 ± 1.250^{d}	0.797 ± 0.005

หมายเหตุ ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ตัวอักษรที่แสดงในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดย LSD test

พบว่า เมื่อทดแทนเนยด้วยอินูลินในอัตราส่วนที่มากขึ้น จะทำให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น โดยเมื่อทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วน 25:75 และ 0:100 เทียบกับสูตรมาตรฐานพบว่า ทำให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Colla และ Gamlath (2015) ที่ทำการแทนที่ไขมันด้วยอินูลินในผลิตภัณฑ์ขนมถั่วอบ และ Rodriguez-Garcia et al. (2013) ที่ทำการทดแทนไขมันด้วยอินูลินในผลิตภัณฑ์บิสกิต การที่ความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนอินูลิน เกิดจากในขณะอบ อินูลินกักน้ำไว้ในโครงสร้าง ทำให้น้ำระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ได้น้อยลง (Rodriguez-Garcia et al., 2013)

เมื่อเปรียบเทียบค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ พบว่าเมื่อทดแทนเนยด้วยอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ ไม่ส่งผลต่อค่า a_w อย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 4.9 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Colla และ Gamlath (2015) และ Rodriguez-Garcia et al. (2013) นั่นคืออินูลินไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ แต่จะส่งผลต่อปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอินูลินสามารถกักน้ำไว้ในโครงสร้างได้

2.6 การประเมินทางประสาทสัมผัส (กำลังดำเนินงาน)

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบต่อผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูสอบที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วนเนย:สารละลายอินูลิน	**ลักษณะปรากฏ**	**ความกรอบ**	**ความแน่นเนื้อ**	**ความพองตัว**	**สี**	**กลิ่นรส**	**ความชอบโดยรวม**
100:0							
75:25							
50:50							
25:75							
0:100							

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การอบผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสามารถทดแทนการทอดในน้ำมันท่วมได้ ในแง่ของสีและเนื้อสัมผัส เนื่องจากการอบและการทอดในน้ำมันท่วม ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) อีกทั้งเมื่อทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสที่ผ่านการอบและการทอดในน้ำมันท่วม พบว่าผู้บริโภคมีความชอบในด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) อีกด้วย เมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน การอบทดแทนการทอดในน้ำมันท่วม สามารถลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ได้ 18.30% เมื่อศึกษาผลของการทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินเข้มข้น 40% โดยน้ำหนักในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนสารละลายอินูลินที่ใช้ในการทดแทนเนย จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า Compression force และปริมาณใยอาหารหยาบมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ส่วนอัตราการพองตัว ค่าความสว่าง (L^*) และปริมาณไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่แปรอัตราส่วนเนยต่อสารละลายอินูลินในระดับ 75:25 และ 50:50 ให้ผลใกล้เคียงกับ 100:0 (สูตรมาตรฐาน) ในแง่ของลักษณะเนื้อสัมผัส และค่าสี โดยมีปริมาณไขมันลดลงจากสูตรมาตรฐาน 33.44% และ 62.54% ตามลำดับ และมีปริมาณใยอาหารหยาบเพิ่มขึ้นจากสูตรมาตรฐาน 0.73 g/100g (15.7 เท่า) และ 1.63 g/100g (33.8 เท่า) ตามลำดับ และสามารถลดปริมาณไขมันลงได้ 45.30% และ 69.21% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเพสตรี้ชูโรสที่ทอดในน้ำมันท่วมและใช้เนยปกติ ซึ่งสารละลายอินูลินเข้มข้น 40% โดยน้ำหนัก สามารถใช้ทดแทนเนยในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสได้สูงสุด 28 g/100g เพื่อที่จะไม่ทำให้เนื้อสัมผัสของชูโรสแข็งเกินไป

เพื่อที่จะสามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบที่แปรอัตราส่วนเนยต่ออินูลินในระดับใดที่ผู้บริโภคมีความชอบและยอมรับมากที่สุด ควรมีการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบต่อผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูสอบที่ทดแทนเนยด้วยสารละลายอินูลินในอัตราส่วนต่าง ๆ ด้วย ข้อมูลจากงานวิจัยนี้อาจนำไปสู่การพัฒนาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรส เพื่อให้ผลิตภัณฑ์คงลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และคุณภาพไว้ได้ อาจมีการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในด้านกายภาพเป็นอันดับแรก เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำกว่าความชื้นในอากาศ ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถดูดความชื้นได้ ส่งผลให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนไป ในด้านเคมี ผลิตภัณฑ์อาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิดได้ เนื่องจากในผลิตภัณฑ์มีไขมันอยู่ ซึ่งส่งผลให้เกิดกลิ่นหืนได้ อีกทั้งในด้านชีวภาพ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มี a_w อยู่ในช่วงที่ราและยีสต์เจริญได้ ส่งผลให้เกิดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขึ้น ซึ่งปัญหาในด้านต่าง ๆ เหล่านี้ อาจแก้ไขได้โดยใช้เทคโนโลยีในด้านบรรจุภัณฑ์ เช่น การใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดแอคทีฟ หรือใช้สารกันเสีย

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, สมถวิล จริตควร, อโนชา สุขสมบูรณ์ และ บงกช วรรธนะภูติ (2557). การพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเพื่อสุขภาพเสริมสาหร่าย. โครงการวิจัยวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. การอบ [ออนไลน์]. 2556. เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0200/baking-การอบ. [13 พฤษภาคม 2563].

วิไล รังสาดทอง. (2547). เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น, กรุงเทพฯ.

อรวรรณ ติวเถาว์. (2557). การศึกษาการพองตัวในหนังปลาแซลมอนกรอบโดยใช้เตาไมโครเวฟและการทอด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ภาษาอังกฤษ

Aashpazi. Churros [Online]. 2016. Available from: https://www.aashpazi.com/churros [2019, May 16]

Andrés, A., Arguelles, Á., Castelló, M.L., and Heredia, A. (2013). Mass transfer and volume changes in French fries during air frying. Food Bioprocess Technol. 6(8):1917–24.

Baal, H. 1993. Functional properties and applications of inulin in food. Fourth Seminar on Inulin.56:66 Cited by Silva, R.F. 1996. Use of inulin as a natural texture modifier. Cereal Food World. 41 (10): 792-794

Bender, D.A. (2009). A dictionary of food and nutrition (3rd ed.). Oxford: Oxford University Press.

Böhm-García, J., Puig, A., Salvador, A., and Hernando, I. (2012) Optimization of a Sponge Cake Formulation with Inulin as Fat Replacer: Structure, Physicochemical, and Sensory Properties. Journal of Food Science. 77(2): C189-C197.

Brennan, C.S., and Tudorica, C.M. (2008). Carbohydrate-based fat replacers in the modification of the rheological, textural and sensory quality of yoghurt: comparative study of the utilization of barley beta- glucan, guar gum and inulin. International Journal of Food Science and Technology. 43: 824-833.

Brennan, C.S. and Samyue, E. (2004). Evaluation of starch degradation and textural characteristics of dietary fiber enriched biscuits. International Journal of Food Properties. 7: 647–657.

Clydesdale, F.M., and Francis, F.J. (1969). Color measurements of foods: color scales. Food Prod. Dev. 3: 117.

Colla, K., and Gamlath, S. (2015). Inulin and maltodextrin can replace fat in baked savoury legume snacks. International Journal of Food Science and Technology 50: 2297–2305.

Cooking Classy. Churros [Online]. 2018. Available from: https://www.cookingclassy.com/ churros [2018, May 16].

De Vries, J.W. (2003). On defining dietary fibre. Proceedings of the Nutrition Society. 62: 37–43

Dessertnowdinnerlater. CHURROS RECIPE [Online]. 2018. Available from: https://www.dessertnowdinnerlater.com/churros-recipe/ [2019, September 4]

Devereux, H.M., Jones, G.P., Mccormack, L., and Hunter, W.C. (2003) Consumer Acceptability of Low-Fat Foods Containing Inulin and Oligofructose. Journal of Food Science. 68(5): 1850-1854.

Franck, A. (2002). Technological functionality of inulin and oligofructose. British Journal of Nutrition. 87: 287–291.

Ghaitaranpour, A., Koochekia, A., Mohebbia, M., and Ngadib, M.O. (2018). Effect of deep fat and hot air frying on doughnuts physical properties and kinetic of crust formation. Journal of Cereal Science. 83: 25-31.

Grabitske, H.A. and Slavin, J.L. (2009). Gastrointestinal effects of low-digestible carbohydrates. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 49: 327–360.

Gramble, M.H., P. Rice and J.D. Selman. (1987). Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from c.v. Record U.K. Tubers. International Journal of Food Science of Technology. 2: 233-241.

Hempel, S., Jacob, A. and Rohm, H. (2007). Influence of inulin modification and flour type on the sensory quality of prebiotic wafer crackers. European Food Research and Technology. 224: 335–341.

Indrani, D., and Rao, G.V. (2008). Functions of ingredients in the baking of sweet goods. Food Engineering Aspects of Baking Sweet Goods. 31–47.

Mellema, M. (2003). Mecchism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. Trends in food science technology. 14: 364-373.

Meyer, D. and Stasse-Wolthuis, M. (2009). The bifidogenic effect of inulin and oligofructose and its consequences for gut health. European Journal of Clinical Nutrition. 63: 1277–1289.

Moreira, M.E. Castell-Perez and M.A. Barrufet. (1999). Deep fat frying fundamentals and applications. Aspen Publication Inc. Gaithersburg.

Moreira, RG., Sun and Y. Chen. (1996). Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. Journal of Food Engineering. 31: 485-498.

Oggema, J.N., Kinyua, M.G., Ouma J.P., and Owuoche J.O. (2007). Agronomic performance of locally adapted sweet potato (Ipomoea batatas (L.) Lam.) cultivars derived from tissue culture regenerated plants. African Journal of Biotechnology. 6: 1418-1425.

Pathare, P.B., Opara, U.L., and Al-Said, F.A.J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. Food Bioprocess Technology. 6(1): 36–60.

Peressini, D. and Sensidoni, A. (2009). Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. Journal of Cereal Science. 49: 190–201

Poinot, P., Arvisenet, G., Grua-Priol, J., Filloneau, C., Le-Bail, A. & Prost, C. (2010). Influence of inulin on bread: kinetics and physico-chemical indicators of the formation of volatile compounds during baking. Food Chemistry. 119: 1474–1484.

Pu, H., Wei, J., Wang, L., Huang, J., Chen, X., Luo, C., Liu, S., and Zhang, H. (2017). Effects of potato/wheat flours ratio on mixing properties of dough and quality of noodles. Journal of Cereal Science. 76: 236-242.

Rodriguez-Garcia, J., Laguna, L., Puig, A., Salvador, A., and Hernando, I. (2013). Effect of Fat Replacement by Inulin on Textural and Structural Properties of Short Dough Biscuits. Food and Bioprocess Technology 6: 2739-2750

Rosana G.M., Sun, X. and Chen, Y. (1997). Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. Journal of Food Engineering. 31(4): 485-498.

Sahin, S. (2008). Cake batter rheology. Food Engineering Aspects of Baking Sweet Goods. 99–119.

United States Department of Agriculture, (2018), Avocados, raw, all commercial varieties, Retrieved April 14, 2019 from https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/301058.\

Vélez-Ruiz, J.F., and Sosa-Morales, M.E. (2003). Evaluation of Physical Properties of Dough of Donuts During Deep-Fat Frying at Different Temperatures. International Journal of Food Properties. 6(2): 341-353.

Vitali, D., Dragojevic, I.V. & Sebecic, B. (2009). Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits. Food Chemistry. 114: 1462–1469.

Yang, N., Qiua, R., Yanga, S., Zhoua, K., Wang, C., Oua, S., and Zheng, J. (2019). Influences of stir-frying and baking on flavonoid profile, antioxidant property, and hydroxymethylfurfural formation during preparation of blueberry-filled pastries. Food Chemistry. 287: 167-175.

Yost, M., Abu-Ali, J.M. and Barringer, S.A. 2006. Kinetics of potato color and texture development during baking, frying, and microwaving with the addition of liquid smoke. J. Food Sci. 71(9): E364–E369

Zahn, S., Pepke, F., and Rohm, H. (2010). Effect of inulin as a fat replacer on texture and sensory properties of muffins. International Journal of Food Science and Technology. 45: 2531-2537.

Ziaiifar, A.M., N. Achir, F. Courtois, I. Trezzani and G. Trystram. (2008). Factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep Journal of Food Science and Technology. 43: 1410-1423.

Zoulias, E.I., Oreopoulou, V. & Tzia, C. (2002). Textural properties of low-fat cookies containing carbohydrate- or protein-based fat replacers. Journal of Food Engineering. 55: 337–342.

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ทางเคมี

ก. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

วัสดุอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) ประกอบด้วยขวดก้นแบน, ซอคเลต (Soxhlet), เครื่องควบแน่น (Condenser) และ เตาให้ความร้อน (C.Gerhardt GmBH & Co, Germany)
2. โถดูดความชื้น (Desicator)
3. หลอดใส่ตัวอย่าง (Extraction Thimble)
4. เครื่องทำระเหยสุญญากาศ (Rotary vacuum evaporator) (EYELA , Japan)
5. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Memmert, Germany)

สารเคมี

1. ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) (บริษัท อาร์ซีไอ แล็บสแกน จำกัด)

วิธีการ

1. อบขวดก้นแบนสำหรับหาปริมาณไขมันซึ่งมีขนาดความจุ 500 มิลลิลิตรในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนนำมาใส่โถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาชั่ง
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 3-4 กรัม บรรจุลงใน extraction thimble ให้ได้น้ำหนักประมาณ 3 กรัม แล้วปิดด้วยสำลี
3. นำ extraction thimble ใส่ลงใน siphon ของ Soxhlet extractor
4. ต่อขวดก้นแบน Soxhlet siphon และ condenser เข้าด้วยกัน
5. บรรจุ Petroleum ether ประมาน 200-250 ml. ลงใน siphon
6. สกัดที่อัตราการกลั่น 150 หยดต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
7. เมื่อครบเวลา นำ extraction thimble ออกจากซอคเลต ระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ในขวดก้นกลมด้วยเครื่องทำระเหยแบบสุญญากาศ
8. อบขวดก้นแบนจากข้อ 7 ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส จนตัวทำละลายแห้ง ก่อนนำมาใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น
9. ชั่งน้ำหนักขวดก้นแบนที่มีไขมัน บันทึกผล และหาปริมาณไขมันในตัวอย่าง เป็น %Fat

การคำนวณ

ปริมาณไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก) = $\frac{W2}{W1} \times 100\%$

เมื่อ W1 คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

W2 คือ น้ำหนักไขมันหลังอบ (กรัม)

ข. การวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารหยาบ (AOAC, 2000)

วัสดุอุปกรณ์

1. กรวย Buchner (Buchner Funnel)
2. กระดาษกรอง (Filter Paper)
3. กระดาษลิตมัส (Litmus Paper)
4. ครูซิเบิล (Crucible)
5. โถดูดความชื้น (Desiccator)
6. จานอลูมิเนียม (Aluminium Plate)
7. เตาไฟฟ้า (Hot plate)
8. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Memmert, Germany)
9. เตาเผา (Furnace) (Carbolite gero Ltd., United Kingdom, CWF1200)

สารเคมี

1. 1.25% H_2SO_4
2. 5% NaOH
3. 1% HCl
4. 95% Ethanol

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 5 g (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ทศนิยม 3 ตำแหน่ง) ใส่ในบีกเกอร์ 500 ml
2. เติม 1.25% H_2SO_4 จนถึงขีดบอกปริมาตร 200 ml

3. ต้มส่วนผสมจนเดือด แล้วต้มด้วยไฟอ่อนอีก 20 นาที ระวังส่วนผสมเดือดล้นออกมา ในระหว่างต้ม สังเกตปริมาตรของส่วนผสม หากปริมาตรลดลงต่ำกว่าขีด 200 ml ให้เติมน้ำกลั่นต้มเดือดให้ถึงขีด ระหว่างต้มคนด้วยแท่งแก้วที่มีปลายยางเป็นระยะ ๆ
4. นำส่วนผสมมากรองผ่านผ้าขาวบางหลาย ๆ ชั้น บนกรวย Buchner ซึ่งวางบนฟลาสก์ที่ต่อกับปั๊มลม
5. ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นต้มเดือดหลายครั้ง จนน้ำล้างที่ผ่านออกมาไม่เป็นกรดอีกต่อไป (ทดสอบความเป็นกรดของน้ำล้างที่ผ่านออกมาด้วยกระดาษลิตมัส)
6. นำตัวอย่างใส่กลับลงในบีกเกอร์ใบเดิม หากมีตัวอย่างติดอยู่ที่ผ้าขาวบาง ให้ชะออกด้วยน้ำกลั่นปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น
7. เติม 5% NaOH ปริมาตร 50 ml
8. เติมน้ำกลั่นต้มเดือดจนถึงขีดบอกปริมาตร 200 ml
9. ต้มส่วนผสมจนเดือด แล้วต้มด้วยไฟอ่อนอีก 20 นาที ระวังส่วนผสมเดือดล้นออกมา ในระหว่างต้ม สังเกตปริมาตรของส่วนผสม หากปริมาตรลดลงต่ำกว่าขีด 200 ml ให้เติมน้ำกลั่นต้มเดือดให้ถึงขีดระหว่างต้มคนด้วยแท่งแก้วที่มีปลายเป็นยางระยะ ๆ
10. นำส่วนผสมมากรองผ่านผ้าข้าวบางหลาย ๆ ชั้น บนกรวย Buchner ซึ่งวางบนฟลาสก์ที่ต่อกับปั๊มลม
11. ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นต้มเดือดหลายครั้ง จากนั้นชะด้วย 1% HCl 1ครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นต้มเดือดจนน้ำล้างที่ผ่านออกมาไม่เป็นกรดอีกต่อไป (ทดสอบความเป็นกรดของน้ำล้างที่ผ่านออกมาด้วยกระดาษลิตมัส)
12. ชะตัวอย่างด้วย 95% Ethanol
13. นำตัวอย่างใส่ลงในจานกระเบื้องหรือจานอลูมิเนียม อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงหรือจนน้ำหนักคงที่
14. นำจากออกมาจากตู้อบ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (หักลบน้ำหนักของภาชนะแล้วให้น้ำหนักตัวอย่างขณะนี้เป็น W1)
15. ชั่งครูซิเบิลพร้อมฝาที่เผาและทิ้งให้เย็นแล้ว (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ทศนิยม 3 ตำแหน่ง)
16. นำตัวอย่างออกมาใส่ในครูซิเบิลพร้อมฝาที่เผาและทิ้งไว้ให้เย็นแล้ว นำไปเผาบนเตา (Hot plate) จนได้เถ้าสีดำและหมดควัน (ทำในตู้ดูดควัน)

17. นำไปเผาต่อในเตาเผา (furnace) ที่ 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาวเทา
18. นำครูซิเบิลออกมาจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (หักลบน้ำหนักของภาชนะแล้วให้น้ำหนักตัวอย่างขณะนี้เป็น W2)
19. นำน้ำหนัก 2 มาลบออกจากน้ำหนัก 1 น้ำหนักที่หายไประหว่างการเผาคือน้ำหนักของ crude fiber

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{W1-W2}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100\%$$

เมื่อ W1 คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

W2 คือ น้ำหนักไขมันหลังอบ (กรัม)

ค. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

วัสดุอุปกรณ์

1. จานอลูมิเนียม (Aluminium Plate)
2. โถดูดความชื้น (Desiccator)
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Memmert, Germany)

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก
2. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง ออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่าง
4. อบซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}} \times 100\%$$

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

การวัดการพองตัวโดยการแทนที่เมล็ดงา (Seed Displacement) ดัดแปลงวิธีจาก อรวรรณ ติวเถาว์ (2557)

วัสดุอุปกรณ์

1. กระบอกตวง 100 มิลลิลิตร
2. เครื่องชั่งไฟฟ้า (Mettler Toledo, Switzerland, PL4001-L)
3. แท่งแก้ว
4. เมล็ดงา ตราไร่ทิพย์

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักชูโรสที่ทอดด้วยน้ำมันจำนวน 1 ชิ้น แล้วนำไปใส่กระบอกตวงขนาด 250 มิลลิลิตร ใส่เมล็ดงาและเคาะผนังกระบอกตวงด้วยแท่งแก้ว จนกระทั่งเมล็ดงาเข้าในช่องว่างระหว่างชิ้นตัวอย่างจนทั่วถึง และแน่นให้ได้ 250 มิลลิลิตร
2. แยกเอาชูโรสที่ทอดด้วยน้ำมันออกจากเมล็ดงา แล้วนำเฉพาะส่วนเมล็ดงาใส่ในกระบอกตวงอันเดิมเคาะให้แน่นเพื่อดูปริมาตรที่ลดลงซึ่งเป็นปริมาตรของตัวอย่างชูโรสที่ทอดด้วยน้ำมัน
3. ชูโรสที่อบทำวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 1-2
4. คำนวณหาอัตราการพองตัวจากสูตร

การคำนวณ

อัตราการพองตัว = $\frac{(\frac{v2}{m2})}{(\frac{v1}{m1})}$

เมื่อ m1 คือ น้ำหนักชูโรสก่อนอบ (กรัม)

m2 คือ น้ำหนักชูโรสหลังอบ (กรัม)

v1 คือ ปริมาตรชูโรสก่อนอบ (มิลลิลิตร)

v2 คือ ปริมาตรชูโรสหลังอบ (มิลลิลิตร)

ภาคผนวก ค

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วย 9 - point hedonic scale test

ก. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ใช้ในการเปรียบเทียบความชอบในด้านต่าง ๆ ของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสอบ และทอดในน้ำมันท่วม

หมายเลขผู้ทดสอบ _____

วันที่ _____

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์: เพสตรี้ชูโรส

<u>คำชี้แจง</u>

กรุณาทดสอบชิมผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรส 2 ตัวอย่าง โดยชิมทีละตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน ดังนี้

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

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง	
	.....	.....
ลักษณะปรากฏ		
ความกรอบ		
ความแน่นเนื้อ		
ความพองตัว		
สี		
ความชอบโดยรวม		

เมื่อชิมแต่ละตัวอย่างเสร็จแล้วกรุณาประเมินการยอมรับของผลิตภัณฑ์ โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน

การประเมินการยอมรับ	รหัสตัวอย่าง	
	.....	.....
ยอมรับ		
ไม่ยอมรับ		

ข. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ใช้ในการเปรียบเทียบความชอบในด้านต่าง ๆ ของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสที่ใช้อินูลินทดแทนเนยในอัตราส่วนต่าง ๆ 5 ระดับ (กำลังดำเนินงาน)

หมายเลขผู้ทดสอบ _____

วันที่ _____

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์: เพสตรี้ชูโรส

<u>คำชี้แจง</u>

กรุณาทดสอบชิมผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรส 5 ตัวอย่าง โดยชิมทีละตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน ดังนี้

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

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง				
	.....	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ					
ความกรอบ					
ความแน่นเนื้อ					
ความพองตัว					
สี					
กลิ่นรส					
ความชอบโดยรวม					

ภาคผนวก ง

รายละเอียดโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์
ประจำปีงบประมาณ 2562

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสลดไขมันและเพิ่มใยอาหาร
Product development of reduced fat and increase fiber of pastry churros

นิสิตผู้ร่วมโครงการ นายพรภวิษย์ ทิศา 5932544623
นางสาวมณฑิพา เกื้อชูศรี 5932554923

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อ.ดร.ศิริมา พ่วงประพันธ์

มูลเหตุจูงใจในการนำเสนอโครงงาน

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และเพสตรี้กำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในเอเชีย เพสตรี้ชูโรสเป็นผลิตภัณฑ์เพสตรี้ที่มีส่วนผสมของแป้งสาลี ไขมัน น้ำตาลค่อนข้างสูง และมีปริมาณใยอาหารต่ำ ใช้วิธีการทอดในการผลิต ซึ่งหากบริโภคในปริมาณมาก อาจก่อให้เกิดโรคอ้วน และทำให้ระดับโคเลสเตอรอลในเลือดสูงขึ้นได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ชูโรสให้มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น โดยใช้การอบ แทนการทอด เพื่อลดปริมาณไขมัน และอินูลินทดแทนเนยในสูตรมาตรฐาน เพื่อลดปริมาณกรดไขมัน ลดโคเลสเตอรอล อีกทั้งยังเพิ่มปริมาณใยอาหารอีกด้วย (De Vries, 2003)

ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

1. เพสตรี้ชูโรส (Churros)

เพสตรี้ชูโรสเป็นขนมที่มีต้นกำเนิดจากประเทศสเปน ลักษณะขนมเป็นแท่งยาว ๆ รูปแฉกคล้ายดาว ดังแสดงในภาพที่ 1 และมีส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งวัตถุดิบหลักประกอบด้วย แป้งสาลี เนย และไข่ไก่ จากนั้นนำส่วนผสมของโดแป้งไปทอดน้ำมันท่วม ที่อุณหภูมิ 185 ถึง 200 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการทอด 3 ถึง 4 นาที เมื่อทอดเสร็จแล้วชูโรสมีสีเหลืองอ่อนๆ อาจคลุกกับน้ำตาลและผงชินนามอน (Bender, 2005)

ภาพที่ 1 ลักษณะของเพสตรี้ชูโรส (dessert now dinner later., 2018)

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเพสตรี้ชูโรส (Cooking Classy, 2018)

ส่วนประกอบ	**ปริมาณ**
แป้งสาลีอเนกประสงค์	141 กรัม
เนยจืด	56 กรัม
น้ำ	250 มิลลิลิตร
ไข่ไก่	1 ฟอง
กลิ่นวานิลลา	1.25 มิลลิลิตร
เกลือ	0.4 กรัม
ผงชินนามอน	3.3 กรัม
น้ำตาล	13 กรัม

เพสตรี้ชูโรสเป็นขนมที่ให้พลังงานสูง เนื่องจากมีปริมาณแป้ง ไขมัน และน้ำตาลสูง อีกทั้งยังมีโคเลสเตอรอลอีกด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สารอาหารต่อเพสตรี้ชูโรส 100 กรัม (Aashpazi, 2016)

สารอาหาร	**Unit**	**Value per 100 g**
Energy	kcal	425
Protein	g	7.3
Sugars, total	g	6.1
Carbohydrate	g	42.6
Fiber, total dietary	g	1.3
Total lipid (fat)	g	25.2

Fatty acids, total saturated	g	12.9
Cholesterol	mg	110
Potassium	mg	80
Sodium	mg	263

2. การทอดในน้ำมันท่วม (Deep fat frying)

การทอดเป็นกรรมวิธีที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร และมีวัตถุประสงค์รองคือ การถนอมอาหารโดยการทำลายจุลินทรีย์ เอนไซม์ และลดค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) ที่ผิวของอาหารหรือตลอดชิ้นของอาหาร (วิไล รังสาดทอง, 2547)

โดยการทอดในน้ำมันท่วมเป็นการถ่ายโอนความร้อนเป็นทั้งการพาความร้อนในน้ำมันร้อนและการนำความร้อนสู่ภายในอาหาร ผิวอาหารทั้งหมดจะได้รับความร้อนใกล้เคียงกัน สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนก่อนเกิดการระเหยเท่ากับ 250-300 วัตต์/เมตร^2 เคลวิน และเพิ่มขึ้น 800-1000 วัตต์/เมตร^2 เคลวิน เนื่องจากเกิดการเดือดและการเคลื่อนที่ของไอน้ำที่ออกจากอาหาร อย่างไรก็ตาม ถ้าอัตราการระเหยของไอน้ำสูงเกินไปจะเกิดฟิล์มบาง ๆ ของไอน้ำอยู่บนผิวอาหารทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนลดลง (วิไล รังสาดทอง, 2547) การทอดอาหารแบบน้ำมันท่วม (Deep fat frying) ทำได้โดยนำอาหารจุ่มลงไปในน้ำมันที่มีความร้อนสูงกว่าจุดเดือดของน้ำ อุณหภูมิน้ำมันที่ใช้ทอดอยู่ในช่วง 150-180 องศาเซลเซียส ส่งผลให้อาหารมีกลิ่นรสที่มีลักษณะเฉพาะ มีเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคชอบรับประทาน คือ มีลักษณะที่แห้ง มีความกรอบที่ด้านนอก และ มีความนุ่มที่ด้านใน ซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของอาหารที่ทอดด้วยวิธีนี้ (Moreira et al., 1999) นอกจากนี้ ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี เช่น การสุกของแป้งและโปรตีนการเกิดสีน้ำตาล การเปลี่ยนสถานะเป็นกลาส ทำให้คุณสมบัติทางด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่นรสมีการเปลี่ยนแปลง เกิดเป็นลักษณะเฉพาะของอาหารทอด (Mellema, 2003)

Gramble et al. (1987) กล่าวว่าน้ำมันส่วนใหญ่เข้าสู่อาหารระหว่างการทำให้เย็น เนื่องจากการควบแน่นของไอน้ำทำให้ เกิดสภาวะสุญญากาศ ส่งผลให้น้ำมันซึ่งเกาะอยู่ที่ผิวซึมเข้าสู่อาหาร อีกทั้ง Moreira (1996) ได้ศึกษาการกระจายของน้ำมันของผลิตภัณฑ์แผ่นตอร์ติลา (tortilla) พบว่า มีปริมาณน้ำมันภายในเพียง 20% และอีก 80% อยู่ที่ผิวหน้าของอาหารหลังจากที่ทิ้งไว้ให้เย็นน้ำมันที่อยู่บริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์จะดูดซึมเข้าไปข้างใน 64% ส่วนอีก 36% ยังคงอยู่ที่ผิวหน้าเหมือนเดิม ปรากฏการณ์นี้อธิบายได้ว่า หลังจากการกระบวนการทอดเสร็จสิ้น การย้ายอาหารออกมาจากน้ำมัน อุณหภูมิภายในของผลิตภัณฑ์จะเริ่มลดลง ส่งผลให้ไอน้ำที่มีภายในเกิดการกลั่นตัว และความดันภายในลดลงอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นความแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอก

ทำให้น้ำมันที่อยู่บริเวณผิวหน้าสามารถซึมผ่านเข้าไปภายในชิ้นอาหารได้ (Ziaiifar et al., 2008) การดูดซึมน้ำมันด้วยกลไกนี้จะมีโอกาสเกิดขึ้นได้มากสำหรับกระบวนการทอดที่ใช้เวลาสั้นและอาหารที่มีขนาดใหญ่ เพราะการทอดในสภาวะดังกล่าว ที่ผิวหน้าของอาหารหลังจากทอดจะไม่แห้งสมบูรณ์ ทำให้ยังมีไอน้ำเหลืออยู่ในชิ้นอาหาร (Mellema, 2003) การทอดอาหารด้วยวิธีนี้มีการดูดซับน้ำมันที่สูงมากปริมาณน้ำมันที่สูงนี้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เพราะก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ เช่น โรคอ้วน โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น และยังทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืนได้ง่าย ดังนั้น จึงเกิดการคิดค้นแนวทางในการลดปริมาณน้ำมันดูดซับในอาหารทอดเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น นั่นคือการใช้กระบวนการทางความร้อนอื่น ๆ ในการแปรรูปอาหาร เช่น การอบ หรือใช้สารทดแทนไขมัน

3. การอบ (Baking)

การอบ คือ การทำอาหารให้สุกโดยใช้ความร้อนแห้งจากเตาอบ ความร้อนระหว่างการอบทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนทั้งแบบการพาความร้อนร่วมกับการแผ่รังสีไปที่ผิวหน้าของอาหาร และนำความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในชิ้นอาหาร ระหว่างการอบยังมีการถ่ายเทมวลออกจากผิวของอาหาร ทำให้อาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉพาะบริเวณผิวหน้าของอาหาร น้ำในอาหารจะระเหยออกไป เกิดเป็นโครงสร้างที่มีรูอากาศภายใน เกิดเปลือกแข็งที่ผิวนอกของอาหาร อีกทั้งยังเกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของอาหาร ได้แก่ ทำให้อาหารสุก โดยทำให้แป้งเกิดการเจลาติไนซ์ (gelatinization) และโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation) การเปลี่ยนแปลงสี โดยเฉพาะที่ผิวนอกของอาหาร เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) เช่น Maillard reaction หรือ caramelization ซึ่งเป็นปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวกับเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนหรือกรดแอมิโนกับน้ำตาลในภาวะที่มีอุณหภูมิสูง (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2556)

เนื่องจากเพสตรี้ชูโรสเป็นขนมที่มีไขมันสูงมีส่วนประกอบจากเนยและการใช้น้ำมันทอดจนท่วม จึงมีงานวิจัยที่ศึกษาผลของการทอดในน้ำมันท่วมต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ คือ Ghaitaranpour et al., (2018) ได้ศึกษาผลทางกายภาพของโดนัท ที่ผ่านการทอดในน้ำมันท่วม และการทอดโดยใช้ลมร้อน โดยใช้ระบบสี L*a*b* ร่วมกับ ImageJ software (ImageJ 1.49, NIH, Bethesda, USA) ในการวัดความหนา และความหยาบของผิวโดนัท ที่อุณหภูมิ 150, 165 และ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 5 และ 8 นาที สำหรับการทอดในน้ำมันท่วม และ 4, 6 และ 8 นาที สำหรับการทอดโดยใช้ลมร้อน พบว่าหากทอดโดนัทในน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิสูงขึ้น ผิวของโดนัทจะมีความกรอบมากขึ้น แต่ถ้าหากทอดโดยใช้ลมร้อนจะใช้อุณหภูมิต่ำกว่าในการทำให้ผิวของ

โดนัทกรอบมากกว่าการทอดในน้ำมันท่วม ซึ่งการทอดทั้ง 2 วิธีเมื่อใช้อุณหภูมิลดลง จะเพิ่มความหยาบของผิวโดนัท และเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นผิวของโดนัทจะเรียบมากขึ้น การทอดในน้ำมันท่วมผิวของโดนัทจะเริ่มกรอบบริเวณด้านล่างและด้านข้างของโดนัทก่อน ส่วนการทอดโดยใช้ลมร้อน ผิวของโดนัทจะเริ่มกรอบจากบริเวณด้านบนของโดนัท ความกรอบเนื่องจากการทอดในน้ำมันท่วมจะขึ้นกับเวลามากกว่าการทอดโดยใช้ลมร้อน นั่นก็คือยิ่งใช้เวลาทอดในน้ำมันท่วมนาน ความกรอบก็จะเพิ่มมากขึ้น

และ Yang et al., (2019) ได้ศึกษาอิทธิพลของการผัดและการอบต่อลักษณะฟลาโวนอยด์, คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และการเกิดไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรัล ในขั้นตอนการทำเพสตรี้สอดไส้บลูเบอร์รี่ โดยอบที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 23 นาที แล้วจึงนำไปผัด เป็นเวลา 40 นาที ผลที่ได้พบว่า การผัดจะลดสารต้านอนุมูลอิสระในไส้บลูเบอร์รี่ปริมาณมาก อีกทั้งยังเกิดไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรัลอีกด้วย แต่การอบไม่ส่งผลต่อลักษณะฟลาโวนอยด์ คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และการเกิดไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรัล

เนื่องด้วยส่วนผสมของเพสตรี้ชูโรสมีเนยเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่ได้ศึกษาการลดไขมันจากผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และเพสตรี้ ด้วยการทดแทนไขมันเนยด้วย สารทดแทนไขมันต่าง ๆ เช่น อินูลิน มอลโทเดกซ์ทริน เพคติน ฯลฯ (Brennan et al., 2008)

4. อินูลิน (Inulin)

อินูลินเป็นโพลิเมอร์ของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่เชื่อมกันด้วยพันธะ fructosyl-fructose มี degree of polymerization (DP) ≥10 อินูลินสกัดได้จากรากของตน Chicoree หรือ Jerusalem artichoke โดยอินูลินมีคุณสมบัติเป็นใยอาหารชนิดหนึ่ง (De Vries, 2003) อินูลินทนต่อการย่อยและการดูดซึมในร่างกายมนุษย์ อีกทั้งอินูลินเป็น prebiotic เนื่องจากสามารถถูกหมักโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ และส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียจีนัส Bifidobacterium ได้ หรือเรียกว่า bifidogenic effect (Franck, 2002; Meyer & Stasse-Wolthuis, 2009) การบริโภคอินูลินในปริมาณ 15 กรัมต่อวัน โดยแบ่งทานในหลายมื้อ ไม่ส่งผลต่อระบบทางเดินอาหารของผู้ใหญ่แต่อย่างใด (Grabitske & Slavin, 2009)

อินูลินสามารถจับกับโมเลกุลน้ำที่ความเข้มข้นร้อยละ 1-10 โดยสารละลายจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อความเข้มข้นเป็นร้อยละ 40-45 จะเกิดโครงสร้างคล้ายเจลระหว่างน้ำและอินูลินที่ให้ความมัน ลื่น คล้ายไขมัน (creamy and fat like) (Baal, 1993) ซึ่งคุณสมบัตินี้ทำให้สามารถทดแทนไขมันได้ในผลิตภัณฑ์นม ขนม และเบเกอรี่ได้ (Franck, 2002; Roberfroid, 2005) แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นให้มากกว่าร้อยละ 50 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวาน และมีเนื้อสัมผัสที่แข็งมากเกินไป (Peressini and Sensidoni, 2009)

มีการศึกษาการใช้อินูลินในการผลิตขนมปัง โดย Peressini และ Sensidoni (2009) ได้ทำการศึกษาผลของการผสมอินูลินลงในขนมปังเพื่อเพิ่มใยอาหาร โดยเปรียบเทียบกับขนมสูตรมาตรฐานที่ไม่ได้เติมอินูลิน โดยผสมอินูลินลงในแป้งสาลี 2.5-7.5% น้ำหนักแห้ง พบว่าเมื่อผสมอินูลินในปริมาณมากขึ้นจะลดความหยุ่นหนืด (viscoelastic) ของแป้งโด ทำให้แป้งโดมีสมบัติคล้ายของแข็งมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาตรของขนมปังลดลง เนื่องจากอัตราการพองตัวของโดลดลง และขอบขนมปังมีความแข็งมากขึ้น ผลการศึกษาพบว่าการผสมอินูลิน 5% จะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด ถ้าผสมมากกว่า 5% จะทำให้ขนมปังมีรสหวานเกินไป อีกทั้งยังทำให้ขนมปังมีความแข็งและพองตัวได้น้อย

Poinot et al. (2010) ได้ทำการศึกษาผลของการเติมอินูลินลงในขนมปัง โดยผสมอินูลินลงในแป้งสาลี 3-5% น้ำหนักแห้ง พบว่าอินูลินจะเร่งการอบขนมปังให้เป็นไปอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น และเร่งให้เกิด Maillard reaction ซึ่งส่งผลให้ขนมปังมีคุณภาพโดยรวมคล้ายคลึงกับสูตรมาตรฐาน แต่ใช้เวลาในการอบน้อยลง อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มปริมาณใยอาหารอีกด้วย

และมีการใช้อินูลินในผลิตภัณฑ์มัฟฟินในงานวิจัยของ Zahn et al. (2010) ซึ่งเป็นการศึกษาการใช้อินูลินในการทดแทนไขมันในมัฟฟิน ในอัตราส่วน 50% 75% และ 100% พบว่าการเพิ่มปริมาณอินูลิน ทำให้ปริมาณความชื้นและความหนาแน่นของผิวมัฟฟินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ปริมาตรมัฟฟินลดลง อีกทั้งยังส่งผลต่อกลิ่นรสของมัฟฟินอีกด้วย ผลของการศึกษาพบว่าการทดแทนไขมันด้วยอินูลิน 50% มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ เมื่อเทียบกับสูตรมาตรฐานเพียงเล็กน้อย และยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งจะลดปริมาณไขมันถึง 45%

Rodríguez-García et al. (2013) ได้ทำการศึกษาการหาปริมาณที่เหมาะสมของสูตรเค้กสปอนจ์ที่มีอินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน โดยศึกษาการทดแทนไขมันในอัตราส่วน 0%, 35%, 50%, 70% และ 100% พบว่าการใช้อินูลินทดแทนไขมันจะทำให้ความหนืดของแป้งโดลดลง ส่งผลให้ฟองอากาศที่เกิดขึ้นมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่การที่มีปริมาณไขมันลดลง ซึ่งไขมันทำหน้าที่ในการรักษาเสถียรภาพของฟองอากาศ ทำให้โครงสร้างของเค้กสปอนจ์กักอากาศไว้ได้น้อยลง ทำให้ปริมาตรของเค้กลดลง จากการศึกษาพบว่าการทดแทนไขมันด้วยอินูลิน 70% ให้ผลในด้านลักษณะทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรมาตรฐาน (0%) อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

อีกทั้ง Devereux et al. (2003) ได้ศึกษาการใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันในคุ้กกี้ เค้ก ไอศกรีม และไส้กรอกต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส ในอัตราส่วน 4-13 กรัม/100กรัม ซึ่งการทดแทนไขมันด้วยอินูลินสามารถลดไขมันได้ 20-80% โดยยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบผลของการทอดน้ำมันท่วมและการอบ ต่อลักษณะเนื้อสัมผัส สี ลักษณะทางประสาทสัมผัส และปริมาณไขมันในเพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐาน
2. เพื่อพัฒนาสูตรชูโรสเพื่อสุขภาพที่มีไขมันน้อยลงและมีใยอาหารเพิ่มขึ้น โดยทดแทนเนยด้วยอินูลินในอัตราส่วนที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรลดไขมันและเสริมใยอาหารที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วิธีดำเนินงาน

1. เปรียบเทียบผลของการทอดน้ำมันท่วมกับการอบ ต่อความกรอบ และการพองตัวของเพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐาน
   1.1 เตรียมชูโรสสูตรมาตรฐาน (Aashpazi, 2016)
   1.2 ทดลองทอดในน้ำมันท่วม 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที (Bender, 2005)
   1.3 ทดลองอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที (Stafford, 2018)
   1.4 วิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสที่ทอดในน้ำมันท่วมและอบในเตาอบ
      1.4.1 วัดค่าเนื้อสัมผัสด้วย Texture Analyzer (TA-XT2i) โดยวัดPenetrate force Compression force (Mir-Bel et al., 2013) และวัดความพองตัว โดยใช้หลักการแทนที่เมล็ดงา (Seed displacement) (อรวรรณ ติวเถาว์, 2557)
      1.4.2 วิเคราะห์ค่าสีด้วยระบบ CIE L* a* และ b* โดยใช้เครื่องมือ Chroma meter (Konica Minolta, CR-300) โดยวัดตัวอย่างบริเวณผิวนอกส่วนที่เป็นแฉก และส่วนที่เป็นร่อง แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยกัน
   1.5 วิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยใช้แบบสอบถามชนิด hedonic test ชนิด 9 คะแนน โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 35 คน เพื่อวิเคราะห์ว่าผู้บริโภคมีความชอบต่อผลิตภัณฑ์ต่างกันมากน้อยเพียงใด
   1.6 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี
      1.6.1 ปริมาณไขมัน ด้วยวิธี AOAC (2000)

2. ศึกษาอัตราส่วนในการทดแทนเนย ด้วยสารละลายอินูลินเข้มข้น 40% โดยน้ำหนัก โดยออกแบบการทดลองแบบ CRD ซึ่งแปรอัตราส่วนปริมาณเนยต่อสารละลายอินูลิน คือ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 ในผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสที่เป็นที่ยอมรับจากข้อที่ 1

2.1 วิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสที่แปรอัตราส่วนของปริมาณสารละลายอินูลินและเนย

2.1.1 วัดค่าเนื้อสัมผัสด้วย Texture Analyzer (TA-XT2i) โดยวัด Penetrate force Compression force (Mir-Bel et al., 2013) และวัดความพองตัว โดยใช้หลักการแทนที่เมล็ดงา (Seed displacement) (อรวรรณ ติวเถาว์, 2557)

2.1.2 วัดค่าสี ด้วยระบบ CIE L* a* และ b* โดยใช้เครื่องมือ Chroma meter (Konica Minolta, CR-300) โดยวัดตัวอย่างบริเวณผิวนอกส่วนที่เป็นแฉก และส่วนที่เป็นร่อง แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยกัน

2.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

2.2.1 ปริมาณไขมัน ด้วยวิธี AOAC (2000)

2.2.2 ปริมาณใยอาหารหยาบ ด้วยวิธี AOAC (2000)

2.2.3 ปริมาณความชื้น ด้วยวิธี AOAC (2000)

2.2.4 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี ใช้เครื่องมือ water activity meter (AquaLab, United States, Series 3TE)

2.3 วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale test โดยให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเพสตรี้ชูโรส ในด้านลักษณะปรากฏ (Appearance) สี (color) กลิ่น (Aroma) ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) รสชาติ (Taste) และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีตาม 9-Point Hedonic Scale Test เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสแปรอัตราส่วนของสารละลายอินูลินและเนยสูตรที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด

2.4 ได้ผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรลดไขมันและเพิ่มใยอาหารที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด

3. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีทางสถิติ สรุปผลการทดลอง จัดทำรายงานและนำเสนอผลงาน

ระยะเวลาการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
	2562				2563				
เปรียบเทียบผลของการทอดในน้ำมันท่วมกับการอบ									
ศึกษาอัตราส่วนในการทดแทนไขมันด้วยอินูลินที่เหมาะสม									
วิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์เพสตรี้ชูโรสสูตรมาตรฐาน และสูตรเพื่อสุขภาพ									
วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีทางสถิติ สรุปผลการทดลอง จัดทำรายงานและนำเสนอผลงาน									

งบประมาณ

1.1 ค่าวัตถุดิบ 9,000 บาท

- วัตถุดิบในการทำเพสตรี้ชูโรส
- สารเคมีต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์ค่าทางเคมี

1.2 ค่าใช้จ่ายทั่วไป 1,000 บาท

- ค่าสำเนาเอกสารและสิ่งพิมพ์

ค่าใช้จ่ายรวม 10,000 บาท

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. การอบ [ออนไลน์]. 2556. เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0200/baking-การอบ. [13 พฤษภาคม 2563].

วิไล รังสาดทอง. (2547). เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น, กรุงเทพฯ.

อรวรรณ ติวเถาว์. (2557). การศึกษาการพองตัวในหนังปลาแซลมอนกรอบโดยใช้เตาไมโครเวฟและการทอด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ภาษาอังกฤษ

Aashpazi. Churros [Online]. 2016. Available from: https://www.aashpazi.com/churros [2018, May 16].

Baal, H. 1993. Functional properties and applications of inulin in food. Fourth Seminar on Inulin.56:66 Cited by Silva, R.F. 1996. Use of inulin as a natural texture modifier. Cereal Food World. 41 (10): 792-794.

Bender, D.A. (2009). A dictionary of food and nutrition (3rd ed.). Oxford: Oxford University Press.

Brennan, C.S., and Tudorica, C.M. (2008). Carbohydrate-based fat replacers in the modification of the rheological, textural and sensory quality of yoghurt: comparative study of the utilization of barley beta- glucan, guar gum and inulin. International Journal of Food Science and Technology. 43: 824-833.

Cooking Classy. Churros [Online]. 2018. Available from: https://www.cookingclassy.com/ churros [2018, May 16].

De Vries, J.W. (2003). On defining dietary fibre. Proceedings of the Nutrition Society. 62: 37–43

Devereux, H.M., Jones, G.P., Mccormack, L., and Hunter, W.C. (2003) Consumer Acceptability of Low-Fat Foods Containing Inulin and Oligofructose. Journal of Food Science. 68(5): 1850-1854.

Franck, A. (2002). Technological functionality of inulin and oligofructose. British Journal of Nutrition. 87: 287–291

Ghaitaranpour, A., Koochekia, A., Mohebbia, M., and Ngadib, M.O. (2018). Effect of deep fat and hot air frying on doughnuts physical properties and kinetic of crust formation. Journal of Cereal Science. 83: 25-31.

Grabitske, H.A. and Slavin, J.L. (2009). Gastrointestinal effects of low-digestible carbohydrates. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 49: 327–360.

Gramble, M.H., P. Rice and J.D. Selman. (1987). Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from c.v. Record U.K. Tubers. International Journal of Food Science of Technology. 2: 233-241.

Mellema, M. (2003). Mecchism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. Trends in food science technology. 14: 364-373.

Meyer, D. and Stasse-Wolthuis, M. (2009). The bifidogenic effect of inulin and oligofructose and its consequences for gut health. European Journal of Clinical Nutrition. 63: 1277–1289.

Moreira, M.E. Castell-Perez and M.A. Barrufet. (1999). Deep fat frying fundamentals and applications. Aspen Publication Inc. Gaithersburg.

Moreira, RG., Sun and Y. Chen. (1996). Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. Journal of Food Engineering. 31: 485-498.

Peressini, D. and Sensidoni, A. (2009). Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. Journal of Cereal Science. 49: 190–201

Poinot, P., Arvisenet, G., Grua-Priol, J., Filloneau, C., Le-Bail, A. & Prost, C. (2010). Influence of inulin on bread: kinetics and physico-chemical indicators of the formation of volatile compounds during baking. Food Chemistry. 119: 1474–1484.

Rodriguez-Garcia, J., Laguna, L., Puig, A., Salvador, A., and Hernando, I. (2013). Effect of Fat Replacement by Inulin on Textural and Structural Properties of Short Dough Biscuits. Food and Bioprocess Technology 6: 2739-2750

Yang, N., Qiua, R., Yanga, S., Zhoua, K., Wang, C., Oua, S., and Zheng, J. (2019). Influences of stir-frying and baking on flavonoid profile, antioxidant property, and hydroxymethylfurfural formation during preparation of blueberry-filled pastries. Food Chemistry. 287: 167-175.

Zahn, S., Pepke, F., and Rohm, H. (2010). Effect of inulin as a fat replacer on texture and sensory properties of muffins. International Journal of Food Science and Technology. 45: 2531-2537.

Ziaiifar, A.M., N. Achir, F. Courtois, I. Trezzani and G. Trystram. (2008). Factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep Journal of Food Science and Technology. 43: 1410-1423.

ภาคผนวก จ

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาว มณฑิพา เกื้อชูศรี
ตำแหน่ง	หัวหน้าโครงการ
วุฒิการศึกษา	วท.บ.
	ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2563
โทรศัพท์	098-2658626
Email	earnmontipa@gmail.com

ชื่อ	นาย พรภวิษย์ ทิศา
ต้าแหน่ง	ผู้วิจัยร่วม
วุฒิการศึกษา	วท.บ.
	ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2563
โทรศัพท์	081-4924418
Email	eaarthh@gmail.com