สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของกระบวนการทอดต่อคุณภาพกระทงทองแช่แข็ง

EFFECT OF FRYING PROCESS ON THE QUALITY OF FROZEN KRA-THONG-TONG

T110299

กิติมา คราประยูร

KITIMA KRAPRAYOOR

ภท.
ก677ผ
2553
เลขหมู่.........
เลขทะเบียน.....110299
วัน,เดือน,ปี.....- 1 พ.ย. 2553
b.....1226331x
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

พ.ศ.2553

KMITL-2010-AI-M-055-077

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF FRYING PROCESS ON THE QUALITY OF FROZEN KRA-THONG-TONG

KITIMA KRAPRAYOOR

A THESIS SUMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD CATERING TECHNOLOGY
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2010

KMITL-2010-AI-M-055-077

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2010

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของกระบวนการทอดต่อคุณภาพกระทงทองแช่แข็ง
	Effect of frying process on the quality of frozen Kra-Thong-Tong
นักศึกษา	นางสาวกิติมา คราประยูร
รหัสประจำตัว	48068609
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขา	เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ

บทคัดย่อ

กระทงทองเป็นอาหารว่างประเภททอด ประกอบด้วยตัวกระทงที่ทำจากแป้งทอดและไส้ ซึ่งปัจจุบันหารับประทานได้ไม่บ่อยนักในภัตตาคาร เนื่องจากมีขั้นตอนการทำที่ยุ่งยาก เป้าหมายของการวิจัยนี้เพื่อที่จะพัฒนาตัวกระทงทองให้สะดวกในการนำใช้ในร้านอาหาร โดยทำการศึกษาถึงผลของกระบวนการทอดที่มีต่อคุณภาพของกระทงทอง โดยคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่ใช้ในการทดลอง มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง ไข่แดง เกลือป่น น้ำปูนใส และน้ำเปล่า คิดเป็นร้อยละ 14.6, 14.6, 14.6, 4.38, 0.73, 35.04 และ 16.05 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ผลการศึกษาชนิดของน้ำมันที่เหมาะสมต่อการทอดกระทงทอง พบว่า การทอดกระทงทองด้วยเนยขาว ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด รองลงมา คือ น้ำมันปาล์ม จึงเลือกเนยขาว และน้ำมันปาล์มมาใช้พัฒนาต่อไป จากผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทอดกระทงทองก่อนการแช่แข็ง คือ การทอดด้วยเนยขาว เป็นเวลา 2 นาที และการทอดด้วยน้ำมันปาล์ม เป็นเวลา 1 นาที โดยกระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว 2 นาที มีค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง ค่าแรงที่ทำให้แตก และปริมาณการดูดซับน้ำมันอยู่ที่ 70.47, 22.32, 353.27 กรัม และ 62.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนน้ำมันปาล์ม มีค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง ค่าแรงที่ทำให้แตก และเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมัน อยู่ที่ 68.50, 22.10, 378.59 กรัม และ 59.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการเปรียบเทียบรูปแบบการให้ความร้อนหลังการแช่แข็ง โดยการทอดในน้ำมันกับการใช้ไมโครเวฟ พบว่า การทอดซ้ำที่ระยะเวลา 1 นาที กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว มีค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง และค่าแรงที่ทำให้แตก อยู่ที่ 70.41, 22.20 และ 358.08 กรัม ตามลำดับ และกระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม มีค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง และค่าแรงที่ทำให้แตก อยู่ที่ 68.34, 20.63 และ 375.80 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับกระทงทองที่ทอดเสร็จในครั้งเดียว ส่วนการให้ความร้อนหลังการแช่แข็งโดยการใช้ไมโครเวฟ ที่ระดับไฟแรงปานกลาง เป็นเวลา 1.50 นาที กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว มีค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง และค่าแรงที่ทำให้แตก อยู่ที่ 73.96, 18.25 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

350.73 กรัม ตามลำดับ ส่วนกระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม มีค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง ค่าแรงที่ทำให้แตก อยู่ที่ 69.73, 20.73 และ 348.41 กรัม ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title Effect of frying process on the quality frozen Kra-Thong-Tong

Student Miss Kitima Kraprayoor

Student ID. 48068609

Degree Master of science

Program Food Catering Technology

Year 2010

Thesis Advisor Associate Professor Dr.Ratiporn Haruenkit

ABSTRACT

Kra-Thong-Tong is a Thai snack food consisting of a deep frying starch - based Kra-Thong-Tong and the filling, nowadays it is not available at all restaurants due to its preparation difficulty. The aim of this study is to develop the ready to use Kra-Thong-Tong for the ease of use in food shop. The research was conducted to study the effect of frying procedures on the quality of Kra-Thong-Tong. The basic formula choosen for this experiment composed of rice flour, wheat flour, tapioca flour, egg yolk, salt, lime water ($Ca(OH)_2$), and water as (calculate the percentage) 14.6, 14.6, 14.6, 4.38, 0.73, 35.04 and 16.05 percent by weight of the mixture. The study of the kind of suitable oil for frying Kra-Thong-Tong showed that shortening gave the best result and followed by palm oil, the results were based on the test panelist acceptance. The results of the study of pre - frying period before freezing were 2 min for Kra-Thong -tong frying with shortening and 1 min with palm oil. Kra-Thong-Tong fried with shortening had physical properties of bright value, yellow value, fracturability (g) and oil absorption (percent) at 70.47, 22.32, 353.27 (g) and 62.67 percent respectively. For those fried with palm oil had physical properties of bright value, yellow value, fracturability (g) and absorption of oil (percent) at 68.50, 22.10, 378.59 (g) and 59.71 percent respectively. The post - freezing heating methods, deep frying in oil and using microwave, were compared . It was found that the deep frying for 1 minute, Kra-Thong-Tong frying with shortening had physical properties of bright value, yellow value, fracturability (g) at 70.41, 22.20 and 358.08 (g) respectively, and with palm oil the bright value, yellow value, fracturability (g) were at 68.34, 20.63 and 375.80 (g) respectively. By using microwave at medium power level for 1.50 minute, the Kra-Thong-Tong frying with shortening had physical properties of bright value, yellow value, fracturability (g) at 73.96, 18.25 and 350.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(g) respectively, and with palm oil the bright value, yellow value, fracturability (g) were at 69.73, 20.73 and 348.41 (g) respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาโทของสาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ระติพร หาเรือนกิจ ซึ่งช่วยกรุณารับเป็นที่ปรึกษางานวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ ช่วยเหลือต่างๆ ตลอดจนตรวจทานและแก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ผศ. ดร. พอใจ ถามากร ดร. ยุพร พืชกมุทร อาจารย์ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง และรศ. ดร.พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ อีกทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไข รวมทั้งให้คำแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆท่าน ที่ได้คอยช่วยเหลือ แนะนำประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆให้กับข้าพเจ้านำมาใช้กับงานวิจัย

ขอขอบคุณพี่ๆนักศึกษาปริญญาเอก ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และไต่ถามถึงความคืบหน้าของงานวิจัย ขอบคุณเพื่อนๆน้องๆ นักศึกษาปริญญาโททุกคน ที่คอยให้กำลังใจ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ธุรการ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการห้องวิทยาศาสตร์ทุกคน ที่ได้ให้ข้อมูลคำแนะนำ และความช่วยเหลือต่างๆในงานวิจัยครั้งนี้ และขอบคุณหนังสือหรือวิทยานิพนธ์ทุกเล่มที่ข้าพเจ้านำมาอ้างอิง

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา สมมาตร์ คราประยูร มารดา ผาณิต คราประยูร และพี่ซึ่งเป็นที่รัก ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา และคอยให้กำลังใจด้วยดีมาตลอด คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

กิติมา คราประยูร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กระทงทอง	3
2.1.1 ส่วนประกอบของแป้งกระทงทอง	4
2.2 การทอด	10
2.2.1 น้ำมันและไขมันที่ใช้สำหรับการทอด	11
2.2.2 เวลาที่ใช้ในการทอด	16
2.3 การแช่เยือกแข็ง	18
2.3.1 กระบวนการแช่แข็งมีผลต่อผลิตภัณฑ์หลังผ่านการทอด	19
2.3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารที่เกิดขึ้นระหว่างการแช่เยือกแข็ง	19
2.4 การให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ	20
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	23
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	23
3.1.1 วัตถุดิบ	23
3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมกระทงทอง	23
3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์	23
3.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรักษา	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.5 สารเคมี	24
3.1.6 สถานที่ทำการทดลอง	24
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง	24
3.2.1 การคัดเลือกสูตรมาตรฐานตัวแป้งกระทงทอง	24
3.2.2 การศึกษาน้ำมันชนิดต่างๆที่เหมาะสมต่อการทอดกระทงทอง	27
3.2.3 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทอดกระทงทองก่อนการแช่แข็ง	27
3.2.4 ศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการให้ความร้อนหลังการแช่แข็ง โดยการทอดในน้ำมันกับการใช้ไมโครเวฟ	28
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	29
4.1 ผลการคัดเลือกสูตรมาตรฐานตัวแป้งกระทงทอง	29
4.2 ผลการศึกษาน้ำมันชนิดต่างๆที่เหมาะสมต่อการทอดกระทงทอง	31
4.3 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทอดกระทงทองก่อนการแช่แข็ง	34
4.4 ผลการศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการให้ความร้อนหลังการแช่แข็ง โดยการทอดในน้ำมันกับการใช้ไมโครเวฟ	38
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	43
บรรณานุกรม	45
ภาคผนวก ก	50
ภาคผนวก ข	55
ภาคผนวก ค	58
ประวัติผู้เขียน	63

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้า	4
2.2	ตารางแสดงปริมาณอะมิโลสและอะมิโลเพกตินในแป้งแต่ละชนิด	5
2.3	คุณสมบัติของแป้งสาลี	6
2.4	สมบัติของน้ำมันและไขมันสำหรับการทอดชนิดต่างๆ	11
2.5	ตารางแสดงจุดเกิดควัน	12
2.6	คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันปรุงอาหารชนิดเดี่ยวและชนิดผสม	13
3.1	ส่วนผสมแป้งกระทงทองในการคัดเลือกสูตรพื้นฐานแป้งกระทงทอง	25
4.1	ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานแป้งกระทงทอง	29
4.2	คุณภาพทางกายภาพด้านสี เนื้อสัมผัส และปริมาณการดูดซับน้ำมัน	31
4.3	คะแนนการยอมรับ ด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของกระทงทองที่ทอดในน้ำมัน 4 ชนิด	32
4.4	ค่าสีของกระทงทองทอดที่เวลาต่างกันก่อนการแช่แข็ง	34
4.5	ค่าแรงที่ทำให้แตก และปริมาณการดูดซับน้ำมันของกระทงทองที่ทอดเวลาต่างกันก่อนการแช่แข็ง	35
4.6	คะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัสของกระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาวหรือน้ำมันปาล์มที่เวลาต่างกัน	37
4.7	ค่าสีของกระทงทองแช่แข็ง เมื่อทอดซ้ำในเนยขาวและน้ำมันปาล์ม	38
4.8	ค่าสีของกระทงทองแช่แข็ง เมื่อใช้ไมโครเวฟ	39
4.9	ค่าแรงที่ทำให้แตกของกระทงทองแช่แข็ง เมื่อให้ความร้อนโดยใช้การทอดในน้ำมันและการใช้ไมโครเวฟ	39
4.10	เปรียบเทียบด้านคุณภาพของตัวกระทงทอง	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1 ก ตัวอย่างกราฟค่าการวัดเนื้อสัมผัสค่าการทำให้แตก 53

2 ก เครื่อวัดปริมาณไขมัน Soxhlet Extraction 54

1 ค การทอดกระทงทองในเนยขาว 1 นาที........ 59

2 ค การทอดกระทงทองในเนยขาว 2 นาที........ 59

3 ค การเปรียบเทียบกระทงทองทอดในเนยขาวที่เวลา 1 และ 2 นาที........ 59

4 ค การทอดกระทงทองในน้ำมันปาล์ม 1 นาที........ 60

5 ค การทอดกระทงทองในน้ำมันปาล์ม 2นาที........ 60

6 ค การเปรียบเทียบกระทงทองทอดในน้ำมันปาล์มที่เวลา 1 และ 2 นาที........ 60

7 ค การให้ความร้อนกระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม โดยการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลา 1 นาที........ 61

8 ค การให้ความร้อน กระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม โดยการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลา 1.50 นาที........ 61

9 ค การให้ความร้อน กระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม โดยการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลา 2 นาที........ 61

10 ค การให้ความร้อน กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว โดยการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลา 1 นาที........ 62

11 ค การให้ความร้อน กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว โดยการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลา 1.50 นาที........ 62

12 ค การให้ความร้อน กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว โดยการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลา 2 นาที........ 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระทงทองเป็นอาหารว่างของไทย มีลักษณะเฉพาะตัว เป็นที่นิยมโดยเฉพาะในงานเลี้ยงต่างๆ เนื่องจากเป็นอาหารที่มีรูปลักษณ์สวยงาม (กระทงทอง, 2549) แต่ปัจจุบันมีให้รับประทานไม่มากนัก เนื่องจากมีวิธีทำที่ยุ่งยาก ตามร้านอาหาร ภัตตาคารและงานจัดเลี้ยงต่างๆต้องการความรวดเร็วในการเตรียม ซึ่งการเตรียมตัวกระทงทองเพื่อนำไปทอดแต่ละครั้งจะเป็นการเสียเวลาเพิ่มขึ้น เพราะกระทงทองต้องรับประทานกับไส้ ซึ่งต้องใช้เวลาในการเตรียมเช่นกัน การทอดมีผลกระทบต่อคุณภาพของอาหาร จึงต้องมีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นชนิดของน้ำมัน อุณหภูมิและระยะเวลาในการทอด (วิไล รังสาดทอง, 2543)

การศึกษาผลของกระบวนการทอด จึงเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของตัวกระทง เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และการนำเอาวิธีการแช่แข็งมาใช้กับผลิตภัณฑ์กระทงทองเป็นทางเลือกหนึ่ง ที่สามารถลดระยะเวลาในการเตรียมตัวกระทงทองลง สามารถเตรียมได้ในปริมาณที่มากให้พอกับความต้องการของผู้บริโภค ทำให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว ไม่เสียเวลา ทั้งยังยืดอายุการเก็บรักษาได้อีกด้วย ซึ่งเหมาะสมกับการนำไปใช้ในภัตตาคาร และแม้แต่การผลิตในระดับอุตสาหกรรม

งานวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาผลของกระบวนการทอดต่อคุณภาพกระทงทองแช่แข็ง โดยทำการศึกษาชนิดของน้ำมันที่เหมาะสมในการทอด ระยะเวลาทอดที่เหมาะสมก่อนการแช่แข็ง และทำการเปรียบเทียบระหว่างการทอดซ้ำ โดยการใช้น้ำมันกับการใช้ไมโครเวฟ เพื่อให้ได้กระทงทองที่มีคุณภาพ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

1. ศึกษาผลของน้ำมันชนิดต่างๆที่เหมาะสมต่อการทอดกระทงทอง
2. ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทอดกระทงทองก่อนการแช่แข็ง
3. ศึกษาการให้ความร้อนหลังการแช่แข็งโดยการเปรียบเทียบการทอดซ้ำโดยใช้น้ำมันกับการใช้ไมโครเวฟ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการศึกษาน้ำมันชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันรำข้าว และไขมันพืชผ่านกรรมวิธี น้ำมันปาล์ม เลือกน้ำมันที่เหมาะสมต่อการทอดกระทงทอง โดยพิจารณาจากปริมาณการดูดซับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมัน และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงสุด จึงคัดเลือกน้ำมันที่เหมาะสมมาทำการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการทอดกระทงทองก่อนการแช่แข็ง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เมื่อนำออกมาให้ความร้อนอีกครั้ง ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และทำการเปรียบเทียบการให้ความร้อนหลังการแช่แข็งระหว่างการทอดซ้ำ โดยการใช้น้ำมันกับการใช้ไมโครเวฟ เพื่อให้ได้ตัวกระทงที่มีความสะดวกในการเตรียมและมีคุณภาพด้านสี ความกรอบ ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวมเป็นที่พึงพอใจและยอมรับจากผู้บริโภค

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. เพื่อให้กระทงทองเป็นที่รู้จักมากขึ้น
2. เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีความสะดวกในการใช้งานในระดับภัตตาคารและร้านอาหารทั่วไป
3. เพื่อให้สามารถนำไปพัฒนาเป็นการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระทงทอง (golden cups)

กระทงทอง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้งสาลีหรือแป้งสาลีผสมแป้งชนิดอื่น เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง เกลือ น้ำตาล ไข่ น้ำหรือน้ำปูนใส ในปริมาณที่เหมาะสม คนให้เข้ากันจนได้ลักษณะแป้งตามต้องการ ใช้พิมพ์กระทงทองรูปต่างๆ มาจุ่มลงในน้ำแป้ง นำลงทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม บรรจุไส้ที่ได้จากการนำส่วนประกอบต่างๆ เช่น เนื้อไก่ เนื้อหมู แครอท มันแกว ข้าวโพด มาผัดกับเครื่องปรุงรสจนแห้ง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน-1407/2550)

ส่วนประกอบของกระทงทอง ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ตัวกระทง ไส้ และผักตกแต่ง เป็นของว่างที่นิยมมากโดยเฉพาะในงานเลี้ยงต่างๆ เนื่องจากเป็นอาหารที่มีรูปลักษณ์สวยงาม สามารถดัดแปลงรับประทานกับไส้ได้หลากหลายคล้ายกับเมี่ยง ต่างกันตรงไส้กระทงทองเป็นแบบปรุงสำเร็จ จัดเสิร์ฟได้ 2 วิธี คือ แยกไส้ออกจากตัวกระทง เมื่อรับประทานจึงใส่ไส้ลงในกระทง กับตักไส้ลงในกระทงให้เต็ม ตกแต่งให้สวยงามรับประทานทันที

วิธีการทำตัวแป้งกระทงทอง ผสมส่วนผสมแป้งเข้าด้วยกันและนำมาร่อน จากนั้นใส่ไข่แดงลงในแป้ง เติมน้ำเล็กน้อยนวดจนเนื้อแป้งนิ่ม ใส่เกลือ น้ำตาล น้ำปูนใส น้ำเปล่า คนจนส่วนผสมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีเม็ดแป้งเป็นเม็ดเหลืออยู่ กรองด้วยกระชอนอีกครั้ง เพื่อไม่ให้มีสิ่งสกปรกตกลงไป และช่วยให้ได้เนื้อแป้งที่เนียนขึ้น ลักษณะของน้ำแป้งที่ดี คือ มีสีขาวอมเหลืองเล็กน้อย แป้งกับน้ำเนียนละเอียด ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน(กระทงทอง, 2549)

จากนั้นตั้งกระทะใส่น้ำมันใช้ไฟปานกลาง เมื่อน้ำมันร้อน นำพิมพ์กระทงทองที่ทำจากทองเหลือง จุ่มลงในน้ำมันจนร้อนจัด ยกพิมพ์ออก ซับน้ำมันที่ก้นพิมพ์ด้วยกระดาษซับมัน คนน้ำแป้งอย่าให้นอนก้น จากนั้นจุ่มพิมพ์ลงในน้ำแป้ง ให้น้ำแป้งเกาะพิมพ์เฉพาะด้านนอก นำไปทอดในน้ำมันจนสุกและอยู่ตัว แป้งจะหลุดออกจากพิมพ์เองหรือใช้ส้อมเขี่ยแป้งให้หลุดจากพิมพ์ ทอดต่อจนเหลือง ตักขึ้นพักให้สะเด็ดน้ำมัน รสชาติของกระทงทองจะออกหวาน และเค็มเล็กน้อย

ในการทอดกระทงทอง ควรทำพิมพ์กระทงทองให้ร้อน เพื่อให้น้ำแป้งติดกับตัวพิมพ์ และควรคนน้ำแป้งให้เป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อไม่ให้น้ำแป้งเป็นตะกอนนอนก้น เวลาจุ่มพิมพ์ลงในน้ำแป้ง ควรจุ่มในระดับที่เกือบถึงขอบพิมพ์ อย่าให้แป้งไหลเข้าไปด้านในพิมพ์ เพราะจะทำให้ตอนทอดแป้งด้านในพิมพ์จะแตกกระจาย หรือแป้งที่อยู่ด้านในพิมพ์แข็งตัว ทำให้เอาออกจากพิมพ์ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรทอดพอสุกสีเหลืองอ่อนๆ หากทอดจนสีเหลืองทองตั้งแต่อยู่ในน้ำมัน อาจทำให้กระทงทองไหม้ได้ เนื่องจากเมื่อนำขึ้นจากน้ำมัน ตัวกระทงจะมีสีเข้มขึ้น

2.1.1 ส่วนประกอบของแป้งกระทงทอง

1) แป้งข้าวเจ้า (rice flour)

ได้จากการนำข้าวสารหรือปลายข้าวแช่น้ำและนำมาโม่ให้ละเอียด ทิ้งให้แป้งนอนก้น นำใส่ถุงผ้าทับให้สะเด็ดน้ำ ตากบนตะแกรงจนแห้ง บดเม็ดแป้งที่ร่อนผ่านตะแกรงละเอียดหรืออาจทำโดยนำปลายข้าวมาบดให้ละเอียด (อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล, 2547) นิยมใช้ข้าวประเภทที่มีปริมาณอะมิโลสสูง เพราะเมื่อนำไปประกอบอาหาร เช่น ทอด จะให้ความกรอบแข็ง (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550) ลักษณะมีสีขาว มีกลิ่นตามธรรมชาติของแป้งข้าว จับแล้วสากมือเล็กน้อย เมื่อทำให้สุกมีลักษณะขุ่น เมื่อทิ้งให้เย็นจะอยู่ตัวเป็นก้อนร่วน ไม่เหนียวหนืด นำมาทำอาหารชนิดต่างๆ ทั้งอาหารหลัก อาหารว่าง และอาหารคาว

องค์ประกอบหลักของเมล็ดข้าว ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 79.2 โปรตีนร้อยละ 7.0 ไขมันร้อยละ 0.4 ความชื้นร้อยละ 12.0 เถ้าร้อยละ 0.5 ส่วนที่เหลือร้อยละ 0.9 ของน้ำหนักเมล็ดข้าว (Knight, 1969)

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้า

คุณสมบัติ	แป้งข้าวเจ้า
ขนาดเม็ดแป้ง (ไมครอน)	6.8
ปริมาณอะมิโลส (เปอร์เซ็นต์)	18-27
ขนาดอะมิโลส (ระดับของพอลิเมอร์ไรเซชั่น)	900-1,100
อุณหภูมิเริ่มต้นเกิดเจลาทิไนซ์ (องศาเซลเซียส)	60
อุณหภูมิสูงสุดที่เกิดเจลาทิไนซ์ (องศาเซลเซียส)	77

ที่มา : ดัดแปลงจาก Ellis และคณะ, 1998 ;Hizukuri, 1996 ;Eliasson และ Gudmundsson, 1996)

ภายในเม็ดแป้งนั้น ประกอบด้วยอะมิโลส (amylose) และอะมิโลเพกทิน (amylopectin) สองส่วนนี้เกิดจากการรวมตัวกันของกลูโคสหลายโมเลกุลที่มีคุณสมบัติต่างกัน (Kerr, 1950) ในแป้งข้าวเจ้าจะมีปริมาณอะมิโลเพกทินมากกว่าอะมิโลส โดยมีปริมาณอะมิโลเพกตินร้อยละ 83 อะมิโลสร้อยละ 17 ของน้ำหนักแป้ง (Hizukuri, 1986) (แสดงดังตารางที่ 2)

ความกรอบของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและองค์ประกอบของแป้ง ได้แก่ อัตราส่วนของอะมิโลสต่ออะมิโลเพคติน เนื่องจากอะมิโลส สามารถเกิดฟิล์มที่มีโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แข็งแรงกว่าอะมิโลเพกทิน แป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูง จะมีผลต่อการพองตัวของแป้งต่ำ ทั้งนี้ลักษณะโครงสร้างของอะมิโลสที่เป็นเส้นตรง จะทำให้เกิดโครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งให้แข็งแรงขึ้น อะมิโลสอาจจับตัวกับไขมัน ทำให้ขัดขวางการพองตัวของเม็ดแป้ง ผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดจึงมีความกรอบสูง แต่ถ้าแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงเกินไป ผลิตภัณฑ์จะมีเนื้อสัมผัสแข็งกระด้างจนผู้บริโภคไม่ยอมรับ

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงปริมาณอะมิโลสและอะมิโลเพคตินในแป้งแต่ละชนิด

ชนิดของแป้ง	ปริมาณอะมิโลสและอะมิโลเพคตินของสตาร์ช	
	อะมิโลส(เปอร์เซ็นต์)	อะมิโลเพกทิน(เปอร์เซ็นต์)
แป้งข้าวเจ้า	17	83
แป้งสาลี	28	72
แป้งมันสำปะหลัง	17	83
แป้งข้าวโพด	28	72
แป้งมันฝรั่ง	21	79

ที่มา : ดัดแปลงจาก Swinkels., 1985

หากผสมแป้งข้าวเจ้ากับแป้งสาลีในอัตราส่วน 1:3 น้ำแป้งที่ได้จะมีความข้นหนืด ช่วยให้เกาะติดกับอาหาร เกิดการพองฟู และมีสีเหลืองอมน้ำตาล (อรนงค์ นัยวิกุล และคณะ, 2526) นอกจากนี้แป้งข้าวเจ้ายังช่วยเพิ่มความสามารถในการจับน้ำให้แก่แป้งชุบทอดอีกด้วย (Kulp and Loewe, 1990)

กมลทิพย์ มั่นภักดี (2542) ใช้แป้งข้าวเจ้าผสมกับสตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปรในอัตราส่วน 80:20 และแป้งข้าวเจ้าผสมกับสตาร์ชข้าวเหนียวดัดแปรในอัตราส่วน 90:100 ชุบอาหารทอดแช่เยือกแข็ง พบว่าแป้งผสมทั้งสองชนิดสามารถกระจายตัวในน้ำได้ดี และข้นหนืดทันที ให้ผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลทอง การยึดติดระหว่างชั้นแป้งกับผิวอาหารดี ดูดซับน้ำมันปานกลาง และมีความกรอบสูง

2) แป้งสาลี (wheat flour)

ได้จากส่วนเอ็นโดสเปิร์มของเมล็ดที่บดอย่างละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงจนได้ขนาดที่ต้องการ มีหลายชนิด ได้แก่ แป้งสำหรับทำขนมปัง (bread flour) แป้งสำหรับทำขนมเค้ก (cake flour) และแป้งอเนกประสงค์ (all purpose flour)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในการทำกระทงทองจะใช้แป้งสาลีอเนกประสงค์ ทำจากข้าวสาลีอย่างหนักและอย่างเบาผสมอย่างละเท่าๆกัน มีลักษณะของแป้งขนมปังและแป้งเค้กผสมอยู่ มีโปรตีนสูงปานกลาง ร้อยละ 10-11 ของน้ำหนักแป้ง ทำอาหารได้ทุกชนิด ใช้ทำขนมเค้กหรือขนมปัง และอาหารว่างต่างๆได้ (อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล, 2547)

หน้าที่ของแป้งสาลี ช่วยให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปอยู่ได้เมื่อผ่านการแปรรูป ใช้ในการทำให้อาหารข้น แต่จะให้ความเหนียวน้อยกว่าแป้งข้าวโพด (ศิริลักษณ์ นธวาลัย, 2534)

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของแป้งสาลี

คุณสมบัติ	แป้งสาลี
ขนาดเม็ดแป้ง (ไมครอน)	1-40
ปริมาณอะมิโลส (%)	24-27
ขนาดอะมิโลส	800-1600
อุณหภูมิเริ่มต้นเกิดเจลาทิไนซ์ (องศาเซลเซียส)	48-50
อุณหภูมิสูงสุดที่เกิดเจลาทิไนซ์ (องศาเซลเซียส)	59-62

ที่มา : ดัดแปลงจาก Eliasson และ Gudmundsson, 1996; Hizukuri, 1996; Watson, 1984; Gudmundsson, 1996)

วิชัย และคณะ (2544) ทดลองใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีในการผลิตผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋ ได้ข้อกำหนดคุณสมบัติของแป้งสาลีที่ใช้ในการผลิตปาท่องโก๋คือ ต้องมีปริมาณโปรตีน 12.5±0.5 เปอร์เซ็นต์, ความชื้น <12 เปอร์เซ็นต์ และกลูเทนเปียก 32±1 เปอร์เซ็นต์ โดยนำมาทดแทนในสูตรที่เหมาะสมในการผลิตปาท่องโก๋ คือ แป้งสาลี 70 กรัม แป้งข้าวหอมมะลิ 30 กรัม น้ำตาล 4.5 กรัม เกลือ 2.0 กรัม แอมโมเนีย 1.8 กรัม และน้ำ 74 มิลลิกรัม โดยผ่านกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม คือ ผสม 10-15 นาที ทอดโดยไม่ตีตัวปาท่องโก๋ขณะขึ้นฟูที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และใช้น้ำมันปาล์มในการทอด

อรอนงค์ และคณะ (2526) ทดลองใช้แป้งข้าวเจ้าผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 พบว่าแป้งไม่ติดกับอาหาร และเมื่อใช้แป้งต่อน้ำในอัตราส่วน 1:1.25 พบว่า อาหารชุบแป้งทอดที่ได้ มีสีขาว ไม่พองฟู แป้งกรอบแข็ง และเมื่อใช้แป้งสาลีอเนกประสงค์ 3 ส่วนกับแป้งข้าวเจ้า 1 ส่วน แล้วผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:1.5 พบว่า ชุบติดกับอาหารดี เมื่อนำไปทอด จะได้สีเหลืองพองฟู กรอบร่วน และเมื่อผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:1.25 พบว่า ชุบติดกับอาหารดี นำไปทอด แป้งติดเป็นแพ สีเหลืองอมน้ำตาล พองฟูมาก กรอบร่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) แป้งมันสำปะหลัง (cassava starch)

ทำจากหัวมันสำปะหลัง มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาว จับแล้วเนียนลื่นมือ โดยจะมีสตาร์ชอยู่มากกว่าร้อยละ 95 ปริมาณโปรตีนและไขมันน้อย เป็นแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสค่อนข้างต่ำคือร้อยละ 18-23 (Defloor และคณะ, 1998) แป้งมันสำปะหลังจัดเป็นแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ จึงมีการพองตัวที่ดี เมื่อทำให้สุกจะเหลวเหนียว และใส ใช้ทำข้าวเกรียบ ขนมผิง เป็นต้น เป็นส่วนผสมในขนมหวาน เพราะมีความเหนียวและใส ในขนมไทยนิยมใช้แป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งข้าวเจ้า เพราะหากใช้แป้งข้าวเจ้าเพียงอย่างเดียว ขนมที่ได้จะมีลักษณะแข็งกระด้าง เมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังลงไปจะช่วยให้ได้ขนมที่เหนียวนุ่ม (อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล, 2547)

อังคณา ผ่องภักดี (2546) ได้ศึกษาอัตราส่วนของแป้งที่เหมาะสมในการผลิตน้ำแป้งชุบทอดในการผลิตนักเกตจากปลาโอลาย จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนของแป้งสาลี : แป้งข้าวเจ้า : แป้งมันสำปะหลังดัดแปร ที่เหมาะสมในการผลิตน้ำแป้งชุบทอดคือ 55 : 30 : 15 โดยมีผลทางกายภาพด้านการเคลือบเกาะติดของน้ำแป้งและค่าความกรอบของแป้งน้อยกว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านการเกาะติดของแป้งกับเนื้อปลาบด และความกรอบของแป้งสูงกว่านักเกตที่ผลิตจากน้ำแป้งชุบทอดอัตราส่วนอื่นๆ($P \leq 0.05$)

4) ไข่แดง (yolk egg)

โครงสร้างของไข่ประกอบด้วย ไข่แดง ไข่ขาว และเปลือกไข่ ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญได้แก่ น้ำ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีปริมาณและสัดส่วนแตกต่างกันในไข่แดงและไข่ขาว ในการทำกระทงทองนิยมใช้ไข่แดง ในไข่แดงจะมีโปรตีนและไขมันอยู่มากกว่าไข่ขาว มีโปรตีนประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ ไขมันอยู่ระหว่าง 32-36 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนที่สำคัญ คือ ฟอสไวติน (phosvitin) และไวเทลลิน (vitellin) ไขมันจะประกอบด้วย ไตรกลีซอไรด์ ไลโปโปรตีน และฟอสไฟไลปิด ซึ่งได้แก่ เลคซิติน (lecithin) มีสมบัติในการทำให้เกิดอิมัลชั่น (emulsion) (อบเชย วงศ์ทอง, 2547)

ไข่แดงจะช่วยสร้างโครสร้างให้แก่ผลิตภัณฑ์ (วนิดา มะยมทอง, 2546) และให้กระทงทองมีสี สีของไข่แดงขึ้นอยู่กับอาหารที่ไก่ได้รับ หากไก่ได้รับสารสีเหลือง (carotenoid) สูง สารนี้จะตกตะกอนอยู่ในไข่แดง ทำให้ไข่แดงมีสีเหลืองเข้ม เมื่อนำมาประกอบอาหารหรือเป็นส่วนผสมในอาหาร จะช่วยให้อาหารมีรสชาติ แต่งสีให้น่ารับประทาน ช่วยในการขึ้นฟู และทำให้อาหารเป็นเนื้อเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) น้ำ (water)

เป็นส่วนผสมที่ใช้ในปริมาณใกล้เคียงกับแป้ง ช่วยในการละลายและกระจายตัวขององค์ประกอบในส่วนผสมน้ำแป้งได้ดี ช่วยปรับความข้นหนืดและใช้ในการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดสตาร์ช ในสูตรของแป้งชุบทอดจะมีอัตราส่วนของของแข็ง1.5 ถึง 2.0 ส่วนต่อน้ำ 1 ส่วน หากปริมาณของแข็งมาก จะช่วยให้ส่วนผสมเคลือบได้หนาขึ้น แต่จะลอกได้ง่ายกว่าที่เคลือบแบบบาง (Hanson and Fletcher, 1963)

ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมถ้าใช้น้ำในอัตราส่วนต่ำ จะทำให้แป้งมีความหนืดสูงขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการเกาะติดผิวอาหารสูง แต่อาจเกิดการเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้งไม่สมบูรณ์ ส่วนการเติมน้ำปริมาณมากทำให้ความข้นหนืดลดลง การเกาะติดชิ้นอาหารจะลดลงด้วย (Sudeman and Cunningham, 1983)

6) น้ำปูนใส หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)

เป็นเบสที่สามารถละลายน้ำได้ง่าย แตกตัวให้อนุมูลไฮดรอกซิลในสารละลาย ได้จากการนำปูนขาวซึ่งมีชื่อเคมีว่า แคลเซียมออกไซด์ (CaO) มาละลายน้ำ เมื่อผสมกับน้ำจะคลายความร้อนออกมาเกิดน้ำปูนใส ดังสมการ

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

โดยทั่วไปทางพื้นบ้าน จะเตรียมน้ำปูนใสจากการนำปูนแดงมาละลายกับน้ำสะอาด ซึ่งปูนแดงได้มาจากหินปูนที่มาเผาจนสุก ผสมกับขมิ้นผงและเกลือ คนให้เข้ากันกับน้ำ ขมิ้นผงกับเกลือจะลดความเข้มข้นของปูนและลดความแรงของปูนลง เมื่อหินปูนถูกน้ำจะแตกตัวและคายความร้อนออกมา ทำให้น้ำเดือด จากนั้นขมิ้นกับปูนทำปฏิกิริยากันทางเคมี ทำให้ปูนสีขาวกลายเป็นสีแดง ทิ้งไว้ 3-4 วัน ก็จะได้ปูนแดง นำปูนแดงมาละลายน้ำคนจนปูนและน้ำละลายเข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน จนน้ำปูนตกตะกอน นำส่วนที่ใสมาใช้ โดยน้ำปูนใสช่วยให้ตัวแป้งที่ได้มีความกรอบและคงรูป ไม่แตกออกจากพิมพ์ (กระทงทอง, 2549) ขนมประเภทที่ใส่น้ำปูนใส เช่น ทองม้วน กรอบเค็ม ขนมดอกจอก เป็นต้น ควรใส่ให้ได้สัดส่วนที่เหมาะสม หากใส่น้ำปูนใสมาก จะทำให้แป้งกรอบกระด้าง

7) น้ำกะทิ

กะทิ เป็นส่วนประกอบในการทำอาหาร มีลักษณะเป็นน้ำสีขาวข้นคล้ายนม ได้จากการคั้นมะพร้าวขูด ถ้าต้องการหัวกะทิข้น อาจคั้นโดยไม่เติมน้ำ กะทิจะมีลักษณะข้นเมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง และรสชาติที่เข้มข้นของกะทิมาจากน้ำมันมะพร้าวและน้ำตาลมะพร้าวที่อยู่ในเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะพร้าว โดยมีรสชาติหวานและมัน หากนำไปใส่ตู้เย็น กะทิจะแข็งและแยกตัว เนื่องจากประกอบด้วยไขมันและน้ำ การทำน้ำกะทิ ได้มาจากการนำเนื้อมะพร้าวที่ขูดแล้ว มาใส่น้ำอุ่นเล็กน้อยให้พอชุ่ม เคล้าให้ทั่ว และคั้นส่วนผสมผ่านกระชอนหรือผ้าขาวบาง น้ำกะทิที่ได้ในครั้งแรกนี้เรียกว่าหัวกะทิ น้ำกะทิที่ได้จากการคั้นครั้งที่สองหรือสามเรียกว่าหางกะทิ หัวกะทิจะเข้มข้นกว่าหาง และเป็นส่วนผสมหลักในการทำอาหาร นอกจากนี้ยังมีกะทิสำเร็จรูป โดยทำจากกะทิสดระเหยน้ำออก ต้มฆ่าเชื้อ เติมสารกันบูด บรรจุใส่ภาชนะปิดสนิท จะมีน้ำมันประมาณร้อยละ 75 น้ำร้อยละ 11 ของน้ำหนัก มีลักษณะเป็นครีมใส เวลาใช้ต้องเติมน้ำ สามารถทำอาหารได้ทั้งคาวและหวาน มีกลิ่นหอม ช่วยให้อาหารมีรสชาติดีขึ้น

8) น้ำตาล (sugar)

เป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวาน และให้พลังงานแก่ร่างกาย ทางเคมีแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือน้ำตาลชั้นเดียว (monosaccharide) เช่นน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุคโตส น้ำตาลหลายชั้น (oligosaccharide) คือน้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครส (sucrose) มีสูตรเคมี $C_{12}H_{22}O_{11}$ จัดเป็นน้ำตาลสองชั้น เพราะประกอบด้วย กลูโคสกับฟรุคโตส พืชสังเคราะห์แสงได้น้ำตาลกลูโคส และถูกเก็บสะสมอยู่ในส่วนต่างๆของพืชในรูปของแป้ง เช่น อ้อย มะพร้าว ตาล เป็นต้น เมื่อนำส่วนต่างๆของพืชที่ผลิตน้ำตาลซูโครสมาสกัดสารละลายน้ำตาลออก และทำการต้ม เคี่ยว ปล่อยให้เย็น ก็จะได้น้ำตาลก้อนหรือน้ำตาลปึ๊บ ส่วนน้ำตาลทราย ได้จากการผ่านกระบวนการฟอกใสของน้ำอ้อยดิบ โดยใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มาช่วยในการตกตะกอน

คุณสมบัติของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ เป็นสารให้ความหวาน สามารถละลายน้ำได้ดี ช่วยให้เกิดสารสีน้ำตาลในอาหาร เช่นการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกลุ่มคาร์บอนนิล (-CO) ของน้ำตาล และกลุ่มอะมิโน ($-NH_2$) ของกรดอะมิโน ทำให้เกิดโพลีเมอร์ของสารสีน้ำตาลที่ไม่ละลายน้ำ เรียกว่า เมลานอยดิน(melanoidin) ทำให้เกิดสีขึ้นกับผลิตภัณฑ์ และคาราเมลไลเซชัน (caramelization) เป็นการใช้ความร้อนสลายโมเลกุลให้แยกออกและเกิดพอลิเมอไรเซชัน โดยมีสารตั้งต้นเป็นน้ำตาล เมื่อน้ำตาลถูกความร้อนประมาณ 200 องศาเซลเซียส จะเกิดสารคาราเมลาน (caramelan) ซึ่งมีรสขม ใช้ในการทำซีอิ้วหวาน แต่งสีน้ำอัดลม ปฏิกิริยาเหล่านี้จะทำให้กลิ่นรสของอาหารเปลี่ยนไป หากใส่น้ำตาลลงในแป้งมากเกินไป เมื่อนำไปทอดจะทำให้มีสีเข้ม ขณะที่ส่วนของอาหารยังไม่สุกดี

9) เกลือ (salt)

เป็นสารปรุงแต่งกลิ่น รสในอาหาร ให้รสเค็ม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Sodium Chloride (NaCl) เป็นผลึกรูปร่างไม่คงที่ เกลือที่ใช้ในอาหารทั่วไปเป็นเกลือป่นละเอียด หน้าที่ของเกลือช่วยทำให้อาหารมีรสชาติที่ดีขึ้น และสามารถมีสมบัติดูดความชื้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเสริฐ สายสิทธิ์ (2524) ได้ศึกษาการเติมเกลือในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเมล็ดข้าวโพดหวานอบกรอบ พบว่า การเติมเกลือร้อยละ 0.5-5.5 ของผลลิตภัณฑ์จะช่วยเพิ่มการพองตัว นอกจากนี้เกลือยังมีผลต่อโปรตีนโดยทำให้ไมโอซีนละลายออกมา จึงทำให้ส่วนผสมมีความเหนียวมากขึ้น

สายใจ ณรงค์วงศ์วัฒนา (2547) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระทงทองพร้อมบริโภค โดยศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตกระทงทองพร้อมบริโภค พบว่า สูตรแป้งกระทงทองที่เหมาะสมประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี แป้งมัน ไข่แดง น้ำปูนใส เกลือป่น และน้ำ ร้อยละ 15.2, 15.2, 15.2, 5.32, 31.91, 0.45 และ16.72 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ทอดที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการทอด 3.30 นาที แป้งกระทงทองมีค่าสี L* a*และ b* เท่ากับ 60.82, 8.76 และ 36.83 ตามลำดับ อายุการเก็บรักษาในเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีเพียงเล็กน้อย

2.2 การทอด (frying)

การทอดเป็นกรรมวิธีที่เปลี่ยนแปลงคุณภาพการบริโภคของอาหาร และช่วยถนอมอาหาร โดยการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ เอนไซม์ และลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity) ที่ผิวนอกของอาหาร เมื่อวางอาหารลงในน้ำมันที่ร้อน อุณหภูมิที่ผิวหน้าของอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและน้ำเกิดการระเหยกลายเป็นไอ เมื่อมีการสูญเสียน้ำ ผิวหน้าของอาหารจึงแห้ง อุณหภูมิที่ผิวอาหารจะเพิ่มขึ้นเท่ากับอุณหภูมิของน้ำมันที่ทอด ส่วนอุณหภูมิภายในของอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เปลือกนอกของอาหารทอดจะมีลักษณะเป็นรูพรุน ในระหว่างการทอด น้ำและไอน้ำจะเคลื่อนที่ออกจากโครงสร้างที่เป็นรูพรุนบริเวณผิวอาหาร และถูกแทนที่ด้วยน้ำมัน (Fellow, 1990)

ทางอุตสาหกรรมมีวิธีการทอดที่สำคัญ 2 วิธี ซึ่งจำแนกโดยวิธีการถ่ายเทความร้อน ซึ่งได้แก่ การทอดแบบน้ำมันตื้น (shallow frying) และการทอดแบบน้ำมันท่วม (deep-fat frying)

กระทงทองนิยมใช้การทอดแบบน้ำมันท่วม โดยวิธีนี้เป็นการถ่ายเทความร้อนให้แก่ชิ้นอาหารมีน้ำมันเป็นตัวกลางในการพาความร้อนและนำความร้อนจากภายในอาหาร ผิวของอาหารทั้งหมดจะได้ความร้อนใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดสีและลักษณะภายนอกที่สม่ำเสมอ โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดประมาณ 150-220 องศาเซลเซียส อาหารที่มีรูปร่างไม่แน่นอนจะอมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีรูปร่างสม่ำเสมอ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันที่ใช้ และระยะเวลาในการทอด (วิไล รังสาดทอง, 2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 น้ำมันและไขมันที่ใช้สำหรับการทอด (frying oil)

น้ำมันและไขมันเป็นสารประกอบชนิดเดียวกันแต่มีคุณสมบัติทางกายภาพต่างกัน กล่าวคือ ในอุณหภูมิห้อง (30 - 35 องศาเซลเซียส) ถ้าอยู่ในสภาพของเหลว เรียกว่า น้ำมัน ถ้าอยู่ในสภาพของแข็ง เรียกว่า ไขมัน และน้ำมันแต่ละชนิดจะมีจุดหลอมเหลวคงที่ จึงได้นำมาใช้เป็นประโยชน์ในการจำแนกน้ำมันออกจากกัน กลุ่มของกรดไขมันทั้ง 2 ชนิด สามารถแบ่งออกได้อีกหลายชนิด ตามจำนวนและโครงสร้างของโมเลกุลของธาตุองค์ประกอบทั้งสาม คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ดังนั้น คุณภาพและการใช้ประโยชน์ของน้ำมันพืชแต่ละชนิดจึงขึ้นอยู่กับสัดส่วนและชนิดของกรดไขมันที่ประกอบขึ้นมา กรดไขมันบางชนิดอาจใช้ทดแทนกันได้หรือนำไปผ่านกรรมวิธี เพื่อให้มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน

ตารางที่ 2.4 สมบัติของน้ำมันและไขมันสำหรับการทอดชนิดต่างๆ

	น้ำมันผ่านกรรมวิธี	น้ำมันสลัด	ไขมันแข็ง	ไขมันพืชผสมไขมันสัตว์	ไขมันจากพืช
ลักษณะปรากฏ	ของเหลวใส	ของเหลวใส	ของแข็ง	ของแข็ง	ของแข็ง
จุดหลอมเหลว	ของเหลว	ของเหลว	46-49	46-52	41-43
ความคงตัว	10-25	16-20	40	75	200
เปอร์เซ็นต์กรดไขมันไม่อิ่มตัว	34-61	54-60	15-20	2-4	4-8
เปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิ่มตัว	13-27	14-21	20-30	45-50	22-25
เหตุผลที่เลือกใช้	มีสารอาหาร ราคาถูก	มีสารอาหาร	มีความคงตัวสูง ราคาถูก และจุดหลอมเหลวสูง	มีความคงตัวสูง ให้กลิ่นที่ดี ราคาถูก	มีสารอาหาร ความคงตัวสูง ราคาถูก

ที่มา : ดัดแปลงจาก O'Brien (1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันหรือน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารที่นิยมใช้กันมาก คือ น้ำมันหมูและน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ขึ้นอยู่กับความนิยมของผู้บริโภค มีทั้งน้ำมันพืชชนิดเดียว เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันรำข้าว หรืออาจเป็นน้ำมันพืชผสม เช่น น้ำมันถั่วเหลืองผสมน้ำมันปาล์ม เป็นต้น

ในการทอดอาหาร ไขมันหรือน้ำมันจะเป็นตัวนำความร้อน ทำให้อาหารสุก ช่วยหล่อลื่นไม่ให้อาหารติดกับภาชนะขณะทอด ทำให้อาหารมีสีและเพิ่มรสชาติ สมบัติของไขมันหรือน้ำมันทอดอาหารที่ดี ต้องมีความคงตัว มีจุดหลอมเหลวต่ำ ทนทานต่อความร้อนได้ที่อุณหภูมิประมาณ 160-190 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ใช้ทอดต้องไม่สูงกว่าจุดเกิดควันของน้ำมัน เพราะจะเกิดการสลายตัวของน้ำมันอย่างรวดเร็ว และต้องมีสมบัติสัมพันธ์กับอาหารที่ใช้ทอด เพราะกลิ่นและรสชาติของไขมันหรือน้ำมันจะติดไปกับอาหารที่ทอดด้วย

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงจุดเกิดควัน (Smoke point)

ชนิดของน้ำมัน	จุดเกิดควัน (องศาเซลเซียส)	จุดเกิดควัน (องศาฟาเรนไฮต์)
น้ำมันเนย	208	406.4
น้ำมันถั่วเหลือง	257	495.0
น้ำมันปาล์ม	216	420.8
น้ำมันรำข้าว	250	482.0

ที่มา: เทวี โพธิผละ ไขมันและน้ำมันสำหรับบริโภคในเอกสารการสอนชุดวิชาอาหารและโภชนาการ, 2539

ในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร ควรประกอบด้วย กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนน้อย เพื่อให้มีจุดหลอมเหลวต่ำ ไขมันหรือน้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนจะมีความคงตัวเพิ่มขึ้น แต่ทำให้มีจุดหลอมเหลวสูง ไขมันหรือน้ำมันที่ไม่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนจะมีความคงตัวดี แต่สามารถเกิดการหืนได้ง่าย เนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ทำให้มีกลิ่นหืนติดไปกับอาหารที่ทอด (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

การควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันระหว่างการทอดเป็นสิ่งสำคัญ เพราะถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 150 องศาเซลเซียส จะทำให้การพองกรอบลดน้อยลง แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 220 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดปฏิกิริยาให้สารสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วเกินไปที่ผิวด้านนอก โดยที่เนื้อด้านในอาจยังไม่สุก ส่งผลให้ความกรอบของผลิตภัณฑ์ลดลง(Robbin., 1976) ดังนั้นควรเลือกน้ำมันที่มีจุดเกิดควันสูงเพื่อลดกลิ่นรสของน้ำมันที่จะติดไปกับอาหารและช่วยลดความเสี่ยงต่อการได้รับสารก่อมะเร็งในควันของน้ำมันจากการทอดได้

การให้ความร้อนกับน้ำมันขณะทอดอาหาร นอกจากจะทำให้เกิดควันแล้ว ความชื้นของอาหารและออกซิเจนยังเป็นสาเหตุทำให้น้ำมันเกิดการเสื่อมสภาพทำให้คุณภาพของน้ำมันลดลงจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจเกิดอันตรายต่อร่างกายได้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นคือ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ สี กลิ่น ฟอง และความหนืดของน้ำมันจะเพิ่มขึ้น รวมทั้งทำให้น้ำมันมีจุดเกิดควันต่ำลง การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี ได้แก่ มีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น เกิดสารประกอบต่างๆ เช่น สารโพลาร์ (polar compound) สารโพลิเมอร์ (polymer compound) กรดไขมันทรานส์ (trans fatty acid) และสารระเหยง่ายต่างๆ

มีการศึกษาเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำมันที่ใช้ในการทอด พบว่าในน้ำมันที่ถูกดูดซึมเข้าไปในอาหารจะมีค่าไอโอดีนลดลงมาก มีกรดไขมันอิสระและสารถูกรีดิวส์เพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำมันเดิม เมื่อทดลองในมันฝรั่งทอดก็ได้ผลเช่นเดียวกัน คือกรดไขมันอิสระในไขมันที่สกัดจากมันฝรั่งทอดจะมีมากกว่าในน้ำมันเดิมที่ใช้ทอด

ตารางที่ 2.6 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันปรุงอาหารชนิดเดี่ยวและชนิดผสม

ชนิดน้ำมัน	เปอร์เซ็นต์ กรด ไลโนเลอิก	เปอร์เซ็นต์ กรด ไลโนเลนิก	เปอร์เซ็นต์ กรด ไขมันอิ่มตัว	เปอร์เซ็นต์ กรด ไขมันไม่อิ่มตัว
น้ำมันชนิดเดี่ยว				
ปาล์มโอเลอิน(ผ่านกรรมวิธี)	9.47-12.88	0-0.82	41.06-51.20	48.78-58.93
ถั่วเหลือง(ผ่านกรรมวิธี)	47.20-55.36	5.76-10.56	13.86-17.14	82.86-86.18
รำข้าว (ผ่านกรรมวิธี)	32.98-37.20	0.25-2.44	19.63-25.66	74.34-80.34
น้ำมันผสม 2 ชนิด				
ถั่วเหลือง : รำข้าว 9:1	51.15	6.26	14.08	85.91
ถั่วลิสง : ปาล์มโอเลอิน 1:1	23.08-29.19	0-0.53	32.43-35.25	64.75-67.55

ที่มา: อรญา ไชยวรรัตน์ และคณะกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2528)

1) น้ำมันปาล์มและเมล็ดปาล์ม (palm and palm kernel oil)

ได้จากเนื้อของผลปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วยส่วนที่ให้น้ำมัน คือเนื้อนอกที่เป็นเส้นใย (mesocarp) ให้น้ำมันปาล์ม (palm oil) สีส้มแดง อีกส่วนหนึ่งได้แก่ เนื้อในเมล็ด (kernel) ซึ่งน้ำมันเมล็ดปาล์ม (palm kernel oil) จัดเป็นผลพลอยได้ น้ำมันปาล์มดิบมีกรดไขมันอิสระสูงโดยเกิดจากเอนไซม์ของผลปาล์ม ต้องมีการทำลายเอนไซม์ โดยตัดทลายแล้วรีบนำไปสกัดน้ำมัน ในปัจจุบันได้มีการบริโภคน้ำมันปาล์มทั้งในรูปของน้ำมันพืช มาร์การีน และไขมันพืชเพื่อการปรุงอาหาร ตลอดจนใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารอื่นๆ ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้ให้ความหมายน้ำมันปาล์ม ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค หมายถึง น้ำมันปาล์มที่ใช้เพื่อการบริโภค และอุตสาหกรรมทำผลิตภัณฑ์อาหาร

น้ำมันปาล์มสำหรับอุตสาหกรรม (crude oil) หมายถึง น้ำมันปาล์มที่ไม่ใช้บริโภค

น้ำมันปาล์มธรรมชาติ (virgin oil) หมายถึง น้ำมันปาล์มสำหรับการบริโภค ที่ได้จากการบีบ อัด หรือการใช้ความร้อน อาจทำให้สะอาดโดยการล้าง การตั้งไว้ให้ตกตะกอน การกรอง และการหมุนเหวี่ยง (centrifuge) เท่านั้น

น้ำมันปาล์มรีไฟน์ (refined oil) หรือน้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี หมายถึง น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภคที่ผ่านกรรมวิธีกำจัดกรดไขมันอิสระ ฟอกสี และกำจัดกลิ่น

น้ำมันปาล์มโอเลอีนผ่านกรรมวิธี หมายถึง หมายถึง น้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีกำจัดกรดไขมันอิสระ ฟอกสี กำจัดกลิ่น และแยกไตรกลีเซอไรด์ แบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ โอเลอีนมาตรฐาน (standards olein) มีจุดหลอมเหลวประมาณ 19 ถึง 24 องศาเซลเซียส และ ดับเบิลแฟรกชัน (double fraction) มีจุดหลอมเหลวประมาณ 13 ถึง 16 องศาเซลเซียส

องค์ประกอบหลักของน้ำมันปาล์ม ได้แก่ ไตรกลีเซอไรด์ รองลงมาคือไต-และโมโนกลีเซอไรด์ องค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ นอนกลีเซอไรด์ กรดไขมันอิสระ

ในน้ำมันปาล์มมีกรดไขมันอิ่มตัวคือ ปาล์มิติก ประมาณร้อยละ 40.1-47.5 และมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวคือ โอเลอิก ประมาณร้อยละ 36.0-44.0 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามมาตรฐาน Codex Alimentarius Standards (Boskou and Elmadfa, 1999)

น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่ใช้ในการทอดอาหารได้ดี เนื่องจากทนต่อการออกซิไดซ์ ไม่ทำให้รสชาติอาหารเปลี่ยน ซึ่งมีผลมาจาก ในน้ำมันปาล์มมีสารประกอบของโทโคฟีรอลหรือวิตามินอี ซึ่งเป็นสารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน และมีโดโคไตรอีนอล ในสัดส่วนที่เหมาะสม มีกรดไลโนเลนิกและกรดไลโนเลอิกปริมาณต่ำ จึงนิยมใช้เป็นน้ำมันสำหรับทอดอาหารทั่วไป

2) น้ำมันรำข้าว (rice bran oil)

ผลิตจากน้ำมันรำข้าวดิบ สกัดจากรำข้าว มีความคงตัวต่อการออกซิเดชัน เพราะมีวิตามินอี เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พวกกลุ่มโทโคฟีรอล ประมาณร้อยละ 19-40 และกลุ่มโทโคไตรอีนอล ประมาณร้อยละ 51-81 และโอรีไซนอล ซึ่งสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอีถึง 6 เท่า

น้ำมันรำข้าวประกอบด้วย กรดไขมันชนิดอิ่มตัวประมาณร้อยละ15-20 และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid :MUFA) ร้อยละ 45 และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid :PUFA) ร้อยละ 37 ในกลุ่มน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียวสูง มีสัดส่วนของกรดไขมันที่เหมาะสมและใกล้เคียงกับคำแนะนำขององค์การอนามัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โลก และมีจุดเกิดควันสูง จึงเหมาะในการประกอบอาหาร โดยวิธีทอดแบบน้ำมันท่วมได้เป็นอย่างดี เพราะจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการได้รับสารก่อมะเร็งในควันน้ำมันจากการทอด และเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดคอเลสเตอรอลที่ไม่ดี (LDL-C)(Machlin, 1990)

3) น้ำมันถั่วเหลือง (soybean oil)

สกัดได้จากเมล็ดของถั่วเหลืองซึ่งมีน้ำมันประมาณร้อยละ 20 ต่อน้ำหนักแห้งโดยวิธีการบีบ หรือใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย น้ำมันที่ได้จะนำมาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และอาจทำไฮโดรจิเนชันบางส่วน เมื่อต้องการใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบในการผลิตเนยเทียมและเนยขาว ทั้งยังนำไปใช้ผสมกับน้ำมันพืชชนิดอื่น ข้อเสียคือจะเกิดออกซิเดชันได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับอากาศและความร้อนสูง

ในน้ำมันถั่วเหลืองจะมีกรดไขมันอิสระปนอยู่ประมาณร้อยละ 0.5 การรีไฟน์และกำจัดกลิ่นจะนำไปใช้ประโยชน์เป็นน้ำมันสำหรับทอดอาหาร กรดไขมันที่สำคัญ คือ กรดลิโนเลอิกมีอยู่ประมาณร้อยละ 43-56 กรดลิโนเลนิกร้อยละ 5-11 และกรดไขมันชนิดอิ่มตัวประมาณร้อยละ 11-26 ของกรดไขมันทั้งหมด

ในอุตสาหกรรมอาหารจะใช้น้ำมันถั่วเหลืองมาใช้ผลิตมายองเนสและน้ำมันสลัดชนิดต่างๆ ไม่นิยมสำหรับทอดอาหาร เพราะความร้อนและอากาศจะทำให้เกิดกลิ่นขึ้น อาจเก็บอาหารไว้นาน แต่ในปัจจุบันคนนิยมนำน้ำมันถั่วเหลืองมาผัดและทอดกันมากขึ้น เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าน้ำมันชนิดอื่น คือมีปริมาณกรดลิโนเลอิกและกรดลิโนเลนิกสูง ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ แต่กรดไขมันทั้งสองตัวนี้จะเกิดออกซิไดซ์ได้ง่าย จึงควรประกอบอาหารที่ใช้เวลาไม่นาน

4) เนยขาว (ไขมันพืชผ่านกรรมวิธี :น้ำมันถั่วเหลืองผสมน้ำมันปาล์ม)

เป็นไขมันหรือน้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนเข้าไปที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เพื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวให้เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง สารที่ให้กลิ่นและรสชาติถูกกำจัดออก มีกรดไขมันอิสระน้อยกว่าร้อยละ 0.02 ของกรดไขมันทั้งหมด

ในกระบวนการผลิตสามารถทำให้เนยขาวมีเนื้อสัมผัสอ่อนหรือแข็งได้ ขึ้นอยู่กับ degree of hydrogenation ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นของแข็งแต่เนื้อนุ่ม มีความหนืดสูง เรียกว่า plastic shortening ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบ

กระทงทองจะใช้เนยขาวที่สำหรับใช้ทอด เป็นไขมันพืชผสมผ่านกรรมวิธีคุณภาพพิเศษผลิตจากไขมันถั่วเหลืองผสมน้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี ปราศจากกลิ่นและรสชาติ เหมาะสำหรับการทอดขนม เช่น โดนัท เกิดกลิ่นหอมตามธรรมชาติเมื่อได้รับความร้อน ไม่อมน้ำมัน ที่อุณหภูมิช่วงแคบจะต้องอยู่ในสภาพที่เป็น plastic คือมีความหนืดสูงและมีจุดหลอมเหลวต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่เกิดลักษณะเหนียวเยิ้มเมื่ออาหารถูกเคี้ยวในปาก มีค่าไอโอดีนต่ำ เพื่อให้ทนต่อการออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูง และต้องเติมสารต้านการเกิดฟอง และสารต้านออกซิเดชัน เพื่อจะช่วยป้องกันการเกิดฟองขณะทอดและชะลอการหืนเนื่องจากการออกซิเดชัน

จากการศึกษาของคมคาย ศรีสถาพร (2536) ได้เปรียบเทียบชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอดมันเทศ 4 ชนิด คือ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันรำข้าว น้ำมันปาล์ม และน้ำมันหมูเจียว พบว่า ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมันเทศทอดกรอบ น้ำมันทั้ง 4 ชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 แต่การทอดด้วยน้ำมันปาล์มได้รับคะแนนความยอมรับรวมสูงที่สุด

ศิริพันธ์ ประภาศิริสุลี (2551) ได้ศึกษาคุณลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของน้ำมันปาล์มโอเลอีนผสมน้ำมันรำข้าวในการทอดเฟรนช์ฟรายส์ ในสัดส่วน น้ำมันรำข้าว : น้ำมันปาล์มโอเลอีน 100:0 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 พบว่า ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันรำข้าว มีอัตราการเพิ่มขึ้นช้ากว่าน้ำมันปาล์มโอเลอีน ในขณะที่สัดส่วนอื่นๆมีอัตราการเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันผสมทุกสัดส่วนมีอัตราการเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน ด้านสีทุกสัดส่วนของน้ำมันผสมไม่มีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีแนวโน้มของค่าสี (L*,a*) เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน

Boskou and Elmadfa (1999) ได้ศึกษาการทอดมันฝรั่งด้วยน้ำมันปาล์มโอเลอีน น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันมะกอก โดยทอดที่อุณหภูมิ 180±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ใช้เวลา 40 ชั่วโมง พบว่า น้ำมันที่ใช้ทอดมีสีเข้มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น น้ำมันที่มีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยที่สุด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันเมล็ดทานตะวันตามลำดับ ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาในการทอดมากขึ้น โดยปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มโอเลอีนมีค่าสูงสุดคือประมาณร้อยละ 0.40 รองลงมาคือน้ำมันมะกอก ร้อยละ 0.37 น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันร้อยละ 0.31 และน้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 0.14

Ong, Choo and Ooi (1995) กล่าวว่าน้ำมันปาล์มโอเลอิน เหมาะที่นำมาใช้ทอดเมื่อเทียบกับน้ำมันข้าวโพด และน้ำมันถั่วเหลือง เนื่องจากมีปริมาณกรดลิโนเลนิก ซึ่งเป็นกรดที่ไวต่อการเกิดออกซิเดชัน ทั้งยังมีวิตามินอีเป็นสารกันหืนตามธรรมชาติ ทำให้อาหารที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์มมีอายุการเก็บนานกว่า

2.2.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทอด

ระยะเวลาทอดขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร อุณหภูมิของน้ำมัน วิธีที่ใช้ในกระบวนการทอด (แบบ shallow หรือ deep-fat frying) ความหนาของชิ้นอาหาร และความต้องการในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการบริโภค ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการทอดโดยสมบูรณ์ หากอาหารที่นำมาทอดนั้นมีความชื้นต่ำ จะทำให้อาหารนั้นใช้ระยะเวลาในการทอดน้อย ความต้องการด้านคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ของผลิตภัณฑ์เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิในการทอด การใช้อุณหภูมิในการทอดที่สูงจะช่วยลดเวลาและเพิ่มอัตราการผลิต แต่การใช้อุณหภูมิสูงจะเร่งให้น้ำมันกลายเป็นกรดไขมันอิสระ ซึ่งทำให้น้ำมันมีสี กลิ่นและความหนืดเปลี่ยนไป ทำให้ต้องเปลี่ยนน้ำมันที่ใช้ในการทอดบ่อย เป็นเหตุให้มีต้นทุนที่สูงขึ้น

ปัจจัยที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่นของอาหารได้แก่ ชนิดของน้ำมันที่ใช้ในการทอด อายุและประวัติด้านความร้อนของน้ำมัน อุณหภูมิและเวลาในการทอด ขนาดและลักษณะของผิวหน้าของอาหาร และการจัดการหลังการทอด ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการดูดซับน้ำมันของอาหารและการพองตัว การใช้อุณหภูมิสูง เวลาสั้นในการทอด จะทำให้การดูดซับน้ำมันต่ำ เพราะขณะที่น้ำมันร้อนความหนาแน่นของน้ำมันจะต่ำลง ทำให้น้ำมันส่วนน้อยถูกดูดซับในเวลาจำกัด อาหารที่มีขนาดใหญ่จะมีพื้นที่สัมผัสกับน้ำมันได้มากกว่าอาหารที่มีขนาดเล็ก จึงทำให้ดูดซับน้ำมันได้มาก และอาหารที่มีผิวหน้าขรุขระหรือมีรูพรุนจะดูดซับน้ำมันได้มากกว่าอาหารที่มีผิวเรียบ (ศศิเกษม ทองยงค์ และพรรณี เดชกำแหง, 2530)

เกษม หฤทัยธนาสันติ์ และคณะ (2547) ศึกษาการใช้ประโยชน์ข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์กรอบเค็ม โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์กรอบเค็ม ได้แก่ อุณหภูมิในการทอด เวลาในการทอด พบว่าอุณหภูมิและเวลาในการทอดมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากที่สุด และจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทอดผลิตภัณฑ์กรอบเค็ม โดยทำการศึกษาที่อุณหภูมิในการทอด 3 ระดับ คือ 170 180 และ 190 องศาเซลเซียส เวลาในการทอด 3 ระดับ คือ 1 1.50 และ 2 นาที พบว่าที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการทอด

วรัญญา โชติช่วง (2540) ได้ศึกษาการผลิตมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง โดยศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่แข็งที่มีคุณภาพดี เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมผลิตภัณฑ์คือ ลวกในน้ำที่มีอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 และ 3 นาทีตามลำดับ ทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และศึกษาผลของเวลาทอดสำหรับการทอดผลิตภัณฑ์ก่อนการแช่แข็งและเวลาทอดสำหรับผลิตภัณฑ์หลังการแช่แข็ง พบว่าภาวะที่เหมาะสมคือ ทอดผลิตภัณฑ์ก่อนแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 1 นาที และทอดหลังการแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 2 นาที

ดังนั้นคุณภาพของน้ำมันจึงมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการทอด เนื่องจากการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหาร ความชื้นของอาหารหลังการทอดเป็นตัวกำหนดอายุของผลิตภัณฑ์ อาหารที่ยังมีปริมาณน้ำเหลืออยู่ภายในชิ้นอาหารมาก จะมีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของน้ำและน้ำมันเกิดขึ้นภายในชิ้นอาหารระหว่างการเก็บรักษา (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

110299

2.3 การแช่เยือกแข็ง

การแช่เยือกแข็งเป็นการถนอมอาหาร โดยใช้ความเย็นที่อาศัยการลดอุณหภูมิให้ต่ำลงกว่าจุดเยือกแข็ง (freezing point) โดยการเปลี่ยนสภาวะของน้ำในอาหารที่เป็นของเหลวให้กลายเป็นผลึกน้ำแข็งขึ้นมา การเปลี่ยนรูปจากน้ำเป็นน้ำแข็งนั้นส่งผลต่อปริมาณความเข้มข้นของสารที่ละลายได้ในส่วนของน้ำที่ยังอยู่ในรูปของของเหลว เป็นการช่วยลดค่า Aw ของอาหาร นิยมใช้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า เพื่อยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ หรือเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย ช่วยให้อาหารสามารถเก็บรักษาได้นานและยังช่วยคงคุณค่าทางโภชนาการไว้ได้ดี หากเก็บในสภาวะที่เหมาะสม

วิธีการแช่เยือกแข็ง แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การแช่เยือกแข็งอย่างช้า (slow freezing) และการแช่เยือกแข็งอย่างเร็ว (quick freezing)

การแช่เยือกแข็งแบบช้า (slow freezing) เป็นการทำให้อาหารเย็นและแข็งอย่างช้าๆ โดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอยู่ในช่วง -15 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 3-72 ชั่วโมง วิธีนี้ได้แก่การแช่อาหารในช่องแช่แข็งของตู้เย็นที่ใช้ตามบ้าน ซึ่งมีอุณหภูมิระหว่าง -1 ถึง-15 องศาเซลเซียส ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นจะมีขนาดใหญ่ มีผลต่อคุณภาพของอาหาร เช่น การแช่เยือกแข็งโดยใช้ still freezer, sharp freezer

การแช่เยือกแข็งอย่างเร็ว (quick freezing) เป็นการทำให้อาหารเย็นและแข็งอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิในช่วง -18 ถึง -35 องศาเซลเซียส ใช้เวลาน้อยกว่า 3 ชั่วโมง จะได้ผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก ไม่ทำลายเซลล์ของอาหาร นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและการออกแบบเครื่องแช่แข็ง เช่น ระบบ air blast, double contact plate freezer และ brine immersion

ในการแช่เยือกแข็งอาหารนั้นจะต้องมีการเตรียมอาหารก่อนที่จะนำไปแช่เยือกแข็ง ไม่ว่าจะเป็นการเตรียมวัตถุดิบ การให้ความร้อน และการบรรจุ ก่อน หลังจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการการแช่เยือกแข็งและการเก็บเพื่อรอจำหน่าย ซึ่งผลิตภัณฑ์กระทงทองนั้นจะใช้การทอดเป็นการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์เพื่อให้สุกบางส่วน หรือสุกทั้งหมด ก่อนที่จะนำไปแช่เยือกแข็ง บางผลิตภัณฑ์สามารถแช่เยือกแข็งได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านการทำให้สุก ทำได้ 2 วิธี ได้แก่

1) ใช้อุณหภูมิแช่เยือกแข็งที่ -50 องศาฟาเรนไฮด์ (-45.6 องศาเซลเซียส) เป็นเวลานาน เช่นการใช้เครื่องแช่เยือกแข็งชนิดที่มีสายพานลำเลียงชิ้นอาหาร ถ้าผลิตภัณฑ์ผ่านการทำให้สุกมาก่อน อุณหภูมิใจกลางของชิ้นอาหารอาจจะลดลงได้ไม่ถึงจุดที่ต้องการ โดยอาจจะลดลงได้ไม่ต่ำกว่า 50 องศาฟาเรนไฮด์ (10 องศาเซลเซียส) ซึ่งจะมีผลในช่วงการเก็บรักษา อุณหภูมิที่ค่อยๆลดลงจะกระตุ้นให้เกิดการเคลื่อนที่ของความชื้นและไขมันระหว่างชั้นของแป้งผสมชุบทอดกับชิ้นอาหารและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้างของแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ใช้อุณหภูมิแช่เยือกแข็งที่ -73.3 ถึง -128.9 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาสั้นๆ โดยใช้ก๊าซเหลว วิธีนี้การแช่เยือกแข็งอาจเกิดไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ เมื่ออุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว บริเวณผิวของผลิตภัณฑ์จะเกิดการแตกหักหรือร้าวได้ ความชื้นจะเกิดการควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำในช่วงการแช่เยือกแข็งหรือระหว่างการบรรจุ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพการเคลือบของผลิตภัณฑ์

2.3.1 กระบวนการแช่แข็งมีผลต่อผลิตภัณฑ์หลังผ่านการทอด

ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวแป้งจะมีค่า Aw อยู่ที่ 0.1 และมีความชื้นต่ำ เนื่องจากในการทอดมีการระเหยน้ำออกไปมาก แต่ชิ้นอาหารที่แป้งหุ้มอยู่ซึ่งอยู่ภายในจะมีค่าAw และความชื้นสูง จึงเกิดปัญหาขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาทั้งในอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง มีผลทำให้ความกรอบลดลงและมีลักษณะนิ่มแฉะ ดังนั้นก่อนบริโภคจึงต้องมีกระบวนการทำให้ผลิตภัณฑ์กรอบขึ้นมาอีกครั้ง เช่นการทอดแบบน้ำมันท่วม หรืออบในเตาอบ กระบวนการเหล่านี้จะช่วยระเหยน้ำในตัวผลิตภัณฑ์ออกไปและทำให้ผลิตภัณฑ์กลับมากรอบได้อีกครั้ง

2.3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารที่เกิดขึ้นระหว่างการแช่เยือกแข็ง

1) การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ

เกิดขึ้น โดยการระเหิดของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ โดยอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการบรรจุหีบห่อไม่ดี หรืออุณหภูมิในห้องเย็นไม่สม่ำเสมอ การระเหิดของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ทำให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์แห้งและแข็ง (freeze burn) และเกิดการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อสัมผัสทำให้เนื้อมีลักษณะเหนียวคล้ายฟองน้ำ ทำให้ยากต่อการเคี้ยว สาเหตุเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของของแข็งที่ละลายไม่ได้ การแปรสภาพของโปรตีน และการถูกทำลายของเซลล์ (Love, 1988)

2) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในทางเคมีของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งคือ การเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง (cold store flavour) การเกิดกลิ่นหืนจะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา 2 อย่างคือ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสและออกซิเดชัน ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสเกิดจากเอนไซม์ไลเปสและความชื้นในอาหาร เกิดการแตกตัวของไขมันได้กรดไขมันอิสระ ซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นผิดปกติ ส่วนปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดจากกรดไขมันอิสระชนิดไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับอากาศ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเม็ดสี ทำให้สีของผลิตภัณฑ์ผิดปกติ ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยา

การแช่เยือกแข็งมีผลในการลดปริมาณจุลินทรีย์ในอาหาร แต่ไม่ใช่เป็นการทำให้อาหารปราศจากเชื้อ แต่การใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาจะช่วยชะลอ หรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของจุลินทรีย์ และเอนไซม์ให้ทำงานช้าลง แบคทีเรีย ยีสต์ ราบางชนิดสามารถเจริญได้อย่างช้าๆที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ดังนั้นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่าจึงไม่สามารถป้องกันการเน่าเสียของอาหารได้ ปริมาณของจุลินทรีย์ที่ถูกทำลายในระหว่างการแช่เยือกแข็งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ส่วนประกอบของอาหาร ชนิดจุลินทรีย์ อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา เป็นต้น (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2545)

นันทิญา วงษ์มงคล และคณะ (2547) ได้ศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตอาหารพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง (ทอดมันกุ้ง) การทดลองได้ศึกษาผลของการลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง และผลของการลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งร่วมกับการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่ออัตราการแช่เยือกแข็ง พบว่า ทอดมันกุ้งที่ผ่านการลดอุณหภูมิให้เป็น 5 และ 0 องศาเซลเซียส และไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ยังคงมีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่างก่อนการแช่เยือกแข็งทั้งคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางจุลินทรีย์ สามารถเก็บรักษาได้นานกว่า 9 เดือน

2.4 การให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ

ไมโครเวฟช่วยทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารสั่นสะเทือนและชนโมเลกุลอื่นๆ จนเกิดเป็นพลังงานจลน์และกลายเป็นพลังงานความร้อน ทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็ว โดยคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่สูงที่ 2,450 ล้านรอบ/วินาที พุ่งเข้าหาอาหารจากทุกทิศทางโดยรอบของผนังด้านในแล้วแผ่กระจายไปยังอาหาร ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขั้วไฟฟ้าอย่างรวดเร็วในอาหาร โมเลกุลของน้ำประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจน ซึ่งมีประจุลบและอะตอมของไฮโดรเจนมีประจุบวก ขั้วของน้ำจะเปลี่ยนทิศทางตามการเปลี่ยนแปลงทิศทางของสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดการเสียดสีกันของโมเลกุลภายในอาหาร ก่อให้เกิดความร้อนขึ้นและอาหารสุกอย่างรวดเร็ว โดยไม่เสียพลังงานความร้อน

ตัวชี้บอกการสูญเสียพลังงานไมโครเวฟไปเรียกกว่า loss factor หรือ loss tangent ค่า loss factor ของอาหาร ความยาวคลื่นและความถี่ เป็นตัวกำหนดความลึกของการแทรกผ่านโดยคลื่นไมโครเวฟได้ ยิ่งค่า loss factor สูง ก็หมายความว่าเกิดความร้อนมากขึ้นด้วย นั้นคือคลื่นจะแทรกเข้าไปในอาหารได้สั้นลงก่อนที่พลังงานทั้งหมดจะถูกใช้ไป คลื่นความถี่ 900 MHz จะแทรกเข้าไปในน้ำได้ลึก 76 มิลลิเมตร ในขณะที่ความถี่ 2,450 MHz แทรกได้ลึกเพียง 10 มิลิเมตร เท่านั้น อย่างไรก็ตามอำนาจการแทรกผ่านลึกไม่ได้เป็นสิ่งที่จำเป็นเสมอไป ดังนั้นจึงควรเลือกความยาวคลื่นไมโครเวฟที่เหมาะสมกับอาหารที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องไมโครเวฟประกอบด้วย เครื่องกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ ได้แก่ แมกเนตรอน (magnetron) แมกเนตรอนเป็นไดโอดรูปทรงกระบอก วงแหวนเรโซแนนซ์ จะทำให้เกิดแอโนด ส่วนแคโทดเป็นโลหะร้อนรูปทรงกระบอกซึ่งอยู่ในวงแหวนแอโนด และทำหน้าที่ผลิตอิเล็คตรอนอิสระ คลื่นที่เกิดขึ้นจะเคลื่อนที่ผ่านไปยังท่อนำคลื่นโดยแม่เหล็กไฟฟ้า ท่อนำคลื่นจะสะท้อนและถ่ายเทไปยังตู้ จานหมุนหรือพัดลมแบบหมุนจะกระจายพลังงานหรืออาหารจะหมุนอยู่บนจาน ทำให้ลดการเกิดพื้นที่ของอาหารที่ไม่ได้รับการแผ่คลื่น

คลื่นไมโครเวฟมีลักษณะเด่น 3 ประการ คือ

1) สะท้อนกลับ คลื่นไมโครเวฟเมื่อไปกระทบกับภาชนะที่เป็นโลหะ หรือมีส่วนผสมคลื่นไมโครเวฟจะสะท้อนกลับหมด ดังนั้นอาหารที่ใส่ภาชนะจะไม่สุก

2) การส่งผ่าน คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านภาชนะที่ทำด้วยแก้ว กระดาษ ไม้ และพลาสติกได้ จึงเป็นภาชนะที่ใช้ได้ดีในเตา

3) การดูดซึม อาหารทั่วไปประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำ ซึ่งจะดูดซึมคลื่นไมโครเวฟทำให้อาหารร้อนอย่างรวดเร็ว เมื่อถูกดูดซึมคลื่นไมโครเวฟจะสลายตัวทันที ไม่สะสมในอาหาร

ภาชนะที่สามารถนำมาใช้กับตู้อบไมโครเวฟได้ ควรจะเป็นภาชนะประเภทกระดาษ พลาสติกที่ทนความร้อน และไม่ควรใช้ภาชนะที่เป็นโลหะหรือมีส่วนผสมของโลหะ เพราะคลื่นไมโครเวฟไม่สามารถผ่านทะลุได้ จึงทำให้อาหารไม่สุกเลย บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จึงควรทำจากวัสดุที่ต้องดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้น้อยและสามารถส่งผ่านคลื่นโดยไม่สะท้อนคลื่นนั้น

ภาชนะประเภทกระดาษ สามรถใช้ได้กับอาหารที่ใช้ความร้อนไม่มาก เช่นการอุ่นอาหาร หรืออาหารที่ใช้เวลาทำสั้นมาก และอาหารที่ไม่มันมาก ไม่มีน้ำตาล หรือน้ำ แต่ควรหลีกเลี่ยงกระดาษไข เพราะความร้อนจากอาหารทำให้กระดาษไขละลาย กระดาษที่ใช้ไม่ควรเป็นกระดาษที่นำมาหลอมใหม่หรือมีสารอื่นเจือปน เช่นกระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษสีน้ำตาล

ภาชนะพลาสติกประเภทถุงพลาสติกที่ทนความร้อนสามารถใช้กับเตาไมโครเวฟได้ดี ไม่ควรใช้ถุงพลาสติกธรรมดาเพราะจะไม่สามารถทนความร้อนของอาหารได้ ไม่ควรใช้พาชนะพลาสติกสำหรับอาหารที่มันมากหรือประกอบด้วยน้ำตาลปริมาณมาก เพราะอาหารจะร้อนจัดมากเกินไป อาจทำให้ถุงพลาสติกละลายหรือเสียรูปได้

บรรจุภัณฑ์พลาสติกสำหรับตู้ไมโครเวฟ ได้แก่

1) โพลิโพรพีลีน (polypropylene, PP) นิยมใช้กันมากในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง แบ่งออกเป็น2 ชนิดได้แก่ low density polyethylene (LDPE) และ high density polyethylene (HDPE) แบบ LDPE สามารถป้องกันความชื้นได้ดี แต่ป้องกันอากาศได้ต่ำ HDPE มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแข็งแรงและเหนียว แต่มีความหนืดหยุ่นน้อยและเปราะง่าย อากาศและความชื้นซึมผ่านได้น้อย มีราคาแพงกว่าแบบ LDPE ผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งนิยมใช้ linear low density polyethylene (LLDPE) ร่วมกับ LDPE หรือ PE เพราะมีความทนทานต่ออุณหภูมิต่ำ ป้องกันไอน้ำและความชื้นได้ดี สามารถปิดผนึกด้วยความร้อน และต้านทานการฉีกขาดได้ดี (มยุรี ภาคลำเจียก. 2532) เหมาะสมสำหรับใช้อุ่นอาหารเหลวหรืออาหารที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ต้องไม่สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ถาด PP นี้ไม่เหมาะที่จะใช้กับตู้อบธรรมดาเนื่องจากข้อจำกัดของคุณสมบัติที่ทนอุณหภูมิสูง 100 – 120 องศาเซลเซียส

2) โพลิเอททีลีน เทเรฟทาเลต (polyethylene terephthalate, PET) ใช้ในรูปของโครงสร้างโมเลกุลที่เป็นผลึก (crystalline structure) ซึ่งเรียกกันว่า CPET ซึ่งจะมีคุณสมบัติทนอุณหภูมิได้ทั้งอุณหภูมิแช่แข็งและอุณหภูมิตู้อบระหว่าง -18 ถึง 225 องศาเซลเซียส ในการผลิต CPET นี้จะพยายามควบคุมปริมาณโครงสร้างโมเลกุลที่เป็นผลึกให้มีอยู่ประมาณร้อยละ 30 – 35 เพื่อให้ได้ความคงทนต่อความร้อนสูงสุดโดยที่ไม่เปราะแตกง่าย ในปัจจุบันยังได้มีการพัฒนาการผลิต CPET ให้สามารถใช้งานที่อุณหภูมิแช่แข็งได้ดียิ่งขึ้น

3) พลาสติกวิศวกรรม (engineering plastic) พลาสติกวิศวกรรมมีจุดเด่นอยู่ที่ความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งานทั้งที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งและอุณหภูมิตู้อบ รูปลักษณ์สวยงาม มีอายุการใช้งานนาน และสามารถใช้ซ้ำได้ มีรูปแบบและลวดลายสวยงามเหมือนจานชามที่ทำจากเซรามิก วัสดุปัจจุบันได้แก่ polycarbonate (PC), polyetherimide (PEI), polysulphone (PSO), polymethyl pentane (PMP), themoset polyster และ polyphenylene oxide (PPO) ผสมกับ polystyrene foam อาหารที่ใส่ในภาชนะเหล่านี้จะมีอายุการใช้งานนาน แม้จะเก็บรักษาไว้ในสภาวะปกติ

พลาสติก	ต่ำสุด องศาเซลเซียส	สูงสุด องศาเซลเซียส
CPET	- 40	220
PET/PSP/PET (การคันผ่านเกลียววัดร่วม)	- 30	140

การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งและไมโครเวฟ มีความสำคัญต่อคุณภาพของอาหาร คือ ต้องป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ เนื่องจากน้ำและออกซิเจนอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีในบริเวณผิวหน้าของอาหารและทำให้เนื้อสัมผัสผิดไป ป้องกันการสูญเสียกลิ่นและรสชาติของอาหารได้ เพราะถ้าบรรจุภัณฑ์ที่เลือกใช้ไม่มีความเหมาะสม จะทำให้อายุการเก็บรักษาสั้น และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 แป้งข้าวเจ้า (ตรานิวเกรด)

3.1.1.2 แป้งสาลีเอนกประสงค์ (ตราว่าว)

3.1.1.3 แป้งมันสำปะหลัง (ตรานิวเกรด)

3.1.1.4 น้ำมันจากเนื้อปาล์มผ่านกรรมวิธี (ตราโอลีน)

3.1.1.5 น้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธี (ตรากุ๊ก)

3.1.1.6 น้ำมันรำข้าว (ตราคิง)

3.1.1.7 เนยขาว :น้ำมันปาล์มผสมน้ำมันถั่วเหลือง(ตราโอลิมปิก)

3.1.1.8 ไข่ไก่เบอร์หนึ่ง (บริษัท ซี พี)

3.1.1.9 น้ำตาลทราย (ตรามิตรผล)

3.1.1.10 เกลือ (ตราปรุงทิพย์)

3.1.1.11 น้ำปูนใส (อัตราส่วน ปูนแดง 50 กรัม : น้ำ 2500 มิลลิลิตร)

3.1.1.12 น้ำกะทิสำเร็จรูป (ตราชาวเกาะ)

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมกระทงทอง

3.2.2.1 หม้อทอดไฟฟ้า อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

3.2.2.2 เตาไมโครเวฟ ยี่ห้อ sharp รุ่น R-250 กำลังไฟ 1,220 วัตต์ ความถี่คลื่น 2,450 เมกกะเฮิรซ์

3.2.2.3 อุปกรณ์งานครัว

3.2.2.4 พิมพ์กระทงทอง

3.2.2.5 เทอร์โมมิเตอร์ อุณหภูมิ 0-300 องศาเซลเซียส

3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.3.3.1 เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง (Metter Toledo AJ100, Switzerland)

3.3.3.2 เครื่องวัดสี (Chroma meter, Minolta CR-400.,Japan)

3.3.3.3 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer,TA.XT2i.,UK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรักษา

3.4.4.1 กล่องพลาสติก PET (polyethylene terephalate)

3.4.4.2 ตู้แช่เยือกแข็งควบคุมอุณหภูมิ -20±2 องศาเซลเซียส (SANYO, Japan)

3.1.5 สารเคมี

3.1.5.1 ปิโตรเลียม อีเทอร์ 40-60

3.1.6 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 การคัดเลือกสูตรมาตรฐานตัวแป้งกระทงทอง

คัดเลือกสูตรพื้นฐานโดยนำสูตรแป้งกระทงทองที่ได้จากการตรวจเอกสาร 3 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 3.1 มาทำเป็นน้ำแป้ง จากนั้นนำมาทอดในน้ำมันปาล์ม แบบน้ำมันท่วม (Deep frying) ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ทอดทีละสูตร (เปลี่ยนน้ำมันในการทอดแต่ละสูตรทุกครั้ง) จนตัวแป้งสุก (ประมาณ 2-3 นาที) นำขึ้นและพักให้เย็น นำมาทดสอบการประเมินความชอบด้านประสาทสัมผัส โดยพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้วิธีการทดสอบความชอบแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 point Hedonic scale)โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาปริญญาตรี สาขาอาหารและโภชนาการ-พัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตโชติเวช จำนวน 30 คน

วิเคราะห์ผลการทดลองโดยจัดทำแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกอย่างสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อคัดเลือกสูตรแป้งกระทงทองที่มีผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับมากที่สุดเป็นสูตรพื้นฐาน เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมแป้งกระทงทองในการคัดเลือกสูตรพื้นฐานแป้งกระทงทอง

ส่วนผสม	ปริมาณ					
	สูตรที่ 1*		สูตรที่ 2**		สูตรที่ 3***	
	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ
แป้งสาลี(อเนกประสงค์)	100	18.26	100	14.6	150	13.95
แป้งข้าวเจ้า	75	13.7	100	14.6	150	13.95
แป้งมันสำปะหลัง	25	4.57	100	14.6	75	7
ไข่ไก่(ไข่แดง)	30	5.48	30	4.38	30	2.8
เกลือป่น	2.5	0.45	5	0.73	5	0.46
น้ำตาลปี๊บ	15	2.74	-	-	5	0.46
น้ำปูนใส	120	21.92	240	35.04	360	33.48
หัวกะทิ	180	32.88	-	-	300	27.9
น้ำเปล่า	-	-	110	16.05	-	-
รวม	547.5	100	685	100	1,075	100

ที่มา : สูตรที่ 1*, 3***หนังสือกระทงทอง สำนักพิมพ์แม่บ้าน (2549)

สูตรที่ 2** ขนิษฐาและคณะ (2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีการผลิตตัวแป้งกระทงทอง

วิธีการผลิตตัวแป้งกระทงทอง มีขั้นตอนสำคัญ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเตรียมน้ำแป้ง และ การทอดในน้ำมัน ซึ่งแสดงในแผนภูมิ ดังนี้

1 <u>ขั้นตอนการเตรียมน้ำแป้ง</u>

ผสมแป้ง3 ชนิด ตามสูตร เข้าด้วยกัน

↓

ไข่แดง น้ำปูนใส เกลือป่น น้ำตาลทราย
น้ำมันพืช น้ำเปล่า ผสมให้เข้ากัน

↓

เทใส่ในส่วนผสมแป้ง คนให้เข้ากัน

↓

กรอง

↓

น้ำแป้งสำหรับทอด

2 <u>ขั้นตอนการทอดแป้งกระทงทอง</u>

น้ำมันปาล์ม (190 องศาเซลเซียส)

↓

นำพิมพ์กระทงทองจุ่มในน้ำมัน ประมาณ 1 นาที
นำพิมพ์ออกจากน้ำมัน ซับน้ำมันที่ก้นพิมพ์

↓

จุ่มพิมพ์ลงในแป้งให้แป้งถึงขอบพิมพ์

↓

นำลงทอดในน้ำมัน (190 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ถึง 3 นาที)
จนแป้งแข็งตัว แล้วเขี่ยให้หลุดจากพิมพ์ และทอดจนเหลือง

↓

พักให้เย็น

↓

ตัวแป้งกระทงทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การศึกษาน้ำมันชนิดต่างๆที่เหมาะสมต่อการทอดกระทงทอง

นำสูตรที่ได้จากการคัดเลือกในข้อ 3.2.1 มาศึกษาชนิดของน้ำมันที่เหมาะสมต่อการทอดกระทงทอง โดยทำการทอดกระทงทองในน้ำมัน 4 ชนิดได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันรำข้าว และเนยขาวหรือไขมันพืชผ่านกรรมวิธี (น้ำมันถั่วเหลืองผสมน้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี) ที่อุณหภูมิ190 องศาเซลเซียส ทอดจนได้กระทงทองที่มีลักษณะแข็งตัวและมีสีเหลือง (ใช้เวลาประมาณ 2 นาที) นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส ดังนี้

1) วัดค่าสี L, a, b โดยใช้เครื่อง Minolta CR-400, Japan

2) การวัดเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture analyzer (TA-XT2i, England) โดยใช้หัววัดรูปทรงลูกบอล (P 0.25 S) วัดคุณภาพในด้านค่าการแตกของตัวแป้งกระทงทอง (ภาคผนวก ข.)

3) วัดปริมาณการดูดซับน้ำมัน โดยใช้เครื่องสกัดไขมันแบบ Soxhlet extraction รุ่น Gerhardt (ภาคผนวก ข.)

4) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยนำตัวแป้งกระทงทองมาทดสอบความชอบด้านประสาทสัมผัส พิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น ความกรอบ การดูดซับน้ำมัน และความชอบโดยรวม ใช้วิธีการทดสอบความชอบ ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ (9 -point Hedonic Scale) ใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาปริญญาโท คณะอุตสาหกรรมเกษตรจำนวน 30 คน

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองข้อที่ 1)-3) ตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ผลการทดลองข้อ 4) ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

3.2.3 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทอดกระทงทองก่อนการแช่แข็ง

เลือกชนิดน้ำมันที่ทำให้ตัวกระทงมีเปอร์เซ็นต์ค่าการดูดซับน้อยที่สุด และมีผลการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสดีที่สุด ซึ่งสรุปได้จากข้อ 3.2.2 มาศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทอดกระทงทองก่อนการแช่แข็ง โดยทำการทดลองที่ระยะเวลา 3 ระดับ ได้แก่ 1 นาที 2 นาที 3 นาที ทอดที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส พักให้เย็น (ประมาณ 3 นาที) นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนการวิเคราะห์ นำกระทงทองมาคืนรูปด้วยการทอดซ้ำ เป็นเวลา 1 นาที และทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและทางประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) วัดค่าสีหลังการทอด (เช่นเดียวกับข้อ 3.2.2(1))

2) วัดลักษณะเนื้อสัมผัส (เช่นเดียวกับข้อ 3.2.2(2))

3) วัดปริมาณการดูดซับน้ำมัน (เช่นเดียวกับข้อ 3.2.2(3))

4) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยนำตัวแป้งกระทงทองมาทดสอบความชอบด้านประสาทสัมผัส พิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้วิธีการทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ (9-point Hedonic Scale) โดยคัดเลือกผู้ทดสอบที่รู้จักและคุ้นเคยกับการบริโภคกระทงทอง ซึ่งผู้ทดสอบจะได้ทดลองชิมกระทงทองก่อนจนคุ้นเคย จึงดำเนินการทดสอบ โดยเป็นนักศึกษาปริญญาโท คณะอุตสาหกรรมเกษตรจำนวน 30 คน

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองข้อ 1)-3) โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ส่วนผลการทดลองในข้อ 4) ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

3.2.4 ศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการให้ความร้อนหลังการแช่แข็ง โดยการทอดในน้ำมันกับการใช้ไมโครเวฟ

นำกระทงทองที่ได้จากข้อ 3.2.2 มาทำการทอดตามข้อ 3.2.3 และแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ จึงนำมาให้ความร้อนโดยการทอดซ้ำที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที และ 2 นาที และการใช้ไมโครเวฟ ที่ระดับไฟแรงปานกลาง ที่กำลังไฟ 800 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที 1.5 นาที และ 2 นาที เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพ

1) วัดค่าสีหลังการทอด (เช่นเดียวกับข้อ 3.2.3 (1))

2) วัดลักษณะเนื้อสัมผัส (เช่นเดียวกับข้อ 3.2.3 (2))

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองข้อ 1)-2) ด้วยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานแป้งกระทงทอง

การคัดเลือกสูตรพื้นฐานโดยนำสูตรแป้งกระทงทองที่ได้จากการตรวจเอกสารมา 3 สูตร ทดลองทำการทอดที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส จนแป้งแข็งและสุก นำมาทดสอบความชอบทางด้านประสาทสัมผัสกับผู้บริโภค 30 คน โดยพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวม ได้ผลดังตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแป้งกระทงทองสูตรต่างๆ

สูตร	คะแนนความชอบ				
	ลักษณะปรากฏ	สี	ความกรอบ	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
1	5.08±0.86[c]	5.00±0.92[c]	6.21±0.41[b]	6.05±0.42[b]	5.83±0.49[c]
2	7.70±0.49[a]	7.70±0.49[a]	7.23±0.46[a]	7.20±0.48[a]	7.46±0.53[a]
3	6.38±0.55[b]	6.70±0.46[b]	7.08±0.49[a]	7.10±0.43[a]	6.98±0.34[b]

หมายเหตุ ตัวเลขค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลอง พบว่า แป้งกระทงทองสูตรที่ 2 มีค่าคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสในทุกด้านความแตกต่างจากสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยผลการทดลองในตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า ผู้ชิมให้คะแนนลักษณะปรากฏสูตรที่ 2 อยู่ในช่วงชอบปานกลาง อาจเนื่องจากสูตรที่ 2 มีอัตราส่วนผสมของ แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วนที่เท่ากัน คือ 1 : 1 : 1 โดยมีอัตราส่วนของแป้งต่อน้ำเท่ากับ 1 : 1.16 โดยน้ำหนักของของเหลว ลักษณะของน้ำแป้งที่ได้จึงมีความหนืดไม่มาก เมื่อนำไปทอดตัวแป้งมีฟองอากาศเล็กน้อย ตัวแป้งไม่บางหรือหนาเกินไป จึงไม่บางและหนาเกินไป ส่วนสูตรที่ 3 มีส่วนผสมของแป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 1 : 1 : 0.5 อัตราส่วนของแป้งต่อน้ำเท่ากับ 1 : 1.16 โดยน้ำหนักของของเหลว ลักษณะของน้ำแป้งที่ได้ ค่อนข้างเหลว เนื่องจากมีปริมาณน้ำในอัตราส่วนที่มาก ส่งผลให้ความสามารถในการเกาะติดกับตัวพิมพ์กระทงทองน้อย เมื่อนำไปทอดจึงได้ตัวแป้งที่บาง ผิวมีรอยแตก และสูตรที่ 1 มีส่วนผสมของแป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 1 : 1 : 0.5 โดยมีอัตราส่วนของแป้งต่อน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 1 : 1.76 โดยน้ำหนักของของเหลว ลักษณะของน้ำแป้งที่ได้มีความหนืดมาก เมื่อนำไปทอดตัวแป้งเกิดฟองอากาศ ผิวไม่เรียบเนียน ทำให้ผู้ชิมให้คะแนนความชอบสูตรที่ 2 มากกว่าสูตรอื่นๆ

ด้านสี พบว่า แป้งกระทงทองสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบของสีแตกต่างจากสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ที่แสดงผลในตารางที่ 4.1 ผู้ชิมให้คะแนนความชอบด้านสีอยู่ในช่วงชอบปานกลาง อาจเนื่องจาก ในสูตรที่ 2 ไม่มีน้ำตาลปี๊บเป็นส่วนผสม เมื่อนำลงทอด จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชั่นน้อยกว่าสูตรอื่นๆ สีที่ได้มีสีเหลือง ต่างจากสูตรที่ 3 และสูตรที่ 1 ผู้ชิมให้คะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ซึ่งสองสูตรนี้มีน้ำตาลปี๊บเป็นส่วนผสม สีของตัวกระทงทองมีสีเหลืองออกน้ำตาล เนื่องด้วยกรดอะมิโนในไข่แดงรวมตัวกับน้ำตาลปี๊บและน้ำตาลรีดิวซ์ที่อยู่ในแป้งเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เรียกว่าเมลลาร์ด รีเอคชั่น ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ ปริมาณของน้ำตาลจึงส่งผลต่อสีของกระทงทอง การใส่น้ำตาลลงในแป้ง เมื่อนำไปทอดจะทำให้มีสีเข้ม (Suderman, 1993) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชัน

ด้านความกรอบ พบว่าแป้งกระทงทองสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 มีความแตกต่างจากสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ผู้ชิมให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบปานกลาง อาจเนื่องจากแป้งสูตรที่ 2 มีความข้นหนืดมากกว่าและมีส่วนผสมของแป้งสาลี และแป้งมันสำปะหลังในปริมาณมากกว่าสูตร 1 และ 3 ซึ่งน้ำแป้งที่มีอัตราส่วนของแป้งสาลีและแป้งมันสูง จะมีคุณสมบัติทำให้เกิดแรงเชื่อมระหว่างโมเลกุล ดีกว่าแป้งข้าวเจ้า สามารถดูดน้ำและเกิดเป็นเจล จึงทำให้น้ำแป้งมีความหนืดมาก (Davis, 1983) ความหนืดของน้ำแป้ง มีผลต่อความสามารถในการเคลือบเกาะกับตัวพิมพ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบเมื่อนำไปทอดจึงได้คะแนนความกรอบมากกว่าสูตรที่ 1

ด้านรสชาติ พบว่าแป้งกระทงทองสูตรที่ 2 และ สูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบแตกต่างจากสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ผู้ชิมให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบปานกลาง

ด้านความชอบโดยรวม พบว่าแป้งกระทงทองสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบต่างจากสูตรที่ 1 และ3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าสูตรที่ 2 ผู้ชิมให้คะแนนความชอบปานกลาง มากกว่าสูตรที่ 1และ 3 ที่มีคะแนนความชอบอยู่ที่ระดับต่ำกว่า

จากการวิเคราะห์ผลทางประสาทสัมผัสในตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า สูตรแป้งกระทงทองสูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบในทุกปัจจัยมากที่สุด จึงเลือกสูตรนี้มาใช้พัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศึกษาผลของน้ำมันชนิดต่างๆที่เหมาะสมต่อการทอดตัวแป้งกระทงทอง

ผลการศึกษาชนิดของน้ำมันที่เหมาะสมต่อการทอดตัวแป้งกระทงทอง ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที โดยใช้น้ำมัน 4 ชนิด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันรำข้าว เนยขาวหรือไขมันพืชผ่านกรรมวิธี (น้ำมันถั่วเหลืองผสมน้ำมันปาล์ม) และน้ำมันปาล์ม พิจารณาคุณภาพทางด้านกายภาพได้แก่ ค่าสีหลังการทอด ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านการแตกเปราะหรือแตกหักของตัวกระทงทอง ปริมาณการดูดซับน้ำมัน แสดงผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางกายภาพ ด้านสี เนื้อสัมผัส และปริมาณการดูดซับน้ำมัน

ชนิดของน้ำมัน	คุณภาพทางกายภาพ				
	ค่าสี			ค่าแรงที่ทำให้แตก (g/force)	การดูดซับน้ำมัน (%)
	L	a	b		
ถั่วเหลือง	61.97±0.24[c]	8.32±0.11[c]	22.39±0.13[b]	350.89±11.80[ns]	63.73±0.23[ns]
รำข้าว	62.50±0.15[b]	8.39±0.16[c]	22.37±0.07[bc]	349.87±12.90[ns]	63.69±0.32[ns]
เนยขาว	68.44±0.81[a]	9.22±0.05[a]	22.26±0.08[c]	356.94±10.24[ns]	63.51±0.16[ns]
ปาล์ม	60.93±0.23[d]	8.49±0.06[b]	22.74±0.06[a]	346.67±10.31[ns]	63.60±0.12[ns]

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวเลขที่มีอักษร ns กำกับในแนวตั้งแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 คุณภาพทางกายภาพด้านสีของตัวแป้งกระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันทั้ง 4 ชนิด พบว่า กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว (ไขมันพืชผ่านกรรมวิธี) มีค่า L (ค่าความสว่างจาก 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว) และ ค่า a (ค่าa+ แสดงความเป็นสีแดง, a- แสดงความเป็นสีเขียว) มีความแตกต่างกับตัวแป้งกระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยที่ตัวแป้งกระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว มีค่าความสว่าง อยู่ที่ 68.44 ค่ารองลงมาคือ น้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์ม ซึ่งมีค่าความสว่างน้อยที่สุด โดยมีค่าอยู่ที่ 62.50, 61.97 และ 60.93 ตามลำดับ ส่วนค่าสีเหลือง ค่า b (b+ แสดงความเป็นสีเหลือง, b-แสดงความเป็นสีน้ำเงิน) กระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม มีความแตกต่างกับตัวแป้งกระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) มีค่าสีเหลือง อยู่ที่ 22.74 รองลงมาคือ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันรำข้าว และเนยขาว โดยมีค่าอยู่ที่ 22.39, 22.37 และ 22.26 ตามลำดับ

ค่าเนื้อสัมผัสด้านค่าแรงที่ทำให้แตก พบว่า กระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) ค่าแรงที่ทำให้แตก คือค่าแรงที่เกิดขึ้นจากการกดครั้งที่ 1 ณ จุดที่ตัวอย่างอาหารนั้นเกิดการแตกหักภายในโครงสร้างอาหาร ซึ่งเกิดจากความเปราะบางของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแป้งกระทงทอง เป็นแรงที่ทำให้ผลิตภัณฑ์แตกร่วน ถ้าตัวเลขมาก แสดงว่าต้องใช้ค่าในการทำให้แตกมาก ผลิตภัณฑ์จะมีความหนาหรือเหนียว จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพด้านค่าแรงที่ทำให้แตกของกระทงทองที่ทอดโดยใช้น้ำมันทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันรำข้าว เนยขาว และน้ำมันปาล์ม มีค่าแรงที่ทำให้แตกอยู่ที่ 350.89, 349.87, 356.94 และ 346.67 ตามลำดับ

ค่าปริมาณการดูดซับน้ำมันของตัวแป้งกระทงทอง เมื่อทอดในน้ำมันทั้ง 4ชนิด ได้แก่ เนยขาว น้ำมันปาล์ม น้ำมันรำข้าว และน้ำมันถั่วเหลือง นั้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) มีปริมาณไขมันอยู่ที่ 63.51, 63.60, 63.69 และ 63.73 ตามลำดับ แสดงว่าชนิดของน้ำมันไม่มีผลต่อปริมาณการดูดซับน้ำมันของตัวแป้งกระทงทอง แต่อย่างไรก็ตาม กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาวและน้ำมันปาล์มมีแนวโน้มการดูดซับน้ำมันน้อยกว่าน้ำมันรำข้าว และน้ำมันถั่วเหลือง ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมันและการพองตัวของอาหาร ได้แก่ ชนิดของน้ำมันที่ใช้ในการทอด อุณหภูมิและเวลาในการทอด ขนาดรูปร่างและลักษณะผิวหน้าของอาหาร และการจัดการหลังการทอด ซึ่งตัวแป้งกระทงทองมีความไม่สม่ำเสมอของผิวหน้าของอาหาร จึงมีผลต่อการดูดซับน้ำมันได้มากกว่าอาหารที่มีผิวเรียบ (ศศิเกษม ทองยงค์ และพรรณี เดชกำแหง, 2530) ทำให้ปริมาณการดูดซับน้ำมันมีค่าสูงตามไปด้วย หากไม่มีการควบคุมปัจจัยในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด ระยะเวลาในการทอด เป็นต้น จะส่งผลให้ชิ้นอาหารดูดซับน้ำมันซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ตารางที่ 4.3 คะแนนการยอมรับ ด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของกระทงทองที่ทอดในน้ำมัน 4 ชนิด

ชนิดของน้ำมัน	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	ความกรอบ	การดูดซับน้ำมัน	ความชอบรวม
ถั่วเหลือง	6.65 ± 0.58^{b}	6.50 ± 0.51^{b}	7.30 ± 0.65^{ab}	6.60 ± 0.68^{b}	6.80 ± 0.41^{b}
รำข้าว	6.90 ± 0.71^{ab}	6.70 ± 0.47^{ab}	7.25 ± 0.44^{ab}	6.90 ± 0.64^{ab}	7.05 ± 0.51^{b}
เนยขาว	7.25 ± 0.44^{a}	6.95 ± 0.68^{a}	7.10 ± 0.78^{b}	7.30 ± 0.80^{a}	7.35 ± 0.58^{a}
ปาล์ม	6.90 ± 0.71^{ab}	6.60 ± 0.50^{ab}	7.60 ± 0.59^{a}	7.05 ± 0.68^{ab}	7.35 ± 0.48^{a}

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.3 คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวแป้งกระทงทองที่ทอดในน้ำมันชนิดต่างๆ 4 ชนิด ด้านสี และ กลิ่น พบว่า กระทงทองที่ทอดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนยขาว มีคะแนนความชอบด้านสีและกลิ่นไม่แตกต่างจากกระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบอยู่ที่ชอบปานกลาง และกระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันถั่วเหลือง มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากกระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันรำข้าว และน้ำมันปาล์ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบอยู่ที่ชอบเล็กน้อย

ด้านความกรอบ พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเฉลี่ยของน้ำมันปาล์มมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากน้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันรำข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง และคะแนนความชอบเฉลี่ยของน้ำมันรำข้าว ไม่แตกต่างจากน้ำมันถั่วเหลือง และเนยขาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ด้านปริมาณการดูดซับน้ำมัน พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเฉลี่ยของเนยขาว ไม่แตกต่างจากน้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาทางกายภาพด้านปริมาณการดูดซับน้ำมัน โดยน้ำมันเนยขาวมีค่าการดูดซับน้ำมันน้อยที่สุด

ด้านความชอบโดยรวม พบว่า น้ำมันปาล์มไม่แตกต่างจากเนยขาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง และน้ำมันรำข้าวด้านความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากน้ำมันถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว มีความแตกต่างด้านสี กลิ่น การดูดซับน้ำมัน และความชอบโดยรวม เมื่อเทียบกับน้ำมันปาล์ม น้ำมันรำข้าว และน้ำมันถั่วเหลือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเฉลี่ยมากกว่าน้ำมันชนิดอื่น รองลงมาคือน้ำมันปาล์ม ส่วนน้ำมันรำข้าว และน้ำมันถั่วเหลือง มีค่าคะแนนด้านประสาทสัมผัสน้อยกว่าทั้ง 2 ชนิด ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ผลในตารางที่ 4.2 และ4.3 แสดงให้เห็นว่า การทอดกระทงทองในเนยขาวที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีคะแนนทางกายภาพในด้านสี เนื้อสัมผัส ค่าแรงที่ทำให้แตก ปริมาณการดูดซับน้ำมัน และคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ การอมน้ำมัน และความชอบโดยรวม มีคะแนนค่าการยอมรับมากที่สุด รองลงมาคือน้ำมันปาล์ม จึงเลือกเนยขาว และน้ำมันปาล์ม มาใช้พัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทอดกระทงทองก่อนการแช่แข็ง

จากผลการทดลองในข้อ 4.2 กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว มีค่าการยอมรับมากที่สุด และน้ำมันปาล์มได้การยอมรับรองลงมา จึงนำมาเป็นตัวอย่างในการศึกษาระยะเวลาในการทอดกระทงทองก่อนการแช่แข็ง โดยทำการศึกษาระยะเวลา 3 ระดับ ได้แก่ 1 นาที 2 นาที 3 นาที ทอดที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นเป็นเวลา 3 นาที และนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ นำมาคืนรูปด้วยวิธีการให้ความร้อนโดยการทอดซ้ำ จนตัวกระทงมีลักษณะที่ต้องการ นำตัวอย่างไปทดสอบทางด้านกายภาพได้แก่ สีหลังทอด ค่าแรงที่ทำให้แตกของแป้งหลังทอด ปริมาณการดูดซับน้ำมัน และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น ความกรอบของแป้ง การดูดซับน้ำมัน และความชอบโดยรวม ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าสีของกระทงทองทอดที่เวลาแตกต่างกันก่อนการแช่แข็ง

เวลา	L		a		b	
(นาที)	เนยขาว	ปาล์ม	เนยขาว	ปาล์ม	เนยขาว	ปาล์ม
1	$_{A}74.58\pm0.19^{a}$	$_{B}68.50\pm0.13^{a}$	$_{B}6.20\pm0.15^{c}$	$_{A}7.77\pm0.09^{c}$	$_{B}22.03\pm0.07^{c}$	$_{A}22.10\pm0.05^{c}$
2	$_{A}70.47\pm0.27^{b}$	$_{B}64.31\pm0.07^{b}$	$_{A}8.30\pm0.04^{b}$	$_{B}8.23\pm0.04^{b}$	$_{A}22.32\pm0.03^{b}$	$_{B}22.27\pm0.05^{b}$
3	$_{A}68.34\pm0.08^{c}$	$_{B}60.31\pm0.17^{c}$	$_{A}9.19\pm0.12^{a}$	$_{B}8.59\pm0.04^{a}$	$_{B}22.65\pm0.07^{a}$	$_{A}22.85\pm0.14^{a}$

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับในแนวนอนต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตัวเลขที่มีอักษรพิมพ์เล็กกำกับในแนวตั้งต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$)

ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทอดกระทงทองก่อนการแช่แข็ง ในด้านคุณภาพทางกายภาพด้านสี แสดงในตารางที่ 4.4 พบว่า ชนิดของน้ำมันและระยะเวลาในการทอดกระทง มีผลต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และ ค่าสีเหลือง (b) อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) จะเห็นได้ว่าการทอดกระทงทองในเนยขาว และน้ำมันปาล์มที่ 1 นาที มีค่าความสว่างมากที่สุด รองลงมาคือ ที่ระยะเวลา 2 และ 3 นาที ตามลำดับ

จากการศึกษาระยะเวลาในการทอดกระทงทองก่อนการแช่แข็งด้านสี พบว่า เนยขาว ระยะเวลาการทอดก่อนการแช่แข็งที่ 2 นาที จะให้ค่าสีความสว่างอยู่ที่ 70.47 ค่าสีแดง 8.30 ค่าสีเหลือง 22.32 และน้ำมันปาล์มควรใช้ระยะเวลาการทอดก่อนการแช่แข็งที่ 1 นาที จะให้ค่าความสว่างอยู่ที่ 68.50 ค่าสีแดงอยู่ที่ 7.77 ค่าสีเหลืองอยู่ที่ 22.10

จะเห็นได้ว่า การใช้น้ำมันต่างชนิดกัน และการใช้ระยะเวลาในการทอดที่เพิ่มขึ้น สีของตัวกระทงทองจะมีแนวโน้มของค่าความสว่าง (L) ลดลง ค่าสีแดง (a) และ ค่าสีเหลือง (b) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เนื่องจากการใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการทอดที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีที่คล้ำขึ้น สีของกระทงทองที่ดีควรมีสีเหลืองทอง

ตารางที่ 4.5 ค่าแรงที่ทำให้แตก และปริมาณการดูดซับน้ำมันของกระทงทองที่ทอดเวลาต่างกันก่อนการแช่แข็ง

เวลา	ค่าแรงที่ทำให้แตก (g)		ปริมาณการดูดซับน้ำมัน (%)	
(นาที)	เนยขาว	ปาล์ม	เนยขาว	ปาล์ม
1	$_{NS}376.45\pm8.30^{a}$	$_{NS}378.59\pm10.61^{a}$	$_{B}56.47\pm0.97^{c}$	$_{A}59.71\pm0.82^{c}$
2	$_{A}353.27\pm13.81^{b}$	$_{B}349.10\pm8.19^{b}$	$_{B}61.60\pm0.20^{b}$	$_{A}62.67\pm0.12^{b}$
3	$_{A}337.24\pm13.56^{c}$	$_{B}326.35\pm7.17^{c}$	$_{B}63.18\pm0.15^{a}$	$_{A}63.73\pm0.24^{a}$

หมายเหตุ NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตัวเลขที่มีอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับในแนวนอนต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตัวเลขที่มีอักษรพิมพ์เล็กกำกับในแนวตั้งต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่า ชนิดของน้ำมันและระยะเวลาในการทอดกระทงทองมีผลต่อค่าเนื้อสัมผัสด้านค่าแรงที่ทำให้แตก และปริมาณการดูดซับน้ำมันของตัวกระทงทองอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว และน้ำมันปาล์ม ที่ระยะเวลา 1 นาที จะมีค่าแรงที่ทำให้แตกมากที่สุด รองลงมา คือที่ระยะเวลา 2 และ 3 นาที ตามลำดับ โดยที่ระยะเวลา 1 นาที เนยขาวมีค่าแรงที่ทำให้แตก อยู่ที่ 376.45 กรัม น้ำมันปาล์ม 378.59 กรัม ที่ระยะเวลา 2 นาที เนยขาวมีค่าแรงที่ทำให้แตก อยู่ที่ 353.27 กรัม น้ำมันปาล์ม 349.10 กรัม และที่ระยะเวลา 3 นาที เนยขาวมีค่าแรงที่ทำให้แตก อยู่ที่ 337.24 กรัม น้ำมันปาล์ม 326.35 กรัม กล่าวคือ เมื่อใช้น้ำมันต่างชนิดกันและใช้ระยะเวลาในการทอดเพิ่มขึ้น ตัวแป้งกระทงทองจะมีค่าแรงที่ทำให้แตกลดลงส่งผลให้ตัวกระทงทองมีความกรอบเพิ่มขึ้น

ด้านปริมาณการดูดซับน้ำมัน จะเห็นได้ว่า ที่ระยะเวลา 1 นาที กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว มีปริมาณการดูดซับน้ำมันอยู่ที่ 56.47 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันปาล์ม อยู่ที่ 59.71 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา 2 นาที กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว มีปริมาณการดูดซับน้ำมันอยู่ที่ 61.60 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันปาล์ม อยู่ที่ 62.67 เปอร์เซ็นต์ และ ที่ระยะเวลา 3 นาที กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว มีปริมาณการดูดซับน้ำมันอยู่ที่ 63.18 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมันปาล์ม อยู่ที่ 63.73 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อใช้ระยะเวลาในการทอดที่นานขึ้น จะทำให้มีค่าปริมาณการดูดซับน้ำมันสูงขึ้น เนื่องจากการทอดแบบน้ำมันท่วมจะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากน้ำมันไปสู่อาหาร น้ำในชิ้นอาหารจะได้รับความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนจนระเหยกลายเป็นไอ ในระหว่างที่ความชื้นที่ผิวอาหารระเหยไป น้ำมันที่ใช้ทอดจะเคลื่อนที่เข้าสู่ผิวของตัวอาหาร การใช้เวลาในการทอดที่นานขึ้น จะทำให้ความชื้นที่ผิวอาหารระเหยออกไปได้มาก น้ำมันจึงเข้าสู่ชิ้นอาหารได้มาก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำมันที่เพิ่มขึ้น

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 4.6 พบว่า กระทงทองที่ทอดในเนยขาวที่ระยะเวลา 2 นาที ก่อนการแช่แข็ง มีคะแนนความชอบด้านสี แตกต่างจากระยะเวลาในการทอดกระทงทองที่ 1 และ 3 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสีอยู่ในช่วงชอบปานกลาง ส่วนการทอดในน้ำมันปาล์มที่ระยะเวลา 1 นาที และ 2 นาที มีคะแนนความชอบด้านสี แตกต่างจากระยะเวลาในการทอดกระทงทองที่ 3 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสีอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย

ด้านกลิ่น พบว่า กระทงทองที่ทอดในเนยขาวที่ระยะเวลา 1 และ 2 นาที มีคะแนนความชอบด้านกลิ่น แตกต่างจากการทอดกระทงทองที่ 3 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ส่วนกระทงทองที่ทอดในน้ำมันปาล์มที่ระยะเวลา 1 นาที มีคะแนนความชอบด้านกลิ่น แตกต่างจากระยะเวลาในการทอดกระทงทองที่ 2 และ 3 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย

ด้านความกรอบ พบว่า กระทงทองที่ทอดในเนยขาวที่ระยะเวลา 2 และ 3 นาที มีคะแนนความชอบด้านความกรอบ แตกต่างจากระยะเวลาในการทอดที่ 1 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยความชอบอยู่ในช่วงชอบปานกลาง และ กระทงทองที่ทอดในน้ำมันปาล์มที่ระยะเวลา 1 และ 2 นาที แตกต่างจากระยะเวลาในการทอดที่ 3 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย

ด้านการดูดซับน้ำมัน พบว่า กระทงทองที่ทอดในเนยขาวและน้ำมันปาล์มที่ระยะเวลา 2 และ 3 นาที มีคะแนนความชอบด้านการดูดซับน้ำมัน แตกต่างจากระยะเวลาในการทอดที่ 1 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านการดูดซับน้ำมันอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย

ด้านความชอบโดยรวม พบว่า กระทงทองที่ทอดในเนยขาวที่ระยะเวลา 2 นาที มีคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวม แตกต่างจากระยะเวลาในการทอดที่ 1 และ 3 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบปานกลาง และน้ำมันปาล์มที่ระยะเวลา 1 และ 2 นาที มีคะแนนความชอบโดยรวม แตกต่างจากระยะเวลาในการทอดที่ 3 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย

จากการวิเคราะห์ผลในตารางที่ 4.4 - 4.6 แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาในการทอดที่เหมาะสมเมื่อใช้เนยขาวคือ 2 นาที และน้ำมันปาล์มคือ 1 นาที โดยกระทงทองที่ใช้เนยขาวทอดก่อนการแช่แข็ง จะให้สีเหลืองที่อ่อนกว่าเมื่อใช้น้ำมันปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของกระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาวหรือน้ำมันปาล์มที่เวลาต่างกัน

เวลา	สี		กลิ่น		ความกรอบ		การดูดซับน้ำมัน		ความชอบโดยรวม	
(นาที)	เนยขาว	ปาล์ม	เนยขาว	ปาล์ม	เนยขาว	ปาล์ม	เนยขาว	ปาล์ม	เนยขาว	ปาล์ม
1	6.50 ± 0.51^{b}	6.80 ± 0.69^{a}	6.50 ± 0.53^{a}	6.10 ± 0.64^{a}	5.50 ± 0.51^{b}	6.55 ± 0.51^{a}	5.45 ± 0.51^{b}	6.30 ± 0.47^{b}	6.40 ± 0.50^{b}	6.55 ± 0.51^{a}
2	7.30 ± 0.73^{a}	6.50 ± 0.60^{a}	6.55 ± 0.51^{a}	5.45 ± 0.60^{b}	7.05 ± 0.82^{a}	6.50 ± 0.51^{a}	6.55 ± 0.51^{a}	6.65 ± 0.48^{a}	7.20 ± 0.61^{a}	6.50 ± 0.51^{a}
3	6.55 ± 0.51^{b}	5.10 ± 0.78^{b}	5.50 ± 0.51^{b}	4.85 ± 0.74^{c}	6.75 ± 0.71^{a}	6.15 ± 0.67^{b}	6.55 ± 0.51^{a}	5.95 ± 0.60^{a}	6.40 ± 0.50^{b}	5.80 ± 0.41^{b}

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.4 ผลการศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการให้ความร้อนหลังการแช่แข็ง โดยการทอดในน้ำมันกับการใช้ไมโครเวฟ

จากผลการทดลองที่ 4.3 กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาวก่อนการแช่แข็งที่เวลา 2 นาที และน้ำมันปาล์มที่ทอดก่อนการแช่แข็งที่เวลา 1 นาที มีค่าการยอมรับมากที่สุด จึงนำมาทำการเปรียบเทียบรูปแบบการให้ความร้อนหลังการแช่แข็ง โดยการทอดในน้ำมันกับการใช้ไมโครเวฟ โดยนำกระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว เป็นเวลา 2 นาที และ กระทงทองทอดด้วยน้ำมันปาล์มเป็นเวลา 1 นาที ไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นนำมาให้ความร้อนโดยการทอดซ้ำที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที และ 2 นาที เปรียบเทียบกับการใช้ไมโครเวฟ ที่ระดับไฟแรงปานกลาง ที่กำลังคลื่น 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 นาที 1.50 นาที และ 2 นาที นำตัวอย่างไปทดสอบทางด้านกายภาพได้แก่ สีหลังทอด ค่าการแตกของแป้งหลังทอด และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทำวิจัย ทดสอบในด้าน สี กลิ่น ความกรอบของแป้ง การดูดซับน้ำมัน และความชอบโดยรวม ได้ผลดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าสีของกระทงทองแช่แข็ง เมื่อทอดซ้ำในน้ำมันเนยขาวและน้ำมันปาล์ม

เวลาทอด	L		a		b	
(นาที)	เนยขาว	ปาล์ม	เนยขาว	ปาล์ม	เนยขาว	ปาล์ม
1	70.41±0.23[a]	68.34±0.63[a]	8.28±0.04[b]	7.01±0.06[b]	22.20±0.12[b]	20.63±0.91[b]
2	68.47±0.43[b]	64.43±0.54[b]	9.44±0.06[a]	8.21±0.23[a]	22.71±0.08[a]	21.11±0.41[a]

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.7 พบว่า ระยะเวลาการให้ความร้อนหลังการแช่แข็ง โดยการทอดในเนยขาวและน้ำมันปาล์ม มีผลต่อค่าสี L a และ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่า การนำกระทงทองกลับมาให้ความร้อน โดยการทอดซ้ำอีกครั้ง ที่ใช้ระยะเวลาในการทอด 1 นาที ตัวกระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว มีค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) อยู่ที่ 70.41, 8.28 และ 22.20 ตามลำดับ น้ำมันปาล์ม มีค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) อยู่ที่ 68.34, 7.01 และ 20.63 ตามลำดับ รวมระยะเวลาในการให้ความร้อนของตัวกระทงทองที่ทอดในเนยขาวอยู่ที่ระยะเวลา 3 นาที และระยะเวลารวมของตัวกระทงทองที่ทอดในน้ำมันปาล์มอยู่ที่ 2 นาที จะเห็นได้ว่าเนยขาว และน้ำมันปาล์ม เมื่อนำกลับไปให้ความร้อนอีกครั้ง จะทำให้ค่าความสว่างลดลงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ค่าสีของกระทงทองแช่แข็ง เมื่อใช้ไมโครเวฟ

ไมโครเวฟ	L		a		b	
(นาที)	เนยขาว	ปาล์ม	เนยขาว	ปาล์ม	เนยขาว	ปาล์ม
1	76.21±0.37[c]	69.87±0.09[b]	4.42±0.05[c]	5.33±0.02[b]	17.80±0.20[c]	19.28±0.12[c]
1.50	73.96±0.44[b]	69.73±0.39[b]	4.65±0.03[b]	4.28±0.28[c]	18.25±0.12[b]	20.73±0.03[b]
2	71.84±0.38[a]	67.60±0.20[a]	5.00±0.46[a]	5.75±0.03[a]	18.60±0.25[a]	21.91±0.23[a]

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.8 พบว่า ระยะเวลาการให้ความร้อนหลังการแช่แข็งของกระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว และน้ำมันปาล์ม โดยการใช้ไมโครเวฟ ที่ระดับไฟแรงปานกลาง เป็นเวลา 2 นาที มีค่าใกล้เคียงกับตัวกระทงทองที่ทอดในเนยขาวและน้ำมันปาล์มเสร็จในครั้งเดียว ซึ่งมีค่าความสว่างและค่าสีเหลือง อยู่ที่ 71.84 18.60 และ 67.60 21.91 ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่า กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว หรือน้ำมันปาล์ม เมื่อนำมาให้ความร้อนหลังการแช่แข็ง โดยการทอดซ้ำ เป็นเวลา 1 นาที จะให้ค่าความสว่างของสีกระทงทอง มีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับการทอดครั้งเดียว ส่วนการให้ความร้อนหลังการแช่แข็ง โดยการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลา 2 นาที ที่ระดับไฟแรงปานกลาง ค่าความสว่างของสีกระทงทอง จะด้อยกว่าการทอดซ้ำด้วยน้ำมันเล็กน้อย

การนำกระทงทองแช่แข็ง กลับมาให้ความร้อนโดยการทอดในน้ำมันกับการใช้ไมโครเวฟ ค่าสีที่ได้มีความแตกต่างกัน กระทงทองที่นำกลับมาให้ความร้อน โดยการทอดในน้ำมันจะให้ค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองใกล้เคียงกว่าการนำกลับมาให้ความร้อนโดยการใช้ไมโครเวฟ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการแช่แข็งมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีผิดไปจากเดิม

ตารางที่ 4.9 ค่าแรงที่ทำให้แตกของกระทงทองแช่แข็ง เมื่อให้ความร้อนโดยใช้การทอดในน้ำมัน และไมโครเวฟ

เวลา	ทอด		ไมโครเวฟ	
(นาที)	เนยขาว	ปาล์ม	เนยขาว	ปาล์ม
1	358.08±9.25[a]	375.80±14.23[a]	377.81±10.96[a]	378.80±11.11[a]
1.50	-	-	350.73±13.62[b]	348.41±9.46[b]
2	328.61±6.73[b]	332.00±11.21[b]	328.16±3.50[c]	336.16±7.87[c]

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.9 พบว่า ระยะเวลาการให้ความร้อนหลังการแช่แข็งของกระทงทอง โดยการทอดในน้ำมัน และการใช้ไมโครเวฟ มีผลต่อเนื้อสัมผัสในด้านค่าแรงที่ทำให้แตก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ การนำกระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว และน้ำมันปาล์ม กลับมาให้ความร้อนซ้ำ โดยการทอดในน้ำมัน ตัวกระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว และ น้ำมันปาล์ม ที่ใช้ระยะเวลาในการทอด 1 นาที มีค่าแรงที่ทำให้แตก อยู่ที่ 358.08 กรัมและ 375.80 กรัม ตามลำดับ และกระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว หรือน้ำมันปาล์ม เมื่อนำกลับมาให้ความร้อนซ้ำ โดยการใช้ไมโครเวฟที่ระดับไฟแรงปานกลาง ที่ระยะเวลา 1.50 นาที มีค่าแรงที่ทำให้แตกอยู่ที่ 350.73 กรัม และ 348.41 กรัม ตามลำดับ

กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว หรือน้ำมันปาล์ม เมื่อนำมาทอดซ้ำหลังการแช่แข็ง โดยใช้เวลาการทอดที่ 1 นาที และการให้ความร้อนโดยการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลา 1.50 นาที ที่ระดับไฟแรงปานกลาง จะมีค่าแรงที่ทำให้แตกใกล้เคียงกับการทอดกระทงทองเสร็จในครั้งเดียว กล่าวคือ ระยะเวลามีผลต่อค่าเนื้อสัมผัสของตัวกระทง การทอดที่ระยะเวลามากขึ้น จะทำให้ค่าแรงที่ทำให้แตกลดลง ผลิตภัณฑ์จะมีความกรอบมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบด้านคุณภาพของตัวกระทงทอง

ตัวอย่าง	รูปแบบการให้ความร้อนและระยะเวลา	คุณภาพของตัวกระทงทอง
เนยขาว	ทอดในน้ำมัน 1 นาที	ตัวแป้งมีผิวเนียน มีฟองอากาศเล็กน้อย มีความคงตัวดี สีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่นของน้ำมัน กรอบน้อย
	ทอดในน้ำมัน 2 นาที	ตัวแป้งมีผิวเนียน มีฟองอากาศเล็กน้อย มีความคงตัวดี สีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่นของน้ำมัน มีความกรอบ
	ไมโครเวฟ 1 นาที	มีความมันเงาที่ตัวกระทง มีผิวเรียบเนียน มีความคงตัวดี สีเหลืองอ่อน มีน้ำมันออกจากตัวกระทงเล็กน้อย มีความกรอบน้อย
	ไมโครเวฟ 1.50 นาที	มีความมันเงาที่ตัวกระทง มีผิวเรียบเนียน มีความคงตัวดี สีเหลืองอ่อน มีน้ำมันออกจากตัวกระทงปานกลาง มีความกรอบ
	ไมโครเวฟ 2 นาที	มีความมันเงาที่ตัวกระทง มีผิวเรียบเนียน มีความคงตัวดี สีเหลืองอ่อน มีน้ำมันออกจากตัวกระทงมาก มีความกรอบ
ปาล์ม	ทอดในน้ำมัน 1 นาที	ตัวแป้งมีผิวค่อนข้างแห้ง มีฟองอากาศเล็กน้อย มีความคงตัวดี สีเหลืองเข้ม มีกลิ่นของน้ำมันเล็กน้อย กรอบน้อย
	ทอดในน้ำมัน 2 นาที	ตัวแป้งมีผิวค่อนข้างแห้ง มีฟองอากาศเล็กน้อย มีความคงตัวดี สีเหลืองเข้ม มีกลิ่นของน้ำมันเล็กน้อย มีความกรอบ
	ไมโครเวฟ 1 นาที	มีความมันเงาที่ตัวกระทง มีผิวเรียบเนียน มีความคงตัวดี สีเหลืองอ่อน มีกลิ่นน้ำมันเล็กน้อย น้ำมันออกจากตัวกระทงเล็กน้อย และกรอบน้อย
	ไมโครเวฟ 1.50 นาที	มีความมันเงาที่ตัวกระทง มีผิวเรียบเนียน มีความคงตัวดี สีเหลืองอ่อน มีกลิ่นน้ำมัน และมีน้ำมันออกจากตัวกระทงปานกลาง มีความกรอบ
	ไมโครเวฟ 2 นาที	มีความมันเงาที่ตัวกระทง มีผิวเรียบเนียน มีความคงตัวดี สีเหลืองอ่อน มีกลิ่นน้ำมัน และมีน้ำมันออกจากตัวกระทงมาก มีความกรอบ

จากตารางที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการให้ความร้อนและระยะเวลาที่ต่างกัน มีผลต่อคุณภาพของตัวกระทงทองเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านลักษณะปรากฏในการให้ความร้อนซ้ำโดยการทอดในน้ำมัน กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว ที่เวลา 1 และ 2 นาที ตัวแป้งมีผิวเนียน มีฟองอากาศเล็กน้อย ตัวกระทงมีความอยู่ตัวเป็นรูปร่างดี ส่วนน้ำมันปาล์มที่เวลา 1 และ 2 นาที มีลักษณะตัวแป้งกระทงทองมีผิวค่อนข้างแห้ง มีฟองอากาศเล็กน้อย มีความคงตัวเป็นรูปร่างดี และการใช้ไมโครเวฟ ที่ระดับไฟแรงปานกลาง พบว่า ที่เวลาทั้ง 3 ระดับ มีลักษณะปรากฏคล้ายกัน คือมีความมันเงาที่ตัวกระทง ตัวกระทงมีผิวเรียบเนียน มีความคงตัวเป็นรูปร่างดี

ด้านสี การให้ความร้อนซ้ำ โดยการทอดในน้ำมัน พบว่า เนยขาวและน้ำมันปาล์มที่ระยะเวลา 1 นาที มีสีเหลืองอ่อนกว่าที่เวลา 2 นาที ซึ่งดูน่ารับประทานกว่าการให้ความร้อนโดยการทอดในน้ำมันที่เวลา 2 นาที และการใช้ไมโครเวฟ ที่ระดับไฟแรงปานกลาง ของเนยขาวและน้ำมันปาล์มที่ระยะเวลาทั้ง 3 ระดับ พบว่า สีของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกัน สีของผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองอ่อนๆ

ด้านกลิ่น การให้ความร้อนซ้ำ โดยการทอดในน้ำมันและการใช้ไมโครเวฟ พบว่า เนยขาวและน้ำมันปาล์มที่ระยะเวลา 2 นาที มีกลิ่นของน้ำมันที่ใช้ทอดมากกว่าที่เวลา 1 นาที

ด้านความกรอบ การให้ความร้อนซ้ำ โดยการทอดในน้ำมันและการใช้ไมโครเวฟ พบว่า เนยขาวและน้ำมันปาล์มที่ระยะเวลา 1 นาที มีความกรอบน้อยกว่าที่เวลา 1.30 และ 2 นาที

ผลการเปรียบเทียบรูปแบบการให้ความร้อน โดยการทอดซ้ำในน้ำมัน กับการใช้ไมโครเวฟแก่กระทงทองที่ผ่านการแช่แข็ง จะเห็นได้ว่า การนำกระทงทองที่ผ่านการแช่แข็ง และกลับมาทอดซ้ำ เป็นระยะเวลา 1 นาที และการใช้ไมโครเวฟ ให้ความร้อนที่ไฟปานกลาง เป็นระยะเวลา 1.50 นาที กระทงทองที่ได้มีคุณภาพใกล้เคียงกับการทอดเสร็จในครั้งเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สูตรกระทงทองที่นำมาเป็นสูตรพื้นฐาน มีส่วนผสมดังนี้ แป้งสาลีร้อยละ 14.6 แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 14.6 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 14.6 ไข่แดงร้อยละ 4.38 เกลือป่นร้อยละ 0.73 น้ำปูนใสร้อยละ 35.04 และน้ำเปล่าร้อยละ 16.05 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด
2. น้ำมันที่เหมาะสมในการทอดกระทงทอง คือ เนยขาว รองลงมา คือ น้ำมันปาล์ม น้ำมันต่างชนิดกัน มีผลต่อค่าสีที่ได้ของผลิตภัณฑ์ แต่ไม่มีผลต่อค่าเนื้อสัมผัสในด้านค่าแรงที่ทำให้แตก และปริมาณการดูดซับน้ำมัน โดยเนยขาว มีค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง ค่าแรงที่ทำให้แตก (กรัม) และเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมันอยู่ที่ 68.44, 22.26, 356.94 กรัม และ 63.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนน้ำมันปาล์ม มีค่าสีความสว่าง ค่าสีเหลือง ค่าแรงที่ทำให้แตก และเปอร์เซ็นต์ การดูดซับน้ำมันอยู่ที่ 60.93, 22.74, 346.67 กรัม และ 63.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
3. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการก่อนกระทงทองก่อนการแช่แข็ง คือ การทอดด้วยเนยขาวเป็นเวลา 2 นาที หรือการทอดด้วยน้ำมันปาล์ม เป็นเวลา 1 นาที โดยกระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว 2 นาที มีค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง ค่าแรงที่ทำให้แตก (กรัม) และเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมัน อยู่ที่ 70.47, 22.32, 353.27 กรัม และ 62.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนน้ำมันปาล์ม มีค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง ค่าแรงที่ทำให้แตก และเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมันอยู่ที่ 68.50, 22.10, 378.59 กรัม และ 59.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับในแต่ละปัจจัยมากที่สุด มีคะแนนความชอบทางด้านสี กลิ่น ความกรอบ การดูดซับน้ำมัน และความชอบโดยรวม อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง
4. ผลการเปรียบเทียบรูปแบบการให้ความร้อนหลังการแช่แข็ง โดยการทอดในน้ำมันกับการใช้ไมโครเวฟ พบว่า การทอดซ้ำที่ระยะเวลา 1 นาที กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว มีค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง และค่าแรงที่ทำให้แตก อยู่ที่ 70.41, 22.20 และ 358.08 กรัม ตามลำดับ และกระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม มีค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง และค่าแรงที่ทำให้แตก อยู่ที่ 68.34, 20.63และ 375.80 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับกระทงทองที่ทอดเสร็จในครั้งเดียว ส่วนการให้ความร้อนหลังการแช่แข็ง โดยการใช้ไมโครเวฟที่ระดับไฟแรงปานกลาง เป็นเวลา 1.50 นาที กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว มีค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง และค่าแรงที่ทำให้แตก อยู่ที่ 73.96, 18.25 และ 350.73 กรัม ตามลำดับ ส่วนกระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม มีค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง และค่าแรงที่ทำให้แตก อยู่ที่ 69.73, 20.73และ 348.41 กรัม ตามลำดับ ซึ่งการให้ความร้อนโดยการใช้ไมโครเวฟมีข้อดี คือ สะดวก ไม่เสียเวลาในการเตรียม แต่มีข้อด้อย คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำกระทงทองไปอุ่นในไมโครเวฟ หากใช้เวลาในการให้ความร้อนที่ 2 นาที ตัวกระทงทองจะมีน้ำมันออกมามาก

ข้อเสนอแนะ

1. ควรหาส่วนผสมของสูตรที่สามารถลดปริมาณของไขมัน เช่น การปรับสัดส่วนและชนิดของแป้ง
2. ควรหาสภาวะที่เหมาะสมของน้ำมันแต่ละชนิด ต่อการดูดซับน้ำมันของตัวกระทงทอง
3. ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ไมโครเวฟในการให้ความร้อนหลังการแช่แข็ง โดยพิจารณาด้านการลดการคายน้ำมันที่ออกจากตัวกระทงทอง
4. หากเปรียบเทียบระหว่างเนยขาวกับน้ำมันปาล์มในแง่ทางเศรษฐกิจ น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่มีราคาถูก สามารถใช้ได้ทุกครัวเรือน หรือในระดับอุตสาหกรรมมากกว่าเนยขาว เนื่องจากเนยขาวมีราคาแพง อาจทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น หรืออาจเลือกใช้น้ำมันบัวหรือน้ำมันมะพร้าวแทน เนื่องจากราคาไม่แพง และมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำไปทอดอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กมลทิพย์ มั่นภักดี. 2542. **"การดัดแปรสตาร์ชในแป้งข้าวเพื่อทำแป้งผสมสำหรับประกอบอาหารทอดแช่เยือกแข็ง."** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กระทงทอง .2549. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แม่บ้าน จำกัด.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ สิทธิโชค วัลภาทิตย์. 2539. "แป้งดัดแปร." **วารสารอุตสาหกรรมเกษตร.** 7(1) : 51-57.

เกษม หฤทัยธนาสันติ์, อุมาภรณ์ สุจริตทวีสุข, สุธาสินี อาจวิชัย, ธงชัย สุวรรณสิชณน์, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2547. "การใช้ประโยชน์แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์กรอบเค็ม". หน้า 1-9. ใน **การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 6** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกศรินทร์ มงคลวรรณ. 2546. **"การพัฒนาขนมทองหยอดให้ได้มาตรฐานการผลิตที่เหมาะสม."** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ขนิษฐา หมวดม่วง พัชรวรรณ ไชยบุรินทร์ และ รุ่งฤดี ประเสริฐ. 2547. **"ข้าวต้มมัดแช่แข็ง."** แผนงานพิเศษ แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ-พัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตโชติเวช.

ขวัญจิต สุขเจริญ และ รัชนากร มานพคำ. 2545. **"ขนมตาลแช่แข็ง"** แผนงานพิเศษ แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ-พัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตโชติเวช.

คมคาย ศรีสถาพร. 2536. **"การผลิตมันเทศกรอบที่ได้คุณภาพ."** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เชิดศักดิ์ เมธาธไนศวรรย์. 2549. **"เอกสารประกอบการอภิปรายเรื่องเทคโนโลยีของสตาร์ชบทบาทของแป้งดัดแปรในอาหารและขนมแช่เยือกแข็ง."** กรุงเทพฯ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ดวงใจ ถิรธรรมถาวร. 2549. **"เอกสารประกอบการอภิปรายเรื่องการแช่เยือกแข็งอาหาร."**กรุงเทพฯ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ณัฐพล โท้ทอง และคณะ. 2549. **"การศึกษาการทำเผือกแท่งแช่แข็ง."** แผนงานพิเศษแผนกวิชาอาหารและโภชนาการ-พัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตโชติเวช.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นันทิญา วงษ์มงคล และคณะ. 2547. **"การพัฒนากระบวนการผลิตอาหารพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง."** กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2544. **หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

เทวี โพธิผละ. 2539. **"ไขมันและน้ำมันสำหรับบริโภค(ฉบับปรับปรุง) หน่วยที่ 5 ในเอกสารการสอนชุดวิชาอาหารและโภชนาการ."** นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ปาริชาติ หลายชูไทย และคณะ. 2547. **"คู่มือการผลิตอาหารพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง."** กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

มยุรี ภาคลำเจียก. 2532. "บทบาทและแนวโน้มของการใช้ LLDPE ในการหีบห่อ." หน้า 81-88. ใน **รายงานการสัมมนา LLDPE พลาสติกใหม่ที่จับตามอง.** ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย กรุงเทพฯ : สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

มัทนา แสงจินดาวงษ์. 2545. **ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, บรรณธิการ, 2550. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกตรศาสตร์.

ลาวัลย์ เบญจศีล. 2542. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารเบื้องต้น.** ภาควิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา.

วนิดา มะยมทอง. 2546. **"การใช้แป้งมันสำปะหลังหวานทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน."** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ปริญญาคหกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ และคณะ. 2544. **"การใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋ขั้นขยายผลทางการค้า."** กรุงเทพฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตร.

วรัญญา โชติช่วง. 2542. **"การผลิตมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง."** สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์. กรุงเทพฯ

วิไล รังสาดทอง. 2543. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ศศิเกษม ทองยงค์ และพรรณี เดชกำแหง. 2530. **เคมีอาหารเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2534. **ทฤษฎีอาหาร เล่ม3 หลักการทดลองอาหาร.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายใจ ณรงค์วงศ์วัฒนา. 2547. **"การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระทงทองพร้อมบริโภค."** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรางค์ ลาเกลี้ยง.2534. การปรับปรุงคุณภาพและกรรมวิธีการผลิตข้าวเกรียบอยุธยา.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายสนม ประดิษฐดวง. 2543. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2534. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งผสมสำหรับประกอบอาหารทอด.** มอก. 1028-2534.

อกนิษฐ์ ธรรมมิญช. 2545. **"แป้งผสมชุบทอดจากแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมหลักสำหรับกุ้งกุลาดำ(*Penaeus monodon*) แช่เยือกแข็ง."** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อังคณา ผ่องภักดี. 2546. **"การพัฒนาผลิตภัณฑ์นักเกตแช่เยือกแข็งจากปลาโอลาย"** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ผลิตภัณฑ์ประมง) สาขาผลิตภัณฑ์ประมง ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อมินตรา ศุกรวรรณ. 2546. **อาหารไทยชาววัง ตำรับ ม.ล.พวง.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

อมราภรณ์ วงษ์ฟัก. ม.ป.ป. **อาหารว่าง.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สถาบันราชภัฏสวนดุสิต.

อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล. 2547. **หลักการประกอบอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุบล ดีสวัสดิ์, ม.ล. 2548. **สุดยอดอาหารไทย สู่ครัวโลก.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์วันชนะ.

อรณา ไชยวรรัตน์ และคณะ. 2528. "คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันพืชปรุงอาหาร." กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ปีที่ 27.

อรอนงค์ นัยวิกุล และคณะ. 2526. "การศึกษาคุณลักษณะของความกรอบหรือพองกรอบของแป้งชนิดต่างๆเพื่อใช้ประกอบอาหาร." **วารสารอาหาร.** 15(1) : 41-62.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. **ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกตรศาสตร์.

Boskou, D., and Elmadfa, I. 1999. Frying of food. Technonic Publishing Company, Inc., U.S.A.

Davis, A. 1983. "Batter and breading ingredients." *In* D.R. Suderman and F.E. Cunningham, eds. **Batter and Breading.** AVI Pub. Co. Inc., Westport, Connecticut.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Defloor, I., Swenson, R., Bokanga, M., and Delcour, J.A.. 1998. "Moisture stress during growth affects the breadmaking and gelatinization properties of cassava flour." **Journal of food science agric.** 76 : 233-238.

Elison, A. and Gudmundsson, M. 1996. "Starch : Physicochemical and Functional aspects." *In* Eliasson, A. (Ed.). **Carbohydrate in food.** Marcel Dekker, Inc., New York. pp.431-503.

Ellis, R.P., Cochrance, M.P., Dale, M.F.B., Lynn, A. Morrison, I.M., Prentice, R.D.M., Swanton, J.S., and Tiller, S.A., 1998. "Starch production and industrial use. **Journal of food science agric.** 77 : 289-311.

Feldberg, C. 1969. "Extruded starch based snacks." **Cereal Scince Today**. 14(6) : 211-214.

Fellows, P.J. 1990. **Food processing technology :Principle and practice.** West Sussex England : Ellis Horwood.

Fennema, O.R., Powrie, W.D., and Marth, E.H. 1973. **Low Temperature Food Presentation.** Advance in Food Research, 13 : 220.

Fox, B.A. and Cameron, A.G. 1970. **Food Science: A Chemistry Approach.** Hodder and Stoughton, London.

Hanson, H.L. and Fletcher, L.R. 1963. "Adhesion of coatings on frozen fried chicken." **Food Technol.** 17(11) : 115-118.

Kerr, R.W. 1950. **Chemistry and Industry of Starch.** 2nd Fd. Academic Press Inc., New York.

Knight, J.W. 1969. **The Starch Industry**. Pergamon Press, Oxford. 189 p.

Kulp, K. and Loewe, R. 1990. "Batters and Breadings in Food Processing". **American Association of Cereal Chemists,** Inc.,St. Paul, Minnesota.

Love, R.M. 1988. **The Food Fishes.** Van Nostrand Reinhold Co., New York.

Lowe, B. 1966. **Experimental Cookery.** John Wiley&Sons, Inc., New York.

Machlin, L.J. 1990. **Handbook of Vitamin.** Marcel Dekker, New York.

O'Brien, R. 1993. "Foodservice use of fat and oils." **INFORM.** 4(8) : 913-921.

Ong, A.S.H., Choo, Y.M., and Ooi. 1995. "Developments in oils and fats." **C.K. Developments in palm oil.** In R.J. Hamilton (ed).London : Blackkie Acedemic & Professional,. pp.153-192.

Davidson, R.L., McGraw-Hill, Ed. **Handbook of Water Soluble Gums and Resins** NY. Chapter 22, p7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Robbin, P.M. 1976. **Convenient Food: Recent Technology.** Noyes Data Corp., Park Ridge, New Jersey.

Suderman, D.R.1983. **Application of batters and breadings to seafood.** Pp.61-75. *In* D.R.Suderman and F.E. Cunningham,eds. Batter and Breading. AVI Publ. Co. Inc.,Westport, Connecticut.

Swinkels, J.J.M. 1985. **Composition and properties of commercial native starches.** Starke. 37 : 1-5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Minolta chroma meter

1. เครื่องมือ

Minolta chroma meter, CR400 series

2. วิธีการ

วัดสีของผลิตภัณฑ์ตัวแป้งกระทงทองโดยบดตัวอย่างให้ละเอียด และใส่ในภาชนะพลาสติก ปิดด้วยพลาสติกใส และทำการวัด ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือคือค่า L a และ b โดยที่

ค่า L แทนค่าความสว่าง

ค่า a แทนค่าสีแดง (+) แทนค่าสีแดง (-) แทนค่าสีเขียว

ค่า b แทนค่าสีเหลือง (+) แทนค่าสีเหลือง (-) แทนค่าสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดสอบเนื้อสัมผัสขนมขบเคี้ยวด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer)

1. เครื่องมือ

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer) รุ่น TA XT2i

2. วิธีการทดลอง

2.1 ทำการ calibrate force ก่อนการวัดทุกครั้ง

2.2 ประกอบชุดเครื่องมือสำหรับกด ใช้หัว ball 0.25s กับเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

2.3 ทำการ calibrate probe ก่อนการวัด

2.4 เลือกรูปแบบการวัดเป็น

Test mode and option : Measure force in compression

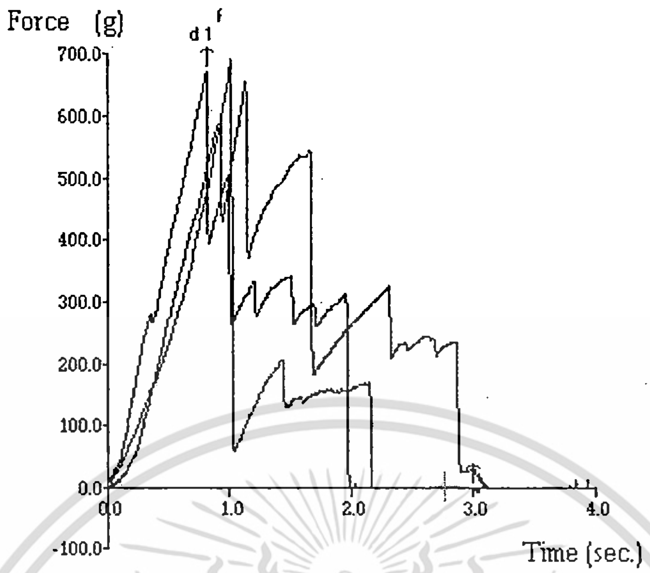
Parameters

Pre test	1.0 mm/s
Test speed	1.0 mm/s
Post test speed	10.0 mm/s
Distance	3 mm

2.5 วางตัวแป้งกระทงทองบนฐาน เมื่อเริ่มทำการวัด เครื่องคอมพิวเตอร์จะแสดงกราฟที่วัด จากนั้นสั่งให้โปรแกรมคำนวณหาค่าการแตกหักของขนมขบเคี้ยว เลือก min time, peak force และ mark force ค่าแรงที่อ่านได้เป็นค่าแรงที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตก ซึ่งคือค่า fracturabitity ของตัวผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างกราฟ



ภาพที่ 1 ก ตัวอย่างกราฟค่าการวัดเนื้อสัมผัสค่าการทำให้แตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวัดปริมาณไขมันด้วยเครื่องสกัดไขมัน Soxhlet Extraction

1. อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.1 บิ๊กเกอร์ Buchi ขนาด 200 ml

1.2 Thimble

1.3 กระดาษกรอง

1.4 เครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet Extraction) รุ่น S 306 AK Gerhardt

2. วิธีการทดลอง

การเตรียมสารตัวอย่าง

1. นำตัวอย่างและบิ๊กเกอร์ Buchi ไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1-2 ชั่วโมง ทำให้เย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้น จากนั้นชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ใส่กระดาษกรองที่ปราศจากไขมัน บันทึกน้ำหนักที่ชั่งไว้
2. นำตัวอย่างที่ห่อด้วยกระดาษกรองมาใส่ใน extraction thimble เพื่อทำการสกัดหาปริมาณไขมัน
3. เทตัวทำละลาย (Solvent) ใช้ Petroleum ether 140 มิลลิลิตร. ลงในบิ๊กเกอร์ Buchi และนำ extraction thimble ประกอบเข้ากับ holder วางลงในบิ๊กเกอร์ แล้วนำไปประกอบเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ไขมัน
4. เครื่องทำการสกัดไขมัน ตามระยะเวลาที่ตั้งไว้
5. นำบิ๊กเกอร์ที่ได้ อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น จนกว่าน้ำหนักคงที่ และนำไปคำนวณปริมาณไขมัน

$$\text{ปริมาณไขมัน(เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(\text{บิ๊กเกอร์หลังสกัด} - \text{บิ๊กเกอร์ก่อนสกัด}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ภาพที่ 2 ก เครื่องวัดปริมาณไขมัน Soxhlet Extraction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินการทดสอบด้านประสาทสัมผัส ก.

ผลิตภัณฑ์ : กระทงทอง (ศึกษาสูตรพื้นฐานของตัวแป้งกระทงทอง)

ชื่อผู้ทดสอบชิม .... วันที่ ....

คำชี้แจง : ทดสอบชิมตัวแป้งกระทงทอง (พร้อมไส้ที่เตรียมไว้ให้) และให้คะแนนความชอบของแต่ละคุณลักษณะตัวอย่าง ตามคำอธิบายคะแนนความชอบ

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

	คะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง		
ปัจจัย / คุณลักษณะ	รหัส	รหัส	รหัส ....
ลักษณะปรากฏ			
สี			
ความกรอบ			
รสชาติ			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ ____

____

____

____

____

ผู้จัดทำ กิติมา คราประยูร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินการทดสอบด้านประสาทสัมผัส ข.

ผลิตภัณฑ์ : กระทงทอง (ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทอดกระทงทอง)

ชื่อผู้ทดสอบชิม .... วันที่ ....

คำชี้แจง : ทดสอบชิมตัวแป้งกระทงทอง (พร้อมไส้ที่เตรียมไว้ให้) และให้คะแนนความชอบของแต่ละคุณลักษณะตัวอย่าง ตามคำอธิบายคะแนนความชอบ

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

	คะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง		
ปัจจัย / คุณลักษณะ	รหัส	รหัส	รหัส ....
สี			
กลิ่น			
ความกรอบ			
การดูดซับน้ำมัน			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ ____

____

____

____

____

ผู้จัดทำ กิติมา คราประยูร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ภาพลักษณะทั่วไปของกระทงทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1 ค การทอดกระทงทองในเนยขาว 1 นาที

ภาพที่ 2 ค การทอดกระทงทองในเนยขาว 2 นาที

ภาพที่ 3 ค การเปรียบเทียบกระทงทองทอดในเนยขาวที่เวลา 1 และ 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4 ค การทอดกระทงทองในน้ำมันปาล์ม 1 นาที

ภาพที่ 5 ค การทอดกระทงทองในน้ำมันปาล์ม 2 นาที

ภาพที่ 6 ค การเปรียบเทียบกระทงทองทอดในน้ำมันปาล์มที่เวลา 1 และ 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7 ค การให้ความร้อน กระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มโดยการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลา 1 นาที

ภาพที่ 8 ค การให้ความร้อน กระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มโดยการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลา 1.50 นาที

ภาพที่ 9 ค การให้ความร้อน กระทงทองที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มโดยการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลา 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10 ค การให้ความร้อน กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาวโดยการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลา 1 นาที

ภาพที่ 11 ค การให้ความร้อน กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว โดยการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลา 1.50 นาที

ภาพที่ 12 ค การให้ความร้อน กระทงทองที่ทอดด้วยเนยขาว โดยการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลา 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล นางสาวกิติมา คร่าประยูร

วัน เดือน ปีเกิด 22 มีนาคม 2524 ที่กรุงเทพมหานคร

ที่อยู่ บ้านเลขที่ 13 ซอย ราษฎร์บูรณะ 2 ถ.ราษฎร์บูรณะ

แขวงบางประกอก เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพฯ 10140

ประวัติการศึกษา 2546 คหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาอาหารและโภชนาการ-พัฒนาผลิตภัณฑ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตโชติเวช

2553 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ.2547-2549 อาจารย์พิเศษ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตโชติเวช

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้