อิทธิพลของวิธีการเตรียมกล้วยต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง และคุณภาพน้ำมันทอด

INFLUENCE OF PRE-TREATMENT ON QUALITIES OF FRIED BANANA CHIPS AND THE FRYING OILS

ริดา ศิริสุขพรชัย

RIDA SIRSUKPORNCHAI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AI-M-053-273

อิทธิพลของวิธีการเตรียมกล้วยต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง และคุณภาพน้ำมันทอด

INFLUENCE OF PRE-TREATMENT ON QUALITIES OF FRIED BANANA CHIPS AND THE FRYING OILS

T 081356

ธิดา สิริสุขพรชัย

TIDA SIRISUKPORNCHAI

ลขหมู่.....
ลขทะเบียน 81356
ัน,เดือน,ปี 11 มิ.ย. 2551

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AI-M-053-273

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INFLUENCE OF PRE-TREATMENT ON QUALITIES OF FRIED BANANA CHIPS AND THE FRYING OILS

TIDA SIRISUKPORNCHAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2008-AI-M-053-273

COPYRIGHT 2008

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ อิทธิพลของวิธีการเตรียมกล้วยต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง และคุณภาพน้ำมันทอด

Influence of Pre-treatment on Qualities of Fried Banana Chips and the Frying Oils

ชื่อนักศึกษา นางสาวธิดา สิริสุขพรชัย

รหัสประจำตัว 49068512

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.พอใจ ถามากร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ระติพร	หาเรือนกิจ	
ผศ.ดร.พอใจ	ถามากร	
รศ.ดร.กิตติพงษ์	ห่วงรักษ์	
ผศ.ดร.อรสา	สุริยาพันธ์	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 16 พฤษภาคม 2551 เวลา 16.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องสัมมนา D 213 อาคารเจ้าคุณทหาร

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.รวีวรรณ ชินะตระกูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....๒๖.....**เดือน**.....พฤษภาคม.....**พ.ศ.**.....๒๕๕๑.....

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสัมมนา	**อิทธิพลของวิธีการเตรียมกล้วยต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง และคุณภาพน้ำมันทอด**
นักศึกษา	นางสาวธิดา สิริสุขพรชัย
รหัสประจำตัว	49068512
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2551
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.พอใจ ถามากร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการแช่กล้วยดิบหั่นชิ้นบาง 2.5±0.1 มิลลิเมตร ในสารละลายน้ำตาลซูโครส ระดับความเข้มข้น 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ (w/v) สำหรับสูตรหวาน และในสารละลายเกลือ ระดับความเข้มข้น 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ (w/v) สำหรับสูตรเค็ม เป็นระยะเวลา 3 และ 10 วินาที ก่อนทอดแบบน้ำมันท่วมที่ 170 องศาเซลเซียส 3.5 นาที พบว่าการแช่ชิ้นกล้วยในสารละลายก่อนทอดทุกสภาวะมีผลต่อปริมาณความชื้นและไขมัน (wb) ของผลิตภัณฑ์ พบว่าสามารถลดการดูดซับน้ำมันเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมได้ 15-23 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรหวาน และ 7-15 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรเค็ม สูตรที่ได้การยอมรับสูงสุดจากการทดสอบกับผู้ทดสอบ 55 คน คือกล้วยที่แช่ในสารละลายน้ำตาล 35 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 และ 10 วินาที สำหรับสูตรหวาน และสารละลายเกลือ 7 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 วินาที สำหรับสูตรเค็ม

การศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง และคุณภาพน้ำมันทอดระหว่างการทอด 5 วัน โดยแต่ละวันใช้น้ำมันทอดซ้ำ 2 ครั้ง (เช้าและบ่าย) ครั้งละ 3.5 นาที เปรียบเทียบระหว่างการทอดโดยใช้น้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว พบว่าครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณน้ำมันดูดซับของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่ชนิดของน้ำมันไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันดูดซับอย่างมีนัยสำคัญ ด้านสีของผลิตภัณฑ์ พบว่ากล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม มีสีคล้ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันรำข้าว สำหรับคุณภาพน้ำมันทอดเมื่อวิเคราะห์จากค่ากรดไขมันอิสระ และเปอร์ออกไซด์ พบว่าทั้งน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวที่ใช้ในการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานและสูตรเค็ม มีแนวโน้มของอัตราการเสื่อมเสียใกล้เคียงกัน แต่ด้านสีพบว่าน้ำมันปาล์มที่นำมาทอดซ้ำมีสีคล้ำกว่าน้ำมันรำข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Influence of Pre-treatment on Qualities of Fried Banana Chips and the Frying Oils
Student	Miss Tida Sirisukpornchai
Student ID.	49068512
Degree	Master of Science
Programme	Food Science
Year	2008
Thesis Advisor	Assist. Prof. Dr. Porjai Thamakorn

ABSTRACT

Mature green banana sliced in 2.5±0.1 mm. thickness was soaked in 30, 35, and 40% (w/v) sugar solutions for sweet flavor banana chips and in 3, 5, and 7% (w/v) NaCl solutions for salty flavor banana chips for 3 and 10 seconds prior to deep-fry at 170°C, about 3.5 min. The osmotic pre-treatment had effects on moisture and fat content of fried banana chips. Products' oil uptake decreased in range of 15 to 23% for sweet banana chips and 7 to 15% for salty banana chips compared to the control sample. Sensory evaluation scores from 55 panelists revealed that soaking in 35% sugar solution 3 and 10 seconds and in 7% NaCl solution 10 seconds. were the most accepted treatments.

Quality of banana chips fried in different oils; palm oil (PO) and rice bran oil (RBO) were investigated. During a five-day frying period, each day frying two times; morning and afternoon, for 3.5 min. per a time. It was found that products' oil uptake were increasing continuously from day 1 to day 5, but without significant difference *(P>0.05)* between the two oils. Color of the banana chips frying in PO appeared darker than the one frying in RBO. Free fatty acid and peroxide values of the two frying oils changed in the similarly rate, whereas darker color of fry palm oil was observed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ข้าพเจ้าต้องขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาเป็นอย่างสูงของท่าน ผศ.ดร.พอใจ ถามากร ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาแก่ข้าพเจ้า ท่านสละเวลาเพื่อคอยช่วยชี้นำแนวทางให้งานวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จ ตลอดจนคอยแก้ไขตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆของงานวิจัยฉบับนี้ให้แก่ข้าพเจ้าด้วยความเอาใจใส่ตลอดมา จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเป็นรูปเล่มอย่างสมบูรณ์ทุกประการ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณท่าน รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ รศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ และผศ.ดร.อรสา สุริยาพันธ์ อาจารย์ผู้เป็นกรรมการคุมสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งคอยชี้แนะแนวทางตรวจสอบและให้คำปรึกษาที่ดีแก่ข้าพเจ้า ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ของข้าพเจ้ามีความสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

ความสำเร็จของข้าพเจ้าทั้งหมดนี้ ขอมอบความดีและกราบขอบพระคุณแก่อาจารย์ทุกท่านที่มอบความรู้ คำสอนต่างๆตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าศึกษาเล่าเรียนมาจนประสบความสำเร็จถึงวันนี้ ข้าพเจ้ามีความซาบซึ้งในความเมตตาของอาจารย์ทุกคนที่สอนให้ข้าพเจ้ามีความรู้และมีโอกาสที่จะใช้ความรู้ความสามารถที่สั่งสมมาในการประกอบวิชาชีพต่อไปในอนาคต

ข้าพเจ้าขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ผู้ที่มีพระคุณแก่ข้าพเจ้า พี่วันทนีย์ ช้างน้อย พี่ลำพึง พุ่มจันทร์ และผู้ที่เอื้ออำนวยความสะดวกแก่ข้าพเจ้าในการทำงานวิจัยครั้งนี้ รวมถึงพี่ๆ และน้องๆปริญญาตรีทุกคนที่ทำงานวิจัยในห้องเดียวกับข้าพเจ้า ซึ่งคอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนข้าพเจ้าด้วยดีตลอดมา ทำให้ข้าพเจ้ามีความมุ่งมั่นและเป็นส่วนหนึ่งในความสำเร็จของข้าพเจ้า

ทั้งนี้ความดีและความสำเร็จทั้งหมดของข้าพเจ้า ผู้ซึ่งคอยสนับสนุนทั้งด้านทุนทรัพย์ การอบรมสั่งสอน ความอดทนพยายาม กำลังใจที่ดีและประเสริฐที่สุดนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่บิดา มารดา รวมทั้งน้องชายผู้ซึ่งอยู่เบื้องหลังความสำเร็จในวันนี้ของข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ

ธิดา สิริสุขพรชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กล้วยน้ำว้า	3
2.2 น้ำมันและไขมัน	7
2.3 การทอด	12
2.4 แนวทางการลดน้ำมันดูดซับในอาหารทอด	19
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	23
3.1 วัตถุดิบ	23
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	23
3.3 สารเคมี	24
3.4 สถานที่ทำการทดลอง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 วิธีการทดลอง	25
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	29
4.1 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้า	29
4.2 ผลการแช่กล้วยน้ำว้าในสารละลายน้ำตาลและเกลือ เพื่อลดปริมาณน้ำมันดูดซับในกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง	29
4.3 ผลการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันรำข้าวและน้ำมันปาล์ม ที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์	39
4.4 ผลการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันรำข้าวและน้ำมันปาล์ม ต่อการเสื่อมเสียของน้ำมัน	44
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	51
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก	57
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์	58
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ	64
ภาคผนวก ค ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ	70
ภาคผนวก ง สารละลายมาตรฐานกลูโคส และกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง	80
ประวัติผู้เขียน	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณค่าทางอาหารของกล้วยน้ำว้า	5
2.2 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันพืช 7 ชนิด	9
2.3 ปริมาณวิตามินอี และโอรีซานอล ในน้ำมันพืชชนิดต่างๆ	10
2.4 ปริมาณกรดไขมันในน้ำมันพืชชนิดต่างๆ	11
4.1 ปริมาณความชื้นของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน	30
4.2 ปริมาณความชื้นของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม	31
4.3 ปริมาณไขมันของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน	32
4.4 ปริมาณไขมันของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม	33
4.5 ค่าความแข็งของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน	35
4.6 ค่าความแข็งของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม	36
4.7 คะแนนเฉลี่ยความชอบของคุณลักษณะด้านต่างๆของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส	37
4.8 คะแนนเฉลี่ยความชอบของคุณลักษณะด้านต่างๆของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส	38
4.9 ปริมาณไขมันและค่าสีของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าว ที่ครั้งของการทอดต่าง ๆ	40
4.10 ปริมาณไขมันและค่าสีของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าว ที่ครั้งของการทอดต่าง ๆ	42
ก1 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าที่ใช้ผลิตกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	62
ก2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าที่ใช้ผลิตกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	62
ก3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าที่ใช้ผลิตกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานเปรียบเทียบระหว่างทอดโดยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว	63
ก4 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าที่ใช้ผลิตกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มเปรียบเทียบระหว่างทอดโดยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข1 การคาลิเบรทเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ สำหรับวิเคราะห์สีน้ำมันทอด.....	68
ค1 ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม และ สูตรหวานความเข้มข้น 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาแช่ 3 และ 10 วินาที.....	71
ค2 ความแปรปรวนของปริมาณไขมันกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม และ สูตรหวานความเข้มข้น 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาแช่ 3 และ 10 วินาที.....	71
ค3 ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม และ สูตรเค็มความเข้มข้น 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาแช่ 3 และ 10 วินาที.....	71
ค4 ความแปรปรวนของปริมาณไขมันกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม และ สูตรเค็มความเข้มข้น 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาแช่ 3 และ 10 วินาที.....	71
ค5 ความแปรปรวนของค่าความแข็งของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม และ สูตรหวานความเข้มข้น 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาแช่ 3 และ 10 วินาที.....	72
ค6 ความแปรปรวนของค่าความแข็งของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม และ สูตรเค็มความเข้มข้น 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาแช่ 3 และ 10 วินาที.....	72
ค7 ความแปรปรวนของค่าสี รสชาติ ความกรอบ และการยอมรับโดยรวมจากผู้ทดสอบ ทางประสาทสัมผัส ของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานความเข้มข้น 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 และ 10 วินาที.....	73
ค8 ความแปรปรวนของค่าสี รสชาติ ความกรอบ และการยอมรับโดยรวมจากผู้ทดสอบ ทางประสาทสัมผัส ของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มความเข้มข้น 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 และ 10 วินาที.....	74
ค9 ความแปรปรวนของปริมาณไขมันดูดซับของผลิตภัณฑ์สูตรหวานที่แช่ในน้ำตาล เข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 3 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอด ด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น.....	75
ค10 ความแปรปรวนของค่าความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์สูตรหวานที่แช่ในน้ำตาล เข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 3 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอด ด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น.....	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ค11 ความแปรปรวนของค่าสีแดง (a) ของผลิตภัณฑ์สูตรหวานที่แช่ในน้ำตาลเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 3 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น..... 76

ค12 ความแปรปรวนของค่าสีเหลือง (b) ของผลิตภัณฑ์สูตรหวานที่แช่ในน้ำตาลเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 3 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น..... 76

ค13 ความแปรปรวนของปริมาณไขมันดูดซับของผลิตภัณฑ์สูตรเค็มที่แช่ในเกลือเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 10 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น..... 77

ค14 ความแปรปรวนค่าความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์สูตรเค็มที่แช่ในเกลือเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 10 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น..... 77

ค15 ความแปรปรวนค่าสีแดง (a) ของผลิตภัณฑ์สูตรเค็มที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 10 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น..... 78

ค16 ความแปรปรวนค่าสีเหลือง (b) ของผลิตภัณฑ์สูตรเค็มที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 10 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น..... 78

ค17 ความแปรปรวนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในกล้วยน้ำว้าที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์ควบคุมและสูตรหวานความเข้มข้น 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ เวลาแช่ 3 และ 10 วินาที..... 79

ค18 ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์สูตรหวานเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นเวลา 3 วินาที เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว..... 79

ค19 ความแปรปรวนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในกล้วยน้ำว้าที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์ควบคุมและสูตรเค็มความเข้มข้น 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาแช่ 3 และ 10 วินาที..... 79

ค20 ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์สูตรเค็มเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นเวลา 10 วินาที เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว..... 79

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง และจำหน่ายเผยแพร่ ไม่ว่าทั้งหมดหรือบางส่วน เพื่อประโยชน์ด้านการค้า

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	รูปร่างตัดตามขวางของผลกล้วย	4
2.2	ระยะการสุกของกล้วย	6
2.3	การถ่ายเทมวลและความร้อนในการทอดแบบน้ำมันตื้น และน้ำมันท่วม	14
2.4	ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการทอดอาหารแบบน้ำมันท่วม	16
2.5	การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของน้ำมันระหว่างการทอดแบบน้ำมันท่วม	17
3.1	ขั้นตอนการผลิตกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง	25
4.1	อัตราการเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันอิสระกับระยะเวลาการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว	44
4.2	อัตราการเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันอิสระกับระยะเวลาการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว	45
4.3	อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์กับระยะเวลาการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว	46
4.4	อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์กับระยะเวลาการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว	47
4.5	อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีกับระยะเวลาการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว	48
4.6	อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีกับระยะเวลาการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว	49
ก1	กราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคสสำหรับการวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์	61
จ1	สารละลายมาตรฐานกลูโคส 0.1 – 1.0 มิลลิลิตร	81
จ2	กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน	81
จ3	กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาหารขบเคี้ยวแบบทอด (deep-fried snack food) เป็นอาหารว่างที่มีบทบาทต่อผู้บริโภคเกือบทุกวัย ส่วนใหญ่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีทอดแบบน้ำมันท่วม (deep-fat frying) ซึ่งเป็นวิธีทอดทางอุตสาหกรรมที่สำคัญ ทำโดยการจุ่มชิ้นอาหารลงในน้ำมันซึ่งมีอุณหภูมิระหว่าง 160-200 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำมันที่สูงเป็นสาเหตุให้เกิดการระเหยของน้ำออกจากชิ้นอาหาร ทำให้เกิดช่องว่างภายในชิ้นอาหาร น้ำมันที่อยู่โดยรอบจะแทรกซึมเข้าไปในช่องว่างของชิ้นอาหารและทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็ว (Fellow, 1990) ลักษณะอาหารทอดจะมีสี เนื้อสัมผัส รสชาติและกลิ่นเฉพาะที่ดี แต่มักพบปัญหาการอมน้ำมัน ซึ่งปัจจุบันผู้บริโภคต้องเผชิญกับปัญหาสุขภาพมากขึ้น เป็นผลจากพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่มีปริมาณไขมันสูงซึ่งเกินความจำเป็นต่อร่างกาย และมีผลเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคทางอายุรกรรมต่าง ๆ เช่นโรคไขมันในเลือดสูง โรคคอเลสเตอรอลสูง และอื่น ๆ (Hegsted *et al.*, 1965) การดูดซึมน้ำมันในอาหารทอดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ กระบวนการเตรียมชิ้นอาหารก่อนทอด อุณหภูมิและระยะเวลาทอด องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของชิ้นอาหาร เช่น ปริมาณความชื้น ความหนาของชิ้นอาหาร เป็นต้น (Funami and Funami, 1999; Gamble and Rice, 1998) รวมทั้งชนิดและคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอด โดยทั่วไปการทอดนิยมใช้น้ำมันปาล์ม เนื่องจากมีจำนวนพันธะคู่ต่ำจึงคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี อาหารที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มจะกรอบ อร่อย แต่ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูงในน้ำมันปาล์มจะส่งผลต่อปัญหาสุขภาพดังที่กล่าวไว้ ดังนั้นการเลือกใช้น้ำมันรำข้าวจึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับน้ำมันทอด เพราะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวและสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันปริมาณสูง (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด และคณะ, 2548) และปัจจุบันราคาน้ำมันทอดที่สูงขึ้นมาก พบว่ามีการนำน้ำมันที่ใช้แล้วกลับมาทอดซ้ำอีกหลายครั้ง ทำให้ผู้บริโภคอาจได้รับอันตรายจากสารก่อมะเร็งหรือสารโพลิเมอร์ที่เกิดขึ้นจากน้ำมันทอดซ้ำ นอกจากนั้นยังพบกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไตรกลีเซอไรด์เมื่อมีความร้อนและน้ำ (Fennema, 1995) ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาถึงระยะเวลาหรือจำนวนครั้งที่เหมาะสมของการนำน้ำมันใช้ซ้ำ เพื่อเป็นข้อมูลหรือเกณฑ์ในการเปลี่ยนน้ำมันใหม่

มีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาการนำสารละลายน้ำตาลและเกลือมาประยุกต์ใช้ในการแช่ชิ้นอาหารก่อนทอดแบบน้ำมันท่วม เพื่อทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างน้ำในอาหารกับสารละลายน้ำตาลหรือเกลือที่ใช้แช่ ทำให้น้ำในชิ้นอาหารแพร่ออกสู่ภายนอก และสารละลายน้ำตาลหรือเกลือจะแพร่เข้าสู่ภายในอาหาร ทำให้ชิ้นอาหารมีความชื้นลดต่ำลง เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

นำไปทอดจึงทำให้ปริมาณน้ำมันดูดซับในผลิตภัณฑ์ลดลง (Bunger *et al.*, 2003; Pedreschi *et al.*, 2007; Ikoko and Kuri, 2007) นอกจากนี้ Mai Tran และคณะ (2007) ศึกษาการใช้สารละลายน้ำตาลโดยแช่ชิ้นอาหารลงในสารละลายนี้เป็นเวลา 2 วินาทีก่อนทอด ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ระยะเวลาสั้นในการเตรียมชิ้นอาหาร พบว่าสารละลายน้ำตาลจะไปเคลือบบริเวณผิวนอกของชิ้นอาหารอย่างรวดเร็ว จึงช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งและลดช่องว่างหรือรูพรุนของชิ้นอาหารได้ ทำให้น้ำมันซึมผ่านเข้าสู่ชิ้นอาหารได้น้อยลง ดังนั้นกรรมวิธีการเตรียมอาหารเบื้องต้นเพื่อลดปริมาณน้ำมันดูดซับในอาหารจากการทอดแบบน้ำมันท่วมจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่อาจช่วยลดปริมาณไขมันในอาหารทอด

ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการแปรรูปกล้วยในงานวิจัยครั้งนี้โดยการผลิตกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการลดปริมาณน้ำมันดูดซับในผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง โดยลดปริมาณความชื้นของชิ้นกล้วย (dehydration) เริ่มต้นให้มีระดับที่เหมาะสมก่อนนำไปทอด โดยศึกษาระดับความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่กล้วยในสารละลาย (pre-treatment) ก่อนทอดต่อการลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง และศึกษาผลของการทอดกล้วยทอดกรอบแผ่นบางโดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันรำข้าวและน้ำมันปาล์ม ที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ และการเสื่อมเสียของน้ำมันระหว่างการทอด

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของการแช่กล้วยน้ำว้าในสารละลายน้ำตาลและเกลือที่ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาแตกต่างกัน เพื่อลดปริมาณน้ำมันดูดซับในการทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานและสูตรเค็ม
2. ศึกษาผลการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง ระหว่างการใช้น้ำมันรำข้าวและน้ำมันปาล์ม ที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ และการเสื่อมเสียของน้ำมันระหว่างการทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้า จัดอยู่ในวงศ์ (family) Musaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Musa* (ABB group) "Kluai Namwa" ชื่ออื่น ๆ ได้แก่ กล้วยใต้ (เชียงใหม่ เชียงราย) กล้วยตานี (อุบลราชธานี) กล้วยมะลิอ่อง (จันทบุรี) กล้วยอ่อง (ชัยภูมิ) ชื่อสามัญ Pisang Awak

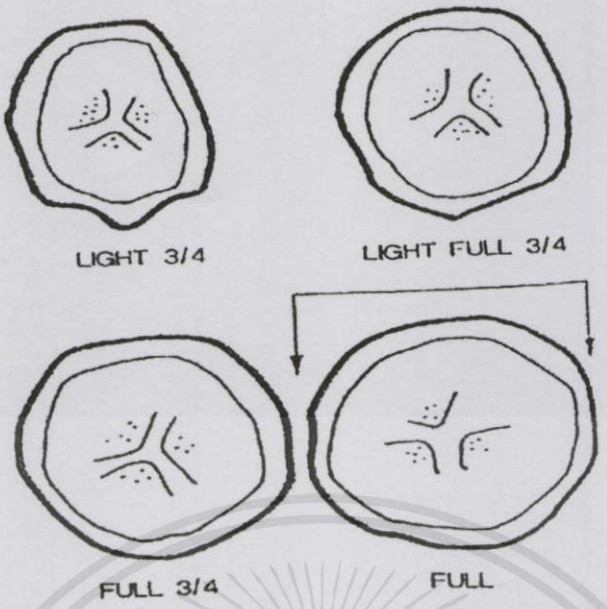
กล้วยน้ำว้า เมื่อสุกเปลือกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเหลืองปนน้ำตาล เนื้อสีขาว มีรสหวานบริเวณแกนกลาง หรือไส้กลาง มีสีเหลือง ชมพู หรือขาว ทำให้แบ่งออกได้เป็น กล้วยน้ำว้าไส้เหลือง กล้วยน้ำว้าไส้แดง และกล้วยน้ำว้าไส้ขาว (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545)

2.1.1 ดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvesting index)

การคำนวณอายุของผลกล้วย คิดตั้งแต่กล้วยเริ่มเป็นผลจนกระทั่งสุก โดยคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ และการเก็บเกี่ยวกล้วยขึ้นกับความต้องการของตลาดเป็นสำคัญ ในกรณีที่มีการขนส่งไปยังตลาดที่ห่างไกลหรือการส่งออกที่ต้องใช้ระยะเวลาเดินทางนาน เช่น ตลาดต่างประเทศจะเก็บเกี่ยวเมื่อผลยังมีเหลี่ยมให้เห็นอย่างชัดเจน คือยังไม่แก่เต็มที่โดยมีความแก่ประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่ส่งต่างจังหวัดภายในประเทศที่ไกลจากแหล่งปลูก จะเก็บเกี่ยวเมื่อผลแก่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะสุกภายใน 1-2 สัปดาห์ แต่ถ้าส่งตลาดภายในจังหวัดหรือบริเวณใกล้จะเก็บเกี่ยวผลที่แก่เต็มที่ ซึ่งจะสุกภายในไม่ถึงสัปดาห์ (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545) มาตรฐานความแก่ของกล้วยในประเทศไทย ทั่วไปสังเกตจากเหลี่ยมของผลกล้วย (รูปที่ 2.1) ดังนี้

Full	หมายถึง ผลที่ไม่มีเหลี่ยม มีความแก่เต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์
Full ¾	หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมแต่ไม่ชัดเจน มีความแก่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์
Light Full ¾	หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมแต่ชัดเจน มีความแก่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์
Light ¾	หมายถึง ผลที่มีขนาด ½ ของผลที่โตเต็มที่หรือมีความแก่ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 รูปร่างตัดตามขวางของผลกล้วย

ที่มา: เบญจมาศ ศิลาย้อย (2545).

2.1.2 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของกล้วยน้ำว้า

การศึกษาคุณภาพของกล้วยน้ำว้าที่ระดับความแก่ 75 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ของกล้วยน้ำว้า 3 พันธุ์ พบว่ากล้วยน้ำว้าพันธุ์ไส้ขาว ไส้เหลือง และไส้แดง ที่ระดับความสุก 75 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นเท่ากับ 64.28 66.32 และ 65.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 33.45 31.45 และ 32.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อกล้วยน้ำว้ามีระยะความแก่เพิ่มขึ้นเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้นเพิ่มเป็น 64.92 67.01 และ 66.25 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรตของกล้วยลดลงเหลือ 32.75 30.76 และ 31.73 ตามลำดับ เนื่องจากในช่วงการสุกของกล้วย คุณค่าทางอาหารจะมีการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะแป้งมักจะมีปริมาณสูง ขณะที่ผลกล้วยยังดิบ แต่เมื่อผลกล้วยเริ่มสุกมากขึ้นปริมาณแป้งจะเริ่มลดลง และเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล ดังแสดงในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารของกล้วยน้ำว้า 3 พันธุ์

ตัวอย่างเนื้อกล้วย 100 กรัม	อายุความสุกกล้วย (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนประกอบ (ต่อน้ำหนักเปียกของตัวอย่าง)					
		ความชื้น	ไขมัน	เยื่อใย	โปรตีน	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต
กล้วยน้ำว้าไส้ขาว	75	64.28	0.29	0.38	0.87	0.73	33.45
	90	64.92	0.31	0.41	0.74	0.87	32.75
กล้วยน้ำว้าไส้เหลือง	75	66.32	0.28	0.38	0.84	0.72	31.45
	90	67.01	0.31	0.43	0.70	0.79	30.76
กล้วยน้ำว้าไส้แดง	75	65.39	0.26	0.34	0.86	0.93	32.41
	90	66.25	0.35	0.46	0.71	0.85	31.37

ที่มา : มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด และคณะ (2548).

การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกกล้วย พบว่าเมื่อกล้วยสุกจะเปลี่ยนจากผิวสีเขียวเป็นเหลือง โดยปกติกล้วยมีสารแคโรทีนและแซนโทฟิลล์เป็นองค์ประกอบ แต่ถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบัง ในระหว่างการสุกของกล้วยจะเกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ จนกระทั่งคลอโรฟิลล์หมดไปในที่สุด จากนั้นจะปรากฏสีของแคโรทีนอยด์ให้เห็น ซึ่งชนิดของแคโรทีนอยด์ที่พบในกล้วย ได้แก่ แอลฟา-แคโรทีน เบต้า-แคโรทีน และลูทีน (สายชล เกตุษา, 2528)

ระยะการสุกของกล้วย หลังจากตัดมาบ่ม (รูปที่ 2.2) ดังนี้

ระยะที่ 1 เปลือกเขียว ผลแข็ง ไม่มีการสุก

ระยะที่ 2 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองเล็กน้อย

ระยะที่ 3 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองมากขึ้น แต่ยังมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง

ระยะที่ 4 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลือง และมีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว

ระยะที่ 5 เปลือกเป็นสีเหลือง แต่ปลายยังเป็นสีเขียว

ระยะที่ 6 ทั้งผลมีสีเหลือง (ผลสุก)

ระยะที่ 7 ผิวสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาล (สุกเต็มที่ มีกลิ่นหอม)

ระยะที่ 8 ผิวสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาลมากขึ้น (เนื้อเริ่มอ่อนตัวและกลิ่นแรง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 ระยะการสุกของกล้วยน้ำว้า

2.1.3 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยน้ำว้า (Salunke and Desal, 1984)

กล้วยน้ำว้าอุดมด้วยคุณค่าทางโภชนาการ มีคาร์โบไฮเดรต น้ำตาลฟรุคโตส กลูโคส และฟรุคโต-โอลิโกแซคคาไรด์ (fructo-oligosaccharide) วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 วิตามินบี 6 วิตามินบี 12 รวมทั้งวิตามินเอ วิตามินอี และมีกรดอะมิโนอย่างครบถ้วน โดยเฉพาะกรดอะมิโนไทโรซีน (tyrosine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) และทริปโตแฟน (tryptophan) ซึ่งเป็นสารจำเป็นในการส่งผ่านคลื่นสมอง โดยที่ไทโรซีน และฟีนิลอะลานีน เป็นสารเริ่มต้นในการสร้าง DOPAmine ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย และอารมณ์ นอกจากนี้ยังเป็นสารต่อต้านโรคพาร์คินสัน (พบมากในผู้สูงอายุ) และกรดอะมิโนทริปโตแฟน เป็นสารเริ่มต้นในการสร้างซีโรโทนิน (serotonin) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาท (neuro-transmitter) ช่วยในการนอนหลับ ลดความเครียด ทำให้ความจำและอารมณ์ดี

นอกจากนี้กล้วยน้ำว้ายังมีปริมาณโปแตสเซียมสูงถึง 370 มิลลิกรัม/100กรัมของน้ำหนักกล้วย ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่ช่วยในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อทำงานซ้ำ ๆ ได้ทนและต่อเนื่อง เหมาะสำหรับนักกีฬาที่ต้องการพลังงานของกล้ามเนื้อมาก และโปแตสเซี่ยมยังมีผลต่อระบบประสาท ช่วยเสริมพลังงานให้แก่สมอง รวมทั้งช่วยลดความดันในเลือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2.2 น้ำมันและไขมัน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

องค์ประกอบหลักของไขมัน คือ กรดไขมันซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีคาร์บอนอะตอมเกาะกันเป็นเส้นตรง กรดไขมันที่พบในธรรมชาติแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมีพันธะคู่ระหว่างคาร์บอน 1 แห่ง หรือมากกว่า สำหรับไขมันและน้ำมันแต่ละชนิด แตกต่างกันที่ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอล น้ำมันที่ผลิตเพื่อใช้บริโภคส่วนใหญ่ได้จากเมล็ดพืชน้ำมัน แต่มีบางชนิดสกัดได้จากเนื้อเยื่อที่หุ้มเมล็ด เช่น น้ำมันมะกอก และน้ำมันปาล์ม กรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวที่พบในน้ำมันบริโภคทั่วไป ได้แก่ กรดคาโพรอิก (caproic acid) กรดไมริสติก (myristic acid) กรดปาล์มิติก (palmitic acid) กรดลิโนเลนิก (linolenic acid) และกรดอะราชิดิก (arachidic acid) เป็นต้น

2.2.1 สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมันมีความสัมพันธ์โดยตรงกับองค์ประกอบทางเคมีในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลในไขมันและน้ำมันนั้น ๆ จึงใช้ประโยชน์ของสมบัติทางกายภาพในการจำแนกและชี้บ่งชนิดของไขมันและน้ำมัน รวมทั้งการนำไขมันและน้ำมันไปใช้ประโยชน์ก็จะพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพด้วย สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมันที่สำคัญ ได้แก่

1. จุดหลอมเหลว คือ อุณหภูมิที่ทำให้ไขมันเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวจนหมด ไขมันส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวเป็นช่วงอุณหภูมิ อาจเป็นช่วงกว้างหรือแคบขึ้นกับชนิดของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่เป็นส่วนประกอบของไขมัน ไขมันที่ประกอบด้วยไตรเอซิลกลีเซอรอลชนิดเดียวกันทั้งหมดจะมีจุดหลอมเหลวที่แน่นอน จุดหลอมเหลวของไขมันและน้ำมันจะสูงหรือต่ำขึ้นกับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล และน้ำมันจากเมล็ดพืชส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายตำแหน่งภายในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลมากกว่าไขมัน จึงทำให้น้ำมันพืชมีจุดหลอมเหลวต่ำ

2. ความหนืด จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรเอซิลกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น และความหนืดจะลดลงเมื่อจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น

3. จุดเกิดควัน คือ อุณหภูมิที่น้ำมันได้รับความร้อนจนเกิดควันขึ้น เป็นสมบัติที่สำคัญของน้ำมันสำหรับการนำไปใช้ทอดอาหาร น้ำมันที่ดีต้องทนความร้อน ไม่สลายตัวเป็นควันที่อุณหภูมิต่ำ เพราะหากเกิดควันขณะทอดจะทำให้อาหารมีกลิ่นควันติดไปด้วย จุดที่เป็นควันของน้ำมันแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมันและเวลาที่ใช้ทอด ซึ่งหากน้ำมันมีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นจะทำให้จุดเกิดควันมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สี เป็นตัวชี้บ่งคุณภาพของน้ำมัน น้ำมันแต่ละชนิดจะมีสีแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสารสี (pigments) ที่มีในน้ำมัน และวัตถุดิบที่นำมาใช้สกัดน้ำมันรวมทั้งวิธีการกำจัดสีหรือทำให้บริสุทธิ์โดยการฟอกจางสี

2.2.2 สารที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน (ด้วง พุธศุกร์, 2534)

สารเหล่านี้แม้มีปริมาณเพียงเล็กน้อยในไขมันหรือน้ำมัน จะส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของไขมันอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 พวกใหญ่ คือ

1. สารให้สี โดยสารให้สีที่สำคัญที่สุดคือ แคโรทีนอยด์ เป็นสารไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวสูง ละลายได้ทั้งในไขมันและตัวทำละลายของไขมัน ทำให้เกิดสีเหลืองถึงแดงในไขมัน พบมากในน้ำมันปาล์มที่ยังไม่ได้ฟอกสี

2. สารให้กลิ่นและรส ในไขมันหรือน้ำมันที่มีกรดลอริคสูง เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันเมล็ดปาล์ม พบสารจำพวกคีโตนโมเลกุลใหญ่ เช่น เมธิลโนนิลคีโตน (metyl nonyl ketone) และในน้ำมันและไขมันหลายชนิดที่มีกรดโอเลอิคและกรดลิโนเลอิค พบว่ามีสารไฮโดรคาร์บอนประเภทเทอร์พีน (terpenes) เป็นตัวทำให้เกิดกลิ่นและรส ในปริมาณดังนี้ น้ำมันปาล์มพบ 0.025 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันถั่วลิสง 0.019 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันฝ้าย 0.025 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันทานตะวัน 0.0135 เปอร์เซ็นต์

3. สารต้านหรือชลอการเหม็นหืน ที่สำคัญที่สุดและมีในไขมันหรือน้ำมันแทบทุกชนิด คือ โทโคเฟอรอล (tocopherol) หรือวิตามินอี และสารที่เป็นผลผลิตของปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างอ่อน ๆ ของโทโคเฟอรอล ที่สำคัญคือ โทโคควิโนน (tocoquinones) และโครแมน-5,6-ควิโนน (chroman-5, 6-quinone) ซึ่งเกิดจากแกมมา-โทโคเฟอรอล โดยสารชนิดหลังนี้มีสีแดงแก่ และเป็นสารที่ทำให้น้ำมันพืชมีสีคล้ำขึ้นเมื่อน้ำมันเกิดการออกซิเดชัน

2.2.3 ชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอดในอุตสาหกรรม (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

การทอดอาหารเป็นวิธีการที่ใช้อุณหภูมิสูง ซึ่งถ้าใช้อุณหภูมิที่สูงมากจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) และโพลิเมอไรเซชัน (polymerization) ที่ก่อให้เกิดสารพิษจากการทดลองกับสัตว์พบว่า ทำให้สัตว์ทดลองเจริญเติบโตช้า ตับ ไตผิดปกติ เกิดมะเร็งในกระเพาะอาหาร แต่ถ้ามีการควบคุมสภาวะ การทอดอย่างเหมาะสม จะไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับไขมันที่ใช้ทอดมากนักและไม่พบความเป็นพิษต่อสัตว์ทดลอง

การเลือกใช้น้ำมันที่มีความคงตัวดี เช่น น้ำมันปาล์ม หรือน้ำมันรำข้าว เมื่อเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่น เป็นปัจจัยที่ต้องพิจารณา เพราะการทอดอาหารแบบน้ำมันท่วม มักใช้น้ำมันในการทอดติดต่อกันเป็นเวลานาน นอกจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีแล้ว น้ำมันที่ใช้ทอดจะมีสีเข้มและความหนืดสูงขึ้น เกิดควันและฟองมากขึ้น ในประเทศแถบยุโรปมีการกำหนดข้อบังคับและแนะนำเพื่อผู้ประกอบการโดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารจานด่วนและภัตตาคาร เนื่องจากได้เล็งเห็นถึงความเสี่ยงของผู้บริโภค ข้อกำหนดที่ได้รวบรวมจากหลายประเทศสำหรับอุณหภูมิที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทอดและค่าต่างๆ ที่บ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอด ได้แก่ ไม่ควรทอดอาหารที่อุณหภูมิสูงกว่า 170 หรือ 180 องศาเซลเซียส น้ำมันต้องมีจุดเกิดควันไม่ต่ำกว่า 170 องศาเซลเซียส มีค่ากรด (acid value, AV) ไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ (Rossel., 2001) ค่าเปอร์ออกไซด์ไม่เกิน 10 meqO_2/kg และสารโพลาร์ไม่เกิน 25 กรัม/100 กรัมของน้ำมัน (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด และคณะ, 2548)

2.2.3.1 น้ำมันปาล์ม ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว 50 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันอิ่มตัว 49 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นสัดส่วน 1:1 กรดไขมันไม่อิ่มตัวส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยว ได้แก่กรดไขมันโอเลอิก 36.6 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กรดไขมันอิ่มตัว ประกอบด้วยกรดปาล์มิติก 43.5 เปอร์เซ็นต์ และกรดสเตียริก 4.3 เปอร์เซ็นต์ จากสัดส่วนของส่วนผสมดังกล่าวพบว่าน้ำมันปาล์มมีข้อเสียในแง่ของการมีกรดไขมันอิ่มตัวสูง เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่นดังตารางที่ 2.2 การที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูงจะส่งผลต่อปัญหาสุขภาพ เป็นสาเหตุของโรคหัวใจและหลอดเลือดอุดตัน แต่น้ำมันปาล์มมีคุณสมบัติพิเศษเหมาะแก่การใช้เป็นน้ำมันทอดที่ดีมาก เพราะมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ต่ำ หรือความไม่อิ่มตัวต่ำ เหมาะแก่การนำไปทอดอาหาร อาหารที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มจะกรอบ อร่อย ให้รสชาติที่แท้จริงของอาหารและเก็บได้นาน จึงนิยมนำน้ำมันปาล์มมาใช้ประกอบอาหารปรุงสำเร็จทันที (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด และคณะ, 2548) การวิจัยคุณสมบัติของน้ำมันปาล์มพบว่า น้ำมันปาล์มเป็นแหล่งรวมวิตามินอีปริมาณสูงสุดเมื่อเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่น วิตามินอีประกอบด้วยโทโคเฟอรอล โทโคไตรอีนอล ในรูปแอลฟา เบต้า แกมมา และเดลตา ซึ่งโทโคเฟอรอลเป็นสารต้านออกซิเดชันตามธรรมชาติ ทำให้น้ำมันไม่หืนง่าย และป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

ตารางที่ 2.2 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันพืช 7 ชนิด (กรัม/100กรัม)

ชนิดของน้ำมัน	กรดไขมันอิ่มตัว			กรดไขมันไม่อิ่มตัว			
	ปาล์มิติก	สเตียริก	ทั้งหมด	โอเลอิก	ลิโนเลอิก	ลิโนเลนิค	ทั้งหมด
น้ำมันข้าวโพด	10.9	1.8	12.7	24.2	58.0	0.7	82.9
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	22.7	2.3	25.9	17.0	51.5	0.2	69.7
น้ำมันมะกอก	11.0	2.2	13.5	72.5	7.9	0.6	82.1
น้ำมันปาล์ม	43.5	4.3	49.3	36.6	9.1	0.2	46.3
น้ำมันงา	8.9	4.8	14.2	39.3	41.3	0.3	81.4
น้ำมันถั่วเหลือง	10.3	3.8	14.4	22.8	51.0	6.8	81.2
น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน	5.9	4.5	10.3	19.5	65.7	-	85.2

ที่มา: ดัดแปลงจาก Charley (1982).

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.2 น้ำมันรำข้าว เป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว 80-85 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ กรดโอเลอิก 40-50 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลอิก 29-42 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลนิคน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และกรดปาล์มิโตเลอิก 0.2-0.4 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันอิ่มตัวเพียง 15-20 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ กรดปาล์มิติก 12-16 เปอร์เซ็นต์ กรดสเตียริก 1-3 เปอร์เซ็นต์ กรดอะราชิดิก 1 เปอร์เซ็นต์ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548) คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันรำข้าว คือมีจุดเกิดควันในช่วง 245-257 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าน้ำมันพืชทั่วไป จึงเหมาะในการประกอบอาหารโดยทอดแบบน้ำมันท่วม เพราะสามารถลดความเสี่ยงต่อการได้รับสารก่อมะเร็งจากสารโพลิเมอร์ที่เกิดจากการทอด ส่วนประกอบอื่นที่สำคัญในน้ำมันรำข้าว ได้แก่ วิตามินอีกลุ่มโทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอล วิตามินอีสองกลุ่มนี้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ แต่วิตามินอีกลุ่มโทโคไตรอีนอลต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่ากลุ่มโทโคเฟอรอล และช่วยลดระดับไขมันในเลือด ซึ่งพบโทโคไตรอีนอล ปริมาณสูงในน้ำมันรำข้าวรองจากน้ำมันปาล์ม และสารโอรีซานอลเป็นสารธรรมชาติซึ่งพบในน้ำมันรำข้าวเท่านั้น (ตารางที่ 2.3) โอรีซานอลนอกจากมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอีแล้ว ผลการวิจัยทางโภชนาการยังพบว่าการบริโภคโอรีซานอลสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด และปรับสมดุลของระบบฮอร์โมนในสตรีวัยทอง (Yoshino *et al.*, 1983)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณวิตามินอี และโอรีซานอล ในน้ำมันพืช (refined oil) ชนิดต่าง ๆ

น้ำมันพืช	วิตามินอี[1] (ppm)		โอรีซานอล[2] (ppm)	รวม (ppm)
	กลุ่มโทโคเฟอรอล	กลุ่มโทโคไตรอีนอล		
น้ำมันรำข้าว	287	558	2,000	2,845
น้ำมันมะกอก	51	-	-	51
น้ำมันข้าวโพด	888	47	-	935
น้ำมันคาโนลา	650	-	-	650
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	565	-	-	565
น้ำมันดอกคำฝอย	645	-	-	645
น้ำมันถั่วเหลือง	1,055	-	-	1,055
น้ำมันปาล์ม	371	659	-	1,030

หมายเหตุ ppm. = part per million หรือ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ที่มา : 1. Eitenmiller (1997) และ 2. Yoshino *et al.* (1983).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้น้ำมันรำข้าวยังประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว ซึ่งช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลที่ไม่ดี (LDL-C) ที่ทำให้เกิดการอุดตันในผนังหลอดเลือด และช่วยเพิ่มหรือรักษาระดับคอเลสเตอรอลที่ดี (HDL-C) แก่ร่างกาย พบว่าในน้ำมันรำข้าวมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูงรองจากน้ำมันมะกอกและน้ำมันคาโนลา (นัยนา บุญทวียุวัฒน์ และเรวดี จงสุวัฒน์, 2545) ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปริมาณกรดไขมันแต่ละประเภทในน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ

น้ำมันพืช	ปริมาณกรดไขมันแต่ละประเภทในน้ำมันพืชชนิด (เปอร์เซ็นต์ w/w)		
	กรดไขมันอิ่มตัว	กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว	กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน
น้ำมันมะกอก	14	77	9
น้ำมันคาโนลา	6	58	36
น้ำมันรำข้าว	18	45	37
น้ำมันถั่วเหลือง	16	24	60
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	12	21	67
น้ำมันข้าวโพด	13	20	62
น้ำมันปาล์ม	50	39	10

ที่มา: นัยนา บุญทวียุวัฒน์ และเรวดี จงสุวัฒน์ (2545).

2.2.4 ความคงตัวของน้ำมัน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

ความคงตัวของน้ำมันต่อปฏิกิริยาทางเคมีแต่ละชนิดมีผลต่อสมบัติของน้ำมันแตกต่างกันด้วย ซึ่งมีผลต่อการนำน้ำมันไปใช้ประโยชน์ เช่น ความคงตัวของกลิ่นและรสชาติ ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการนำน้ำมันไปทำน้ำมันสลัดและเนยขาว หรือความคงตัวของน้ำมันต่อความร้อนมีความจำเป็นสำหรับน้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร โดยความคงตัวของน้ำมันเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

2.2.4.1 ออกซิเดชันของกรดไขมัน เป็นปฏิกิริยาที่เกิดระหว่างออกซิเจนในอากาศกับพันธะคู่ในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอล เกิดเป็นออกซิไดซ์ไตรเอซิลกลีเซอรอล หรือสารประกอบเปอร์ออกไซด์ และสลายตัวให้สารประกอบที่มีจำนวนคาร์บอนสั้นลง การเกิดออกซิเดชันที่เป็นปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดกับไขมันและน้ำมันทุกชนิด ผลิตผลที่ได้จากปฏิกิริยาเหล่านี้ทำให้น้ำมันมีกลิ่นหืน ปฏิกิริยานี้สามารถเกิดได้ตลอดเวลาเมื่อไขมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ สารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาเหล่านี้ ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน อัลดีไฮด์ และอาจมีกรดอินทรีย์ คีโตน แอลกอฮอล์ เอสเทอร์ สารประกอบอะโรมาติก และอีพอกซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.2 ไฮโดรไลซิส เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่พันธะเอสเทอร์ ได้เป็นกรดไขมันอิสระ ซึ่งถ้าเป็นกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนเพียง 1-2 ตัว หรือเป็นกรดไขมันสายสั้น ๆ เช่นกรดไขมันในไขมันนม น้ำมันมะพร้าวหรือน้ำมันปาล์มเคอร์เนลจะเกิดกลิ่นหืนได้เร็ว เนื่องจากมีความสามารถในการระเหยได้ง่าย แต่สำหรับน้ำมันพืชที่มีองค์ประกอบเป็นกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนมาก ถึงแม้จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส แต่จะไม่มีกลิ่นหืน เพราะกรดไขมันเหล่านี้ไม่สามารถระเหยได้ อย่างไรก็ตาม ขณะที่ใช้น้ำมันในการทอดอาหารที่มีปริมาณของน้ำสูง และใช้ความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสอย่างรวดเร็ว และมีกรดไขมันอิสระเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากได้ ถึงแม้น้ำมันจะไม่มีกลิ่นหืน

2.2.4.3 อุณหภูมิ น้ำมันที่ดีต้องมีความคงตัวที่อุณหภูมิสูงประมาณ 200 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำมันได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูง จะเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชัน ได้เป็นโพลิเมอร์ซึ่งมีผลทำให้น้ำมันมีความหนืดเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำมันเกิดฟองได้ง่ายขณะทอด โดยสารโพลิเมอร์ที่เกิดขึ้นระหว่างการทอดนี้เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและความร้อน สารประกอบที่เป็นคะตะลิสต์และตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดโพลิเมอร์จากการออกซิเดชัน (oxidative polymerization) คือ แคโรทีน คลอโรฟิลล์ และโลหะ เช่น เหล็ก และทองแดง ในทางตรงกันข้าม สารฟอสฟาไทด์ วิตามินอี และสารต้านออกซิเดชัน จะช่วยยับยั้งการเกิดพอลิเมอร์จากการออกซิเดชันได้

2.3 การทอด (Frying)

การทอดเป็นกรรมวิธีที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพการบริโภคของอาหาร เนื่องจากเป็นวิธีการทำให้เกิดกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสเฉพาะตัวของอาหารทอด วัตถุประสงค์รองคือ การถนอมรักษาอาหารโดยการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ เอนไซม์ และลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ที่บริเวณผิวอาหารหรือตลอดชิ้นอาหาร อาหารที่ผ่านการทอดสามารถเก็บรักษาโดยการแช่เย็นได้นานหลายวัน อาหารซึ่งทอดให้แห้งอย่างทั่วถึง เช่น มันฝรั่งทอดกรอบ ขนมขบเคี้ยวธัญพืชหรือผลไม้อื่น ๆ จะมีอายุการเก็บรักษานาน 12 เดือนที่อุณหภูมิห้องและสามารถรักษาคุณภาพได้โดยการใช้บรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสม สำหรับกระบวนการทอดในระดับอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยว นิยมใช้การทอดแบบที่เรียกว่าการทอดแบบน้ำมันท่วม ประกอบด้วยการพาความร้อนในน้ำมันร้อนและการนำความร้อนสู่ภายในชิ้นอาหาร (วิไล รังสาดทอง, 2547)

2.3.1 หลักการกระบวนการทอด (วิไล รังสาดทอง, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการทอดอาศัยหลักการที่เกิดจากอุณหภูมิภายในชิ้นอาหารมีค่าต่ำกว่าจุดเดือดของของเหลวหรือสารละลายอื่น ๆ ในอาหาร แต่เนื่องจากของเหลวส่วนใหญ่ในอาหารเป็นน้ำ ดังนั้นจุดเดือดของของเหลวภายในชิ้นอาหารจึงใกล้เคียงกับจุดเดือดของน้ำ เมื่อวางชิ้นอาหารลงในน้ำมันที่ร้อน อุณหภูมิที่ผิวหน้าของอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและน้ำจะระเหยกลายเป็นไอ

ทำให้บริเวณผิวหน้าอาหารเริ่มแห้ง แนวระนาบการระเหยจะเคลื่อนที่เข้าไปในชิ้นอาหารและเกิดเปลือกนอกขึ้น อุณหภูมิที่ผิวอาหารจะเพิ่มขึ้นจนเท่ากับอุณหภูมิของน้ำมันร้อน และอุณหภูมิภายในจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำมันกับอาหารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวหน้าอาหารจะเป็นตัวควบคุมการถ่ายเทความร้อน ค่าการนำความร้อนของอาหารเป็นตัวควบคุมอัตราการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในเนื้ออาหาร บริเวณเปลือกนอกของอาหารมีลักษณะเป็นรูพรุนซึ่งประกอบด้วยท่อแคปิลารี่ขนาดต่าง ๆ น้ำและไอน้ำจะเคลื่อนที่ออกจากแคปิลารี่ช่องใหญ่ก่อนและถูกแทนที่ด้วยน้ำมันในระหว่างการทอด ความชื้นจะเคลื่อนที่ผ่านผิวอาหารและฟิล์มบาง ๆ ของน้ำมัน ความหนืดและความเร็วของการเคลื่อนที่ของน้ำมันเป็นตัวกำหนดความหนาของฟิล์ม ซึ่งมีผลต่ออัตราการถ่ายเทมวลและความร้อน ความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างความชื้นภายในอาหารและในน้ำมันจะเป็นตัวขับเคลื่อนความชื้น ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทอดจะสมบูรณ์ขึ้นอยู่กับชนิดอาหาร อุณหภูมิของน้ำมัน วิธีที่ใช้ในการทอด ความหนาของชิ้นอาหาร และความต้องการในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการบริโภค

อาหารซึ่งมีความชื้นอยู่ภายในจะถูกทอดจนกว่าจุดร้อนช้าที่สุดของอาหารจะได้รับความร้อนเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนหรือเพียงพอที่จะเปลี่ยนคุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสได้ตามที่ต้องการ

การคำนึงถึงปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์และความต้องการของผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวกำหนดอุณหภูมิในการทอด การทอดที่อุณหภูมิสูงช่วยลดเวลาและเพิ่มอัตราการผลิต อย่างไรก็ตามการทอดที่อุณหภูมิสูงเป็นการเร่งให้น้ำมันกลายเป็นกรดไขมันอิสระ ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืด สีและกลิ่นของน้ำมัน ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนน้ำมันบ่อยขึ้น จึงเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่าย สำหรับการทอดโดยใช้อุณหภูมิสูงทำให้เกิดจากการเดือดของอาหารอย่างรุนแรงและเกิดการสูญเสียน้ำมันที่ติดมากับไอน้ำ นอกจากนี้อุณหภูมิสูงยังทำให้เกิดการแตกตัวเป็นอะโครเลน (acrolein) ซึ่งเป็นควันสีน้ำเงินบนน้ำมัน และก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศได้

ปัจจัยสำคัญสำหรับการกำหนดอุณหภูมิในการทอดอาหาร คือลักษณะความต้องการของผลิตภัณฑ์ การใช้อุณหภูมิสูงสำหรับการทอดอาหารทำให้มีเปลือกนอกแห้งและมีความชื้นภายในชิ้นอาหาร การเกิดเปลือกนอกอย่างรวดเร็วจะเป็นการปิดกั้นไม่ให้น้ำเคลื่อนที่ออกไปจากอาหารและลดอัตราการถ่ายเทความร้อนไปยังด้านในชิ้นอาหาร ชิ้นอาหารจึงยังคงรักษาเนื้อสัมผัสที่นุ่มชื้นและกลิ่นรสของสารประกอบในอาหารไว้ได้ การทำให้อาหารแห้งโดยการทอดจะใช้การทอดที่อุณหภูมิต่ำกว่า จึงทำให้ระนาบการระเหยเคลื่อนที่ลึกลงไปในอาหารก่อนเกิดเปลือกนอก อาหารจึงแห้งก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นและสีที่รุนแรง

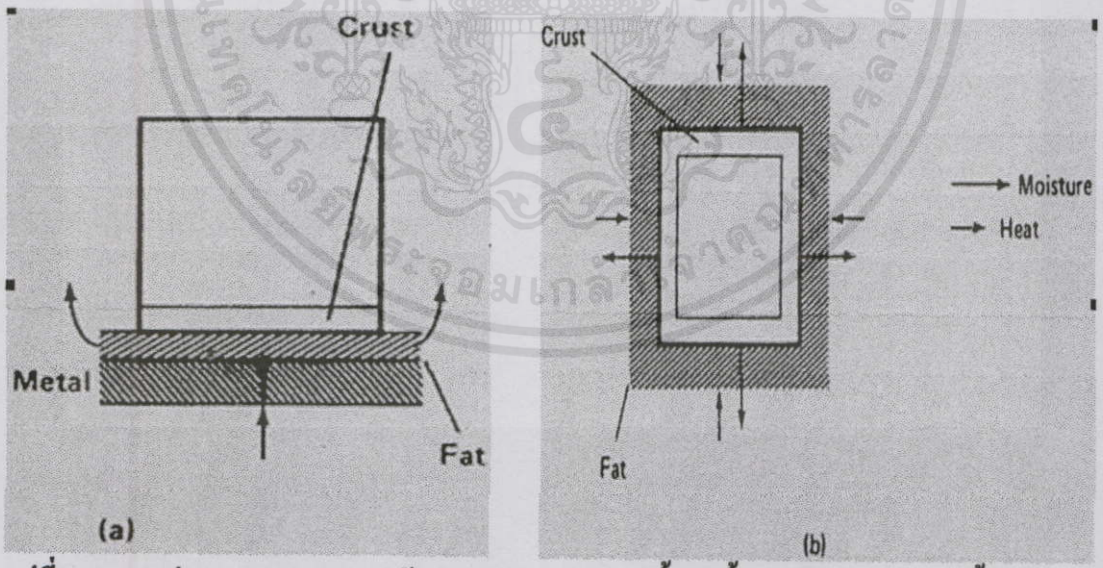
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 วิธีการทอดทางอุตสาหกรรม (วิไล รังสาดทอง, 2547)

วิธีการทอดทางอุตสาหกรรมที่สำคัญมี 2 วิธี จำแนกโดยการถ่ายเทความร้อน

2.3.2.1การทอดแบบน้ำมันตื้น ซึ่งเหมาะสำหรับอาหารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง เช่น เบคอน ไข่ เบอร์เกอร์ และพายชนิดต่าง ๆ ความร้อนจากผิวของกระทะร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านชั้นน้ำมันบาง ๆไปยังอาหาร (รูปที่ 2.3) ความหนาของชั้นน้ำมันแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของผิวหน้าอาหาร ถ้าชั้นน้ำมันบางจะทำให้ฟองไอน้ำเดือดจะทำให้อาหารเคลื่อนที่ขึ้นลงบนผิวร้อนของกระทะ การกระจายความร้อนจึงไม่สม่ำเสมอ ทำให้ผิวหน้าของอาหารที่ทอดแบบน้ำมันตื้นมีสีน้ำตาลไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามการทอดแบบนี้ให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวสูง (200-450 วัตต์/เมตร^{2}เคลวิน)

2.3.2.2 การทอดแบบน้ำมันท่วม มีการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนในน้ำมันร้อนและการนำความร้อนเข้าสู่ภายในชิ้นอาหาร ผิวอาหารทั้งหมดจะได้รับความร้อนใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดสีและลักษณะภายนอกที่สม่ำเสมอ (รูปที่ 2.3) การทอดแบบน้ำมันท่วมเหมาะสำหรับอาหารทุกรูปร่าง แต่อาหารที่มีรูปร่างไม่แน่นอนจะอมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีรูปร่างแน่นอน สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนก่อนเกิดการระเหยเท่ากับ 250-300 วัตต์/เมตร^2 เคลวิน และเพิ่มขึ้นเป็น 800-1000 วัตต์/เมตร^{2}เคลวิน เนื่องจากเกิด turbulent ของไอที่หนีออกจากอาหาร อย่างไรก็ตามอัตราการระเหยน้ำสูงเกินไปจะทำให้เกิดฟิล์มบาง ๆของไอน้ำบนผิวของอาหารทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนลดลง



รูปที่ 2.3 การถ่ายเทมวลและความร้อน (a) การทอดแบบน้ำมันตื้น; (b) การทอดแบบน้ำมันท่วม
ที่มา : ดัดแปลงจาก วิไล รังสาดทอง (2547).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ผลของความร้อนต่ออาหารและน้ำมันที่ใช้ในการทอด (วิไล รังสาดทอง, 2547)

เมื่อนำอาหารไปทอดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านเคมีและกายภาพ ประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น และรสบริเวณเปลือกนอกของอาหาร โดยอาศัยปฏิกิริยาเมลลาร์ดและการดูดซับสารระเหยจากน้ำมัน ปัจจัยหลักที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่นของอาหารได้แก่ ชนิดของน้ำมันที่ใช้ในการทอด อายุและคุณสมบัติด้านความร้อนของน้ำมัน อุณหภูมิและระยะเวลาการทอด ขนาดและลักษณะผิวหน้าของอาหาร รวมถึงการจัดการกับอาหารหลังทอด

Bunnel และ Tabacchi (1965) พบการสูญเสียวิตามินอี 77 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ สำหรับมันฝรั่งที่ผ่านการทอด ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นที่อัตราใกล้เคียงกันแม้จะเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า และมันฝรั่งทอดเกิดการสูญเสียวิตามินอี 74 เปอร์เซ็นต์ภายใต้การแช่เยือกแข็งในระยะเวลาใกล้เคียงกัน วิตามินที่ละลายน้ำซึ่งไวต่อความร้อนหรือออกซิเจนก็ถูกทำลายโดยการทอดภายใต้สภาวะเดียวกัน

การทอดเป็นกรรมวิธีทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและมวลโดยการเคลื่อนที่ของน้ำมันเข้าในชิ้นอาหารพร้อมกับการเคลื่อนที่ของน้ำออกจากอาหารในรูปของไอน้ำไปยังน้ำมัน การทดลองรายงานว่าปริมาณของน้ำมันในผลิตภัณฑ์ขึ้นกับอุณหภูมิที่ใช้ทอดและปริมาณน้ำในอาหาร นอกจากนี้ยังขึ้นกับระยะเวลาที่ทอด และการเตรียมชิ้นอาหารก่อนนำไปทอด รวมทั้งคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของอาหารและน้ำมันที่ใช้ทอด สำหรับการทอดโดยให้ความร้อนแก่น้ำมันที่อุณหภูมิสูงกว่า 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน ทำให้น้ำมันเกิดการออกซิเดชันได้ง่าย เนื่องจากมีความชื้นและออกซิเจนเคลื่อนที่ออกจากอาหารระหว่างทอด การออกซิไดซ์วิตามินที่ละลายได้ในไขมันทำให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เรตินอล แคโรทีนอยด์ และโทโคเฟอรอลจะถูกทำลายไป ทำให้สีและกลิ่นของน้ำมันเปลี่ยนไป โมเลกุลของน้ำมันจะเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนและให้โพลิเมอร์ที่มีโมเลกุลสูงหรือให้สารประกอบไซคลิก ทำให้ความหนืดของน้ำมันมากขึ้น และเกิดฟองเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลไปลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวระหว่างการทอด มีผลให้ความตึงผิวของน้ำมันลดลงเมื่อถูกให้ความร้อนเป็นเวลานาน จึงทำให้อาหารดูดซับน้ำมันมากขึ้น

การเปลี่ยนแปลงบางอย่างที่เกิดขึ้นในน้ำมันระหว่างการทอด (รูปที่ 2.4) ได้แก่

1) การไฮโดรไลซิส เกิดขึ้นจากการที่ไขมันหรือน้ำมันได้รับความร้อนสูง เช่น ขณะทอดอาหารที่มีปริมาณน้ำสูง ไขมันหรือน้ำมันจะถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล เมื่อได้รับความร้อนสูงขึ้น กลีเซอรอลจะสลายตัวได้สารพวกอะโครเลน ซึ่งเป็นสารระเหยและมีกลิ่นเหม็น

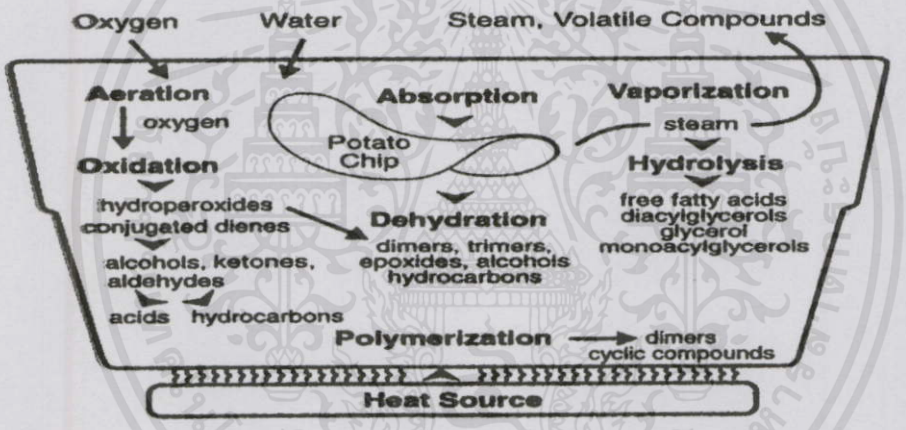
2) การออกซิไดซ์ไขมัน ทำให้เกิดสารประกอบหลายชนิดที่สามารถระเหยได้ เช่น สารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) คอนจูเกตเตทไดอีโนอิกแอซิด (conjugated dienoic acid) อีพอกไซด์ (epoxide) ไฮดรอกไซด์ (hydroxide) และคีโตน (ketone) สารประกอบเหล่านี้อาจแตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวต่อได้อีก หรือยังคงเป็นโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์หรือเกิดพันธะข้าม (cross-link) ซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดไดเมอริกและโพลิเมอร์ไตรกลีเซอไรด์ที่สูงขึ้น

3) โมเลกุลของไขมันจะมาต่อกัน ได้เป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้น ซึ่งได้มีการทดลองให้ความร้อนแก่ไขมันโดยมีหรือไม่มีออกซิเจนด้วยที่อุณหภูมิ 200-300 องศาเซลเซียส เป็นเวลาหลายวันโดยไม่ได้ใส่อาหารลงไปทอดด้วย เมื่อนำไขมันนี้ไปเลี้ยงสัตว์ทดลองปรากฏว่าให้ผลเป็นพิษและขัดขวางการเจริญเติบโต โมเลกุลใหญ่ที่เกิดจากการต่อกันของโมเลกุลไขมันที่อุณหภูมิสูงนี้ จะไม่สามารถถูกดูดซึมได้ในทางเดินอาหาร

4) การเกิดพันธะใหม่ระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนโดยไม่มีอะตอมของออกซิเจนในโมเลกุลของไขมัน ถ้าพันธะเหล่านี้เกิดขึ้นในกรดไขมันหนึ่งโมเลกุลจะทำให้เกิดกรดไขมันแบบต่อกันเป็นวง ซึ่งโมเลกุลเหล่านี้ถ้าเกิดพันธะระหว่างกรดไขมัน 2 โมเลกุล อาจเกิดภายในโมเลกุลเดียวกันหรือระหว่างโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ทำให้เกิดสารประกอบไดเมอร์ และถ้าเกิดพันธะข้ามระหว่างโมเลกุลเหล่านี้ต่อไปจะทำให้เกิดโพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้นอีก



รูปที่ 2.4 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการทอดอาหารแบบน้ำมันท่วม
ที่มา: Fritsch (1981).

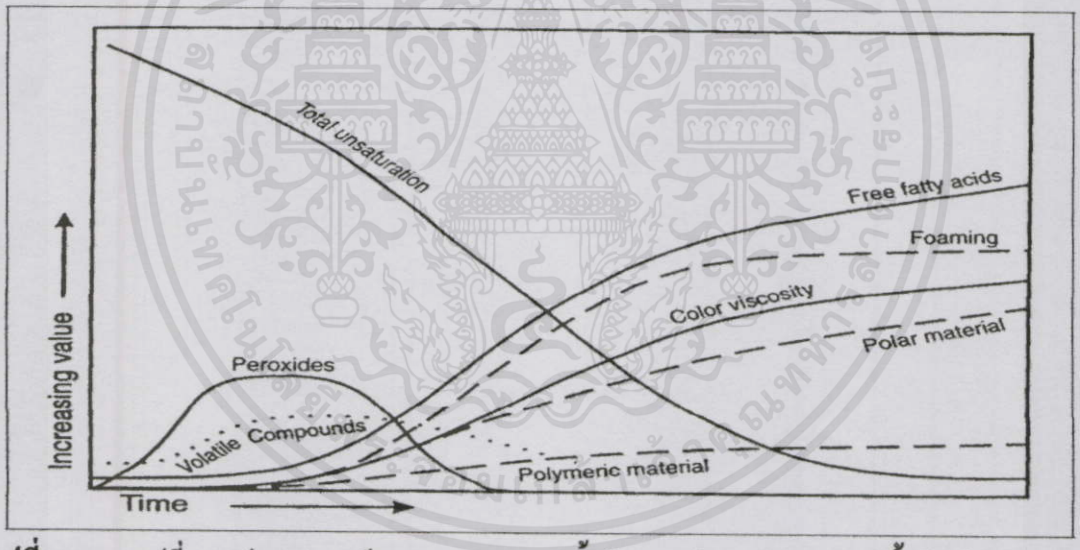
การทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นกระบวนการที่ทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวของน้ำมันและจุดเกิดควันลดลง ทำให้ฟองในน้ำมัน สี ความหนืด ความหนาแน่น ค่าความร้อนจำเพาะ และปริมาณกรดไขมันอิสระ สารประกอบคาร์บอนิล และสารประกอบมีขั้วเพิ่มขึ้น (ดังรูปที่ 2.5) นอกจากนั้นการทอดแบบน้ำมันท่วมยังให้ผลผลิตเป็นสารประกอบของกลิ่นรส (flavor complex) ทั้งที่ต้องการและไม่ต้องการ เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านความคงตัวและคุณภาพของกลิ่นรสในอาหารและเนื้อสัมผัสของอาหารที่นำมาทอด รวมทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางโภชนาการของอาหาร โดยทำให้กรดไขมันจำเป็นที่มีภายในน้ำมันลดลง (Choe and Min, 2007)

การทอดแบบน้ำมันท่วม ทำให้เกิดสารประกอบระเหยได้ (volatile compound) และระเหยไม่ได้ (non volatile compound) ในน้ำมันระหว่างทอด แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

1. สารประกอบสลายตัวที่ระเหยได้ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไอน้ำภายในบรรยากาศ และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีต่อไปในน้ำมันหรือถูกดูดซับไว้ในชิ้นอาหารทอด สารประกอบสลายตัวที่ระเหยได้ในน้ำมันทอด ได้แก่ สารไฮโดรคาร์บอน คีโตน อัลดีไฮด์ แอลกอฮอล์ เอสเทอร์ และแลคโตน สารกลุ่มนี้ทำให้เกิดกลิ่นรสในอาหารทอด ซึ่งเป็นกลิ่นรสเฉพาะตัวของอาหารทอด

2. สารประกอบสลายตัวที่ระเหยไม่ได้ สารที่ไม่สามารถระเหยได้เหล่านี้จะยังคงอยู่ในน้ำมันทอด ส่วนใหญ่เกิดขึ้นระหว่างการเกิดออกซิเดชันและโพลิเมอไรเซชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมัน โดยส่วนนี้มีผลต่อความคงตัวของกลิ่นรส คุณภาพและเนื้อสัมผัสของอาหารทอด ระหว่างการเก็บรักษาอาหาร สารที่เกิดขึ้นนอกจากจะลดคุณภาพของน้ำมันแล้วยังถูกดูดซับเข้าไปในอาหารอีกด้วย พบว่าสารเหล่านี้เป็นสาเหตุทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันเสียไปจากเดิม เช่น ความหนืดเพิ่มขึ้น เกิดฟองมากขึ้น และสีของน้ำมันเปลี่ยนไปพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น โมโนกลีเซอไรด์ สารไดเมอร์ ไตรเมอร์ และโพลิเมอร์ของไตรเอซิลกลีเซอรอล ซึ่งเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง รวมทั้งการเกิดกรดไขมันอิสระ



รูปที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของน้ำมันระหว่างการทอดแบบน้ำมันท่วม
ที่มา : Choe และ Min (2007).

2.3.4 การดูดซับน้ำมันในอาหารที่ทอดแบบน้ำมันท่วม

การทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นกรรมวิธีที่ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร เพราะอาหารที่ได้มีลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสและรสชาติเฉพาะตัวที่ดีของอาหารทอดซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์อาหารทอดเหล่านี้มีไขมันมากประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ (Funami and Funami, 1999) ซึ่งในปัจจุบันผู้บริโภคมีแนวโน้มต้องการผลิตภัณฑ์ที่ลดไขมัน จึงมีผู้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอด ดังนี้

81356

2.3.4.1 อุณหภูมิและระยะเวลาในการทอด

การเพิ่มอุณหภูมิในการทอดให้สูงจะเป็นการลดระยะเวลาในการทอด จึงเป็นการลดการดูดซับน้ำมัน การใช้อุณหภูมิสูงในการทอดอาหารจะทำให้สารในส่วนผสมแข็งตัวหรือผิวนอกของอาหารแข็งซึ่งจะไปป้องกันการดูดซึมน้ำมันแม้จะทอดเป็นเวลานานก็ตาม สำหรับอุณหภูมิที่ใช้ทอดนั้นจะมีผลต่อการดูดซึมน้ำมันของอาหารโดยทางอ้อม ถ้าใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำก็จำเป็นจะต้องใช้เวลาในการทอดนานจึงจะเกิดสีน้ำตาลตามต้องการได้ ดังนั้นทำให้การดูดซึมน้ำมันมากขึ้น

Varela และ Ruiz-Ruso (1998) รายงานว่าปริมาณการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการทอดขึ้นกับอุณหภูมิและระยะเวลาของการทอด โดยศึกษาพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการทอดสูงขึ้นมีผลทำให้การดูดซับน้ำมันในชิ้นอาหารลดลง ยกเว้นช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 150-180 องศาเซลเซียส การดูดซับน้ำมันไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ และทั่วไปการดูดซับน้ำมันจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทอดนานขึ้น แต่กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการทอดกับการดูดซับน้ำมันในอาหารไม่เป็นเส้นตรง

2.3.4.2 ปริมาณความชื้นของอาหาร

ถ้าหากมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์สูงจะทำให้การดูดซึมน้ำมันมากยิ่งขึ้น ในทางตรงกันข้าม หากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นต่ำ ถือว่ามีปริมาตรในชิ้นอาหารน้อย เป็นผลให้น้ำมันดูดซับเข้าไปแทนที่น้ำในชิ้นอาหารน้อยลงและช่วยลดระยะเวลาในการทอดได้ นอกจากนี้การลดปริมาณความชื้นเริ่มต้นในอาหารยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์หลังทอดมีเนื้อสัมผัสที่ดี ผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณน้ำมันต่ำ เพราะน้ำมันซึมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์อาหารได้น้อยลง

Talburt และคณะ (1987) พบว่าเมื่อนำชิ้นอาหารไปลวกในน้ำร้อนและทำแห้งโดยใช้ลมร้อน มีผลทำให้การดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอดลดลง และถ้าหากใช้อุณหภูมิที่สูงในการทอดก็จะทำให้ได้ผลเช่นเดียวกัน

2.3.4.3 คุณภาพด้านเคมี กายภาพและองค์ประกอบของน้ำมัน

การดูดซึมน้ำมัน และการเสื่อมคุณภาพของน้ำมัน เช่น กรดไขมันอิสระ สี เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาและจำนวนครั้งของการทอด โดยระหว่างการทอดอาหารพบว่าเกิดปฏิกิริยาเคมีหลายชนิด เช่น ปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชัน ทำให้เกิดสารโพลิเมอร์ตกค้างในน้ำมัน ทำให้น้ำมันมีความหนืดเพิ่มขึ้น เกิดการดูดซึมน้ำมันในชิ้นอาหารเพิ่มขึ้น และปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกิริยานี้ คือ น้ำ เมื่อนำน้ำมันที่ใช้แล้วไปทอดอาหารซ้ำหลายครั้ง น้ำมันจะมีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น มีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น และมีผลทำให้การถ่ายเทความร้อนที่ผิวหน้าระหว่างน้ำมันและอาหารได้ไม่ดีเท่าที่ควร อาหารทอดจะดูดซับน้ำมันได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Alim และ Morton (1974) พบว่าคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ในการทอดมีผลต่อการดูดซับน้ำมันของอาหารทอด เช่นถ้าน้ำมันที่ใช้ซ้ำหลายครั้ง จะมีความหนืดสูงขึ้น เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำมันถูกย่อยสลาย มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกลายเป็นสารประกอบที่มีขั้วเพิ่มขึ้นและมี

น้ำหนักโมเลกุลสูงมากขึ้นส่งผลต่อคุณลักษณะทางโภชนาการของอาหารที่ผ่านการทอด ซึ่งมีผลซึ่งส่งผลทำให้การดูดซับน้ำมันที่บริเวณผิวของชิ้นอาหารมากขึ้น

2.3.4.4 องค์ประกอบและรูปร่างของอาหาร

Stutz และ Burris (1948) พบว่า ถ้านำมันฝรั่งแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ หรือแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 5-10 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปทอดมีผลช่วยลดการดูดซึมน้ำมันระหว่างการทอด

Gamble และ Rice (1988) พบว่าความหลากหลายของอาหาร เกิดจากองค์ประกอบภายในอาหาร ได้แก่ ปริมาณความชื้น รูปร่างหรือพื้นที่ผิวสัมผัสของชิ้นอาหาร อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักอาหาร รวมทั้งขนาดและจำนวนรูพรุนของชิ้นอาหารล้วนมีผลต่อปริมาณการดูดซับน้ำมันของอาหารทอด โดยพบว่าถ้าพื้นที่ผิวของชิ้นอาหารมากขึ้น อาหารจะดูดซับน้ำมันในปริมาณมากด้วย ถ้าหากชิ้นอาหารมีพื้นผิวหยาบ และมีรูปร่างไม่แน่นอนจะมีโอกาสในการดูดซับน้ำมันมากกว่าชิ้นอาหารที่มีรูปร่างแน่นอน

2.4 แนวทางการลดน้ำมันดูดซับในอาหารทอด

โดยทั่วไปการลดปริมาณความชื้นในอาหารโดยทำแห้งระบบใช้ลมร้อน การลวก การลดปริมาณความชื้น หรือวิธีการเคลือบด้วยสารละลายน้ำตาลหรือเกลือ ก่อนนำไปทอดสามารถลดการดูดซึมน้ำมันได้ มีผู้ศึกษาวิธีลดน้ำมันดูดซับในอาหารทอดหลายวิธี ซึ่งมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน ดังนี้

Califano และ Calvelo (1987) รายงานว่าขั้นตอนการลวกมันฝรั่ง ก่อนนำไปทอดแบบน้ำมันท่วม สามารถลดปริมาณการดูดซับน้ำมันได้ เนื่องจากกลไลการเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งที่บริเวณเปลือกนอกของชิ้นอาหาร ซึ่งการเกิดเจลมีผลทำให้รูพรุนของชิ้นมันฝรั่งลดลง น้ำมันจึงซึมเข้าไปในชิ้นมันฝรั่งน้อยลง

Aguilar และคณะ (1997) พบว่าการลวกมันฝรั่งในน้ำที่ 55-70 องศาเซลเซียส ก่อนทอดเป็นการกระตุ้นให้เอนไซม์ pectinesterase ทำงาน และเป็นผลให้เกิดปฏิกิริยาซึ่งช่วยลดรูพรุนบริเวณผิวหน้าของชิ้นอาหาร ทำให้ลดการดูดซับน้ำมันในชิ้นอาหารทอด แต่ตรงกันข้ามกับ Alvarez และคณะ (2000) พบว่าการลวกมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 97 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ก่อนการทอด มันฝรั่งมีปริมาณน้ำมันดูดซับมากกว่าชิ้นมันฝรั่งที่ไม่ลวกก่อนการทอด

Krokida และคณะ (2001) ลดความชื้นอาหารก่อนนำไปทอดด้วยวิธีออสโมติก โดยแช่ชิ้นมันฝรั่งในสารละลายน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ สารละลายน้ำตาล สารละลายโซเดียมคลอไรด์ มอลโตเด็กซ์ตริน12 และมอลโตเด็กซ์ตริน21 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนนำไปทอด พบว่ามันฝรั่งทอดมีปริมาณน้ำมันดูดซับต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการแช่ในสารละลาย

Garayo และ Moreira (2002) พบว่าการทอดมันฝรั่งในเครื่องทอดแบบสุญญากาศอาจเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการลดปริมาณการดูดซับน้ำมันในมันฝรั่งทอด ซึ่งเป็นการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและกลิ่นของอาหาร

Garcia และคณะ (2002) ศึกษาการเคลือบผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด และแป้งทอดด้วยสารเคลือบ 2 ชนิด คือ เมทธิลเซลลูโลสและไฮดรอกซีโพรพิลเมทธิลเซลลูโลส พบว่าการเคลือบด้วยสารเมทธิลเซลลูโลสสามารถลดการดูดซึมน้ำมันได้ดีกว่าไฮดรอกซีโพรพิลเมทธิลเซลลูโลส นอกจากนี้ยังศึกษาผลของการใช้สารซอร์บิทอลร่วมกับเมทธิลเซลลูโลส พบว่า สูตรการผลิตสารเคลือบที่ดีที่สุดสำหรับเคลือบมันฝรั่งทอด คือ เมทธิลเซลลูโลส 1 เปอร์เซ็นต์ กับซอร์บิทอล 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสำหรับแป้งทอด คือ เมทธิลเซลลูโลส 1 เปอร์เซ็นต์ กับซอร์บิทอล 0.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถลดปริมาณน้ำมันในมันฝรั่งทอดได้ 40.6 เปอร์เซ็นต์ และลดปริมาณน้ำมันในแป้งทอด 35.2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้พบว่า ปริมาณความชื้นในมันฝรั่งทอดและแป้งทอดเพิ่มขึ้น 6.3 เปอร์เซ็นต์ และ 25.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Moyano และคณะ (2002) ลวกมันฝรั่งในสารละลายโซเดียมไพโรฟอสเฟตที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที ก่อนแช่ลงในสารละลายคอร์นไซรัป DE 42: สารละลายโซเดียมคลอไรด์ในสัดส่วน 50: 3 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ซึ่งทำการลวกเพียงอย่างเดียว ก่อนทอดแบบน้ำมันท่วมในน้ำมันเมล็ดทานตะวัน พบว่า การแช่ชิ้นมันฝรั่งในสารละลายก่อนทอด สามารถลดการดูดซึมน้ำมันในมันฝรั่งทอดได้ โดยมันฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3 เปอร์เซ็นต์ ลดการดูดซึมน้ำมันได้มากที่สุด

Bunger และคณะ (2003) ศึกษาวิธีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด เพื่อลดการดูดซับน้ำมัน โดยแช่มันฝรั่งในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 3 หรือ 7 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 20 หรือ 50 นาที พบว่าการแช่มันฝรั่งในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 50 นาที ก่อนทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส สามารถลดการดูดซับน้ำมันได้ดีที่สุด ซึ่งลดปริมาณน้ำมันในมันฝรั่งทอดลง 0.03 กรัมของน้ำมัน/กรัมของมันฝรั่งแห้ง และได้มันฝรั่งทอดที่มีเนื้อสัมผัสที่ดี

Rimac และคณะ (2004) ศึกษาวิธีลดปริมาณน้ำมันดูดซับในมันฝรั่งทอด โดยลวกมันฝรั่งในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์หรือซิตริกแอซิด จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส 1 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปทอด โดยใช้น้ำมันทดสอบแตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันพืชและน้ำมันปาล์ม พบว่าน้ำมันที่ใช้ทอดไม่มีผลต่อการดูดซับน้ำมัน แต่การปรับปรุงวิธีการก่อนการทอด มีผลทำให้ลดการดูดซับน้ำมันในมันฝรั่งทอดได้ โดยมันฝรั่งที่ลวกในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แล้วนำไปแช่ในสารละลายคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสก่อนนำไปทอด สามารถลดการดูดซับน้ำมันได้ถึง 54 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Moyano และ Pedreschi (2006) ปรับปรุงวิธีการเตรียมชิ้นมันฝรั่งก่อนทอด โดยแบ่งเป็น 2 วิธี วิธีที่หนึ่งลวกชิ้นฝรั่งก่อนทอด และวิธีที่สองลวกและลดความชื้นมันฝรั่งลงก่อนทอดแบบน้ำมันท่วมในน้ำมันเมล็ดทานตะวันที่อุณหภูมิ 120 150 และ 180 องศาเซลเซียส พบว่ามันฝรั่งที่ลวกและลดความชื้นก่อนทอดที่ทุกอุณหภูมิทุกระดับมีการดูดซับน้ำมันน้อยกว่าการลวกมันฝรั่งเพียงอย่างเดียว และยังพบว่าการลวกชิ้นมันฝรั่งเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3.5 นาที มันฝรั่งมีการดูดซับน้ำมันมากกว่าตัวอย่างควบคุม และพบว่าการทอดเป็นเวลา 3 นาที ระดับอุณหภูมิของการทอดที่ 180 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มของการลดปริมาณน้ำมันดูดซับเมื่อเปรียบเทียบกับการทอดที่อุณหภูมิต่ำกว่า

Akdeniz และคณะ (2006) ศึกษาวิธีการลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์แครอททอด โดยการแช่ชิ้นแครอทลงในสารไฮโดรคอลลอยด์ 4 ชนิด ได้แก่ ไฮดรอกซีโพรพิลเมทธิลเซลลูโลส กัวร์กัม (guar gum) แซนแทนกัม (xanthan gum) และสารผสมระหว่างกัวร์กัมกับแซนแทนกัม จากนั้นนำไปทอดที่ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 3 และ 4 นาที พบว่าการแช่ชิ้นแครอทในสารผสมระหว่างกัวร์กัมกับแซนแทนกัม เพื่อเคลือบบนบริเวณผิวนอกของชิ้นแครอท สามารถลดการดูดซับน้ำมันในชิ้นแครอทได้ถึง 53 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมเมื่อทอดเป็นระยะเวลา 4 นาที เนื่องจากการเคลือบฟิล์มเป็นการลดการสูญเสียความชื้นในชิ้นอาหารขณะทอด จึงเป็นการลดการดูดซับน้ำมันด้วย

Pedreschi และคณะ (2007) ศึกษาวิธีการลดการดูดซับน้ำมันในมันฝรั่งทอด โดยแช่ชิ้นมันฝรั่งในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 3 5 8 และ10 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 5 นาที หลังจากนั้นนำไปลวกที่ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3.5 นาที เปรียบเทียบผลการทดลองกับตัวอย่างสูตรควบคุม (ลวก แต่ไม่แช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์) พบว่ามันฝรั่งที่ผ่านการลวกและแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที ก่อนนำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสมีการดูดซับน้ำมันน้อยที่สุด

Mai Tran และคณะ (2007) ศึกษาวิธีการลดปริมาณน้ำมันในมันฝรั่งทอดกรอบโดยใช้วิธีการแช่ในน้ำเชื่อมก่อนนำไปทอด โดยลวกและทำให้แห้งก่อนนำไปแช่ในน้ำเชื่อมความเข้มข้น 23.07 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 วินาที แล้วนำไปทอดที่ 180 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณน้ำมันดูดซับลดลง 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นมันฝรั่งที่ไม่ได้แช่ในน้ำเชื่อมก่อนทอด โดยพบว่าชิ้นมันฝรั่งที่แช่ในน้ำเชื่อมมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น 3 เปอร์เซ็นต์ แต่ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งที่ไม่ได้แช่น้ำเชื่อมก่อนทอดมีปริมาณน้ำตาลเพียง 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเหตุผลของการเพิ่มปริมาณน้ำตาลนี้ทำให้ชิ้นมันฝรั่งมีความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) หรือปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น ทำให้ชิ้นอาหารเหลือช่องว่างในชิ้นอาหารลดน้อยลงจึงลดการดูดซับน้ำมันในชิ้นอาหารลง นอกจากนี้ยังทดสอบว่าการแช่อาหารในน้ำเชื่อมโดยไม่ผ่านการทำแห้งก่อนนำไปทอดสามารถลดการดูดซับน้ำมันในอาหารทอดได้หรือไม่ โดยวิธีที่ 1 ทำชิ้นอาหารให้แห้งโดยไม่มีการแช่อาหารในน้ำเชื่อม วิธีที่ 2 ทำชิ้นอาหารให้แห้งและแช่อาหารในน้ำเชื่อมก่อนนำไปทอด มันฝรั่งทอดที่ทำให้แห้งหรือลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นลงก่อนแช่ในน้ำเชื่อม พบว่ามีปริมาณน้ำมันดูดซับลดลง 30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่าการแช่ชิ้นมันฝรั่งในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ก่อนทอด สามารถลดปริมาณน้ำมันดูดซับได้ 22.2 เปอร์เซ็นต์ (Bunger *et al.*, 2003) ซึ่งจะเห็นว่าสารละลายน้ำตาลไม่เพียงแต่ใช้เพื่อปรุงแต่งอาหารให้มีรสชาติที่ดีขึ้นเท่านั้น แต่ยังใช้เป็นสารเคลือบเพื่อให้มีผลต่อการลดปริมาณน้ำมันดูดซับในอาหารได้

Ikoko และ Kuri (2007) ศึกษาผลการลดปริมาณความชื้นในกล้วยดิบ (plantain) ด้วยวิธีออสโมติก โดยลวกกล้วยที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ก่อนนำกล้วยที่หั่นเป็นชิ้นแช่ในสารละลาย 3 ชนิด และใช้ชิ้นกล้วยที่แช่ในน้ำเป็นตัวอย่างควบคุม วิธีที่ 1 แช่ชิ้นกล้วยในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ (w/w) วิธีที่ 2 แช่ชิ้นกล้วยในสารละลายเกลือความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ (w/w) และวิธีที่ 3 แช่ชิ้นกล้วยในสารละลายที่ผสมระหว่างน้ำตาลกับเกลือในอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 10 นาที ก่อนนำไปทอดให้ท่วมในน้ำมันเมล็ดทานตะวันที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 1 2 5 และ10 นาที พบว่าวิธีออสโมติกสามารถลดปริมาณน้ำมันดูดซับในผลิตภัณฑ์กล้วยทอดประมาณได้ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมโดยวิธีการแช่กล้วยในสารละลายเกลือสามารถลดการดูดซับน้ำมันได้มากที่สุด รองลงมาคือกล้วยที่แช่ในสารละลายน้ำตาล และปริมาณน้ำมันจะมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการทอดนานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

1. กล้วยน้ำว้าดิบที่อายุความสุก 80 เปอร์เซ็นต์ ซื้อจากตลาดหัวตะเข้
2. น้ำตาลทราย
3. เกลือป่น
4. น้ำมันรำข้าว ยี่ห้อคิง
5. น้ำมันปาล์ม ยี่ห้อมรกต

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องทอดอาหารแบบน้ำมันท่วม ยี่ห้อ Fritel รุ่น FRI-3505
2. เครื่องสไลด์ไฟฟ้า ยี่ห้อ Severin รุ่น AS 2948
3. ตู้อบลมร้อน (hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น PJ-300
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ AND รุ่น HR-200
5. เครื่อง UV-visible spectrophotometer ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV-1601
6. เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-300
7. เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Stable Microsystems รุ่น TA.XT2i
8. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน ยี่ห้อ Gerhardt รุ่น SOX416+MultiStat control
9. เตาไฟฟ้า (hot plate)
10. ตู้อบลมร้อนแบบถาด (tray dryer)
11. โถดูดความชื้น (desiccator)
12. ถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ขวดรูปชมพู่ (erlenmayer flask) 250 มล.
14. ขวดปริมาตร 1,000 และ 500 มล.
15. บีกเกอร์
16. บิวเรต
17. กระบอกตวง 250 มล.
18. นาฬิกาจับเวลา
19. เทอร์โมมิเตอร์
20. กระดาษกรองเบอร์ 4 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 มม.
21. มีด
22. ช้อนสำหรับคน
23. อุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส เช่น ถาด แก้วน้ำ

3.3 สารเคมีที่สำคัญ

1. ปิโตรเลียมอีเทอร์ 40/60
2. เอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์
3. ฟีนอล์ฟธาลีน 1 เปอร์เซ็นต์
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์
5. โพแทสเซียมไอโอไดด์
6. โซเดียมไธโอซัลเฟต
7. คลอโรฟอร์ม
8. กรดอะซิติก
9. เมธิลีนคลอไรด์
10. นิกเกิลซัลเฟต
11. ไฮโดรคลอริก

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

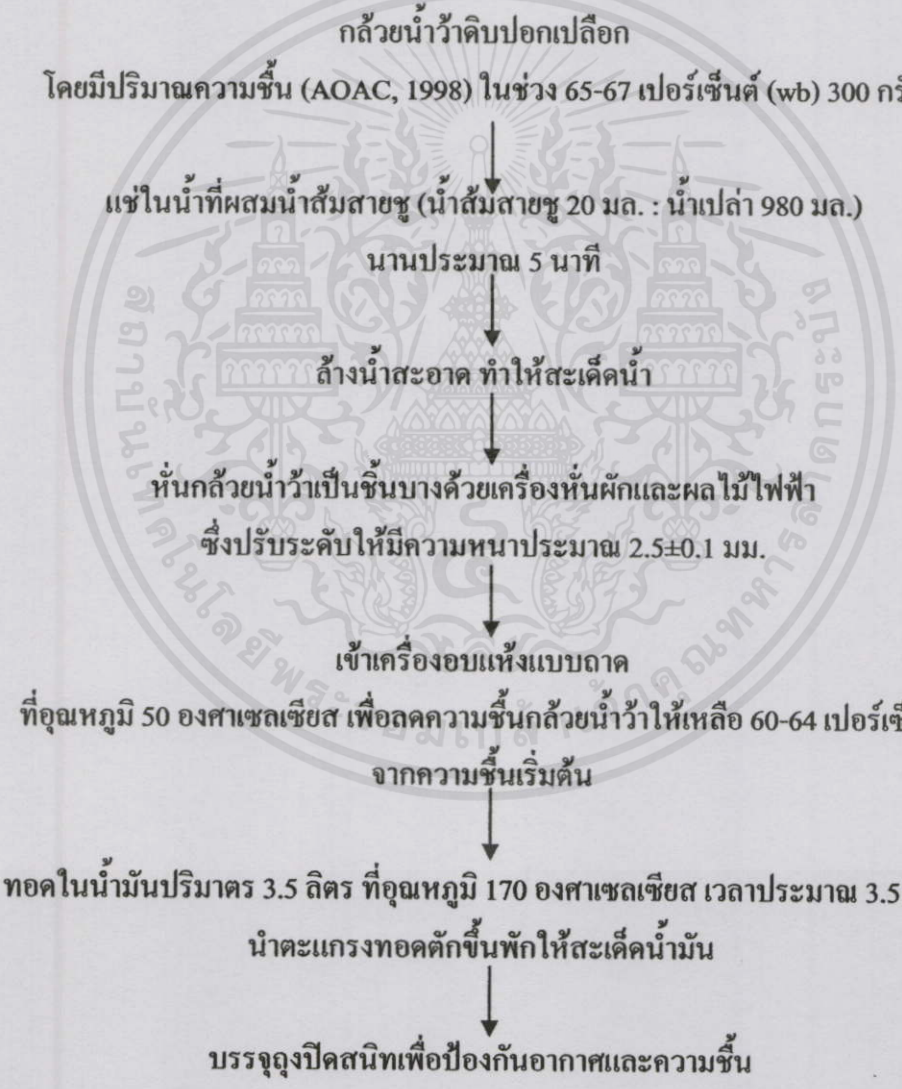
3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าดิบ

ก่อนทำการผลิตกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางทุกครั้ง จะคัดกล้วยน้ำว้าดิบที่ระยะความสุก 80 เปอร์เซ็นต์ มาปอกเปลือก และหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (DNS method) ดังแสดงในภาคผนวก ก.

3.5.2 วิธีการผลิตกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

การผลิตกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง เป็นไปตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ศึกษาการแช่กล้วยในสารละลายเพื่อลดปริมาณน้ำมันดูดซับในการทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง

3.5.3.1 กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน

ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล และระยะเวลาที่เหมาะสมของการแช่กล้วยในสารละลายก่อนนำไปทอด

เตรียมกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางตามขั้นตอนในรูปที่ 3.1 โดยก่อนนำไปทอดให้นำชิ้นกล้วยแช่สารละลายน้ำตาล 1 ลิตร ที่ความเข้มข้น และระยะเวลาต่าง ๆ โดยทุกส่วนจะมีส่วนผสมของเกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 แช่สารละลายน้ำตาลเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นเวลา 3 วินาที

ส่วนที่ 2 แช่สารละลายน้ำตาลเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นเวลา 10 วินาที

ส่วนที่ 3 แช่สารละลายน้ำตาลเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นเวลา 3 วินาที

ส่วนที่ 4 แช่สารละลายน้ำตาลเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นเวลา 10 วินาที

ส่วนที่ 5 แช่สารละลายน้ำตาลเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นเวลา 3 วินาที

ส่วนที่ 6 แช่สารละลายน้ำตาลเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นเวลา 10 วินาที

นำกล้วยทอดกรอบแผ่นบางแต่ละส่วนมาวิเคราะห์ค่า ดังต่อไปนี้เปรียบเทียบกับกล้วยทอดกรอบแผ่นบางควบคุม (กระบวนการผลิตดังรูปที่ 3.1)

3.5.3.1.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1998)

3.5.3.1.2 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 1998)

3.5.3.1.3 วัดค่าความแข็ง โดยใช้หัววัดความกรอบของขนมขบเคี้ยวแผ่นบาง (crisp fracture support rig)

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design นำข้อมูลมาวิเคราะห์ Analysis of variance (ANOVA) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3.5.3.1.4 ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 55 คน ช่วงอายุเฉลี่ยระหว่าง 16-40 ปี ให้ผู้ทดสอบประเมินคุณลักษณะด้านสี ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยรวม แบ่งสเกล 7 ระดับ (7-point hedonic scale) คือ 7= ชอบมาก และ 1= ไม่ชอบมาก และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทำการทดลอง 2 ซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3.2 กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม

ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือ และระยะเวลาที่เหมาะสมของการแช่กล้วยในสารละลายก่อนนำไปทอด

เตรียมกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางตามขั้นตอนในรูปที่ 3.1 โดยก่อนนำไปทอดให้นำชิ้นกล้วย แช่สารละลายเกลือ 1 ลิตร ที่ความเข้มข้น และระยะเวลาต่างๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1 แช่สารละลายเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นเวลา 3 วินาที

ส่วนที่ 2 แช่สารละลายเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นเวลา 10 วินาที

ส่วนที่ 3 แช่สารละลายเกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นเวลา 3 วินาที

ส่วนที่ 4 แช่สารละลายเกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นเวลา 10 วินาที

ส่วนที่ 5 แช่สารละลายเกลือ 7 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นเวลา 3 วินาที

ส่วนที่ 6 แช่สารละลายเกลือ 7 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นเวลา 10 วินาที

วิเคราะห์ค่าต่างๆ เช่นเดียวกับข้อ 3.5.3.1.1-3.5.3.1.3 เปรียบเทียบกับกล้วยทอดกรอบแผ่นบางควบคุม

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ Analysis of variance (ANOVA) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม ทำเช่นเดียวกับการทดลองในข้อ 3.5.3.1.4

3.5.4 ศึกษาผลการใช้น้ำมันรำข้าว และน้ำมันปาล์มต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์และน้ำมันทอด

3.5.4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าวเริ่มต้น

นำน้ำมันรำข้าว และน้ำมันปาล์มที่จะใช้สำหรับทอดกล้วยน้ำว้า ไปวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระ (AOAC, 1998) ค่าเปอร์ออกไซด์ (AOCS, 1995) และค่าสี (photometric color index) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AOCS, 2002)

จากนั้นเตรียมกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน และสูตรเค็ม ที่ได้รับการยอมรับสูงที่สุดจากข้อ 3.5.3.1 และ 3.5.3.2 อย่างละ 1 สูตร โดยใช้วัตถุดิบกล้วยน้ำว้าครั้งละ 300 กรัม ต่อปริมาณน้ำมันทอดเริ่มต้น 3.5 ลิตร เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันรำข้าว และน้ำมันปาล์ม การทอดจะทำโดยใช้น้ำมันทอดซ้ำวันละ 2 ครั้ง (ช่วงเช้า และบ่าย) ใช้เวลาทอดครั้งละ 3.5 นาที ติดต่อกัน 5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4.2 การเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำมันทอด

เก็บตัวอย่างน้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าว ที่ใช้ทอดในช่วงบ่ายของแต่ละวัน โดยเก็บวันละ 60 มล. เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าค่ากรดไขมันอิสระ (AOAC, 1998) ค่าเปอร์ออกไซด์ (AOCS, 1995) และค่าสี ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AOCS, 2002)

นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ในข้อ 3.5.4.1–3.5.4.2 ไปเขียนกราฟ และสร้างสมการเส้นตรงและหาค่าความชันของสมการ เพื่อดูแนวโน้มของอัตราการเสื่อมเสียของน้ำมัน โดยดูจากค่าความชันของสมการ เปรียบเทียบระหว่างน้ำมันปาล์ม กับน้ำมันรำข้าว

3.5.4.3 การวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดในตอนบ่ายของแต่ละวันไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน (soxhlet extractor) และค่าสีระบบ L a b โดยใช้เครื่องวัดสี (colorimeter)

นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ ซึ่งมีค่าการทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ Analysis of variance (ANOVA) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้า

จากการนำกล้วยน้ำว้าระยะความสุก 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นวัตถุดิบในการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.5.1 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าที่นำมาทำการทดลองเป็นคุณภาพทางเคมีของวัตถุดิบที่ต้องควบคุมให้อยู่ในระดับใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง เพื่อลดความแปรปรวนของผลการทดลองที่อาจเกิดขึ้น

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้า (กรัมสมมูลกลูโคส/น.น.กล้วย 100 กรัม) ก่อนทอด ดังแสดงในตารางภาคผนวก ก. พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้ามีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) หัวข้อที่ศึกษาการแช่กล้วยน้ำว้าในสารละลายที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาแตกต่างกัน เพื่อลดปริมาณน้ำมันดูดซับในผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานและสูตรเค็ม กล้วยน้ำว้าที่ใช้ในสูตรหวานมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 2.43-2.74 และสูตรเค็ม 2.34-2.73 หัวข้อการศึกษาผลการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางเปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันรำข้าวและน้ำมันปาล์มต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์และน้ำมันหลังทอด ผลิตภัณฑ์สูตรหวาน กล้วยน้ำว้าที่นำมาใช้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 2.63-2.89 และสูตรเค็ม 2.60-2.87 แสดงว่าในการทดลองสามารถควบคุมกล้วยน้ำว้าที่นำมาใช้ทดลองให้อยู่ในระดับความสุกใกล้เคียงกัน เมื่อใช้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เป็นเกณฑ์

4.2 ผลการแช่กล้วยในสารละลายน้ำตาลและเกลือเพื่อลดปริมาณน้ำมันดูดซับในกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง

จากการเตรียมกล้วยน้ำว้าก่อนนำไปทอดด้วยน้ำมันรำข้าวโดยนำกล้วยน้ำว้าดิบไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพื่อลดความชื้นกล้วยจาก 65-67 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ให้เหลือ 60-64 เปอร์เซ็นต์ (w/w) จากนั้นแช่ในสารละลายน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้น 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ผสมเกลือเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน และแช่ในสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้น 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม เป็นระยะเวลา 3 และ 10 วินาที โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ไขมัน และค่าความแข็ง (กรัม) ของผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบกับกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม ซึ่งนำกล้วยไปอบเพื่อลดความชื้นให้เหลือ 60-64 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แช่ในสารละลายน้ำตาลและเกลือ

ก่อนทอด พบว่ากล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางมีปริมาณความชื้น (wb) ได้ผลดังตารางที่ 4.1-4.2 ปริมาณไขมัน (wb) ได้ผลดังตารางที่ 4.3-4.4 และค่าความกรอบ ได้ผลดังตารางที่ 4.5-4.6

ตารางที่ 4.1 ปริมาณความชื้นของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน

ตัวอย่าง		ปริมาณความชื้น		
ความเข้มข้นน้ำตาล (w/v)	ระยะเวลาแช่ (วินาที)	เปอร์เซ็นต์ (wb) ปริมาณความชื้นเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความชื้น เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม	เปอร์เซ็นต์การลดปริมาณความชื้น เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม
ตัวอย่างควบคุม		2.80±0.28[a]	-	-
30%	3	2.44±0.01[ab]	0.36	12.86
30%	10	2.31±0.14[b]	0.49	17.50
35%	3	2.29±0.27[b]	0.51	18.57
35%	10	2.19±0.02[b]	0.61	21.79
40%	3	2.17±0.07[b]	0.63	22.50
40%	10	2.26±0.20[b]	0.54	19.29

[a,b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.1 กระบวนการเตรียมชิ้นกล้วยน้ำว้าความหนา 2.5±0.1 มิลลิเมตร โดยแช่ในสารละลายน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนทอด พบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานมีปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ซึ่งมีปริมาณความชื้นระหว่าง 2.17-2.44 เปอร์เซ็นต์ (wb) และกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมมีปริมาณความชื้น 2.8 เปอร์เซ็นต์ (wb) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานกับกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรหวานมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ควบคุม โดยเปอร์เซ็นต์ของปริมาณความชื้นที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ควบคุม 0.49-0.63 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสอดคล้องกับผลการทดลองของ Mai Tran และคณะ (2007) ซึ่งศึกษาวิธีลดปริมาณน้ำมันดูดซับในมันฝรั่งทอดกรอบแผ่นบาง โดยลวกและอบแห้งแผ่นมันฝรั่งก่อนแช่ในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 23.07 เป็นเวลา 2 วินาทีก่อนทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบผลการแช่ในสารละลายน้ำตาลกับมันฝรั่งทอดที่ไม่แช่ในสารละลายน้ำตาล แต่ลวกและอบแห้งชิ้นมันฝรั่งก่อนทอด พบว่ามันฝรั่งทอดกรอบที่แช่ในสารละลายน้ำตาลก่อนทอด กับมันฝรั่งทอดกรอบแผ่นบางที่ไม่แช่ในสารละลายน้ำตาลก่อนทอดมีปริมาณความชื้นแตกต่างกันไม่เกิน 0.7 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ไม่ว่าการใช้ประโยชน์ด้านใดๆ ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์เท่านั้น

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความชื้นของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม

ตัวอย่าง		ปริมาณความชื้น		
ความเข้มข้นเกลือ (w/v)	ระยะเวลาแช่ (วินาที)	เปอร์เซ็นต์ (wb) ปริมาณความชื้น เฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความชื้น เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม	เปอร์เซ็นต์การลดปริมาณความชื้น เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม
ตัวอย่างควบคุม		2.80±0.28[a]	-	-
3%	3	2.33±0.12[ab]	0.47	16.79
3%	10	2.14±0.31[ab]	0.66	23.57
5%	3	2.25±0.22[ab]	0.55	19.64
5%	10	2.19±0.04[ab]	0.61	21.79
7%	3	2.02±0.22[b]	0.78	27.86
7%	10	1.85±0.58[b]	0.95	33.93

[a,b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 กระบวนการเตรียมชิ้นกล้วยน้ำว้าความหนา 2.5±0.1 มิลลิเมตร โดยแช่ในสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนนำไปทอด พบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มมีปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มมีปริมาณความชื้น 1.85-2.33 เปอร์เซ็นต์ (wb) และกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมมีปริมาณความชื้น 2.8 เปอร์เซ็นต์ (wb) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มกับกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม พบว่ากล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่แช่ในสารละลายเกลือความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้นแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีปริมาณความชื้นแตกต่าง 0.78-0.95 เปอร์เซ็นต์ (wb)

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่เตรียมโดยแช่ในสารละลายน้ำตาลและเกลือก่อนทอด พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ควบคุม และเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (w/w) การลดปริมาณความชื้นเทียบกับกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การลดปริมาณความชื้นแตกต่างกัน โดยกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานมีปริมาณความชื้นลดลง 12.86-22.50 เปอร์เซ็นต์ และกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มมีปริมาณความชื้นลดลง 16.79-33.93 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ควบคุม ทั้งนี้ปริมาณความชื้นของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่แตกต่างกัน อาจมีผลมาจากขั้นตอนการอบกล้วยเพื่อลดความชื้นกล้วยน้ำว้าดิบให้เหลือ 60-64 เปอร์เซ็นต์ (wb) ซึ่งเป็นช่วงความชื้นที่กว้าง ทำให้

กล้วยน้ำว้าดิบหลังอบมีปริมาณความชื้นแตกต่างกันมาก อาจส่งผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.3 ปริมาณไขมันของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน

ตัวอย่าง		ปริมาณไขมัน		
ความเข้มข้นน้ำตาล (w/v)	ระยะเวลาแช่ (วินาที)	เปอร์เซ็นต์ (wb) ปริมาณไขมัน เฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ไขมัน เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม	เปอร์เซ็นต์การลดปริมาณไขมัน เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม
ตัวอย่างควบคุม		17.26±0.35[a]	-	-
30%	3	14.52±0.97[b]	2.74	15.87
30%	10	13.83±0.27[b]	3.43	19.87
35%	3	13.68±0.93[b]	3.58	20.74
35%	10	13.37±0.90[b]	3.89	22.54
40%	3	13.35±0.51[b]	3.91	22.65
40%	10	13.39±0.09[b]	3.87	22.42

[a,b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.3 พบว่ากล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานทุกระดับความเข้มข้นที่แช่ มีปริมาณน้ำมันดูดซับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่ปริมาณไขมัน (wb) ของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมมีปริมาณไขมัน 17.26 เปอร์เซ็นต์ และกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานมีปริมาณไขมัน 13.35-14.52 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไขมันของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานกับกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรหวานมีปริมาณไขมันแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ควบคุม 2.74-3.91 เปอร์เซ็นต์ โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำมันดูดซับในผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานมีแนวโน้มลดลงจากกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม ทั้งนี้เนื่องมาจากการแช่ชิ้นอาหารในสารละลายน้ำตาล อาจทำให้ชิ้นอาหารมีค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) หรือปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเหลือช่องว่างหรือรูพรุนสำหรับให้น้ำมันดูดซับเข้าไปในชิ้นอาหารได้น้อยลง (Lulai, 1986)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ปริมาณไขมันของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม

ตัวอย่าง		ปริมาณไขมัน		
ความเข้มข้นเกลือ (w/v)	ระยะเวลาแช่ (วินาที)	เปอร์เซ็นต์ (wb) ปริมาณไขมัน เฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ไขมัน เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม	เปอร์เซ็นต์การลดปริมาณไขมัน เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม
ตัวอย่างควบคุม		17.26±0.35[a]	-	-
3%	3	16.05±0.51[ab]	1.21	7.01
3%	10	15.35±1.24[b]	1.91	11.07
5%	3	15.50±0.11[b]	1.76	10.20
5%	10	15.29±0.15[b]	1.97	11.41
7%	3	15.40±0.31[b]	1.86	10.78
7%	10	14.68±0.09[b]	2.58	14.95

[a,b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่ากล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มทุกระดับความเข้มข้นที่แช่มีปริมาณน้ำมันดูดซับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่ปริมาณไขมัน (wb) ของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม มีค่าแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มที่ระดับความเข้มข้นเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นเวลา 3 วินาที มีปริมาณไขมันไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมมีปริมาณไขมัน 17.26 เปอร์เซ็นต์ และกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มมีปริมาณไขมัน 14.68-15.35 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไขมันของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มกับกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรเค็มมีปริมาณไขมันแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ควบคุม 1.76-2.58 เปอร์เซ็นต์ โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำมันดูดซับในผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มมีแนวโน้มลดลงจากกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม

จากการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (wb) ของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่ผ่านการเตรียมโดยแช่ในสารละลายน้ำตาลและเกลือก่อนทอด พบว่ามีปริมาณไขมันต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ควบคุม และเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดปริมาณไขมันเทียบกับกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การลดปริมาณไขมันแตกต่างกันไป โดยกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานมีปริมาณไขมันลดลง 15.87-22.65 เปอร์เซ็นต์ และกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มมีปริมาณไขมันลดลง 7.01-14.95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ควบคุม ทั้งนี้ปริมาณไขมันของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่ลดลง เนื่องจากการเตรียมกล้วยน้ำว้าโดยแช่กล้วยในสารละลาย

น้ำตาลและเกลือก่อนทอด อาจทำให้เกิดการเคลือบของน้ำตาลและเกลือที่ผิวของชิ้นกล้วย ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งเนื่องจากปริมาณน้ำตาลและเกลือไปเกาะที่บริเวณผิวชิ้นกล้วย ทำให้รูพรุนของซึ่งเป็นบริเวณที่น้ำมันจะซึมผ่านเข้าไปในชิ้นกล้วยขณะทอดลดลง ผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน และสูตรเค็มจึงมีปริมาณน้ำมันดูดซับลดลง แต่เนื่องจากระยะเวลาการแช่เพียง 3 และ 10 วินาทีของการทดลอง ซึ่งเป็นเพียงเวลาสั้น ๆ จึงทำให้กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน และสูตรเค็ม มีปริมาณไขมันต่ำกว่ากล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมไม่มากนัก ดังนั้นหากเพิ่มระยะเวลาในการแช่ให้นานขึ้น อาจทำให้เห็นความแตกต่างของปริมาณไขมันได้ชัดเจนมากกว่านี้ ซึ่งจากผลการทดลองของ Krokida และคณะ (2001) ศึกษาผลของวิธีลดความชื้นด้วยออสโมติกต่อการลดปริมาณน้ำมันดูดซับในมันฝรั่งทอดกรอบโดยใช้วิธีการแช่ชิ้นมันฝรั่งในสารละลายต่างๆ ได้แก่ สารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ สารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ มอลโตเดกซ์ตริน-12 ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ และมอลโตเดกซ์ตริน-21 ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดกรอบที่ผ่านการแช่มันฝรั่งในสารละลายน้ำตาลก่อนทอด มีปริมาณน้ำมันดูดซับต่ำที่สุด โดยมีปริมาณน้ำมันดูดซับลดลงจากตัวอย่างควบคุม 60 เปอร์เซ็นต์ แต่ทั้งนี้การแช่ชิ้นอาหารในสารละลายน้ำตาลหรือเกลือเป็นเวลานานเพื่อให้เกิดการออสโมติกนั้น อาจไม่เหมาะกับลักษณะอาหารทุกชนิด เพราะการใช้เวลาแช่น้ำตาลและเกลือเป็นเวลานานจะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารทอดที่ได้มีความแข็ง ไม่ได้ลักษณะของอาหารทอดกรอบที่ต้องการ

จากการนำผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานและสูตรเค็ม วัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยรายงานผลเป็นค่าของแรงสูงสุด (max force) ที่ใช้กดผลิตภัณฑ์ให้แตก พบว่าแรงสูงสุดที่ใช้ในการกดชิ้นกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่ผ่านการแช่ในสารละลายน้ำตาล และเกลือแต่ละระดับความเข้มข้นและระยะเวลาต่างกัน มีค่าความแข็ง (กรัม) แตกต่างจากผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ได้ผลดังตารางที่ 4.5 และ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าความแข็งของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

ตัวอย่าง		ค่าความแข็ง (กรัม)
ความเข้มข้นน้ำตาล (w/v)	ระยะเวลาแช่ (วินาที)	
ตัวอย่างควบคุม		957.55±27.65[b]
30%	3	1013.96±52.68[ab]
30%	10	1041.90±61.80[ab]
35%	3	1041.90±61.80[ab]
35%	10	1047.58±80.45[ab]
40%	3	1118.11±24.91[a]
40%	10	1135.40±28.57[a]

[a,b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน พบว่ากล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานที่เตรียมโดยแช่สารละลายน้ำตาลระดับความเข้มข้น และระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนทอด มีค่าความแข็งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) พบว่ามีค่าความแข็งหรือแรงที่กดให้แตก 1013.96-1135.40 กรัม และกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานมีความแข็งไม่แตกต่างจากกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ยกเว้นระดับความเข้มข้นน้ำตาล 40 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ผลิตภัณฑ์มีความแข็งมากกว่ากล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยระยะเวลาแช่ 3 และ 10 วินาที ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็ง 1118.11 และ 1125.46 กรัม ขณะที่กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมมีค่าความแข็ง 957.55 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าความแข็งของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

ตัวอย่าง		ค่าความแข็ง (กรัม)
ความเข้มข้นเกลือ (w/v)	ระยะเวลาแช่ (วินาที)	
ตัวอย่างควบคุม		881.91±41.12[b]
3%	3	990.80±55.83[ab]
3%	10	994.70±46.53[ab]
5%	3	1047.58±80.45[a]
5%	10	1108.03±46.58[a]
7%	3	1103.18±40.60[a]
7%	10	1122.60±49.21[a]

[a,b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม พบว่ากล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มที่เตรียมโดยแช่สารละลายเกลือระดับความเข้มข้นและระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนทอด มีค่าความแข็งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) พบว่ามีค่าความแข็งหรือแรงที่กดให้แตก 990.80-1122.60 กรัม และกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มที่ระดับความเข้มข้นเกลือ 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ผลิตภัณฑ์มีความแข็ง 1104.58-1122.60 กรัม ซึ่งมากกว่ากล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมมีค่าความแข็ง 957.55 กรัม

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็งของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลและเกลือ ที่ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนทอด พบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานและสูตรเค็มมีแนวโน้มของค่าความแข็งสูงกว่ากล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม แต่ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางแต่ละระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลและเกลือที่แช่มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน พบว่าค่าความแข็งมีความแตกต่างระหว่างซ้ำค่อนข้างสูง เมื่อสังเกตจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากการวัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ทำโดยการสุ่มชิ้นของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้า ซึ่งตัวอย่างแต่ละชิ้นที่เลือกมาอาจมีความหนาของชิ้นแตกต่างกัน ซึ่งความหนาของผลิตภัณฑ์มีผลต่อความกรอบและความแข็งของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดของชิ้นหนา จะมีปริมาณความชื้นภายในชิ้นอาหารสูง เนื่องจากในขั้นตอนการลดความชื้นโดยการอบแห้ง อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้เท่ากัน ชิ้นกล้วยอาจมีปริมาณความชื้นต่างกัน ซึ่งหากความหนาแตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดของชิ้นหนาจะมีค่าความแข็งน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นบางกว่า (วิไล รังสาดทอง, 2547) ดังนั้นความหนาของชิ้นกล้วยอาจส่งผลต่อค่าความ

แข็งของผลิตภัณฑ์ทั้งสูตรหวานและสูตรเค็ม มากกว่าความเข้มข้นของสารละลายและระยะเวลาในการแช่

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าผลของกระบวนการเตรียมชิ้นกล้วยโดยแช่ในสารละลายน้ำตาล และเกลือก่อนทอด มีแนวโน้มในการดูดซับปริมาณน้ำมันลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม แต่การประยุกต์ใช้สารละลายน้ำตาล และเกลือกับผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางด้วยการแช่กล้วยในสารละลายที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันนั้น ส่งผลทำให้คุณลักษณะของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางมีความแตกต่างกัน การแช่กล้วยในสารละลายน้ำตาลและเกลือที่ความเข้มข้นบางระดับมีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ในขณะที่การใช้สารละลายน้ำตาล และเกลือที่ความเข้มข้นบางระดับไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง และอาจไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค ดังนั้นการทดลองนี้จึงทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภค โดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นตัวแทนของผู้บริโภคจำนวน 55 คน ประเมินคุณลักษณะด้านสี ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยรวม แบ่งสเกลเป็น 7 ระดับ คือ 7=ชอบมาก และ 1=ไม่ชอบมาก ผลการทดสอบความชอบกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานและสูตรเค็ม ได้ผลดังตารางที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.7 คะแนนเฉลี่ยความชอบของคุณลักษณะด้านต่างๆของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่างของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน					
	30% 3s	30% 10s	35% 3s	35% 10s	40% 3s	40% 10s
สี	4.76±1.69^{a}	4.71±1.72^{a}	4.53±1.53^{ab}	4.56±1.77^{ab}	4.02±1.53^{b}	4.05±1.48^{b}
รสชาติ	3.98±1.53^{ab}	3.73±1.43^{b}	4.45±1.32^{a}	4.42±1.70^{a}	4.47±1.03^{a}	4.31±1.39^{a}
ความกรอบ	4.65±1.43^{b}	4.69±1.43^{b}	5.33±1.04^{a}	5.15±1.08^{a}	5.33±1.29^{a}	5.35±1.16^{a}
การยอมรับโดยรวม	4.16±1.26^{d}	4.35±1.29^{cd}	5.24±0.90^{a}	5.02±1.30^{ab}	4.56±1.18^{cd}	4.78±1.29^{bc}

^{a,b,c,d} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.7 การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่ใช้ระดับความเข้มข้นน้ำตาล 35 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาแช่ 3 และ 10 วินาที สูงไม่แตกต่างกัน โดยได้คะแนนเท่ากับ 5.24 และ 5.02 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนที่ได้อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระดับความเข้มข้นน้ำตาลนี้ได้คะแนนด้านรสชาติ และความกรอบสูง แต่ไม่แตกต่างจากที่ใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำตาล 40 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญ

($P>0.05$) และเมื่อพิจารณาด้านสีพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างจากที่ใช้ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลระดับอื่น ๆ แต่จะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อใช้ระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลสูงขึ้น ผู้ทดสอบเริ่มให้คะแนนความชอบลดลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานที่ใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำตาลสูง มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาลไหม้และคล้ำ ไม่น่ารับประทาน เนื่องมาจากปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการให้ความร้อนแก่น้ำตาลที่อุณหภูมิสูงในสภาวะที่ไม่มีสารประกอบไนโตรเจน ความร้อนจะสลายโมเลกุลของน้ำตาลให้แยกออก (thermolysis) ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ และเกิดพอลิเมอร์ของสารประกอบคาร์บอน ให้สารที่มีสีน้ำตาลหรือที่เรียกว่าคาราเมล รวมทั้งเกิดเป็นสารประกอบระเหยง่าย ทำให้ได้กลิ่นรสของคาราเมล ซึ่งปฏิกิริยานี้เกิดได้ทั้งสภาวะที่มีกรดหรือด่างเป็นตัวเร่ง ปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชันเกิดที่อุณหภูมิสูงกว่า 120 องศาเซลเซียส และค่าพีเอชระหว่าง 3-9 (Fennema, 1985)

ตารางที่ 4.8 คะแนนเฉลี่ยความชอบของคุณลักษณะด้านต่างๆของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่างของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม					
	3% 3s	3% 10s	5% 3s	5% 10s	7% 3s	7% 10s
สี	4.60 ± 1.54^{ab}	4.53 ± 1.50^{b}	4.47 ± 1.05^{b}	4.36 ± 1.16^{b}	4.69 ± 1.36^{ab}	5.07 ± 1.20^{a}
รสชาติ	3.84 ± 1.32^{c}	3.98 ± 1.25^{c}	4.18 ± 1.47^{bc}	4.29 ± 1.58^{abc}	4.67 ± 1.40^{ab}	4.80 ± 1.65^{a}
ความกรอบ	4.71 ± 1.55^{b}	4.87 ± 1.23^{ab}	4.69 ± 1.40^{b}	4.96 ± 1.32^{ab}	5.05 ± 1.46^{ab}	5.35 ± 1.17^{a}
การยอมรับโดยรวม	4.25 ± 1.25^{c}	4.44 ± 1.23^{c}	4.51 ± 1.10^{c}	4.51 ± 1.36^{c}	5.16 ± 1.27^{b}	5.67 ± 0.90^{a}

^{a,b,c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.8 การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่ใช้ระดับความเข้มข้นเกลือ 7 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาแช่ 10 วินาที สูงแตกต่างกันจากกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่ใช้ความเข้มข้นสารละลายเกลือระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยได้คะแนน 5.67 ซึ่งคะแนนที่ได้อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง เมื่อดูจากคะแนนที่ได้พบว่าผู้ทดสอบมีแนวโน้มให้คะแนนผลิตภัณฑ์สูงขึ้น เมื่อใช้ระดับความเข้มข้นสารละลายเกลือในการแช่เพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้ทดสอบชอบกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่มีรสชาติเค็มขึ้นจากรสชาติกล้วยที่จืด และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระดับความเข้มข้นเกลือนี้ได้คะแนนด้านรสชาติสูง แต่ไม่แตกต่างจากที่ใช้ระดับความเข้มข้นของเกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 10 วินาที และ 7 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 3 วินาทีอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาด้านสี และความกรอบ พบว่าการใช้ระดับความเข้มข้น

เกลือ 7 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาแช่ 10 วินาที ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์สูง แต่ไม่แตกต่างจากที่ใช้ความเข้มข้นสารละลายเกลือระดับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส เมื่อพิจารณาจากการยอมรับโดยรวม พบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานและสูตรเค็มที่ได้คะแนนจากผู้ทดสอบสูงที่สุด คือ การใช้สารละลายน้ำตาล 35 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นระยะเวลาเวลา 3 และ 10 วินาที สำหรับผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน และการใช้สารละลายเกลือ 7 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นระยะเวลาเวลา 10 วินาที สำหรับผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม

4.3 ศึกษาการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางโดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันรำข้าว และน้ำมันปาล์มที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

น้ำมันที่นำมาใช้ทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางของการทดลองหัวข้อที่ผ่านมา คือน้ำมันรำข้าว สาเหตุที่เลือกน้ำมันรำข้าว เนื่องจากมีจุดเกิดควันสูงประมาณ 251 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับจุดเกิดควันของน้ำมันปาล์มที่มีค่าประมาณ 216 องศาเซลเซียส และน้ำมันถั่วเหลือง 230 องศาเซลเซียส ดังนั้นน้ำมันรำข้าวจึงเหมาะในการประกอบอาหารแบบทอดน้ำมันท่วม เพราะลดความเสี่ยงต่อการได้รับสารโพลิเมอร์ในน้ำมันทอด น้ำมันรำข้าวยังประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูง ซึ่งมีผลดีต่อสุขภาพ ขณะเดียวกันยังมีวิตามินอีกลุ่มโทโคเฟอรอลและโทโคไตรอีนอล ซึ่งเป็นสารต้านออกซิเดชัน นอกจากนี้ในน้ำมันรำข้าวยังมีสาร โอรีซานอล ซึ่งพบในน้ำมันรำข้าวเท่านั้น สารนี้มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอี แต่จากอดีตจนถึงปัจจุบันน้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่ผู้ประกอบการอาหารส่วนใหญ่นิยมใช้ในการทอดอาหารแบบน้ำมันท่วม เนื่องจากน้ำมันปาล์มประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวปริมาณสูง ประมาณ 49 เปอร์เซ็นต์ มีพันธะคู่ของกรดไขมันเป็นจำนวนน้อย จึงคงตัวต่อการออกซิเดชันได้ดี อาหารที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันปาล์มจะมีความกรอบให้กลิ่นรสที่ดี แต่น้ำมันปาล์มซึ่งมีกรดไขมันอิ่มตัวสูงจะส่งผลเสียต่อสุขภาพ ทั้งนี้ปัจจัยทางด้านราคาของน้ำมันเป็นสาเหตุหนึ่งที่คนส่วนใหญ่นิยมเลือกซื้อน้ำมันปาล์มมาใช้ โดยเห็นได้ว่าในอดีต ราคาของน้ำมันรำข้าวจะสูงกว่าน้ำมันปาล์มประมาณ 10 บาท โดยน้ำมันปาล์มมีราคา 30 บาท ขณะที่น้ำมันรำข้าวมีราคา 40 บาท (สำรวจข้อมูลจากห้างเทสโก โลตัส ต.ค. 2550) แต่ปัจจุบันพบว่าน้ำมันปาล์มมีราคาสูงขึ้นเป็น 47.50 บาท ส่วนน้ำมันรำข้าวมีราคา 49.50 บาท (สำรวจข้อมูลจากห้างเทสโกโลตัส วันที่ 6 เม.ย. 2551) พบว่าปัจจุบันราคาไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นราคาจึงไม่ใช่เหตุผลสำคัญในการตัดสินใจเลือกใช้น้ำมันในการทอดอาหาร เหตุผลด้านสุขภาพจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อผู้บริโภค เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคไม่สามารถหลีกเลี่ยงอันตรายจากการบริโภคอาหารทอดด้วยน้ำมันทอดซ้ำ ดังนั้นการทดลองนี้ได้เลือกใช้ระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นเวลา 3 วินาที สำหรับกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน และใช้สารละลายเกลือความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 วินาที สำหรับผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม

โดยทอดเปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว และศึกษาจำนวนครั้งในการทอดซ้ำที่มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ และต่อคุณภาพของน้ำมันทอด ซึ่งจะใช้น้ำมันทอดซ้ำวันละ 2 ครั้ง (เช้าและบ่าย) ครั้งละ 3.5 นาที โดยปล่อยให้น้ำมันเย็นลงที่อุณหภูมิห้องก่อนทอดแต่ละครั้ง และเก็บผลิตภัณฑ์ที่ทอดจากช่วงบ่ายของแต่ละวันไปตรวจปริมาณไขมันดูดซับ และค่าสี (L a b) ของผลิตภัณฑ์ และเก็บน้ำมันที่ทอดแต่ละวันในหม้อสแตนเลสที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) จนครบ 5 วันของการทอด ผลการทดลองดังตารางที่ 4.9 และ 4.10

ตารางที่ 4.9 ปริมาณไขมันและค่าสีของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์ม (PO) และน้ำมันรำข้าว (RBO) ที่วันต่าง ๆ ของการทอด

คุณลักษณะ	น้ำมันทอด	วัน (ครั้งที่เก็บตัวอย่างวิเคราะห์)				
		1	2	3	4	5
ไขมัน$_{Ns}$ (wb)	PO	11.88±0.76^{b}	13.71±0.06^{ab}	13.58±1.22^{ab}	13.88±0.86^{ab}	15.37±0.78^{a}
	RBO	12.30±0.01^{c}	13.50±0.38^{bc}	13.05±1.36^{bc}	14.55±0.40^{ab}	15.95±0.20^{a}
L	PO	54.58±3.25$^{a}_{Ns}$	53.94±0.47$^{a}_{B}$	52.46±0.21$^{a}_{B}$	50.84±0.33$^{ab}_{B}$	47.25±0.25$^{b}_{B}$
	RBO	57.99±1.31$^{a}_{Ns}$	57.21±0.17$^{a}_{A}$	55.17±0.21$^{b}_{A}$	53.30±0.21$^{c}_{A}$	52.43±0.22$^{c}_{A}$
a$^{ns}_{Ns}$	PO	11.19±2.72	12.59±1.65	12.57±3.13	11.90±0.27	12.47±0.48
	RBO	10.95±1.80	11.02±0.23	11.21±1.00	12.92±0.57	10.33±1.43
b$^{ns}_{Ns}$	PO	23.36±3.36	22.97±4.62	23.75±6.85	17.65±3.27	17.24±0.31
	RBO	21.19±1.85	22.84±6.67	18.72±0.42	21.69±6.68	19.76±1.24
ความแตกต่างของสี (delta E)	PO	-	1.59	2.56	6.86	9.63
	RBO	-	1.83	3.76	5.11	5.77

หมายเหตุ : X^{abc} หมายถึง ในแถวเดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันของแต่ละคุณลักษณะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

X$_{AB}$ หมายถึง ในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันของแต่ละคุณลักษณะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ns,Ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแถวและคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

L หมายถึง ค่าแสดงความเข้มสว่างของสี ซึ่งมีตั้งแต่ 0-100 ถ้า L เท่ากับ 0 หมายถึงสีดำ และค่า L เท่ากับ 100 หมายถึงสีขาว

a หมายถึง ค่าแสดงระดับสีแดง-เขียว เมื่อ a มีค่าเป็นบวกแสดงลักษณะสีแดง ถ้ามีค่าเป็นลบแสดงลักษณะสีเขียว

b หมายถึง ค่าแสดงระดับสีเหลือง-น้ำเงิน เมื่อ b มีค่าเป็นบวกแสดงลักษณะสีเหลือง ถ้ามีค่าเป็นลบแสดงลักษณะสีน้ำเงิน

$$\text{delta E} = [\,(\text{delta L})^2 + (\text{delta a})^2 + (\text{delta b})^2\,]^{1/2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ไขมันของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน พบว่าชนิดของน้ำมันทอดไม่มีผลต่อปริมาณไขมันที่ถูกดูดซับในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เมื่อวันหรือครั้งของการทอดเท่ากัน แต่ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อจำนวนวันหรือครั้งของการทอดเพิ่มขึ้น ทั้งที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ทอดจากน้ำมันปาล์มในวันที่ 1 มีปริมาณไขมัน 11.88 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อผ่านการทอดจนถึงวันที่ 5 ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเป็น 15.37 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันรำข้าวในวันที่ 1 มีปริมาณไขมัน 12.30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อผ่านการทอดจนถึงวันที่ 4 และ 5 ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเป็น 14.55 และ 15.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลจากการที่น้ำมันสัมผัสกับความร้อนขณะทอดแต่ละครั้ง ทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันและให้โพลิเมอร์ที่มีโมเลกุลสูงหรือเกิดสารประกอบคาร์บอนภายในน้ำมัน ทำให้น้ำมันมีความหนืดมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อนำน้ำมันมาทอดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จะทำให้น้ำมันมีความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลไปลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวของชิ้นอาหารระหว่างการทอดและทำให้อาหารดูดซับน้ำมันเพิ่มขึ้นด้วย (วิไล รังสาดทอง, 2547)

สำหรับสีของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน เมื่อพิจารณาจากความแตกต่างของสี (delta E) โดยใช้ค่าสี (L a b) ของผลิตภัณฑ์วันแรกในการอ้างอิงเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง พบว่าเมื่อวันหรือจำนวนครั้งของการทอดเพิ่มขึ้น สีของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นด้วย จะเห็นว่าความแตกต่างของค่าสีมีการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนใกล้เคียงกันทั้งการทอดด้วยน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าสีนี้สอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ด้วยตา โดยตั้งแต่วันที่ 3 ของการทอดสังเกตเห็นได้ชัดเจนว่าผลิตภัณฑ์เริ่มมีสีคล้ำมากขึ้น แม้ว่าเมื่อพิจารณาจากค่าความสว่าง (L) แล้วจะพบว่าตั้งแต่วันที่สองของการทอด กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานด้วยน้ำมันรำข้าว มีค่าความสว่างสูงกว่าการทอดด้วยน้ำมันปาล์มอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) และพบว่าชนิดของน้ำมันไม่มีผลต่อค่าสี a และ b ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน ทำให้เกิดปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการระหว่างการให้ความร้อนภายใต้อุณหภูมิสูงกับน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบ ได้เป็นคาราเมลขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานมีสีคล้ำ ไม่ว่าจะทอดด้วยน้ำมันปาล์มหรือรำข้าวก็ตาม ทำให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างของค่าสีแดง-เขียว (ค่า a) และสีเหลือง-น้ำเงิน (ค่า b) ของผลิตภัณฑ์ที่ทอดจากน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าวได้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ปริมาณไขมันและค่าสีของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มที่ทอดโดยใช้น้ำมันปาล์ม (PO) และน้ำมันรำข้าว (RBO) ที่วันต่าง ๆ ของการทอด

คุณลักษณะ	น้ำมันทอด	วัน (ครั้งที่เก็บตัวอย่างวิเคราะห์)				
		1	2	3	4	5
ไขมัน$_{Ns}$ (wb)	PO	14.04±0.74^{b}	14.69±0.86^{ab}	15.38±0.40^{ab}	15.57±0.60^{ab}	15.91±0.34^{a}
	RBO	13.91±0.52^{b}	14.73±0.72^{ab}	14.86±0.67^{ab}	14.95±0.12^{ab}	16.01±0.19^{a}
L_{Ns}	PO	62.44±1.93^{a}	59.85±2.12^{ab}	57.21±1.03^{bc}	53.84±1.34^{cd}	50.80±1.97^{d}
	RBO	64.51±6.25^{a}	61.16±1.42^{ab}	58.68±0.11^{ab}	56.63±3.52^{ab}	53.27±0.01^{b}
a^{ns}_{Ns}	PO	8.91±3.42	9.13±0.71	10.82±0.25	11.56±0.03	11.33±0.64
	RBO	8.77±3.34	9.70±0.42	10.15±0.31	11.44±0.13	12.04±1.22
b^{ns}_{Ns}	PO	28.52±1.40	24.84±0.74	21.58±4.84	21.78±2.69	21.79±2.60
	RBO	25.37±2.71	25.59±0.95	23.83±1.46	23.71±0.66	23.21±0.69
ความแตกต่างของสี (delta E)	PO	-	4.51	8.90	11.24	13.66
	RBO	-	3.48	6.19	8.48	11.90

หมายเหตุ : X^{abc} หมายถึง ในแถวเดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันของแต่ละคุณลักษณะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

X_{AB} หมายถึง ในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันของแต่ละคุณลักษณะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ns,Ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแถวและคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

L หมายถึง ค่าแสดงความเข้มสว่างของสี ซึ่งมีตั้งแต่ 0-100 ถ้า L เท่ากับ 0 หมายถึงสีดำ และค่า L เท่ากับ 100 หมายถึงสีขาว

a หมายถึง ค่าแสดงระดับสีแดง-เขียว เมื่อ a มีค่าเป็นบวกแสดงลักษณะสีแดง ถ้ามีค่าเป็นลบแสดงลักษณะสีเขียว

b หมายถึง ค่าแสดงระดับสีเหลือง-น้ำเงิน เมื่อ b มีค่าเป็นบวกแสดงลักษณะสีเหลือง ถ้ามีค่าเป็นลบแสดงลักษณะสีน้ำเงิน

$$\text{delta E} = [\,(\text{delta L})^2 + (\text{delta a})^2 + (\text{delta b})^2\,]^{1/2}$$

จากตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ไขมันของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม พบว่าชนิดของน้ำมันไม่มีผลต่อปริมาณไขมันที่ถูกดูดซับในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เมื่อวันหรือจำนวนครั้งของการทอดเท่ากัน แต่พบว่าปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ทั้งที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อจำนวนวันหรือครั้งที่ทอดเพิ่มขึ้น โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มในวันที่ 1 มีปริมาณไขมัน 14.04 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทอดจนถึงวันที่ 5 ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเป็น 15.91 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์สูตรเค็มที่ทอดด้วยน้ำมันรำข้าวในวันที่ 1 มีปริมาณไขมัน 13.91 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อผ่านทอดจนถึงวันที่ 5 ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเป็น 16.01

เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ปริมาณไขมันดูดซับในผลิตภัณฑ์ที่สูงขึ้น เมื่อจำนวนครั้งของการทอดเพิ่มขึ้นเป็นผลจากความหนืดของน้ำมัน เช่นเดียวกับที่ได้กล่าวไว้ในผลิตภัณฑ์สูตรหวาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Pedreschi และคณะ (2007) ศึกษาพบว่าการทอดมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 120-180 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทอด มีผลให้ปริมาณน้ำมันดูดซับของมันฝรั่งทอดกรอบเพิ่มขึ้น เป็นผลจากความหนืดของน้ำมันที่เพิ่มขึ้น

สำหรับค่าสีของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม เมื่อพิจารณาจากความแตกต่างของสี (delta E) โดยใช้ค่าสี (L a b) ของผลิตภัณฑ์วันแรกในการอ้างอิงเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง พบว่าเมื่อวันหรือจำนวนครั้งที่ทอดเพิ่มขึ้น สีของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นด้วย โดยจะเห็นความแตกต่างของค่าสีว่ามีการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนใกล้เคียงกันเมื่อทอดกล้วยน้ำว้าด้วยน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าสีนี้สอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ด้วยตา โดยตั้งแต่วันที่ 2 ของการทอด สังเกตได้ชัดเจนว่าผลิตภัณฑ์เริ่มมีสีคล้ำมากขึ้น แม้ว่าเมื่อพิจารณาจากค่าความสว่าง (L) แล้วพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันรำข้าวในวันที่ 1 มีความสว่างสูงแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ทอดในวันที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากวันที่ 2-4 ของการทอด เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ในวันแรกของการทอดเริ่มแตกต่างจากวันที่ 3 ของการทอดอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) และทั้งชนิดของน้ำมันและจำนวนครั้งที่ทอดไม่มีผลต่อค่าสี a และ b ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้การสังเกตสีของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรเค็มมีสีแดงและสีเหลืองไม่แตกต่างกัน แต่ครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มระยะเวลาในการทอด เป็นการเพิ่มโอกาสให้น้ำมันสัมผัสกับความร้อนและออกซิเจนมากขึ้น ส่งผลให้น้ำมันมีสีคล้ำขึ้นหรือความสว่างลดลง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

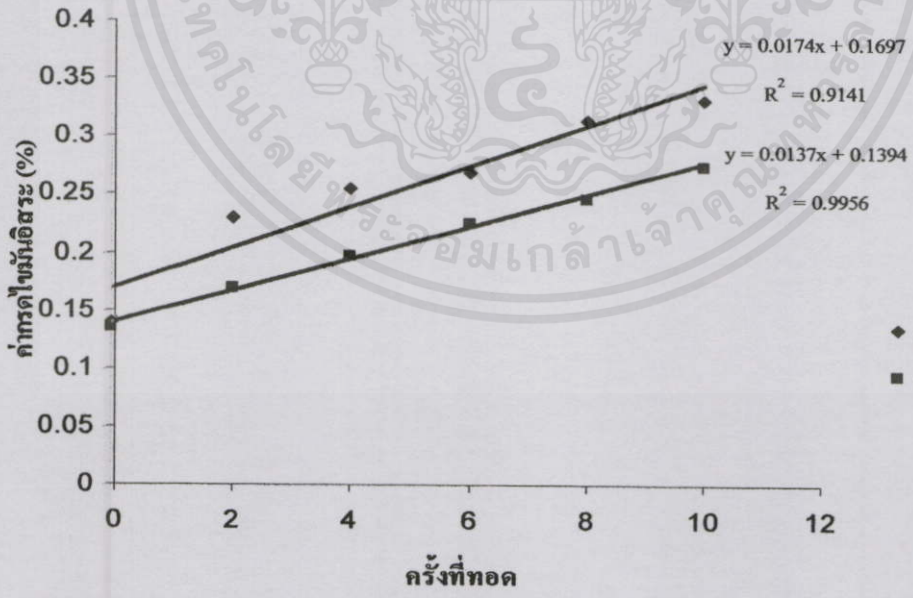
เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่าชนิดของน้ำมันไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันดูดซับในผลิตภัณฑ์ทั้งสูตรหวานและสูตรเค็ม ซึ่งผลิตภัณฑ์สูตรหวานและสูตรเค็มมีปริมาณน้ำมันดูดซับใกล้เคียงกัน และเมื่อเพิ่มจำนวนครั้งของการทอดมีผลทำให้ปริมาณน้ำมันดูดซับของผลิตภัณฑ์ทั้งสูตรหวานและสูตรเค็มเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน ด้านสี พบว่าเมื่อจำนวนครั้งของการทอดเพิ่มขึ้น ทำให้ความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลงทั้งผลิตภัณฑ์สูตรหวานและสูตรเค็ม แต่ผลิตภัณฑ์สูตรเค็มมีความสว่างกว่าผลิตภัณฑ์สูตรหวานเล็กน้อย ทั้งนี้มีเหตุผลมาจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคล้ำมากขึ้น เนื่องสีน้ำตาลของคาราเมลที่เกิดขึ้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว และเมื่อเปรียบเทียบจากความแตกต่างของสี (delta E) พบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มมีการเปลี่ยนแปลงสีได้ชัดเจนกว่าผลิตภัณฑ์สูตรหวานเมื่อครั้งของการเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์สูตรหวานมีอิทธิพลพลของสีคาราเมลเข้ามาบดบังการเปลี่ยนแปลงของความคล้ำของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ศึกษาผลการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง ต่อการเสื่อมเสียของน้ำมันทอด

ในหัวข้อที่แล้วศึกษาปริมาณไขมัน และค่าสี L a b ของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานและสูตรเค็ม โดยสูตรหวานใช้ระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล 35 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นเวลา 3 วินาที และสูตรเค็มใช้ระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือ 7 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นเวลา 10 วินาที ทอดเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว โดยนำน้ำมันมาทอดผลิตภัณฑ์ครั้งละ 3.5 นาที วันละ 2 ครั้ง ช่วงเช้าและบ่าย เพื่อเว้นช่วงเวลาให้อุณหภูมิของน้ำมันเย็นลงที่อุณหภูมิห้องก่อนทอดครั้งต่อไป ติดต่อกัน 5 วัน เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดจากช่วงบ่ายของแต่ละวันไปวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังที่กล่าวไว้ สำหรับการศึกษาถึงการเสื่อมเสียของน้ำมันทำโดยเก็บตัวอย่างน้ำมัน 60 มล. ที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์ช่วงบ่ายของแต่ละวันมาวิเคราะห์กรดไขมันอิสระ เปอร์ออกไซด์ และค่าสี (photometric color index) เพื่อดูการเสื่อมเสียของน้ำมันเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว ซึ่งสมบัติทางกายภาพและเคมีเหล่านี้เป็นตัวชี้บ่งว่าน้ำมันทอดมีแนวโน้มของอัตราการเสื่อมเสียเป็นอย่างไร โดยทำการเขียนกราฟระหว่างกรดไขมันอิสระ เปอร์ออกไซด์ และค่าสี กับครั้งที่ทอด จากกราฟจะได้สมการที่แสดงค่าความชัน ซึ่งสามารถบอกถึงแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันเมื่อครั้งของการทอดเพิ่มขึ้น

จากการวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์ม (as % palmitic) และน้ำมันรำข้าว (% oleic) ที่นำมาทอดผลิตภัณฑ์ 5 วัน วันละ 2 ครั้ง พบว่าผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน มีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลง ดังรูปที่ 4.1

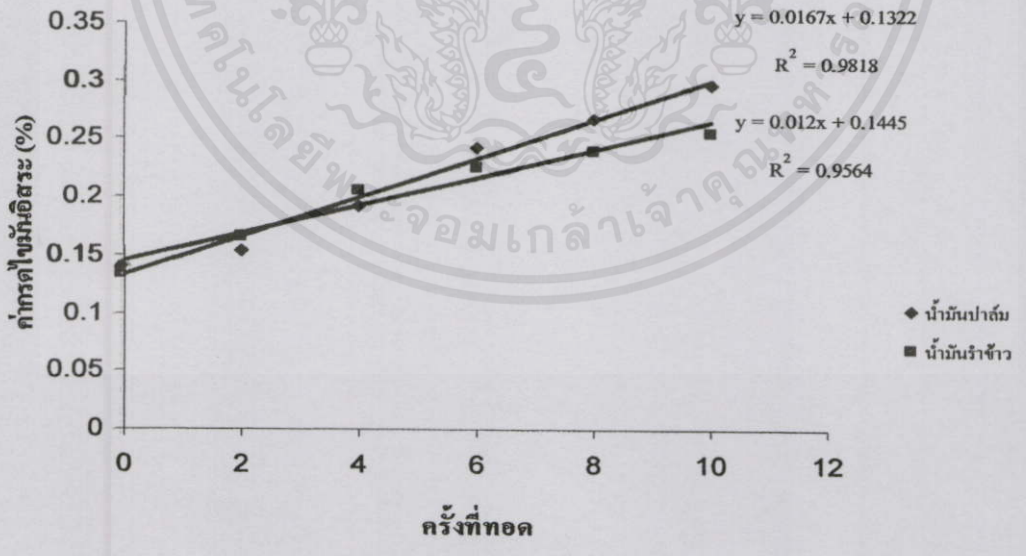


รูปที่ 4.1 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันอิสระตามครั้งที่ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป พบว่าเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มในรูปกรดปาล์มมิติก และน้ำมันรำข้าวในรูปกรดโอเลอิกที่ใช้ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น โดยกราฟมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นเส้นตรง ความชันของน้ำมันปาล์มเท่ากับ 0.017 และน้ำมันรำข้าวเท่ากับ 0.014 ซึ่งน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวมีค่าความชันของกรดไขมันอิสระแตกต่างกันน้อยมาก แสดงว่าการทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานด้วยน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว มีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันอิสระใกล้เคียงกัน ทั้งนี้การทอดอาหารที่อุณหภูมิสูง น้ำมันจะถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอลซึ่งเป็นสารโมเลกุลเล็กสามารถระเหยเป็นควันได้ ความเร็วของการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสขึ้นอยู่กับจุดเกิดควันและปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมัน ทั่วไปน้ำมันรำข้าวมีจุดเกิดควันที่ 250 องศาเซลเซียส และน้ำมันปาล์ม 220 องศาเซลเซียส แต่จุดเกิดควันของน้ำมันยังขึ้นกับปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีในน้ำมันก่อนทอด (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548) ดังนั้นน้ำมันรำข้าวอาจมีแนวโน้มของการเกิดกรดไขมันอิสระได้ช้ากว่าน้ำมันปาล์ม เพราะพบว่าน้ำมันรำข้าวมีปริมาณกรดไขมันอิสระเริ่มต้นต่ำกว่า และจุดเกิดควันสูงกว่า แต่ผลการทดลองอาจเห็นความแตกต่างไม่ชัดเจน แต่หากเพิ่มจำนวนครั้งที่ทอดให้มากขึ้นอาจเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนขึ้น

สำหรับค่ากรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์ม (as % palmitic) และน้ำมันรำข้าว (as % oleic) ที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม พบว่ามีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลง ดังรูปที่ 4.2



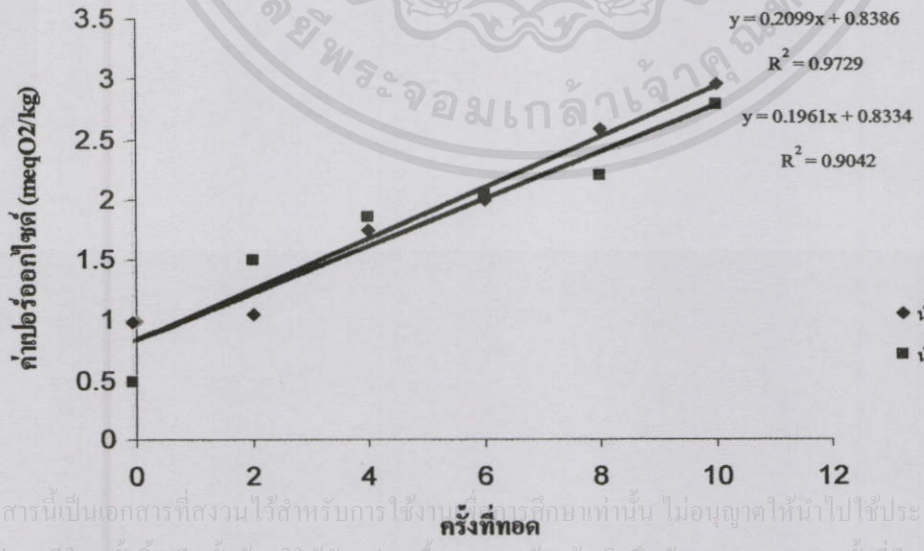
รูปที่ 4.2 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันอิสระตามครั้งที่ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป พบว่าเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มในรูปกรดปาล์มมิติก และน้ำมันรำข้าวในรูปกรดโอเลอิกที่ใช้ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น โดยกราฟมีการเปลี่ยนแปลงเป็นเส้นตรง ความชันของน้ำมันปาล์มเท่ากับ 0.017 และน้ำมันรำข้าวเท่ากับ 0.012 ซึ่งน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวมีค่าความชันของกรดไขมันอิสระแตกต่างกันน้อยมาก แสดงว่าการทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานด้วยน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว มีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันอิสระใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานและสูตรเค็ม พบว่าทั้งน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์สูตรหวานและสูตรเค็ม มีแนวโน้มของอัตราการเสื่อมเสียได้ใกล้เคียงกัน เมื่อวิเคราะห์จากอัตราการเปลี่ยนแปลงความชันของค่ากรดไขมันอิสระ ที่ตรวจสอบจากการทอดเปรียบเทียบเป็นจำนวน 10 ครั้ง พบว่าค่ากรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานและสูตรเค็ม มีค่าใกล้เคียงกัน ค่ากรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์สูตรหวานมีค่า 0.23-0.33 และที่ใช้ทอดสูตรเค็มมีค่า 0.15-0.30 (as % palmitic) และค่ากรดไขมันอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์สูตรหวานมีค่า 0.17-0.27 และที่ใช้ทอดสูตรเค็มมีค่า 0.17-0.25 (as % oleic) จากค่ากรดไขมันอิสระที่วิเคราะห์ได้พบว่าเป็นค่าที่ยังไม่ทำให้น้ำมันเกิดการเสื่อมเสีย

สำหรับการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ ($meqO_2/kg$) ของน้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน พบว่ามีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลง ดังรูปที่ 4.3

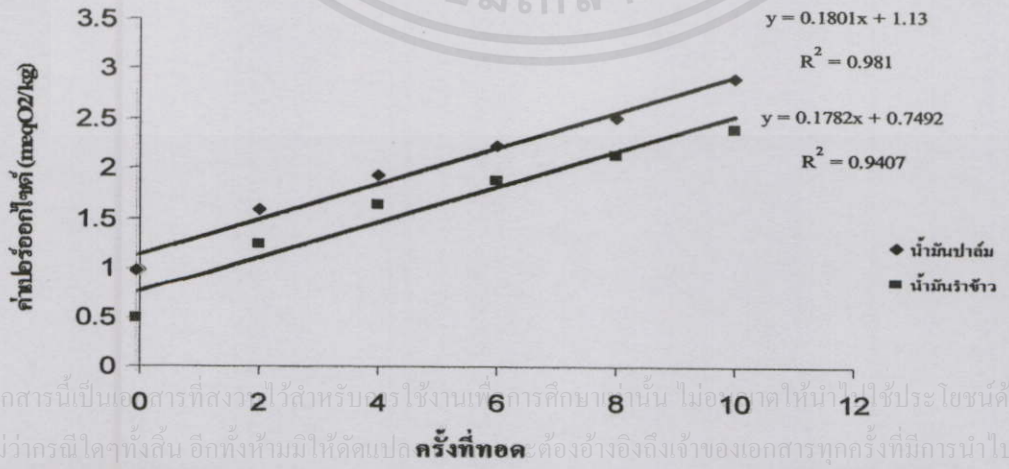


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ตามครั้งที่ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว

จากรูป พบว่าค่าเปอร์ออกไซด์ ($meqO_2/kg$) ของน้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น โดยกราฟมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นเส้นตรง ความชันของน้ำมันปาล์มเท่ากับ 0.210 และน้ำมันรำข้าวเท่ากับ 0.196 พบว่าน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวมีความชันของค่าเปอร์ออกไซด์แตกต่างกันน้อยมาก แสดงว่าการทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานด้วยน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว มีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ใกล้เคียงกัน แม้ว่าค่าเปอร์ออกไซด์บ่งบอกได้ถึงอัตราการเกิดออกซิเดชันในน้ำมัน ซึ่งน้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสูง จะถูกออกซิไดซ์ได้เร็วกว่าน้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนต่ำ แต่จากการทดลอง พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันทั้ง 2 ชนิดนี้ใกล้เคียงกัน แม้ว่าน้ำมันรำข้าวจะมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในปริมาณที่สูงกว่าน้ำมันปาล์ม แต่น้ำมันรำข้าวที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ ยังมีสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอยู่สูง ได้แก่ วิตามินอี-กลุ่มโทโคเฟอรอล โทโคไตรอีนอล ในปริมาณใกล้เคียงกับน้ำมันปาล์ม โดยน้ำมันปาล์มมี 1,030 ppm และน้ำมันรำข้าวมี 845 ppm และน้ำมันรำข้าวยังมีสาร โอรีซานอลซึ่งไม่พบในน้ำมันพืชชนิดอื่น ทำให้น้ำมันรำข้าวมีสารต้านการออกซิเดชันถึง 2,845 ppm (Eitenmiller, 1997; Yoshino *et al.*, 1983) ซึ่งอาจทำให้น้ำมันรำข้าวมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้สูง และช่วยลดอัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชันในน้ำมันทอดได้ และมีแนวโน้มการเกิดสารเปอร์ออกไซด์ใกล้เคียงกับน้ำมันปาล์ม

การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ ($meqO_2/kg$) ของน้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม พบว่ามีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลง ดังรูปที่ 4.4



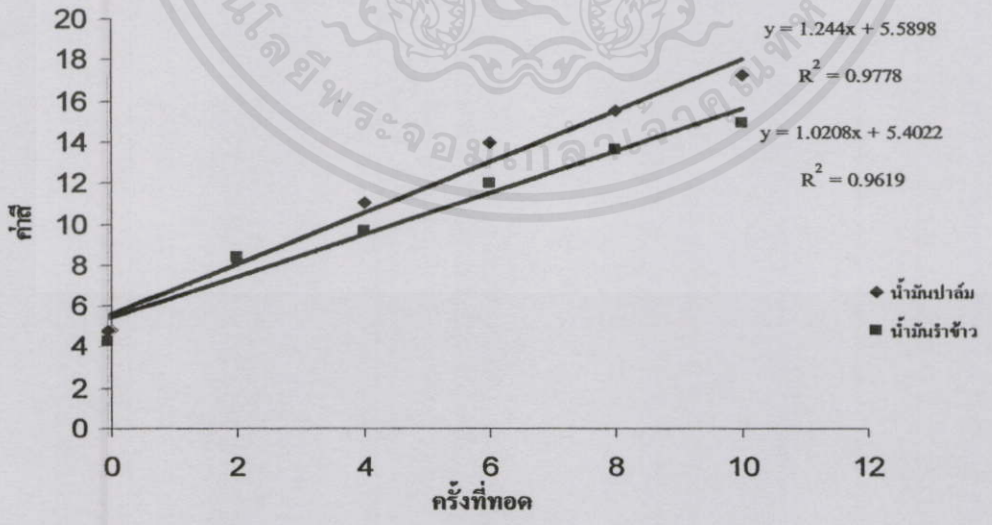
รูปที่ 4.4 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ตามครั้งที่ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป พบว่าค่าเปอร์ออกไซด์ ($meqO_2/kg$) ของน้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น โดยกราฟมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นเส้นตรง ความชันของน้ำมันปาล์มเท่ากับ 0.180 และน้ำมันรำข้าวเท่ากับ 0.178 ซึ่งน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวมีความชันของค่าเปอร์ออกไซด์แตกต่างกันน้อยมาก แสดงว่าการทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มด้วยน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว มีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ใกล้เคียงกัน ซึ่งมีเหตุผลเช่นเดียวกับในผลิตภัณฑ์สูตรหวาน

เมื่อพิจารณาผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานและสูตรเค็ม พบว่าทั้งน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์สูตรหวานและสูตรเค็ม มีแนวโน้มของอัตราการเสื่อมเสียได้ใกล้เคียงกัน เมื่อวิเคราะห์จากอัตราการเปลี่ยนแปลงความชันของค่าเปอร์ออกไซด์ ($meqO_2/kg$) ที่ตรวจสอบจากการทอดเปรียบเทียบเป็นจำนวน 10 ครั้ง พบว่าค่าเปอร์ออกไซด์ ของน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานและสูตรเค็ม มีค่าใกล้เคียงกัน ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์สูตรหวานมีค่า 1.60-2.90 และที่ใช้ทอดสูตรเค็มมีค่า 1.05-2.95 ($meqO_2/kg$) และค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์สูตรหวานมีค่า 1.25-2.41 และที่ใช้ทอดสูตรเค็มมีค่า 1.50-2.79 จากค่าเปอร์ออกไซด์ที่วิเคราะห์ได้พบว่าเป็นค่าที่ยังไม่ทำให้น้ำมันเกิดการเสื่อมเสีย

สำหรับการวิเคราะห์ค่าสีของน้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน พบว่ามีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 4.5

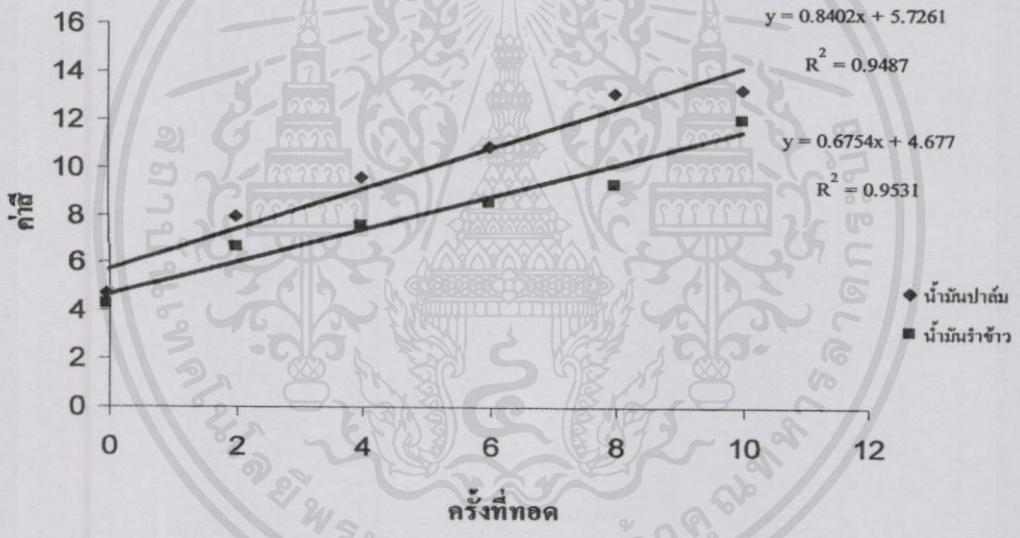


รูปที่ 4.5 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีตามครั้งที่ทำการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เมื่อพิจารณาจากกราฟ ค่าสีของน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น โดยกราฟมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นเส้นตรง ความชันของน้ำมันปาล์มเท่ากับ 1.244 และน้ำมันรำข้าวเท่ากับ 1.021 พบว่าน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวมีความชันของค่าสีแตกต่างกันน้อยมาก แสดงว่าการทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานด้วยน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว มีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันระหว่างน้ำตาลกับความร้อนที่อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดเป็นคาราเมลซึ่งมีสีน้ำตาลเข้มในน้ำมันทั้งสองชนิด จึงทำให้แนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงความชันของค่าสีของน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกัน

สำหรับการวิเคราะห์ค่าสีของน้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม พบว่ามีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีตามครั้งที่ทำการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว

เมื่อพิจารณาจากกราฟ ค่าสีของน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น โดยกราฟมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นเส้นตรง ความชันของน้ำมันปาล์มเท่ากับ 0.840 และน้ำมันรำข้าวเท่ากับ 0.675 พบว่าน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวมีความชันของค่าสีแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน แสดงว่าการทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มด้วยน้ำมันปาล์มมีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีค่อนข้างเร็วกว่าน้ำมันรำข้าว ทั้งนี้อาจเนื่องจากสีคล้ำของน้ำมันซึ่งเกิดจากขณะที่นำน้ำมันมาใช้ทอดอาหาร จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในโมเลกุลของน้ำมัน โดยทำให้ไตรกลีเซอไรด์ ค่อย ๆ แตกสลาย มีปริมาณกรดไขมันอิสระมากขึ้น และเกิดเป็นโมโนกลีเซอไรด์

ไดกลีเซอไรด์ และมีสารที่เกิดจากการออกซิเดชันเกิดขึ้น เช่น ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารพวกโพลาร์ สารเหล่านี้อาจรวมกันเป็นสารโพลีเมอร์ เช่น ไดออกซิน โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAH) ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสาเหตุทำให้น้ำมันมีสีดำ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางด้วยน้ำมันปาล์มเป็นจำนวน 10 ครั้ง ทำให้น้ำมันปาล์มมีสีคล้ำกว่าน้ำมันรำข้าว เนื่องจากในน้ำมันรำข้าวมีสารต้านการเกิดออกซิเดชันในปริมาณที่สูงกว่าน้ำมันปาล์ม จึงอาจมีความคงตัวต่อการสลายโมเลกุลของน้ำมัน และการรวมตัวกันของโมเลกุลเกิดเป็นสารโพลิเมอร์ที่มีสีดำได้ดีกว่าน้ำมันปาล์ม จึงมีการเปลี่ยนแปลงสีได้ช้ากว่า ซึ่งจากการทดลองในห้องปฏิบัติการของกระทรวงสาธารณสุข พบว่าการรับประทานอาหารใด ๆ ที่ประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอี ในปริมาณมาก ร่วมกับอาหารประเภททอด จะช่วยป้องกันผลเสียที่เกิดจากสารโพลาร์ได้ (จงกลนี วิทยารุ่งเรือง และกนกวรรณ เศรษฐพงศ์วนิช, 2550)

เมื่อพิจารณาผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานและสูตรเค็ม พบว่าน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการทอดผลิตภัณฑ์สูตรหวานมีแนวโน้มของค่าสีสูงกว่าสูตรเค็มเล็กน้อย โดยค่าสีของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดผลิตภัณฑ์สูตรหวานเป็นจำนวน 10 ครั้ง มีค่าในช่วง 8.22-17.23 และค่าสีของน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการทอดสูตรหวาน 8.41-14.96 สำหรับค่าสีของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดผลิตภัณฑ์สูตรเค็มมีค่า 7.95-13.23 และค่าสีน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการทอดสูตรเค็มมีค่า 6.68-11.98 เมื่อวิเคราะห์จากอัตราการเปลี่ยนแปลงความชันของค่าสี พบว่าค่าสีของน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มมีค่าค่อนข้างแตกต่างกันกันชัดเจน ซึ่งแตกต่างจากค่าสีของน้ำมันปาล์มและน้ำมัน รำข้าวที่ผ่านการทอดผลิตภัณฑ์สูตรหวานที่มีสีไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นอาจเป็นผลเนื่องมาจากคาราเมล ดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

1. จากการทดลอง พบว่ากระบวนการเตรียมชิ้นกล้วยก่อนทอดโดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลและเกลือ มีผลทำให้ปริมาณน้ำมันดูดซับในผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานและสูตรเค็มลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุม โดยผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน สามารถลดปริมาณไขมันได้ 15-23 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม สามารถลดปริมาณไขมันได้ 7-15 เปอร์เซ็นต์

2. สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด คือตัวอย่างกล้วยที่แช่ในสารละลายระดับความเข้มข้นน้ำตาล 35 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 และ 10 วินาที สำหรับผลิตภัณฑ์สูตรหวาน และ ระดับความเข้มข้นเกลือ 7 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 วินาที สำหรับผลิตภัณฑ์สูตรเค็ม

3. จากการเลือกผลิตภัณฑ์สูตรหวาน และสูตรเค็มที่ได้การยอมรับ สูตรละ 1 ระดับความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้แช่ โดยเลือกจากคะแนนการยอมรับโดยรวมที่ได้ มาทำการทอดเพื่อศึกษาถึงชนิดของน้ำมันระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว และผลของจำนวนครั้งที่นำน้ำมันมาใช้ทอดซ้ำ โดยใช้น้ำมันทอดซ้ำเป็นเวลา 5 วัน แต่ละวันทำการทอด 2 ครั้ง และเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดจากครั้งที่ 2 ในแต่ละวันมาวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ค่าสี L a b พบว่าชนิดของน้ำมันไม่มีผลต่อปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ทั้งผลิตภัณฑ์สูตรหวานและสูตรเค็ม แต่เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำมันดูดซับในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ด้านสี พบว่าชนิดน้ำมันทอดและครั้งที่ทำการทอดมีผลต่อค่าความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานอย่างมีนัยสำคัญ โดยกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานที่ทอดด้วยน้ำมันรำข้าวมีความสว่างมากกว่ากล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม และเมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์สูตรหวานที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม พบว่าชนิดของน้ำมันไม่มีผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่างของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าสีของน้ำมันที่ใช้ทอดซ้ำเป็นเวลา 5 วัน วันละ 2 ครั้ง และเก็บตัวอย่างน้ำมันมาวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการทอดโดยใช้น้ำมันรำข้าวและน้ำมันปาล์ม พบว่าค่ากรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มมีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงความชันได้ใกล้เคียงกับน้ำมันรำข้าว และค่าเปอร์ออกไซด์

ของน้ำมันทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน ด้านสี พบว่าน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดซ้ำมีสีคล้ำหรือดำกว่าน้ำมันรำข้าว โดยการใช้น้ำมันทอดซ้ำในผลิตภัณฑ์สูตรเค็ม ค่าสีของน้ำมันปาล์มมีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงความชันสูงกว่าน้ำมันรำข้าว

ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองเปรียบเทียบชนิดของน้ำมัน เพื่อดูการเสื่อมเสียของน้ำมันที่ผ่านการทอด พบว่าค่ากรดไขมันอิสระ และค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าวมีแนวโน้มของอัตราการเสื่อมเสียใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการนำน้ำมันไปทอด หรือครั้งที่ทำการทอดศึกษาน้อยเกินไป ถ้าหากเพิ่มครั้งของการทอดให้มากขึ้น เช่น วันที่ทอดเป็น 10 วันซึ่งจะทำให้น้ำมันถูกใช้ซ้ำ 20 ครั้ง เนื่องจากนำน้ำมันมาทอดซ้ำวันละ 2 ครั้ง อาจทำให้ผลของค่ากรดไขมันอิสระ และค่าเปอร์ออกไซด์ที่วิเคราะห์ได้ระหว่างน้ำมัน 2 ชนิด แตกต่างกันชัดเจนมากขึ้น และแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันได้ดีขึ้น จะทำให้สามารถใช้เป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำมันที่นำมาใช้ทอดซ้ำได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีประโยชน์สำหรับการใช้เป็นเกณฑ์เพื่อตัดสินใจในการเปลี่ยนน้ำมันใหม่

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จงกลนี วิทยารุ่งเรือง และกนกวรรณ เศรษฐพงศ์วนิช. 2550. ภัยน้ำมันทอดซ้ำ. เอกสารประกอบความรู้. ศูนย์ปฏิบัติการความปลอดภัยด้านอาหาร กระทรวงสาธารณสุข.

ด้วง พุธศุกร์. 2534. **ไขมันและเคมีภัณฑ์จากไขมัน**. โครงการตำราและเอกสารประกอบการเรียน. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 29-38.

นักสิทธิ์ ปัญโญใหญ่. 2546. การลดเวลาอบแห้งหอมหัวใหญ่โดยการลดน้ำด้วยวิธีออสโมติก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.120 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2539. เคมีอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

นัยนา บุญทวีขุวัฒน์ และ เรวดี จงสุวัฒน์. 2545. น้ำมันรำข้าว ทางเลือกเพื่อสุขภาพของคนไทย. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 40.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. **กล้วย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ประวิทย์ สันติวัฒนา. 2549. ตารางแสดงปริมาณกรดไขมันแต่ละประเภทในน้ำมันพืชชนิดต่างๆ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.thaiedibleoil.com/thai/

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, รัศมี ศุภศรี และ เนื้อทอง วนานุวัธ. 2548. กล้วยอบเนย. **วารสารอาหาร**. 35(2): 104-112

วิไล รังสาดทอง. 2547. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 4. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรรณี เดชกำแหง. 2530. เคมีอาหารเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

สายชล เกตุษา. 2528. **สรีระวิทยา และเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน. หน้า 364.

Aguilar, C.N., R. Anzaldúa-Morales, R. Talamás and G. Gastélum. 1997. "Low-temperature blanch improves textural quality of French-fries." **Journal of Food Science**. 62: 568-571.

Akdeniz, N., S. Sahin and G. Sumnu. 2006. "Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices." **Journal of Food Engineering**. 75: 522-526.

Alim, H. and I.D. Morton. 1974. "Deep fat frying and absorption by a fried products." **Journal of the science of Food and Agriculture**. 25: 1041-1042.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Alvarez, M.D., M.J. Morillo and W. Canet. 2000. "Characterization of the frying process of fresh and blanched potato strips using response surface methodology." **European Food Research and Technology**. 211: 326-335.

American Oil Chemists' Society .1997. **Official Methods and Recommended Practices of the AOCS**. 5th edition. AOCS Press. Champaign, IL, USA.

AOAC .1998. **Official Method of Analysis**. 16th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.

Bailey, Alton E. 1964. **Bailey's industrial oil and fat products**. 3rd ed. Edited by Daniel Swern. New York: Wiley.

Baumann, B. and F. Escher. 1995. "Mass and heat transfer during deep-fat frying of potato slices. I. Rate of drying and oil uptake." **Lebensmittel Wiss Technologie**. 28: 395–403.

Bunger, A., P. Moyano and V. Rioseco. 2003. "NaCl soaking treatment for improving the quality of French-fried potatoes." **Food Research International**. 36: 161–166.

Bunnel, C.M. and H. Tabacchi. 1965. "Frying oil deterioration and vitamin loss during food service operation." **Journal of Food Science**. 51: 218-221.

Califano, A.N. and A. Calvelo. 1987. "Adjustment of surface concentration of reducing sugars before frying of potato strips." **Journal of Food Processing and Preservation**. 12: 1-9.

Charley, H. 1982. **Vegetables In: Food Science**. New York: John Wiley & Sons. 229 p.

Choe, E. and D.B. Min. 2007. "Chemistry of Deep-Fat Frying Oils." **Journal of Food Science**. 72: 77-85.

Eitenmiller, R. 1997. "Vitamin E contents of fat and oils-nutritional implications." **Food Technology**. 51: 80.

Fennema, O.R. 1985. "Lipids." **Food Chemistry**. 2nd ed. Marcel Dekker, Inc., New York.

Fellow, P. J. 1990. **Food Processing Technology: Principle**. Ellis Herwood Limited 505 p.

Fritsch, C.W. 1981. "Measurements of frying fat deterioration." **Journal Am. Oil Chem. Soc**. 58: 272.

Funami, T. and M. Funami. 1999. "Decreasing oil uptake of doughnuts during deep fat frying using curdlan." **Journal of Food Science**. 64: 883-888.

Gamble, M.H. and P. Rice. 1988. "Effect of pre-fry drying on oil uptake and distribution in potato crisp manufacture." **International Journal of Food Science and Technology**. 22: 535-539.

Gamble, M.H., P. Rice and J.D. Selman. 1987. "Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from cv. *record* UK tubers." **International Journal of Food Science and Technology**. 22: 233–241.

Garayo, J. and R. Moreira. 2002. "Vacuum frying of potato chips." **Journal of Food Engineering**. 55: 181–191.

Garcia, M.A., C. Ferrero, N. Bertola, M. Martino and N. Zaritzky. 2002. "Edible Coatings from Cellulose Derivatives to Reduce Oil Uptake in Fried Products." **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 3: 391-397.

Goldstein, J.L. and E.L. Wick. 1969. "Lipid in ripening banana fruit." **Journal of Food Science**. 34: 482-484.

Hegsted, D.M., R.B. McGundy and M.L. Myers. 1965. "Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man." **American Journal of Clinical Nutrition.** 17: 281-295.

Ikoko, J. and V. Kuri. 2007. "Osmotic pre-treatment effect on fat intake reduction and eating quality of deep-fried plantain." **Food Chemistry**. 102: 523-531.

Kilgore, L. and M. Bailey. 1970. "Degradation of linoleic acid during potato frying." **J. Amer. Diet. Assn**. 56: 130.

Keller, C. and F. Escher. 1989. "Heat and mass transfer during deep fat frying of potato Products." Presented at international congress of Engineering and Food V, Cologne, Germany.

Kita, A., G. Lisiska and G. Goubowska. 2007. "The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato crisps." **Food Chemistry**. 102: 1-5.

Krokida, M.K., V. Oreopoulou and Z.B. Maroulis. 2000 (a). "Effect of frying conditions on shrinkage and porosity of fried potatoes." **Journal of Food Engineering**. 43: 147–154.

Krokida, M.K., V. Oreopoulou and Z.B. Maroulis. 2000 (b). "Water loss and oil uptake as a function of frying time." **Journal of Food Engineering.** 44: 39–46.

Krokida, M.K., V. Oreopoulou and Z.B. Maroulis. 2001. "Effect of osmotic dehydration pretreatment on quality of french fries." **Journal of Food Engineering**. 49: 339–345.

Lulai, E.C. 1986. "Potato specific gravity." **Chipper/Snacker**. 43: 28-29.

Mai Tran, T.T., D.C. Xiao and C. Southern. 2007. "Reducing oil content of fried potato crisps considerably using a 'sweet' pre-treatment technique." **Journal of Food Engineering**. 80: 719-726.

Math, R.G., V. Velu, A. Nagender and D.G. Rao. 2004. "Effect of frying conditions on moisture, fat, and density of papad." **Journal of Food Engineering**. 64: 429-434.

Miller, G.L. 1959. "Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar." **Anal. Chem**. 31: 426.

Moyano, P.C., V.K. Rioseco and P.A. Gonzaléz. 2002. "Kinetics of crust color changes during deep-fat frying of impregnated french fries." **Journal of Food Engineering**. 54: 249–255.

Moyano, P.C. and F. Pedreschi. 2006. "Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: Effect of pre-treatments." **Journal of Food Science and Technology**. 39: 285-291.

Pedreschi, F. and P. Moyano. 2005. "Oil uptake and texture development in fried potato slices." **Journal of Food Engineering**. 70: 557–563.

Pedreschi, F., P. Moyano, N. Santis and R. Pedreschi. 2007. "Physical properties of pre-treated potato chips." **Journal of Food Engineering**. 79: 1474-1482.

Pinthus, E. J. and I. S. Saguy. 1993. "The effect of interfacial tension on oil uptake during deep fat frying." Abstract from IFT Annual meeting, Chicago, IL

Rimac-Brncic, S., V. Lelas, D. Rade and B. Šimundic. 2004. "Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying." **Journal of Food Engineering**. 64: 237-241.

Rossel, J.B. 2001. "Effective process control in frying." **Frying**, CRC Press, Boca Raton, FL.

Saguy, I.S. and E.J. Pinthus. 1995. "Oil uptake during deep-fat frying: factors and mechanism." **Food Technology**. 49: 142–145.

Salunke, DK and Desal. BB. 1984. **Postharvest Biotechnology of Vegetables**, CRC Press, Boca Raton, FL.

Stutz, R.E. and R.H. Burris. 1948. "Factors influencing oil content of potato chips." **Food Ind**. 20: 1146-1149, 1243.

Talburt, W.F., M.L. Weaver, R.M. Reeve and R.W. Kueneman. 1987. **Frozen french fries and other frozen products**. In W.F. Talburt & O. Smith (Eds.), Potato processing. New York, USA: Van Nostrand Reinhold/AVI.

Varela, G. and B. Ruiz-Ruso. 1998. "Influence of the frying process on the real fat intake." **Grasasy Aceities**. 49: 366-369.

Yoshino, G., T. Raeumi, M. Amano, M. Tateiwa, T. Yamasaki, S. Takashima, M. Iwai, H. Hatanaka and S. Baba. 1983. " Effect of Gamma-Oryzanol on Hyperlipidemic Subjects." Current Therapeutic. 45 (4): 543-552.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ (Miller, 1959)

วิธีการทดสอบหาน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) หรือหมู่คาร์บอนิล (C=O) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของหมู่อัลดีไฮน์ (H-C=O) เช่น กลูโคส และหมู่คีโตนของน้ำตาลฟรุกโตส เป็นต้น ขณะที่สารละลาย 3,5-ไดไนโตรซาลิไซลิก แอซิด (DNS) ในสภาวะด่างจะถูกรีดิวซ์กลายเป็น 3-อะมิโน, 5-ไนโตรซาลิไซลิก แอซิด ดังสมการ

หมู่อัลดีไฮน์ $\xrightarrow{\text{oxidation}}$ หมู่คาร์บอนิล

3,5-ไดไนโตรซาลิไซลิก แอซิด $\xrightarrow{\text{reduction}}$ 3-อะมิโน, 5-ไนโตรซาลิไซลิก แอซิด

สมการทั้ง 2 สมการที่แสดงนี้ เกิดโดย 1 โมลของน้ำตาลเข้าทำปฏิกิริยากับ 1 โมลของ 3,5-ไดไนโตรซาลิไซลิก แอซิด และวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จากความเข้มข้นของสีที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาดังกล่าว โดยการเติมเกลือโพแทสเซียมโซเดียมทาร์เทรท ช่วยทำให้เกิดความคงตัวของสีที่เกิดขึ้น ทำให้การวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

1) อุปกรณ์

1.1 เครื่อง spectrophotometer

1.2 อ่างน้ำร้อน และเตาไฟฟ้า

1.3 หลอดทดลอง

2) สารเคมี

2.1 กรด 3,5-ไดไนโตรซาลิไซลิก

2.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์

2.3 โพแทสเซียมโซเดียมทาร์เทรท

3) การเตรียม DNS reagent

3.1 ตวงน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์

3.2 เติม โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม และใช้แท่งแก้วคนให้ละลาย

3.3 เติม โพแทสเซียม โซเดียมทาร์เทรท 75 กรัม คนให้ละลาย

3.4 เติม กรด 3,5-ไดไนโตรซาลิไซลิก 0.25 กรัม คนให้ละลาย

3.5 เทสารละลายลงขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็น... ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา...

4) การเตรียมสารสกัดตัวอย่าง (AOAC, 2000)

4.1 ชั่งตัวอย่างมา 37.5 กรัม นำไปปั่นกับน้ำกลั่นปริมาณ 200 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องปั่นนาน 1 นาที ต้มเดือดบน hot plate เป็นเวลา 1 ชั่งโมง เมื่อเย็นเทลงในขวดปรับปริมาตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

4.2 นำสารละลายที่ได้ไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 4

5) วิธีวิเคราะห์

5.3 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 0.4 มิลลิลิตร และ DNS 4 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง

5.5 ต้มในอ่างน้ำเดือดนาน 5 นาที

5.6 หลังจากครบกำหนดเวลา ทำให้เย็นลงทันที โดยแช่ในอ่างน้ำเย็น

5.7 เติมน้ำกลั่นลงในหลอดทดลองอีกหลอดละ 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

5.8 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 570 นาโนเมตร

5.9 บันทึกผลการทดลอง

6) การเตรียมกราฟมาตรฐาน

6.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานกลูโคส ความเข้มข้น 1 กรัม/ลิตร โดยชั่งผงกลูโคส 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรในขวดปริมาตร 1 ลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานกลูโคสที่เตรียมไว้ลงในหลอดทดลองแรก 0.1 มล. หลอดทดลองที่สอง 0.2 มล. หลอดทดลองที่สาม 0.3 มล. ทำเช่นนี้จนครบ 10 หลอด โดยหลอดที่สิบปิเปตสารละลายมาตรฐานมา 1.0 มล. แล้วเติมน้ำกลั่นในแต่ละหลอดให้ครบ 1 มล. (หลอดที่สิบไม่ต้องเติม)

6.2 ปิเปตสารละลาย DNS 4 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองทุกหลอด

6.3 ต้มในอ่างน้ำเดือดนาน 5 นาที

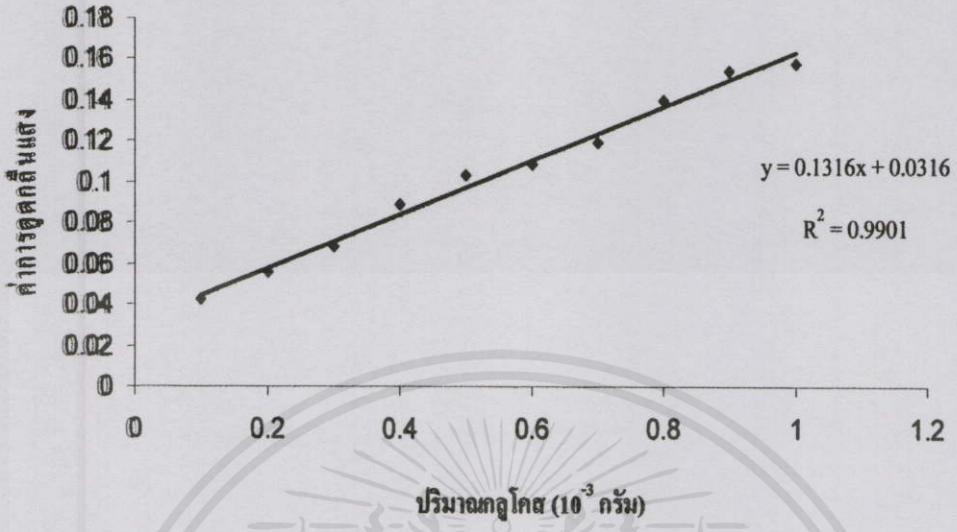
6.4 หลังจากครบกำหนดเวลา ทำให้เย็นลงทันที โดยแช่ในอ่างน้ำเย็น

6.5 เติมน้ำกลั่นลงในหลอดทดลองอีกหลอดละ 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer

6.6 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 570 นาโนเมตร และบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคส สำหรับการวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์



รูปที่ ก1 กราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคสสำหรับการวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์

ตัวอย่างการคำนวณ

เนื้อกล้วยน้ำว้าที่นำมาทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรควบคุม เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงได้เท่ากับ 0.227 จากนั้นนำค่าที่ได้แทนในสมการ $y = 0.1316 x + 0.0316$ เพื่อหาค่า x (ค่าความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส)

เพราะฉะนั้น $x = 1.485 \times 10^{-3}$ กรัมสมมูลกลูโคส

จากปริมาณตัวอย่างที่ใช้ 0.4 มิลลิลิตร มีปริมาณกลูโคส เท่ากับ 1.485×10^{-3} กรัม

ถ้าสารละลายตัวอย่าง 250 มิลลิลิตร มีเนื้อกล้วยอยู่ 37.5 กรัม

เพราะฉะนั้น สารละลายตัวอย่าง 0.4 มิลลิลิตร มีเนื้อกล้วยอยู่เท่ากับ 0.06 กรัม

ดังนั้น เนื้อกล้วยน้ำว้า 0.06 กรัม จะมีปริมาณกลูโคส เท่ากับ 1.485×10^{-3} กรัม

ถ้า เนื้อกล้วยน้ำว้า 100 กรัม จะมีปริมาณกลูโคส เท่ากับ 2.475 กรัม

เพราะฉะนั้นเนื้อกล้วยน้ำว้าที่นำมาทอดผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรควบคุม มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 2.475 กรัมสมมูลกลูโคส / น้ำหนักกล้วย 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก1 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าที่ใช้ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่างกล้วย	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์[ns] (กรัมสมมูลกลูโคส/น.น.กล้วย 100 กรัม)
ผลิตภัณฑ์สูตรควบคุม	2.53±0.08
สูตรหวาน 30% 3 และ 10 วินาที	2.61±0.07
สูตรหวาน 35% 3 และ 10 วินาที	2.43±0.21
สูตรหวาน 40% 3 และ 10 วินาที	2.74±0.34

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ ก2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าที่ใช้ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่างกล้วย	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์[ns] (กรัมสมมูลกลูโคส/น.น.กล้วย 100 กรัม)
ผลิตภัณฑ์สูตรควบคุม 3 และ 10 วินาที	2.53±0.08
สูตรเค็ม 3% 3 และ 10 วินาที	2.68±0.23
สูตรเค็ม 5% 3 และ 10 วินาที	2.73±0.25
สูตรเค็ม 7% 3 และ 10 วินาที	2.34±0.26

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าที่ใช้ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวาน เปรียบเทียบระหว่างทอดโดยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว

ชนิดน้ำมันทอด	วันที่ทำการทอด	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์[ns] (กรัมสมมูลกลูโคส/น.น.กล้วย 100 กรัม)
PO	1	2.86±0.11
	2	2.74±0.07
	3	2.63±0.01
	4	2.76±0.08
	5	2.66±0.28
RBO	1	2.89±0.04
	2	2.63±0.04
	3	2.68±0.13
	4	2.64±0.04
	5	2.75±0.01

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ ก4 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าที่ใช้ทอดกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็ม เปรียบเทียบระหว่างทอดโดยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว

ชนิดน้ำมันทอด	วันที่ทำการทอด	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์[ns] (กรัมสมมูลกลูโคส/น.น.กล้วย 100 กรัม)
PO	1	2.60±0.11
	2	2.62±0.33
	3	2.87±0.04
	4	2.68±0.22
	5	2.61±0.03
RBO	1	2.85±0.11
	2	2.83±0.09
	3	2.86±0.04
	4	2.80±0.09
	5	2.77±0.05

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข1 การวิเคราะห์ความชื้น (AOAC, 1998)

1.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1.1.1 ถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝา

1.1.2 ตู้อบลมร้อน

1.1.3 โถดูดความชื้น

1.2 วิธีการวิเคราะห์

1.2.1 อบถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาที่อุณหภูมิ 130±3 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก

1.2.2 บดตัวอย่างให้ละเอียด

1.2.3 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนในถ้วยอะลูมิเนียม

1.2.4 นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 ±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งแน่ใจว่าน้ำหนักคงที่ แล้วปิดฝาให้สนิททันที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนัก จากนั้นคำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (wb)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

ข2 การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ (AOAC, 1984)

2.1 อุปกรณ์และสารเคมี

2.1.1 เครื่องแก้ว

2.1.2 สารละลายเอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์

2.1.3 สารละลายฟีนอล์ฟธาลีน 1 เปอร์เซ็นต์ ในเอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์

2.1.4 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

2.2 วิธีวิเคราะห์

2.2.1 ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 10 กรัม ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.

2.2.2 เติมสารละลายเอทธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ 30 มล. สารละลายเอทธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ที่ใช้จะต้องทำให้เป็นกลาง โดยเติมสารฟีนอล์ฟธาลีน 2 มล. และไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนสารละลายมีสีชมพูอ่อน จากนั้นนำสารละลายไปทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

2.2.3 เติมสารละลายฟีนอล์ฟธาลีน 3.4 หยด ซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์

2.2.4 ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จนได้สารละลายสีชมพู

2.2.5 บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต

2.2.6 คำนวณปริมาณของกรดไขมันอิสระที่มีในน้ำมันตัวอย่างจากสมการ

$$\text{Free fatty acid as oleic, \%} = \frac{\text{ml of alkali} \times N \times 28.2}{\text{mass of sample, g}}$$

$$\text{Free fatty acids as palmitic, \%} = \frac{\text{mL of alkali x N x 25.6}}{\text{mass of sample, g}}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ข3 การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (AOCS, 1995)

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 สารละลายอิ่มตัวโพแทสเซียมไอโอไดด์

3.1.2 สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต

3.1.3 เครื่องแก้ว

3.1.4 สารละลายผสมระหว่างกรดอะซิติกและคลอโรฟอร์ม (3:2 โดยปริมาตร)

3.1.5 สารละลายน้ำแป้ง

3.2 วิธีการวิเคราะห์

3.2.1 ชั่งตัวอย่างน้ำมันประมาณ 5±0.05 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่แห้งและสะอาด

3.2.2 ทำ Blank ไปพร้อมกันโดยไม่ต้องใส่น้ำมันตัวอย่าง

3.2.3 เติมสารละลายผสมระหว่างกรดอะซิติก: คลอโรฟอร์ม 30 มิลลิลิตร เพื่อละลายตัวอย่างน้ำมัน

3.2.4 เติมสารละลายอิ่มตัวโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.5 มิลลิลิตร ควรทำในตู้ดูดควัน ปิดจุกและเขย่าแรงๆ 1 นาที และเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร

3.2.5 ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต เข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อน

3.2.6 เติมน้ำแป้ง 2 มิลลิลิตร ไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินจางหาย ถ้าใช้สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต เข้มข้น 0.1 นอร์มอล น้อยกว่า 0.5 มิลลิลิตร ให้ไทเทรตใหม่โดยเปลี่ยนไปใช้ความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล แทน

3.2.7 ไทเทรต Blank ตามวิธีดังกล่าวข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์เป็นจำนวนมิลลิลิตร ของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.002 นอร์มัลต่อกรัมของไขมันหรือน้ำมัน

$$\text{P.V. (มิลลิอิควิวาเลนต์ของออกซิเจนต่อกิโลกรัม)} = \frac{(S-B) \times N \times 100}{\text{น้ำหนักของน้ำมันที่ใช้ (กรัม)}}$$

เมื่อ B = ปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรต blank (มิลลิลิตร)

S = ปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

N = ปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรต blank (มิลลิลิตร)

ข4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วยเครื่องสกัดไขมัน (AOAC, 1998)

4.1 การเตรียมสารตัวอย่างและการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

4.1.1 นำสารตัวอย่างไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ประมาณ 1-2 ชั่วโมง ทำให้เย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้องในโถอบความชื้น ชั่งสารตัวอย่างนี้ 5-10 กรัม (ทศนิยมไม่น้อยกว่า 2 ตำแหน่ง) บันทึกน้ำหนักที่ชั่งไว้

4.1.2 อบบีกเกอร์สำหรับวิเคราะห์ไขมันที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องในโถอบความชื้น ชั่งบีกเกอร์ (ทศนิยมไม่น้อยกว่า 2 ตำแหน่ง) บันทึกน้ำหนัก

4.1.3 ชั่งสารตัวอย่างซึ่งจดน้ำหนักที่แน่นอน ห่อด้วยกระดาษกรองที่ปราศจากไขมันแล้วพับใส่ในทิมเบิลเพื่อทำการสกัดหาปริมาณไขมันต่อไป

4.1.4 เทตัวทำละลาย ส่วนมากใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ 140 มิลลิลิตร ลงบีกเกอร์ นำทิมเบิลประกอบเข้ากับ holder วางลงในบีกเกอร์ จากนั้นนำไปประกอบเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ไขมัน โดยตั้งโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

4.1.5 หลังจากวิเคราะห์แล้ว ทิ้งให้เย็นสักครู่ แล้วนำบีกเกอร์ที่มีคราบไขมันสีเหลืองอ่อน (ขึ้นกับสารตัวอย่าง) ไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องในโถอบความชื้น จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียด บันทึกน้ำหนักที่ได้

4.2 การคำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมัน โดยคำนวณจากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน (wb)} = \frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์ครั้งหลัง-น้ำหนักบีกเกอร์ครั้งแรก} \times 100}{\text{น้ำหนักสารตัวอย่าง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข5 วิธีวิเคราะห์สี (AOCS, 1995)

5.1 อุปกรณ์และสารเคมี

5.1.1 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

5.1.2 คิวเวตแก้ว

5.1.3 กระดาษกรอง

5.1.4 สารละลายเมธิลีนคลอไรด์ (Methylene chloride)

5.1.5 สารละลายนิกเกิลซัลเฟต (Nickel sulfate solution)

5.1.6 สารละลายไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid)

5.1.7 Diatomaceous earth

5.2 การ Calibration เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

5.2.1 เปิดเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เพื่ออุ่นเครื่องเป็นเวลาประมาณ 15 นาที

5.2.2 ปรับให้เครื่องอ่านค่าเป็นศูนย์

5.2.3 ปรับไปที่ความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร ปรับให้เครื่องอ่านค่าเป็นศูนย์ ใส่คิวเวตที่มีสารละลายเมธิลีนคลอไรด์และเซตให้ transmittance เป็น 100 เปอร์เซ็นต์

5.2.4 ใส่คิวเวตที่มีสารละลายนิกเกิลซัลเฟตและวัด transmittance ของสารละลายค่าควรอยู่ในช่วง 24.2 – 28.2 เปอร์เซ็นต์

5.2.5ปรับไปที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตรและวัด transmittance ของสารละลายนิกเกิลซัลเฟต ค่าควรอยู่ในช่วง 53.8 – 55.8 เปอร์เซ็นต์

5.2.6ปรับไปที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตรและวัด transmittance ของสารละลายนิกเกิลซัลเฟต ค่าควรอยู่ช่วง 72.9 – 74.9 เปอร์เซ็นต์ และทำเช่นเดียวกันกับความยาวคลื่นอื่นๆดังตารางที่ ข1

ตารางที่ ข1 การคาลิเบรทเครื่องสเปรกโตโฟโตมิเตอร์

nm	Transmittance
400	< 4.0 เปอร์เซ็นต์
460	26.2 ± 2.0 เปอร์เซ็นต์
510	73.9 ± 1.0 เปอร์เซ็นต์
550	54.8 ± 1.0 เปอร์เซ็นต์
620	5.2 ± 0.5 เปอร์เซ็นต์
670	1.1 ± 0.5 เปอร์เซ็นต์
700	< 2.0 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 วิธีวิเคราะห์

5.3.1ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 300 กรัม เติม Diatomaceous earth 0.5 กรัม

5.3.2กวนที่ความเร็วรอบ 250 รอบ/นาที (อุณหภูมิห้อง) ให้เข้ากันเป็นเวลา 2.5 นาที

5.3.3นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์โดยวัดความยาวคลื่นที่ 460 , 550 , 620 และ 670 นาโนเมตรซึ่งค่าที่ได้ควรใกล้เคียง 0.001

5.3.4คำนวณค่าสี

Photometric color index = $1.29\ (A_{460}) + 69.7(A_{550}) + 41.2(A_{620}) - 56.4(A_{670})$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค1 ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมและสูตรหวานความเข้มข้น 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาแช่ 3 และ 10 วินาที

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
Treatment	0.567	6	0.095	3.011	0.088
Error	0.220	7	0.031		
Total	0.787	13			

ตารางที่ ค2 ความแปรปรวนของปริมาณไขมันกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมและสูตรหวานความเข้มข้น 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาแช่ 3 และ 10 วินาที

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
Treatment	23.884	6	3.981	9.001	0.005
Error	3.096	7	0.442		
Total	26.980	13			

ตารางที่ ค3 ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมและสูตรเค็มความเข้มข้น 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาแช่ 3 และ 10 วินาที

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
Treatment	1.061	6	0.177	1.958	0.200
Error	0.632	7	0.090		
Total	1.693	13			

ตารางที่ ค4 ความแปรปรวนของปริมาณไขมันกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมและสูตรเค็มความเข้มข้น 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาแช่ 3 และ 10 วินาที

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
Treatment	7.999	6	1.333	4.541	0.034
Error	2.005	7	0.294		
Total	10.054	13			

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค5 ความแปรปรวนของค่าความแข็งของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมและสูตรหวานความเข้มข้น 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาแช่ 3 และ 10 วินาที

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
Treatment	43644.869	6	7274.149	2.634	0.115
Error	19328.195	7	2761.171		
Total	62973.091	13			

ตารางที่ ค6 ความแปรปรวนของค่าความแข็งของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางควบคุมและสูตรเค็มความเข้มข้น 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาแช่ 3 และ 10 วินาที

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
Treatment	89654.186	6	14942.364	5.314	0.023
Error	19684.703	7	2812.1		
Total	109338.89	13			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค7 ความแปรปรวนของค่าสี รสชาติ ความกรอบ และการยอมรับโดยรวมจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส ของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานความเข้มข้น 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 และ 10 วินาที

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
สี					
Treatment	28.961	5	5.792	2.268	0.048
Block	164.788	54	3.052	1.195	0.182
Error	689.539	270	2.554		
Total	883.288	329			
รสชาติ					
Treatment	25.591	5	5.118	3.065	0.010
Block	197.455	54	3.657	2.190	0.000
Error	450.909	270	1.670		
Total	673.955	329			
ความกรอบ					
Treatment	29.118	5	5.824	4.479	0.001
Block	152.624	54	2.826	2.174	0.000
Error	351.048	270	1.300		
Total	532.791	329			
การยอมรับรวม					
Treatment	45.442	5	9.088	7.298	0.000
Block	139.558	54	2.584	2.075	0.000
Error	336.224	270	1.245		
Total	521.224	329			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค8 ความแปรปรวนของค่าสี รสชาติ ความกรอบ และการยอมรับโดยรวมจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส ของกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มความเข้มข้น 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นเวลา 3 และ 10 วินาที

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
สี					
Treatment	16.852	5	3.370	2.033	0.074
Block	111.152	54	2.058	1.242	0.137
Error	447.648	270	1.658		
Total	575.652	329			
รสชาติ					
Treatment	39.542	5	7.908	4.496	0.001
Block	207.988	54	3.852	2.190	0.000
Error	474.958	270	1.759		
Total	722.488	329			
ความกรอบ					
Treatment	16.388	5	3.278	2.235	0.051
Block	204.455	54	3.786	2.582	0.000
Error	395.945	270	1.466		
Total	616.788	329			
การยอมรับรวม					
Treatment	81.515	5	16.303	13.108	0.000
Block	127.273	54	2.357	1.895	0.001
Error	335.818	270	1.244		
Total	544.606	329			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค9 ความแปรปรวนของปริมาณไขมันดูดซับของผลิตภัณฑ์สูตรหวานที่แช่ในน้ำตาลเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 3 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
น้ำมันปาล์ม					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	12.30	4	3.075	4.476	0.066
Error	3.435	5	0.687		
Total	15.735	9			
น้ำมันรำข้าว					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	16.139	4	4.048	9.433	0.015
Error	2.146	5	0.429		
Total	18.339	9			

ตารางที่ ค10 ความแปรปรวนค่าความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์สูตรหวานที่แช่ในน้ำตาลเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 3 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
น้ำมันปาล์ม					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	68.698	4	17.174	7.826	0.022
Error	10.972	5	2.194		
Total	79.67	9			
น้ำมันรำข้าว					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	46.183	4	11.546	31.525	0.001
Error	1.831	5	0.366		
Total	48.014	9			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค11 ความแปรปรวนค่าสีแดง-เขียว (a) ของผลิตภัณฑ์สูตรหวานที่แช่ในน้ำตาลเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 3 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
น้ำมันปาล์ม					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	2.904	4	0.726	0.180	0.939
Error	20.159	5	4.032		
Total	23.063	9			
น้ำมันรำข้าว					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	7.580	4	1.895	1.426	0.348
Error	6.644	5	1.329		
Total	14.224	9			

ตารางที่ ค12 ความแปรปรวนค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b) ของผลิตภัณฑ์สูตรหวานที่แช่ในน้ำตาลเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 3 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
น้ำมันปาล์ม					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	84.643	4	21.161	1.171	0.423
Error	90.384	5	18.077		
Total	175.028	9			
น้ำมันรำข้าว					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	21.019	4	5.255	0.279	0.880
Error	94.251	5	18.850		
Total	115.270	9			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค13 ความแปรปรวนของปริมาณไขมันดูดซับของผลิตภัณฑ์สูตรเค็มที่แช่ในเกลือเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 10 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
น้ำมันปาล์ม					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	4.509	4	1.127	2.937	0.134
Error	1.919	5	0.384		
Total	6.428	9			
น้ำมันรำข้าว					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	4.514	4	1.129	4.358	0.069
Error	1.295	5	0.259		
Total	5.809	9			

ตารางที่ ค14 ความแปรปรวนค่าความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์สูตรเค็มที่แช่ในเกลือเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 10 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
น้ำมันปาล์ม					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	172.109	4	43.027	14.399	0.006
Error	14.941	5	2.988		
Total	187.05	9			
น้ำมันรำข้าว					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	146.202	4	36.55	3.549	0.099
Error	51.496	5	10.299		
Total	197.698	9			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค15 ความแปรปรวนค่าสีแดง-เขียว (a) ของผลิตภัณฑ์สูตรเค็มที่แช่ในเกลือเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 10 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
น้ำมันปาล์ม					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	12.42	4	3.105	1.222	0.406
Error	12.703	5	2.541		
Total	25.122	9			
น้ำมันรำข้าว					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	13.925	4	3.481	1.346	0.369
Error	12.929	5	2.586		
Total	26.853	9			

ตารางที่ ค16 ความแปรปรวนค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b) ของผลิตภัณฑ์สูตรเค็มที่แช่ในเกลือเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาแช่ 10 วินาที เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว เมื่อครั้งที่ทำการทอดเพิ่มขึ้น

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
น้ำมันปาล์ม					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	72.738	4	18.184	2.277	0.195
Error	39.933	5	7.987		
Total	112.671	9			
น้ำมันรำข้าว					
Treatment (ครั้งที่ทอด)	9.115	4	2.279	1.009	0.482
Error	11.291	5	2.258		
Total	20.406	9			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค17 ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในกล้วยน้ำว้าที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์ควบคุม และทอดผลิตภัณฑ์สูตรหวานความเข้มข้น 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาแช่ 3 และ 10 วินาที

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
Treatment	0.105	3	0.305	0.831	0.550
Error	0.172	4	0.043		
Total	0.277	7			

ตารางที่ ค18 ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์สูตรหวานเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นเวลา 3 วินาที เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
Treatment	0.153	9	0.017	1.371	0.314
Error	0.124	10	0.012		
Total	0.278	19			

ตารางที่ ค19 ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์ควบคุม และสูตรเค็มระดับความเข้มข้น 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นเวลา 3 และ 10 วินาที

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
Treatment	0.180	3	0.060	1.258	0.401
Error	0.191	4	0.048		
Total	0.371	7			

ตารางที่ ค20 ความแปรปรวนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์สูตรเค็มที่ 7 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นเวลา 10 วินาที เปรียบเทียบระหว่างน้ำมันปาล์มกับน้ำมันรำข้าว

Source of variance	SS	df	MS	F	Sig.
Treatment	0.220	9	0.024	1.071	0.460
Error	0.206	9	0.023		
Total	0.426	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

รูปสารละลายมาตรฐานกลูโคส และกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 สารละลายมาตรฐานกลูโคส 0.1 – 1.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

รูปที่ 2 กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรหวานที่ผ่านการแช่ใน
สารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 วินาที ก่อนทอด

รูปที่ 3 กล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางสูตรเค็มที่ผ่านการแช่ใน
สารละลายเกลือความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 วินาที ก่อนทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวธิดา สิริสุขพรชัย เกิดวันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2527 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาจุลชีววิทยา จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าธนบุรี จ.กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2548 ศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ปี พ.ศ. 2549 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ.2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้