การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยการทอดสุญญากาศ

DEVELOPMENT OF FRIED KLUAI HOM THONG (*MUSA ACUMINATA* (AAA GROUP)) PRODUCT BY VACUUM FRYING

วิทยานิพนธ์

ของ

ชยุดา นามประดิษฐ์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สิงหาคม 2564

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยการทอดสุญญากาศ

DEVELOPMENT OF FRIED KLUAI HOM THONG (*MUSA ACUMINATA* (AAA GROUP))
PRODUCT BY VACUUM FRYING

วิทยานิพนธ์

ของ

ชยุดา นามประดิษฐ์

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
สิงหาคม 2564

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยการทอดสุญญากาศ

Development of Fried Kluai Hom Thong (*Musa acuminata* (AAA Group))

Product by Vacuum Frying

ชยุดา นามประดิษฐ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานสอบวิทยานิพนธ์

(อาจารย์ ดร.บุณฑริกา สุมะนา)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ถาวร ฉิมเลี้ยง)

..... กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทิศา ชัยกุล)

ได้รับอนุมัติจากมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

..... คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศชัย จิตร์อารี)

วันที่ 23 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ชยุดา นามประดิษฐ์. (2564). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยการทอดสุญญากาศ.** วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีการเกษตร). จันทบุรี : มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์ Ph.D. (Biotechnology) ประธานกรรมการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ถาวร ฉิมเลี้ยง Ph.D. (Animal Science) กรรมการ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทอดกล้วยหอมทองด้วยการทอดสุญญากาศ ทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ การทดลองทำได้โดยล้างทำความสะอาด ปอกเปลือกและหั่นกล้วยหอมทองสุกให้เป็นชิ้น มีความหนาประมาณ 4.0 มิลลิเมตร แช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และนำขึ้นผึ่งให้สะเด็ดน้ำ เป็นเวลา 5 นาที นำไปทอดในเครื่องทอดสุญญากาศที่อุณหภูมิ 85 90 และ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 50 และ 55 นาที ผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดที่ทอดแบบสุญญากาศมีสีเหลืองทอง โดยผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองที่ทอดด้วยอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 50 นาที ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อย่างไรก็ตามคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอด ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที มีค่าความสว่าง (L^*) ไม่แตกต่างจากการทอดด้วยสภาวะอื่น ๆ แต่มีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดที่ได้มีปริมาณความชื้นต่ำ

คำสำคัญ : กล้วยหอมทอง, ผลิตภัณฑ์กล้วยทอด, การทอดแบบสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Chayuda Nampradit. (2021). **Development of Fried Kluai Hom Thong (*Musa acuminata* (AAA Group)) Product by Vacuum Frying.** Thesis M.S. (Agricultural Technology). Chanthaburi: Rambhai Barni Rajabhat University.

Thesis Advisors

Assistant Professor Dr. Yardrung Suwannarat Ph.D. (Biotechnology) Chairman

Associate Professor Dr.Thaworn Chimliang Ph.D. (Animal Science) Member

Abstract

This research aimed to study the optimal condition for fried Hom Thong banana by vacuum frying, the sensory evaluation and analyze the physical and chemical properties of the obtained products. The sample were carried out by cleaning, peeling and chopping into 4.0 millimeter, soaking in NaCl solution at the concentration of 0.1% and allowed banana pieces to drain around 5 minutes. The treated banana was fried in vacuum fryer at the temperature of 85 90 and 95 $^{\circ}$C, various vacuum frying time at 45 50 and 55 minutes. The results found that the fried banana product by vacuum frying had golden yellow color. The Hom Thong banana product which fried at temperature of 95 $^{\circ}$C at 50 minutes was obtained the high acceptance from panelists in appearance, color, odor, taste, texture and overall acceptance attributes. For the physical properties of fried Hom Thong banana product, it revealed that Hom Thong banana fried at the temperature of 95 $^{\circ}$C at 50 minutes had not different brightness (L^{*}) from the other conditions but had the yellow color (b*) higher and significantly different from the other conditions ($p \leq 0.05$). Moreover, fried Hom Thong banana product had low moisture content.

Keywords: Hom Thong banana, Fried banana product, Vacuum frying

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์เป็นอย่างดีได้ด้วยความช่วยเหลือ และการให้คำแนะนำอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ถาวร ฉิมเฉี้ยง กรรมการที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในทุกขั้นตอนการทำวิทยานิพนธ์ ตั้งแต่การทดลอง การนำเสนอผลงาน ตลอดจนถึงวิธีการเขียนเล่มวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.บุญฑริกา สุมะนา ผู้ทรงคุณวุฒิ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ให้เกียรติเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทิศา ชัยกุล ที่กรุณามาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

และขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สราวุธ แสงสว่างโชติ ที่ให้คำปรึกษาระหว่างการดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งคณาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ปรากฏชื่อในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอบคุณครอบครัว พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ผู้ร่วมงาน และมีส่วนร่วมในการทำวิจัยครั้งนี้

ชยุดา นามประดิษฐ์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ

หน้า

สารบัญ ..... (1)

สารบัญตาราง ..... (3)

สารบัญภาพ ..... (4)

สารบัญภาพภาคผนวก ..... (5)

บทนำ 1

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

กล้วย 3

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกล้วย 3

การปลูก และการดูแลรักษา 4

กล้วยหอมทอง 5

การสุกของกล้วย 7

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทอด 9

วิธีการทอด 10

ขั้นตอนของกระบวนการทอดอาหาร 11

องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตในผักและผลไม้ 12

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของอาหารทอด 13

ในระหว่างการทอด มีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในอาหารดังนี้ 13

ลักษณะโครงสร้างของอาหารทอด 13

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอาหารในกระบวนการทอด 13

ผลกระทบของความร้อนในการทอด 14

การดูดซึมน้ำมันของอาหารทอด 19

การทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ 21

ลักษณะของการทอดภายใต้สุญญากาศ 21

ข้อดีและข้อเสียของการทอดที่สภาวะสุญญากาศ 22

การปฏิบัติการสำหรับทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ 23

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 24

งานวิจัยต่างประเทศ 24

ลิขสิทธิ์เอกสารมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
งานวิจัยในประเทศ	26
อุปกรณ์และวิธีการ	29
การศึกษาผลของการทอดด้วยระบบสุญญากาศต่อคุณภาพของกล้วยหอมทอง	29
สถานที่ทำการทดลอง	31
ผลและการวิจารณ์	32
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	44
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	46
ภาคผนวก	51
ประวัติย่อผู้วิจัย	63

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอมทอง 100 กรัม.....	6
2	ค่าร้อยละของปริมาณแป้งและน้ำตาลของผลกล้วยหอมที่มีการสุกในระยะต่าง ๆ.....	8
3	ค่าสีของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ หลังการทอดทันทีและการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 เดือน.....	36
4	ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ หลังการทอดทันที และการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 เดือน.....	37
5	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศหลังการทอดทันที และการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 เดือน.....	38
6	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ.....	39
7	ผลของการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอมทองทอดโดยระบบสุญญากาศ หลังการเก็บรักษา 1 เดือน.....	41
8	เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ กับผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศในท้องตลาด.....	42

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
1	กล้วยหอมทอง	5
2	ระยะการสุกแก่ของกล้วยหอมทอง	8
3	ระยะในการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดสตาร์ช	16
4	การจัดเรียงตัวของโมเลกุลในแป้งก่อนและหลังการพองตัว	17
5	ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันกับคุณภาพของอาหาร	18
6	กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ และระยะเวลาต่าง ๆ	32
7	กล้วยหอมทองทอดที่สภาวะบรรยากาศปกติ	33

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวก **หน้า**

1 กล้วยหอมทองสุกระดับที่ 6 (สีเหลืองทั้งผล สุก 100%)..... 53

2 หั่นกล้วยหอมทองความหนาประมาณ 4 มิลลิเมตร ลงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.1..... 53

3 นำกล้วยหอมทองขึ้นจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ผึ่งไว้ให้สะเด็ดน้ำ..... 54

4 เทกล้วยหอมทองลงในเครื่องทอดสุญญากาศ..... 54

5 ขณะทอดอยู่ในเครื่องทอดสุญญากาศ..... 55

6 นำกล้วยหอมทองที่ทอดเสร็จแล้ว ออกมาใส่ในถาดที่รองด้วยกระดาษซับน้ำมัน..... 55

7 เครื่องทอดสุญญากาศ (ก) ชุดเครื่องทอดทั้งหมด (ข) ส่วนของหม้อทอด (ค) ลักษณะภายในของหม้อทอด ที่มีท่อนำเข้าน้ำมัน (ง) ลักษณะของหม้อพักน้ำมัน (จ) กล่องควบคุม..... 56

8 เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity, a_w) ยี่ห้อ NOVASINA รุ่น ms1..... 57

9 เครื่องวัดปริมาณความชื้น (Moisture Analyzer) ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น MOC63u..... 57

10 เครื่องวัดค่าสี ระบบ L* a* b* ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CR-20..... 58

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทนำ

ความเป็นมา และความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบันอาชีพเกษตรกรรม และธุรกิจการส่งออกผลไม้ในประเทศไทย มีการเติบโตแบบก้าวกระโดด สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรเป็นจำนวนมาก กล้วย (Banana) ถือเป็นไม้ผลเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีทั้งการบริโภคสด และการแปรรูป ในปี 2562 มีมูลค่าการส่งออกกล้วยสดถึง 595 ล้านบาท และกล้วยแปรรูป 201 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ออนไลน์. 2563) ในประเทศไทยมีการปลูกกล้วยเพื่อการค้าอยู่ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ กล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอม ซึ่งกล้วยหอมเป็นสายพันธุ์หลักที่มีการส่งออกเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะประเทศจีนและญี่ปุ่น กล้วยหอมยังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในประเทศไทย เช่นกัน จึงสามารถหาซื้อได้ง่าย ตามตลาดและร้านสะดวกซื้อ กล้วยหอม เป็นกล้วยที่มีความเป็นสากลที่ผู้คนทั่วโลกต่างรู้จักและนิยมบริโภคเพราะด้วยรสชาติที่ดี มีกลิ่นหอมอันเป็นเอกลักษณ์ ทั้งยังมีคุณประโยชน์หลากหลายต่อร่างกาย เช่นบำรุงสายตา แก้ท้องผูก ลดน้ำหนัก ช่วยให้ย่อยอาหารได้ง่ายขึ้น บำรุงหัวใจ อีกทั้งยังผ่อนคลายความเครียด และแก้อาการนอนไม่หลับได้อีกด้วย ทำให้ปัจจุบันกล้วยหอมเป็นที่ต้องการของตลาดมาก เนื่องจากผู้คนยุคใหม่เริ่มหันมาใส่ใจเรื่องของสุขภาพกันมากขึ้น โดยเลือกรับประทานอาหารที่ดีมีประโยชน์ต่อสุขภาพทำให้กล้วยซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ได้รับความนิยมและเป็นผลไม้ที่ต้องการของตลาดมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม กล้วยหอมมีลักษณะเหมือนสินค้าเกษตรทั่วไป เมื่อมีความต้องการจากตลาดสูง ทำให้เกษตรกรหันมาสนใจการปลูกกล้วยกันมากขึ้น ส่งผลให้พื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเมื่อพื้นที่ปลูกมากขึ้น ผลผลิตจึงมีมากขึ้นตามปริมาณพื้นที่ ทำให้มีบางช่วงที่ผลผลิตมีมากเกินอัตราความต้องการของตลาด ประสบปัญหาผลผลิตล้นตลาด ทำให้ผลผลิตได้รับความเสียหาย และราคาตกต่ำ การแปรรูปผลผลิตเพื่อเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่า จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกับการแก้ไขปัญหานี้ เพราะปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารขบเคี้ยวจากผักและผลไม้ทอดกรอบ ซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมากทั้งในประเทศ และต่างประเทศ แต่ส่วนใหญ่อาหารในท้องตลาดทั่วไปมักจะเป็นอาหารที่มีการทอดแบบน้ำมันท่วม ส่งผลให้มีไขมันอิ่มตัว อาจทำให้เกิดปัญหาสุขภาพ เช่น โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และโรคมะเร็ง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์กล้วยทอดด้วยเครื่องทอดระบบสุญญากาศจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง อีกทั้งยังตอบโจทย์กับความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคยุคใหม่ที่ตระหนักถึงคุณค่าทางโภชนาการและสุขภาพกันมากยิ่งขึ้น ผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญกับอาหารเพื่อสุขภาพ โดยเน้นอาหารไขมันต่ำ เพราะการทอดด้วยระบบสุญญากาศ เป็นกระบวนการทำอาหารให้สุกโดยใช้น้ำมันเป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อน แต่จะทอดอาหารในสภาวะที่มีก๊าซออกซิเจน

หลงเหลืออยู่น้อยมาก โดยการลดความดัน ทำให้จุดเดือดของน้ำมัน และน้ำในอาหารต่ำกว่าการทอดแบบปกติ ระหว่างการทอดอาหารจะได้รับความร้อนโดยมีน้ำมันเป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อน ความร้อนของน้ำมันทำให้น้ำภายในอาหารเดือด น้ำระเหยจากภายในออกสู่ภายนอกอย่างรวดเร็ว ทำให้ความชื้นของอาหารลดลงและผิวสัมผัสแห้งกรอบ ผลิตภัณฑ์ที่ทอดในสุญญากาศจะมีน้ำมันเหลืออยู่น้อยกว่าการทอดแบบปกติ สามารถรักษาสีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ และคุณค่าทางอาหารได้มากกว่า ลดการเสื่อมเสียของน้ำมัน และลดการเกิดกลิ่นหืน ซึ่งเป็นกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในอาหาร ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นการศึกษาอุณหภูมิ และระยะเวลาในการทอด เพื่อหาความเหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพ ทั้งคุณค่าทางโภชนาการ สี รส กลิ่น และระยะเวลาการเก็บรักษา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ
2. เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ

ประโยชน์ของงานวิจัย

ผลจากการศึกษา จะทำให้ทราบถึงอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในการทอดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดโดยระบบสุญญากาศ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคทั้งในเรื่องของรสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการ อีกทั้งยังสามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ขนมเพื่อสุขภาพออกจำหน่ายสู่ท้องตลาดได้อีกด้วย

ขอบเขตการวิจัยและวิธีการวิจัย

การทดลองเริ่มจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทอดกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาในการทอด และนำผลิตภัณฑ์หลังทอดไปทดสอบคุณภาพประกอบด้วย ค่าสี ค่าความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ คุณค่าทางโภชนาการ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กล้วย

กล้วย (Banana) เป็นไม้ล้มลุกขนาดใหญ่ ชอบอากาศร้อนชื้น ถิ่นแรกของกล้วยอยู่ในแถบเอเชียตอนใต้ มีอายุหลายปี อยู่ในตระกูล Musaceae เมื่อโตเต็มที่อาจจะมีความสูง 2 - 9 เมตร ลำต้นที่แท้จริงของกล้วยเกิดเป็นเหง้าอยู่ใต้ดิน ส่วนลำต้นที่มองเห็นเป็นลำต้นเทียม ประกอบไปด้วยกาบใบที่อัดแน่น ทรงพุ่มส่วนบนของลำต้นประกอบด้วยใบและช่อดอกที่เกิดมาจากจุดเจริญของเหง้า ภายในลำต้นเทียมจะมีมัดท่อน้ำเลี้ยงเต็มไปด้วยน้ำยางอยู่ตลอดทุกส่วนของลำต้น มีลักษณะเป็นกรดอ่อน ๆ และมีรสฝาด สามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย ไม่ชอบพื้นที่ที่มีน้ำขัง และสามารถขยายพันธุ์ด้วยการแตกหน่อหรือการใช้เมล็ด ซึ่งอุดมไปด้วยคุณค่าทางสารอาหารและโภชนาการ โดยกล้วย 1 ผล จะให้พลังงานประมาณ 105 กิโลแคลอรี่ มีวิตามินบี 6, 12 วิตามินซี โพแทสเซียม ธาตุเหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส และใยอาหารสูง กล้วยดิบ ๆ หรือที่ไม่สุกดีนั้นจะมีแป้งอยู่เป็นจำนวนมาก ช่วยให้รู้สึกอิ่มและลดความอยากอาหาร แต่เมื่อเริ่มสุกงอม แป้งเหล่านี้ก็จะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลแทน (กองบรรณาธิการ HONESTDOCS. ออนไลน์. 2562)

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกล้วย

กล้วยเป็นไม้ผลล้มลุกที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยเฉพาะในสภาพที่อากาศคงที่ จะทำให้กล้วยเจริญเติบโตและให้ผลผลิตอย่างต่อเนื่อง ช่วงอากาศแห้งแล้งที่ยาวนาน หรือช่วงอากาศหนาวเย็น 2 - 3 เดือน มีผลต่อการชะงักการเจริญเติบโตของกล้วยได้ และทำให้ผลผลิตกล้วยลดต่ำลง

ดิน กล้วยต้องการดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ ร่วนซุยหรือเป็นดินเหนียวที่สามารถอุ้มน้ำได้ดี ความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่เหมาะสม อยู่ระหว่าง pH 6-7 เช่นเดียวกับผลไม้ชนิดอื่น

อุณหภูมิ ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกล้วยประมาณ 30 - 40 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไป หรือมีอากาศหนาวเย็นติดต่อกันนาน จะทำให้การเจริญเติบโตช้าลง การออกปลีจะเนิ่นนานออกไป

ความชื้น กล้วยจะเป็นพืชจำพวกฉ่ำน้ำ มีใบมาก ต้องการน้ำและความชุ่มชื้นสูง อย่างไรก็ตามกล้วยไม่ชอบดินที่มีน้ำขัง พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกกล้วย ควรมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่าง 50 - 100 นิ้ว/ปี จำนวนวันที่ฝนตกควรยาวนาน หากมีฝนตกในช่วงสั้น การปลูกกล้วยจะต้องให้น้ำชลประทานช่วยเพิ่มรักษาความชุ่มชื้นของดินเพิ่มขึ้น แต่ในพื้นที่มีฝนตกชุกควรทำการระบายน้ำให้แก่กล้วย

ลม การปลูกกล้วยในที่ที่มีลมแรง จะทำให้ใบกล้วยฉีกขาดออกเป็นริ้วแต่ถ้ายังไม่มีลมแรงมากนักก็ยังไม่ถือว่าเป็นปัญหา เพราะใบที่ฉีกขาดจากกันยังทำหน้าที่เช่นใบฝอยได้ ยกเว้นในพื้นที่ที่ลมแรงจัดหรือมีลมพายุพัดผ่านควรหลีกเลี่ยงการทำสวนกล้วยขนาดใหญ่เพราะพายุแรงอาจทำให้ลำกล้วยที่ออกเครือแล้วหักกลางต้น หรือโค่นลงทั้งต้น เป็นการเสียหายต่อผลผลิตได้

การปลูก และการดูแลรักษา

การขยายพันธุ์ สามารถขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และการแบ่งหน่อ หน่อกล้วยที่เลือกควรมีใบแคบที่เกิดชิดโคนต้นแม่มีลักษณะอวบสมบูรณ์ซึ่งจะเป็นต้นกล้วยที่แข็งแรงให้ผลผลิตที่ดีต่อไป

การปลูก ปลูกระยะ 2 x 2 เมตร โดยการขุดหลุมขนาด 50 x 50 เซนติเมตรลึก 50 เซนติเมตร รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกหลุมละ 1 กิโลกรัม จากนั้นก็ใช้หน่อปลูกลงไป แล้วใช้ดินคลุมรอบโคนให้แน่น แล้วรดน้ำให้ชุ่ม จากนั้นประมาณ 1 เดือน หน่อกล้วยจะแทงยอดขึ้นมา

การให้น้ำ กล้วยเป็นพืชที่มีใบใหญ่ลำต้นอวบน้ำ ต้องการน้ำมากตลอดทั้งปีในฤดูแล้งไม่ควรปล่อย ให้น้ำหน้าดินแห้ง เพราะรากกล้วยส่วนใหญ่จะแผ่กระจายอยู่ใกล้กับผิวดิน ดังนั้นควรให้น้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

การใส่ปุ๋ย ควรใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 และ 2 เมื่อกล้วยหอมอายุ 1 และ 3 เดือน ด้วยสูตร 20-10-10 หรือ 15-15-15 หรือสูตรใกล้เคียง อัตรา 125 - 250 กรัม/ต้น/ครั้ง และใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 และ 4 เมื่ออายุ 5 และ 7 เดือน ด้วยสูตร 13-13-21 หรือสูตรใกล้เคียง อัตรา 125 - 250 กรัม/ต้น/ครั้ง นอกจากนี้ควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก) ปีละ 1 - 2 ครั้ง

การแต่งหน่อ ควรไว้หน่อเพียง 2 หน่อ เพื่อไว้แทนที่ต้นแม่เดิม โดยเลือกไว้หน่อที่อยู่ตรงกันข้ามกับของต้นเดิม ซึ่งหน่อพวกนี้จะมีความแข็งแรง ส่วนหน่อที่เกิดมาทีหลังเรียกว่าหน่อตายไม่ควรไว้

การออกดอก กล้วยอายุ 6 - 8 เดือนจะออกใบธง หลังจากนั้นจะแทงปลีออกมาเป็นสีแดง หลังจากกล้วยออกปลีมาระยะหนึ่งก็จะเห็นผลกล้วยเล็ก ๆ จำนวนมาก เป็นหวี ๆ ให้ทำการตัดปลีออกหลังจากหัวสุดท้ายบานจนสุด โดยตัดให้ห่างจากหัวสุดท้าย ประมาณ 15 เซนติเมตร เพื่อไว้จับปลายเครือเมื่อตัดกล้วย

การหุ้มเครือ หลังจากตัดปลีกล้วยไม่เกิน 15 วัน ควรทำการหุ้มเครือ เพื่อให้ผิวกล้วยสวยงามปราศจากโรคแมลงทำลาย ควรห่อด้วยถุงพลาสติกสีฟ้า แบบเปิดด้านล่าง โดยหุ้มทั้งเครือและหุ้มทุกเครือ

การค้ำกล้วย ควรทำการค้ำกล้วยหลังจากตกเครือแล้ว 1 เดือน โดยใช้ไม้ค้ำยันหรือดามทุกต้น เพื่อป้องกันต้นกล้วยหักล้ม และตรวจดูการค้ำยันให้อยู่ในสภาพที่มั่นคงแข็งแรง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การตัดแต่งใบ เมื่อกล้วยอายุ 3 - 4 เดือน เริ่มแต่งใบล่างออก 2 - 3 ใบ โดยให้ก้านกล้วยห่างจากต้นประมาณ 1 นิ้ว เมื่อกล้วยอายุ 6 - 7 เดือน แต่งใบให้เหลือ 8 - 10 ใบ หากตัดมากกว่านี้ต้นกล้วยจะสูง และเครือกล้วยจะไม่สมบูรณ์

ระยะเวลาในการให้ผลผลิต ประมาณ 10 เดือนหลังจากปลูก กล้วยจะเริ่มแทงปลีออกมา การที่กล้วยจะแทงปลีช้าหรือเร็วนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของหน่อกล้วยว่ามีความแข็งแรงสมบูรณ์ดีหรือไม่ รวมทั้งการดูแลรักษาเมื่อกล้วยแทงปลีจนสุด (กล้วยหวีตีนเต่าโผล่ - กล้วยหวีตีนเต่า หมายถึงกล้วยหวีสุดท้ายที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์) ให้ตัดปลีทิ้งหรือจะตัดปลีหลังจากปลีโผล่มาประมาณ 10 - 12 วัน ถ้าไม่มีการตัดปลีทิ้งผลกล้วยจะเจริญเติบโตไม่เต็มที่

การเก็บเกี่ยว หลังจากตัดปลี 90 - 110 วัน กล้วยจะแก่พอดี สามารถสังเกตได้จากกล้วยหวีสุดท้ายจะเริ่มกลม สีที่ผลจางลงกว่าเดิม (สีเขียวอ่อน) ถ้าส่งเป็นสินค้าส่งออกต้องตัดผลกล้วยเมื่อผลแก่ประมาณร้อยละ 70 - 75

ซึ่งการปลูกกล้วยให้ได้ผลดี ควรปลูกในช่วงต้นฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ซึ่งดินมีความชุ่มชื้น ในช่วงฤดูฝนเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตทางลำต้น และออกปลี จนสามารถเก็บเกี่ยวกล้วยได้ในช่วงปลายฤดูฝนพอดี (รักษ์ พฤกษชาติ. 2553 : 42)

กล้วยหอมทอง

ภาพประกอบ 1 กล้วยหอมทอง
ที่มา : สหกรณ์การเกษตรท่ายาง. ออนไลน์. 2560

สถาบันวิทยบริการมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ชื่อสามัญ	Gros Michel
ชื่อพ้อง	กล้วยหอมทอง

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Musa acuminata* (AAA group) “Kluai Hom Thong” กลุ่มย่อย Gros Michel

แหล่งที่พบ ทั่วไป

ลักษณะทั่วไป กล้วยหอมทองเป็นกล้วยกลุ่มจีโนม AAA ลำต้นเทียมสูงประมาณ 3.4 เมตร สีเขียวปานกลาง มีปื้นสีน้ำตาล เส้นรอบวงยาวประมาณ 53 เซนติเมตร ก้านใบยาวประมาณ 37 เซนติเมตร สีเขียว เป็นร่องเปิดขอบขว้าง มีครีบ ใบอ่อนที่ยังม้วนอยู่สีเขียวเมื่อคลี่กางออกเต็มที่สีเขียวเป็นมัน แผ่นใบเป็นคลื่น กว้างประมาณ 61 เซนติเมตร ยาวประมาณ 217 เซนติเมตร ปลายใบมนเล็กน้อย โคนใบด้านหนึ่งมนอีกด้านหนึ่งสอบเรียว ก้านช่อดอกไม่มีขน สีเขียว กว้างประมาณ 2.1 เซนติเมตร ปลีรูปปานกลาง กาบปลีสีแดงแกมม่วง ซ้อนทับกันบางส่วน ปลายม้วนขึ้น ด้านในสีส้มแกมแดง มีร่องเล็กน้อยหรือไม่มี ไหล่กาบปลีแคบ เครือรูปทรงกระบอก มี 5 หวี ผลโค้ง พบซากก้านเกสรเพศเมีย ติดที่ปลายผล ก้านผลเรียบ เชื่อมกันบางส่วน ไม่มีขน ผลดิบสีเขียว เนื้อผลสีครีม ผลสุกผิวผลเป็นสีเหลือง เนื้อผลสีครีม นุ่ม รสหวาน ไม่มีเมล็ด เป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงอุดมไปด้วยพลังงานและวิตามินต่าง ดังตาราง 1

ตาราง 1 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอมทอง 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
พลังงาน (Kcal)	132
น้ำ (กรัม)	66.3
โปรตีน (กรัม)	0.9
ไขมัน (กรัม)	0.2
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	31.7
ใยอาหาร (กรัม)	1.9
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	26
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	46

สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 1 (ต่อ)

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.8
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.04
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.07
วิตามินบี 3 (มิลลิกรัม)	0.1
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	27

ที่มา : บริษัท แอมวิช ยูนิเทค จำกัด. ออนไลน์. 2563

การสุกของกล้วย

การสุกของผลไม้ หมายถึงระยะที่ผลไม้มีการเจริญเติบโตเต็มที่ มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและปฏิกิริยาทางชีวเคมีหลายอย่าง ดัชนีที่บ่งชี้ความบริบูรณ์ของผลไม้ (Maturity Index) กล้วยเมื่อแก่จัด และเริ่มสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

1. สีของเปลือก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุ (Pigment) ซึ่งก็คือคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ที่มีสีเขียว เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงเปลือกกล้วย เปลี่ยนเป็นสีเหลือง ดังภาพประกอบ 2 ซึ่งมีระยะการสุกของกล้วยหอมดังนี้

ระยะที่ 1 เปลือกเขียว (ดิบร้อยละ 100) ผลแข็ง ไม่มีการสุก

ระยะที่ 2 เปลือกเขียว (ดิบร้อยละ 95) เริ่มสุก และเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (ร้อยละ 5)

ระยะที่ 3 เปลือกเขียว (ดิบร้อยละ 70) เริ่มสุก และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้น (ร้อยละ 30)

ระยะที่ 4 เปลือกเขียว (ดิบร้อยละ 30) เริ่มสุก และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้น (ร้อยละ 70)

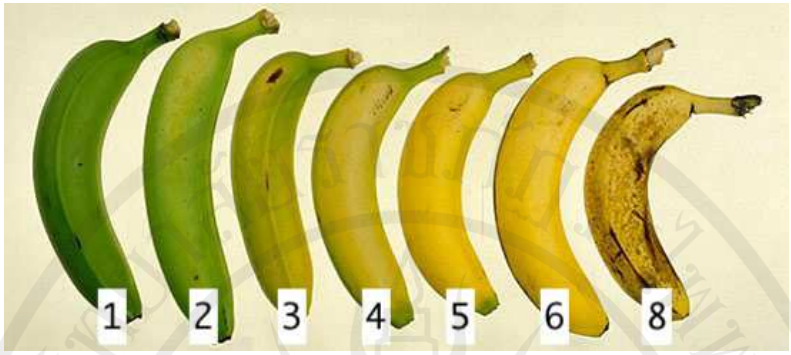
ระยะที่ 5 เปลือกเหลือง มีการสุกมาก (ร้อยละ 95) ปลายยังเป็นสีเขียว (ดิบร้อยละ 5)

ระยะที่ 6 ทั้งผลมีสีเหลือง มีการสุกเต็มที่ (ร้อยละ 100)

ระยะที่ 7 ผิวสีเหลือง และเริ่มมีจุดสีน้ำตาล (สุกเต็มที่ มีกลิ่นหอม และเริ่มเปลี่ยนแปลง)

ระยะที่ 8 ผิวสีเหลือง และมีจุดสีน้ำตาลมากขึ้น (สุกมากเกินไป เนื้อเริ่มอ่อนและ และมีกลิ่นแรง)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพประกอบ 2 ระยะการสุกแก่ของกล้วยหอมทอง
ที่มา : เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545 : 328

2. มีการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรต เช่นการเปลี่ยนสตาร์ชเป็นน้ำตาล ทำให้ผลไม้มีความหวานเพิ่มมากขึ้น

3. การลดลงของกรดอินทรีย์ (Organic Acid) ทำให้มีความเปรี้ยวลดลง รวมทั้งการเกิดขึ้นของสารหอมระเหยบางชนิด ทำให้มีกลิ่นหอม

4. การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส การลดความแน่นเนื้อ จะทำให้กล้วยหอมนิ่มลง เนื่องจากเกิดการสลายตัวของสารประกอบเพกทิน (Pectin)

5. การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการ สูญเสียวิตามิน โดยเฉพาะวิตามินซี

ในช่วงการสุกของกล้วยนี้ทำให้คุณค่าอาหารเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะแป้งซึ่งมักจะมีมากในระยะที่เป็นกล้วยดิบ และจะเริ่มลดลง และเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเมื่อสุกแก่มากขึ้น ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ค่าร้อยละของปริมาณแป้งและน้ำตาลของผลกล้วยหอมที่มีการสุกในระยะต่าง ๆ

ระยะการสุก	น้ำตาล (ร้อยละ)	แป้ง (ร้อยละ)
1	0.8	21.1
2	2.7	18.4
3	4.8	16.1
4	18.5	2.4
5	8.2	12.5
6	13.2	6.8

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 2 (ต่อ)

ระยะการสุก	น้ำตาล (ร้อยละ)	แป้ง (ร้อยละ)
7	17.6	3.3
8	19.9	1.3

ที่มา : เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545 : 328

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทอด

การทอดเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนที่ใช้กันมานานแล้วกระบวนการหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันอาหารทอดยังคงได้รับความนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องมาจากความมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวของอาหารทอดที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ซึ่งมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่กรอบนอก นุ่มใน หรือกรอบทั้งชิ้น มีกลิ่นรส และลักษณะปรากฏที่ชวนให้รับประทาน ถึงแม้ว่าการบริโภคอาหารทอดในปริมาณมากจะมีผลเสียต่อสุขภาพ เนื่องจากบริโภคน้ำมันในปริมาณที่มากเกินความต้องการของร่างกาย อาจก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้ เช่น โรคอ้วน โรคหัวใจ และโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น แต่อาหารทอดยังคงได้รับความนิยมบริโภค เนื่องจากเป็นกรรมวิธีการแปรรูปที่สะดวกและรวดเร็ว และให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความน่ารับประทาน ตามที่กล่าวมาข้างต้น

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารขบเคี้ยวทั้งต่างประเทศและในประเทศไทย กำลังให้ความสนใจผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ทอดกรอบกันเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้คุณค่าทางอาหารสูงกว่าอาหารขบเคี้ยวประเภทแป้งทอดกรอบ แต่การทอดที่ความดันบรรยากาศนั้นอุณหภูมิน้ำมันจะสูงและทอดเป็นเวลานานจนทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้ม สารอาหารและวิตามินบางชนิดเกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิสูง ทำให้สูญเสียคุณค่าทางอาหารไป นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยังมีการดูดซับน้ำมันไว้ในปริมาณสูงอีกด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดกลิ่นหืน ดังนั้นการทอดในสภาวะสุญญากาศจึงเป็นทางเลือกหนึ่ง ซึ่งเป็นการลดจุดเดือดของของเหลวภายในอาหาร ทำให้น้ำระเหยออกจากอาหารได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าการทอดที่ความดันบรรยากาศ ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการดูดซึมน้ำมันลดลงมีสี กลิ่น และรสชาติที่การทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นระบบการทอดที่มีแก๊สออกซิเจนน้อยมากทำให้เกิดออกซิเดชันต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น ช่วยยืดอายุการใช้งานของน้ำมัน อีกทั้งยังลดอันตรายต่อสุขภาพที่เป็นผลมาจากคุณภาพน้ำมัน ที่เปลี่ยนไป นอกจากนี้ยังใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำกว่าที่สภาวะบรรยากาศทำให้ใช้พลังงานต่ำกว่า การทอดเป็นการปฏิบัติการแปรรูปอาหารด้วยความร้อน โดยการส่งผ่านความร้อนจากตัวกลางคือน้ำมันไปยัง

อาหารอย่างรวดเร็ว เป็นการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนทำลายเชื้อจุลินทรีย์และเอนไซม์ในอาหาร และทำให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่ผิวหน้าหรือทั้งชิ้นของอาหารลดลง อายุการเก็บ รักษาของอาหารทอดโดยส่วนใหญ่ขึ้นกับปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำมันในขณะที่เก็บรักษา ในระหว่างการทอดจะมีการระเหยของน้ำออกจากชิ้นอาหารและมีการฟอร์มตัวของเม็ดแป้งเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) ภายในอาหาร ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติเฉพาะ ทั้งนี้เวลาในการทอดจนได้ผลิตภัณฑ์จะใช้เวลาสั้นมาก ซึ่งพบว่าอาหารจะสุกในช่วงของการเพิ่มอุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิของอาหารยังมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำมันอยู่มาก การทอดเป็นกรรมวิธีการแปรรูปอาหารที่แตกต่างจากวิธีอื่นโดยทั่วไป ดังนี้

1. การทอดใช้เวลาสั้นมาก ส่วนใหญ่เสร็จภายใน 5 - 10 นาที มีสาเหตุ ดังนี้

1.1 การทอดมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของแหล่งให้ความร้อน (น้ำมัน) และอุณหภูมิของอาหารมาก การทอดที่บรรยากาศจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิ มากกว่าการทอดที่สภาวะสุญญากาศ (จริญญา จิโรจน์กุล. 2541 : 33)

1.2 ขนาดของชิ้นอาหารที่ใช้ในการทอดส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักน้อย

2. ผลิตภัณฑ์อาหารทอดโดยทั่วไปจะมีน้ำมันอยู่ในผลิตภัณฑ์ประมาณร้อยละ 10 - 40 โดยน้ำหนัก เช่นมันฝรั่งแผ่น (Potato Chips)

3. ผลิตภัณฑ์อาหารทอดจะมีคุณลักษณะความกรอบมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปโดยส่วนใหญ่

4. ตัวกลางส่งผ่านความร้อนที่ใช้คือน้ำมันซึ่งมีผลทำให้องค์ประกอบ และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์มีลักษณะเฉพาะแตกต่างจากวิธีการแปรรูปอาหารอื่น ๆ

วิธีการทอด

โดยทั่วไปวิธีการทอดในอุตสาหกรรมอาหารมีด้วยกัน 2 วิธี ซึ่งจำแนกโดยวิธีการถ่ายเทความร้อน ได้แก่การทอดแบบน้ำมันตื้น (Shallow Frying) และการทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep Fat Frying) (วิไล รังสาดทอง. 2543 : 125)

1. การทอดแบบน้ำมันตื้นการทอดแบบน้ำมันตื้นเป็นการทอดชิ้นอาหารในกระทะที่มีปริมาณน้ำมันเพียงเล็กน้อย โดยมีระดับน้ำมันในกระทะประมาณ 1/2 - 1 นิ้ว น้ำมันจะไม่ท่วมชิ้นอาหารทั้งชิ้น วิธีนี้เหมาะสำหรับอาหารที่มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง เช่น เบคอน ไข่เบอร์เกอร์ และพายชนิดต่าง ๆ ความร้อนจากผิวของกระทะร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านชั้นน้ำมันบาง ๆ ไปยังอาหาร

ความหนาของชั้นน้ำมันแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของผิวหนาของชั้นอาหาร ถ้าชั้นน้ำมันบางฟองไอน้ำเดือดจะทำให้อาหารเคลื่อนที่ขึ้นลงบนผิวร้อนของกระทะ

การกระจายความร้อนของกระทะ การกระจายความร้อนจึงไม่สม่ำเสมอ ทำให้ผิวหนาของอาหารที่ทอดแบบน้ำมันตื้นมีสีน้ำตาลไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามวิธีทอดแบบนี้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวสูง (200 - 450 W/m^2K)

2. การทอดแบบน้ำมันท่วม การทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นการทอดอาหารในน้ำมันที่มีปริมาณมากเพียงพอที่จะท่วมอาหารทั้งชิ้น การถ่ายเทความร้อนโดยวิธีนี้เป็นทั้งการพาความร้อนในน้ำมันร้อน และการนำความร้อนจากภายในอาหาร ผิวของอาหารทั้งหมดจะได้รับความร้อนใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดสีและลักษณะภายนอกที่สม่ำเสมอ การทอดแบบน้ำมันท่วม เหมาะสำหรับอาหารทุกรูปร่าง แต่อาหารที่มีรูปร่างไม่แน่นอนจะอมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีรูปร่างแน่นอน สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนก่อนเกิดการระเหยเท่ากับ 250 - 300 W/m^2K และเพิ่มขึ้นเป็น 800 - 1000 W/m^2K เนื่องจากเกิดความปั่นป่วนของไอที่หนีออกจากอาหาร อย่างไรก็ตามถ้าอัตราการระเหยสูงเกินไปจะเกิดฟิล์มบาง ๆ ของไอน้ำอยู่บนผิวอาหารทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนลดลง (นิธิยา รันตนาปนนท์ และไพโรจน์ วิริยจารี. 2547 : 96) การทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นกระบวนการที่ทำให้อาหารสุกและมีความชื้นลดลง โดยการให้ชิ้นอาหารสัมผัสกับน้ำมันที่มีอุณหภูมิประมาณ 160 - 200 องศาเซลเซียส จนกระทั่งจุดกึ่งกลางของชิ้นอาหาร หรือจุดร้อนช้าที่สุดมีอุณหภูมิสูงเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค หรือนานเพียงพอที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะตามที่ต้องการ การทอดเป็นกระบวนการที่มีการถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทมวลสารรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมีของอาหารเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน นอกจากนี้การทอดยังมีวัตถุประสงค์เพื่อ ทำให้ผิวนอกของอาหารเกิดเป็นเปลือกแข็ง (Crust) หุ้มอาหาร เพื่อรักษากลิ่นรสและความฉ่ำของอาหารไว้ อาหาร บางชนิดสามารถทอดได้ทันที เช่น มันฝรั่ง เนื้อไก่ ปลา อาหารบางชนิดนิยมเคลือบด้วยแป้งชุบทอด หรือเกล็ดขนมปังก่อนทอด เช่น หัวหอมใหญ่หั่นเป็นวง เนื้อปลาหั่นเป็นแผ่นบาง และเนื้อไก่ เป็นต้น เพื่อลดการซึมผ่านของน้ำมันไปยังชิ้นอาหาร และลดการเสื่อมของน้ำมัน จากน้ำที่ออกจากอาหาร ทำให้สามารถใช้น้ำมันทอดอาหารได้นานขึ้น

ขั้นตอนของกระบวนการทอดอาหาร

ขั้นตอนของกระบวนการทอดอาหารแบ่งได้เป็น 4 ช่วง ดังนี้

1. ช่วงแรกของการให้ความร้อน (Initial Heating) เป็นช่วงที่ทำให้อุณหภูมิที่ผิวของอาหารเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิเท่ากับจุดเดือดของน้ำ การถ่ายเทความร้อนเป็นการพาแบบธรรมชาติที่ยังไม่มีการระเหยของน้ำ

2. ช่วงการเดือดของน้ำที่ผิวอาหาร (Surface Boiling) น้ำที่ผิวอาหารจะระเหยกลายเป็นไอผิวหน้าเริ่มแห้งเกิดเป็นเปลือกแข็ง การถ่ายเทความร้อนเป็นการพาแบบบังคับ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

3. ช่วงอัตราการระเหยลดลง (Falling Rate) เป็นช่วงที่อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของอาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากการสูญเสียน้ำจากภายในชิ้นอาหาร และอัตราการระเหยน้ำเริ่มช้าลง อาหารเริ่มสุกและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพ เช่น เกิดการเจลาติไนซ์ของแป้ง

4. ช่วงอัตราการระเหยลดลง จะเกิดขึ้นเมื่ออาหารถูกทอดเป็นเวลานาน น้ำระเหยได้ช้า ทำให้ปริมาณฟองของไอน้ำที่ออกจากผิวอาหารลดลง (นิธิยา รัตนาปนนท์ และไพโรจน์ วิริยจารี. 2547 : 196)

องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตในผักและผลไม้

ผักและผลไม้มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลักร้อยละ 70 - 95 นอกจากนี้ยังประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่รองลงมา คาร์โบไฮเดรตอาจอยู่ในรูปของน้ำตาลหรือแป้ง ซึ่งร่างกายสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ แต่ผลไม้และผักส่วนใหญ่ไม่ใช่แหล่งพลังงานที่สำคัญ

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่โมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารที่มีปริมาณมากที่สุดในโลก มีหน้าที่สำคัญคือเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างผนังเซลล์ของพืชและเป็นสารที่ให้พลังงานแก่เซลล์ของสิ่งมีชีวิต ในธรรมชาติพบคาร์โบไฮเดรตได้ทั้งในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ พืชสีเขียวสังเคราะห์ คาร์โบไฮเดรตในรูปของน้ำตาลกลูโคส โดยอาศัยกระบวนการสังเคราะห์แสง

น้ำตาลกลูโคสที่พืชผลิตได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง จะถูกนำไปใช้สังเคราะห์เป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนชนิดต่าง ๆ เช่น ไดแซ็กคาไรด์ (Disaccharide) โอลิโกแซ็กคาไรด์ (Oligosaccharide) และพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) โดยเฉพาะพอลิแซ็กคาไรด์ที่ทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างเนื้อเยื่อพืช หรือผนังเซลล์พืช เช่น เซลลูโลส พอลิแซ็กคาไรด์บางส่วนจะถูกนำไปสะสมไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของพืชในรูปของสตาร์ช (Starch) โดยสะสมไว้ที่หัว ราก ลำต้น ผล และเมล็ด และสังเคราะห์เป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่น ได้แก่ เฮมิเซลลูโลส (Hemicelluloses) อินูลิน (Inulin) กัม (Gums) มิวซิเลจ (Mucilage) และไกลโคไซด์ต่าง ๆ ดังนั้นในพืชจะมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบทั้งหมดประมาณร้อยละ 90 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งกล้วยมีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 12.23 กลูโคสร้อยละ 4.98 ฟรุคโตสร้อยละ 4.85 มอลโทสร้อยละ 0.01 ซูโครสร้อยละ 2.39 และสตาร์ช 5.38 (นิธิยา รันตนาปนนท์. 2545 : 201)

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของอาหารทอด

ในระหว่างการทอด มีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในอาหารดังนี้

1. เกิดการระเหยของน้ำในอาหาร

2. ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิสูงขึ้น จนถึงระดับที่ต้องการ และมีการฟอร์มตัวของเม็ดแป้ง เกิดเจลาติไนเซชันภายในชิ้นอาหาร จนกระทั่งอาหารสุกและมีความกรอบ

3. การที่อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาล

4. มีการดูดซึมน้ำมันเข้าไปในผลิตภัณฑ์

5. เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของอาหารขณะกำลังทอด ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ เกิดการลอยหรือจมของชิ้นอาหารในการทอด

ลักษณะโครงสร้างของอาหารทอด

โดยทั่วไปจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ (นิธิยา รันตนาปนนท์. 2545 : 221)

1. ผิวของอาหาร (Surface) เป็นส่วนที่มีความกรอบ มีสีเหลืองทอง เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำระหว่างการทอด เมื่ออุณหภูมิของอาหารเท่ากับจุดเดือดของของเหลวที่เป็นองค์ประกอบในอาหาร และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เรียกว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard Reaction) ความเข้มของสีจะมากหรือน้อยขึ้นกับอุณหภูมิและเวลาในการทอดและองค์ประกอบที่ผิว ในส่วนนี้มีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 3

2. เปลือกแข็ง ระหว่างการทอดมีการระเหยของน้ำกลายเป็นไอ ทำให้เกิดการฟอร์มตัวของเปลือกแข็ง เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดสูงกว่า 155 องศาเซลเซียส เปลือกแข็งประกอบด้วยช่องว่างและรูพรุนต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก และมีน้ำมัน เข้าไปอยู่ในช่องว่างเหล่านี้แทนน้ำที่ระเหยออกไป อาหารทอดแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะตัว และมีปริมาณน้ำมันระดับหนึ่งขึ้นกับสัดส่วนของเปลือกแข็ง แกนอาหาร (Core) เช่น มันฝรั่งแผ่น ร้อยละ40, มันฝรั่งแท่ง (Potato Sticks) ร้อยละ35, มันฝรั่งทอด (French Fried) ร้อยละ 8 - 10, กุ้งทอด (Fried Shrimps) ร้อยละ12 - 15 และโดนัท (Doughnuts) ร้อยละ 20 - 25

3. แกนอาหาร เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลาง มีความชื้นสูงและอาหารสุกเนื่องจากมีการถ่ายเทความร้อนจากน้ำมันเข้าไปภายใน ในการทอดแบบน้ำมันท่วม มีส่วนแกนอาหาร ปรากฏอยู่ตลอดเวลาการทอดยกเว้นอาหารที่เป็นแผ่นบาง ๆ เช่น มันฝรั่งแผ่น จะมีเฉพาะส่วนเปลือกแข็ง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอาหารในกระบวนการทอด

การทอดเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนมาก มีหลายตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของอาหารทอด โดยแบ่งพิจารณาเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. กระบวนการทอด ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำมันร้อน เวลาที่ใช้ทอด วิธีการทอดเป็นแบบน้ำมันท่วมหรือการทอดแบบน้ำมันตื้น และรูปแบบการทอด เช่น การทอดแบบเป็นกะ หรือแบบต่อเนื่อง ทำการทอดภายใต้ความดันบรรยากาศปกติ (Atmospheric) หรือความดันเหนือบรรยากาศ (Pressure Fryer) หรือภายใต้สภาวะสุญญากาศ (Vacuum Fryer) โดยปกติ อุณหภูมิที่ใช้ในการทอดมีค่าประมาณ 163 - 193 องศาเซลเซียส ขึ้นกับชนิดของอาหารที่ทอด การเลือกอุณหภูมิที่ใช้ สำหรับทอดอาจพิจารณาจากข้อกำหนดลักษณะและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของผู้บริโภค การทอดที่ใช้อุณหภูมิสูงจะลดเวลาการทอดให้สั้นลง และทำให้อัตราการทอดเร็วขึ้น

2. น้ำมันที่ใช้ทอด ได้แก่ คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมัน สารปนเปื้อน และองค์ประกอบ ในน้ำมัน การทอดที่อุณหภูมิน้ำสูงจะเป็นตัวเร่งให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพเร็ว เนื่องจากเกิดกรดไขมันอิสระมากขึ้น และยังทำให้สีกลิ่น และความหนืดของน้ำมันเปลี่ยนไป

3. อาหาร ได้แก่ องค์ประกอบของอาหาร สมบัติทางกายภาพและเคมีของอาหาร การเตรียมชิ้นอาหารก่อนการทอด เช่นรูปทรงของอาหาร ความหนาของชิ้นอาหาร การลวกชิ้นอาหาร การลดความชื้นของชิ้นอาหารก่อนทอด การชุบในแป้งชุบทอด สัดส่วนของน้ำหนักอาหารต่อปริมาตรของน้ำมัน และสัดส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของอาหาร ซึ่งมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับเข้าไปในอาหาร (จริญญา จิโรจน์กุล. 2541 : 43)

ผลกระทบของความร้อนในการทอด

1. ผลกระทบของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำมัน การให้ความร้อนแก่น้ำมันที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ในขณะที่มีความชื้นและออกซิเจน ออกมาจากอาหารระหว่างนั้นทำให้น้ำมันเกิดการออกซิเดชัน และเกิดการระเหย ประเภทคาร์บอนิล กรดไฮดรอซี กรดคีโต และกรดอีพอกซี ทำให้น้ำมันมีสีคล้ำและมีกลิ่นเหม็น โมเลกุลของน้ำมันจะเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันในสภาพไม่มีออกซิเจน และให้โพลิเมอร์ที่มีโมเลกุลสูง หรือให้สารประกอบไซค์ลิกทำให้น้ำมันมีความหนืดสูง ซึ่งมีผลในการลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวระหว่างการทอด และทำให้อาหารดูดซับน้ำมันมากขึ้น

การออกซิไดซ์วิตามินที่ละลายได้ในไขมันในน้ำมันทำให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เรตินอล คาโรทินอยด์ และโทโคเฟอรอลจะถูกทำลายไป ทำให้กลิ่นของน้ำมันเปลี่ยนไป อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาออกซิเดชันของโทโคเฟอรอล กลับมีผลดีต่อน้ำมัน เนื่องจากสามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ เรื่องนี้มีความสำคัญมาก เพราะน้ำมันที่ใช้ในการทอดส่วนใหญ่จะเป็นน้ำมันพืช ซึ่งประกอบด้วยไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งเกิดออกซิเดชันได้ง่าย กรดลิโนเลอิกซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นจะสูญเสียไป มีผลทำให้สมดุลของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวเปลี่ยนไป

2. ผลกระทบของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของอาหาร วัตถุประสงค์หลักของการทอด คือ เพื่อปรับปรุงสี กลิ่น และรสในเปลือกนอกของอาหาร โดยอาศัยปฏิกิริยาเมลลาร์ด และการดูดซับสารระเหยจากน้ำมัน ปัจจัยหลักที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่นของอาหาร ได้แก่

2.1 ชนิดของน้ำมันที่ใช้ในการทอด

2.2 อายุและประวัติด้านความร้อนของน้ำมัน

2.3 อุณหภูมิและเวลาในการทอด

2.4 ขนาดและลักษณะผิวหน้าของอาหาร

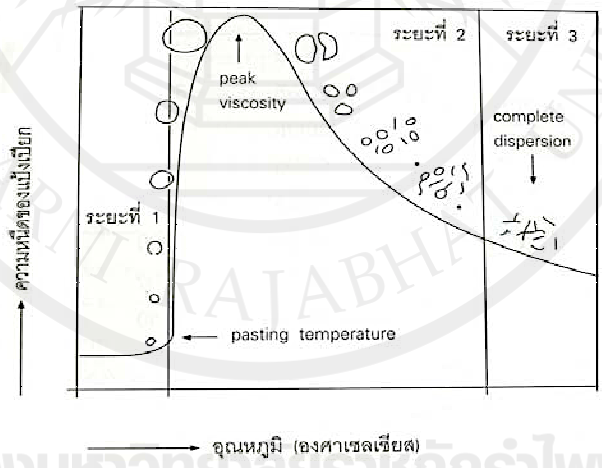
2.5 การจัดการหลังการทอด

ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มีผลต่อการดูดซับน้ำมันของอาหาร ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสารประกอบโพลิเมอร์ ซึ่งคล้ายคลึงกับกรณีการอบ

3. ผลกระทบของความร้อนต่อคาร์โบไฮเดรต (กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542 : 10) กล่าวว่า แป้ง (Flour) ประกอบด้วย สตาร์ช และสารอาหารอื่น ๆ ในส่วนของสตาร์ช ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน 2 ชนิดคือ อะไมโลส (Amylose) ร้อยละ 20 - 39 และอะไมโลเพกติน (Amylopectin) ร้อยละ 70 - 80 อะไมโลสเป็นสารที่ละลายน้ำได้ ประกอบด้วย กลูโคส 70 - 300 หน่วย สำหรับอะไมโลเพกติน มักอยู่ในส่วนที่หุ้มเม็ดแป้ง ไม่ละลายน้ำปกติ แป้งจะไม่ละลายในน้ำเย็น ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในผนังเซลล์ ซึ่งเป็นเซลลูโลส เมื่อนำน้ำแป้งไปต้ม น้ำจะซึมเข้าไปในผนังเซลล์ ความสามารถในการดูดน้ำของเม็ดสตาร์ชจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการพองตัว และการพองตัวนี้สามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้ เพราะเม็ดสตาร์ชสามารถหดตัวลงได้ เมื่อนำไปอบไล่น้ำออกหรือทำให้แห้ง และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำให้สูงขึ้นเรื่อย ๆ เม็ดสตาร์ชจะพองตัวออกมากขึ้นจนมีขนาดใหญ่แต่ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด (ระยะที่ 1) หลังจากนั้นร่างแหระหว่างไมเซลล์ ภายในเม็ดสตาร์ชจะอ่อนแอลงเนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลายเม็ดสตาร์ชจะดูดน้ำเข้ามามาก และเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ ได้เป็นสารละลายข้นหนืด เรียกกระบวนการนี้ว่าเจลาติไนเซชัน สารละลายข้นหนืดที่ได้จะเป็นสารผสมของอะไมโลส และอะไมโลเพคติน กระบวนการนี้ทำให้คืนกลับไม่ได้ ซึ่งจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียส ปริมาตรของแป้งจะเพิ่มขึ้นเป็น 5 เท่า น้ำแป้งจะมีลักษณะข้นเหนียว เรียกว่าเกิดเป็นเจล (ระยะที่ 2) เมื่อเม็ดสตาร์ชแตกตัวพบว่า ส่วนที่เป็นอะไมโลสจะ ละลายน้ำและดูดน้ำได้มากขึ้น ทำให้เกิดการพองตัวได้มากขึ้น โมเลกุลจะเข้ามาใกล้ชิดกันและยึดเข้าด้วยกัน มีบางส่วนของอะไมโลสจะแตกออกมาอยู่ในน้ำ จะสังเกตเห็นเม็ดแป้งกระจายอยู่ในน้ำแป้ง ทำให้ได้สารละลายที่มีความข้นหนืดเป็นเจล (ระยะที่ 3) ดังภาพประกอบ 3 การสุกในอาหารคือ การเกิดเจลอย่างสมบูรณ์ (Complete

Gelatinization) และอุณหภูมิที่แป้งพองตัวอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งน้ำแป้งข้น เรียกว่าอุณหภูมิของการเกิดเจล (Gelatinization Temperature)

จากการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์สามารถอธิบายปรากฏการณ์ของการเกิดเจลได้ดังนี้ เมื่อมีการให้ความร้อนแก่เม็ดแป้งซึ่งอยู่ในรูปของสารแขวนลอยในน้ำ ความร้อนซึ่งเป็นพลังงานรูปหนึ่งจะไปสลายพันธะไฮโดรเจนในองค์ประกอบของกลูโคสโพลิเมอร์ในเม็ดแป้ง โดยจะเริ่มสลายพันธะไฮโดรเจนในจุดที่อ่อนที่สุดของอะไมโลเพคติน ทำให้เกิดการแทรกตัวของน้ำเข้าไปในเส้นใยของกลูโคสโพลิเมอร์ และเริ่มการจัดเรียงเส้นใยของกลูโคสโพลิเมอร์ในรูปขดลวด (Helices หรือ Coils) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ว่างภายในเม็ดแป้ง ทำให้เกิดการดูดซึมของน้ำเข้าเม็ดแป้งได้มากขึ้น จึงทำให้เม็ดแป้งขยายตัวขึ้นจากเดิมหลายเท่า ขณะที่เกิดการพองตัวอะไมโลสจะแทรกตัวออกจากเม็ดแป้ง และอะไมโลเพคตินก็ดูดซึมน้ำได้มากขึ้น สารแขวนลอยแป้งจะเริ่มใส ความหนืดของแป้งจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุดที่เม็ดแป้งดูด ซึมน้ำได้สูงสุดแล้ว ถ้ามีการให้ความร้อนต่อไปเรื่อย ๆ เม็ดแป้งจะเริ่มแตก และกลูโคสโพลิเมอร์ จะเริ่มกระจายตัวในน้ำ ความหนืดของสารแขวนลอยจะลดลง โดยทั่ว ๆ ไปแล้วแป้งที่ได้จากพืชที่สะสมแป้งในรากและลำต้น จะให้ค่าอยู่ในช่วงค่อนข้างแคบกว่าที่ได้จากธัญพืช และวิธีการวัด ค่าอุณหภูมิของการเกิดเจลของแป้งแต่ละชนิดนั้นมีหลายวิธี แต่วิธีที่ให้ความแม่นยำสูงวิธีหนึ่ง คือ การใช้คลื่นแสง (Polarized Light) กับกล้องจุลทรรศน์ ประกอบกับการพองตัวของเม็ดแป้งมีการจัดเรียงตัวของโมเลกุล ดังแสดงในภาพประกอบ 4



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 3 ระยะในการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดสตาร์ช
ที่มา : กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542 : 18

ภาพประกอบ 4 การจัดเรียงตัวของโมเลกุลในแป้งก่อนและหลังการพองตัว
ที่มา : วิจิตร ครูปัญญามาตย์. 2537 : 8

4. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารในน้ำมันทอด ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของน้ำมันและคุณภาพของอาหารที่ผ่านการทอด (ดังแสดงในภาพประกอบ 5) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอาหารในน้ำมันระหว่างการทอดแบ่งเป็น 5 ระยะ คือ

4.1 Break-in Oil เป็นระยะที่อาหารมีสีขาว ไม่มีกลิ่นอาหารสุก ผิวไม่กรอบ การดูดซับน้ำมันมีมาก (อาหารยังดิบ ไม่เกิดการย่อยเจลในแป้ง)

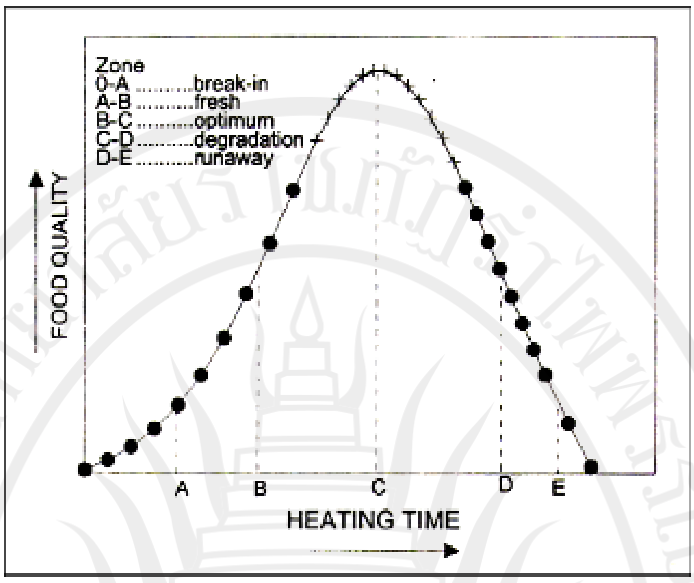
4.2 Fresh Oil เป็นระยะที่บริเวณขอบของอาหารมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลเล็กน้อย ส่วนกลางของอาหารเริ่มสุก ผิวเริ่มกรอบ การดูดซับน้ำมันมีมากขึ้น

4.3 Optimum oil เป็นระยะที่อาหารมีสีน้ำตาลทอง (Golden Brown) กรอบ ผิวนอกแข็ง รสชาติอร่อย และมีกลิ่นหอมของน้ำมัน ใจกลางอาหารสุกเต็มที่ มีการดูดซับของน้ำมันอย่างเหมาะสม

4.4 Degrading oil เป็นระยะที่อาหารมีผิวดำมีการดูดซับน้ำมันมากเกินไปผิวแข็ง

4.5 Runaway oil เป็นระยะที่อาหารมีสีดำแข็ง อาหารมีน้ำหนักมากเกินไป ผิวบุ๋มเข้าข้างใน มีกลิ่นและรสชาติไหม้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพประกอบ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันกับคุณภาพของอาหาร

ที่มา : ธิวาริ โอภิธากร. 2547 : 12

5. ผลของการทอดต่อคุณค่าทางโภชนาการ การทอดเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารที่ใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาสั้น อุณหภูมิภายในชิ้นอาหารที่ถัดจากชั้นของผิวนอก จะมีอุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส และไม่เกิดการละลายของวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ ดังนั้นจึงมีการเสื่อมสลายของวิตามินที่ไม่ทนความร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับการอบหรือการต้ม ส่วนวิตามินที่ละลายได้ในน้ำมันจะสูญเสียในระหว่างการทอดมากกว่าการต้มหรือการผัด นอกจากนี้ในน้ำมันพืชมักมีวิตามินอีอยู่ด้วย วิตามินนี้จะติดไปกับอาหารที่ผ่านการทอดแล้ว นอกจากนั้นอาหารทอดยังสูญเสียเกลือแร่น้อยกว่าอาหารที่ผ่านการต้มหรือการอบ ดังนั้นหากน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารมีคุณภาพดีแล้ว อาหารทอดจัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและให้พลังงานสูง ซึ่งอาจเหมาะกับประเทศกำลังพัฒนาที่มีปัญหาการขาดสารอาหารที่ให้พลังงาน

ผลกระทบของการทอดต่อคุณค่าทางโภชนาการของอาหารขึ้นอยู่กับชนิดของกรรมวิธีที่ใช้การใช้น้ำมันอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดเปลือกนอกเร็วและปิดกั้นผิวหน้าของอาหารไว้ ทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยลง และยังคงรักษาคุณค่าทางโภชนาการส่วนใหญ่ไว้ได้ นอกจากนั้นยังเกิดการสูญเสียระหว่างการเก็บรักษาน้อย เนื่องจากผู้บริโภคมักจะบริโภคอาหารนี้ หลังการทอดไม่นาน เช่นมีรายงานการสูญเสียไลซีนร้อยละ 17 ในปลาทอด และเพิ่มเป็นร้อยละ 25 เมื่อใช้น้ำมันที่ถูกทำลายด้วยความร้อน ตับทอดในน้ำมันจะสูญเสียไทอะมีน ร้อยละ 15 และไม่มีโฟลทเหลืออยู่

การสูญเสียวิตามินซีในอาหารทอดน้อยกว่าการต้ม วิตามินจะสะสมกันในรูปกรดดีไฮโดรแอสคอรบิก เนื่องจากมีความชื้นต่ำ ในขณะที่ถ้าใช้วิธีต้มวิตามินซีจะถูกไฮโดรไลซ์ และกลายไปเป็นกรด 2, 3-ไดคีโตกลูโคนิก

การทอดให้อาหารแห้งเพื่อถนอมรักษาอาหาร จะทำให้เกิดการสูญเสียสารอาหารมากขึ้น โดยเฉพาะวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน เช่นวิตามินอี ซึ่งถูกดูดซับโดยน้ำมันระหว่างการทอดจะถูกออกซิไดซ์ในระหว่างการเก็บรักษาวิตามินที่ละลายน้ำซึ่งไวต่อความร้อน หรือออกซิเจนถูกทำลายโดยการทอด คุณภาพของโปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดของกรดอะมิโนในเปลือกนอก มีรายงานการสูญเสียคาร์โบไฮเดรต และเกลือแร่จำนวนน้อยมาก แต่ยากที่จะชี้ถึงคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากความแตกต่างของชนิดและประวัติการใช้น้ำมันและปริมาณการดูดซับน้ำมันในอาหาร

การดูดซึมน้ำมันของอาหารทอด

1. กลไกการดูดซึมน้ำมันของอาหาร ซึ่งสามารถอธิบายได้ 2 กลไก ดังนี้

1.1 การดูดซึมน้ำมันอย่างต่อเนื่องที่เกิดจากการแทนที่น้ำที่ระเหยออกจากอาหาร ขณะทอดเมื่อน้ำระเหยกลายเป็นไอและระเหยออกจากชิ้นอาหาร จะเหลือโครงสร้างที่เป็นรูพรุน ซึ่งน้ำมันสามารถเคลื่อนเข้าไปแทนที่ได้

1.2 การดูดซึมน้ำมันเกิดขึ้นเมื่อการทอดเสร็จสิ้น และอาหารทอดเย็นลงเกิดขึ้นเนื่องจากน้ำภายในอาหารกลายเป็นไอระหว่างทอด ทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอ ไอน้ำเคลื่อนที่ออกผ่านท่อคาปิลารีในโครงสร้างของเซลล์ ตราบใดที่ยังคงมีการระเหยเป็นไอของน้ำ น้ำมันจะเคลื่อนที่เข้าไปอยู่ในช่องว่างได้ยาก แต่เมื่อนำอาหารทอดขึ้นจากน้ำมันและปล่อยให้เย็น ความดันไอภายในรูพรุนจะลดลง ไอน้ำจะควบแน่น และเกิดภาวะสุญญากาศซึ่งจะดูดเอาน้ำมันที่ผิวอาหารเข้ามาไว้ในผลิตภัณฑ์

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำมันของอาหารทอด

2.1 คุณภาพและองค์ประกอบของน้ำมัน จะเปลี่ยนไปตามระยะเวลาของการทอด เนื่องจากการเสื่อมของน้ำมันจากปฏิกิริยาต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น และได้สารประกอบที่ทำให้แรงตึงผิวของน้ำมันลดลง น้ำมันจะสัมผัสกับอาหารมากขึ้น การดูดซึมน้ำมันและอัตราการถ่ายเทความร้อนไปยังผิวของอาหารจะเพิ่มขึ้น ทำให้ผิวของอาหารมีสีเข้มและแห้งก่อนที่อาหารจะสุก และเกิดฟองปริมาณมากขณะทอด โดยปริมาณฟองจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารดังกล่าว

นอกจากนี้ยังทำให้ผิวของอาหารทอดฉ่ำไปด้วยน้ำมัน เนื่องจากน้ำมันมีความหนืดสูงขึ้น จึงเกาะติดกับผิวของอาหารมากขึ้น

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลราชภัฏพระนคร

2.2 อุณหภูมิของการทอดและระยะเวลาที่ใช้ทอด โดยทั่วไปอุณหภูมิของการทอดมักอยู่ในช่วง 160 - 200 องศาเซลเซียส การทอดที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีสีอ่อนและกลิ่นรสที่เกิดจากการทอดน้อย และมีการดูดซึมน้ำมันมากกว่าการทอดที่อุณหภูมิสูง (นิธิยา รัตนาปนนท์ และไพโรจน์ วิริยจารี. 2547 : 120) มอร์เรรา และคณะ (Moreira and et al. 1997 : 490) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซึมน้ำมันในระหว่างการทอด Tortilla Chip พบว่า อุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดในช่วง 130 - 190 องศาเซลเซียส ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการดูดซึมน้ำมันของ Tortilla Chip ส่วนงานวิจัยของโครคิดะ และคณะ (Krokida and et al. 2000b : 43) รายงานว่า อุณหภูมิของน้ำมันในช่วง 150 - 190 องศาเซลเซียส มีความสัมพันธ์เชิงบวก กับปริมาณน้ำมันในมันฝรั่งทอด (French Fries) ส่วนผลของระยะเวลาทอดต่อการดูดซึมน้ำมัน พบว่าอัตราการดูดซึมน้ำมันจะเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงแรกของการทอดแล้วลดลงจนกระทั่งถึงเวลาหนึ่งปริมาณน้ำมันในอาหารทอดจะค่อนข้างคงที่

2.3 รูปทรงเรขาคณิตและความพรุนของอาหาร รูปทรงทางเรขาคณิตในที่นี้หมายถึงอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของอาหาร อาหารที่มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงมีแนวโน้มที่จะดูดซึมน้ำมันได้มากกว่าอาหารที่มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรต่ำ นอกจากนี้ความหนาของชิ้นอาหารก็มีผลต่อปริมาณน้ำมันในอาหารทอด โครคิดะ และคณะ (Krokida and et al. 2000~~b~~ : 45) รายงานว่า เมื่อความหนาของชิ้นมันฝรั่งแท่งเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำมันในชิ้นมันฝรั่งแท่งทอดจะลดลง ผลของความพรุนต่อการดูดซึมน้ำมันของมันฝรั่งขึ้นรูป (Restructured Potato) ความพรุนของอาหารก่อนทอดมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับสัดส่วนของปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซึมโดยอาหารต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากอาหาร (Oil Uptake/Water Removed Ratio) นอกจากนี้ความพรุนของอาหารที่ทอดแล้วและปริมาณน้ำมันในอาหารทอดจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาทอด

2.4 ความชื้น ปริมาณความชื้นเริ่มต้นในอาหารมีผลต่อการดูดซึมน้ำมันของอาหารระหว่างการทอด ซึ่งอาหารที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นสูงจะดูดซึมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำ เนื่องจากมีปริมาณน้ำระเหยออกจากอาหาร และเหลือช่องว่างที่จะให้น้ำมันเข้าไปแทนที่ได้ มากกว่าอาหารที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำ นอกจากนี้การเติมไฮโดรคอลลอยด์หรือกัมบางชนิดในส่วนผสมของอาหาร เช่น อัลจิเนต (Alginate) เมทิลเซลลูโลส (Methylcellulose, MC) และไฮดรอกซีโพรพิล เมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropyl Methylcellulose, HPMC) จะช่วยทำให้อาหารอุ้มน้ำไว้ได้มากขึ้น น้ำระเหยออกจากอาหารน้อยลง ซึ่งส่งผลให้การดูดซึมน้ำมันลดลงด้วย

2.5 ชนิดและองค์ประกอบของอาหารการเคลื่อนที่ของน้ำมันเข้าไปในอาหารแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสมบัติของอาหาร เช่น ปริมาณความชื้น ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ความพรุน ขนาดของรูพรุน และการจัดเรียงตัวของท่อคาปิลารีในโครงสร้างของอาหาร ในกรณี

ของอาหารชุบแป้งทอด (Battercoated Products) พบว่า ชนิดของแป้ง โดยเฉพาะสัดส่วนของปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพคติน มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและการดูดซึมน้ำมันของแป้งชุบทอด ปริมาณอะไมโลสในแป้งให้ความสัมพันธ์เชิงบวกกับความกรอบของแป้งทอด แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซึม แป้งชุบทอดที่มีแป้งข้าวจ้าวเป็นส่วนประกอบหลัก จะมีการดูดซึมน้ำมันได้น้อยกว่าแป้งชุบทอดที่มีแป้งสาลีเป็นส่วนประกอบหลัก แป้งที่มีสัดส่วนของอะไมโลเพคตินต่ออะไมโลสต่ำกว่าจะดูดซึมน้ำมันได้น้อยกว่าโปรตีนในแป้งชุบทอด มีแนวโน้มที่จะเพิ่มการดูดซึมน้ำมัน เนื่องจากโปรตีนมีสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ (Emulsifying Agent) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ไฮโดรคอลลอยด์บางชนิด สามารถลดการดูดซึมน้ำมันของอาหารทอดได้ เช่น การเคลือบผิวอาหารด้วยเมทิลเซลลูโลส หรือไฮดรอกซีโพรพิล เมทิลเซลลูโลส สามารถเกิดเจลที่สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ภายใต้ความร้อน (Thermal Reversible Gel) โดยจะแข็งตัวเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส และฟิล์มที่มีสมบัติไม่ละลายในน้ำมัน ซึ่งจะช่วยรักษาความฉ่ำและป้องกันการดูดซึมน้ำมันของอาหารทอดได้

2.6 ความแข็งแรงของเจล มีความสำคัญต่อการดูดซึมน้ำมันของผลิตภัณฑ์ขึ้นรูป เช่น อาหารขบเคี้ยว และผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่งขึ้นรูป เมื่อเพิ่มความแข็งแรงของเจลมันฝรั่งขึ้นรูปจะส่งผลให้การดูดซึมน้ำมันของผลิตภัณฑ์ทอดลดลง

2.7 การเตรียมตัวอย่างอาหารก่อนทอด การลวกจะช่วยลดความชื้นของอาหารก่อนทอด และการแช่เยือกแข็งจะช่วยลดการดูดซึมน้ำมัน ส่วนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะทำให้การดูดซึมน้ำมันเพิ่มขึ้น เพราะลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารมีรูพรุนมากขึ้น

การทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ

เครื่องทอดสุญญากาศ หมายถึง เครื่องทอด (Fryer) ที่ใช้ทอด (Frying) อาหารทำงานภายใต้สภาวะที่เป็นสุญญากาศ (Vacuum) เครื่องทอดสุญญากาศนิยมใช้เพื่อทอดผัก ผลไม้ เช่น ทุเรียน ขนุน กระเจี๊ยบเขียว สับปะรด กล้วย มันฝรั่ง แอปเปิ้ล แครอท พริกหวาน เป็นต้น

ลักษณะของการทอดภายใต้สุญญากาศ

1. ทำงานภายใต้สภาวะที่เป็นสุญญากาศ สามารถทำให้เกิดการเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำระเหยออกจากชิ้นของอาหารที่อุณหภูมิต่ำ จึงช่วยรักษาคุณภาพของอาหาร เช่นสี กลิ่น รสชาติได้ดีกว่าการทอดในสภาวะบรรยากาศปกติ (Atmospheric Pressure)

2. การทอดที่อุณหภูมิต่ำ ลดการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) ของน้ำมัน ทำให้ไตรกลีเซอร์ไรด์ในน้ำมันสลายตัวเป็นกรดไขมันอิสระน้อยลง นอกจากนั้นการทอดในสภาวะที่มี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ออกซิเจนน้อยมากในระบบทำให้เกิดการออกซิเดชันของลิพิด (Lipid Oxidation) น้อยกว่าการทอดในบรรยากาศ ทำให้น้ำมันใช้ทอดได้นานขึ้น และลดการอมน้ำมันลง (นันทวัน เทอดไทย และคณะ. 2550 : 1322) ศึกษาเปรียบเทียบการทอดหอมแดงด้วยการทอดสุญญากาศกับการทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep Fat Frying) พบว่า การลดปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ภายหลังจากทอด 7 ครั้งอย่างต่อเนื่อง ค่าความเป็นกรด (Acid Value) ของน้ำมันที่ใช้ในการทอดเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

3. ลักษณะของอาหารที่ทอดด้วยสุญญากาศ จะกรอบแต่ไม่เกิดเปลือกแข็งสีน้ำตาลเหมือนอาหารที่ผ่านการทอดในบรรยากาศปกติ เพราะอุณหภูมิไม่สูงพอที่จะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning Reaction) (ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์ และคณะ. 2551 : 357)

การทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการดูดซึมน้ำมันลดลง มีสีและกลิ่นรสดี การทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นระบบการทอดที่มีก๊าซออกซิเจนน้อย ทำให้เกิดออกซิเดชันต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น ช่วยยืดอายุการใช้งานของน้ำมัน อีกทั้งยังลดอันตรายต่อสุขภาพที่เป็นผลมาจากคุณภาพน้ำมันที่เปลี่ยนไป นอกจากนี้ยังใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำกว่าที่สภาวะบรรยากาศจึงทำให้ใช้พลังงานต่ำกว่า

ข้อดีและข้อเสียของการทอดที่สภาวะสุญญากาศ

ข้อดี

1. อาหารที่ทอดที่สภาวะสุญญากาศจะมีน้ำมันในผลิตภัณฑ์ ในปริมาณที่ต่ำกว่าการทอดโดยวิธีปกติ

2. เปรียบเทียบกับการทอดโดยวิธีการทั่วไป พบว่าเมื่อทอดอาหารด้วยสภาวะสุญญากาศสามารถใช้อุณหภูมิของน้ำมันต่ำกว่าการทอดปกติ

3. การทอดใช้ระยะเวลาสั้นกว่าการทอดปกติ

4. วิตามินสูญเสียน้อยกว่าการทอดปกติ เพราะใช้น้ำมันอุณหภูมิต่ำและใช้ระยะเวลาสั้น

5. เกิดออกซิเดชันของน้ำมันได้ช้า ทำให้สามารถใช้น้ำมันได้นานขึ้นโดยคุณภาพไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

ข้อเสีย

1. มีการลงทุนของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่สูงกว่าการทอดปกติ และสิ้นเปลืองเนื้อที่ในการติดตั้ง

2. ขั้นตอนการทอดมีความยุ่งยากและซับซ้อนกว่าการทอดปกติ

3 การทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์มีความยุ่งยากกว่าการทอดปกติ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4. ผลของปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน และเวลาในการทอดที่มีต่อผลิตภัณฑ์มีข้อมูลน้อยมากและไม่ชัดเจน

5. ความเข้าใจในกลไกและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการทอดที่สภาวะสุญญากาศมีน้อยมาก (นิธิยา รัตนาปนนท์ และไพโรจน์ วิริยจารี. 2547 : 119)

การปฏิบัติการสำหรับทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ

โดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเตรียมการก่อนทอด วิธีที่นิยมทำโดยทั่วไป สามารถแบ่งได้เป็น 3 วิธี ดังนี้

1.1 การลวกก่อนนำไปทอด การลวกมีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายเอนไซม์บางชนิด เช่น พอลิฟีนอลออกซิ-เดส (PPO) และเพอร์ออกซิเดส (POD) ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กับเนื้อเยื่อของผัก เช่นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์และออกซิเดชัน (ปิยะทิพย์ สัมพันธ์ประทีป. 2550 : 30)

ในขั้นตอนนี้ สามารถยับยังการเกิดสีน้ำตาลก่อนการทอด และเมื่อนำไปทอดอาจเกิดสีน้ำตาลขึ้นเล็กน้อย ซึ่งไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ภายหลังการทอด

1.2 การแช่เยือกแข็งก่อนนำไปทอด เป็นวิธีที่นิยมปฏิบัติสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเพิ่มคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีราคาสูงกว่าวิธีการอื่น ๆ

โดยการลดอุณหภูมิของอาหารต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเริ่มเกิดผลึกน้ำแข็งที่อุณหภูมิเฉพาะของจุดเยือกแข็งของอาหารแต่ละชนิด (ซึ่งจุดเยือกแข็งนี้จะขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลายที่มีอยู่ภายในอาหาร แต่ไม่ขึ้นกับปริมาณน้ำ) การเกิดผลึกน้ำแข็งของอาหารแต่ละชนิดจะเกิดขึ้นหลังจากการเกิดจุดเย็นตัวยวดยิ่งสุดลง จากนั้นอุณหภูมิภายในอาหารจะสูงขึ้น เนื่องจากสารละลายที่จุดเย็นตัวยวดยิ่งจะคายความร้อนออกมา และน้ำจะเริ่มเปลี่ยนเป็นผลึกน้ำแข็งที่จุดนี้ซึ่งคือจุดเยือกแข็งของอาหาร

อย่างไรก็ตาม จากผลการทดสอบเปรียบเทียบความยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทอดที่เตรียมโดยการลวกก่อนนำไปทอดกับผลิตภัณฑ์ฯ ที่เตรียมโดยการแช่เยือกแข็งก่อนนำไปทอด พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันทางด้านเนื้อสัมผัส ($p > 0.05$) (ปิยะทิพย์ สัมพันธ์ประทีป. 2550 : 39)

1.3 การทอดโดยไม่มีการเตรียมผลิตภัณฑ์เป็นพิเศษ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมปฏิบัติกันโดยทั่วไป เนื่องจากช่วยลดต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์

2. การปฏิบัติขณะทอด

2.1 อุณหภูมิ และเวลาในการทอด การเลือกใช้อุณหภูมิ และเวลาสำหรับทอดพิจารณาจากข้อกำหนด ลักษณะ และคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของผู้บริโภค

2.2 น้ำมันที่ใช้ทอด คุณภาพและองค์ประกอบของน้ำมันจะเปลี่ยนไปตามอายุการใช้งาน เนื่องจากการเสื่อมของน้ำมันจากปฏิกิริยาต่าง ๆ

3. การปฏิบัติภายหลังการทอด

3.1 การหมุนเหวี่ยงสลัดน้ำมันในหม้อทอด วิธีนี้สามารถทำได้โดย เมื่อทอดเสร็จแล้วจะมีการสลัดเหวี่ยงน้ำมันภายใต้สภาพสุญญากาศ ก่อนนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน

3.2 การอบลดปริมาณน้ำมันจาการตรวจเอกสารยังไม่พบการศึกษาเกี่ยวกับวิธีนี้ ในทางปฏิบัติภายหลังการทอด ผลิตภัณฑ์จะถูกอุ่นในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำระหว่างรอการนำไปบริโภค และมักมีการสังเกตพบว่าปริมาณน้ำมันลดลง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยต่างประเทศ

โครคิดะ และคณะ (Krokida and et al. 2000a : 147 - 154) ศึกษาผลกระทบจากสภาวะในการทอดต่อการหดตัวและความพรุนของมันฝรั่ง โดยศึกษาปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลสาร (การสูญเสียน้ำและการดูดซับน้ำมัน) ที่เกิดขึ้นขณะทอดมันฝรั่งแผ่น ซึ่งสามารถอธิบายโดยใช้แบบจำลอง (Empirical First Order Kinetic) โดยตัวแปรสำคัญ คืออุณหภูมิของน้ำมัน และความหนาของชิ้นตัวอย่าง และค่าที่จุดสมดุลของการสูญเสียความชื้นและการดูดซับน้ำมันขณะทอด สำหรับการสูญเสียน้ำและปริมาณน้ำมันที่ดูดซับหลังการทอดจะมีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการทอดสูงและชิ้นตัวอย่างมีความหนาไม่มากพอ

โครคิดะ และคณะ (Krokida and et al. (2000b : 39 - 46) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่สูญเสียไปของแท่งมันฝรั่ง และการดูดซึมน้ำมันของแท่งมันฝรั่งกับเวลาที่ใช้ในการทอดแท่งมันฝรั่ง โดยพิจารณาจากสมการ เคเนติก (Kenetic) จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของน้ำมัน และความหนาของแท่งมันฝรั่งมีผลกระทบอย่างชัดเจนต่อปริมาณน้ำมันที่เพิ่มขึ้น และปริมาณความชื้นที่สูญเสียไป จากแท่งมันฝรั่งปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลที่เกิดแทนที่กันระหว่างน้ำที่อยู่ภายในอาหารกับน้ำมันที่ใช้ทอด สามารถอธิบายโดยสมการดังกล่าวได้ อุณหภูมิน้ำมันและความหนาของตัวอย่างที่ใช้เป็นตัวแปรที่มีผลกระทบอย่างมากต่อสมดุลของน้ำและน้ำมัน การสูญเสียน้ำและการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำมันจะเกิดอย่างชัดเจนมากที่อุณหภูมิสูง และความหนาของตัวอย่างน้อย

คาวาส และมอร์เรรา (Kawas and Moreira. 2001 : 97 - 107) ศึกษาคุณสมบัติของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ Tortilla Chip ในระหว่างกระบวนการทอดซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองพื้นฐาน (Fundamental Model) เพื่อใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ระหว่างการทอด การทดสอบใช้ Tortilla Chip ทอดในน้ำมันพืชเป็นเวลา 60 วินาที

ผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่าการหดตัวของตัวอย่างในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางเกิดขึ้นในช่วง 5 วินาทีแรกของการทอด ส่วนความหนาจะเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดเปลือกแข็ง และฟองอากาศที่ผิวหน้าตัวอย่างเนื่องจากการขยายตัวของแก๊ส ความพรุนของตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นทั้งในด้านขนาดและจำนวนการกระจายตัวของรูพรุนจะสม่ำเสมอมากขึ้นตามเวลาทอดที่เพิ่มขึ้น ความกรอบของชิ้นตัวอย่างจะเพิ่มมากขึ้นตามการลดลงของความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ระหว่างการทอด เมื่อนำคุณสมบัติเหล่านี้มารวมกันทำให้การผลิตได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ดี

การาโย และมอร์เรรา (Garayo and Moreira. 2002 : 181 - 191) ได้ศึกษาการทอดแผ่นมันฝรั่งภายใต้สภาวะสุญญากาศ เพื่อลดปริมาณน้ำมันในแผ่นมันฝรั่ง โดยทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิน้ำมันที่ใช้ทอดต่างกัน (118 132 และ 144 องศาเซลเซียส) และความดันต่างกัน (16.661 9.888 และ 3.115 กิโลปาสคาล) ที่มีต่ออัตราการดูดซึมน้ำมันของแผ่นมันฝรั่ง และศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผิวสัมผัส สี โครงสร้าง และศึกษาการทอดแผ่นมันฝรั่งภายใต้สภาวะสุญญากาศ (144 องศาเซลเซียส และความดัน 3.115 กิโลปาสคาล) เปรียบเทียบกับการทอดที่สภาวะบรรยากาศ (165 องศาเซลเซียส) จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิน้ำมันและความดันที่สภาวะต่ำกว่าบรรยากาศ มีผลต่ออัตราการสูญเสียน้ำ และอัตราการดูดซึมน้ำมันของแผ่นมันฝรั่ง แผ่นมันฝรั่งที่ได้จากการทอดที่ความดันต่ำ และอุณหภูมิในการทอดสูงจะมีปริมาตร หรือขนาดของชิ้นมันฝรั่งเล็กลง โดยสีของผลิตภัณฑ์ไม่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิของน้ำมัน และความดันอย่างชัดเจนนัก ค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิน้ำมัน และลดความดันลง นอกจากนี้การทอดแผ่นมันฝรั่งภายใต้สภาวะสุญญากาศ ทำให้ปริมาณน้ำมันในแผ่นมันฝรั่งต่ำกว่าการทอดที่สภาวะบรรยากาศ ค่าความแข็งของแผ่นมันฝรั่งที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศต่ำกว่า และสีที่ได้ดูสดใสกว่าแผ่นมันฝรั่งที่ทอดภายใต้สภาวะบรรยากาศ

โมริสคัล และบูชอน (Moriscal and Bouchon. 2008 : 1561 - 1569) ทดลองเปรียบเทียบการดูดซับน้ำมัน และการเปลี่ยนแปลงสีของแอปเปิ้ลแผ่นบางที่ผ่านการทอดภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศปกติ และภายใต้สภาวะสุญญากาศ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศจะมีการดูดซับน้ำมันและการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยกว่าการทอดภายใต้สภาวะความดันปกตินอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบตัวอย่าง การทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศที่มีลดความชื้นของชิ้นแอปเปิ้ลก่อนการทอดด้วยการใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ความชื้นก่อนทอดที่ร้อยละ 64 พบว่า การลดความชื้นของชิ้นแอปเปิ้ลก่อนการทอดสามารถลดการดูดซับน้ำมันลงได้ถึงร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับการทอดภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศปกติ

ดา ซิลวา และมอร์เรรา (Da Silva and Moreira. 2008 : 1558 - 1567) ทดลองใช้วิธีการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศกับผักและผลไม้ คือมันเทศ ถั่วแขก มะม่วง และมันฝรั่ง ที่อุณหภูมิ

ที่ 120 - 130 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการทอดแบบปกติที่ 160 - 165 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในถั่วแขก มะม่วง และมันเทศ ที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ มีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่ทอดด้วยวิธีปกติร้อยละ 18 19 และ 21 ตามลำดับ นอกจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยรวมดีกว่าตัวอย่างที่ทอดด้วยวิธีปกติอย่างเห็นได้ชัด และปริมาณไขมันในมันเทศและถั่วแขกที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างที่ทอดด้วยวิธีปกติร้อยละ 24 และ 26 ตามลำดับ ในขณะที่มันฝรั่งและมะม่วงมีปริมาณไขมันสูงกว่าร้อยละ 6 และ 5

ทรอนโคโซ และคณะ (Troncoso and et al. 2009 : 187 - 195) ได้กล่าวถึงกลไกการดูดซับน้ำมันหลังกระบวนการทอดเสร็จสิ้นแล้ว ได้ดังนี้ คือการดูดซับน้ำมันของอาหารทอด ส่วนมากเกิดขึ้นในช่วงการเย็นตัวของอาหารภายหลังการทอด เนื่องจากความแตกต่างของความดันบริเวณรูพรุนเล็ก ๆ ที่ผิวหน้าของอาหารมีอยู่สูง และความแตกต่างของความดันนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการนำอาหารขึ้นจากหม้อทอดภายหลังการทอดทำให้อุณหภูมิของอาหารลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ไอน้ำที่อยู่บริเวณรูพรุนที่ผิวหน้าของอาหารเกิดการควบแน่นลง บริเวณรูพรุนจึงเกิดเป็นภาวะสุญญากาศ (Vacuum Effect) เมื่อความดันบรรยากาศภายนอกมีค่าสูงกว่าจึงมีผลให้ผลักดันน้ำมันที่ค้างอยู่บริเวณผิวหน้าของอาหารเข้าสู่รูพรุนของอาหารอย่างรวดเร็ว

งานวิจัยในประเทศ

ณัฐพร ชูดำ และธีรภาพ โรจน์วัชราบาล (2545 : 45 - 52) ศึกษาการทอดผักและผลไม้ด้วยระบบสุญญากาศ เพื่อศึกษาปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำมัน และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่บริเวณกึ่งกลาง และผิวของอาหาร โดยใช้มันฝรั่งเป็นตัวอย่างในการทอด อุณหภูมิที่ใช้ในการทอด 120 140 และ 160 องศาเซลเซียส และใช้ความดันที่ 260 และ 360 มิลลิเมตรปรอท จากการศึกษาพบว่า ปริมาณความชื้นภายในเนื้ออาหารมีค่าลดลงตามเวลา ที่เวลาและอุณหภูมิทอดเดียวกัน 120 องศาเซลเซียส การทอดที่ความดันต่ำกว่า 260 มิลลิเมตรปรอท จะมีปริมาณความชื้นในอาหารต่ำกว่าการทอดที่ความดันสูง 360 มิลลิเมตรปรอท และที่ความดันเดียวกัน 360 มิลลิเมตรปรอท พบว่าที่อุณหภูมิทอดสูงกว่า 160 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้นในอาหารจะมีค่าต่ำกว่าการทอดที่อุณหภูมิต่ำ 120 และ 140 องศาเซลเซียส การศึกษาปริมาณน้ำมันที่สะสมในเนื้อมันฝรั่งสำหรับการทอดที่เวลาใด พบว่า ที่ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ 260 และ 360 มิลลิเมตรปรอท น้ำมันจะเข้าไปในเนื้อมันฝรั่งได้มากในช่วงแรก จากนั้นจะปรับตัวลดลง จนกระทั่งคงที่ที่ค่าใดค่าหนึ่งขึ้นอยู่กับความดันที่ใช้ในการทอด และสำหรับการทอดที่ความดันบรรยากาศปริมาณน้ำมันที่สะสมในเนื้อมันฝรั่งจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามเวลาในการทอด

ดารณี คล้ายเครือ (2550 : 50 - 58) ศึกษาผลของการปรับสภาวะความดัน และอุณหภูมิภายหลังการทอดที่ส่งผลต่อปริมาณความชื้น และปริมาณการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์อาหารทอด

โดยนำแผ่นกล้วยที่ผ่านการทอดทั้งในสภาวะปกติที่ความดันบรรยากาศ และสภาวะสุญญากาศ มาทำการศึกษาผลของการปรับสภาวะความดัน และปรับสภาวะอุณหภูมิ ในขณะสลัดเหวี่ยงน้ำมันภายหลังการทอด โดยตรวจสอบลักษณะคุณภาพจากปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำมัน ความหดตัว และค่าสี ผลจากการทดสอบพบว่า การลดระดับความดันในขณะสลัดเหวี่ยงน้ำมัน ภายหลังการทอดส่งผลให้สามารถลดปริมาณการดูดซับน้ำมันได้ทั้งในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดในสภาวะปกติและสุญญากาศ นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการลดปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดในสภาวะปกติ แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดในสภาวะสุญญากาศ ส่วนค่าความหดตัวและค่าสีของการทอดทั้งสองสภาวะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อลดความดัน ส่วนผลจากการปรับสภาวะอุณหภูมิในขณะสลัดเหวี่ยงน้ำมันภายหลังการทอด พบว่า เป็นการทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้เกิดการสูญเสียความชื้น และลดปริมาณการดูดซับน้ำมันได้ แต่ไม่ส่งผลต่อค่าความหดตัวในการทอดทั้งสองสภาวะ ส่วนผลต่อค่าสีพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดในสภาวะปกติจะมีสีคล้ำขึ้นเมื่อผ่านการปรับสภาวะอุณหภูมิ

ถาวร อริยภูชัย (2550 : 70 - 72) ศึกษาแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกล้วยหอมที่ผ่านการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยตัวอย่างที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 - 30 มิลลิเมตร และความหนา 3.5 - 4.5 มิลลิเมตร ถูกนำมาทอดที่อุณหภูมิ 100 110 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที พบว่า ตัวอย่างที่ทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ให้การขยายตัวที่มากที่สุด ความหนาของชิ้นตัวอย่างจะหดตัวลงในช่วง 5 นาทีแรกของการทอด เนื่องจากชิ้นตัวอย่างสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว ทำให้หดตัวลง ซึ่งหดตัวไปประมาณร้อยละ 20 หลังจากนั้นก็ขยายตัวขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงนาทีที่ 20 ซึ่งขยายตัวคิดเป็นร้อยละ 20.5 หลังจากนั้นชิ้นตัวอย่างก็จะหดตัวลง ที่เป็นแบบนี้เนื่องจากเมื่อเวลาในการทอดผ่านไปผนังของชิ้นอาหารเริ่มเกิดชั้นเปลือกแข็ง (Crust) ทำให้น้ำภายในชิ้นอาหารระเหยออกมาได้ยากจึงดันเปลือกแข็งออกมา ทำให้อาหารมีการขยายตัวขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งน้ำในอาหารเหลือน้อยการขยายตัวจึงหยุด ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์ของชิ้นตัวอย่างจะหดตัวลงในระหว่างการทอด และหลังทอดซึ่งจะหดตัวมากในช่วง 5 นาทีแรกของการทอด หลังจากนั้นการหดตัวก็จะน้อยลงซึ่งจะสอดคล้องกับการหดตัวของความหนาที่เกิดขึ้นในช่วงแรก ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งชิ้นตัวอย่างจะมีค่าความแข็งลดลงในช่วง 10 นาทีแรกของการทอด หลังจากนั้นก็เพิ่มขึ้นจนค่อนข้างคงที่ และสำหรับตัวอย่างที่ทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ก็ให้ค่าความแข็งมากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 12.17 นิวตัน

กรเทพ ดิเรกโภค และจรรยา โคตรภูธร (2554 : 60 - 66) ศึกษาสภาวะทอดสุญญากาศที่เหมาะสำหรับกล้วยน้ำว้า และการอบลดน้ำมันหลังการทอดด้วยไมโครเวฟ การเตรียมกล้วยน้ำว้าโดยฝานเป็นแผ่นหนาเฉลี่ยประมาณ 1.41 มิลลิเมตร ในการทอดกล้วยน้ำว้าภายใต้สภาวะ

สุญญากาศ จะใช้อุณหภูมิ 110 120 และ130 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดกล้วยน้ำว้า ซึ่งความดันที่ใช้คือ 700 มิลลิเมตรปรอท ในการทอดแต่ละอุณหภูมิใช้เวลาที่ต่างกันคือ 90 120 และ 150 วินาที ตามลำดับ กำลังไฟฟ้าการอบลดน้ำมันที่กำลังไฟ 70 350 และ 500 วัตต์ เวลาการอบที่ 30 60 90 120 150 และ 180 วินาที ตามลำดับ จากการประเมินผลโดยผู้ทดสอบชิม พบว่า กล้วยน้ำว้าทอดที่สภาวะสุญญากาศจะได้รับ ความนิยมด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่าการทอดกล้วยน้ำว้าภายใต้สภาวะบรรยากาศ โดยผลิตภัณฑ์การทอดกล้วยน้ำว้าภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 90 วินาที กำลังไฟฟ้าอบลดน้ำมันที่เหมาะสม 350 วัตต์ เวลาการอบที่เหมาะสม 90 วินาที จะได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากที่สุด

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

อุปกรณ์และวิธีการ

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดโดยระบบสุญญากาศ การยอมรับของผู้บริโภค ตลอดจนระยะเวลาการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งการดำเนินงานเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

การศึกษาผลของการทอดด้วยระบบสุญญากาศต่อคุณภาพของกล้วยหอมทอง

วัตถุดิบ

1. กล้วยหอมทองสุก (ระดับที่ 6 ทั้งผลมีสีเหลือง มีการสุกเต็มที่สุกร้อยละ 100) จากสวนเกษตรกรในพื้นที่ อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี
2. น้ำมันรำข้าว ยี่ห้อคิง

อุปกรณ์

1. เครื่องทอดระบบสุญญากาศ
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อตุ๊กตาคู่
3. มีดสไลด์
4. กรดซิตริก (Food Grade)
5. กะละมัง
6. ถาด
7. กระดาษซับน้ำมัน
8. ถุงฟอยล์ทึบ ขนาด 9 x 13 เซนติเมตร
9. ถุงฟอยล์ทึบ ขนาด 18x26 เซนติเมตร
10. เครื่องวัดสี ระบบ L* a* b* ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CR-20
11. เครื่องวัดปริมาณความชื้น ยี่ห้อ SHIMADZU
12. เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity, a_w) ยี่ห้อ NOVASINA รุ่น ms1
13. วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ด้วยวิธี Inhouse Method Base on AOAC

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมกล้วยหอมทอง

กล้วยหอมทองที่มีระยะการสุกระดับที่ 6 มาล้างทำความสะอาด หลังจากนั้นจึงปอกเปลือกและหั่นกล้วยหอมทอง ความหนาประมาณ 4 มิลลิเมตร ลงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น

ร้อยละ 0.1 เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นจึงนำขึ้นมาผึ่งให้สะเด็ดน้ำ เป็นเวลา 5 นาที และนำไปทอดในเครื่องทอดสุญญากาศ โดยใช้น้ำมันรำข้าวในการทอดจำนวน 52 ลิตร

2. ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทอดกล้วยหอมทองด้วยระบบสุญญากาศ

ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทอดกล้วยหอมทองด้วยระบบสุญญากาศตามวิธีของพิชามญชุ์ ทิพย์เมืองพรหม และฤทธิชัย อัศวราชันย์ (2561 : 1322)โดยทดลองทอดกล้วยที่อุณหภูมิ 85 90 และ 95 องศาเซลเซียส แรงดันสุญญากาศ 700 มิลลิเมตรปรอท ระยะเวลาในการทอด 3 ระยะ คือ 45 50 และ 55 นาที ปริมาณการทอดแต่ละครั้ง เท่ากับ 10 กิโลกรัม โดยแบ่งออกเป็น 9 สิ่งทดลอง ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 45 นาที
สิ่งทดลองที่ 2 อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 50 นาที
สิ่งทดลองที่ 3 อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 55 นาที
สิ่งทดลองที่ 4 อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 45 นาที
สิ่งทดลองที่ 5 อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 50 นาที
สิ่งทดลองที่ 6 อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 55 นาที
สิ่งทดลองที่ 7 อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 45 นาที
สิ่งทดลองที่ 8 อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 50 นาที
สิ่งทดลองที่ 9 อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 55 นาที

เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำกล้วยหอมทองทอดออกจากเครื่องทอด และผึ่งไว้บนถาดที่มีกระดาษซับน้ำมัน บรรจุผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศลงในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ทึบขนาด 9 x 13 เซนติเมตร ปริมาณถุงละ 15 กรัม สำหรับการทดสอบในขั้นตอนต่อไป นำผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศไปทดสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส

3. การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ

นำผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศมาวิเคราะห์คุณภาพโดยสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากที่บรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์ทึบ จำนวน 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ

3.1.1 วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสีระบบ CIE L^*a^*b

3.2 การวิเคราะห์ทางด้านเคมี

3.2.1 ปริมาณความชื้น

3.2.2 ปริมาณน้ำอิสระ (วอเตอร์แอคติวิตี้)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3.2.3 คุณค่าทางโภชนาการ ประกอบด้วย พลังงาน และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ Nutrition Labeling (1993) โปรตีน ตามวิธีของ AOAC (2006) เถ้า ความชื้น เส้นใย และปริมาณฟอสฟอรัส ตามวิธีของ AOAC (2000) ปริมาณไขมันทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2016) ปริมาณวิตามินบี 2 ตามวิธีของ Sancho and et al. (1999) แคลเซียม และเหล็ก ตามวิธีของ AOAC (2015)

3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่ผลิตได้ มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบคุณลักษณะด้าน ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ภายหลังการทอดทันที ด้วยวิธี 9-Hedonic Scale Test ผู้ทดสอบชิม คือ นักศึกษาปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จำนวน 25 คน

4. การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ

เก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยสุญญากาศบรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์ทึบเป็นเวลา 1 เดือน และนำมาทดสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) สำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี และวางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Dedign; RCBD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ

สถานที่ทำการทดลอง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผลและการวิจารณ์

ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทอดกล้วยหอมทองด้วยระบบสุญญากาศ

จากการทดลองทอดกล้วยหอมทองด้วยเครื่องทอดสุญญากาศที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ ได้ผลการทดลอง ดังภาพประกอบ 6 กล้วยหอมทองทอดที่ได้มีลักษณะสี และกลิ่นที่ใกล้เคียงกับสีกล้วยหอมที่ไม่ได้ผ่านการทอด โดยมีการหดตัวของขนาดลงเพียงเล็กน้อย และสีของผลิตภัณฑ์มีความใกล้เคียงกัน และเมื่อนำกล้วยหอมทองที่สุกระยะเดียวกันมาทอดในสภาพบรรยากาศปกติ พบว่า กล้วยหอมทองมีลักษณะเหนียว ติดกันเป็นก้อน มีการเปลี่ยนแปลงของสีที่เข้มขึ้น บางส่วนกลายเป็นสีน้ำตาล อีกทั้งยังมีการอมน้ำมันอีกด้วย ดังภาพประกอบ 7

ภาพประกอบ 6 กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ และระยะเวลาต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 7 กล้วยหอมทองทอดที่สภาวะบรรยากาศปกติ

ส่วนในด้านของคุณภาพทางกายภาพของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่แสดงในตาราง 3 พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ของกล้วยทอดที่ทอดด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a*) กล้วยหอมทองที่ทอดด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 8.97±1.23 และกล้วยหอมทองที่ทอดด้วยอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 6.70±1.25 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับการทอดที่อุณหภูมิและเวลาอื่น ๆ ส่วนค่าความเป็นสีเหลือง (b*) พบว่ากล้วยหอมทองที่ทอดด้วยอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที มีค่า 37.80±4.46 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที มีค่าเท่ากับ 38.07±1.82 และกล้วยทอดทองที่ทอดด้วยอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที มีค่าเท่ากับ 39.70±1.31 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกล้วยหอมทองทอดที่ทอดด้วยอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที มีค่าเท่ากับ 32.20±0.36 ดังตาราง 3

ปริมาณความชื้น พบว่ากล้วยหอมทองที่ทอดด้วยอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที มีค่าความชื้นต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 1.54±0.17 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 55 นาที มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.94±0.21 ดังตาราง 4

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ พบว่ากล้วยหอมทองที่ทอดด้วยอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 0.13±0.00 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญ กับอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที และอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.11±0.00 จากตาราง 5 แสดงให้เห็นว่ากล้วยหอมทองที่ทอดที่ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาอื่น ๆ

มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสองสิ่งทดลองมีค่าสูงที่สุด

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากล้วยหอมทองที่ทอดด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิที่ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที มีค่าความชื้นต่ำที่สุด ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่ดี เนื่องจากปริมาณความชื้นเป็นตัวควบคุมไม่ให้เชื้อจุลลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตจนส่งผลต่อเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ของผักและผลไม้ทอดกรอบ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2554 : 2) กำหนดไว้ว่าผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ทอดกรอบ ต้องมีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 6 โดยปริมาณความชื้นที่ได้จากการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.54±0.17 และเชาว์ อินทร์ประสิทธิ์ (2555 : 90) ก็ได้กล่าวไว้ว่าเครื่องทอดภายใต้สุญญากาศ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการลดความชื้นของอาหาร โดยการระเหยน้ำภายใต้สภาวะสุญญากาศและมีน้ำมันเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งเครื่องดังกล่าวสามารถลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ ซึ่งยากต่อการลดความชื้น ซึ่งกล้วยหอมทองที่นำมาทดลองเป็นกล้วยหอมทองสุกเต็มที่ร้อยละ 100 มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลัก สอดคล้องกับผาณิต รุจิรพิสิฐ (2552 : 65 - 68) ที่กล่าวไว้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทอดสุญญากาศ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความชื้นต่ำกว่าการทอดที่ความดันปกติ

เมื่อนำกล้วยหอมทองทอดมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยพิจารณาคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังตาราง 6 พบว่ากล้วยหอมทองที่ทอดด้วยอุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส 50 นาที ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมากที่สุด เท่ากับ 7.48±0.96 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับการทอดที่อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที ซึ่งได้รับคะแนนน้อยที่สุด เท่ากับ 6.40±1.61

ความชอบด้านสี พบว่า การทอดที่อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด เท่ากับ 7.48±1.12 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับการทอดที่อุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที ซึ่งได้รับคะแนนน้อยที่สุด เท่ากับ 6.76±1.13

ความชอบด้านกลิ่น พบว่า การทอดที่อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด เท่ากับ 7.12±1.24 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับการทอดที่อุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที โดยได้รับคะแนนเท่ากับ 6.40±1.19 และการทอดที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที ได้รับคะแนนเท่ากับ 6.40±1.26 ซึ่งได้รับคะแนนน้อยที่สุด

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ความชอบด้านรสชาติ พบว่า การทอดที่อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด เท่ากับ 7.44±1.23 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับการทอดที่อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที ซึ่งได้รับคะแนนน้อยที่สุด เท่ากับ 5.96±1.40

ความชอบลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า การทอดที่อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด เท่ากับ 7.52±1.12 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับการทอดที่อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที ซึ่งได้รับคะแนนน้อยที่สุด เท่ากับ 6.00±1.56

ความชอบโดยรวม พบว่า การทอดที่อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด เท่ากับ 7.56±1.04 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับการทอดที่อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที ซึ่งได้รับคะแนนน้อยที่สุด เท่ากับ 6.16±1.31

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากล้วยหอมทองที่ทอดด้วยอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที เป็นสิ่งทดลองที่ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดในทุก ๆ ด้าน ทั้งนี้เป็นเพราะผลิตภัณฑ์ที่ได้ มีลักษณะของสี กลิ่น และรสชาติใกล้เคียงกับกล้วยหอมทองสดมากที่สุด อีกทั้งยังมีเนื้อสัมผัสที่กรอบพอดี ซึ่งได้รับโดยได้รับคะแนนดังนี้ ลักษณะปรากฏ (7.48±0.96) สี (7.48±1.12) กลิ่น (7.12±1.24) รสชาติ (7.44±1.23) ลักษณะเนื้อสัมผัส (7.52±1.12) และความชอบโดยรวม (7.56±1.04) สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของประกาศ ชมพู่ทอง และคณะ (2562 : 1025) ที่ได้นำผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ทึบ ในสัปดาห์ที่ 0 ไปทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังนี้ ลักษณะปรากฏ (8.12±0.69) สี (7.91±0.78) กลิ่น (7.14±0.75) รสชาติ (8.35±0.56) ลักษณะเนื้อสัมผัส (7.76±0.67) และความชอบโดยรวม (8.21±0.71) ซึ่งหากพิจารณาแล้วพบว่า ผู้ทดสอบชิมสามารถยอมรับในผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ จึงเหมาะแก่การนำผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศไปพัฒนาต่อยอดเพื่อจำหน่ายสู่ท้องตลาดได้

จากการทดสอบ สามารถสรุปได้ว่ากล้วยหอมทองที่ทอดด้วยอุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที ได้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดในทุก ๆ ด้าน จึงเหมาะกับการนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 3 ค่าสีของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ หลังการทอดทันที และการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 เดือน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ค่าสี (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)					
		L^*		a^*		b^*	
		หลังการทอดทันที	หลังการเก็บรักษา 1 เดือน	หลังการทอดทันที	หลังการเก็บรักษา 1 เดือน	หลังการทอดทันที	หลังการเก็บรักษา 1 เดือน
85	45	58.13±3.91	55.73 ± 4.47^{ab}	8.00±1.39^{ab}	8.00 ± 0.30^{ab}	32.20±0.36^{b}	36.53 ± 2.02^{a}
85	50	60.53±7.72	53.17 ± 6.03^{b}	8.37±0.91^{ab}	7.60 ± 1.15^{abc}	37.80±4.46^{a}	31.70 ± 5.71^{ab}
85	55	57.23±5.36	63.90 ± 4.47^{ab}	8.60±0.66^{ab}	6.10 ± 0.46^{bc}	35.93±2.43^{ab}	31.33 ± 5.85^{ab}
90	45	61.70±3.76	65.13 ± 5.13^{a}	8.07±1.00^{ab}	6.03 ± 1.77^{bc}	37.40±1.68^{ab}	32.83 ± 4.24^{ab}
90	50	59.73±6.85	66.03 ± 3.46^{a}	8.97±1.23^{a}	7.17 ± 1.88^{abc}	36.57±4.78^{ab}	34.17 ± 4.02^{ab}
90	55	61.53±2.50	58.80 ± 4.71^{ab}	8.03±0.61^{ab}	7.93 ± 1.15^{ab}	38.07±1.82^{a}	34.57 ± 2.39^{ab}
95	45	62.20±0.95	65.87 ± 11.32^{a}	7.63±0.06^{ab}	5.40 ± 1.31^{c}	37.17±1.76^{ab}	28.50 ± 0.70^{b}
95	50	60.47±3.99	62.37 ± 3.40^{ab}	8.60±0.95^{ab}	7.40 ± 1.14^{abc}	39.70±1.31^{a}	36.17 ± 2.29^{a}
95	55	65.03±8.18	64.77 ± 4.46^{a}	6.70±1.25^{b}	8.47 ± 0.83^{a}	35.20±2.95^{ab}	36.40 ± 2.84^{a}

หมายเหตุ : อักษร a-c ในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง 4 ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ หลังการทอดทันที และการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 เดือน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความชื้น (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	
		หลังการทอดทันที	หลังการเก็บรักษา 1 เดือน
85	45	1.59 ± 0.20^{acb}	1.26 ± 0.32^{c}
85	50	1.54 ± 0.17^{c}	1.71 ± 0.13^{ab}
85	55	1.94 ± 0.21^{a}	1.81 ± 0.22^{ab}
90	45	1.86 ± 0.19^{acb}	1.77 ± 0.17^{ab}
90	50	1.69 ± 0.17^{acb}	1.43 ± 0.16^{bc}
90	55	1.70 ± 0.12^{acb}	1.42 ± 0.28^{bc}
95	45	1.91 ± 0.19^{ab}	1.96 ± 0.10^{a}
95	50	1.56 ± 0.13^{bc}	1.10 ± 0.26^{c}
95	55	1.82 ± 0.26^{acb}	1.97 ± 0.08^{a}

หมายเหตุ : อักษร a-c ในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 5 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ หลังการทอดทันที และการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 เดือน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	
		หลังการทอดทันที	หลังการเก็บรักษา 1 เดือน
85	45	0.12 ± 0.00^{c}	0.25 ± 0.00^{d}
85	50	0.12 ± 0.00^{c}	0.22 ± 0.01^{fg}
85	55	0.12 ± 0.00^{bc}	0.21 ± 0.00^{g}
90	45	0.11 ± 0.00^{c}	0.23 ± 0.01^{efg}
90	50	0.12 ± 0.00^{c}	0.23 ± 0.01^{ef}
90	55	0.12 ± 0.00^{bc}	0.24 ± 0.00^{de}
95	45	0.12 ± 0.01^{ab}	0.27 ± 0.01^{c}
95	50	0.13 ± 0.00^{a}	0.29 ± 0.02^{b}
95	55	0.11 ± 0.00^{c}	0.33 ± 0.00^{a}

หมายเหตุ : อักษร a-g ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรแตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 6 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)					
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
85	45	6.80±1.08^{bc}	6.88±1.01^{bc}	6.80±1.23^{ab}	7.12±1.20^{ab}	6.80±1.47^{b}	6.84±0.99^{b}
85	50	6.84±1.41^{bc}	6.96±1.17^{abc}	6.72±1.28^{ab}	6.88±1.20^{ab}	7.04±1.14^{ab}	7.08±1.04^{b}
85	55	7.00±1.12^{ab}	7.08±1.26^{abc}	6.76±1.33^{ab}	6.64±1.32^{b}	6.72±1.31^{b}	7.00±1.26^{b}
90	45	7.00±1.23^{ab}	7.04±1.06^{abc}	6.40±1.19^{b}	6.96±1.02^{ab}	6.84±1.46^{b}	6.92±1.08^{b}
90	50	6.92±1.44^{bc}	7.00±1.32^{abc}	6.84±1.18^{ab}	6.84±1.38^{ab}	6.76±1.23^{b}	7.08±1.38^{b}
90	55	6.68±1.11^{bc}	6.76±1.13^{c}	6.72±1.40^{ab}	6.88±1.45^{ab}	6.48±1.69^{bc}	6.80±1.26^{b}
95	45	7.16±1.07^{ab}	7.44±0.92^{ab}	6.68±1.22^{ab}	6.96±1.57^{ab}	6.92±1.50^{ab}	7.04±1.06^{b}
95	50	7.48±0.96^{a}	7.48±1.12^{a}	7.12±1.24^{a}	7.44±1.23^{a}	7.52±1.12^{a}	7.56±1.04^{a}
95	55	6.40±1.61^{c}	6.16±1.70^{d}	6.40±1.26^{b}	5.96±1.40^{c}	6.00±1.56^{c}	6.16±1.31^{c}

หมายเหตุ : อักษร a-c ในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เมื่อนำผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ ที่ทอดด้วยอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที มาทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากเป็นสิ่งทดลองที่ได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด อีกทั้งยังมีค่าความชื้น และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่ต่ำมาก พบว่ากล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศเป็นผลิตภัณฑ์ที่อุดมไปด้วยพลังงาน แร่ธาตุ และวิตามินต่าง ๆ ได้ผลดังตาราง 7

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศมีปริมาณ แร่ธาตุ วิตามินต่าง ๆ และให้พลังงานที่สูง สอดคล้องกับการศึกษาการทอดผักผลไม้แบบสุญญากาศ ของดา ซิลวา และมอร์เรรา (Da Silva and Moreira. 2008 : 1564 - 1566) ที่กล่าวว่า มันเทศและถั่วแขกที่ผ่านการทอดแบบสุญญากาศจะมีปริมาณน้ำมันน้อยกว่าทอดแบบสภาวะปกติร้อยละ 24 และ 16 ตามลำดับ และปริมาณสารแอนโธไซยานินในมันฝรั่งที่ผ่านการทอดแบบสุญญากาศ มีปริมาณสูงกว่าทอดในสภาวะปกติร้อยละ 60 และปริมาณแคโรทีนอยด์ในผลิตภัณฑ์ถั่วแขก และมันเทศที่ผ่านการทอดแบบสุญญากาศมีปริมาณสูงกว่าทอดในสภาวะปกติร้อยละ 18 และ 51 ตามลำดับ จากการทดลองดังกล่าวทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่มีคุณภาพสูงทั้งทางด้านโภชนาการและลักษณะทางประสาทสัมผัส และเมื่อนำผลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการที่ระบุอยู่บนฉลากสินค้าของผลิตภัณฑ์สินค้าบนท้องตลาด พบว่าผลของคุณค่าทางโภชนาการของงานวิจัย มีความใกล้เคียง หรือสูงกว่าผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดทั่วไป ดังตาราง 8

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 7 ผลของการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอมทองทอดโดยระบบสุญญากาศ หลังการเก็บรักษา 1 เดือน

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	วิธีการทดสอบ
แคลอรี่ (Calories)	460	kcal/100g	Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993)
คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)	64.63	g/100g	Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993)
โปรตีน (Protein)	2.66	g/100g	In house method base on AOAC 991.20 (2006)
เถ้า (Ash)	2.54	g/100g	In house method base on AOAC 923.03 (2000)
ความชื้น (Moisture)	0.77	g/100g	In house method base on AOAC 935.29 (2000)
ปริมาณไขมันทั้งหมด (Total Fat)	21.46	g/100g	In house method base on AOAC 2003.5 (2016)
เส้นใย (Dietary Fiber)	7.94	g/100g	In house method base on AOAC 985.29 (2000)
ปริมาณฟอสฟอรัส (Phosphorus)	0.04	g/100g	In house method base on AOAC 965.17 (2000)
ปริมาณวิตามินบี 2 (Vitamin B2)	Not Detected	g/100g	In house method base on Sancho and et al. (1999)
แคลเซียม (Calcium : Ca)	14.39	mg/100g	In house method base on AOAC 2015.01 (2015)
เหล็ก (Iron : Fe)	2.64	mg/100g	In house method base on AOAC 2015.01 (2015)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 8 เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ กับผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศในท้องตลาด

คุณค่าทางโภชนาการ	ผลการทดสอบ		
	งานวิจัย	ตลาด 1	ตลาด 2
แคลอรี่	460	330	460
คาร์โบไฮเดรต	64.63	36	66
โปรตีน	2.66	2	3
ปริมาณไขมันทั้งหมด	21.46	12	25.5
เส้นใย	7.94	2	6

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศหลังเก็บรักษา

เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ เป็นเวลา 1 เดือน พบว่าค่าสี มีค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง มีความเปลี่ยนแปลงของสีเพียงเล็กน้อย ซึ่งหากมองด้วยตาเปล่าอาจมองไม่เห็นถึงการเปลี่ยนแปลง ดังตาราง 3

ค่าความชื้น ในแต่ละสิ่งทดลองมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยมีเพียง 2 สิ่งทดลองเท่านั้น ที่มีค่าความชื้นเพิ่มขึ้น คือ การทอดที่อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส 45 นาที มีค่าความชื้นหลังการทอดทันที ร้อยละ 1.91±0.19 เมื่อเก็บรักษาไว้ 1 เดือน พบว่ามีค่าความชื้นเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.96±0.10 และการทอดที่อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที มีค่าความชื้นหลังการทอดทันที ร้อยละ 1.82±0.26 เมื่อเก็บรักษาไว้ 1เดือน พบว่ามีค่าความชื้นเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.97±0.08 ดังตาราง 4

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ มีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในทุก ๆ สิ่งทดลอง ซึ่งการทอดที่อุณหภูมิที่ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ หลังการทอดทันที เท่ากับ 0.12±0.00 และเมื่อเก็บรักษาไว้ 1 เดือน พบว่า มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เท่ากับ 0.21±0.00 ซึ่งเป็นสิ่งทดลองที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และทอดที่อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ หลังการทอดทันที เท่ากับ 0.11±0.00 และเมื่อเก็บรักษาไว้ 1เดือน พบว่ามีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เท่ากับ 0.33±0.00 ซึ่งเป็นสิ่งทดลองที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เพิ่มขึ้นสูงที่สุด ดังตาราง 5 แต่ถึงอย่างไรก็ตาม ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่เพิ่มขึ้นมานั้น ไม่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความเสียหาย รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต และไพศาล วุฒิจำนงค์ (2545 : 125) กล่าวว่า ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีผลโดยตรง

ต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ เราสามารถใช้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ในการประเมินว่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดใดเป็นหรือไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสีย ตลอดจนใช้ในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ เพราะเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ภายใต้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่จำกัด โดยเราจะทำให้อาหารมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำกว่าที่เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ ตัวอย่าง เช่น แบคทีเรียเกือบทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ต่ำกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ต่ำกว่า 0.7

ประกาศ ชมพู่ทอง และคณะ (2562 : 1023 - 1024) กล่าวว่าค่า TBA ของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่เก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ทึบ สัปดาห์ที่ 0 (0.68±0.30) และสัปดาห์ที่ 8 (2.83±0.19) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งค่า TBA เป็นดัชนีบ่งบอกถึงกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบอันเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ได้ผ่านกระบวนการทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิสูง ทำให้มีน้ำมันแทรกอยู่ภายใน ซึ่งการเก็บรักษาโดยการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ก๊าซออกซิเจน และป้องกันแสงผ่านได้ดี ทำให้สามารถช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ และเนื่องจากค่า TBA มีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้น กล่าวคือ เมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน (ขวัญใจ แซ่ลิ้ม. 2552 : 3)

จากผลการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ ที่ทอดด้วยอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที เป็นสิ่งทดลองที่ได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดในทุก ๆ ด้าน โดยมีความชื้น เท่ากับ 1.56±0.13 และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เท่ากับ 0.13±0.00 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ต่ำมาก เหมาะสมแก่การนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ อีกทั้งยังสอดคล้องกับณัฏชา เปี่ยมคล้า และเชาว์ อินทร์ประสิทธิ์ (2546 : 607 - 615), ชญาณี เล้าสุขสุวรรณ (2549 : 56) และกุลธนันท์ ตะวงศ์ (2543 : 4) ที่กล่าวไว้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทอดสุญญากาศเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ไม่เกิน 0.3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้น และปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่ต่ำ เชาว์ อินทร์ประสิทธิ์ (2555 : 61) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารที่ผ่านการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศโดยบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ได้นานกว่า 6 เดือน นอกจากนี้ในการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศใช้อุณหภูมิในการทอดที่คงที่และไม่สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่จากการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศมีความกรอบ สีเหมือนวัตถุดิบ รสชาติ และกลิ่นของอาหารใกล้เคียงธรรมชาติ

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สภาวะการทอดกล้วยหอมทองด้วยระบบสุญญากาศที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ คือ การทอดกล้วยหอมทองด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการทอด 50 นาที เนื่องจากได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสดีที่สุดทั้งในด้านของลักษณะปรากฏสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้หลังการทอดทันที เท่ากับ 0.13±0.00 และค่าความชื้นร้อยละ 1.56±0.13 และเมื่อเก็บรักษาไว้ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ทึบเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เพิ่มขึ้นเป็น 0.29±0.02 และมีค่าความชื้น ร้อยละ 1.10±0.26 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ต่ำ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะเก็บรักษาต่อไปได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานขององค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (FDA) ที่กล่าวว่าการเสื่อมเสียของอาหาร โดยส่วนใหญ่เกิดจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด และส่วนประกอบที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน และเนื่องจากค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร ดังนั้นวิธีการควบคุมค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ จึงเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยควบคุมให้อาหารมีระดับค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำกว่าค่าที่เชื้อจุลินทรีย์ชนิดนั้น ๆ จะเจริญเติบโตได้ นอกจากนี้ในการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศใช้อุณหภูมิในการทอดที่คงที่และไม่สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศมีความกรอบ สีเหมือนวัตถุดิบ รสชาติ และกลิ่นของอาหารใกล้เคียงธรรมชาติ อีกทั้งยังอุดมไปด้วยพลังงาน วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ และหากนำคุณค่าทางโภชนาการที่ได้จากการวิจัยไปเปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิจัย มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ดังนั้นจึงสามารถสรุปว่าผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการทอด 50 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการทอดและ สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในเชิงธุรกิจต่อไปได้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำไปต่อยอดพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ที่เหมาะสมกับทุกเพศ ทุกวัย เช่น นำไปแต่งกลิ่น หรือปรับเปลี่ยนรสชาติ

2. ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ กัน หรือใช้สภาวะเร่งในการทดสอบอายุการเก็บรักษา เพื่อให้ได้ข้อมูลการอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรเทพ ดิเรกโภค และจรรยา โคตรภูธร. (2554). **การศึกษาสภาวะทอดสุญญากาศที่เหมาะสมสำหรับกล้วยน้ำว้า**. โครงงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ขอนแก่น : ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กล้าณรงค์ ศรีรอด. (2542). **เอกสารการสอนเทคโนโลยีของแป้ง**. นนทบุรี : ภาควิชา เทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

กองบรรณาธิการ HONESTDOCS. (2563). **กล้วยหอมทอง**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://www.honestdocs.co/banana-types-and-benefits. 4 กรกฎาคม 2563.

กุลธนันท์ ตะวงศ์. (2543). **การออกแบบเครื่องทอดภายใต้สุญญากาศ**. โครงงานวิศวกรรมการอาหาร. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ขวัญใจ แซ่ลิ้ม. (2552). **ผลของกระบวนการแปรรูปต่อสมบัติการต้านออกซิเดชันของสะตอ**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร). สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จริญญา จิโรจน์กุล. (2541). **การถ่ายเทความร้อนและมวลของการทอดในเครื่องทอดสุญญากาศ**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอาหาร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ชญาณี เล้าสุขสุวรรณ. (2549). **การดูดซึมน้ำมันของกล้วยทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ**. โครงงานวิศวกรรมการอาหาร. นครปฐม : ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์ และคณะ. (2551). “ออกแบบพัฒนาเครื่องทอดสุญญากาศ,” **ว. วิทย์. กษ.** 39 (3) : 357 - 360.

เชาว์ อินทร์ประสิทธิ์. (2555). **การทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ**. โครงงานวิศวกรรมการอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร. นครปฐม : คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ณัฏชา เปี่ยมคล้า และเชาว์ อินทร์ประสิทธิ์. (2546). **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทอดทุเรียนสุกด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ**. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่ง ประเทศไทย ครั้งที่ 4 ระหว่างวันที่ 13 - 14 มีนาคม 2546 ณ เคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. หน้า 607 - 615.

ณัฐพร ชูดา และธีรภาพ โรจน์วัชราบาล. (2545). **Vacuum Frying of Fruits and Vegetables**. โครงงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สงขลา : สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ดารณี คล้ายเครือ. (2550). **การศึกษาวิธีการลดปริมาณน้ำมันดูดซับของผลิตภัณฑ์อาหารหลังการทอด**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีอาหาร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ถาวร อริยภูชัย. (2550). **แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกล้วยที่ผ่านการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเคมี). สงขลา : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธิวาริ โอภิธากร. (2547). **การดูดซึมน้ำมันในการทอดผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลาภายใต้สภาวะสุญญากาศ**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเคมี). สงขลา : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นันทวัน เทิดไทย, ไพศาล วุฒิจำนงค์, อนุวัตร แจ้งชัด และฉัตรลดา กู้สุจริต. (2550). "Optimization of Vacuum Frying Condition for Shallot," **วารสารวิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. 41 (5) : 338 - 342.

นิธิยา รันตนปนนท์ และไพโรจน์ วิริยจารี. (2547). **เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร**. เชียงใหม่ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิธิยา รันตนาปนนท์. (2545). **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

บริษัท แอมวิช ยูนิเทค จำกัด. (2563). **คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอม**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : www.amwishunitech.com/news-detail.php?id=671&category=2. 12 เมษายน 2563

เบญจมาศ ศิลาย้อย. (2545). **กล้วย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประกาศ ชมพู่ทอง และคณะ. (2562). **การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองด้วยระบบสุญญากาศ**. วารสารการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 6 ประจำปี พ.ศ.2562. หน้า 1016 - 1025.

ปิยะทิพย์ สัมพันธ์ประทีป. (2550). **ผลของการเตรียมการก่อนการทอด และระดับความสุกต่อคุณภาพกล้วยหอมทองแว่นทอดภายใต้สุญญากาศ**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอาหาร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผาณิต รุจิรพิสิฐ. (2552). “ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อคุณภาพของรากบัวทอดสุญญากาศ,” **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยพระจอมกล้าธนบุรี**. 40 (3 พิเศษ) : 65 - 68.

พิชามญชุ์ ทิพย์เมืองพรหม และฤทธิชัย อัศวราชันย์. (2561). **สภาวะที่เหมาะสมในการทอดสุญญากาศของกล้วยน้ำว้าแผ่น**. วารสารการประชุมทางวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย ครั้งที่ 7. หน้า 1317 - 1325.

รักษ์ พฤกษชาติ. (2553). **กล้วยพืชเศรษฐกิจทำเงิน**. กรุงเทพฯ : นีออน บุ๊ค มีเดีย.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต และไพศาล วุฒิจำนงค์. (2545). **การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร**. เอกสารประกอบการสัมมนา-อบรมวิชาการด้านอุตสาหกรรมอาหาร อ้างจาก วารสารจาร์พา ปีที่ 9 ฉบับที่ 68 เดือนกันยายน/ตุลาคม 2545.

วิจิตร ครูปัญญามาตย์. (2537). **การศึกษาสภาวะที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ผักทอดกรอบด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอาหาร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

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

สหกรณ์การเกษตรท่ายาง. (2560). **กล้วยหอมทอง**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://www.technologychaoban.com/what-news/article_28497. 8 กรกฎาคม 2563.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2554). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผักและผลไม้ทอดกรอบ**. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2563). **กล้วยหอมทอง**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://www.oae.go.th/view/1/siteunderconstruction/TH-TH. 8 กรกฎาคม 2563.

Da Silva, P.C., and R.G. Morei. (2008). “Vacuum Frying of High-quality Fruit and Vegetable-based Snacks,” **Lebensmittel Wissenschaft and Technology - food Science and Technology**. 41 (10) : 1558 - 1567.

Garayo, J. and Moreira, R.G. (2002). “Vacuum Frying of Potato Chips,” **J. Food Eng**. 55 (2) : 181 - 191.

Kawas, M.L. and Moreira, R.G. (2001). “Characterization of Product Quality Attributes of Tortilla Chips During the Frying Process,” **J. Food Eng**. 47 (2) : 97 - 107.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Krokida M.K., Oreopoulou V. and Maroulis, Z.B. (2000 a). "Effect of Frying Conditions on Shrinkage and Porosity of Fried Potatoes," **Journal Food Eng**. 43 (3) : 147 - 154.

_____. (2000 b). "Water Loss and Oil Uptake as a Function of Frying Time," **Journal of Food Engineering**. 44 (1) : 39 - 46.

Mariscal, M., and P. Bouchon. (2008). "Comparison between Atmospheric and Vacuum Frying of Apple Slices," **Food Chemistry**. 107 (4) : 1561 - 1569.

Moreira R.G., Sun, X., and Chen, Y. (1997). "Factors Affecting Oil Uptake in Tortilla Chips in Deep - Fat Frying," **J Food Eng**. 31 (4) : 485 - 498.

Troncoso, E., F. Pedreschi, and R.N. Zuniga. (2009). "Comparative Study of Physical and Sensory Properties of Pre-treated Potato Slices During Vacuum and Atmospheric Frying," **Lebensmittel Wissenschaft and Technologies - Food Science and Technology**. 42 (1) : 187 - 195.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาคผนวก ก

ภาพการทดลอง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพภาคผนวก 1 กล้วยหอมทองสุกระดับที่ 6 (สีเหลืองทั้งผล สุกร้อยละ 100)

ภาพภาคผนวก 2 หั่นกล้วยหอมทองความหนาประมาณ 4 มิลลิเมตร แช่ลงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพภาคผนวก 3 นำกล้วยหอมทองขึ้นจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ผึ่งไว้ให้สะเด็ดน้ำ

ภาพภาคผนวก 4 เทกล้วยหอมทองลงในเครื่องทอดสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยรามภัทรพรรณี

ภาพภาคผนวก 5 ขณะทอดอยู่ในเครื่องทอดสุญญากาศ

ภาพภาคผนวก 6 นำกล้วยหอมทองที่ทอดเสร็จแล้ว ออกมาใส่ในถาดที่รองด้วยกระดาษซับน้ำมัน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยรามภัทรพรรณี

(ก)

(ข)

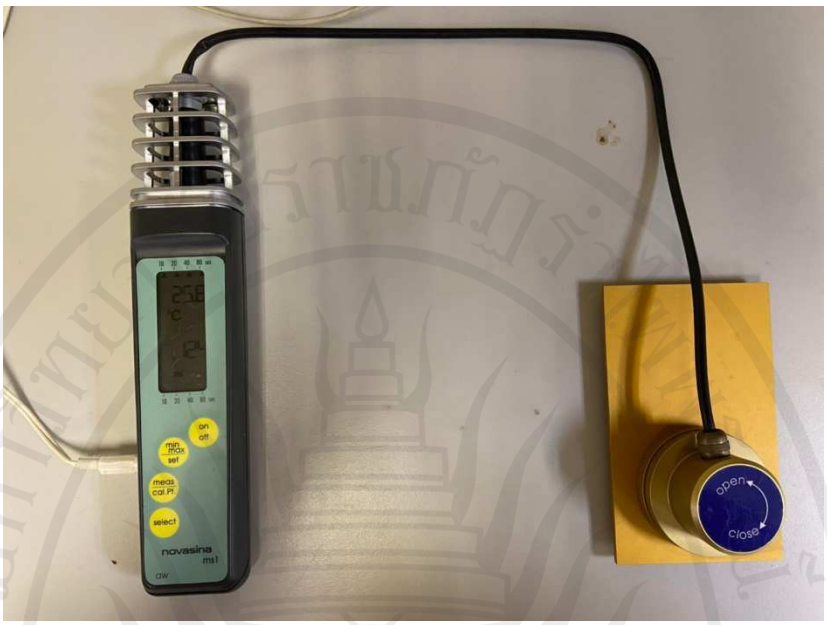
(ค)

(ง)

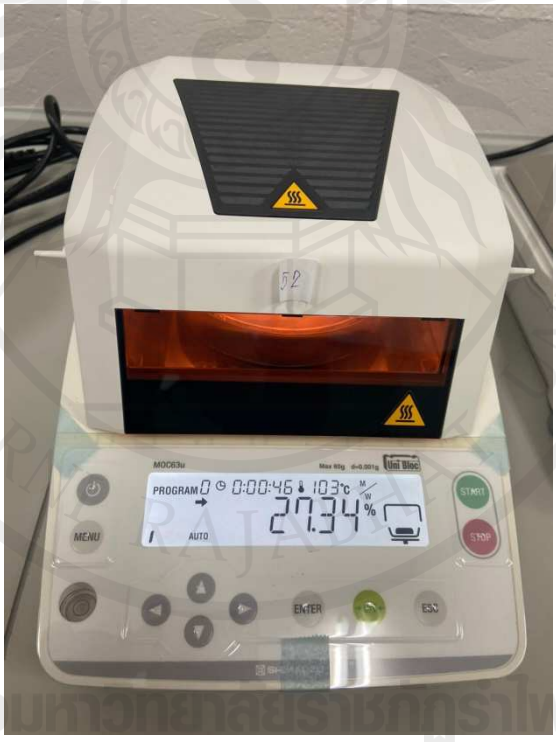
(จ)

ภาพภาคผนวก 7 เครื่องทอดสุญญากาศ (ก) ชุดเครื่องทอดทั้งหมด (ข) ส่วนของหม้อทอด (ค) ลักษณะภายในของหม้อทอด ที่มีท่อนำเข้าน้ำมัน (ง) ลักษณะของหม้อพักน้ำมัน (จ) กล่องควบคุม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพภาคผนวก 8 เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity, a_w) ยี่ห้อ NOVASINA รุ่น ms1



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพภาคผนวก 9 เครื่องวัดปริมาณความชื้น (Moisture Analyzer) ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น MOC63u

ภาพภาคผนวก 10 เครื่องวัดค่าสี ระบบ L* a* b* ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CR-20

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์……..…… วันที่……..

ชื่อ……

คำแนะนำ กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์และให้ระดับคะแนนความชอบตามระดับคะแนนที่ได้กำหนดไว้

การให้คะแนน

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

รหัสตัวอย่าง	……	……	……	……	……
ลักษณะปรากฏ	……	……	……	……	……
สี	……	……	……	……	……
กลิ่น	……	……	……	……	……
รสชาติ	……	……	……	……	……
ลักษณะเนื้อสัมผัส	……	……	……	……	……
ความชอบรวม	……	……	……	……	……

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาคผนวก ค

ผลการตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมสินค้าเกษตรและอาหารภาคตะวันออก
The Eastern Agricultural and Food Products Research and Innovation Development Center

รายงานผลการตรวจวิเคราะห์

รายงานเลขที่	RLB 64TH / 0017	**วันที่ออกรายงาน**	11/05/64
ชื่อลูกค้า	คุณชยุดา นามประดิษฐ์	**เลขที่ใบขอรับบริการ**	AD640017
ชื่อตัวอย่าง	กล้วยหอมทองทอด		
หมายเลขตัวอย่าง	LB –N640013	**วันที่รับตัวอย่าง**	02/04/64
รายละเอียดตัวอย่าง	เป็นของแข็ง ชิ้นกลม สีเหลือง	**วันที่ทำการทดสอบ**	20/04/64

ผลการตรวจวิเคราะห์

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	วิธีทดสอบอ้างอิง
1. แคลอรี่ (Calories)	460	kcal/100g	Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) : 106
2. คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)	64.63	g/100g	Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) : 106
3. โปรตีน (Protein)	2.66	g/100g	In house method base on AOAC 991.20 (2006)
4. เถ้า (Ash)	2.54	g/100g	In house method base on AOAC 923.03 (2000)
5. ความชื้น (Moisture)	0.77	g/100g	In house method base on AOAC 935.29 (2000)
6. ปริมาณไขมันทั้งหมด (Total Fat)	21.46	g/100g	In house method base on AOAC 2003.05 (2016)
7. เส้นใย (Dietary Fiber)	7.94	g/100g	In house method base on AOAC 985.29 (2000)
8. ปริมาณฟอสฟอรัส (phosphorus)	0.04	g/100g	In house method base on AOAC 965.17 (2000)
9. ปริมาณวิตามินบี2 (vitamin B2)	not detected	g/100g	In house method base on Sancho et al., (1999)
10. แคลเซียม (Calcium : Ca)	14.39	mg/100g	In house method base on AOAC 2015.01 (2015)
11. เหล็ก (Iron : Fe)	2.64	mg/100g	In house method base on AOAC 2015.01 (2015)

หมายเหตุ

ปริมาณวิตามินบี1 (vitamin B1) ไม่สามารถทดสอบได้ เนื่องจาก standard วิตามินที่มีอยู่ไม่สามารถตรวจวัดได้

นางสาวสุรีวัลย์ เปรมปรี
ผู้ออกใบรายงาน
11 / 05 / 64

ผู้ช่วยศาสตราจารย์กุลพร พุทธมี
หัวหน้าห้องปฏิบัติการ
11 / 05 / 64

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ประวัติย่อผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล	นางสาวชยุดา นามประดิษฐ์
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2536
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	4/2 หมู่7 ถนนญาณวิโรจน์ ตำบลคมบาง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2547	ประถมศึกษาชั้นปีที่ 6 โรงเรียนสฤษดิเดช ตำบลวัดใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี
พ.ศ. 2553	มัธยมศึกษาตอนต้น และตอนปลาย โรงเรียนศรียานุสรณ์ ตำบลวัดใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี
พ.ศ. 2557	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2564	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี