รายงานการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองเพื่อเพิ่มมูลค่า

The Product Development of Homthong Banana (*Musa acuminata* (AAA group) 'Gross Michel') for value added products

กรณีศึกษา : การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบแบบสุญญากาศ

The Product Development of Homthong Banana Crisps Vacuum Flying

ประกาศ ชมภู่ทอง

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ประจำปีงบประมาณ 2561

งานวิจัยฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการผลิตกล้วยหอมทองทอดแบบสุญญากาศเพื่อหาระยะการสุกของกล้วยหอมทองที่เหมาะสม และศึกษาอุณหภูมิและเวลาของการทอดแบบสุญญากาศสำหรับการผลิตกล้วยหอมทองทอด จากการทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส พบว่ากล้วยหอมทองที่สุกในระยะที่ 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ในด้านลักษณะที่ปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแต่แตกต่างกันในด้านค่าสี ส่วนคุณภาพด้านกายภาพและเคมีหลังการทอด พบว่า มีความแตกต่างกันในด้านค่าสี และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ($p\leq0.05$) ส่วนสภาวะการทอดแบบสุญญากาศจากการทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส พบว่า การทอดที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ผู้ทดสอบให้การยอมรับคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี ความแข็งกรอบ และความชอบโดยรวม ($p\leq0.05$) ส่วนด้านรสชาติไม่แตกต่างกัน ส่วนคุณภาพด้านกายภาพและเคมี พบว่าค่า L* มีแนวโน้มลดลง ส่วน ค่า a* และ b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) มีค่าความแข็งกรอบที่ 3.15 นิวตัน และปริมาณความชื้นที่ร้อยละ 1.66 จากการศึกษาการปรุงรสกล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยผงปรุงรส รสบาร์บีคิว รสปาปริก้า และรสซีส เปรียบเทียบกับกล้วยหอมทอดกรอบที่ไม่ได้ปรุงรสจากการทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับกล้วยหอมทองทอดชนิดที่ไม่ผ่านการปรุงรสมากกว่ากล้วยหอมทองทอดที่ปรุงรส ($p\leq0.05$) เนื่องจากกล้วยหอมทองทอดชนิดที่ไม่ผ่านการปรุงรสจะมีกลิ่นและรสชาติหวานเฉพาะตัวของกล้วย ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ดีของกล้วยหอมทองทอด ส่วนการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดแบบสุญญากาศที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ ถุงกระดาษคราฟท์ และถุงโพลีโพรพิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ได้รับการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในทุกด้านมากที่สุด ($p\leq0.05$) เมื่อเทียบกับที่บรรจุในถุงกระดาษคราฟท์ และถุงโพลีโพรพิลีน เมื่ออายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น ค่า L* มีแนวโน้มลดลง ($p\leq0.05$) ส่วนค่า a* b* ค่าความแข็งกรอบและปริมาณความชื้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์จะมีความสามารถในการดูดความชื้นกลับคืนได้ดี ส่วนปริมาณไขมันอยู่ที่ร้อยละ 37 และกรดไทโอบาร์บิทูริก (TBA) อยู่ที่ 0.68 มิลลิกรัมของมาโลแนลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ส่วนคุณภาพด้านเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.1038/2554)

คำสำคัญ : กล้วยหอมทอง สภาวะการทอด การทอดสุญญากาศ

Abstract

This research aims to study the develop the recipe and process of banana crisps vacuum flying condition by the ripe banana on 3 and 4 state and study temperature and time in vacuum fried process of Hom thong banana crisps. The panelists recognized the feature ripe banana on state 3 and 4 results revealed that there was no statistical difference among sensory attributes ($p>0.05$) but different in color ($p\leq0.05$). The banana vacuum fried to parameter of physical and chemical quality of color value and soluble solids ($p\leq0.05$). The result showed that vacuum frying condition at 105 °C for 20 min significantly affected on sensory evaluation with appearance, color, texture and overall liking ($p\leq0.05$). The flying at temperature and time increase affected to parameter L* of banana crisps tended to decrease in lightness ($p\leq0.05$) and increase in redness (a*) and yellowness (b*) ($p\leq0.05$) hardness at 3.15 N and moisture content at 1.66 %. The study of Hom thong banana fried flavoring with seasoning powder of barbecue, paprika and cheese flavor, compared with crispy fried Hom thong banana, which is not seasoned from sensory quality test. It was found that the testers accepted the fried Hom thong bananas that were not seasoned more than the fried Hom thong bananas ($p\leq0.05$) because the fried Hom thong bananas that were not seasoned had a unique flavor and sweet taste. The Hom thong bananas of a good feature. The study banana crisp according to shelf-life study packaging in aluminum foil, kraft paper and polypropylene bag at ambient temperature. The result showed that which was kept in aluminum foil bag we found that panelists recognized the feature gave the highest liking scores. Longer storage resulted affect to parameter L* of banana crisps tended to decrease white ($p\leq0.05$) but a*, b*, hardness and moisture content tended to increase ($p\leq0.05$) fat 37% and Thiobarbituric acid (TBA) 0.68 mg however; the microbiological quality on the Thai community product standard (1038/2554).

Key words : Hom thong banana, Flying condition, vacuum flying

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้ เป็นการศึกษาถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองเพื่อเพิ่มมูลค่า (The Product Development of Homthong Banana (*Musa acuminata* (AAA group) 'Gross Michel') for value added products) กรณีศึกษา : การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ (The Product Development of Homthong Banana Crisps Vacuum Flying) โดยใช้กล้วยหอมทองที่มีคุณภาพไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานการส่งออก ซึ่งมีราคาถูก ซึ่งนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกล้วยหอมทอง โดยผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาสินค้าให้กับชุมชนท้องถิ่นของจังหวัดเพชรบุรี

งานการวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินปี พ.ศ. 2561 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี โดยการพิจารณาของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่และนักศึกษาของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ทุกท่านที่ได้ช่วยให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ตลอดจนผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล ผู้ทดสอบทดสอบผลิตภัณฑ์ตลอดช่วงของการวิจัย ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ประกาศ ชมภู่ทอง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาของโครงการ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
คำนิยามศัพท์เฉพาะ	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
ประโยชน์ของการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
แนวความคิดทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
ความรู้ทั่วไปของกล้วยหอมทอง	6
องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยหอมทอง	7
ขนมขบเคี้ยว	9
กระบวนการทอดอาหาร	11
การควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล	19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	
วัสดุ อุปกรณ์	26
แบบแผนการดำเนินงานวิจัย	27
การวิเคราะห์ข้อมูล	32
เครื่องมือในการวิจัย	33
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปราย	
ผลการทดลอง	34
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	
สรุปผลการทดลอง	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก	67
ก. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผักและผลไม้ทอดกรอบ (มผช.1038/2554)	68
ข. แบบประเมินทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส	72
(1) ศึกษาระยะการสุกของกล้วยหอมทองที่เหมาะสมต่อการทอดสุญญากาศ	72
(2) ศึกษาสภาวะการทอดที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ	73
(3) ศึกษาการปรุงแต่งรสชาติของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ	74
(4) ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ	75
ค. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	76
ง. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	77
จ. การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์	81
ฉ. กรรมวิธีการผลิตกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ	84

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยหอมทองต่อน้ำหนักสดผลสุก 100 กรัม	8
4.1	คุณภาพด้านกายภาพของกล้วยหอมทองที่ระยะการสุกต่าง ๆ	34
4.2	คุณภาพด้านกายภาพของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่ระยะการสุกต่าง ๆ	35
4.3	คุณภาพด้านเคมีของกล้วยหอมทองที่ระยะการสุกต่าง ๆ	36
4.4	ปริมาณความชื้นของกล้วยหอมทองที่มีคุณลักษณะไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่ระยะการสุก 3 – 4 (ต่อน้ำหนักกล้วย 100 กรัม)	36
4.5	คุณภาพด้านเคมีของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่ระยะการสุกต่าง ๆ	36
4.6	ปริมาณความชื้นของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่ระยะการสุกต่าง ๆ	37
4.7	การทดสอบทางประสาทสัมผัสระยะการสุกของกล้วยหอมทองการทอดด้วยระบบสุญญากาศ	37
4.8	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ	39
4.9	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิและระยะเวลาการทอดต่าง ๆ	40
4.10	คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่ระดับอุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ	41
4.11	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศปรุงรสบาร์บีคิว	42
4.12	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศปรุงรสปาปริก้า	43
4.13	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศปรุงรสชีส	43
4.14	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์	45
4.15	คุณภาพทางเคมีของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.16	ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์	48
4.17	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์	50
4.18	คุณภาพด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์	52

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวความคิดในการวิจัย	4
2.1	ชนิดของกระบวนการทอด (ก) Contact frying (ข) Deep-fat frying	13
2.2	เครื่องทอดสุญญากาศ	17
3.1	ระยะการสุกของกล้วยหอมทอง	27
3.2	กระบวนการผลิตกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ	29
4.1	กราฟแสดงค่าสี (ก) ค่าสี L* (ข) ค่าสี a* และ (ค) ค่าสี b* ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์	46
4.2	กราฟแสดงค่าความแข็งกรอบที่เก็บรักษาเก็บเป็นเวลา 8 สัปดาห์	47
4.3	กราฟแสดงปริมาณความชื้นที่เก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์	48
4.4	กราฟแสดงค่า TBA ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่เก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์	49

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

สถานการณ์ของตลาดขนมขบเคี้ยวในประเทศไทยนั้น พบว่า มูลค่าตลาดของขนมขบเคี้ยวก็มีอัตราการเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี โดยเฉลี่ยเติบโตร้อยละ 9.5 ซึ่งพบว่า การเติบโตของตลาดขนมขบเคี้ยวในระยะหลัง ๆ เกิดจากการเข้ามาของขนมขบเคี้ยวทางเลือกใหม่ ๆ ที่ผลิตโดยใช้วัตถุดิบหลักที่มาจากธรรมชาติสอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคที่มีกระแสของการ รับประทานอาหารเพื่อสุขภาพ ส่งผลทำให้ผู้บริโภคระมัดระวังในการเลือกรับประทานขนมขบเคี้ยวมากขึ้นด้วย โดยผู้บริโภคจำนวนไม่น้อยหันมาเลือกรับประทานขนมขบเคี้ยวที่ทำจากผักและผลไม้แทนเพื่อให้ตนเองได้ลิ้มรสความอร่อยในแบบที่รู้สึกดีต่อจิตใจและดีต่อสุขภาพ (ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร, 2559)

สังคมไทยยังคงนิยมรับประทานผลไม้สดมากกว่าผลไม้แปรรูป แต่ด้วยวิถีชีวิตที่วุ่นวายและการพร้อมเปิดรับสินค้าใหม่ของผู้บริโภคสมัยใหม่ ประกอบกับการดำเนินกลยุทธ์ของผู้ประกอบการ โดยเฉพาะรายใหม่ด้วยการคิดค้นผลิตภัณฑ์แปลกใหม่และสร้างความแตกต่าง ทำให้ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ มากมาย เช่น ขนมขบเคี้ยวจากผลไม้ เยลลีผลไม้ ผลไม้เคลือบช็อคโกแลต ทอฟฟี่ผลไม้ เป็นต้น ในปี 2560 มีมูลค่าทางการตลาดอยู่ที่ 832.2 ล้านบาท นอกจากจะตอบโจทย์ผู้บริโภคทั่วไปแล้ว ยังเป็นการขยายตลาดไปสู่ผู้บริโภควัยเด็กที่มักรับประทานผลไม้ในปริมาณน้อย (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2560)

ผลจากการวิเคราะห์ถึงแนวโน้มตลาดสินค้าผักและผลไม้แปรรูป การดำเนินธุรกิจของการแปรรูปผักและผลไม้ และสภาวะการแข่งขันของในปัจจุบัน สินค้าที่น่าสนใจและต่อยอดธุรกิจได้คือขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากผักและผลไม้ ตัวอย่างสินค้า ได้แก่ ผักและผลไม้อบแห้ง อบกรอบ ผักผลไม้ทอดกรอบ ผักผลไม้ตากแห้ง และรวมไปถึงสแน็กบาร์ เป็นต้น เนื่องจากขนมขบเคี้ยวได้รับความนิยมจากผู้บริโภคสูง โดยนิยมทานเป็นอาหารทานเล่นยามว่างหรือระหว่างการทำกิจกรรมต่าง ๆ นอกจากนี้วิถีการดำเนินชีวิตของผู้บริโภคที่เร่งรีบมากขึ้น ส่งผลให้บทบาทของขนมขบเคี้ยวในปัจจุบันมีแนวโน้มเป็นมากกว่าของทานเล่น แต่ได้เข้ามาทดแทนมื้ออาหารหลักในบางครั้ง (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย , 2560)

การสร้างสรรค์มูลค่าเพิ่มให้กับอาหาร (Value added) และมูลค่าเพิ่มนั้นจำต้องส่งไปถึงผู้บริโภคได้สำเร็จอีกด้วย (Consumer communication) การเพิ่มมูลค่าเพิ่มให้อาหารที่ผลิตนั้นไม่จำเป็นเฉพาะในเรื่องของ “คุณประโยชน์เพื่อสุขภาพ” เท่านั้นหากแต่ครอบคลุมไปในด้านอื่น ๆ ที่

คำนึงถึงผู้บริโภคเป็นหลักไม่ว่าจะเป็นด้านคุณภาพ มาตรฐานในการผลิต รสชาติที่หลากหลาย ความสะดวกในการบริโภค เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในอุตสาหกรรมอาหารให้เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภคและเศรษฐกิจโลกในอนาคต (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2560)

สำหรับจังหวัดเพชรบุรี มีการปลูกพืชผักผลไม้หลายชนิดด้วยกัน เช่น ข้าว มะพร้าว อ้อย มะม่วง ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ข้าวโพด ชมพู่ กระท้อน มะนาว สับปะรด กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ และกล้วยหอม เป็นต้น โดยมีกล้วยหอมทองเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูง จึงมีการปลูกกล้วยหอมทองกันมาก ในปี 2558 มีพื้นที่ปลูกกล้วยหอม 2,025 ไร่ โดยแบ่งพื้นที่ให้ผลผลิต 1,460 ไร่ พื้นที่ที่ยังไม่ให้ผลผลิต 565 ไร่ มีผลผลิตกล้วยหอมทองเฉลี่ย 3,973 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นผลผลิตโดยรวมประมาณ 5,800.58 ตัน (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี, 2561)

กล้วยหอมทอง เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการส่งออก โดยเฉพาะตลาดญี่ปุ่นมีความต้องการสูง แต่ด้วยคุณลักษณะของกล้วยหอมทอง ที่มีน้ำหนัก แต่ละลูกเรียงกันอยู่ในหวีอย่างสวยงาม สีผิวของกล้วยเมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทอง รสชาติดี มีกลิ่นหอม น่ารับประทาน อีกทั้งผลผลิตมีความปลอดภัย ไม่มีสารเคมีตกค้างปนเปื้อน ทำให้กล้วยหอมทองของไทยได้รับความนิยม เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในตลาดญี่ปุ่น ซึ่งนับวันแนวโน้มความต้องการของตลาดยิ่งเพิ่มมากขึ้น (สำนักงานสหกรณ์จังหวัดเพชรบุรี, 2561)

กล้วยหอมทอง (*Musa acuminate* (AAA group) 'Gross Michel') เป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหาร มีรสชาติหอมหวานและมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวซึ่งในยุคปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อการรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ (healthy foods) กันมากขึ้น หรือกลุ่มของผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชั่น (function foods) (ปิยนุสร์ น้อยด้วง และปัทมา คล้ายจันทร์, 2548) โดยคุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอมทองต่อ 100 กรัม มีดังนี้ พลังงาน 132 กิโลแคลอรี่ น้ำร้อยละ 66.3 โปรตีนร้อยละ 0.9 ไขมันร้อยละ 0.2 กรัม คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 31.7 ใยอาหารร้อยละ 1.9 เถ้าร้อยละ 0.8 แคลเซียม 26 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 46 มิลลิกรัม เหล็ก 0.8 มิลลิกรัม วิตามินซี 27 มิลลิกรัม เบต้า- แคโรทีน 99 ไมโครกรัม และวิตามินเอ 17 ไมโครกรัม (กรมอนามัย, 2544)

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีปริมาณผลผลิตและการส่งออกกล้วยหอมเพิ่มมากขึ้น แต่มีผลผลิตจำนวนไม่น้อยที่ไม่ได้มาตรฐานในการส่งออกและถูกคัดทิ้งแม้คุณภาพของเนื้อยังดีอยู่ จึงไม่สามารถส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศได้ และถ้าจำหน่ายในประเทศจะมีราคาถูกทำให้เกษตรกรผู้ปลูกกล้วยหอมทองขาดรายได้ในส่วนนี้ จึงได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับแนวทางการเพิ่มมูลค่าของกล้วยหอมทอง ด้วยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศเพื่อเพิ่มมูลค่าและนำไปสู่แนวทางการจัดการการผลิตในเชิงพาณิชย์ที่เหมาะสม เพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน เป็นการช่วยพัฒนาเศรษฐกิจของท้องถิ่น และความเป็นอยู่ของประชาชนได้ต่อไป

ขนมขบเคี้ยวเป็นอาหารว่างที่ผู้บริโภคนิยมรับประทานเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ได้จากการทอดเนื่องจากผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเฉพาะตัวเพราะมีการนำน้ำมันมาใช้ในเป็นตัวช่วยถ่ายเทความร้อนทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นรสลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้น (อนุวัตร แจ้งชัด และคณะ, 2554)

จากพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไปและแนวโน้มการเติบโตทางบวกในตลาดข้างต้นนั้น จึงเป็นที่มาการศึกษาวิจัยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในกระบวนการผลิตกล้วยหอมทองทอด ด้วยเครื่องทอดแบบสุญญากาศเพื่อเป็นการแปรรูปกล้วยหอมทองที่ขนาดไม่ได้มาตรฐาน เน่าเสียและเป็นการเพิ่มมูลค่าและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์จากกล้วยหอมทอง

จากการศึกษาเบื้องต้นปัจจุบัน พบว่ามีกล้วยหอมทองเป็นจำนวนมากที่มีคุณลักษณะด้อยไม่ได้คุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นคณะผู้วิจัย จึงมีความต้องการที่จะศึกษาวิจัยแนวทางการเพิ่มมูลค่าของกล้วยหอมทอง ด้วยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบใหม่ ๆ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญนำไปสู่แนวทางการจัดการการผลิตในเชิงพาณิชย์ที่เหมาะสม เพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน เป็นการช่วยพัฒนาเศรษฐกิจของท้องถิ่น และความเป็นอยู่ของประชาชนได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัย 1 ปี เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาระยะการสุกของกล้วยหอมทองที่มีคุณลักษณะไม่ได้คุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ

1.2.2 เพื่อศึกษาอุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการทอดสำหรับการพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ

1.2.3 ศึกษาการปรุงแต่งกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ

1.2.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กล้วยหอมทองจากสหกรณ์การเกษตรบ้านลาด และสหกรณ์การเกษตรท่ายาง ที่ไม่ได้คุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน

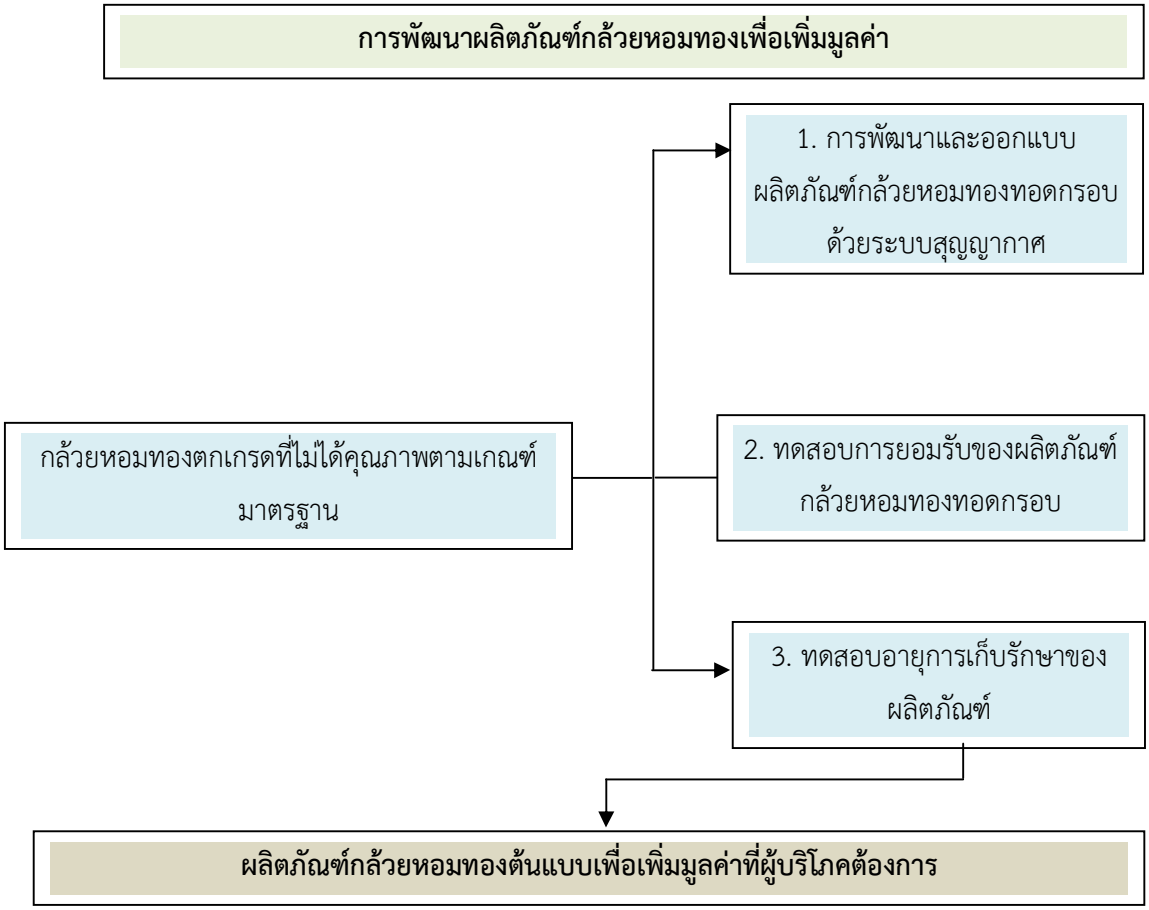
1.3.2 สถานที่ทดลอง

ห้องปฏิบัติการของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

1.4 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

กล้วยหอมทอง หมายถึง ผลไม้ชนิดหนึ่งจัดอยู่ในสายพันธุ์ที่เป็นทริปพลอยด์ของกล้วยป่า *Musa acuminate* จัดอยู่ในกลุ่ม AAA เป็นกล้วยราคาแพง ผลขนาดกลางถึงใหญ่ เปลือกหนาสีเหลือง เนื้อละเอียด หวาน สีครีม มีกลิ่นหอม เรียกอีกชื่อว่า กล้วยหอมกรอสมิเชล (Gross Michel)

1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มมูลค่าและใช้ประโยชน์จากกล้วยหอมทอง
2. ได้ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวความคิดทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กล้วยหอมทองที่ปลูกในประเทศไทยลักษณะทั่วไปจะมีลำต้นสูงประมาณ 3 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 20 เซนติเมตร กาบล้าต้นด้านนอกมีประดำ ด้านในสีเขียวอ่อน มีลายเส้นสีชมพู ก้านใบมีร่องค่อนข้างกว้าง เส้นกลางใบสีเขียว ส่วนของดอก ก้านเครือมีขน ปลีรูปไข่ค่อนข้างยาว ปลายแหลม ด้านบนมีสีแดงอมม่วง กล้วยเครือหนึ่งมี 5-6 หวี หวีหนึ่งมี 12-16 ผล ปลายผลมีจุกเห็นชัด เปลือกบาง เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทอง เนื้อสีเหลืองเข้ม กลิ่นหอม รสหวานน่ารับประทาน (สำนักงานสหกรณ์จังหวัดเพชรบุรี, 2561)

กล้วยหอมทองที่ปลูกในประเทศไทย เป็นกล้วยหอมสายพันธุ์กรอสมิเชลที่ต่างจากทั่วไปที่ต้นไม่สูงใหญ่ ให้ผลผลิตต่ำ มี 4-6 หวี ต้นไม่แข็งแรง แต่คุณภาพเนื้อเป็นที่ชอบของคนไทยทั่วไป กล้วยหอมทองส่วนใหญ่ปลูกในแถบภาคกลางโดยเฉพาะปทุมธานีและกรุงเทพฯหรือจังหวัดใกล้เคียง กล้วยหอมทองปลูกเป็นสินค้าเพื่อการส่งออกมานาน และปริมาณการส่งออกได้ลดลงไปอย่างมาก (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545) แต่ตั้งแต่ปี 2536 ที่มีการส่งออกประเทศญี่ปุ่นซึ่งเน้นกล้วยปลอดสารพิษ ทำให้ตลาดกล้วยหอมของไทยในประเทศญี่ปุ่นมีปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้น ในรูปกล้วยดิบเนื่องจากมีบางประเทศที่มีมาตรการการนำเข้าที่เข้มงวดเช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลียนิวซีแลนด์ ไต้หวัน โดยการห้ามนำผลกล้วยสดเข้าประเทศเนื่องจากเป็นพืชอาศัยของแมลงวันทองอย่างไรก็ตามโอกาสที่จะเปิดตลาดกล้วยไปยังประเทศเหล่านี้ก็มีมากขึ้น โดยการเจรจาต่อรองในเรื่องความเสี่ยงของศัตรูพืชใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ สนับสนุนว่ากล้วยดิบไม่ได้เป็นพืชอาศัยของแมลงวันทอง (พวงผกา คมสัน, 2545) มีการปลูกกล้วยหอมทองที่ไม่ใช้สารเคมีที่จังหวัดเพชรบุรีและจังหวัดชุมพร เพื่อการส่งออกขายที่ประเทศญี่ปุ่นเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งนับเป็นประเทศที่มีการรับซื้อกล้วยหอมทองมากที่สุด ในปี 2543 จำนวน 1,327 ตัน ส่วนปี 2545 เพิ่มขึ้นเป็น 1,836 ตัน (สำนักงานสหกรณ์จังหวัดเพชรบุรี, 2561)

ในการผลิตกล้วยเพื่อการส่งออกนั้น จะต้องควบคุมคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานการส่งออก ดังเช่นเงื่อนไขในการผลิตกล้วยหอมทองของสหกรณ์ผู้บริโภคโตโต้ประเทศญี่ปุ่น กำหนดกล้วยหอมทองที่ส่งออกจะต้องเป็นการผลิตที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและไม่ฉีดพ่นสารเคมีโดยเด็ดขาด ขนาดของผลกล้วยหอมทองจะต้องมีน้ำหนักไม่ต่ำกว่า 100 กรัม สีผิวของกล้วยไม่ซ้ำ กล้วยหอมทองที่ส่งออกต้องไม่สุกก่อนที่จะไปถึงประเทศญี่ปุ่น ถ้ากล้วยสุกจะถูกห้ามนำเข้าและต้องนำไปทิ้ง โดยกล้วยหอมต้องมีความแก่ประมาณร้อยละ 70 ต้องปราศจากศัตรูพืชโรคและแมลง (กรมส่งเสริมสหกรณ์, 2560)

กล้วยหอมทองที่ไม่ได้มาตรฐานการส่งออก โดยทั่วไปจะมีปริมาณร้อยละ 10 - 20 ของปริมาณกล้วยส่งออก เมื่อการส่งออกเพิ่มขึ้น ปริมาณกล้วยตกเกรดจะมากขึ้นด้วย ซึ่งกล้วยที่ไม่ได้มาตรฐานการส่งออกที่ถูกคัดทิ้งนี้ บางครั้งคุณภาพของเนื้อยังดีอยู่เพียงแต่ผิวและรูปร่างไม่สวย ขนาดเล็กเกินไป ดังนั้นจึงควรนำกล้วยเหล่านี้มาแปรรูป ซึ่งการแปรรูปกล้วยหอมทองในประเทศไทยนั้นไม่หลากหลายเนื่องจาก ส่วนใหญ่ใช้รับประทานสดและอาจรับประทานร่วมกับไอศกรีม ฟรุตสลัดและเป็นส่วนผสมในเค้ก ซึ่งกล้วยเหล่านี้หากรู้ปริมาณที่ชัดเจนแน่นอน จะสามารถกำหนดได้ว่าเพียงพอสำหรับการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปในระดับอุตสาหกรรมต่อไป ในหลายประเทศที่เป็นผู้ส่งออกกล้วยหอมจะนำกล้วยหอมทองที่ไม่ได้มาตรฐานมาแปรรูป เช่น ประเทศคอสตาริกา (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545)

2.2 ความรู้ทั่วไปของกล้วยหอมทอง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกล้วยหอมทอง เป็นสายพันธุ์ที่มาจากกล้วยป่ามีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และมีการกระจายพันธุ์ไปสู่ประเทศละตินอเมริกา เป็นผลไม้ที่มีการปลูกกันมาก เนื่องจากเป็นผลไม้ที่นิยมนำมารับประทานกันเป็นประจำ อีกทั้งยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายชนิด และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง กล้วยหอมทองที่มีการปลูกกันประเทศไทย เป็นสายพันธุ์ที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Musa acuminata* (AAA Group) กลุ่มย่อย Gross Michel สามารถพบกล้วยชนิดนี้ได้ทางภาคกลางและภาคใต้ ได้แก่จังหวัดปทุมธานี นนทบุรี เพชรบุรี และสุราษฎร์ธานี เป็นต้น ปัจจุบันมีการปลูกเป็นการค้ากันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีรสชาติดี ผลสวยงาม และมีกลิ่นหอม เป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ ราคาค่อนข้างแพง กล้วยหอมทองลำต้นมีความสูงประมาณ 2.5-3.5 เมตร ลำต้นภายนอกจะมีกาบเป็นรอยประสีดำเล็กน้อย ส่วนภายในจะเป็นสีเขียว ผลมีลักษณะเป็นเครือยาวแยกออกเป็นหวี ๆ ในเครือหนึ่งจะมีอยู่ประมาณ 4-6 หวี และในหวีหนึ่ง ๆ จะมีผลอยู่ประมาณ 12-16 ผล เปลือกผลหนาเมื่อยังอ่อนอยู่จะมีเปลือกสีเขียว และจะกลายเป็นสีเหลืองทองเมื่อสุกแต่ปลายจุกยังมีสีเขียว ภายในผลจะมีเนื้อที่ละเอียดเป็นสีครีม สีเหลือง หรือสีส้มอ่อน ๆ มีกลิ่นหอม รสหวาน ไม่มีเมล็ด ความกว้างของผลมีประมาณ 3-4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 18-25 เซนติเมตร (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545)

การสุกของกล้วยหอมทอง กล้วยหอมทองจัดเป็นผลไม้ประเภทตามการเปลี่ยนแปลงของอัตราการหายใจที่แตกต่างกัน เมื่อผลสุกจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น และมีการสังเคราะห์เอทิลีนเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งเอทิลีนจะเป็นตัวช่วยกระตุ้นและเร่งการสุกของกล้วยให้สุกได้เร็วขึ้น ระยะการสุกของกล้วยสังเกตได้จากการเปลี่ยนสีของเปลือกกล้วย การอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ การสังเคราะห์น้ำตาล ก๊าซเอทิลีน และอัตราการหายใจที่เปลี่ยนไป ผลไม้สุกจะมีการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลต่าง ๆ ภายในเซลล์โดยเฉพาะเพคติน และมีการเปลี่ยนแปลงของแป้งไปเป็นน้ำตาล (ชิดชัย ปัญญาสวรรค์, 2547)

การแบ่งระยะการสุกของกล้วยภายหลังจากตัด สามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ระยะ ดังนี้ (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545)

ระยะที่ 1 เปลือกเขียว ผลแข็ง ไม่มีการสุก

ระยะที่ 2 เริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวออกเหลืองเล็กน้อย

ระยะที่ 3 เริ่มเปลี่ยนจากเขียวออกเหลืองมากขึ้น แต่ยังมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง

ระยะที่ 4 เริ่มเปลี่ยนจากเขียวออกเหลือง แต่มีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว

ระยะที่ 5 เปลือกเป็นสีเหลือง แต่ปลายจุกยังเป็นสีเขียว

ระยะที่ 6 ทั้งผลมีสีเหลือง

ระยะที่ 7 ผิวสีเหลือง และเริ่มมีจุดสีน้ำตาล

2.3 องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยหอมทอง

กล้วยดิบมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่เป็นแป้ง เมื่อสุกจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาล ดังนั้นกล้วยจึงเป็นแหล่งพลังงานที่ดี จะเห็นได้ว่ากล้วยเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงใกล้เคียงกับมันฝรั่ง แต่มีไขมัน โคเลสเตอรอลและเกลือแร่ต่ำ จึงเหมาะสำหรับเป็นอาหารของผู้ที่ต้องการลดความอ้วน กล้วยมีเกลือโซเดียมเพียงเล็กน้อย แต่เป็นแหล่งที่สำคัญของโปแตสเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส (358.2 27.02 และ 22.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ) ซึ่งสามารถช่วยลดความดันโลหิตได้ นอกจากนี้มีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีกล้วยหอมทองผลสุกแสดงในตารางที่ 2.1 พบว่ามีความชื้น ร้อยละ 77.19 ไขมัน ร้อยละ 0.73 โปรตีน ร้อยละ 1.82 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 18.42 และเถ้า ร้อยละ 0.65 นอกจากนั้นในกล้วยหอมยังจัดเป็นผลไม้ที่มีแร่ธาตุสูงได้แก่แคลเซียม 14.27 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 21.09 มิลลิกรัม เหล็ก 8.71 มิลลิกรัม ยังพบว่ามี บีตา-คาโรทีน (beta-carotene) 589.40 มิลลิกรัม และกรดแอสคอบิค 11.06 มิลลิกรัม (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545)

คาร์โบไฮเดรตในกล้วยมีอยู่ทั้งในรูปอาหารสะสมและในโครงสร้างได้แก่ แป้งมีสะสมในกล้วยมากเช่นเดียวกับมะม่วงและทุเรียน ในกล้วยผลดิบมีแป้งประมาณร้อยละ 20-25 โดยเมื่อกล้วยสุกแป้งเกือบทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลจะเหลือแป้งประมาณร้อยละ 1-2 น้ำตาล ในกล้วยประกอบด้วย ซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส ในอัตราส่วนของซูโครสร้อยละ 66 กลูโคสร้อยละ 22 และฟรุกโตสร้อยละ 14 ตามลำดับ ซึ่งน้ำตาลทั้ง 3 ชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปกันได้ ด้วยเอนไซม์หลายชนิด เช่น อินเวอร์เตส (invertase) ซึ่งจะเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตส (Marriott และคณะ, 1981)

นอกจากแป้งและน้ำตาลที่มีความสำคัญด้านรสชาติแล้ว ยังมีคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่นที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพคติน ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อเนื้อสัมผัส เซลลูโลสเป็นโพลีแซคคาไรด์ ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส เกาะกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกที่

ตำแหน่งบีตา 1,4 เป็นลูกโซ่ยาวประมาณ 2,000 โมเลกุลใน primary cell wall และอย่างน้อย 14,000 โมเลกุลใน secondary cell wall ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงกับผนังเซลล์ของพืช สำหรับกล้วยจะมีปริมาณเพคตินมาก ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเมื่อสุก เพคตินเป็นโพลีเมอร์ของกรดกาแลกตูโคนิกและอาจมีหมู่เมธิลมาเกาะอยู่ด้วยโมเลกุลของเพคตินจะแทรกอยู่ระหว่างเซลลูโลสในทำนองเดียวกับเฮมิเซลลูโลส แต่ส่วนมากจะอยู่บริเวณมิดเดิลลาเมลล่า (middle lamella) เพคตินในรูปโปรโตเพคตินจะไม่ละลายน้ำเนื่องจากมีหมู่เมธิลอยู่มาก เมื่อกล้วยสุกจะเปลี่ยนเป็นรูปที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของผลกล้วยหอมทองสุก 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	**ปริมาณ**	
พลังงาน	88.0	แคลอรี่
น้ำ	74.80	กรัม
โปรตีน	1.20	กรัม
ไขมัน	0.20	กรัม
น้ำตาล	20.40	กรัม
แป้ง	1.20	กรัม
ขี้เถ้า	0.80	กรัม
วิตามินเอ	430.0	หน่วยสากล
ไทอามีน (วิตามินบี 1)	0.04	มิลลิกรัม
พลังงาน	88.0	แคลอรี่
น้ำ	74.80	กรัม
โปรตีน	1.20	กรัม
ไขมัน	0.20	กรัม
น้ำตาล	20.40	กรัม
แป้ง	1.20	กรัม
ขี้เถ้า	0.80	กรัม
วิตามินเอ	430.0	หน่วยสากล
ไทอามีน (วิตามินบี 1)	0.04	มิลลิกรัม

ที่มา **:** (วิจิตร วังใน, 2530)

2.4 ขนมขบเคี้ยว

จัดเป็นอาหารว่างหรืออาหารที่บริโภคระหว่างมื้อหลักบริโภคเพื่อความเพลิดเพลินบริโภคได้ง่ายและสะดวกส่วนใหญ่เป็นอาหารที่ให้พลังงานสูงเนื่องจากมีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตและไขมันปริมาณมาก นอกจากนี้ขนมขบเคี้ยวยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบันขนมขบเคี้ยวที่มีขายตามท้องตลาด ได้แก่ มันฝรั่งทอดกรอบ ข้าวเกรียบ คุกกี้ ข้าวโพดคั่ว ขนมอบกรอบปรุงรสต่าง ๆ อาหารขบเคี้ยวส่วนใหญ่ทำมาจากแป้ง เช่น แป้งจากปลายข้าวหอมมะลิ แป้งมันสำปะหลังแป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งมันฝรั่ง แป้งกล้วย เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีขนมขบเคี้ยวที่ได้จากการนำผักและผลไม้มาแปรรูปโดยตรง เช่น กล้วย มันฝรั่ง แครอท เผือก เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันนี้ได้มีการศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อปรับปรุงคุณภาพของขนมขบเคี้ยวให้มีลักษณะใกล้เคียงกับผักและผลไม้มากขึ้น

ขนมขบเคี้ยว หมายถึง อาหารที่ผู้บริโภคไม่ได้รับประทานเป็นอาหารมื้อหลัก เช่น อาหารมื้อเช้า มื้อกลางวัน หรือมื้อเย็น แต่จะรับประทานในช่วงระหว่างมื้อหลักเพื่อบรรเทาความหิวหรือความอยาก รับประทานของผู้บริโภค ดังนั้นจึงมักเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า อาหารว่าง (จุฬาลักษณ์ จารุนุช, 2550)

ขนมขบเคี้ยว เป็นขนมที่รับประทานยามว่าง ที่มีไว้เพื่อระงับความหิวของคนระหว่างมื้อเป็นขนมที่มีส่วนผสมจากแป้งชนิดต่าง ๆ เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวโพด เป็นต้น มีการปรุงแต่งรสด้วย เกลือ ไขมัน และผงชูรส แต่งกลิ่น สีและรส รสชาติส่วนใหญ่จะคล้ายคลึงกัน คือ หวาน มัน เค็ม ประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว แบ่งตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ได้แก่ มันฝรั่งทอดกรอบ สาหร่าย และข้าวโพดอบกรอบ เป็นต้น (จุฬาลักษณ์ จารุนุช, 2550)

2.4.1 ประเภทขนมขบเคี้ยว กรมอนามัยแบ่งผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเป็น 4 กลุ่มดังนี้

1. ขนมประเภทพองกรอบ ผลิตภัณฑ์ในประเภทนี้จัดได้ว่ามีมากชนิดที่สุดและหลากหลายรูปแบบทั้งแบบชิ้นรูปร่างต่าง ๆ แบบแผ่น แบบแท่งรสหวาน รสเค็ม หรือแม้กระทั่งแบบสอดไส้บางชนิด อาจต้องนำไปทอดในน้ำมัน รวมทั้งข้าวเกรียบและมันฝรั่งทอดก็เป็นที่นิยมมาก

2. ขนมประเภทปลาเส้นและถั่วชนิดต่าง ๆ เป็นขนมขบเคี้ยวที่ยังคงรูปลักษณ์ของวัตถุดิบตั้งต้นอยู่มากโดยเฉพาะพวกถั่วซึ่งอาจจะนำมาทอดหรือคั่วอบผสมเกลือและเครื่องปรุงรส

3. เยลลี่พร้อมบริโภคมีทั้งชนิดบรรจุถ้วยขนาดพอคำและถ้วยใหญ่ที่ต้องตักกิน ส่วนประกอบของเยลลี่จะเป็นพวกส่วนผสมที่สกัดมาจากพืชหรือสาหร่ายส่วนผสมเหล่านี้มีคุณสมบัติในการเกิดเป็นวุ้นหรือเจลเมื่อผสมน้ำและบางชนิดมีใส่น้ำตาลด้วย

2.4.2 กรรมวิธีการแปรรูปขนมขบเคี้ยว

สมบัติด้านความกรอบและความแข็งเป็นอีกสมบัติหนึ่งที่มีความสำคัญซึ่งบ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมและปัจจุบันนี้มีวิธีการแปรรูปด้วยวิธีต่าง ๆ มากขึ้นเพื่อพัฒนา

คุณภาพของผลิตภัณฑ์และเพื่อตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันวิธีการและหลักการแปรรูป (Moyano และ Gonzalez, 2002) ด้วยวิธีต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

1. การทอดเป็นการแปรรูปด้วยความร้อนโดยอาศัยการส่งผ่านความร้อนจากตัวกลางก็คือน้ำมันในการให้ความร้อนไปยังอาหารอย่างรวดเร็วโดยในระหว่างการทอดอาหารจะได้รับความร้อนโดยมีน้ำมันเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนซึ่งอุณหภูมิของน้ำมันที่สูงจะทำให้น้ำที่อยู่ภายในอาหารเดือดและระเหยจากภายในออกสู่ภายนอกทำให้ความชื้นของอาหารลดลงส่งผลให้เนื้อสัมผัสที่ผิวหน้าแห้งกรอบนอกจากนี้แล้วในระหว่างการทอดน้ำมันได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานทำให้เกิดการสัมผัสกับออกซิเจนและน้ำที่ระเหยออกจากชิ้นอาหารส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ เช่นการเกิดสารประกอบที่ระเหยได้เช่นสารคาร์บอนีลกรดไฮดรอกซีกรดคีโตและกรดอิพอกซีทำให้อาหารมีกลิ่นผิดปกติและน้ำมันมีสีคล้ำ

2. เอ็กซ์ทรูชัน (Extrusion) เป็นกระบวนการที่ใช้หลักการทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัวด้วยความร้อนจากขดลวดและความดันสูงจากการขับเคลื่อนของแท่งเกลียวเมื่อแป้งเหลวเคลื่อนที่ออกสู่บรรยากาศความดันจะลดลงอย่างรวดเร็วทำให้ไอน้ำที่อยู่ในก้อนแป้งเหลวระเหยออกมาอย่างรวดเร็วและดันก้อนแป้งให้พองตัวทำให้เกิดรูพรุนกระจายทั่วและเมื่อเย็นลงจะคงความกรอบของผลิตภัณฑ์ไว้วัตถุดิบที่เหมาะสมในการทำขนมกรอบได้แก่ประเภทที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบสูงโดยเฉพาะพวกธัญพืชเช่นข้าวโพดข้าวเจ้าพืชหัวและแป้งชนิดต่าง ๆ สมบัติของขนมกรอบและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับความชื้นของส่วนผสมก่อนผ่านเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ (Extruder) ระยะเวลาทำให้สุก (Cooking time) ความดันและอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันผลิตภัณฑ์เหล่านี้อาจมีการเติมสารปรุงรสวิตามินแร่ธาตุโปรตีนหรือธัญชาติชนิดอื่นมาผสมหรือเติมสารอาหารเพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการ

3. การพัฟฟิงโดยใช้ไมโครเวฟไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุ (Radio wave) กับอินฟราเรด (Infrared) โดยมีความถี่ระหว่าง 300-30000 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) และมีแม็กนิตรอน (Magnetron) เป็นส่วนประกอบหลักในการทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นไมโครเวฟซึ่งคลื่นไมโครเวฟที่นำมาประยุกต์ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่นการอบแห้งผักผลไม้และอาหารโดยมีความถี่อยู่ในช่วง 915 ถึง 2450 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) การพัฟฟิงอาหารด้วยไมโครเวฟแตกต่างจากการพัฟฟิงด้วยวิธีการอื่น ๆ เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟสามารถแทรกเข้าสู่เนื้ออาหารทำให้โมเลกุลของน้ำในผลิตภัณฑ์เกิดการสั่นสะเทือนโมเลกุลชนกันเกิดความร้อนขึ้นมีผลให้น้ำเดือดและระเหยกลายเป็นไอน้ำอย่างรวดเร็วจึงทำให้โครงสร้างผลิตภัณฑ์เกิดการขยายตัวและมีความพรุนขึ้นส่งผลให้อัตราการถ่ายเทมวลเพิ่มขึ้น การอบแห้งเป็นไปอย่างรวดเร็วอย่างไรก็ตามการอบแห้งด้วยไมโครเวฟเพียงอย่างเดียวอาจส่งผลเสียต่อคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์เนื่องจากความชื้นที่เหลือน้อยภายในผลิตภัณฑ์ส่งผลให้อุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้นอย่าง

รวดเร็วทำให้บริเวณผิวของผลิตภัณฑ์ไหม้ได้ด้วยข้อจำกัดของไมโครเวฟดังกล่าวจึงนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการอบแห้งแบบอื่น ๆ เช่นการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับการพัฟฟิงด้วยไมโครเวฟ การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับรังสีอินฟราเรด และการพัฟฟิงด้วยไมโครเวฟภายใต้ความดันสุญญากาศเป็นต้น

4. การพัฟฟิงด้วยอุณหภูมิสูงระยะเวลาสั้นเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความกรอบได้โดยมีปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อกระบวนการได้แก่ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของวัสดุ อุณหภูมิของตัวกลางและเวลาที่ใช้เป็นต้นโดยหลักการของกระบวนการพัฟฟิงด้วยอุณหภูมิสูงระยะเวลาสั้นนั้นเมื่อวัสดุได้รับความร้อนจากตัวกลางจะทำให้น้ำที่อยู่ภายในวัสดุเดือดและระเหยกลายเป็นไออย่างรวดเร็วซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันสูงส่งผลให้เนื้อวัสดุขยายตัวและมีรูพรุนขึ้นโดยทั่วไปในการทำให้วัสดุมีการพองตัวนี้จะใช้อุณหภูมิสูงและเวลาสั้นมากหากอุณหภูมิต่ำวัสดุจะไม่พองเพราะอุณหภูมิไม่สูงพอจะทำให้น้ำในวัสดุเดือดกลายเป็นไอได้อย่างรวดเร็วและหากความชื้นของวัสดุต่ำเกินไปจะทำให้การเดือดของน้ำในวัสดุเกิดขึ้นได้น้อยโดยกลไกการพัฟฟิงประกอบด้วย 3 ส่วน คือ การลดความชื้นวัสดุลงในระดับที่เหมาะสมจากนั้นนำไปพัฟฟิงด้วยอุณหภูมิสูงซึ่งขั้นตอนนี้จะทำให้วัสดุเกิดการพองตัวเนื่องจากความร้อนที่สูงจะทำให้น้ำที่อยู่ภายในวัสดุเดือดอย่างรุนแรงจนกระทั่งดันให้วัสดุเกิดการพองตัวได้หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปอบแห้งต่อด้วยอุณหภูมิต่ำเนื่องจากความชื้นหลังพัฟฟิงยังมีปริมาณสูงซึ่งทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ ดังนั้นจึงต้องลดความชื้นให้เหลือในปริมาณน้อยประมาณร้อยละ 4 (ฐานมวลแห้ง)

2.5 กระบวนการทอดอาหาร

การทอดอาหาร เป็นการให้ความร้อนแก่อาหารเพื่อให้อาหารสุก โดยนำอาหารใส่ในน้ำมันที่ร้อนอุณหภูมิของอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว น้ำในอาหารมีการระเหยออกจากชิ้นอาหาร ผิวหน้าของอาหารที่ทอดจะแห้งเกิดเปลือกนอกขึ้นมาห่อหุ้มภายในไว้ อุณหภูมิภายในอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนถึงประมาณ 100 องศาเซลเซียส น้ำจะระเหยออกจากอาหารจนได้ผลิตภัณฑ์ที่กรอบ อัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ชิ้นอาหารขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ประการ คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำมันและอาหาร และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวหน้า (Surface heat transfer coefficient) ลักษณะพื้นที่ผิวของอาหารที่ได้จากการทอด ด้านนอกมักมีโครงสร้างเป็นรูพรุนซึ่งเป็นช่องว่างที่มีขนาดแตกต่างกัน ขณะทอดน้ำและไอน้ำจะเคลื่อนที่ออกทางช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ก่อนอันดับแรก ทำให้น้ำมันเข้าไปแทนที่น้ำและไอน้ำที่เคลื่อนที่ออกไป ความชื้นที่เคลื่อนที่ออกจากผิวหน้าของอาหารนั้นจะเคลื่อนที่ผ่านไปยังผิวของน้ำมัน (Fellow, 1990)

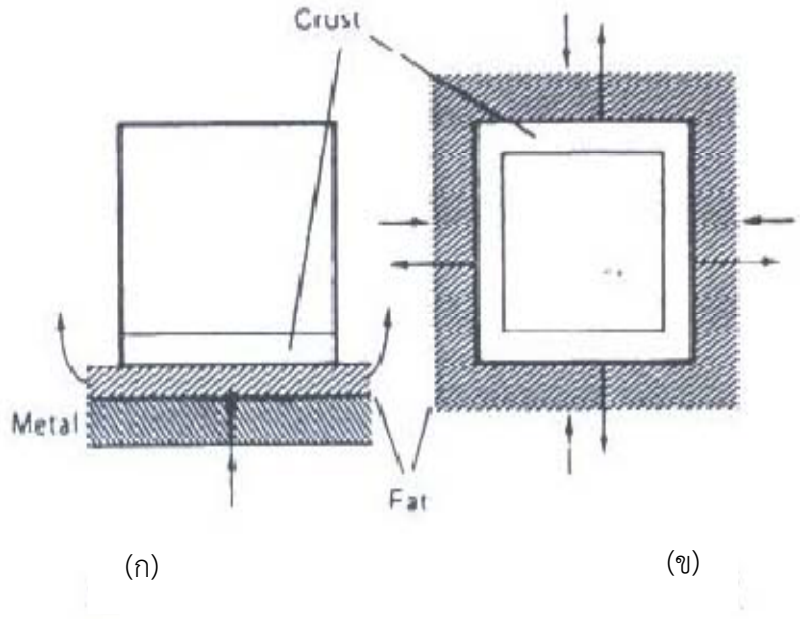
ความร้อนจากการทอด มีผลต่ออาหารคือ ค่าแอคติวิตีของน้ำ (Water activity) ในอาหารจะลดลง และมีการทำลายเชื้อจุลินทรีย์และเอนไซม์ในอาหารด้วย อายุการเก็บของอาหารทอด

ขึ้นกับปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำมันของผลิตภัณฑ์ขณะการเก็บรักษา (Fellow, 1990) อาหารที่ยังมีปริมาณน้ำเหลืออยู่ภายในชิ้นอาหารมาก เช่น ปลาทอด ไก่ทอด หรือโดนัท จะมีอายุการเก็บรักษาสั้น การทอดอาหารจนกรอบทั้งชิ้น เช่น มันฝรั่งทอด มีความชื้นเหลืออยู่น้อยมาก สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 12 เดือนที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งระยะเวลาการเก็บรักษาขึ้นอยู่กับภาชนะบรรจุ และภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษาด้วย (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557) การทอดที่อุณหภูมิสูงจะทอดอาหารได้ปริมาณมาก และใช้ระยะเวลาทอดน้อยลง แต่อุณหภูมิสูงจะเร่งให้น้ำมันที่ทอดเสื่อมคุณภาพเร็ว เช่น เกิดกรดไขมันอิสระ มีความหนืดเพิ่มขึ้น น้ำมันมีกลิ่น และสีเปลี่ยนไป ทำให้ต้องเปลี่ยนน้ำมันบ่อย และเป็นการสิ้นเปลือง นอกจากนี้น้ำมันที่ถูกไฮโดรไลซ์ได้กลีเซอรอลจะยังสลายตัวเป็นอะโครลีนที่อุณหภูมิสูง เกิดกลุ่มควันสีน้ำเงินที่บริเวณเหนือผิวหน้าน้ำมันขณะทอด เป็นสารพิษที่อันตรายเกิดมลภาวะของอากาศได้

2.5.1 วิธีในกระบวนการทอดโดยทั่วไปที่นิยมใช้ มีอยู่ 2 วิธี คือ

1. การทอดแบบน้ำมันตื้น (Shallow frying) วิธีนี้เหมาะกับอาหารที่มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมีค่าสูง ๆ เช่น เบคอน ไข่ เบอร์เกอร์ และพายชนิดต่าง ๆ การส่งผ่านความร้อนโดยการนำความร้อน (Heat conduction) จากผิวหน้ากระทะที่ร้อนผ่านไปยังชั้นของน้ำมันบาง ๆ ไปยังอาหาร ความหนาของชั้นน้ำมันแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของผิวหน้าอาหาร ถ้าชั้นน้ำบางฟองไอน้ำเดือดจะทำให้อาหารเคลื่อนที่ขึ้นลงบนผิวร้อนของกระทะ การกระจายความร้อนจึงไม่สม่ำเสมอ ทำให้ผิวหน้าของอาหารมีสีน้ำน้ำตาลไม่สม่ำเสมอ การทอดแบบนี้จะมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิว (Surface heat transfer coefficient) สูงมาก 200 – 450 วัตต์/เมตร^2 เคลวิน (พิสุทธิ์ ก้องเกียรติศักดิ์, 2555)

2. การทอดแบบจุ่มในน้ำมัน หรือการทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep-fat frying) การทอดอาหารแบบนี้ ใช้น้ำมันมากในการทอด การถ่ายเทความร้อนในการทอดเป็นทั้งการพาความร้อนในน้ำมันและการนำความร้อนสู่ภายในอาหาร ผิวหน้าทุกด้านของอาหารได้รับความร้อนเท่ากัน เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีและลักษณะปรากฏของอาหารอย่างสม่ำเสมอ เหมาะสำหรับอาหารที่มีรูปร่างต่าง ๆ ใช้ได้กับอาหารทุกชนิด แต่ถ้าอาหารมีรูปร่างไม่สม่ำเสมอกัน ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่จะดูดซับน้ำมันไว้ได้มากขึ้น การนำความร้อนของการทอดวิธีนี้จะเกิดขึ้นทั้งแบบพาความร้อน (Heat convection) และเกิดการนำความร้อน (Heat conduction) ภายในชิ้นอาหาร ในช่วงแรกของการทอดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนอยู่ที่ 250 – 300 วัตต์/เมตร^2 เคลวิน แต่เมื่อทอดไปนานขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีค่าสูงขึ้นอยู่ที่ 800 – 1,000 วัตต์/เมตร^2 เคลวิน และเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำมันเข้าสู่อาหารอย่างรวดเร็ว เนื่องจากไอน้ำได้ระเหยจากอาหาร (พิสุทธิ์ ก้องเกียรติศักดิ์, 2555)



ภาพที่ 2.1 ชนิดของกระบวนการทอด (ก) Contact frying (ข) Deep-fat frying
ที่มา : (Fellow, 1990)

2.5.2 น้ำมันและไขมันที่ใช้ในการทอด น้ำมันที่ใช้ทอดเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนให้แก่อาหาร จะเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ด้วยการแทนที่น้ำที่ระเหยไปเป็นไอ และกลายเป็นองค์ประกอบหนึ่งในผลิตภัณฑ์ คุณภาพน้ำมันจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการทอด คุณภาพน้ำมันมีผลต่อการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์ด้วย (Kochhar, 2001) ขณะทำการทอดที่อุณหภูมิสูงไขมันจะสลายตัวเป็นสารที่ให้กลิ่นรสและถูกดูดซับไว้ จึงช่วยส่งเสริมกลิ่นรสแก่ผลิตภัณฑ์ และการสูญเสียน้ำไประหว่างการทอด ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แห้งกรอบ การเลือกไขมันหรือน้ำมันที่ใช้ในการทอดแบบน้ำมันท่วม ควรใช้น้ำมันที่มีลักษณะดังนี้ (Lawson, 1985)

1. ไม่ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ (off-flavors) ในอาหาร
2. มีอายุในการทอดนาน และมีจุดเป็นควันสูง
3. สามารถทำให้อาหารมีความอร่อย มีสีเหลืองทอง ไม่มีลักษณะเป็นน้ำมันออกมาที่ผิวอาหารระหว่างเก็บ
4. สามารถทำให้อาหารมีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดี
5. ต้านทานการเกิดความหนืด และการเกิดความหืนของน้ำมัน มีคุณภาพสม่ำเสมอ

อย่างไรก็ตามไม่มีน้ำมันที่มีคุณลักษณะครบถ้วน ดังนั้นในการเลือกใช้ไขมันหรือน้ำมันจึงควรคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องการ ในการทอดอาหารโดยเฉพาะการทอดในกระทะก้นลึกที่ต้องใช้น้ำมันมาก ซึ่งต้องใช้อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ทำให้มีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น

และเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำมัน เช่น สารที่มีขั้ว (polar component) ทำให้เกิดพอลิเมอร์ซึ่งมีผลทำให้น้ำมันมีความหนืดเพิ่มขึ้น เกิดโมโนเมอร์แบบวง (cyclicmonomer) ของกรดไขมัน เกิดฟองและน้ำมันที่ใช้ทอดมีสีเข้ม ดังนั้นจึงต้องเลือกน้ำมันที่เหมาะสมในการทอด คือ มีจุดที่เป็นควันสูง เพราะการทอดที่อุณหภูมิสูงจะต้องทอดก่อนที่น้ำมันจะสลายเป็นควันและให้สารพิษ และยังช่วยลดการอมน้ำมัน นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการด้วย น้ำมันปาล์มมีความคงทนต่อการเกิดออกซิเดชั่นดี มีปริมาณกรดโอเลอิกสูง และไม่ค่อยเกิดฟองเวลาทอด (Faur, 1975)

น้ำมันปาล์ม (Palm oil) เป็นน้ำมันที่มีกรดปาล์มิติค (Palmitic acid, C16) ที่เป็นกรดไขมันอิ่มตัวอยู่สูง แต่ก็มีไขมันไม่อิ่มตัวในสัดส่วนที่สูงเช่นกัน ซึ่งส่วนใหญ่มาจากกรดโอเลอิค (Oleic acid) เป็นหลัก ประมาณ 3 ใน 4 ของกลีเซอไรด์ เป็นของผสมระหว่างไตรกลีเซอไรด์ชนิดอิ่มตัวและชนิดไม่อิ่มตัว ร้อยละ 50 ขององค์ประกอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นประเภท ไม่มีกรดไขมันทรานส์มีสีที่ดีเมื่อเทียบกับน้ำมันชนิดอื่น ๆ มีสมบัติในการทอดที่ดี คือ มีปริมาณค่าไอโอดีนต่ำ มีกรดลิโนเลนิก (Linolenic acid)และ โทโคฟีรอล (Tocopherol) 380-890 พีพีเอ็ม ซึ่งเป็นสารกันหืนธรรมชาติ นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เนื่องจากไม่มีกลิ่นที่อุณหภูมิห้อง และมีความทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูง

2.5.3 ผลของการทอดที่มีต่ออาหาร ผลของการทอดต่ออาหารขึ้นอยู่กับชนิดและสมบัติของน้ำมันที่ใช้ คุณภาพอาหารความร้อนและเวลาที่ใช้ทอด ซึ่งมีผลต่อน้ำมันทอดและอาหารดังนี้

2.5.3.1 ผลของความร้อนที่มีต่อน้ำมันทอด น้ำมันที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานขณะทอด น้ำและออกซิเจนจะเกิดการเคลื่อนที่ของออกจากอาหาร ทำให้เกิดการออกซิเดชันของน้ำมัน เกิดสารประกอบที่ระเหยได้ เช่น สารคาร์บอนิล กรดไฮดรอกซี กรดคีโตน และกรดอิพอกซี ทำให้อาหารมีกลิ่นรสผิดปกติ กลิ่นเหม็นหืน และน้ำมันมีสีคล้ำ เกิดพอลิเมอไรเซชันของโมเลกุลน้ำมัน ออกซิเจนสลายตัวเป็นสารประกอบที่มีวงแหวน (Cyclic compounds) และพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะทำให้น้ำมันมีความหนืดเพิ่มขึ้น (Fellow, 1990) สารประกอบที่เกิดจากการสลายตัวของน้ำมันอาจเป็นพิษต่อร่างกายและทำให้น้ำมันมีคุณค่าทางโภชนาการลดลง เกิดการออกซิเดชันของวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน ทั้งวิตามินเอ แคโรทีนอยด์ และวิตามินอี และวิตามินยังถูกทำลายได้ด้วยความร้อน และปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่วนกรดไขมันจำเป็น เช่น กรดไลโนเลอิก ก็จะสูญเสียพันธะคู่เช่นเดียวกัน อัตราส่วนของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวจะเปลี่ยนไป (พิสุทธิ์ ก้องเกียรติศักดิ์, 2555)

2.5.3.2 ผลของความร้อนต่ออาหารที่ทอด การทอดทำให้อาหารมีสี กลิ่น รสชาติ และความกรอบ มีปริมาณน้ำลดลง ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น แต่จะสูญเสียสารอาหารระหว่างการเก็บรักษาด้วย โดยเฉพาะวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน เช่น วิตามินอีที่ถูกดูดซับจะถูกออกซิไดซ์

ระหว่างการเก็บรักษา ส่วนการสูญเสียโปรตีนจะเกิดขึ้นเมื่อผิวนอกกรอบ เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ระหว่างกลุ่มกรดอะมิโนของโปรตีนและเปปไทด์ กับน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง (กลูโคสหรือฟรุคโตส) เกิดสารประกอบโมเลกุลใหญ่ที่ให้สีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ (Leszkowiat*et al*.,1990) ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นในกระบวนการทอดได้องค์ประกอบสีน้ำตาลที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิมากกว่า 150 องศาเซลเซียส (Pokorny, 1999) ปริมาณไขมันในอาหารเพิ่มมากขึ้นจากการดูดซับน้ำมันที่ใช้ทอดไว้ในอาหาร ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร เกิดจาการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตที่เป็นพอลิเมอร์ หากน้ำมันร้อนจัดจะเกิดการแข็งตัวของผิวนอก (Crust formation) อย่างรวดเร็วปิดที่ผิวนอกของอาหาร ลดการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นภายในชิ้นอาหาร ส่งผลทำให้ผิวหน้าของอาหารแข็งกระด้าง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557)

2.5.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมันในอาหาร ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอด มีดังนี้

1. รูปทรง ขนาด พื้นที่ผิว และความหนาแน่นของชิ้นอาหาร พื้นที่ผิวหน้าของอาหารมีความสำคัญต่อการดูดซึมน้ำมัน หากผลิตภัณฑ์อาหารมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากจะเกิดการดูดซึมน้ำมันได้ดี ดังนั้นการเพิ่มความหนาของชิ้นอาหาร จะสามารถลดการดูดซึมน้ำมันได้ นอกจากนี้ความหยาบของผิวหน้าอาหารก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัย เนื่องจากผิวหน้าหยาบจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของชิ้นอาหาร ดังนั้นโครงสร้างผิวหน้าของอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญ เช่น การหั่นชิ้นอาหาร ควรใช้มีดที่เรียบเพื่อลดความหยาบของผิวหน้าชิ้นอาหารจะช่วยลดการดูดซึมน้ำมันได้ และอาหารที่มีความหนาแน่นมากจะสามารถลดปริมาณน้ำมันดูดซับได้ (พิสุทธิ์ ก้องเกียรติศักดิ์, 2555)

2. อุณหภูมิและเวลาของการทอด โดยทั่วไปจะพบว่าอุณหภูมิของการทอดที่สูงขึ้นจะช่วยลดการอมน้ำมัน แต่การเพิ่มอุณหภูมิของการทอดไม่ใช่เป็นข้อดีเสมอไป

3. ปริมาณความชื้น การดูดซับน้ำมันจะเกิดขึ้นในขณะที่ความชื้นถูกกำจัดออกไปจากอาหารระหว่างการทอด ปริมาณความชื้นเริ่มต้นที่สูงมีผลให้การอมน้ำมันมีมากขึ้น

4. องค์ประกอบและลักษณะผิวหน้าของอาหาร ปริมาณไขมันเริ่มต้นที่สูงในอาหารบางชนิด ทำให้การดูดซับไขมันเพิ่มขึ้น ยกเว้นกรณีของผลิตภัณฑ์เนื้อหรือปลา

5. การให้ความร้อนก่อนการทอด (Prefrying treatment) การลวกหรือลดระดับความชื้นของอาหารก่อนการทอด การอบแห้ง การล้างผลิตภัณฑ์ในน้ำที่มีอิมัลซิไฟเออร์ การแช่แข็งก่อนการทอดเฟรนช์ฟายส์ จะช่วยลดการดูดซับน้ำมันได้ แต่การอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งกลับเป็นการเพิ่มการอมน้ำมัน

6. ปัจจัยอื่น ๆ เช่นการเคลือบผิวด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์ยับยั้งการอมน้ำมันระหว่างการทอด ความเป็นรูพรุน ของผลิตภัณฑ์เริ่มต้นมีผลต่อระดับการดูดซับน้ำมันโดยตรง ความหยาบที่ผิวจะเพิ่มพื้นที่และเพิ่มการดูดซับน้ำมัน

2.5.4 การทอดในระบบสุญญากาศ (Vacuum fryer) ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีการทอดในระบบสุญญากาศมาใช้ในการทอดผักและผลไม้ชนิดต่าง ๆ เช่น ทุเรียน ขนุน กระเจี๊ยบเขียว สับปะรด กล้วย มันฝรั่ง แอบเปิล แครอท พริกหวาน เป็นต้น (Garayo และ Moreria, 2002) ซึ่งกำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ การทอดระบบสุญญากาศเป็นกระบวนการทอดอาหารในภาชนะที่ปิดสนิท และมีการลดความดันลงให้ต่ำกว่าบรรยากาศปกติ ซึ่งทำงานภายใต้สภาวะที่เป็นสุญญากาศ (Vacuum) มีการลดความดันลงให้ต่ำกว่า 50 ทอรร์ (Torr) หรือ 6.65 กิโลปาสกาล (kPa) ซึ่งจะทำให้จุดเดือดของน้ำมันที่ใช้ทอด และน้ำในอาหารลดลง ทำให้น้ำในอาหารระเหยได้ที่อุณหภูมิต่ำ (Garayo และ Moreira, 2002) ในขณะทอดยังมีออกซิเจนน้อยมาก ทำให้เกิดการออกซิเดชันต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีอายุการเก็บรักษานานโดยไม่ต้องใช้สารกันเสีย (วิไล รังสาดทอง, 2547)

ลักษณะของการทอดภายใต้สุญญากาศ (เชาว์ อินทร์ประสิทธิ์, 2555)

1. ทำงานภายใต้สภาวะที่เป็นสุญญากาศ (Vacuum) สามารถทำให้เกิดการเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียสทำให้น้ำระเหยออกจากชิ้นของอาหารที่อุณหภูมิต่ำ จึงช่วยรักษาคุณภาพของอาหาร เช่น สี กลิ่น รสชาติ ได้ดีกว่าการทอดในสภาวะบรรยากาศปกติ (Atmospheric pressure)

2. การทอดที่อุณหภูมิต่ำ ลดการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) ของน้ำมัน ทำให้ไตรกลีเซอร์ไรด์ในน้ำมัน สลายตัวเป็นกรดไขมันอิสระน้อยลง นอกจากนั้นการทอดในสภาวะที่มีออกซิเจนน้อยมากในระบบ ทำให้เกิดการออกซิเดชันของลิพิด น้อยกว่าการทอดในบรรยากาศปกติ ทำให้น้ำมันใช้ทอดอาหารได้นานขึ้น และลดการอมน้ำมันของอาหารลงได้

3. ลักษณะของอาหารที่ทอดด้วยสุญญากาศ จะกรอบแต่ไม่เกิดเปลือกแข็ง (Crust) สีน้ำตาล เหมือนอาหารที่ผ่านการทอดในบรรยากาศปกติ เพราะอุณหภูมิไม่สูงพอที่จะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

2.5.4.1 เครื่องทอดสุญญากาศ เครื่องทอดสุญญากาศประกอบด้วยตัวถังที่ใช้สาหรับทอดเครื่องควบแน่น (condenser) และปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump) ภายในตัวถังจะมีตะกร้าที่ใช้ใส่อาหารที่ต้องการทอดและตะกร้าสามารถหมุนเหวี่ยงได้เพื่อใช้ในการสลัดน้ำมันหลังจากการทอดเสร็จแล้วบางเครื่องอาจมีถังพักน้ำมันเพื่อเก็บน้ำมันที่ได้หลังจากการทอด และให้ความร้อนเริ่มต้นก่อนการทอดและเมื่อได้ความร้อนตามต้องการน้ำมันจะถูกส่งไปยังถังทอดซึ่งปริมาณของน้ำมันจะต้องท่วมผลิตภัณฑ์ในระหว่างการทอด (เชาว์ อินทร์ประสิทธิ์, 2555)

ภาพที่ 2.2 เครื่องทอดสุญญากาศ
ที่มา : (ภาพโดย ประกาศ ชมภู่ทอง, 11 กันยายน 2561)

ปัจจัยที่มีผลต่อเครื่องทอดสุญญากาศ

1. จำนวนวัตถุดิบที่ใส่ลงทอดในแต่ละครั้ง
2. องค์ประกอบของวัตถุดิบ
3. ขนาดชิ้นของวัตถุดิบที่นำลงทอด
4. อุณหภูมิที่ใช้ในการทอด
5. ระดับสุญญากาศและกำลังในการดูดของปั๊มสุญญากาศ
6. ปริมาณน้ำมันที่ใส่อยู่ในถังทอดในระหว่างการทอด
7. ชนิดและกำลังของแหล่งให้ความร้อน

2.5.4.2 ผลของการแปรรูปด้วยการทอดสุญญากาศต่อเนื้อสัมผัส การแปรรูปด้วยการทอดเป็นอีกวิธีการที่ง่ายมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนน้อยและอาหารกรอบส่วนใหญ่จะใช้วิธีการทอดที่ความดันบรรยากาศซึ่งต้องใช้อุณหภูมิน้ำมันสูงและทอดเป็นเวลานานส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเข้ม นอกจากนี้ยังมีการดูดซับน้ำมันในปริมาณสูงอีกด้วยดังนั้นปัจจุบันจึงมีการพัฒนาเทคนิคการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศซึ่งเป็นการลดจุดเดือดของของเหลวภายในอาหารทำให้น้ำระเหยออกจากอาหารได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าการทอดที่ความดันบรรยากาศซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการดูดซึมน้ำมันลดลง และการทอดภายใต้สภาวะความดันสุญญากาศมีแก๊สออกซิเจนเกิดขึ้นน้อยมากทำให้เกิดออกซิเดชันต่ำจึงทำให้มีระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (Garayo และ Moreira, 2002)

2.5.4.3 ผลการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านสี ผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดมักจะเกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีเข้ม หรือคล้ำมากขึ้น หรือกลายเป็นสีน้ำตาลในระหว่างกระบวนการผลิตทั้งแบบที่มีเอ็นไซม์และไม่มีเอ็นไซม์การเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวมีความสำคัญต่อคุณภาพอาหารซึ่งอาจทำให้อาหารมีคุณภาพดีขึ้น หรือเลวลงได้ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสีจึงมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร ดังนั้นจึงต้องมีระบบที่ใช้ในการวัดสีปัจจัยหลักที่ใช้ในการวัดสีได้แก่แหล่งกำเนิดแสงตามนุษย์และช่วงคลื่นแสงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้อยู่ในช่วง 380-770 นาโนเมตรโดยระบบที่นิยมใช้มี 3 ระบบ ได้แก่ ระบบ Munsell ระบบ CIE และระบบ Hunter การเปลี่ยนแปลงของสีของอาหารเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลมักเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตเช่นปอกแอปเปิลหรือกล้วยแล้ววางทิ้งไว้จะเกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลบริเวณที่ปอกเรียกปฏิกิริยานี้ว่าปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลซึ่งการเกิดสีน้ำตาลในอาหารส่วนใหญ่ไม่เป็นที่ต้องการเพราะบางครั้งอาจทำให้รสชาติไม่ดีและทำให้ลักษณะภายนอกของอาหารไม่น่าดูและไม่น่ารับประทานการเกิดสีน้ำตาลในอาหารมี 2 แบบคือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่อาศัยเอนไซม์ และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557)

1) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่อาศัยด้วยเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์เป็นการเปลี่ยนสีของอาหารที่เป็นผลมาจากสารประกอบจำพวกโมโนฟีนอลในเซลล์พืชในรูปที่มีออกซิเจนและเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) ถูกเติมหมู่ไฮดรอกซิลทำให้เกิดเป็นสารออร์โท-ไดฟีนอล (*O*-diphenol) และสารนี้จะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็นออร์โท-ควิโนน (*O*-quinones) เอนไซม์ PPO มีชื่อว่า พอลิฟีนอลเลสไทโรซเนสออร์โท-ไดฟีนอลออกซิเดส (*O*-diphenoloxidase) หรือ แคตีคอลออกซิเดส (Catechol oxidase) ค่าพีเอชที่เหมาะสมของเอนไซม์ PPO คือระหว่าง 5-7 เอนไซม์ PPO นี้ค่อนข้างจะไม่ทนความร้อนและสามารถถูกยับยั้งด้วยกรดเฮไลด์ (Halides) ฟีนอลแอซิค (Phenol acids) ซัลไฟด์สารที่จับกับโลหะ สารรีดิวซ์ เช่น กรดแอสคอร์บิก สารจับควิโนน (Quinine couplers) เช่น ซีสเตอีนและสารประกอบอื่น ๆ ที่สามารถจับกับสารที่เป็นสับสเตรทได้สารควิโนนจะเปลี่ยนแปลง และจับรวมตัวกันทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดกับสารประกอบฟีนอลอื่น ๆ หรือกับกรดอะมิโนได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557)

ซึ่งในงานวิจัยนี้วัตถุดิบหลักที่ใช้ คือ กล้วยหอมทอง แต่ปัญหาสำคัญของการแปรรูป คือการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) เป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาระหว่างกระบวนการผลิตส่งผลโดยตรงต่อการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงใช้กรดแอสคอร์บิคเป็นสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลทั้งในระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

2) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ (Non - enzymatic browning reaction) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์จะเกิดขึ้นเมื่ออาหารได้รับความร้อนจะมีการรวมตัวกันของหมู่อะมิโนกับสารประกอบรีดิวซิงซึ่งสามารถพัฒนาเป็นสารเชิงซ้อนสีเหลืองจนกระทั่งเป็นสีน้ำตาลแดงทำให้อาหารมีกลิ่นและรสชาติที่เฉพาะซึ่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) การเปลี่ยนสีเป็นผลมาจากปฏิกิริยาของหมู่คาร์บอนิล (Carbonyl group) และหมู่อะมิโนที่เป็นอิสระซึ่งนำไปสู่การเกิดเม็ดสีน้ำตาลของเมลานอยดิน (melanoidin) การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นการจำกัดอายุการเก็บรักษาของน้ำผักและผลไม้ ผักและผลไม้แห้ง และผลิตภัณฑ์จากส้ม นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลที่เป็นผลมาจากการเสื่อมเสียของน้ำตาลเองหรือเกิดจากการออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอนิล โดยผ่านขบวนการอัลโดลคอนเดนเซชัน (aldol condensation) หรือเกิดปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนให้ผลลัพธ์เป็นสารสีน้ำตาล การเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ในอาหารนั้นจะเกิดได้มากน้อยขึ้นอยู่กับสารตั้งต้นของการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard precursor) หรือวิตามินซี พีเอช ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ปริมาณออกซิเจน เวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษา (ประสาท สวัสดิ์ชิตัง, 2538)

2. ปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (Caramelization reactions) การเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากน้ำตาลที่อยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูงและเกิดการสูญเสียน้ำโดยไม่มีสารประกอบพวกอะมิโนหรือโปรตีน น้ำตาลบริสุทธิ์จะเกิดคาราเมลไลเซชันอย่างเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ตัวเร่งปฏิกิริยาคือฟอสเฟตอัลคาไลน์กรด และเกลือของกรดคาร์บอกซิลิค เช่น ซิเตรทฟูมาเรตและมาเลตสำหรับกลไกในการเกิดปฏิกิริยาเป็นที่ทราบกันว่าคล้ายกับการเกิดสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโน เปลี่ยนเป็นปฏิกิริยาการสูญเสียน้ำออกจากโมเลกุล (Enolization dehydration) และแตกตัวเป็นไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟิวรัล (hydroxymethylfurfural) (Berk, 1976)

2.6 การควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

สารเคมีหลายชนิดมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล แต่มีเพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถนำมาใช้ในผักและผลไม้ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557) ได้แก่การควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทางเคมีและการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทางกายภาพ

2.6.1 การควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทางเคมี สามารถทำได้ดังนี้

2.6.1.1 สารละลายเกลือ (Salt solution dip) เมื่อปอกผลไม้แล้ววางทิ้งไว้จะเกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลบริเวณที่ปอก การใช้สารละลายเกลือกับผลไม้เหล่านี้สามารถแก้ปัญหาการเกิดสีน้ำตาลได้ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เป็นสารที่มีประสิทธิภาพใน

การควบคุมการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลนำมาใช้กับผักและผลไม้หลายชนิด โซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5-1.0 มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผัก ผลไม้ โดยคลอไรด์มีบทบาทในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ส่วนโซเดียม หรือแคลเซียมไม่มีบทบาทในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล การใช้โซเดียมคลอไรด์กับผักและผลไม้มีข้อจำกัด คือทำให้ผักและผลไม้มีรสเค็ม โดยแคลเซียมช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับเซลล์ ทำให้การเกิดสีน้ำตาลและการเข้าทำลายของเชื้อน้อยลง (Belitz และ Groseh, 1999)

2.6.1.2 สารประกอบพวกซัลไฟต์ (Sulfiting agent) สารประกอบพวกซัลไฟต์เป็นสารที่รู้จักกันทั่วไปสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ระหว่างขั้นตอนการแปรรูปและในการเก็บรักษา มีการใช้ในรูปเกลือต่าง ๆ เช่น โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) โซเดียมไบซัลไฟต์ ($NaHSO_3$) โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_3$) รวมทั้งเกลือในรูปของโพแทสเซียมด้วย สารเหล่านี้จะยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ทั้งที่เกิดจากเอนไซม์และไม่อาศัยเอนไซม์และยังสามารถใช้แทนสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งเอนไซม์ PPO และทำปฏิกิริยากับสารตัวกลางได้เป็น Quinine-sulfur complexs ซึ่งสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557)

ส่วนในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ สารประกอบพวกซัลไฟต์ทำปฏิกิริยากับสารตัวกลางที่มีหมู่คาร์บอนิลอิสระหรือสารประกอบคาร์บอนิลอื่น ๆ จึงสามารถป้องกันไม่ให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปได้แล้วเกิดเป็นสีน้ำตาล แต่พบว่าการใช้ซัลไฟต์มีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคทำให้เกิดอาการหอบหืดและอาการแพ้ ซึ่งจะรุนแรงในกลุ่มผู้บริโภคที่แพ้สารนี้ จึงทำให้มีข้อจำกัดในการใช้ซัลไฟต์ ด้วยเหตุนี้สำนักงานอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (Food and drug administration ; FDA) ได้กำหนดปริมาณสารตกค้างของซัลไฟต์ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์ผักผลไม้บางอย่างมีซัลไฟต์ตกค้างได้ไม่เกิน 1,000 พีพีเอ็ม (Belitz และ Groseh, 1999)

2.6.1.3 สารละลายกรด (acid dip) การใช้กรดในผลไม้เพื่อช่วยปรับปรุงกลิ่นรสและยังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทำให้เก็บผลิตภัณฑ์นั้นได้นานขึ้น นอกจากนี้กรดยังช่วยลดอุณหภูมิที่ต้องใช้ในการแปรรูปของผลิตภัณฑ์ประเภทผักและผลไม้ ช่วยปรับปรุงสีของผักและผลไม้ให้ขาว การเลือกใช้กรดจะขึ้นอยู่กับชนิดของกรดที่มีอยู่มากในผลไม้หรือผักนั้น ๆ ผลไม้ทั่วไปส่วนมากจะมีกรดซิตริก องุ่นมีกรดทาร์ทาริก (หรือเรียกว่ากรดมะขาม) เป็นต้น การปฏิบัติขั้นเตรียมการโดยการจุ่มในสารละลายกรด (Acid dip) สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ที่ตัดเป็นชิ้นและต้องสัมผัสอากาศ เช่น ลูกแพร์ พีช แอปเปิล และกล้วย เป็นต้น สารละลายกรดที่นิยมใช้ได้แก่ สารละลายกรดแอสคอร์บิค (Ascorbic acid) และกรดซิตริก (Citric acid) เป็นสารที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคนิยมใช้กับผักและผลไม้แปรรูปโดยกรดซิตริกทำหน้าที่จับโลหะทองแดงในเอนไซม์ PPO และจากสมบัติความเป็นกรดของกรดซิตริกจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ยังทำหน้าที่ลด

พีเอชได้ ซึ่งพีเอชในช่วง 3.0 หรือน้อยกว่านี้ ทำให้เอนไซม์ PPO ไม่สามารถทำงานได้ (Buedo และคณะ, 2001)

สำหรับกรดแอสคอร์บิค (Ascorbic acid) หรือวิตามินซี เป็นสารที่ไม่มีพิษ ไม่ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ต้องการ อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการลดการเกิดสีน้ำตาลสูง ราคาไม่แพงและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยกรดแอสคอร์บิคมีสมบัติเป็นสารรีดิวซ์ซิ่ง เอเจนต์ (Reducing agent) สามารถรีดิวซ์สารควิโนนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล ให้กลับมาอยู่ในรูปของสารประกอบฟีนอลตามเดิม ผลไม้ที่นิยมใช้กรดแอสคอร์บิคในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ได้แก่ ชิ้นแครอท หัวกะหล่ำ เห็ด ผลอโวคาโด พีชและกล้วย (Buedo และคณะ, 2001)

2.6.2 การควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลด้วยวิธีทางกายภาพ การใช้ความร้อน เนื่องจากความร้อนมีผลต่อการควบคุมกิจกรรมของเอนไซม์ที่ก่อให้เกิดสีน้ำตาล โดยที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่แตกต่างกันสามารถควบคุมเอนไซม์ได้ต่างกัน การลวกเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกับเนื้อผักและผลไม้ เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์และออกซิเดชันซึ่งจะเกิดขึ้นระหว่างการอบแห้งและการเก็บรักษา

วัตถุประสงค์ของการลวกคือเพื่อทำลายเอนไซม์บางชนิด เช่น พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) และเพอร์ออกซิเดส (POD) ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีต่าง ๆ กับเนื้อเยื่อของผัก เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์และออกซิเจน ข้อดีของการลวก คือ ช่วยให้ผนังขยายตัว ลดระยะเวลาการอบแห้ง และไล่อากาศที่อยู่ภายในเซลล์ออกจากเนื้อเยื่อ ทำให้มีเนื้อสัมผัสนิ่มและช่วยให้สลายตัวของแคโรทีน และวิตามินซีเป็นไปอย่างช้า ๆ นอกจากนี้การลวกยังทำให้ผักสะอาดขึ้นและง่ายต่อการคืนตัวด้วยน้ำอีกด้วย การลวกทำได้โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่ตั้งไว้ ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการลวก ได้แก่ ชนิดและขนาดของผัก อุณหภูมิในการลวกและวิธีการให้ความร้อน จากนั้นทำให้เย็นโดยเร็วที่สุด วิธีการลวกแบ่งเป็น 2 วิธีคือ การลวกด้วยไอน้ำและการลวกด้วยน้ำร้อน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557; วิไล รังสาดทอง, 2547)

2.6.2.1 การลวกด้วยไอน้ำ (Steam blanching) การลวกด้วยไอน้ำเหมาะสำหรับผัก และผลไม้ที่มีพื้นที่หน้าตัดใหญ่เพราะจะเกิดการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการลวกด้วยน้ำร้อน วิธีการลวกอาจจะใช้เครื่องลวกหรือใช้หม้อต้มน้ำให้เกิดไอน้ำไหลผ่านชิ้นผักซึ่งคล้ายกับการนึ่ง ผักที่นิยมทำการลวกด้วยไอน้ำได้แก่ หัวบีท กะหล่ำปลี ข้าวโพด แครอท เป็นต้น (Beveridge และ Weintraub, 1995)

2.6.2.2 การลวกด้วยน้ำร้อน (Water blanching) การลวกด้วยน้ำร้อนโดยทั่วไปทำโดยการลวกผักผลไม้ที่อุณหภูมิ 70-100 องศาเซลเซียส ในเวลาที่กำหนดและส่งผ่านผักไปยังหน่วยทำให้เย็นและกำจัดน้ำออกไป การลวกด้วยน้ำร้อนจะเกิดการสูญเสียสารประกอบที่ละลายน้ำได้ เช่น

วิตามิน เกลือแร่ และน้ำตาลในปริมาณสูงกว่าการลวกด้วยไอน้ำ (วิไล รังสาดทอง, 2547) การลวกด้วยน้ำร้อนอาจจะใช้เครื่องลวกหรืออาจทำได้โดยใช้หม้อต้มน้ำให้เดือด โดยปริมาณน้ำที่ใช้ต้องเพียงพอกับกับปริมาณของผักที่จะทำการลวก ควรใช้เวลาในการลวกสั้น ๆ เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของเซลล์ผักซึ่งเป็นผลจากการได้รับความร้อนสูง (cooking effect) ผักที่นิยมทำการลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ได้แก่ บร็อคเคอรี่ ใช้ระยะเวลาในการลวก 2-3 นาที หน่อไม้ฝรั่ง ใช้ระยะเวลาในการลวก 2-4 นาที เมล็ดถั่วลันเตา ใช้ระยะเวลาในการลวก 1-4 นาที เป็นต้น (Beveridge และ Weintraub, 1995)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อนุวัตร แจ้งชัด และคณะ (2548) ศึกษากระบวนการทอดในสภาวะสุญญากาศที่ความดัน 630 มิลลิเมตรปรอท โดยปัจจัยที่ศึกษาได้แก่อุณหภูมิ 110 และ 120 องศาเซลเซียส เวลา 10 และ 15 นาที พบว่า การทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีมีปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์หลังทอดน้อยที่สุดคือร้อยละ 22.90 มีค่าความชื้นร้อยละ 2.36 เมื่อทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าความชอบรวมของทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จึงทำการเลือกสภาวะในการทอดนี้เพื่อใช้ในการพัฒนาสูตรโดยมีการปรุงแต่งกลิ่นรส 4 ชนิดได้แก่เกลือกระเพราชีสและบาร์บีคิวจากนั้นจึงนำไปทดสอบทางด้านการยอมรับของผู้บริโภคในด้านสีกลิ่นรสรสชาติและความชอบรวมพบว่ามันเทศทอดกรอบสุญญากาศรสบาร์บีคิวมีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) และผลิตภัณฑ์มันเทศทอดกรอบสุญญากาศปรุงแต่งกลิ่นรสบาร์บีคิวบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์มีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางได้รับการยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ร้อยละ 100

สุพัตรา พลูพืชชมน์ (2553) ได้ศึกษาสภาวะการทอดที่เหมาะสมของสับปะรด โดยได้ศึกษา 2 ปัจจัย คือ ลักษณะสับปะรดและระยะเวลา จากสับปะรดที่มีระดับลักษณะการสุกอ่อน และกลาง ทอดภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 80 และ 90 นาที พบว่าสับปะรดระดับการสุกอ่อนและกลางทอดภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที สับปะรดมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 เนื้อสัมผัส (ค่าแรงกด) อยู่ในช่วง 309.54 – 473.37 นิวตัน มีปริมาณน้ำอิสระ (Aw) ต่ำกว่า 0.7 และมีสีเหลืองใกล้เคียงกับสับปะรดสด

พิพรรธ ตั้งใจดี และคณะ (2556) ได้ศึกษาการทอดเปลือกมะม่วงเพื่อหาสภาวการณ์ทอดที่เหมาะสมภายใต้สภาพสุญญากาศ พบว่า การทอดเปลือกมะม่วงที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 121.3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เปลือกมะม่วงทอดได้คะแนนการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด ดังนั้นการทอดเปลือกมะม่วงภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 121.3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทอดเปลือกมะม่วง

ผาณิต รุจิรพิสิฐ (2552) ศึกษาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดรากบัวภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยแปรอุณหภูมิที่ใช้ทอดเป็น 90 100 และ 110 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ทอดเป็น 25 30 และ 35 นาที คัดเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม โดยวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ ทางด้านปริมาณน้ำอิสระ (Aw) ค่าสี L* a* และ b* ค่าแรงตัดขาดโดยเครื่อง Texture analyzer และประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-Point hedonic scale test ผลการทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาในการทอดเพิ่มขึ้น ค่า Aw และค่าแรงตัดขาด มีแนวโน้มลดลงในขณะที่ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ทอดเพิ่มขึ้น แต่ค่าความสว่างจะลดลง (L*) เมื่อใช้เวลาในการทอดเพิ่มขึ้น โดยผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ที่ทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสเวลา 25 นาทีเมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและเส้นใยสูง และมีปริมาณไขมันต่ำ

Garayo และ Moreira (2002) ได้พัฒนาวิธีการทอดแบบสุญญากาศเพื่อให้ได้มันฝรั่งแผ่นทอดที่มีปริมาณน้ำมันต่ำใช้วิธีการทอดสุญญากาศที่อุณหภูมิและความดันต่าง ๆ คือการทอดที่อุณหภูมิ 118 132 และ 144 องศาเซลเซียส ความดัน 16.661 9.888 และ 3.115 กิโลปาสกาลโดยทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสูญเสียความชื้น การดูดซึมน้ำมัน และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดแบบสุญญากาศได้แก่การหดตัวสีและเนื้อสัมผัสจากการทดลองพบว่าอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดและความดันสุญญากาศมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการสูญเสียความชื้น การดูดซึมน้ำมันของมันฝรั่งแผ่นและการหดตัวของผลิตภัณฑ์คือ เมื่อทอดที่อุณหภูมิสูงที่สุดคือ 144 องศาเซลเซียส และความดันต่ำสุดคือ 3.115 กิโลปาสกาลจะมีอัตราการสูญเสียความชื้นการดูดซึมน้ำมันและการหดตัวสูงที่สุดแต่อุณหภูมิ และความดันจะไม่มีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ส่วนความแข็งของผลิตภัณฑ์จะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและความดันต่ำลง

นันทพร อัคนิจ และคณะ (2555) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทอดกะเพราด้วยเครื่องทอดแบบสุญญากาศโดยเทคนิคพื้นผิวตอบสนอง (Response surface methodology, RSM) วางแผนการทดลองแบบ 3^2 Factorial in CRD เพื่อศึกษาผลของตัวแปรอิสระ 2 ปัจจัยคืออุณหภูมิในการทอดสุญญากาศ 3 ระดับคือ 90 100 และ 110 องศาเซลเซียส และเวลาในการทอด 3 ระดับคือ 3 4 และ 5 นาที ค่าคุณภาพที่นำมาศึกษา ได้แก่ผลผลิตกะเพราทอด (ร้อยละ) ค่า Aw ปริมาณไขมัน ค่าสี L* a* และ b* พบว่าอุณหภูมิและเวลาในการทอดมีผลต่อค่าคุณภาพของกะเพรา ($p \leq 0.05$) จากการหาพื้นที่ตอบสนองจะได้สภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการผลิตกะเพราทอดสุญญากาศคือการทอดกะเพราที่อุณหภูมิ 102 องศาเซลเซียส และเวลาทอดนาน 3.65 นาที ได้ผลผลิตกะเพราทอดสุญญากาศเท่ากับร้อยละ 30.58 ค่า Aw เท่ากับ 0.54 ปริมาณไขมันร้อยละ 63.06 และ a* เท่ากับ -2.41

อุมาพร อาลัย และคณะ (2557) ศึกษาผลของการแช่เยือกแข็ง และการทอดต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสสีและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศทดลองโดยลวกกระเจี๊ยบเขียวในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 น้ำหนักโดยปริมาตรที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 90 วินาทีจากนั้นแช่เยือกแข็งด้วยระบบลมเป่าแปรอุณหภูมิการแช่เยือกแข็งเป็น -20 -25 และ -30 องศาเซลเซียส แปรเวลาการแช่เยือกแข็งเป็น 4 และ 6 ชั่วโมงนำกระเจี๊ยบเขียวดังกล่าวมาทอดด้วยเครื่องทอดแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส แปรระยะเวลาการทอดเป็น 1.5 และ 2 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่าการเพิ่มระดับการแช่เยือกแข็งและการทอดทำให้กระเจี๊ยบเขียวทอดมีความกรอบดี และคงตัวมากขึ้นมีค่าความสว่าง (L*) และคะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลดลง ทรีทเมนต์ที่ดีที่สุดสำหรับการแปรรูปกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศ คือการลวกกระเจี๊ยบเขียวด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นเวลา 90 วินาที จากนั้นผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และทอดแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง

ณัฏชา เปี่ยมคล้า (2547) ศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทอดทุเรียนสุก ทดลองทอดทุเรียนที่ระดับความหวาน 24 องศาบริกซ์ ภายใต้สภาวะสุญญากาศ (<700 มิลลิเมตรปรอท) ในระดับอุณหภูมิ 75 80 และ 85 องศาเซลเซียส นาน 80 90 และ 100 นาที หลังจากทอดแล้วนำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าการทอดทุเรียนสุกภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 80 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมเพราะได้รับการยอมรับโดยรวมมากที่สุด ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทอดสุญญากาศ ทดลองทอดทุเรียนสุกที่มีระดับความหวาน 3 ระดับ ได้แก่ 19.2 25 4 และ 41.9 องศาเซลเซียส พบว่าค่าเฉลี่ยของความชื้น Aw ไขมัน TBA และค่าสีของทุเรียนที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95) โดยปริมาณไขมันในทุเรียนทอดจะแปรผันตรงกับระดับความหวาน และพบว่าทุเรียนทอดที่ได้จากระบบการหมุนเหวี่ยงสลัดน้ำมันภายใต้สภาวะสุญญากาศจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณความชื้น Aw ไขมัน และค่ากลิ่นหืน (TBA) ต่ำกว่าทำให้มีโอกาสในการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ และการเสื่อมคุณภาพจากปฏิกิริยาทางเคมีได้น้อยกว่า

เฉลิมพล ถนอมวงค์ และจักรพันธุ์ รอดทรัพย์ (2554) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทอดสับปะรดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยใช้สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) อยู่ในช่วงร้อยละ 14.2–17.0 หนาประมาณ 0.4-0.6 เซนติเมตรได้สภาวะที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิทอด 110 องศาเซลเซียส เวลา 40 นาที สับปะรดทอดที่ได้มีค่าความแข็งและเวลา ณ จุดแตกหัก เท่ากับ 1343.70 กรัม และ 1.10 วินาที ค่าสีโดยการวัดค่า L C h มีค่า 44.93 38.44 และ 76.66 ตามลำดับ ปริมาณไขมันร้อยละ 17.57 คะแนนความชอบรวม เท่ากับ 7.26 (ชอบปานกลาง) จากนั้นศึกษาวิธีการเตรียมสับปะรดที่เหมาะสมในการทอดสับปะรดภายใต้สภาวะสุญญากาศ ได้

วิธีการเตรียมที่เหมาะสมคือ สับปะรดสด โดยสับปะรดทอดที่ได้มีค่าความแข็ง และเวลา ณ จุดแตกหัก เท่ากับ 704.93 กรัม และ 1.03 วินาที ค่าสีโดยการวัดค่า L C h มีค่า 46.88 36.56 และ 75.30 ตามลำดับ ปริมาณไขมัน เท่ากับร้อย 16.37 คะแนนความชอบรวมชอบปานกลาง

เชิญพร จันทรสนาม และคณะ (2555) ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์แห้วทอดกรอบปรุงรส ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดแห้ว คือ 180 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ผู้ชิมให้คะแนนคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติและความชอบโดยรวมมากที่สุด ส่วนด้านเนื้อสัมผัสให้คะแนนมากที่สุดที่อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส โดยความชอบในคุณลักษณะด้านสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ (0.05) ส่วนความชอบในคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ (0.05) เมื่อนำแห้วทอดกรอบทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และกายภาพ สรุปได้ว่ามีค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 59.99 9.20 และ 33.54 ตามลำดับ ความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 4.22 ปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.50 และเนื้อสัมผัสเท่ากับ 87.07 กิโลกรัมต่อวินาที การศึกษาอายุการเก็บรักษาที่สภาวะปกติ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยบรรจุผลิตภัณฑ์แห้วทอดกรอบในถุงอะลูมิเนียมฟลอยล์ ปิดผนึกด้วยระบบสุญญากาศตรวจสอบอายุการเก็บรักษาทุก 1 สัปดาห์ จนครบกำหนด 4 สัปดาห์ เพื่อเปรียบเทียบการอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แห้วทอดกรอบ จากนั้นนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส คะแนนด้านความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ทดสอบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุก 1 สัปดาห์ สรุปได้ว่าผู้ชิมให้การยอมรับใน ด้านกลิ่น และเนื้อสัมผัสลดลงเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และกายภาพของแห้วทอดกรอบ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ แห้วทอดกรอบ ปรุงรส โดยใส่ผงปรุงรสในปริมาณร้อยละ 2 ของน้ำหนัก ผู้ชิมให้การยอมรับผงปรุงรสชีสมากกว่ารสต้มยำ และรสบาร์บีคิว

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุ และอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ

1) อุปกรณ์เครื่องครัว

3.1.2 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1) วัดค่าสี (L* a* b*) โดยใช้ วัดสี ยี่ห้อ HunterLab รุ่น Ultrascan VIS (U.S.A.) ระบบ CIE L*a*b*

2) วัดเนื้อสัมผัส ใช้เครื่อง Texture Analyzer (Stable micro systems รุ่น TA-XT plus, England) หัววัด HDP/CFS

3.1.3 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1) เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Satorius รุ่น PB-11 (Germany)

2) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Extraction system) รุ่น B 811

3) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UE 600 (Germany)

4) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Satorius รุ่น BP 210S (Germany)

5) เครื่องวัดความหวาน (Refractrometer) ยี่ห้อ ATAGO รุ่น RX5000α (Japan)

3.1.4 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

1) หม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ยี่ห้อ Rexmed รุ่น RAU-530D (Taiwan)

2) ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Incubator) ยี่ห้อ Selecta (Spain) รุ่น 2000237 (Spain)

3.1.5 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

1) อุปกรณ์ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส เช่น ถ้วย ช้อน ถาดแก้วน้ำ

2) แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.1.6 วัตถุดิบ

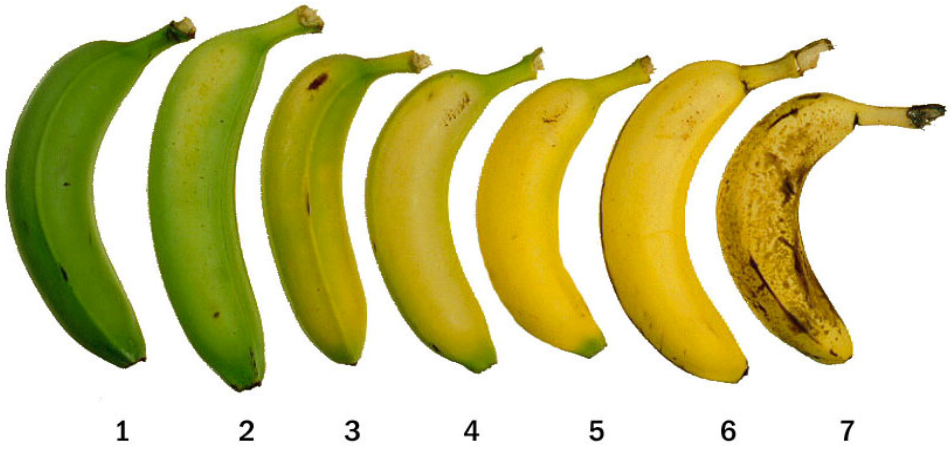
1) กล้วยหอมทอง

2) ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ ถุงกระดาษคราฟท์ และถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน

3.2 แบบแผนการดำเนินงานวิจัย วิธีการดำเนินการวิจัย มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาระยะการสุกของกล้วยหอมทองที่มีคุณลักษณะไม่ได้คุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ โดยนำกล้วยหอมทองมาบ่มให้มีระยะสุกตามดัชนีสีเปลือกที่อยู่ในระยะการสุกที่ 3 และ 4 มาปอกเปลือกชั่งน้ำหนักเนื้อ และเปลือก นำกล้วยมาหั่นเป็นชิ้นตามขวางให้มีความหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร

ระยะสุกตามดัชนีสีเปลือกของกล้วยหอมทอง โดยมีการจำแนกระยะการสุกของกล้วยจากสีผิวออกเป็น 7 ระยะ (ดังภาพที่ 3.1) คือ ระยะที่ 1 Green เปลือกเขียว ผลแข็งไม่มีการสุก ระยะที่ 2 Green with a trace of yellow เริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเหลืองนิด ๆ ระยะที่ 3 More green than yellow เปลี่ยนจากเขียวเป็นเหลืองมากขึ้น แต่ยังมีสีเขียวมากกว่าเหลือง ระยะที่ 4 More yellow than เปลือกมีสีเหลืองมากกว่าเขียว ระยะที่ 5 Green tip เปลือกเป็นสีเหลืองแต่ปลายยังเขียวอยู่ ระยะที่ 6 All yellow มีสีเหลืองทั้งผล (ผลสุก) และระยะที่ 7 Yellow flecked with brown ผิวสีเหลืองมีจุดกระสีน้ำตาล (สุกเต็มที่มีกลิ่นหอม) (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545)



ภาพที่ 3.1 ระยะการสุกของกล้วยหอมทอง
ที่มา : เบญจมาศ ศิลาย้อย (2545)

นำมาทดสอบค่าปัจจัยคุณภาพก่อนและหลังการทอด ได้แก่

1. การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ

1.1 การวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ด้านความแน่นเนื้อของกล้วยหอมทอง ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) (Stable micro systems รุ่น TA-XT plus, England) โดยสุ่มวัดผลกล้วยที่ยังไม่ปอกเปลือก และปอกเปลือกแล้ว โดยวัดส่วนของผิวนอกผล จำนวน 3 จุดต่อผล เพื่อหาค่าเฉลี่ยต่อผล ใช้หัววัดแบบ P/6 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 5 มิลลิเมตร กดลึกลงไปในเนื้อกล้วย

5 มิลลิเมตร ความเร็วในการกด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะห่างระหว่างหัวกดกับแท่นรองผลเท่ากับ 50 มิลลิเมตร ค่าความแน่นเนื้อที่ได้บันทึกผลหน่วยเป็นหน่วยนิวตัน (Newton : N/mm)

1.2 ค่าสี ระบบ L* a* และ b* วัดด้วยเครื่องวัดค่าสีเครื่องวัดสี (HunterLab รุ่น Ultrascan VIS, U.S.A.) โดยใช้โปรแกรม Universal ดัดแปลงวิธีของ Fernandez (2003) ปรับมาตรฐานสีสำหรับการวัดแบบ Reflectance จากนั้นวัดค่าสีของตัวอย่างโดย ค่า L* หมายถึง ค่าความสว่างของสีจาก 0 – 100 (สีดำ – สีขาว) ค่า a* หมายถึง ค่าสี เขียวไปจนถึงสีแดง (ค่า a* เป็นบวก) หมายถึง สีแดง ค่า a* เป็นลบ หมายถึง สีเขียว) ค่า b* หมายถึง ค่าสีน้ำเงินไป จนถึงสีเหลือง (ค่า b* เป็นลบ หมายถึง สีน้ำเงิน ค่า b* เป็นบวก หมายถึง สีเหลือง) (วัชรี เทพโยธิน และคณะ, 2556) โดยสุ่มวัดผลกล้วยที่ยังไม่ปอกเปลือก และปอกเปลือกแล้ว โดยวัดส่วนของผิวนอกผล จำนวน 3 จุดต่อผลเพื่อหาค่าเฉลี่ยต่อผล

1.3 คุณภาพทางประสาท โดยใช้การทดสอบแบบ 9-Point hedonic scale ให้คะแนนการยอมรับ 9 ระดับ (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 9 = ชอบมากที่สุด) โดยการทำประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ จากผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน โดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน

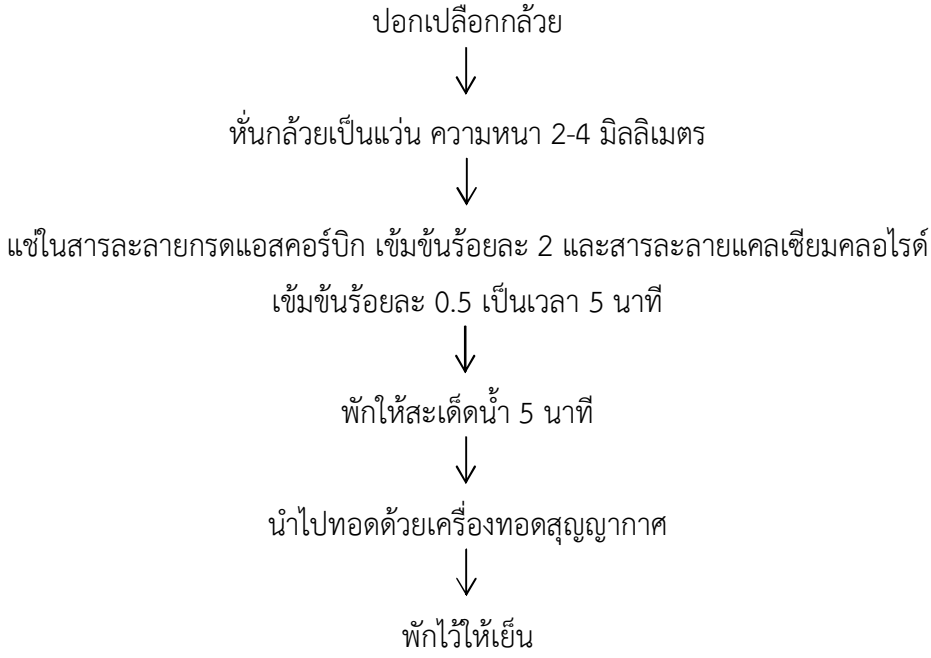
1.4 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี มีดังนี้

1) ค่าความเป็นกรด-ด่าง วัดด้วยเครื่อง pH meter ดัดแปลงวิธีของ Tuyen และคณะ (2010) ปรับมาตรฐานเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่า 7.0 และ 4.0 เตรียมตัวอย่างโดยชั่งน้ำหนักกล้วยหอมทอง 50 กรัม เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่น จากนั้นวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่าง และบันทึกค่าที่วัดได้ (วัชรี เทพโยธิน และคณะ, 2556) ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย

2) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total soluble solid) วัดด้วย Automatic digital refractometer (ATAGO รุ่น RX5000α) ตามวิธี AOAC (2000) ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย

3) ปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC (2000) ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาสภาวะอุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการทอดกล้วยหอมทองด้วยระบบสุญญากาศ ทำการโดยนำกล้วยหอมทองที่ได้จากการคัดเลือกระยะการสุกจากขั้นตอนที่ 1 มาหั่นเป็นชิ้นตามขวางให้มีความหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำมาทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศที่ใช้อุณหภูมิในการทอด 3 ระดับ คือ 100 105 และ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 20 และ 25 นาที เพื่อคัดเลือกระดับของอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทอดเพื่อนำไปพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศในขั้นตอนที่ 3



ภาพที่ 3.2 กระบวนการผลิตกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ
ดัดแปลงจาก : วรพรรณ บัญชาจารุรัตน์ (2552)

โดยนำมาวัดค่าปัจจัยคุณภาพได้แก่

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ใช้วิธีทดสอบความชอบแบบ 9-Point Hedonic scale ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ช่วงคะแนน 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 50 คน

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

2.1 ค่าสี ระบบ L* a* และ b* วัดด้วยเครื่องวัดค่าสี (HunterLab รุ่น Ultrascan VIS, U.S.A.) โดยใช้โปรแกรม Universal ดัดแปลงวิธีของ Fernandez (2003) ปรับมาตรฐานสีสำหรับการวัดแบบ Reflectance จากนั้นวัดค่าสีของตัวอย่างโดย ค่า L* หมายถึง ค่าความสว่างของสีจาก 0 – 100 (สีดำ – สีขาว) ค่า a* หมายถึง ค่าสี เขียวไปจนถึงสีแดง (ค่า a* เป็นบวก) หมายถึง สีแดง ค่า a* เป็นลบ หมายถึง สีเขียว) ค่า b* หมายถึง ค่าสีน้ำเงินไป จนถึงสีเหลือง (ค่า b* เป็นลบ หมายถึง สีน้ำเงิน ค่า b* เป็นบวก หมายถึง สีเหลือง) (วัชรี เทพโยธิน และคณะ, 2556)

2.2 ค่าความแข็งกรอบ ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) (Stable micro systems รุ่น TA-XT plus, England) หัววัด HDP/CFS กดลึกลงไปในเนื้อ 5 มิลลิเมตร ความเร็วใน

การกด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะห่างระหว่างหัวกดกับแท่นรองผลเท่ากับ 50 มิลลิเมตร ค่าความแน่นเนื้อที่ได้บันทึกผลหน่วยเป็นหน่วยนิวตัน (Newton : N/mm)

2.3 ปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC (2000)

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาการปรุงแต่งกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ นำกล้วยหอมทองที่ได้คัดเลือกระดับของอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทอด นำไปพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบจากโดยการปรุงแต่งกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ จำนวน 4 รส คือ รสดั้งเดิม (ชุดควบคุมที่ไม่ปรุงรส) รสบาร์บีคิว รสปาปริก้า และรสซีส ในปริมาณร้อยละ 0 2 4 6 และ 8 โดยนำมาทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกรสชาติที่ผู้ทดสอบให้ความชอบมากที่สุดสำหรับพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบ นำมาวัดค่าปัจจัยคุณภาพได้แก่

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

1.1 ค่าสี ระบบ L* a* และ b* วัดด้วยเครื่องวัดค่าสี (HunterLab รุ่น Ultrascan VIS, U.S.A.) โดยใช้โปรแกรม Universal ดัดแปลงวิธีของ Fernandez (2003) ปรับมาตรฐานสีสำหรับการวัดแบบ Reflectance จากนั้นวัดค่าสีของตัวอย่างโดย ค่า L* หมายถึง ค่าความสว่างของสีจาก 0 – 100 (สีดำ – สีขาว) ค่า a* หมายถึง ค่าสี เขียวไปจนถึงสีแดง (ค่า a* เป็นบวก) หมายถึง สีแดง ค่า a* เป็นลบ หมายถึง สีเขียว) ค่า b* หมายถึง ค่าสีน้ำเงินไป จนถึงสีเหลือง (ค่า b* เป็นลบ หมายถึง สีน้ำเงิน ค่า b* เป็นบวก หมายถึง สีเหลือง) (วัชรี เทพโยธิน และคณะ, 2556)

1.2 ค่าความแข็งกรอบ ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) (Stable micro systems รุ่น TA-XT plus, England) หัววัด HDP/CFS กดลึกลงไปในเนื้อ 5 มิลลิเมตร ความเร็วในการกด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะห่างระหว่างหัวกดกับแท่นรองผลเท่ากับ 50 มิลลิเมตร ค่าความแน่นเนื้อที่ได้บันทึกผลหน่วยเป็นหน่วยนิวตัน (Newton : N/mm)

1.3 ปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC (2000)

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ใช้วิธีทดสอบความชอบแบบ 9-Point Hedonic scale ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ช่วงคะแนน 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 50 คน

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ โดยศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากขั้นตอนที่ 3 มาบรรจุใน

บรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด คือ ถุงพลาสติกพอลีไพรไพลีน (PP) ถุงอะลูเนียมฟอยด์ และถุงกระดาษคราฟท์เคลือบด้วยพลาสติกพอลีไพรไพลีน (PP) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 32-35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน เพื่อหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ โดยทำการสุ่มตัวอย่างมาทดสอบทุก 2 สัปดาห์ นำมาวัดค่าปัจจัยคุณภาพได้แก่

1. คุณภาพด้านกายภาพ

1.1 ค่าสี (L* a* b*) ระบบ L* a* และ b* วัดด้วยเครื่องวัดค่าสี (HunterLab รุ่น Ultrascan VIS, U.S.A.) โดยใช้โปรแกรม Universal ดัดแปลงวิธีของ Fernandez (2003) ปรับมาตรฐานสีสำหรับการวัดแบบ Reflectance จากนั้นวัดค่าสีของตัวอย่างโดย ค่า L* หมายถึง ค่าความสว่างของสีจาก 0 – 100 (สีดำ – สีขาว) ค่า a* หมายถึง ค่าสี เขียวไปจนถึงสีแดง (ค่า a* เป็นบวก) หมายถึง สีแดง ค่า a* เป็นลบ หมายถึง สีเขียว) ค่า b* หมายถึง ค่าสีน้ำเงินไป จนถึงสีเหลือง (ค่า b* เป็นลบ หมายถึง สีน้ำเงิน ค่า b* เป็นบวก หมายถึง สีเหลือง) (วัชรี เทพโยธิน และคณะ, 2556)

1.2 ค่าความแข็งกรอบ ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) (Stable micro systems รุ่น TA-XT plus, England) หัววัด HDP/CFS กดลึกลงไปในเนื้อ 5 มิลลิเมตร ความเร็วในการกด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะห่างระหว่างหัวกดกับแท่นรองผลเท่ากับ 50 มิลลิเมตร ค่าความแน่นเนื้อที่ได้บันทึกผลหน่วยเป็นหน่วยนิวตัน (Newton : N/mm)

2. คุณภาพด้านเคมี

2.1 วิเคราะห์ไขมัน (วิเคราะห์สัปดาห์ที่ 0) สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ (AOAC, 2000)

2.2 วิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid (TBA) (วิเคราะห์สัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 8)

2.3 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

3. คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้การทดสอบแบบ 9-Point hedonic scale ให้คะแนนการยอมรับ 9 ระดับ (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 9 = ชอบมากที่สุด) โดยการทำประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ จากผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน โดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน

4. คุณภาพทางจุลินทรีย์

4.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000)

4.2 ยีสต์และรา (AOAC, 2000)

4.3 สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (AOAC, 2000)

4.4 เอสเชอริเชีย โคไล (AOAC, 2000)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ผลทางสถิติในการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ และเคมี ใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan new multiple range teat (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้การวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan new multiple range teat (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ผลทางสถิติในการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ และเคมี ใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan new multiple range teat (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การทดสอบประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in CBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan new multiple range teat (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติในการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ และเคมี ใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan new multiple range teat (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การทดสอบประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in CBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan new multiple range teat (DMRT โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติในการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ และเคมี ใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan new multiple range teat (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การทดสอบประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in CBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan new multiple range teat (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และการประเมินทดสอบคุณภาพด้านเชื้อจุลินทรีย์ วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) และแบบ Independent t-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3 เครื่องมือในการวิจัย

ใช้แบบการประเมินคุณภาพการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส (ภาคผนวก ข)

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปราย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองเพื่อเพิ่มมูลค่าและเป็นการใช้ประโยชน์จากกล้วยหอมทองที่มีคุณลักษณะคุณภาพไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผลการศึกษาระยะการสุกของกล้วยหอมทองที่มีคุณลักษณะไม่ได้คุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อคัดเลือกระยะการสุกที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ ผลการตรวจสอบคุณภาพมีดังนี้

1.1 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ นำกล้วยหอมทองที่อยู่ในระยะการสุกที่ 3 และ 4 ทั้งก่อนและหลังการทอดด้วยระบบสุญญากาศทั้ง 2 ระยะ มาตรวจวัดค่าสีและค่าเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง มีผลดังนี้

ตารางที่ 4.1 คุณภาพด้านกายภาพของกล้วยหอมทองที่ระยะการสุกต่าง ๆ

ระยะการสุกของกล้วยหอม (ก่อนทอด)	ค่าสี			ค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน/ตร.ซม.)
	L* ns	a* ns	b* ns	
ระยะที่ 3	81.01±0.51	1.31±0.61	21.89±0.31	2.39±0.37[a]
ระยะที่ 4	79.14±0.30	1.56±0.24	22.22±0.61	1.77±0.59[b]

หมายเหตุ : อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[ns]หมายถึง ตัวอย่างในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบคุณภาพด้านกายภาพของกล้วยหอมทองระยะที่ 3 และระยะที่ 4 พบว่าค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 79.14±0.30 ถึง 81.01±0.51 ค่าสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 1.31±0.61 ถึง 1.56±0.24 และค่าสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 21.89±0.31 ถึง 22.22±0.61 ส่วนค่าความแน่นเนื้อของกล้วยหอมทอง พบว่าระยะที่ 3 มีค่าความแน่นเนื้อที่ 2.39±0.37 มากกว่าระยะที่ 4 มีความแน่นเนื้อที่ 1.77±0.59 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งระยะการสุกที่มากขึ้นเป็นผลมาจากการสลายตัวของแป้งไปเป็นน้ำตาลทำให้มีค่าความแน่นเนื้อลดลง

ตารางที่ 4.2 คุณภาพด้านกายภาพของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่ระยะการสุกต่าง ๆ

ระยะการสุกของกล้วยหอม (หลังทอด)	ค่าสี			ค่าความแข็งกรอบ (นิวตัน/ตร.ซม.)[ns]
	L*	a*	b*	
ระยะที่ 3	55.15±0.02[a]	11.07±0.30[a]	32.05±0.60[b]	4.46±1.00
ระยะที่ 4	45.59±0.51[b]	8.22±0.75[b]	34.57±0.71[a]	4.07±0.31

หมายเหตุ : อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[ns]หมายถึง ตัวอย่างในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบคุณภาพด้านกายภาพของกล้วยหอมทองหลังการทอดด้วยระบบสุญญากาศที่ระยะการสุกทั้ง 2 ระยะ พบว่าค่าสีด้านความสว่าง (L*) เมื่อระยะการสุกของกล้วยเพิ่มขึ้นค่าความสว่างจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความสว่างเท่ากับ 55.15±0.02 และ 45.59±0.51 ที่ระดับความสุกของกล้วยระยะที่ 3 และ 4 ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ปิยะทิพย์ สัมพันธ์ประทีป, 2550) ศึกษาผลของการเตรียมการก่อนการทอด และระดับความสุกต่อคุณภาพกล้วยหอมทองแว่นทอดภายใต้สุญญากาศ พบว่าค่าความสว่างของตัวอย่างลดลงเมื่อการสุกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากระหว่างการสุกของกล้วยจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นสับเตรทของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ ซึ่งจะเกิดกับอาหารที่ได้รับความร้อน และมีการสูญเสียน้ำ ดังนั้นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์จะเกิดมากขึ้นเมื่อกล้วยมีระดับความสุกมากขึ้น

ค่าสีแดง (a*) ซึ่งพบว่าในระยะการสุกของกล้วยระยะที่ 3 มีค่าสีแดงมากกว่าระยะที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มีค่าสีแดง (a*) เท่ากับ 11.07±0.30 ส่วนระยะที่ 4 ค่าสีแดง (a*) เท่ากับ 8.22±0.75

ค่าสีเหลือง (b*) ซึ่งพบว่าในระยะการสุกของกล้วยระยะที่ 4 มีค่าสีเหลืองมากกว่าระยะที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มีค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 34.57±0.71 ส่วนระยะที่ 3 มีค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 32.05±0.60

การวัดเนื้อสัมผัสด้านความแข็งกรอบ พบว่าระยะการสุกกล้วยหอมทองภายหลังการทอดด้วยระบบสุญญากาศทั้ง 2 ระยะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) การสุกของกล้วยระยะที่ 3 และ 4 มีค่าความแข็งกรอบที่ 4.46±1.00 และ 4.07±0.31 นิวตัน/ตร.ซม. ตามลำดับ

1.2 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี นำกล้วยหอมทองที่อยู่ในระยะการสุกที่ 3 และ 4 ทั้งก่อนและหลังการทอดสุญญากาศทั้ง 2 ระยะ มาตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ค่าพีเอช) และปริมาณกรดทั้งหมด ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คุณภาพด้านเคมีของกล้วยหอมทองที่ระยะการสุกต่าง ๆ

ระยะการสุกของกล้วยหอม (ก่อนทอด)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง^{ns} (pH)	ปริมาณกรดซิตริก^{ns} (ร้อยละ)
ระยะที่ 3	8.08±0.09^{b}	4.86±0.02	0.18±0.00
ระยะที่ 4	9.58±0.30^{a}	4.81±0.02	0.17±0.01

หมายเหตุ : อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิ(p≤0.05)

^{ns}หมายถึง ตัวอย่างในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบคุณภาพด้านเคมีของกล้วยหอมทองที่ระยะการสุก 2 ระยะ พบว่าระยะที่ 4 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าที่ 9.58±0.30 องศาบริกซ์ มากกว่าระยะที่ 3 มีค่าที่ 8.08±0.09 อย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05) เนื่องจากเมื่อผลไม้สุกจะเปลี่ยนแป้งที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ไปเป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดที่เล็กลง และสามารถละลายได้มากขึ้น ทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ผลไม้มีรสหวาน (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของกรดซิตริก พบว่าระยะการสุกทั้ง 2 ระยะ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณความชื้นของกล้วยหอมทองที่มีคุณลักษณะไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่ระยะการสุก 3 – 4 (ต่อน้ำหนักกล้วย 100 กรัม)

ระยะการสุก	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)^{ns}
3	75.84±1.19
4	75.56±0.69

หมายเหตุ : ^{ns} หมายถึง ตัวอย่างในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากตารางที่ 4.4 ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของกล้วยหอมทอง พบว่าระยะการสุกที่ 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกัน (p>0.05) โดยมีค่าความชื้นเฉลี่ย ร้อยละ 75.84±1.19 และ 75.56±0.69 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 คุณภาพด้านเคมีของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่ระยะการสุกต่าง ๆ

ระยะการสุกของกล้วยหอม (หลังทอด)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง^{ns} (pH)	ปริมาณกรดซิตริก^{ns} (ร้อยละ)
ระยะที่ 3	12.24±0.09^{b}	4.62±0.03	0.18±0.01
ระยะที่ 4	13.16±0.24^{a}	4.50±0.02	0.16±0.01

หมายเหตุ : อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

^{ns}หมายถึง ตัวอย่างในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบคุณภาพด้านเคมีของกล้วยหอมทองสุกระยะที่ 3 และระยะที่ 4 ภายหลังการทอดด้วยระบบสุญญากาศ พบว่ากล้วยสุกระยะที่ 4 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ 13.16±0.24 องศาบริกซ์ ซึ่งมีค่าสูงกว่ากล้วยสุกระยะที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มีค่าที่ 12.24±0.09 องศาบริกซ์ ส่วนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดซิตริก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 4.62±0.03 และ 4.50±0.02 ตามลำดับ และมีปริมาณกรดซิตริกที่ 0.18±0.01 และ 0.16±0.01 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 ปริมาณความชื้นของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่ระยะการสุกต่าง ๆ

ระยะการสุก	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)^{ns}
3	1.54±0.03
4	1.66±0.04

หมายเหตุ : ^{ns} หมายถึง ตัวอย่างในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 ปริมาณความชื้นกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่ระยะการสุกที่ 3 และ ระยะการสุกที่ 4 ไม่มีความแตกต่าง ($p > 0.05$) โดยมีปริมาณความชื้นที่ร้อยละ 1.54±0.03 และ 1.66±0.04 ตามลำดับ

1.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำกล้วยหอมทองภายหลังการทอดมาทำทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกระยะการสุกของกล้วยหอมทองที่เหมาะสมต่อการทอดสุญญากาศ ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัสระยะการสุกของกล้วยหอมทองการทอดด้วยระบบสุญญากาศ

คุณลักษณะ	ระยะการสุก	
	ระยะที่ 3	ระยะที่ 4
ลักษณะปรากฏ^{ns}	6.34±1.33	7.24±1.18
สี	6.18±1.61^{b}	7.48±0.90^{a}
รสชาติ^{ns}	6.48±1.35	6.52±1.59
ความกรอบ^{ns}	7.18±1.36	7.30±1.23
ความชอบโดยรวม^{ns}	6.80±1.14	7.18±1.25

หมายเหตุ : อักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns}หมายถึง ตัวอย่างในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.7 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองภายหลังการทอดสุญญากาศ พบว่าการสุกของกล้วยในระยะที่ 4 ผู้ทดสอบให้คะแนนความการยอมรับด้านสีสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับสุกของกล้วยระยะที่ 3 ที่คะแนน 7.48±0.90 และ 6.18±1.61 ตามลำดับ ส่วนคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ ความกรอบ ความชอบโดยรวม ไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ผู้ทำการวิจัยจึงคัดเลือกกล้วยหอมทองที่มีระยะการสุกอยู่ระยะที่ 4 คือ สีของเปลือกกล้วยมีสีเหลืองมากกว่าเขียว สำหรับนำไปใช้ในการทดลองขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ นำกล้วยหอมทองสุกระยะที่ 4 ที่ได้คัดเลือกจากขั้นตอนที่ 1 มาศึกษาสภาวะการทอดที่เหมาะสมด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ ใช้อุณหภูมิการทอด 3 ระดับ คือ 100 105 และ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 20 และ 25 นาที เพื่อให้ได้ระดับอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมต่อการทอดกล้วยหอมทองด้วยระบบสุญญากาศโดยผลการทดลอง มีดังนี้

2.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส จากตารางที่ 4.8 พบว่ากล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที ผู้ทดสอบให้การยอมรับคุณภาพในทุกด้านมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับเวลาทอดที่ 15 นาที ในด้านรสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม และแตกต่างกับเวลาทอดที่ 20 นาที ในด้านลักษณะปรากฏ สี และรสชาติ โดยมีค่าคะแนนที่ 7.40±1.17 6.98±1.36 7.20±1.47 7.46±1.48 และ 7.58±1.41 ตามลำดับ แต่คุณลักษณะด้านสี ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่เวลา 15 นาทีมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) กับกล้วยที่ทอดด้วยเวลา 25 นาที เนื่องจากเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทอดที่มากขึ้นจะทำให้สีของกล้วยหอมทองทอดมีสีเข้มขึ้นเป็นผลเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดจากความร้อน จึงเลือกการทอดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที สำหรับนำไปใช้การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในขั้นตอนต่อไป

จากการทอดด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับในคุณลักษณะด้านรสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมมากที่สุดที่คะแนน 7.42±1.16 8.06±0.91 และ 7.58±1.41 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับเวลาทอดที่ 15 นาที แต่ไม่แตกต่างกับกล้วยที่ทอดด้วยเวลา 20 นาที และที่เวลาทอด 15 นาที ผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้านคุณลักษณะปรากฏ และสี มากที่สุดที่คะแนน 7.52±0.99 และ 7.42±1.09 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนคุณลักษณะด้านรสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) จึงเลือกการทอดที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที สำหรับนำไปใช้การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในขั้นตอนต่อไป

เนื่องจากกระบวนการทอดอาหารในน้ำมันไม่มีผลต่อรสชาติของอาหาร โดยน้ำมันมีบทบาทหน้าที่ในการนำความร้อนเข้าสู่ชิ้นอาหารทำให้ปริมาณน้ำในชิ้นอาหารมีปริมาณลดลง (เชิญพร จันทร์สนาม, 2555) คุณลักษณะทางด้านความกรอบ และความชอบโดยรวม ผู้บริโภคให้การยอมรับกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่ทอดเป็นเวลา 20 และ 25 นาที มากที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เนื่องจากระยะเวลาในการทอดที่เพิ่มขึ้นทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์ระเหยออกมากกว่าการทอดที่ใช้เวลาน้อย

ส่วนผลการทอดด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ที่เวลาทอด 20 นาที พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับที่เวลาทอด 15 นาที แต่แตกต่างกับที่ทอดเวลา 25 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) และแตกต่างกันในด้านความชอบโดยรวมที่เวลาทอด 15 นาทีและ 25 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยที่เวลาทอดที่ 25 นาที ผู้ทดสอบให้การยอมรับคุณลักษณะด้านความกรอบมากที่สุด จึงเลือกการทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที สำหรับใช้การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ

สภาวะการทอด	คุณลักษณะ				
	ลักษณะปรากฏ	สี	รสชาติ	ความกรอบ	ความชอบโดยรวม
100 องศาเซลเซียส					
15 นาที	7.14±1.42^{ab}	7.18±1.42^{a}	6.14±1.88^{c}	5.60±1.96^{b}	6.52±1.34^{b}
20 นาที	7.02±1.50^{b}	7.08±1.12^{b}	6.72±1.85^{b}	7.30±1.85^{a}	7.22±1.54^{a}
25 นาที	7.40±1.17^{a}	6.98±1.36^{ab}	7.20±1.47^{a}	7.46±1.48^{a}	7.58±1.41^{a}
105 องศาเซลเซียส					
15 นาที	7.52±0.99^{a}	7.42±1.09^{a}	7.24±1.22^{ns}	5.52±2.01^{b}	6.88±1.23^{b}
20 นาที	7.18±1.12^{b}	7.24±1.11^{b}	7.62±1.38^{ns}	7.92±0.98^{a}	7.78±1.10^{a}
25 นาที	6.48±1.25^{c}	6.82±1.17^{c}	7.42±1.16^{ns}	8.06±0.91^{a}	7.60±1.11^{a}
110 องศาเซลเซียส					
15 นาที	7.18±1.41^{a}	7.48±1.16^{a}	7.24±1.47^{ns}	6.46±1.49^{c}	6.46±1.14^{b}
20 นาที	6.90±1.60^{a}	7.41±1.10^{a}	7.10±1.46^{ns}	7.13±1.54^{b}	7.28±1.10^{a}
25 นาที	6.48±1.37^{b}	6.44±1.55^{b}	6.80±1.57^{ns}	7.68±1.09^{a}	6.54±1.13^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างในแนวตั้งของแต่ละอุณหภูมิมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

^{ns}หมายถึง ตัวอย่างในแนวตั้งของแต่ละอุณหภูมิไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ ผู้ทำการวิจัยได้คัดเลือกระยะเวลาที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุดของแต่ละอุณหภูมิในการทอดมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดเพื่อคัดเลือกให้เหลือเพียงสภาวะเดียว ได้แก่ ที่ 100 องศาเซลเซียส เวลาทอด 25 นาที ที่ 105 องศาเซลเซียส เวลาทอด 20 นาที และที่ 110 องศาเซลเซียส เวลาทอด 20 นาที

ตารางที่ 4.9 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิและระยะเวลาการทอดต่าง ๆ

คุณลักษณะ	**สภาวะการทอด**		
	100°C นาน 25 นาที	**105°C นาน 20 นาที**	**110°C นาน 20 นาที**
ลักษณะปรากฏ	7.22±0.97^{b}	7.68±0.71^{a}	6.46±1.18^{c}
สี	7.56±0.67^{a}	7.78±0.64^{a}	5.42±1.31^{b}
รสชาติ^{ns}	7.31±0.68	7.52±0.88	7.46±0.87
ความกรอบ	6.02±1.49^{b}	8.14±0.53^{a}	7.84±0.84^{a}
ความชอบโดยรวม	6.42±1.19^{b}	8.06±0.42^{a}	6.52±1.14^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns}หมายถึง ตัวอย่างในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ พบว่าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลาทอด 20 นาที โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมมากที่สุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ที่คะแนน 7.68±0.71 7.78±0.64 7.52±0.88 8.14±0.53 และ 8.06±0.42 ตามลำดับ ผู้ทำการวิจัยจึงเลือกอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ซึ่งเป็นสภาวะของอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทอดกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศที่ระดับอุณหภูมิ และเวลาทอดที่แตกต่างกัน มีผลดังนี้

ตารางที่ 4.10 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่ระดับอุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

สภาวะการทอด	ค่าสี			ค่าความแข็งกรอบ	ความชื้น
	L*	a*	b*	(นิวตัน/ตร.ซม.)	(ร้อยละ)
100℃ 25 นาที	60.61±0.60[a]	7.01±0.15[b]	29.02±0.71[c]	5.60±1.01[a]	2.08±0.04[a]
105℃ 20 นาที	58.68±0.42[b]	7.76±0.67[b]	30.12±1.83[b]	3.15±0.70[b]	1.66±0.04[b]
110℃ 20 นาที	56.44±0.52[c]	10.02±0.27[a]	33.53±0.84[a]	3.84±0.48[b]	1.54±0.03[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่ระดับอุณหภูมิ และเวลาแตกต่างกัน พบว่าค่าความสว่าง (L*) สภาวะการทอดที่ต่างกันส่งผลให้ค่าความสว่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการทอดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที มีค่าความสว่างสูงที่สุด เท่ากับ 60.61±0.60 ค่าความสว่างจะลดลงเมื่ออุณหภูมิในการทอดเพิ่มขึ้น ค่าสีแดง (a*) พบว่า เมื่ออุณหภูมิ และเวลาในการทอดเพิ่มค่าสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยการทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีค่าสีแดงสูงที่สุด เท่ากับ 10.02±0.27

ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ของกล้วยหอมทองหลังการทอดจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นโดยการทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีค่าสีเหลืองสูงที่สุด เท่ากับ 33.53±0.84 ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ปิยะทิพย์ สัมพันธ์ประทีป, 2550) ที่พบว่าค่าความสว่าง (L*) ลดลงแต่ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นทำให้สีกล้วยหอมทองเข้มขึ้น เป็นมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (Non enzymatic browning) ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดจากน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน และเปปไทด์ ที่มีความร้อนเป็นตัวกระตุ้น ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้น

ค่าความแข็งกรอบของกล้วยหอมทองทอดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที มีค่าความแข็งกรอบมากที่สุด เท่ากับ 5.60±1.01 นิวตัน/ตร.ซม. รองลงมาคือกล้วยหอมทองทอดที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที และกล้วยหอมทองทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที มีค่าเท่ากับ 3.15±0.70 และ 3.84±0.48 นิวตัน/ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าอุณหภูมิ และเวลา มีอิทธิพลกับค่าความแข็งกรอบอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือ เมื่ออุณหภูมิในการทอดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งกรอบลดลง แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความแข็งต่ำจะมีความกรอบมากเนื่องจากความร้อนในการทอดทำให้ปริมาณน้ำในตัวผลิตภัณฑ์ระเหยออกได้มากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะแห้งแข็ง

ปริมาณความชื้น จากผลการวิเคราะห์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พบว่า กล้วยหอมทองทอดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที มีความชื้นสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 2.08±0.04 รองลงมา คือกล้วยหอมทองทอดที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และกล้วยหอมทองทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 1.66±0.04 และ 1.54±0.03 ตามลำดับ แสดงว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นความชื้นมีแนวโน้มจะลดลง

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาการปรุงแต่งรสชาติของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ โดยคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองในขั้นตอนที่ 2 มาพัฒนาคุณภาพด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ โดยการปรุงรสบาร์บีคิว รสปาปริก้า และรสชีส ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 2 4 6 และ 8 ตามลำดับ นำมาทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกรสชาติที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด มีผลดังนี้

ตารางที่ 4.11 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศปรุงรสบาร์บีคิว

คุณลักษณะ	**ปริมาณผงบาร์บิคิว (ร้อยละ)**				
	0	**2**	**4**	**6**	**8**
ลักษณะปรากฏ	7.52±0.57^{b}	7.71±0.77^{a}	7.76±1.17^{a}	6.77.±0.41^{c}	6.68±0.63^{c}
สี	6.63±1.39^{c}	7.14±1.33^{a}	7.24±1.62^{a}	7.09±0.60^{ab}	6.84±1.75^{b}
รสชาติ	8.24±1.32^{a}	7.20±1.31^{b}	7.12±1.76^{b}	6.24±0.79^{c}	6.10±1.79^{c}
ความกรอบ^{ns}	7.23±0.55	7.66±122	7.52±0.81	7.69±1.32	7.61±0.83
ความชอบโดยรวม	7.44±1.24^{a}	7.10±0.93^{b}	6.36±1.34^{c}	6.20±0.54^{c}	6.12±1.36^{c}

หมายเหตุ : อักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns}หมายถึง ตัวอย่างในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.11 พบว่าผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสให้คะแนนกล้วยหอมทองทอดที่ไม่มีการปรุงแต่งรสในด้านรสชาติ และความชอบโดยรวม มากกว่ากล้วยหอมทองทอดที่ปรุงรสบาร์บิคิวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ที่คะแนน 8.24±1.32 และ 7.44±1.24 ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ และสี ของกล้วยหอมทองทอดปรุงรสบาร์บิคิวร้อยละ 4 สูงที่สุด เท่ากับ 7.76±1.17 และ 7.24±1.62 ส่วนคุณลักษณะด้านความกรอบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.12 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศปรุงรสปาปริก้า

คุณลักษณะ	ปริมาณผงปาปริก้า (ร้อยละ)				
	0	2	4	6	8
ลักษณะปรากฏ	6.50±0.90^{c}	7.26±078^{b}	7.33±0.47^{ab}	7.42±0.46^{a}	7.18±0.49^{b}
สี	6.06±1.11^{c}	7.50±1.01^{b}	7.49±0.99^{b}	7.64±0.52^{a}	7.56±0.95^{ab}
รสชาติ	7.86±0.88^{a}	7.26±1.09^{b}	7.30±1.03^{b}	7.06±0.64^{bc}	6.88±0.86^{c}
ความกรอบ^{ns}	7.10±0.73	7.00±0.72	7.07±0.76	7.12±0.77	7.06±0.79
ความชอบโดยรวม	7.69±1.06^{a}	6.74±0.86^{b}	6.88±0.87^{b}	6.21±0.55^{c}	6.10±0.67^{c}

หมายเหตุ : อักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns}หมายถึง ตัวอย่างในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศปรุงรสปาปริก้า พบว่าผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสให้คะแนนกล้วยหอมทองทอดที่ไม่มีการปรุงรสในด้านรสชาติ และความชอบโดยรวม มากกว่ากล้วยหอมทองทอดที่ปรุงรสบาร์บิคิวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ที่คะแนน 7.86±0.88 และ 7.69±1.06 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณผงปาปริก้ามีอิทธิผลต่อการยอมรับคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ และสี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ และสี ของกล้วยหอมทองทอดปรุงรสปาปริก้าร้อยละ 6 สูงที่สุด ที่คะแนน 7.42±0.46 และ 7.64±0.52 ตามลำดับ ส่วนคุณลักษณะด้านความกรอบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.13 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศปรุงรสชีส

คุณลักษณะ	ปริมาณผงชีส (ร้อยละ)				
	0	2	4	6	8
ลักษณะปรากฏ	6.56±0.98^{c}	7.23±0.13^{b}	7.53±0.84^{a}	7.11±1.31^{b}	7.02±0.75^{b}
สี	6.76±0.63^{b}	7.01±0.66^{a}	6.85±0.76^{ab}	6.81±1.53^{b}	6.78±0.87^{b}
รสชาติ	7.54±1.13^{a}	5.31±0.52^{b}	5.28±0.15^{b}	4.53±0.57^{c}	4.57±0.74^{c}
ความกรอบ^{ns}	7.11±1.41	6.95±0.70	7.06±1.01	7.02±0.98	6.97±0.60
ความชอบโดยรวม	7.54±1.21^{a}	5.42 ±1.84^{b}	5.34±0.96^{b}	4.69±0.43^{c}	4.58±0.56^{c}

หมายเหตุ : อักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns}หมายถึง ตัวอย่างในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศปรุงรสชีส พบว่าผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสให้คะแนนกล้วยหอมทองทอดที่ไม่

มีการปรุงแต่งรสในด้านรสชาติ และความชอบโดยรวม มากกว่ากล้วยหอมทองทอดที่ปรุงแต่งรสบาร์บิคิวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ที่คะแนน 7.54±1.13 และ 7.54±1.21 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณผงชีสมีอิทธิผลต่อการยอมรับคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ และสี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏของกล้วยหอมทองทอดปรุงรสชีสร้อยละ 4 สูงที่สุด เท่ากับ 7.53±0.84 ส่วนคุณลักษณะด้านสีของกล้วยหอมทองทอดปรุงรสชีสร้อยละ 2 สูงที่สุด เท่ากับ 7.01±0.66 ส่วนคุณลักษณะด้านความกรอบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ข้อสรุปจากคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศปรุงแต่งรส พบว่ากล้วยหอมทองทองทอดสุญญากาศชนิดที่ไม่ผ่านการปรุงรสจะมีคุณลักษณะเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบมากกว่ากล้วยหอมทองทอดที่ปรุงรส เนื่องจากชนิดที่ไม่ผ่านการปรุงรสจะมีรสชาติหวานเฉพาะตัวของกล้วย ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ดีกล้วยหอมทองทอด เมื่อนำไปปรุงแต่งรสชาติต่าง ๆ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านรสชาติลดลงตามปริมาณผงปรุงรสที่เพิ่มขึ้น ผู้ทำการวิจัยจึงนำข้อมูลที่ได้นี้เปรียบเทียบกับคะแนนการยอมรับด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมของกล้วยหอมทองทอดที่ไม่ผ่านการปรุงรส ซึ่งให้ผลสอดคล้องกัน ผู้ทำการวิจัยจึงเลือกกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่านการปรุงรส (รสดั้งเดิม) เพื่อใช้เป็นสูตรต้นแบบในการทดลองขั้นตอนที่ 4 สำหรับการศึกษาอายุการเก็บรักษา

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ โดยนำผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกจากการทดลองในขั้นตอนที่ 3 ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดรสดั้งเดิม นำมาบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ ถุงกระดาษคราฟท์ และถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน แล้วซีลปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยสุ่มตรวจคุณภาพตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์

4.1 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

นำผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศมาศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ด้านค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่า TBA ปริมาณไขมัน และปริมาณความชื้น มีผลดังนี้

จากตารางที่ 4.14 คุณภาพทางกายภาพด้านสี พบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ มีค่าความสว่าง (L*) ลดลง ส่วนค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ดังภาพที่ 4.1 (ก)(ข)(ค)) เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา น้ำตาลรีดิวซ์จะทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนในโมเลกุลของแอมโมเนีย ได้เป็นไกลโคซิลเอมีน และเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล ความชื้นก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปฏิกิริยาเมลลาร์ด กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ ค่าความสว่าง (L*) ลดลงช้าที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับการบรรจุใน

ถุงโพลีโพรพิลีนที่มีการลดลงของค่าความสว่าง (L*) อย่างรวดเร็ว ขณะที่ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนเพิ่มขึ้นเร็วที่สุด

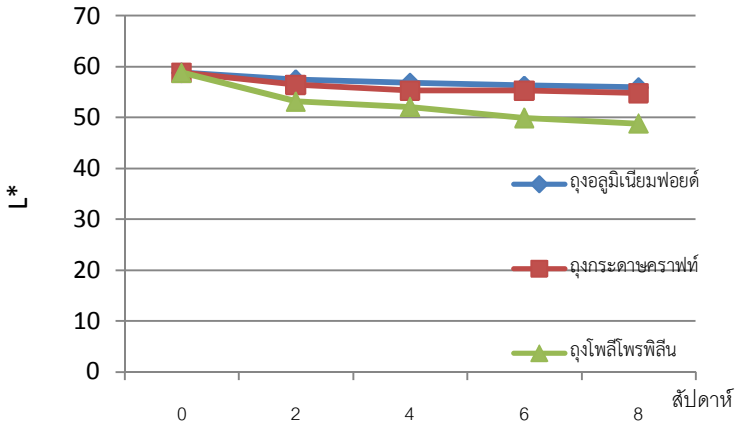
ด้านค่าความแข็งกรอบของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ พบว่าค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์มีการเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งกรอบต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ดังภาพที่ 4.2) หมายความว่ากล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์มีความกรอบที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จึงใช้แรงกดแตกน้อย รองลงมาคือกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่บรรจุในถุงกระดาษคราฟท์ ส่วนกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนมีการเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากถุงโพลีโพรพิลีนมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำสูง มีผลทำให้กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศดูดซับความชื้นไว้ ความกรอบจึงลดลงในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์

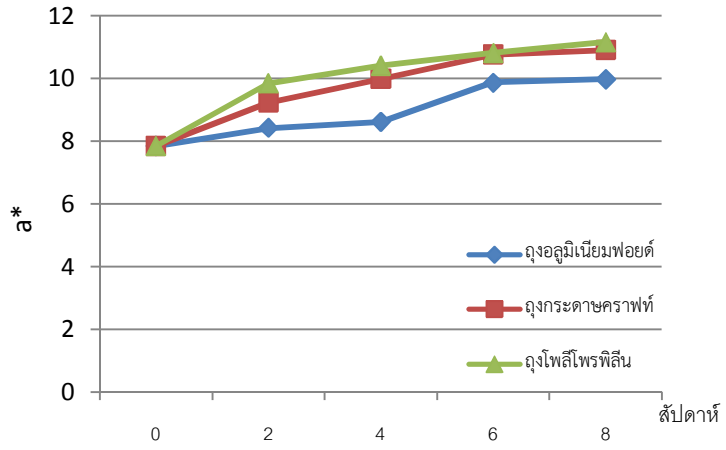
ระยะเวลาการเก็บรักษา	สภาวะการบรรจุ	ค่าสี			ค่าความแข็งกรอบ (นิวตัน/ตร.ซม.)
		L*	a*	b*	
สัปดาห์ที่ 0	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	58.79 ± 0.35^{a}	7.84 ± 0.85^{a}	30.10 ± 2.68^{a}	3.49 ± 0.25^{ns}
	ถุงกระดาษคราฟท์	58.79 ± 0.35^{a}	7.84 ± 0.85^{a}	30.10 ± 2.68^{a}	3.49 ± 0.25^{ns}
	ถุงโพลีโพรพิลีน	58.79 ± 0.35^{a}	7.84 ± 0.85^{a}	30.10 ± 2.68^{a}	3.49 ± 0.25^{ns}
สัปดาห์ที่ 2	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	57.44 ± 0.28^{a}	8.42 ± 0.90^{c}	31.55 ± 1.53^{ns}	3.83 ± 0.06^{b}
	ถุงกระดาษคราฟท์	56.34 ± 0.30^{b}	9.23 ± 0.27^{b}	33.52 ± 0.28^{ns}	4.45 ± 0.42^{b}
	ถุงโพลีโพรพิลีน	53.13 ± 0.45^{c}	9.84 ± 0.12^{a}	33.66 ± 1.09^{ns}	5.61 ± 0.35^{a}
สัปดาห์ที่ 4	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	56.77 ± 0.66^{a}	8.62 ± 0.40^{b}	34.07 ± 0.78^{ns}	4.58 ± 0.34^{c}
	ถุงกระดาษคราฟท์	55.29 ± 0.35^{a}	9.99 ± 0.58^{a}	34.53 ± 0.55^{ns}	5.27 ± 0.09^{b}
	ถุงโพลีโพรพิลีน	52.08 ± 0.59^{b}	10.41 ± 0.67^{a}	35.09 ± 0.17^{ns}	7.85 ± 0.56^{a}
สัปดาห์ที่ 6	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	56.22 ± 2.81^{a}	9.87 ± 0.78^{ns}	35.83 ± 0.54^{ns}	5.21 ± 0.54^{c}
	ถุงกระดาษคราฟท์	55.22 ± 1.86^{a}	10.77 ± 0.18^{ns}	36.15 ± 0.48^{ns}	6.84 ± 0.51^{b}
	ถุงโพลีโพรพิลีน	49.88 ± 0.27^{b}	10.81 ± 0.17^{ns}	36.24 ± 0.23^{ns}	9.62 ± 0.61^{a}
สัปดาห์ที่ 8	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	55.87 ± 1.67^{a}	9.98 ± 2.15^{ns}	36.30 ± 0.85^{ns}	6.88 ± 0.93^{c}
	ถุงกระดาษคราฟท์	54.74 ± 1.22^{a}	10.91 ± 1.22^{ns}	37.43 ± 0.76^{ns}	9.25 ± 0.44^{b}
	ถุงโพลีโพรพิลีน	48.81 ± 1.11^{b}	11.16 ± 0.61^{ns}	38.20 ± 0.68^{ns}	11.11 ± 1.13^{a}

หมายเหตุ : อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

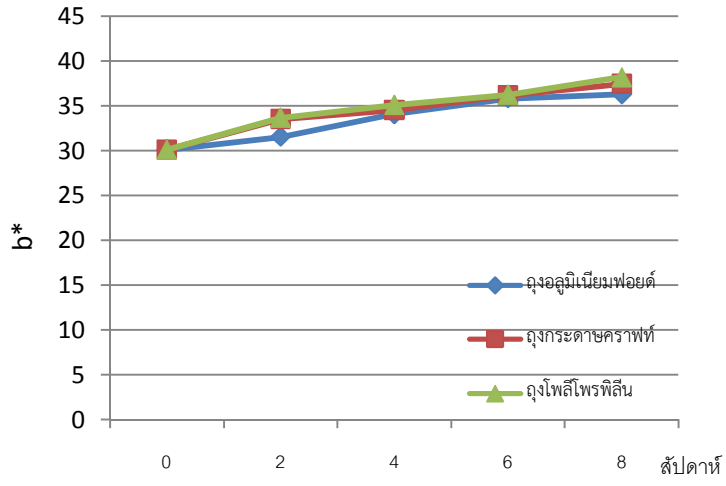
^{ns}หมายถึง ตัวอย่างในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



(ก)

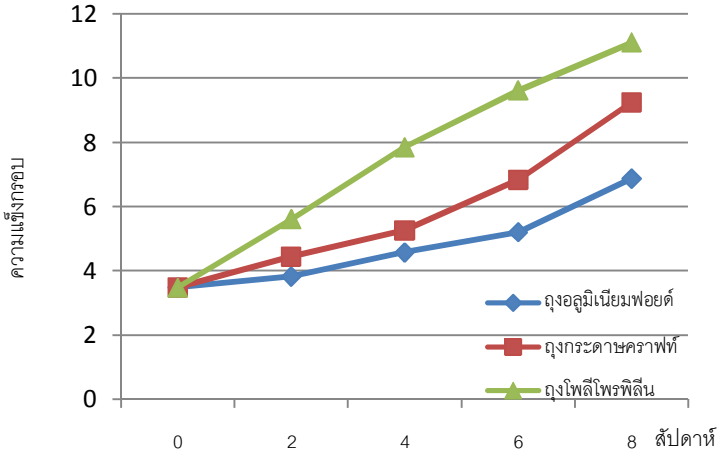


(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงค่าสี (ก) ค่าสี L* (ข) ค่าสี a* และ (ค) ค่าสี b* ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงค่าความแข็งกรอบที่เก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์

ตารางที่ 4.15 คุณภาพทางเคมีของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์

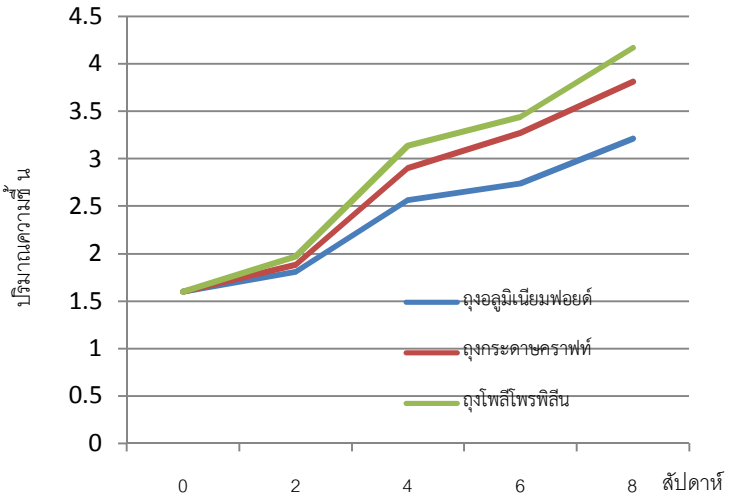
สภาวะการบรรจุ	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	
	สัปดาห์ที่ 0^{ns}	สัปดาห์ที่ 0^{ns}	สัปดาห์ที่ 8
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	37	1.60±0.11	3.21±0.02^{c}
ถุงกระดาษคราฟท์	37	1.60±0.11	3.81±0.02^{b}
ถุงกระดาษคราฟท์	37	1.60±0.11	4.17±0.03^{a}

หมายเหตุ : อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns}หมายถึง ตัวอย่างในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของกล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ แสดงในตารางที่ 4.15 มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ พบว่าปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ตามระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ดังภาพที่ 4.3) และกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน มีปริมาณความชื้นสูงกว่ากล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่บรรจุในถุงกระดาษคราฟท์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นเพราะถุงโพลีโพรพิลีนมีคุณสมบัติยอมให้ไอน้ำ และก๊าซผ่านเข้าออกได้ ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (วรพรรณ บัญชาจารุรัตน์ และคณะ, 2552) สรุปได้ว่าถุงอลูมิเนียมฟอยด์ เป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการบรรจุกล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ เนื่องจากมีคุณสมบัติสามารถป้องกันการแพร่ผ่านของออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีที่สุด ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนมีค่าสูงกว่ากล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่บรรจุใน

ถุงอลูมิเนียมฟอยด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ภายหลังการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ ส่วนปริมาณไขมันอยู่ที่ร้อยละ 37 ซึ่งมีผลมาจากน้ำมันที่ใช้ในกระบวนการทอด



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงปริมาณความชื้นที่เก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์

ตารางที่ 4.16 ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์

สภาวะบรรจุ	TBA (มิลลิกรัมของมาโลแนลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง)	
	สัปดาห์ที่ 0^{ns}	สัปดาห์ที่ 8
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.68±0.30	2.83±0.19^{c}
ถุงกระดาษคราฟท์	0.68±0.30	3.79±0.14^{b}
ถุงโพลีโพรพิลีน	0.68±0.30	4.05±0.13^{a}

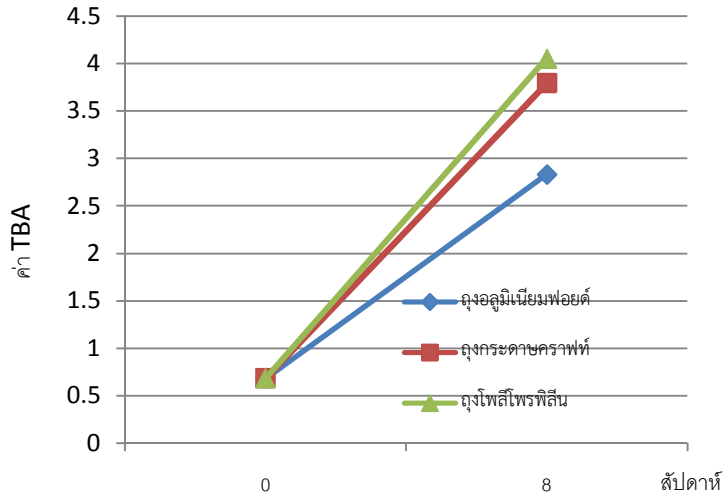
หมายเหตุ : อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns}หมายถึง ตัวอย่างในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ส่วนค่า TBA ของกล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ จากตารางที่ 4.16 พบว่าปริมาณ TBA มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ดังภาพที่ 4.4) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับคุณลักษณะด้านกลิ่นหืนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TBA ต่ำที่สุด ขณะที่กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TBA สูงที่สุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ค่า TBA เป็นดัชนีบ่ง

บอกถึงกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบอันเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ได้ผ่านกระบวนการทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิสูง ทำให้มีน้ำมันแทรกอยู่ภายใน ซึ่งการเก็บรักษาโดยการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ก๊าซออกซิเจน และป้องกันแสงผ่านได้ดี ทำให้สามารถช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงค่า TBA ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่เก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์

การเกิดกลิ่นหืนของกล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์มีค่าน้อยกว่าสภาวะการบรรจุแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือ 2.83±0.19 มิลลิกรัมของมาโลแนลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ซึ่งค่า TBA มีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้น กล่าวคือเมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้นด้วย

4.2 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส จากผลการทดลองการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา มีดังนี้

ตารางที่ 4.17 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา	สภาวะการบรรจุ	คุณลักษณะ					
		ลักษณะปรากฏ	สี	รสชาติ	ความกรอบ	กลิ่นหืน	ความชอบโดยรวม
สัปดาห์ที่ 0	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	8.12±0.69^{a}	7.91±0.78^{ns}	8.35±0.56^{ns}	7.76±0.67^{ns}	7.14±0.75^{a}	8.21±0.71^{ns}
	ถุงกระดาษคราฟท์	8.12±0.69^{a}	7.91±0.78^{ns}	8.35±0.56^{ns}	7.76±0.67^{ns}	7.14±0.75^{a}	8.21±0.71^{ns}
	ถุงโพลีโพรพิลีน	8.12±0.69^{a}	7.91±0.78^{ns}	8.35±0.56^{ns}	7.76±0.67^{ns}	7.14±0.75^{a}	8.21±0.71^{ns}
สัปดาห์ที่ 2	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	7.78±1.12^{a}	7.43±0.63^{a}	7.34±0.66^{a}	7.67±0.50^{a}	6.82±0.97^{a}	7.64±0.91^{a}
	ถุงกระดาษคราฟท์	7.67±1.01^{a}	7.38±0.55^{a}	7.15±0.63^{a}	7.49±0.54^{a}	6.75±0.61^{a}	7.42±1.05^{a}
	ถุงโพลีโพรพิลีน	7.33±0.98^{a}	6.68±0.52^{b}	7.02±0.54^{a}	6.41±1.11^{b}	6.70±1.06^{a}	6.62±0.43^{b}
สัปดาห์ที่ 4	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	7.50±0.63^{a}	7.25±0.83^{a}	7.28±0.90^{a}	7.50±0.72^{a}	6.74±1.14^{ns}	7.57±0.67^{a}
	ถุงกระดาษคราฟท์	7.26±0.75^{ab}	7.10±0.75^{a}	7.08±0.90^{a}	6.82±0.86^{b}	6.63±1.10^{ns}	7.10±0.73^{b}
	ถุงโพลีโพรพิลีน	6.62±0.85^{b}	6.78±0.78^{b}	6.68±1.02^{b}	4.64±0.95^{c}	6.58±1.34^{ns}	6.40±0.86^{c}
สัปดาห์ที่ 6	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	6.94±1.20^{a}	7.04±1.19^{a}	7.12±1.57^{a}	7.48±1.40^{a}	6.70±1.46^{ns}	7.34±1.22^{a}
	ถุงกระดาษคราฟท์	6.76±1.28^{b}	6.76±1.27^{b}	6.94±1.44^{b}	6.24±1.72^{b}	6.44±1.54^{ns}	7.08±1.35^{b}
	ถุงโพลีโพรพิลีน	6.46±1.51^{b}	6.46±1.41^{c}	6.40±1.71^{c}	4.32±1.19^{c}	6.46±1.56^{ns}	6.36±1.69^{c}
สัปดาห์ที่ 8	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	6.83±1.12	6.97±1.02	7.06±1.61	7.23±1.33	6.69±1.42	7.21±1.41
	ถุงกระดาษคราฟท์	← ผลิตภัณฑ์สูญเสียคุณลักษณะด้านความกรอบจึงไม่นำมาทำการทดสอบ →					
	ถุงโพลีโพรพิลีน						

หมายเหตุ : อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งของแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns}หมายถึง ตัวอย่างในแนวตั้งของแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.17 ผลการทดลองการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา พบว่าบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับคุณลักษณะด้านต่าง ๆ มีแนวโน้มลดลงทุกสภาวะการบรรจุตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยคะแนนการยอมรับของแต่ละคุณลักษณะในทุกสภาวะการบรรจุเริ่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา คุณลักษณะด้านสี ความกรอบ ความชอบโดยรวม มีความแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น คุณลักษณะด้านสีมีความสอดคล้องกับการวัดค่าสีทางกายภาพของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ ซึ่งพบว่าค่าความสว่าง (L*) ลดลง ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น พบว่ากล้วยหอมทองทอดมีสีเข้มขึ้นซึ่งทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความชอบลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา น้ำตาลรีดิวซ์จะทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนในโมเลกุลของแอมโมเนีย ได้เป็นไกลโคซิลเอมีน และเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล ความชื้นก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปฏิกิริยาเมลลาร์ด

คุณลักษณะด้านความกรอบ พบว่าในทุกสภาวะการบรรจุมีคะแนนการยอมรับลดลง เกิดมาจากปริมาณความชื้นที่มีความสำคัญในการวัดคุณภาพของอาหารขบเคี้ยว กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศเป็นอาหารที่มีความชื้นต่ำเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากกล้วยหอมทอดสุญญากาศเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำจึงทำให้ความชื้นจากบรรยากาศภายนอกเข้าไปทำให้อาหารสูญเสียความกรอบไป

คุณลักษณะด้านความชอบโดยรวมของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ พบว่ามีแนวโน้มลดลงเกิดจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของคุณลักษณะด้านต่างๆที่มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

คุณลักษณะที่ลักษณะปรากฏ มีแนวโน้มลดลงในทุกสภาวะการบรรจุ โดยเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา ส่งผลให้ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น คุณลักษณะด้านรสชาติ ระหว่างบรรจุภัณฑ์ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ ถุงกระดาษคราฟท์ และถุงโพลีโพรพิลีน ในสัปดาห์ที่ 0 ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ซึ่งในสัปดาห์ที่ 2 4 และ 6 ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับลดลงในทุกสภาวะการบรรจุ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เป็นเพราะว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะที่ลักษณะปรากฏ

คุณลักษณะด้านกลิ่นหืน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุภัณฑ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ ถุงกระดาษคราฟท์ และถุงโพลีโพรพิลีน ในสัปดาห์ที่ 0 ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ซึ่งในสัปดาห์ที่ 2 4 และ 6 ผู้บริโภคจะให้คะแนนลดลงในทุกสภาวะการบรรจุตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีความสอดคล้องกับค่า TBA ของกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า TBA เพิ่มขึ้น ทำให้ผู้บริโภคมีการยอมรับลดลง

การเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ สามารถเก็บรักษาได้ 8 สัปดาห์ โดยมีคะแนนการยอมรับด้านความกรอบเท่ากับ 7.23 ± 1.33 ซึ่งเป็นระดับที่ผู้บริโภคชอบปานกลาง เนื่องจากถุงอลูมิเนียมฟอยด์สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนได้ดีทำให้ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดยังคงรักษาคุณภาพด้านความกรอบไว้ได้ดี การเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุในถุงกระดาษคราฟท์ สามารถเก็บรักษาได้ 6 สัปดาห์ โดยมีคะแนนการยอมรับด้านความกรอบเท่ากับ 6.24 ± 1.72 ซึ่งเป็นระดับที่ผู้บริโภคชอบเล็กน้อย การเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนสามารถเก็บรักษาได้ 4 สัปดาห์ โดยมีคะแนนการยอมรับด้านความกรอบเท่ากับ 4.64 ± 0.95 ซึ่งเป็นระดับที่ผู้บริโภคไม่ชอบเล็กน้อย และการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 8 พบว่ากล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่บรรจุในถุงกระดาษคราฟท์ และถุงโพลีโพรพีลีน มีการสูญเสียคุณลักษณะด้านความกรอบ จึงไม่นำผลิตภัณฑ์มาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

4.3 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 4.18 พบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 8 อยู่ที่จำนวน 2 5 12 21 และ 38 โคโลนีตามลำดับ ส่วนที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นมากที่สุดมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) อยู่ที่จำนวน 2 11 23 46 และ 69 โคโลนีตามลำดับ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศทุกสภาวะการบรรจุ ตรวจไม่พบเชื้อยีสต์และรา สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส และเอสเชอริเชีย โคไล หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์

ตารางที่ 4.18 คุณภาพด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา	สภาวะการบรรจุ	จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	ยีสต์ และรา (โคโลนี/กรัม)	สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (โคโลนี/กรัม)	เอสเชอริเชียโคไล (โคโลนี/กรัม)
สัปดาห์ที่ 0[ns]	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	2	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	ถุงกระดาษคราฟท์	2	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	ถุงโพลีโพรพิลีน	2	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
สัปดาห์ที่ 2	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	5 [b]	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	ถุงกระดาษคราฟท์	10 [a]	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	ถุงโพลีโพรพิลีน	11 [a]	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
สัปดาห์ที่ 4	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	12 [c]	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	ถุงกระดาษคราฟท์	19 [b]	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	ถุงโพลีโพรพิลีน	23 [a]	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
สัปดาห์ที่ 6	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	21 [c]	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	ถุงกระดาษคราฟท์	34 [b]	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	ถุงโพลีโพรพิลีน	46 [a]	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
สัปดาห์ที่ 8	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	38 [c]	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	ถุงกระดาษคราฟท์	51 [b]	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	ถุงโพลีโพรพิลีน	69 [a]	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ : อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งของแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[ns]หมายถึง ตัวอย่างในแนวตั้งของแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ซึ่งผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ มีคุณภาพทางด้านเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้ทอดกรอบ (มผช.1038/2554) ซึ่งกำหนดให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และรา ต้อง

ไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัมและ เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ดังนั้นผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทั้งทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ มีความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส สามารถพัฒนาไปเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่นำไปสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองเพื่อเพิ่มมูลค่าและเป็นการใช้ประโยชน์จากกล้วยหอมทองที่มีคุณลักษณะคุณภาพไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานเพื่อเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าและใช้ประโยชน์จากกล้วยหอมทอง มีข้อสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาระยะการสุกของกล้วยหอมทองที่เหมาะสมต่อการทอดสุญญากาศ โดยใช้กล้วยหอมทองที่มีระยะการสุก 2 ระยะคือ ระยะที่ 3 และระยะที่ 4 ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับกล้วยหอมทองสุกในระยะที่ 4 มากที่สุด ซึ่งมีคะแนนคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ เท่ากับ 7.24±1.18 คะแนน ด้านสี เท่ากับ 7.48±0.90 คะแนน ด้านรสชาติ เท่ากับ 6.52±1.59 คะแนน ด้านความกรอบ เท่ากับ 7.30±1.23 คะแนน และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.18±1.25 คะแนน การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่สุกระยะที่ 4 มีค่าความสว่าง (L*) ที่ 45.59±0.51 เมื่อระยะการสุกของกล้วยเพิ่มขึ้นค่าความสว่างจะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (ปิยะทิพย์ สัมพันธ์ประทีป, 2550) ศึกษาผลของการเตรียมการก่อนการทอด และระดับความสุกต่อคุณภาพกล้วยหอมทองแว่นทอดภายใต้สุญญากาศ พบว่าค่าความสว่างของตัวอย่างลดลงเมื่อการสุกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากระหว่างการสุกของกล้วยจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นสับเตรทของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ ซึ่งจะเกิดกับอาหารที่ได้รับความร้อนและมีการสูญเสียน้ำ ดังนั้นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์จะเกิดมากขึ้นเมื่อกล้วยมีระดับความสุกมากขึ้น และมีค่าความแข็งกรอบ เท่ากับ 4.07±0.31 นิวตัน/ตร.ซม. และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 13.16±0.24 องศาบริกซ์

2. การศึกษาสภาวะการทอดที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตกล้วยหอมทองทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ โดยใช้อุณหภูมิการทอด 3 ระดับ คือ 100 105 และ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 20 และ 25 นาที พบว่าการทอดที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมที่คะแนน 7.68±0.71 7.78±0.64 7.52±0.88 8.14±0.53 และ 8.06±0.42 คะแนน ตามลำดับ คุณภาพด้านกายภาพ มีค่าสีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 58.68±0.42 7.76±0.67 และ 30.12±1.83 ตามลำดับ ซึ่งกระบวนการทอดอาหารในน้ำมันไม่มีผลต่อรสชาติของอาหาร โดยน้ำมันมีบทบาทหน้าที่ในการนำความร้อนเข้าสู่ชิ้นอาหารทำให้ปริมาณน้ำในชิ้นอาหารมีปริมาณลดลง (เชิญพร จันทร์สนาม, 2555) นอกจากนี้เมื่ออุณหภูมิและเวลา

ในการทอดที่นานขึ้น พบว่าค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลเป็นผลจากปฏิกิริยาเมล์ลาร์ด (mailard reaction) ที่เกิดจากกรดอะมิโนทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557) ส่วนค่าความแข็งกรอบเท่ากับ 3.15±0.70 นิวตัน/ตร.ซม. และปริมาณความชื้นร้อยละ 1.66±0.04

3. การศึกษาการปรุงแต่งรสชาติของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดทอดกรอบด้วยระบบสุญญากาศ โดยนำมาปรุงแต่งรสบาร์บีคิว รสปาปริก้า และรสชีส ที่ร้อยละ 0 2 4 6 และ 8 จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับคุณลักษณะด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมของกล้วยหอมทองทอดกรอบที่ไม่ผ่านการปรุงรส (รสดั้งเดิม) มากกว่ากล้วยหอมทองทอดกรอบที่มีการปรุงแต่งรสชาติทั้ง 3 รส ซึ่งยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ เนื่องจากมีรสหวานเฉพาะตัว ซึ่งเป็นคุณลักษณะ ที่ดี เมื่อนำไปปรุงรสชาติต่าง ๆ ทำให้ส่งผลต่อความชอบด้านรสชาตินั้นลดลง

4. การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ ถุงกระดาษคราฟท์ และถุงโพลีโพรพิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ากล้วยหอมทองทอดสุญญากาศที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ได้รับการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสมากที่สุด และมีคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ดีกว่าถุงโพลีโพรพิลีน และถุงกระดาษคราฟท์ โดยมีค่าสีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 55.87±1.67 9.98±2.15 และ 36.30±0.85 ตามลำดับ เมื่อมีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลง ค่าสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนสีเป็นผลมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นน้ำตาลรีดิวซ์จะทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนได้เป็นไกลโคซิลเอมีน และเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาลโดยมีความชื้นก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปฏิกิริยาเมลลาร์ด (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557)

ค่าความแข็งกรอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ มีปริมาณความชื้นที่ร้อยละ 1.60±0.11 และ 3.21±0.02 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงของค่าเนื้อสัมผัส และค่าความชื้นที่เปลี่ยนไปตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่งผลต่อความกรอบของอาหารประเภทขบเคี้ยว เช่น มันฝรั่งทอดกรอบโดยมีความสัมพันธ์กับความชื้นของอาหาร ซึ่งความกรอบจะลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น เป็นผลมาจากที่บรรจุภัณฑ์มีการดูดความชื้นจากบรรยากาศเข้าไปในชิ้นอาหาร (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557) ส่วนมีปริมาณไขมันอยู่ที่ร้อยละ 37 และมีกรดไทโอบาร์บิทูริก (TBA) เท่ากับ 0.68±0.30 มิลลิกรัมของมาโลแนลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีค่า TBA เท่ากับ 2.83±0.19 มิลลิกรัมของมาโลแนลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ซึ่งค่า TBA ที่เพิ่มขึ้นแสดงว่ามีการเกิดปฏิกิริยา

ออกซิเดชั่นของไขมันเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนอกจากส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลงแล้วยังมีผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารทอดอีกด้วย ซึ่งจะเห็นว่าปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์พวกผักและผลไม้ทอด และส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้บริโภคได้ด้วย (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557)

ส่วนคุณภาพทางจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 38 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 ตรวจไม่พบยีสต์ และรา สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส และเอสเชอริเชีย โคไล ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (มผช.1038/2554) ดังนั้นถุงอลูมิเนียมฟอยด์จึงเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ ซึ่งสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพทางด้านความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาการทอดในสภาวะปกติ เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษากับการทอดในสภาวะสุญญากาศ

2. ในการเก็บรักษาควรศึกษาชนิด และปริมาณสารดูดความชื้น เพื่อเป็นการปรับสภาวะภายในบรรจุภัณฑ์ให้แตกต่างจากสภาพบรรยากาศปกติ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมสหกรณ์. (2544). **กล้วยหอมทองปลอดสารพิษ หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์**. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมสหกรณ์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมอนามัย. 2544. **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของไทย** (พิมพ์ครั้งที่ 1). นนทบุรี : โรงพิมพ์ทหารผ่านศึก.

กรมส่งเสริมสหกรณ์. (2560). **กล้วยหอมทองปลอดสารพิษ หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์**. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมสหกรณ์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมอนามัย. 2544. **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของไทย** (พิมพ์ครั้งที่ 1). นนทบุรี : โรงพิมพ์ทหารผ่านศึก.

จริงแท้ ศิริพานิช. (2549). **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช.** นครปฐม : โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน 453 หน้า.

จุฬาลักษณ์ จารุนุช. (2550). **ขนมขบเคี้ยวจากเครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์**. วารสารอาหาร 37(3) (ก.ค.-ก.ย. 2550) หน้า 211-227.

เฉลิมพล ถนอมวงค์ และจักรพันธุ์ รอดทรัพย์. (2554). **การผลิตสับปะรดทอดกรอบภายใต้สภาวะสุญญากาศ**. น่าน : สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

ชิดชัย ปัญญาสวรรค์. (2547). **การพัฒนาไซรัปเข้มข้นจากกล้วยหอมทองโดยการใช้เอนไซม์**. : ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

เชิญพร จันทรสนาม สุพรรณิการ์ โกสุม และอมรรัตน์ เจริญชัย. (2555). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์แห้วทอดกรอบปรุงรส. กาฬสินธุ์** : วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์ ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 (ม.ค. – มิ.ย. 55) หน้า 54-63.

ณัฏชา เปี่ยมคล้า. (2547). **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทอดทุเรียนสุกแช่แข็งด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ.** : วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทองจวน วิพัฒน์เจริญลาภ นฤศันส์ วาสิกดิลก และนิภาพร คังคะวิสุทธ. (2558). **ศึกษากรรมวิธีสละอบแห้งแบบระเหิดพร้อมบริโภค**. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

นันทพร อัคนิจ. (2555). **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตกะเพราทอดสุญญากาศ.** กรุงเทพฯมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2557). **เคมีอาหาร** (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์

เบญจมาศ ศิลาย้อย. (2545). **กล้วย**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประสาท สวัสดิ์ชิตัง. (2538). **การเกิดสีน้ำตาลของอาหารและการควบคุมป้องกัน.** วารสารอาหาร. 25 (3) : 160-169.

ปิยะทิพย์ สัมพันธ์ประทีป. (2550). **ผลของการเตรียมการก่อนการทอดและระดับความสุกต่อคุณภาพกล้วยหอมทองแว่นทอดภายใต้สุญญากาศ.** : วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ผาณิต รุจิรพิสิฐ์. (2552). **ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อคุณภาพของรากบัวทอดสุญญากาศ.** วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**.** 40 (3 พิเศษ) : 65-68.

พวงผกา คมสัน. (2545). **ขั้นตอนและปัญหาเกี่ยวข้องกับการส่งออกกล้วย**. กรุงเทพฯ : เอกสารประกอบการบรรยายการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง “Banana production for export” 3-5 กรกฎาคม 2545 สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิพรรธ ตั้งใจดี. (2556). **สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเปลือกมะม่วงทอดกรอบโดยการทอดสุญญากาศ**. การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ประจำปี 2556 ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิสุทธิ์ ก้องเกียรติศักดิ์. (2555). **กลไกการทอดและแนวทางการลดปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอด**. วารสารอาหาร ปีที่ 42 บับที่ 4 (ตุลาคม – ธันวาคม 2555) หน้า 291-295.

วรพรรณ บัญชาจารุรัตน์ วรางคณา สมพงษ์ และสมโภช พจนพิมล. (2552). **การพัฒนากล้วยทอดกรอบ**. กรุงเทพฯ : การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 297 – 304.

วิไล รังสาดทอง. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ : บริษัท เท็กซ์แอนด์เจอร์นัลพับลิเคชั่น จำกัด. หน้า 1-500.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2558). **อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม**. [ออนไลน์] [เข้าถึงได้จาก] http://www.kasikornbank.com/SME/Documents/KSMEAnalysis/IndustrySolution_FoodsAndB everages_2015.pdf/ วันที่เข้าถึง 17 ส.ค. 59

สถาบันอาหาร. (2558). **ตลาดขนมขบเคี้ยวในประเทศไทย**. [ออนไลน์] [เข้าถึงได้จาก] http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php?id=116/ วันที่เข้าถึง 27 ก.ค.61

สุพัตรา พูลพืชชนม์. (2553). **การพัฒนากระบวนการผลิตสับปะรดทอดสุญญากาศ**. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.

สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี. (2561). **พืชเศรษฐกิจจังหวัดเพชรบุรี**. [ออนไลน์] [เข้าถึงได้จาก] http://www.phetchaburi.doae.go.th/ วันที่เข้าถึง 7 ก.ค. 61

สำนักงานสหกรณ์จังหวัดเพชรบุรี. (2561). **การผลิตกล้วยหอมทองเพื่อการส่งออก.** [ออนไลน์] [เข้าถึงได้จาก] http://webhost.cpd.go.th/petchburi/index.html/ วันที่เข้าถึง 7 ก.ค. 61

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2554). (มผช. 1038/2554).**มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผักและผลไม้ทอดกรอบ**. กระทรวงอุตสาหกรรม.

อนุวัตร แจ้งชัด. (2554). **การพัฒนามันเทศทอดกรอบสุญญากาศ**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุมาพร อาลัย วาทินี สง่าแสง ศราวัณ ภู่เพ็ชร และสุกัญญา ทองเจริญยวง. (2557). **ผลของการแช่เยือกแข็ง และการทอดต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส สี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศ.** วารสารวิชาการราชภัฏตะวันตก ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2557). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

Belitz, H.D. and W. Groseh. (1999). **Food Chemistry** 2nd ed.Springer, Berlin.

Berk, Z. (1976). **Braverman's Introduction to the Biochemistry of Food.** Elsevier Scientific. Amsterdam: New York. 315 p.

Beveridge, T., K. Franz. and J.E. Harrison. (1986). **Clarified natural apple juice: Production and storage stability of juice and concentrate**. J. Food Sci. 51 (2): 411-414.

Buedo,A.P., M.P. Elustondo and M.J. Urbicain. (2001). **Nonenzymatic browning of peach Juice concentrate during storage**. Innov. Food Sci. Emerg. Tecnol**.** 1: 255-260.

Faur,L. (1975). **Palm oil in deep frying**. Comparative performances' Revue Francaise esCorps Gras**.** 22 (2): 77-83.

Fellow, P.J. (1990). **Food Processing Technology Principle and Practice.** Ellis HorwoodLimited. 505 p.

Garayo, J. and Moreira R. (2002).**Vacuum Frying of Potato Chips**. Journal of Food Engineering. 55 : 181–191.

Kotecha, S. A., D. W. Eley, and R. W. (2008). **Vacuum Frying of High-quality Fruit and Vegetable-based Snacks**. LWT - Food Science and Technology. 41: 1758-1767.

Lawson, H.W. (1985). **Standards for Fats and Oils.** AVI Publishing Co. Westport, Connecticut.

Moyano, P. C., Rioseco, V. K., and Gonzalez, P. A. (2002). **Kinetics of Crust Color Changes during Deep-fat Frying of Impregnated French Fries**. Journal of Food Engineering. 54 : 249–255

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผักและผลไม้ทอดกรอบ (มผช.1038/2554)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมผักและผลไม้ทอดกรอบที่ทำจากผักและผลไม้ทุกชนิดที่สามารถนำมาทอดกรอบได้ที่บรรจุในภาชนะบรรจุ

2. บทนิยาม ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้มีดังต่อไปนี้

2.1 ผักและผลไม้ทอดกรอบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผักหรือผลไม้เช่นเผือก มันแครอททุเรียนกล้วยขนุนสับปะรดทั้งชิ้นหรือตัดแต่งรูปร่างตามต้องการนำไปทอดอาจอบแห้งด้วยก็ได้ อาจปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรสเช่นเกลือน้ำตาลน้ำเชื่อมเนยเนยเทียมหรือวัตถุปรุงแต่งกลิ่นรสอื่นด้วยวิธีฉาบหรือเคลือบ

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป ต้องกรอบอาจแตกหักได้เล็กน้อย การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส ต้องกรอบไม่เหนียวหรือแข็งกระด้าง การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและชิม

3.3 สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของผักและผลไม้ทอดกรอบสม่ำเสมอไม่ไหม้เกรียม

3.4 กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของผักและผลไม้ทอดกรอบไม่มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับกลิ่นหืนรสขม

3.5 สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้เช่นเส้นผมดินทรายกรวดชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

3.6 ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก

3.7 ค่าเพอร์ออกไซด์ ต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัม

3.8 วัตถุเจือปนอาหาร ห้ามใช้สีสังเคราะห์และวัตถุกันเสียทุกชนิดเว้นแต่กรณีที่ติดมากับวัตถุดิบให้เป็นไปตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

3.9 สารปนเปื้อน (เฉพาะพืชหัว)

3.9.1 ตะกั่วต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.9.2 สารหนูทั้งหมดต้องไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.9.3 แคดเมียมต้องไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.10 จุลินทรีย์

3.10.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×106 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.10.2 สตาฟิโลค็อกคัสออเรียสต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.10.3 เอสเชอริเชียโคไลโดยวิธีเอ็มพีเอ็นต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.10.4 ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4. สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษณะในการทำผักและผลไม้ทอดกรอบให้เป็นไปตามภาคผนวก ก.

ภาคผนวก ก.

สุขลักษณะ

(ข้อ 4.1)

ก.1 สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียงอยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดการปนเปื้อนได้

ก.1.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบสะอาดไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.1.1.2 อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่นเขม่าควัน

ก.1.1.3 ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจเช่นบริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์แหล่งเก็บ

ก.1.2 อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสมมีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษาการทำความสะอาดและสะดวกในการปฏิบัติงานโดย

ก.1.2.1 พื้นฝาผนังและเพดานของอาคารที่ทำก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทนเรียบทำความสะอาดและซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.1.2.2 แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วนสำหรับวัตถุดิบวัสดุบรรจุผลิตภัณฑ์รอการบรรจุและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปไม่อยู่ใกล้ห้องสุขาซึ่งเปิดสู่บริเวณทำโดยตรงไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.1.2.3 พื้นที่ปฏิบัติงานต้องไม่แออัดมีแสงสว่างเพียงพอและต้องมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.1.2.4 ห้องสุขาอ่างล้างมือมีจำนวนเหมาะสมมีอุปกรณ์เครื่องใช้สำหรับทำความสะอาดหรือฆ่าเชื้อโรค

ก.2 เครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการทำ

ก.2.1 ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ทำจากวัสดุมีผิวเรียบไม่เป็นสนิมล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.2.2 เครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้สะอาดก่อนและหลังการใช้งานต้องทำความสะอาดเหมาะสมกับการใช้งานไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนติดตั้งได้ง่ายมีปริมาณเพียงพอรวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึงและเก็บไว้ในที่เหมาะสม

ก.3 การควบคุมกระบวนการทำ

ก.3.1 วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำต้องสะอาดมีคุณภาพดีได้จากแหล่งที่เชื่อถือได้ปลอดภัย จัดเก็บในภาชนะสะอาดป้องกันการปนเปื้อนได้แยกเก็บเป็นสัดส่วน

ก.3.2 การทำการเก็บรักษาการขนย้ายและการขนส่งให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.3.3 เครื่องชั่งที่ใช้ต้องตรวจสอบได้เที่ยงตรง

ก.4 การสุขาภิบาลการบำรุงรักษาและการทำความสะอาด

ก.4.1 น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือเครื่องจักรอุปกรณ์และมือของผู้ทำเป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.4.2 มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อแมลงและฝุ่นผงในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.4.3 มีวิธีการป้องกันไม่ให้สัตว์เลี้ยงเช่นสุนัขแมวเข้าไปในบริเวณที่ทำ

ก.4.4 มีการกำจัดขยะสิ่งสกปรกและน้ำทิ้งอย่างเหมาะสมเพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.4.5 สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาดและใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลงใช้ในปริมาณที่เหมาะสมและเก็บแยกจากบริเวณที่ทำเพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.5 บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ก.5.1 ผู้ทำทุกคนต้องมีสุขภาพดีทั้งร่างกายและจิตใจรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดีเช่นสวมเสื้อผ้าที่สะอาดมีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ไม่ไว้เล็บยาวล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงานหลังการใช้ห้องสุขาและเมื่อมือสกปรก

ก.5.2 ผู้ทำทุกคนต้องไม่กระทำการใด ๆ ที่ไม่ถูกสุขลักษณะในสถานที่ทำเช่นรับประทานอาหารสูบบุหรี่

5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุผักและผลไม้ทอดกรอบในภาชนะบรรจุที่สะอาดปิดได้สนิทสามารถป้องกันสิ่งปนเปื้อนจากภายนอกได้

5.2 น้ำหนักสุทธิของผักและผลไม้ทอดกรอบในแต่ละภาชนะบรรจุต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลากการทดสอบให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุผักและผลไม้ทอดกรอบทุกหน่วยอย่างน้อยต้องมีเลขอักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์ (ตาม มผช.) อาจตามด้วยชื่อเรียกผลิตภัณฑ์เช่นกล้วยฉาบขนุนทอดอบกรอบสับปะรดทอดกรอบแครอททอดกรอบผลไม้รวมทอดกรอบ

(2) ส่วนประกอบที่สำคัญเป็นร้อยละของน้ำหนักโดยประมาณและเรียงจากมากไปน้อย

(3) น้ำหนักสุทธิเป็นกรัมหรือกิโลกรัม

(4) วันเดือนปีที่ทำและวันเดือนปีที่หมดอายุหรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วันเดือนปี)”

(5) ข้อแนะนำในการเก็บรักษาเช่นควรเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท

(6) เลขสารบบอาหาร

(7) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำพร้อมสถานที่ตั้งหรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่นในที่นี้หมายถึงผักและผลไม้ทอดกรอบที่มีส่วนประกอบเดียวกันทำโดยกรรมวิธีเดียวกันในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไปลักษณะเนื้อสัมผัสสีกลิ่นรสสิ่งแปลกปลอมการบรรจุและเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน3หน่วยภาชนะบรรจุเมื่อตรวจสอบแล้วต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ถึงข้อ 3.4

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบความชื้นค่าเพอร์ออกไซด์วัตถุเจือปนอาหารและสารปนเปื้อน (เฉพาะพืชหัว) ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเพื่อทำเป็นตัวอย่างรวมโดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัมกรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนดเมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.6 ถึงข้อ 3.9 จึงจะถือว่าผักและผลไม้ทอดกรอบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเพื่อทำเป็นตัวอย่างรวมโดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัมกรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนดเมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.10 จึงจะถือว่าผักและผลไม้ทอดกรอบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ใบรายงานผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แบบ 9-Point hedonic scaling test

ศึกษาระยะการสุกของกล้วยหอมทองที่เหมาะสมต่อการทอดสุญญากาศ

ใบรายงานผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบในการศึกษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอด

ชื่อ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาพร้อมให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้

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

รหัสตัวอย่าง	.....	.....
ลักษณะปรากฏ	.....	.....
สี	.....	.....
รสชาติ	.....	.....
ความกรอบ	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ใบรายงานผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แบบ 9-Point hedonic scaling test

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตกล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ

ใบรายงานผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบในการศึกษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอด

ชื่อ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาพร้อมให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้

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

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....
ความกรอบ	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ใบรายงานผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แบบ 9-Point hedonic scaling test

ศึกษาการปรุงแต่งรสชาติของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ

ใบรายงานผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบในการศึกษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอด

ชื่อ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาพร้อมให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้

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

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....
ความกรอบ	.....	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ใบรายงานผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แบบ 9-Point hedonic scaling test

ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดสุญญากาศ

ใบรายงานผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบในการศึกษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอด

ชื่อ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาพร้อมให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้

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

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....
ความกรอบ	.....	.....	.....
กลิ่นหืน	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

1. การวัดค่าสี

อุปกรณ์และเครื่องมือ

เครื่องวัดค่าสียี่ห้อ Hunterlab รุ่น Ultrascan VIS (U.S.A.) ระบบ CIE L*a*b*

วิธีการ

1. เปิดเครื่องวัดสี เปลี่ยนพอตที่ตัวเครื่องให้เป็นพอตที่มีกระจก พร้อมทั้งเปิดคอมพิวเตอร์ที่หน้าจอ Windows เลือก Double click ที่ Icon EasyMatchQC
2. ที่หน้าจอของโปรแกรม EasyMatchQC เข้า Menu sensor แล้วกดคลิกที่ Standardize
3. โปรแกรมจะถามหา Light trap ให้วาง Light trap ที่ Reflectance port กด Next
4. โปรแกรมจะถามหาWhite tile ให้วาง White tile ที่ Reflectance port กด Next
5. เสร็จสิ้นขั้นตอนการ Standardize กด Finish แล้วกด OK พร้อมสำหรับวัดตัวอย่าง
6. นำตัวอย่างไปแนบที่ Reflectance port แล้วกด Read sample ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
7. ปรากฏหน้าต่าง Read sample ใส่ชื่อตัวอย่างที่ช่อง Sample ID แล้วคลิกที่ OK
8. ปรากฏหน้าต่าง Save job file as ใส่ชื่อไฟล์ที่ช่อง File name แล้วคลิกที่ Save
9. จะปรากฏหน้าต่างใหม่ให้คลิก Yes
10. จะปรากฏหน้าต่างแสดงผลของการวัดค่าสี

2. การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (วัดค่าความแข็งกรอบ : Hardness)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-XTPlus
2. หัววัดแบบหัวเข็มรูปวงกลม (หัววัด HDP/CFS)

วิธีการ

1. เลือกโปรแกรม Texture exponent
2. ใช้หัววัดแบบหัวเข็มรูปวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร (หัววัด HDP/CFS)
3. ติดฐานวางตัวอย่างลงบนฐานรองทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร
4. ทำการวัดโดยใช้หัววัดกดลงบนตัวอย่าง (ตัวอย่างต้องแตก) กำหนดความเร็วของหัววัดในการทดสอบ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วของหัววัดหลังการทดสอบ 10 มิลลิเมตรต่อวินาทีและให้หัววัดกดลงบนตัวอย่างเป็นระยะทาง 3 มิลิลิเมตร ทดสอบจำนวน 3 ครั้ง
5. อ่านค่าแรงกดสูงสุดของตัวอย่างที่วัดได้จากค่า Hardness

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ตามวิธี AOAC (2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. บิวเรต
2. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. โถดูดความชื้น (Desicator)

สารเคมี

1.ฟีนอล์ฟทาลีนความเข้มข้นร้อยละ 1

2. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล

1. นำโพแทสเซียมแอซิดพาทาเลท ($KHC_8H_4O_4$) ใส่กระจกนาฬิกาไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 1-2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น นาน 30 นาที

2. ชั่งน้ำหนักให้ได้แน่นอน 0.8 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

3. เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 3 ขวด)

4. ไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล ใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักกล้วยหอมทองให้ได้ 25 กรัม

2. นำกล้วยมาปั่นให้ละเอียด ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตรใส่ในเครื่องปั่น

3. นำน้ำกล้วยที่ได้กรองผ่านผ้าขาวบาง

4. ใช้ปิเปตดูดส่วนที่เป็นสารละลายน้ำกล้วยที่ได้ปริมาตร 5 มิลลิลิตรใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรและหยดฟีนอล์ฟทาลีน 1-3 หยด เขย่าให้เข้ากัน

5. นำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)} = \frac{\text{NaOH} \times N \times n \times 100}{25}$$

เมื่อ NaOH = ปริมาณที่ใช้

N = ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

n = มิลลิอิควิวาเลนท์ 0.07 (กรดซิตริก)

2. การวัดความเป็นกรด-ด่าง

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH meter) ยี่ห้อ Satorius รุ่น PB-11 (Germany)
2. บีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. นำส่วนที่เป็นสารละลายน้ำกล้วยที่ได้ปริมาตร 50 มล.
2. วัดความเป็นกรดด่างโดยใช้พีเอชมิเตอร์ที่ผ่านการปรับด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานพีเอช 4.0 และ 7.0
3. ทำการวัดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

3. การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยเครื่องหาค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่อง Automatic digital refractometer (ATAGO รุ่น RX5000α) ตามวิธี AOAC (2000)

วิธีการ

1. ทำการทดสอบความแม่นยำของเครื่องมือ Calibration โดยการหยดน้ำกลั่นลงบนเลนส์วัด ปิดฝาครอบ
2. เลือกปุ่ม Start
3. อ่านค่าจากหน้าจอ ต้องเท่ากับร้อยละ 0.00
4. นำส่วนที่เป็นสารละลายน้ำกล้วยหยดลงบนเลนส์วัด ปิดฝาครอบ
5. เลือกปุ่ม Start
6. อ่านค่าที่ได้ จากหน้าจอ
7. ทำการวัดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

4. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC (2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ตู้อบไฟฟ้า
2. ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น
3. โถดูดความชื้น (Desicator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น นาน 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนัก

2. กระทำเช่นเดียวกับข้อ 1 ซ้ำจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างอาหาร (บดตัวอย่าง) ที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-3 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักดีแล้ว

4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง

5. นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น

6. จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีก และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักแห้งที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

โดยที่ W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนการทำแห้ง (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังการทำแห้ง (กรัม)

5. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน ตามวิธี AOAC (2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Soxhlet apparatus
2. หลอดใส่ตัวอย่าง
3. สำลี
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า
6. โถดูดความชื้น (Desicator)

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์หรือเฮกเซน

วิธีการ

1. ใส่ขวดกลมสำหรับการหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดบรรจุ 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น นาน 30 นาที และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก 3-5 กรัม ห่อให้มิดชิดใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง ปิดด้วยสำลี ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง บันทึกน้ำหนัก

3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงใน Soxhlet เติมตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันประมาณ 150 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตา

4. ประกอบอุปกรณ์ชุดกลั่นไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิทซ์ให้ความร้อน

5. ปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวด้วยอัตรา 150 หยด ต่อนาที

6. เมื่อครบ 6 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจาก Soxhlet ทิ้งให้ตัวทำละลายไหลจาก Soxhlet ลงในขวดก้นกลมจนหมด

7. ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ

8. นำขวดหาไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสจนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

9. ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมันโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างแห้งก่อนอบ}}$$

ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

1. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) โดยวิธี Pour plate ตามวิธี AOAC (2000)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate count agar (PCA)
2. สารละลายเปปโตนร้อยละ 0.1 (0.1% peptone solution)

วิธีการทดสอบ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ในถุงปั่นอาหารพร้อม peptone water ร้อยละ 0.1 จำนวน 225 มิลลิลิตร แล้วทำให้เข้ากันโดยใช้เครื่องตีปั่นนาน 1-2 นาที
2. ทำการเจือจางตัวอย่างอาหาร โดยปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลายสำหรับเจือจาง 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างเจือจาง 1:10 และปิเปตตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลายสำหรับเจือจาง 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างเจือจาง 1:100 ทำเช่นนี้ต่อไปจนตัวอย่างที่เจือจางตามต้องการ
3. ใช้ปิเปตดูโตัวอย่างที่ทำการเจือจางที่ระดับต่าง ๆ จำนวน 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ ระดับความเจือจางละ 2 จานเพาะเชื้อ
4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ประมาณ 12-15 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ หมุนจานเพาะเชื้อเบา ๆ เป็นวงกลม แล้วตั้งไว้ให้วุ้นแข็งตัวประมาณ 15 นาที
5. บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง
6. ตรวจนับจำนวนโคโลนีที่อยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี
7. หาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีที่นับได้ แล้วคูณด้วยค่า Dilution factor ของความเจือจางที่นับได้ คำนวณเป็นจำนวนโคโลนีที่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

2. การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา โดยวิธี Pour plate ตามวิธี AOAC (2000)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Potato dextrose agar (PDA) ที่ผ่านการปรับพีเอช (3.5) ด้วยกรดทาร์ทาริกร้อยละ 10
2. สารละลายเปปโตนร้อยละ 0.1 (0.1% peptone solution)

วิธีการทดสอบ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ในถุงปั่นอาหารพร้อม peptone water ร้อยละ 0.1 จำนวน 225 มิลลิลิตร แล้วทำให้เข้ากันโดยใช้เครื่องตีปั่นนาน 1-2 นาที

2. ทำการเจือจางตัวอย่างอาหาร โดยใช้ดูดปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลายสำหรับเจือจาง 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างเจือจาง 1:10 และปิเปตตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลายสำหรับเจือจาง 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างเจือจาง 1:100 ทำเช่นนี้ต่อไปจนตัวอย่างที่เจือจางตามต้องการ

3. ปิเปตตัวอย่างที่ทำการเจือจางที่ระดับต่าง ๆ จำนวน 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อระดับความเจือจางละ 2 จานเพาะเชื้อ

4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ประมาณ 12-15 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ หมุนจานเพาะเชื้อเบา ๆ เป็นวงกลม แล้วตั้งไว้ให้วุ้นแข็งตัวประมาณ 15 นาที

5. บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง

6. ตรวจนับจำนวนโคโลนีที่อยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี

7. หาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีที่นับได้ แล้วคูณด้วยค่า Dilution factor ของความเจือจางที่นับได้ คำนวณเป็นจำนวนโคโลนีที่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

3. การวิเคราะห์ปริมาณ *Escherichi coli* โดยวิธี MPN (Most probable number method)

ตามวิธี AOAC (2000)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Lauryl sulfate tryptose broth (LST)
2. Brilliant gree lactose 2% Blie broth (BGLB)
3. EC broth
4. L-EMB ager
5. สารละลายเปปโตน ร้อยละ 0.1 (0.1% peptone solution)

วิธีการทดสอบ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ในถุงปั่นอาหารพร้อม peptone water ร้อยละ 0.1 จำนวน 225 มิลลิลิตร แล้วทำให้เข้ากันโดยใช้เครื่องตีปั่นนาน 1-2 นาที

2. ทำการเจือจางตัวอย่างอาหาร 1:10 ด้วย peptone dilution ร้อยละ0.1 จนได้ความเจือจางที่ต้องการ ปิเปตตัวอย่างที่เจือจางในระดับต่าง ๆ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ LST broth ที่มีหลอดดักก๊าซ โดยใส่ระดับความเจือจางละ 3 หลอด ๆ ละ 1 มิลลิลิตร

3. นำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

4. ตรวจผลโดยสังเกตการเกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ Confirm test

5. นำ loop เขี่ยเชื้อจากหลอดบรรจุอาหาร LST ที่ให้ผลบวก ใส่ลงในอาหาร BGLB

6. นำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ตรวจการเกิดกรดและก๊าซภายใน 24 ชั่วโมง

และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ คำนวณค่า Coliform bacteria จากตาราง MPN Confirm test สำหรับ *E.coli*

7. ถ่ายเชื้อจากหลอดที่บรรจุอาหาร LST ให้ผลบวกด้วย loop เขี่ยลงในอาหาร EC broth

8. นำไปเพาะที่อุณหภูมิ 44.5 องศาเซลเซียส ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ นาน 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ บันทึกผลการเกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ

9. เขี่ยเชื้อจากหลอดบรรจุอาหาร EC broth ให้ผลบวก streak ลงบนอาหาร L-EMB เพื่อแยกเชื้อนำไปเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส นาน 18-24 ชั่วโมง

10. ถ่ายเชื้อจากโคโลนีที่สงสัย ซึ่งมีจุดดำตรงกลาง มีหรือไม่มี Metallic sheen นำไปทดสอบปฏิกิริยาทางเคมี IMVic test แล้วนำผลที่ได้มาหาค่า MPN (Most probable number) จากตารางดัชนีค่า MPN ที่ได้ถือเป็น *Escherichi coli* มีหน่วยเป็น MPN *E.coli* / กรัม

4.การวิเคราะห์ปริมาณ *Staphylococcus aurous* ตามวิธี AOAC (2000)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Baird-parker medium
2. Trypticase (tryptic) soy agar (TSA)
3. Potassium tellurite solution
4. Egg yolk emulsion (20%)
5. Brain heart infusion (BHI) broth
6. Rabbit plasma with EDTA
7. Mannitol salt agar
8. Voges-proskauer (VP) salt medium

วิธีการทดสอบ

1. ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างอาหารเหลว 25 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ที่บรรจุ peptone water ร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันเพื่อในการตรวจสอบเชื้อต่อไป

2. นำตัวอย่างอาหารที่เตรียมแล้ว 50 มิลลิลิตร ใส่ลงใน LSB + Nacl 10% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่มีความเข้มข้น 2 เท่านำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

3. ถ่ายเชื้อ TSB ไป steak บนผิวหน้า MS-EY นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมงเชื้อ*Staphylococcus aurous* จะให้โคโลนีสีเหลืองขุ่นขนาดประมาณ 1 มิลลิลิตร และอาหารเลี้ยงเชื้อรอบๆโคโลนีจะมีลักษณะทึบแสง เนื่องจากมีการตกตะกอนของ Lecithin ในไข่แดงโดยเอนไซม์ Lecithinase

4. นำโคโลนีที่มีลักษณะสีเหลืองขุ่นจากข้อ 3 มาเลี้ยงในอาหาร BHI นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เพื่อสังเกตการณ์เกิด coagulation ที่เกิดภายใน 1-6 ชั่วโมง

ภาคผนวก ฉ

กรรมวิธีการผลิตกล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ

ส่วนประกอบ

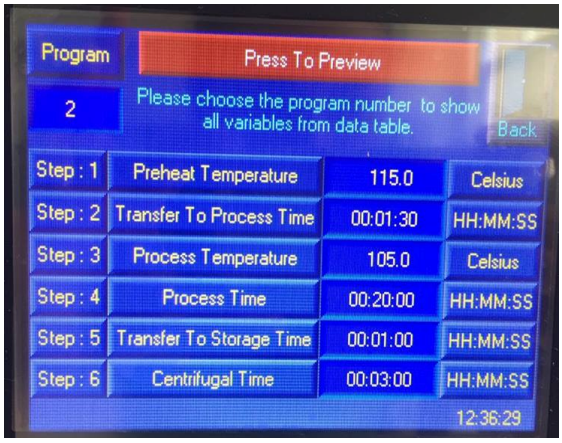
1. กล้วยหอมทอง
2. สารละลายกรดแอสคอร์บิก
3. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์

วิธีการ

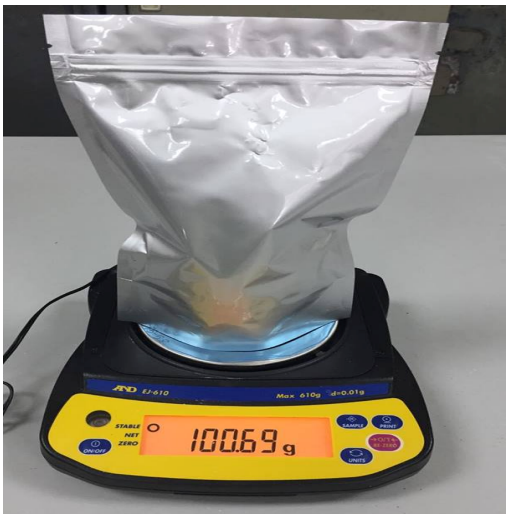
1. เตรียมวัตถุดิบ
   -ปอกเปลือก และหั่นกล้วยหอมทอง
   -ชั่งกรดแอสคอร์บิกและแคลเซียมคลอไรด์ ผสมกับน้ำ

2. นำกล้วยหอมทองที่หั่นแล้วแช่ลงในสารละลายกรดแอสคอร์บิกและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นเวลา 5 นาที แล้วพักให้สะเด็ดน้ำ 5 นาที

3. นำไปทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที (ตั้งเวลา และอุณหภูมิในโปรแกรมของเครื่องทอดสุญญากาศ)



4. พักไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก แล้วบรรจุลงในถุงบรรจุภัณฑ์



5. เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ประวัติผู้ทำการวิจัย

ชื่อ – นามสกุล นายประกาศ ชมภู่ทอง
วัน เดือน ปี เกิด 14 กรกฎาคม 2511

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2535 เทคโนโลยีการเกษตรบัณฑิต (ทษ.บ.)
สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้
พ.ศ. 2558 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาเกษตรและอุตสาหกรรม
เกษตรเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ประวัติการทำงาน พ.ศ. 2535 ตำแหน่ง หัวหน้าฝ่ายการผลิต บริษัท อุตสาหกรรมสับปะรด
กระป๋องไทย จำกัด ต.เขาน้อย อ.ปราณบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์
พ.ศ. 2535 ตำแหน่ง อาจารย์ 1 สังกัดภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร
คณะวิชาเกษตรและอุตสาหกรรม วิทยาลัยครูเพชรบุรี ต.นาวุ้ง อ.เมือง
จ.เพชรบุรี
พ.ศ. 2550 ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8 สังกัดสาขาวิชา
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ต.นาวุ้ง อ.เมือง จ.เพชรบุรี

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
เลขที่ 38 หมู่ที่ 8 ต.นาวุ้ง อ.เมือง จ.เพชรบุรี 76000
โทรศัพท์-โทรสาร 0-3249-3270