รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างสำเร็จรูปพร้อมทาน

Product Development of Packaged Ready-to-eat Grilled Pumpkin

ภาราดร งามดี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณสนับสนุนการวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี และสถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่ให้ทุนอุดหนุนวิจัย ซึ่งช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ตามเป้าประสงค์ และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย ซึ่งช่วยให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ภาวาดร งามดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทคัดย่อ

ฟักทองเป็นพืชเกษตรที่ได้รับการสนับสนุนให้เป็นพืชเอกลักษณ์ของอำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี แต่ด้วยผลิตที่มีมากอาจส่งผลให้เกิดภาวะราคาตกต่ำได้ในอนาคต การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากฟักทองจึงเป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์และมูลค่าให้กับฟักทอง ประกอบกับกระแสรักสุขภาพของผู้บริโภคในปัจจุบัน ที่มีการเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ฟักทองเป็นพืชที่มีใยอาหารและบีตาแคโรทีนที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายในปริมาณสูง งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นพัฒนาผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างจากฟักทองพันธุ์ทางคกและศรีเมืองที่ปลูกมาในพื้นที่ โดยศึกษาระดับการย่างและผลของการลวกฆ่าเชื้อชิ้นฟักทองต่อคุณภาพทางกายภาพเนื้อสัมผัส และประสาทสัมผัส จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบ (7.5) ต่อชิ้นฟักทองหนา 1.5 เซนติเมตร มากที่สุด และถูกใช้เป็นความหนามาตรฐานในการทดลองนี้ ระดับการย่างทำโดยการย่างความร้อนคงที่นาน 3, 4 และ 5 นาที ในแต่ละด้านของฟักทอง ซึ่งฟักทองทั้งสองสายพันธุ์มีคุณภาพทางกายภาพและทางเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกัน โดยมีความแข็งลดลงเมื่อมีระยะเวลาการย่างนานขึ้น แต่ฟักทองย่างจากฟักทองพันธุ์ศรีเมืองที่ย่างนาน 4 นาที มีแนวโน้มได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด (7.3 7.5) และถูกคัดเลือกเป็นตัวแทนสิ่งทดลองในงานวิจัยนี้ จากการลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดนาน 15 วินาที และ 5 นาที ก่อนนำไปย่าง พบว่าการลวกด้วยเวลา 15 วินาทีมีความเหมาะสมมากกว่าการลวกนาน 5 นาที เนื่องจากมีคุณภาพทางเนื้อสัมผัสและทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด (7.5-8.0) และจากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ฟักทองนี้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าชิ้นฟักทองย่างที่ไม่ผ่านการลวกในน้ำเดือด มีอายุการเก็บรักษาเพียง 1 วัน เนื่องจากเกิดการเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์ ในขณะที่ฟักทองย่างจากชิ้นฟักทองที่ผ่านการลวกนาน 15 วินาที ในน้ำเดือดสามารถเก็บได้นาน 2 วัน โดยที่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์และราทั้งหมดเท่ากับ 3.1 $\times$ 10^4 และ 470 CFU/mL ตามลำดับ ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภค และมีคะแนนความชอบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสในระดับชอบถึงชอบมาก

คำสำคัญ : ฟักทอง, ย่าง, คุณภาพทางกายภาพ, คุณภาพเนื้อสัมผัส, คุณภาพประสาทสัมผัส

Abstract

Pumpkin is an agricultural plant that is being promoted as an identical plant for Phatthana Nikhom District of Lopburi Province. As the production was expected to exceed the demand in the future which lead to the lower of it market price, the development of food products from the pumpkin could increase the utilization and value of the pumpkin. Nowadays, the trend of health concern is widespread and consumers preferably to select healthy foods. Pumpkin is a rich source of dietary fiber and beta-carotene which benefit human health. This research aimed to develop ready-to-eat grilled pumpkin from Kang-Kok and Sri-Muang cultivars, which are the most grown pumpkin in the area. The effects of grilled and blanching levels on the physical, texture, and sensory properties were studied. The preliminary study showed that consumer the pumpkin piece with 1.5 cm. of thickness was the most liked (7.5) one, which is used as a standard thickness for the later experiments. The grilled levels at a constant temperature was studied by grilling the pumpkin piece for 3, 4, and 5 min. for each side of the pumpkin piece. Both pumpkin cultivars showed mostly the same physical and textural properties, in which the hardness decreased as the grill time increase. However, the Sri-Muang pumpkin that was grilled for 4 min. tend to receive the highest liking score (7.3-7.5) and was selected as the most preferable sample for the next experiments. The blanching of the pumpkin piece in boiling water for 15 sec. and 5 min. showed that the 15 sec. blanching was more suitable that 5 min as the it delivers the highest textural and sensory (7.5-8.0) properties. Storage of this grilled pumpkin at 4 °C revealed that the non-blanched pumpkin had a shelf life of only 1 day due the microbiological spoilage while the 15 sec. blanched pumpkin could be stored for 2 days. The total microbial and yeast and mold count, 3.1×10^5 and 470 CFU/mL, of the later were within the standard of the ready-to-eat food product and received the liking sensory score in the range of like to like very much.

Keyword : Pumpkin, grill, ready-to-eat, physical properties, textural properties, sensory properties

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.5 ระยะเวลาการดำเนินวิจัย	3
1.6 สถานที่ดำเนินการ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ฟักทอง	5
2.2 การแปรรูปฟักทอง	8
2.3 อาหารพร้อมบริโภค	8
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	12
3.1 วัตถุดิบในการทำวิจัย	12
3.2 อุปกรณ์ในการผลิต	12
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์	13

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	13
3.5 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ	14
3.6 เครื่องมือที่ใช้ในการประมวลผลทางสถิติ	14
3.6 วิธีการดำเนินงานวิจัย	14
บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผล	20
4.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภค	20
4.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของฟักทองย่าง	29
4.3 ผลของการลวกชิ้นฟักทองก่อนการย่างต่อคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของฟักทองย่าง	31
4.2 ผลการศึกษาผลิตภัณฑ์สุดท้าย	35
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	42
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	47
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ ทางเคมี และจุลชีววิทยา	48
ภาคผนวก ข แบบทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสต่อฟักทองย่างพร้อมบริโภค	63

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

4.1 สมบัติทางกายภาพของชิ้นฟักทองสดจากฟักทองสายพันธุ์ดางคกและศรีเมือง 21

4.2 ค่าคะแนนความชอบต่อความหนาของชิ้นฟักทองจากการทดสอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale 22

4.3 คุณภาพทางกายภาพของชิ้นฟักทองย่างจากฟักทองพันธุ์ดางคกและพันธุ์ศรีเมือง เสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ 24

4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฟักทองย่าง 26

4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของฟักทองย่าง 30

4.6 คุณภาพทางกายภาพของชิ้นฟักทองย่างจากชิ้นฟักทองที่ไม่ผ่านการลวกและชิ้นฟักทองที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดด้วยเวลาต่างกัน 30

4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างจากฟักทองที่ไม่ผ่านการลวกในน้ำเดือด และผ่านการลวกในน้ำเดือดด้วยเวลาต่างกัน 33

4.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างจากฟักทองที่ไม่ผ่านการลวกในน้ำเดือดและผ่านการลวกในน้ำเดือดด้วยเวลาต่างกัน 35

4.9 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของชิ้นฟักทองย่างจากชิ้นฟักทองที่ไม่ผ่านการลวกในน้ำเดือดและผ่านการลวกในน้ำเดือดด้วยเวลาต่างกัน 35

4.10 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาของชิ้นฟักทองย่างจากชิ้นฟักทองที่ไม่ผ่านการลวกในน้ำเดือดและผ่านการลวกในน้ำเดือดด้วยเวลาต่างกัน 38

4.11 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 3 วัน 40

4.12 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ฟักทองย่าง SM4-15s 41

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	พันธุ์ฟักทองพื้นเมือง 5 พันธุ์ พันธุ์ศรีเมือง (ก), พันธุ์ข้องปลา (ข), พันธุ์มะพร้าว (ค) พันธุ์ลิงคอง (ง), พันธุ์คางคก (จ)	8
3.1	รูปฟักทองพันธุ์คางคก (ก) และฟักทองพันธุ์ศรีเมือง (ข)	12
3.2	แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมฟักทองย่าง	16
4.1	ชิ้นฟักทองที่มีความหนาแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1 เซนติเมตร (ก), 1.5 เซนติเมตร (ข) และ 2 เซนติเมตร (ค)	20
4.2	ลักษณะสีและรอยเกรียมของชิ้นฟักทองพันธุ์คางคกที่ผ่านการย่างนาน 3 (KK3), 4 (KK4) และ 5 (KK5) นาที	22
4.3	ลักษณะสีและรอยเกรียมของชิ้นฟักทองพันธุ์ศรีเมืองที่ผ่านการย่างนาน 3 (SM3), 4 (SM4) และ 5 (SM5) นาที	23

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 ที่มุ่งเน้นการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศในช่วงปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2564 (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560) และนโยบายประเทศไทย 4.0 ซึ่งเป็นโมเดลการขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ความมั่งคั่งมั่นคง และยั่งยืน และเพื่อผลักดันให้ประเทศหลุดพ้นกับดักประเทศรายได้ปานกลาง ซึ่งอุตสาหกรรมอาหารเป็นหนึ่งอุตสาหกรรมเป้าหมายที่มุ่งเน้นให้เกิดการพัฒนา ในการนี้จังหวัดลพบุรีถูกจัดอยู่ในกลุ่มภาคเหนือตอนบน 2 ซึ่งกำหนดให้มีการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมเกษตรโดยการสร้างมูลค่าเพิ่มจากการผลิตอาหารปลอดภัย ผลักดันให้เกิดการวิจัยเชิงบูรณาการ การผลิตอาหารเพื่อสุขภาพ อาหารระดับพรีเมี่ยม การพัฒนาอาหารสำหรับผู้บริโภคเฉพาะกลุ่ม เช่น ผู้ป่วยโรคไม่ติดต่อ เด็กอ่อน และผู้สูงวัย และการสร้างผู้ประกอบการณ์เกิดใหม่ (new startups) เช่น SMEs และ MicroSMEs ประกอบกับพันธกิจของมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรีได้ถูกกำหนดสถานะให้เป็นมหาวิทยาลัยเพื่อชุมชน วิจัยสร้างองค์ความรู้และนวัตกรรมให้มีคุณภาพเพื่อพัฒนาท้องถิ่น และสร้างความร่วมมือกับชุมชนทั้งในด้านการวิจัย และการบริการวิชาการ

เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลดังกล่าวมาแล้วข้างต้น กลุ่มเกษตรกรในอำเภอพัฒนานิคมของจังหวัดลพบุรี มีแนวคิดในการพัฒนาพื้นที่เป็นเป็นแหล่งท่องเที่ยวด้านเกษตรอินทรีย์ และผลักดันให้ฟักทองเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่น เนื่องจากปัจจุบันอำเภอพัฒนานิคมมีผลผลิตฟักทองสายพันธุ์ต่าง ๆ เป็นจำนวนมากในแต่ละปี และเพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดในการพัฒนาพื้นที่ กลุ่มเกษตรกรและกลุ่มวิสาหกิจในพื้นที่ จึงมีแนวคิดในการสร้างผลิตภัณฑ์จากฟักทองที่ปลูกในพื้นที่เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์ของชุมชน และทางสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร จึงมีแนวคิดในการการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากฟักทองที่บริโภคได้ง่ายและมีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น เพื่อเป็นการตอบสนองต่อความต้องการความช่วยเหลือด้านวิชาการของชุมชนที่สอดคล้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ฟักทอง (*Cucurbita moschata* Duchesne ex. Poiret.) เป็นพืชชนิดหนึ่งที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุมากมายที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 วิตามินบี 5 วิตามินบี 6 วิตามินซี วิตามินอี ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุแคลเซียม ธาตุโพแทสเซียม ธาตุโซเดียม ธาตุแมงกานีส ธาตุเหล็ก และธาตุสังกะสี เป็นต้น ฟักทองใช้ทำได้ทั้งอาหารคาวของหวาน และยังเป็นอาหารว่าง ซึ่งฟักทองเป็นอาหารเพื่อสุขภาพของผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก เพราะฟักทองมีกากใยที่สูงมาก มีแคลอรีและไขมันน้อยจึงเหมาะกับผู้ที่ต้องการลดความอ้วนและควบคุมน้ำหนัก ได้เป็นอย่างดี ทำให้ฟักทองเป็นเมนูหนึ่งของผู้รักสุขภาพ โดยเฉพาะสลัดผักที่มักจะมีฟักทองต้มและฟักทองย่างเป็นตัวเลือกให้ผู้บริโภค ซึ่งฟักทองย่างเป็นเมนูที่พบได้บ่อยในเมนูของร้านสลัดแบบบริการตนเอง ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจาก ฟักทองย่างมีกลิ่นหอม และรสชาติหวานมัน กลมกล่อม ต่างจากฟักทองต้มหรือฟักทองนึ่งซึ่งจะมีกลิ่นหอมน้อยกว่า อย่างไรก็ตามการทำฟักทองย่างต้องใช้เวลานาน ซึ่งไม่สะดวกสำหรับผู้ที่ต้องการความรวดเร็ว การพัฒนาผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภคจึงอาจเป็นทางเลือกในการสร้างความสะดวกให้กับผู้บริโภค และช่วยให้มีการบริโภคฟักทองได้มากขึ้น

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภค โดยศึกษาการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา ความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดยงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 และนโยบาย 4.0 ที่มุ่งเน้นประเด็นวิจัยที่คงบโจทย์การยกระดับศักยภาพของภาคอุตสาหกรรมอาหาร และด้านเทคโนโลยีการอาหาร โดยใช้ผลิตผลทางการเกษตรในประเทศ และสร้างนวัตกรรมเพื่อธุรกิจใหม่ด้วยเทคโนโลยีการอาหาร

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภค

1.2.2 เพื่อศึกษาระดับความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภค

1.2.3 เพื่อพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภค

1.2.4 เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภค

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้ผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภค

1.3.2 ทราบระดับความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภค

1.3.3 ได้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภค

1.3.4 ทราบองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภค

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1.4.1 ตัวอย่างฟักทองที่ใช้ในการศึกษา คือ ฟักทองที่เพาะปลูกโดยเกษตรในอำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี

1.4.2 การศึกษาระดับความชอบของผู้บริโภค ดำเนินการโดยมีกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภค คือ นักศึกษา บุคลากร และประชนทั่วไปที่อยู่ภายในบริเวณของมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

1.4.3 ขนาดที่เหมาะสมของชิ้นฟักทอง โดยศึกษาความหนา 1-2 เซนติเมตร ความกว้าง 2-4 เซนติเมตร ความยาว 5-7 เซนติเมตร และระดับการสุกของชิ้นฟักทองโดยอุณหภูมิที่บนกระทะโลหะเคลือบสารกันติด โดยการควบคุมระยะเวลาในการย่างในแต่ละด้านของฟักทองเป็น 3 ระดับ

1.5 สถานที่ดำเนินการ

1.5.1 ห้องปฏิบัติการแปรรูป สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี

1.5.2 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี

1.5.3 ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี

1.6 นิยามศัพท์

1.6.1 ฟักทองย่าง (grilled pumpkin) คือ ผลิตภัณฑ์จากฟักทองที่นำมาย่างให้สุกบนกระทะ มีลักษณะแตกต่างจากฟักทองนึ่ง และฟักทองต้ม คือ มีรอยเกรียมจากการสัมผัสกับโลหะร้อนโดยตรง มีกลิ่นหอมเฉพาะที่เกิดขึ้นจากการย่างเท่านั้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

1.6.2 ผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภค (Ready-to eat (RTE) foods) หมายถึง อาหารใด ๆ ที่สามารถรับประทานได้ทันทีโดยไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ หรืออาหารใดก็ตามซึ่งรวมถึงอาหารผ่านกระบวนการที่ทราบได้ว่าสามารถรับประทานได้ทันที โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการเพิ่มเติมเพื่อลดจุลินทรีย์ (U.S. Food and Drug Administration § 117.3, 2016)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

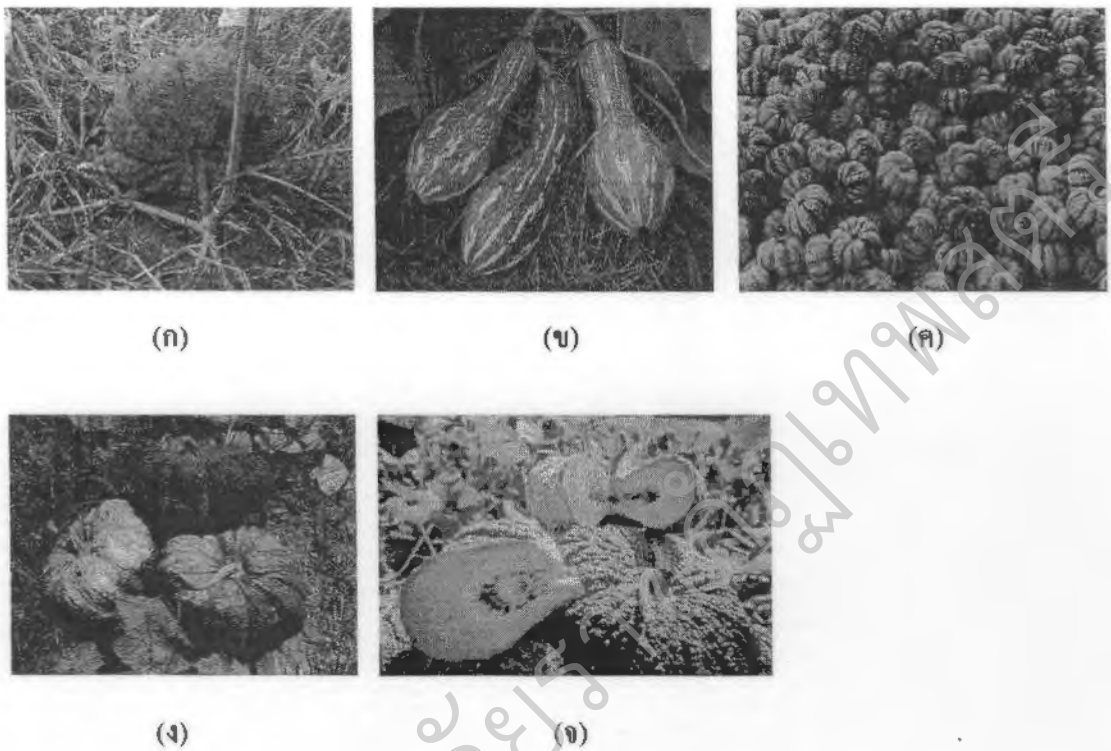
2.1 ฟักทอง

ฟักทองที่ปลูกในประเทศไทย ส่วนใหญ่ คือ *Cucurbita moschata* Duchesne ex. Poiret และ *Cucurbita. pepo* L. ปัจจุบันมีผู้นิยมบริโภคฟักทองมากขึ้น เนื่องจากเป็นฟักทองที่ปลูกสำหรับบริโภค ฟักทองเป็นผัก ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ได้แก่ เบต้าแคโรทีน (β-carotene) อยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามินเอที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ทำให้ตามองเห็นในที่มืดสลัวได้ดี เป็น สารต้านอนุมูลอิสระ (free radical) ลดอัตราเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง สามารถกระตุ้นการหลั่งอินซูลิน ซึ่ง ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเส้นเลือด ป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน ความดันโลหิต นอกจากนี้ยังให้กากใยสูง ช่วยให้ระบบย่อยอาหารดีขึ้น เสริมสร้างคอลาเจนให้ผิวหนังทำให้ผิวพรรณสดใส ถิ่นกำเนิดของฟักทองอยู่ในเขตแห้งแล้งแถบอเมริกากลาง ภาคเหนือของเม็กซิโก และภาคตะวันตกของอเมริกาเหนือ ปัจจุบันปลูกกันแพร่หลายในเขตร้อนและเขตแห้งแล้ง ซึ่งมีสายพันธุ์ที่ พัฒนาขึ้นเองในแหล่งปลูกและสายพันธุ์ที่เป็นการค้า เนื่องจากพืชกลุ่มนี้มีสายพันธุ์ ค่อนข้างมากทำให้เกิดความยุ่งยากในการจำแนกสายพันธุ์ เป็นผลให้มีชื่อเรียกแตกต่างกันมากมาย เช่น squash, pumpkin, marrow และ cushaw ขึ้นอยู่กับลักษณะผลและการนำมาใช้ประโยชน์ ฟักทองที่นิยมนำมาบริโภคแบ่งออกเป็น 4 สปีชีส์ ได้แก่ 1) *Cucurbita pepo* L. 2) *Cucurbita moschata* Duchesne ex. Poiret 3) *Cucurbita maxima* Duchesne ex. Poiret และ 4) *Cucurbita mixta* Pang (พจนา สีมันตร, ศัญมณี อาวุชานนท์, ธรธ อำพล และ กูเบศร์ คล้อยสวาท, 2557)

2.1.1 สายพันธุ์ฟักทอง

ปัจจุบันฟักทองที่ปลูกในประเทศไทยเป็นฟักทองที่บริโภคเนื้อ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ปรับปรุงพันธุ์ฟักทองเพื่อผลผลิตและคุณภาพการบริโภคเนื้อสูง มาตั้งแต่ พ.ศ. 2534 โดยที่ ภัทราภรณ์ ศรีสมรรถการ, ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน, รัตนพล พนมวัน ณ อยุธยา, จานุลักษณ์ ขนบดี, และวิศิษฐ์ ดวงจันทร์ (2558) รวบรวม

และศึกษาสายพันธุ์ฟักทองในประเทศไทยดังนี้ โดยพบว่ามีฟักทอง 20 สายพันธุ์ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ พันธุ์พื้นเมือง 5 พันธุ์ พันธุ์โอโตะ 12 พันธุ์ และพันธุ์โอโตะทางการค้า 3 พันธุ์



(ก) (ข) (ค)

(ง) (จ)

รูปที่ 2.1 พันธุ์ฟักทองพื้นเมือง 5 พันธุ์ พันธุ์ศรีเมือง (ก), พันธุ์ข้องปลา (ข), พันธุ์มะพร้าว (ค), พันธุ์คิงคอง (ง), พันธุ์คางคก (จ)

ที่มา : ประทีป แสนแก้ว (2558), เทคโนโลยีชาวบ้าน (2560)

2.1.2 คุณค่าทางโภชนาการของฟักทอง

Gajewski, Radzanowska, Danilcenko, Jariene, and Cerniauskiene (2008) ศึกษาถึงคุณภาพฟักทองสายพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าคุณภาพของฟักทองต่าง สายพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยพบว่าสายพันธุ์ 'Kroshka' มีปริมาณแคโรทีนอยด์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด สายพันธุ์ 'Kroshka' และ 'Bambino' มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ทั้งหมดสูงที่สุด ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับมีปริมาณแคโรทีนอยด์ และฤทธิ์การต้านอนุมูล อิสระในฟักทอง

ซึ่งคล้ายคลึงกับที่ Kim, Kim, Kim, Choi, and Lee (2012) รายงานว่าฟักทอง *C. maxima* มีคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเยื่อใยมากกว่า *C. pepo* และ *C. moschata* แต่ฟักทอง *C. pepo* มีกรดอะมิโน (amino acid) มากกว่าพันธุ์อื่น ๆ ปริมาณ γ-tocopherol พบมากที่สุดในเมล็ดฟักทองพันธุ์ *C. pepo* และ *C. moschata* ส่วน β sitosterol มีสูงสุดในสายพันธุ์ *C. pepo*

2.1.3 ประโยชน์ต่อสุขภาพของฟักทอง

การศึกษาฟักทองในส่วนที่เกี่ยวกับฤทธิ์ต้านเบาหวาน โดยสารที่ทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำ คือ โพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) จากเนื้อฟักทอง น้ำมันจากเมล็ด และโปรตีนจากเมล็ดที่เริ่มงอก Jin et al. (2013) โดยโพลีแซคคาไรด์ในฟักทองสามารถเพิ่มปฏิกิริยาของสารต้านอนุมูลอิสระ และมีแนวโน้มยับยั้งเนื้องอกในหนูได้

Quanhong, Caili, Yukui, Guanghui, and Tongyi (2005) พบว่าการให้หนูทดลองที่เป็นเบาหวานกินโพลีแซคคาไรด์ชนิดที่จับกับโปรตีนในเนื้อฟักทอง (protein-bound polysaccharide) ในปริมาณ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูทดลองได้ นอกจากนี้การกินโพลีแซคคาไรด์ของหนูทดลองมีผลในการลดน้ำตาล และเพิ่มระดับอินซูลินในเลือดได้ดีกว่าการให้ยารักษาโรคเบาหวานชนิดไกลเบนคลาไมด์ (glibenclamide) เช่นเดียวกับ Chen et al. (2005) ที่พบว่าในแป้งฟักทองทั่วไป และแป้งที่สกัดน้ำตาล ออกแล้วสามารถลดปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือดลง และเพิ่มอินซูลินในพลาสมา และป้องกันภาวการณ์มีน้ำตาลในไตสูงด้วย

Zhang et al. (2013) รายงานว่าคาร์โบไฮเดรตในฟักทองมีฤทธิ์ลดคอเลสเตอรอล ความดัน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฟักทองผงแสดงฤทธิ์ลดระดับ คอเลสเตอรอลและระดับไตรกลีเซอไรด์ในกระต่ายที่ถูกทำให้เป็นโรคเบาหวาน กลุ่มสัตว์ทดลองที่ได้รับสารสกัดฟักทอง รายงานว่าการให้สัตว์ทดลองปกติและสัตว์ทดลองที่เป็นเบาหวานกินฟักทอง มีฤทธิ์ลดระดับคอเลสเตอรอลได้

ฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็งของฟักทองยืนยันได้จากรายงานของ Ito, Maeda, and Sugiyama (1986) รายงานว่าโพลีแซคคาไรด์สกัดจากเนื้อฟักทองมีฤทธิ์การต้านโรคมะเร็งผิวหนัง ฤทธิ์ต้านการเกิดเซลล์เนื้องอกชนิดเออร์ลิชแอสไซติส (ehrlich ascites tumer cell) และมะเร็งเม็ดเลือดขาว หรือลูคีเมีย (leukaemia)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2.2 การแปรรูปฟักทอง

งานวิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปฟักทองมีค่อนข้างน้อยเนื่องจากฟักทองเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในประเทศ และมีราคาไม่แพง เก็บรักษาในรูปของฟักทองสดได้ค่อนข้างนาน การแปรรูปส่วนใหญ่จะเป็นการทอดบรรจุถุงเพื่อจำหน่ายเป็นขนมขบเคี้ยว แต่ยังไม่มีงานวิจัยที่เผยแพร่อย่างเป็นทางการ อย่างไรก็ตามยังมีรายงานการแปรรูปฟักทองเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอยู่จำนวนหนึ่ง

ขวัญนุช วงศ์มหาสกุล, วิชัย หฤทัยธนาสันติ์, อนุวัตร แจ้งจัด, และกมลวรรณ แจ้งชัด (2542) แปรรูปฟักทองพันธุ์หนังตางดกเป็นฟักทองผง และใช้เป็นส่วนผสมร่วมกับไข่ขาวผง กะทิผง และน้ำตาลทรายเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สังขยาฟักทองกึ่งสำเร็จรูป

เทพประสิทธิ์ บัวโคกสูง และนายปิยพัทธ์ เผือกจีน (2560) ผสมฟักทองในเต้าหู้ในสัดส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 ได้ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ฟักทองที่มีความชื้นเท่ากับ 76.90 และมีค่า a_w เท่ากับ 0.98

การแปรรูปก็มีผลต่อ องค์ประกอบของฟักทอง ดังที่ Abdul Hamid, Wee, Osman, and Misran (2009) ได้ศึกษาถึงผลของการต้มและการทอดต่อ สารประกอบฟีนอลิค แคโรทีนอยด์ และฤทธิ์การทำลายอนุมูลอิสระของฟักทองพบว่า หลังการต้มฟักทอง เป็นเวลา 2, 4 และ 6 นาที ทั้งเบต้าแคโรทีนและไลโคพีนมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น จาก 2 เป็น 4 เท่า และ จาก 17 เป็น 40 เท่า ตามลำดับ และพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิคสูญเสียไปร้อยละ 18-54 หลังการต้ม แต่ยังคงพบฤทธิ์การทำลายอนุมูลอิสระในระดับที่สูง คือ ร้อยละ 81.1-94.6 และมีค่าความเข้มข้นที่ทำลายอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) เท่ากับ 1.41 1.62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2.3 อาหารพร้อมบริโภค

2.3.1 ความหมายของอาหารพร้อมบริโภค

ปัจจุบันอาหารไทยทั้งอาหารคาว อาหารหวาน และ อาหาร ว่าง ทำสั่งได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศเป็น อย่างมาก เนื่องจากการประกอบอาหารไทย มีลักษณะเฉพาะตัวโดดเด่น ตั้งแต่การคัดสรรเครื่องปรุง การจัดเตรียม ตลอดถึงวิธีการปรุง ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานเวลาและความประณีตพอสมควร ดังนั้น ทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่ต้องการรับประทานอาหารไทยโดยไม่ต้อง เสียเวลา และยุ่งยากในการปรุงอาหาร คือ อาหารพร้อมบริโภค เพียง แค่ผู้บริโภคนำไปอุ่น อบ นึ่ง หรือเข้าตาไมโครเวฟ ก็สามารถรับ ประทานได้ทันที

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

องค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกานิยามความหมายของคำว่า "ผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภค (Ready-to-eat (RTE) foods)" อาหารใด ๆ ที่สามารถรับประทานได้ทันทีโดยไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ หรืออาหารใดก็ตาม ซึ่งรวมถึงอาหารผ่านกระบวนการที่ทราบได้ว่าสามารถรับประทานได้ทันที โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการเพิ่มเติมเพื่อลดอัตรายจากจุลินทรีย์ (U.S. Food and Drug Administration § 117.3, 2016)

อาหารพร้อมปรุง พร้อมบริโภคแช่เย็น (chilled ready meals) จัดเป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนยอดขายสูงถึงกว่าร้อยละ 30 ในปี 2007 และถือเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ท้าสังมาแรงและมีวางจำหน่ายตามซุปเปอร์มาร์เก็ต และร้านสะดวกซื้อทั่วไป เนื่องจากผู้บริโภคมองว่าอาหารประเภทนี้มีความสะดวกในการบริโภคและมีความสดใหม่กว่าเมื่อเทียบกับสินค้าแช่แข็ง (สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย, 2561)

อาหารพร้อมปรุง-พร้อมบริโภคแช่แข็ง (frozen ready meals) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาตลาดอาหารพร้อมปรุงพร้อมบริโภคแช่แข็งได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้นกับวิถีชีวิตของคนในชุมชนเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้บริโภคในอเมริกาเหนือและยุโรปตะวันตก ที่ปัจจุบันหันมาบริโภคอาหารพร้อมปรุง พร้อมบริโภคแช่แข็งในระดับพรีเมียม (premium) มากขึ้น เนื่องจากสินค้าในกลุ่มนี้มีคุณภาพและมีความสะดวกในการบริโภค รวมไปถึงมีความหลากหลายของประเภทอาหารทั้งอาหารต่างถิ่น (ethnic food) อาหารเพื่อสุขภาพ และเมนูอาหารที่เน้นการใช้วัตถุดิบที่เป็นอินทรีย์ (organics) เป็นต้น ทั้งหมดเป็นผลมาจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการผลิตที่ช่วยยกระดับให้อาหารพร้อมปรุง พร้อมบริโภคแช่แข็งยังสามารถคงคุณค่าทางโภชนาการได้อย่างครบถ้วน ซึ่งเป็นสิ่งที่อาหารกระป๋องหรืออาหารแห้งไม่สามารถทำได้ นอกจากนี้จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการผลิต ยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมปรุง-พร้อมบริโภคแช่แข็ง สามารถพัฒนาและสร้างคุณภาพที่ใกล้เคียงกับอาหารปรุงสด ทั้งในแง่ของรสชาติของอาหาร ความชุ่มชื้นของอาหารแม้ผ่านการอุ่นจากไมโครเวฟก็ตาม และความสดใหม่ของอาหารได้ในที่สุด (สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย, 2561)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2.3.2 บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารพร้อมบริโภค

ผลิตภัณฑ์สำหรับอาหารพร้อมบริโภคทางการค้ามักใช้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้วทิ้ง มีราคาไม่สูงมาก ทำให้พลาสติกเป็นวัสดุที่นำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์ของอาหารพร้อมบริโภค ซึ่งมีอยู่หลายชนิด และมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของอาหาร โดยมีรายงานการศึกษาดังนี้

เทพประสิทธิ์ บัวโคกสูง และปิยพันธ์ เผือกจีน (2560) พบว่าผลิตภัณฑ์เต้าหู้ฟักทองที่มีความชื้นเท่ากับ 76.90 และมีค่า a_w เท่ากับ 0.98 และเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ถุงสุญญากาศ และปรับบรรยากาศด้วยแก๊สไนโตรเจน พบว่าการบรรจุแบบใช้แก๊สไนโตรเจนมีการเก็บรักษาได้ยาวนานมากที่สุดเท่ากับ 1 สัปดาห์

ถุงหรือซองพลาสติกสำหรับอาหารบริโภคพร้อมรับประทานที่ใช้กับไมโครเวฟได้ผลิตจากวัสดุ เช่น กระดาษ กระดาษเคลือบพลาสติก พลาสติกจาก PE ที่มีราคาถูก พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ ซึ่งสามารถใช้กับอาหารแช่แข็ง และอาหารแช่เย็นได้ หรืออาจจะมีการใช้ร่วมกับเอทิลีนกับไวนิลแอลกอฮอล์ เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ด้วยคุณสมบัติป้องการการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนได้ดี (อัจฉรา เพิ่ม, เสาวนิตย์ ชอบบุญ, และปริญญา ทับเที่ยง, 2557)

พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต หรือเพท (polyethylene terephthalate, PET) ที่ประกอบร่วมกับ LDPE ซึ่ง PET/LDPE เป็นฟิล์มที่มีความแข็งตึงการพิมพ์ด้านในของ PET จะช่วยป้องกันรอยขูดขีดและเสียดสีที่จะทำให้ข้อมูลบนฉลากหลุดลอก และสามารถทนอุณหภูมิได้สูงกว่าการใช้ PE ชั้นเดียวโดยอาหารนั้นจะต้องไม่มีจุดสะสมความร้อนที่ทำให้พลาสติกหลอมและลายหรือสลายตัวและขึ้นกับชนิดของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (อัจฉรา เพิ่ม และคณะ, 2557)

ถ้วยหรือถาดสำหรับอาหารบริโภคพร้อมรับประทานที่ใช้กับไมโครเวฟที่ผลิตจากพลาสติกชั้นเดียว เช่น PE พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (high density polyethylene, HDPE) ซึ่งสามารถใช้กับอาหารที่มีไขมันและน้ำมันสูง อาหารแช่แข็ง อาหารที่อุ่นแล้วเกิดไอน้ำ (อัจฉรา เพิ่ม และคณะ, 2557)

พอลิโพรพิลีน (polypropylene, PP) ประกบร่วมกับคริสตัลไลน์พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต(crystallized polyethylene terephthalate, CPET) สามารถใช้บรรจุร้อนและใช้กับไมโครเวฟได้ แต่มีราคาสูง นอกจากนี้ยังผลิตมาจากการอัดรีด (co-extrusion) พลาสติกหลายชั้น เช่น

PP/EVOH/PP สามารถใช้กับไมโครเวฟได้ ป้องกันการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนได้ดี แต่ไม่สามารถใช้บรรจุอาหาร ร้อนได้ และมีราคาสูง (อัจฉรา เพิ่ม และคณะ, 2557)

2.3.3 บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารบริโภคพร้อมรับประทานที่ใช้กับไมโครเวฟได้

บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารแช่เยือกแข็ง มีหน้าที่สำคัญคือปกป้องผลิตภัณฑ์จากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และป้องกันการสูญเสียน้ำ กลิ่น รสชาติ ออกจากอาหารแช่เยือกแข็ง และปกป้องการดูดซับกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์กลับเข้าไปภายในอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสื่อมคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารแช่เยือกแข็ง บรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งมีรูปแบบการบรรจุแตกต่างกันขึ้นกับลักษณะทางกายภาพ และประเภทของอาหาร ตลอดจนวิธีการจัดจำหน่าย (อัจฉรา เพิ่ม และคณะ, 2557)

อาหารที่พร้อมปรุง (ready-to-cook) ที่แช่เยือกแข็งเป็นชิ้นแบบ IQF เช่น เฟรนช์ฟราย กุ้งแช่เยือกแข็งมักบรรจุใส่ในถุงพลาสติกเพื่อสะดวกในการเทออกจากถุง เมื่อนำมาปรุงที่บ้าน ปลาทะเลคุณภาพสูง ที่แล่เนื้อเป็นชิ้น fillet หรือเนื้อวัว เนื้อหมู อาจจะบรรจุเป็นชิ้นเดี่ยวในถุงสุญญากาศ (vacuum packaging) เพื่อแสดงให้เห็นคุณภาพภายใน (อัจฉรา เพิ่ม และคณะ, 2557)

การบรรจุแบบสุญญากาศ และการบรรจุแบบการปรับสภาพบรรยากาศ (modified atmospheare packaging, MAP) ยังมีประโยชน์กับอาหารแช่เยือกแข็งที่ไขมันสูง เช่น เนื้อสัตว์แช่เยือกแข็ง อาหารทะเลแช่เยือกแข็ง จะปกป้องการเสื่อมเสียเนื่องจากออกซิเจน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารแช่เยือกแข็ง ได้แก่ การเกิดกลิ่นหืน (rancidity) จากปฏิกิริยา lipid oxidation อาหารพร้อมรับประทาน (ready-to-eat) อาจบรรจุในถ้วย ในถาด ที่พร้อมอุ่นในไมโครเวฟ และใช้เสิร์ฟได้ทันทีหลังอุ่น (อัจฉรา เพิ่ม และคณะ, 2557)

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบในการทำวิจัย

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตฟักทองย่าง คือ ฟักทอง 2 สายพันธุ์ที่ปลูกในเขตอำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี ได้แก่ พันธุ์คางคก และพันธุ์ศรีเมือง โดยมีลักษณะของลูกฟักทองดังแสดงในรูปที่ 3.1 (ก) และ 3.1 (ข) ตามลำดับ

ฟักทองทั้งสองสายพันธุ์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ ซื้อจากผู้ค้าในตลาดสดพัฒนานิคม ในอำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี ซึ่งเป็นฟักทองที่ปลูกในช่วงเดือนพฤศจิกายนและเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2561 มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ 80-90 วัน โดยเลือกซื้อฟักทองที่มีขนาดใกล้เคียงกันโดยมีน้ำหนักลูกละประมาณ 2.5-3.0 กิโลกรัม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25-30 เซนติเมตร และมีความหนาประมาณ 15-20 เซนติเมตร

(ก) (ข)

รูปที่ 3.1 รูปฟักทองพันธุ์คางคก (ก) และฟักทองพันธุ์ศรีเมือง (ข)

3.2 อุปกรณ์ในการผลิต

3.2.1 อุปกรณ์เครื่องครัว

3.2.2 กระทะปิ้งย่าง (กระทะเทฟลอน, ยี่ห้อ Meyer, รุ่น Basic, ประเทศไทย)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.2.3 เทอร์โมมิเตอร์ (อินฟราเรด เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล, ยี่ห้อ Benetech, รุ่น IT10 GM1350, ประเทศจีน)

3.2.4 เครื่องวัดขนาด (เวอร์เนียคาลิปเปอร์, ยี่ห้อ Mitutoyo, รุ่น M-530-101, ประเทศญี่ปุ่น)

3.2.5 เครื่องไมโครเวฟ (ไมโครเวฟระบบอุ่นอาหาร ยี่ห้อ Life's Good, รุ่น MS2042D, ประเทศไทย)

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.3.1.1 เครื่องวัดสีระบบ CIE L* a* b* (Colorimeter; ยี่ห้อ Hunter Lab, รุ่น FlexZ2, ประเทศญี่ปุ่น)

3.3.1.2 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity meter; ยี่ห้อ Aqualab, รุ่น 4TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.3.1.3 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analyzer; ยี่ห้อ Stable micro system, รุ่น TA-XT plus, ประเทศอังกฤษ)

3.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.3.2.1 ชุดวิเคราะห์การไทรเทรต ได้แก่ ปิเปตต์ (pipette) ขาตั้งเหล็ก (stand) ที่ยึดบิวเรตต์ (burette) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ลูกยางดูดปิเปตต์ (rubber bulb)

3.3.2.2 โถดูดความชื้น (desiccator; ยี่ห้อ Northman, รุ่น SS120, ประเทศไทย)

3.3.2.3 เครื่องสกัดโปรตีน (auto digestion unit; ยี่ห้อ Buchi, รุ่น B 324, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)

3.3.2.4 เครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet extraction; ยี่ห้อ Buchi, รุ่น B 811, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)

3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.4.1 แบบทดสอบ

3.4.2 ชุดทดสอบชิม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.5 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.5.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.5.1.1 กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid; H_2SO_4; Univar, ประเทศออสเตรีย)

3.5.1.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide; NaOH; Univar, ประเทศออสเตรีย)

3.5.1.3 กรดบอริก (boric acid; H_3BO_3; Merck, ประเทศเยอรมนี)

3.5.1.4 กรดไฮโดรคลอริก (hydrocloric acid; HCL; Merck, ประเทศเยอรมนี)

3.5.1.5 ปิโตรเลียมอีเธอร์ (petroleum ether; C_6H_{12}; RDI labscan, ประเทศไทย)

3.5.2 สารเคมีที่ใช้และอาหารเลี้ยงเชื้อในการวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา

3.5.2.1 Potato Dextrose Agar (PDA; ยี่ห้อ Himedia, ประเทศอินเดีย)

3.5.2.2 Plate Count Agar (PCA; ยี่ห้อ Himedia, ประเทศอินเดีย)

3.5.2.3 สารละลายเปปโตน (Peptone; SRL; 500G, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.5.2.4 เอทานอล (ethanol; C_2H_5OH; Merck, ประเทศเยอรมนี)

3.6 เครื่องมือในการประมวลผลทางสถิติ

3.6.1 โปรแกรมประมวลผลทางสถิติสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชั่น 20โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วยโปรแกรม ANOVA เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

3.6.2 โปรแกรมMicrosoft Excel เวอร์ชั่น 2010

3.7 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.7.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ฟักทองอ่างพร้อมบริโภค

3.7.1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ล้างทำความสะอาดผลฟักทองด้วยน้ำ และขัดด้วยแปรงพลาสติกเพื่อล้างเศษดินออก และแช่ในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate) ทิ้งไว้ 15 นาทีเพื่อลดการปนเปื้อนของสิ่งเจือปนที่อาจมีอยู่ เช่น ยาฆ่าแมลง และจุลินทรีย์ก่อโรค เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

หลังจากซับน้ำบนผลฟักทองจนแห้งใช้มีดผ่าฟักทองออก หั่นเป็นชิ้นให้มีความยาวประมาณ 9.5 เซนติเมตร ความหนาประมาณ 1, 1.5 และ 2 เซนติเมตร และ ความกว้าง 2-4 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดพอเหมาะที่ได้จากการทดลองย่างเบื้องต้น

3.7.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

คุณภาพทางกายภาพของตัวอย่างฟักทองทั้ง 2 สายพันธุ์ และมีความหนาต่างกันเท่ากับ 1, 1.5 และ 2 เซนติเมตร ทำโดยการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสีระบบ CIE L* a* b* (Colorimeter; ยี่ห้อ Hunter Lab, รุ่น FlexEZ, ประเทศสหรัฐอเมริกา) ซึ่งตัวอย่างฟักทองที่มีความหนาต่างกันนี้จะใช้ในการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการย่างฟักทอง

3.7.1.3 การศึกษาความหนาของชิ้นฟักทองที่เหมาะสม

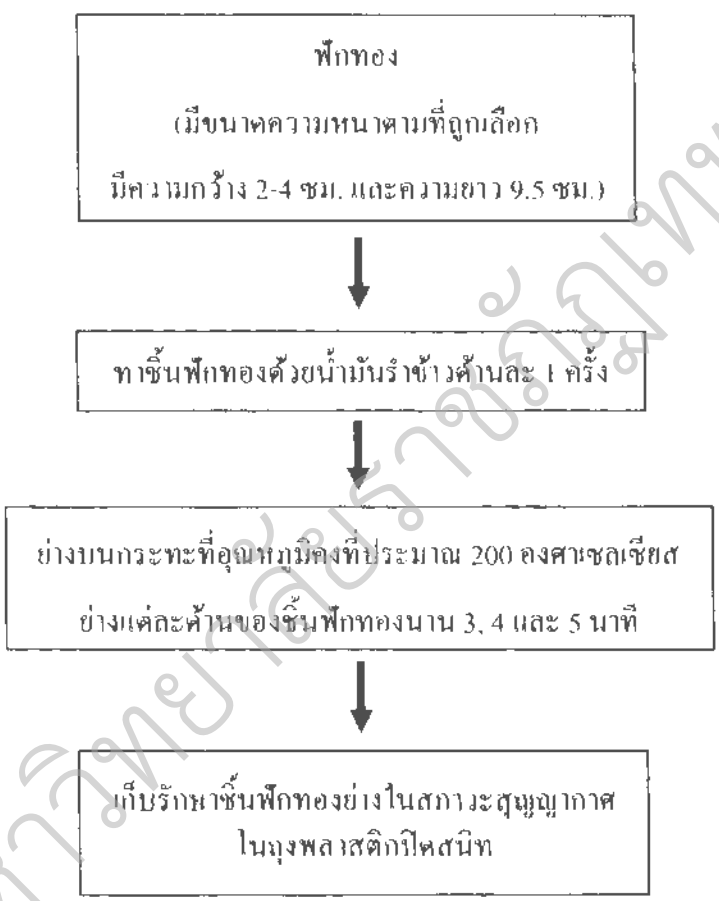
การศึกษาความหนาของชิ้นฟักทองที่เหมาะสมมีจุดประสงค์เพื่อประเมินความชอบของผู้บริโภคต่อชิ้นฟักทองย่างที่มีความหนาต่าง ๆ กัน 3 ได้แก่ 1, 1.5 และ 2 เซนติเมตร โดยกำหนดขนาดความกว้างและความยาวของชิ้นฟักทองให้คงที่ ดังนี้ กำหนดความกว้างส่วนที่แคบที่สุดเท่ากับ 2 เซนติเมตร และความกว้างของส่วนที่กว้างที่สุดเท่ากับ 4 เซนติเมตร และกำหนดความยาวของชิ้นฟักทองเท่ากับ 9.5 เซนติเมตร จากนั้นย่างตัวอย่างฟักทองด้วยความร้อนด้วยอุณหภูมิคงที่ประมาณ 200 องศาเซลเซียส บนกระทะย่างเคลือบสารกันติด โดยทาชิ้นฟักทองด้วยน้ำมันรำข้าวที่ด้านกว้างของชิ้นฟักทองทั้ง 2 ด้าน และทำการย่างเป็นเวลาด้านละ 4 นาที เพื่อให้เกิดรอยกรีดม

ใช้ตัวอย่างฟักทองย่างที่ได้ ซึ่งมีความหนาแตกต่างกัน 3 ระดับเท่ากับ 1, 1.5 และ 2 เซนติเมตร เพื่อประเมินความชอบของผู้บริโภคต่อความหนาของชิ้นฟักทอง ซึ่งกลุ่มผู้ทดสอบทำการประเมินโดยการสังเกตด้วยตาเปล่า โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 9 point hedonic scale โดยมีแบบสอบถามดังแสดงใน จากนั้นคัดเลือกตัวอย่างฟักทองที่มีความหนาที่เหมาะสมจำนวน 1 ตัวอย่าง โดยการเลือกชิ้นฟักทองที่มีขนาดความหนาที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด 1 ขนาด เพื่อใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการย่างฟักทองในขั้นตอนต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.7.1.4 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการย่างฟักทอง

การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการย่างฟักทองมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาระดับความสุกของชิ้นฟักทอง และรอยเกรียมที่เกิดจากการย่าง และการเกิดกลิ่นหอมจากการย่าง ซึ่งศึกษาโดยใช้เวลาในการย่างในแต่ละด้านของชิ้นฟักทองเท่ากับ 3, 4 และ 5 นาที โดยมีแผนภาพแสดงขั้นตอนการย่างดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมฟักทองย่าง

จากรูปที่ 3.2 การเตรียมฟักทองย่างเริ่มโดยการใช้แปลงทาเนยจุ่มลงในน้ำมันรำข้าว 1 ครั้ง และทาลงบนด้านกว้างของชิ้นฟักทอง 1 ครั้ง จากนั้นจุ่มแปลงลงในน้ำมันรำข้าวอีกครั้ง และทาลงบนด้านกว้างของชิ้นฟักทองที่เหลืออีกหนึ่งด้าน แล้วจึงนำชิ้นฟักทองวางลงบนกระทะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

เคลือบสารกันติด ที่มีความร้อนคงที่ประมาณ 200 องศาเซลเซียส โดยไม่มีการขยับชิ้นฟักทอง และศึกษาระยะเวลาการย่างที่เหมาะสมโดยการควบคุมระยะเวลาในการย่างในแต่ละด้านของฟักทองเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 3, 4 และ 5 นาที จากนั้นวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างฟักทองย่างที่ได้ทั้งหมดดังนี้

1) วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสีระบบ CIE L* a* b* (Colorimeter; ยี่ห้อ Hunter Lab, รุ่น FlexEZ, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

2) วัดปริมาณความชื้นด้วยวิธีการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักจากการอบแห้ง (loss-on-drying) (AOAC, 2000)

3) วัดค่าน้ำอิสระด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity meter; ยี่ห้อ Aqualab, รุ่น 4TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

4) วิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analyzer, ยี่ห้อ Stable micro system, รุ่น TA-XT plus, ประเทศอังกฤษ) ตามวิธีของ Murdia and Wadhwani (2018) โดยใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 มิลลิเมตร ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัดมีค่าเท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที และให้หัววัดผ่านเข้าไปในตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 75 ของความหนาของตัวอย่าง และแสดงผลวิเคราะห์จากการวิเคราะห์ซ้ำ 10 ครั้ง เป็นค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ความยืดหยุ่น (springiness) การเคี้ยวได้ (chewiness) การเกาะติด (adhesiveness) และการเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) (ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ, 2549)

3.7.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสมีจุดประสงค์เพื่อประเมินความชอบของผู้บริโภคโดยทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภค ซึ่งใช้วิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale โดยทดสอบกับกลุ่มผู้ชิมในบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ได้แก่ นักศึกษา พนักงาน และข้าราชการ ซึ่งเป็นผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน เพื่อให้คะแนนระดับความชอบในช่วงคะแนน 1 ซึ่งหมายถึงไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 ซึ่งหมายถึงชอบมากที่สุด โดยทำการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างฟักทองย่างทั้งหมด 7 คุณลักษณะ ได้แก่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ลักษณะปรากฏ สีของรอยเกรียม สีของเนื้อฟักทอง กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

3.7.3 การศึกษาผลของการลวกชิ้นฟักทองก่อนการย่าง

การลวกชิ้นฟักทองย่างมีจุดประสงค์เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และยับยั้งเอนไซม์ที่ผิวของชิ้นฟักทองก่อนนำไปย่าง ซึ่งอาจมีส่วนช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภคได้

การศึกษาทำโดยการลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดและศึกษาระดับของการลวกที่แตกต่างกัน 2 ระดับ โดยการควบคุมระยะเวลาในการลวกต่างกัน ได้แก่ 15 วินาที และ 5 นาที จากนั้นศึกษาสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

1) ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสีระบบ CIE L* a* b*

2) คุณภาพทางกายภาพ ทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TPA โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ตามวิธีของ Murdia and Wadhwani (2018)

3) คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และเชื้อรา (AOAC, 2000)

3.7.4 การศึกษาผลิตภัณฑ์สุดท้าย

3.7.4.1 การประเมินอายุการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภคมีลักษณะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w สูง ทำให้เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย จึงต้องเก็บรักษาโดยการแช่เย็น โดยมีเป้าหมายในการว่างจำหน่ายในชั้นของอาหารแช่เย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภคทำการศึกษาโดยการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ในถุงพลาสติกภายใต้สภาวะสุญญากาศ และเก็บรักษาในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิแช่เย็นที่มีค่าคงที่เท่ากับ 4 องศาเซลเซียส และสุ่มตัวอย่างทุกวัน เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยด้านคุณภาพของอาหาร ได้แก่

1) ค่าสีด้วยเครื่องวัดสีระบบ CIE L* a* b* (Colorimeter; ยี่ห้อ Hunter Lab, รุ่น FlexZ2, ประเทศญี่ปุ่น)

2) คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และเชื้อรา (AOAC, 2000)

3) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการประเมินระดับความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale

3.7.4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

ผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภคที่ถูกเลือกทั้ง 2 ตัวอย่าง ซึ่งเลือกจากฟักทองทั้ง 2 สายพันธุ์ ๆ ละ 1 ตัวอย่าง ถูกนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณดังนี้

1) ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

2) ปริมาณไขมันรวม (AOAC, 2000)

3) ปริมาณโปรตีนรวม วิเคราะห์ด้วยวิธี Kjeldahl (Chang, 2010; S. Fujuhara, A. Kasuga, & Y. Aoyagi., 2001)

4) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Chang, 2010)

5) ปริมาณเยื่อใยรวม (AOAC, 2000)

6) ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

7) พลังงานทั้งหมด ใช้วิธีการคำนวณ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

บทที่ 4
ผลและการอภิปรายผล

4.1 การพัฒนาผลิตฟักทองย่างพร้อมบริโภค

4.1.1 ผลการศึกษาวัตถุดิบฟักทอง

ฟักทองย่างที่มีความหนาแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1, 1.5 และ 2 เซนติเมตร มีลักษณะทางกายภาพ ดังแสดงในรูปที่ 4.1

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.1 ชิ้นฟักทองที่มีความหนาแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1 เซนติเมตร (ก), 1.5 เซนติเมตร (ข) และ 2 เซนติเมตร (ค)

ตารางที่ 4.1 แสดงสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่าสีของชิ้นฟักทองสายพันธุ์คางคกและสายพันธุ์ศรีเมือง โดยใช้รหัส KK (Kang-Kok) แทนชื่อฟักทองพันธุ์คางคก และ SM (Sri-Muang) แทนชื่อฟักทองพันธุ์ศรีเมือง ซึ่งพบว่าฟักทองพันธุ์คางคกมีฟักทองพันธุ์ศรีเมืองที่มีค่าความชื้นใกล้เคียงกันเท่ากับ 83.4-84.7 ($p > 0.05$) ในขณะที่ค่า a_w ของฟักทองทั้งสองสายพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกันในช่วง 0.961-0.965 ซึ่งเป็นสอดคล้องกับค่า a_w ของผักสดที่มีค่าสูงเนื่องจากมีปริมาณน้ำมาก (reference) ผลการวิเคราะห์ค่าสีพบว่าฟักทองทั้งสองสายพันธุ์มีค่าสี L* ใกล้เคียงกันในช่วง 60.58-63.25 และมีค่าสี b* ใกล้เคียงกันในช่วง 55.76-57.40 ซึ่งค่า b* ที่มีค่าเป็นบวกสูงแสดงให้เห็นว่าชิ้นฟักทองมีสีเหลือง ประกอบกับการที่มีค่า L* มีค่าเป็นบวกมาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

แสดงถึงสีขาวหรือความสว่าง ซึ่งแสดงถึงว่าชิ้นฟักทองมีสีไปในทางโทนสีเหลืออ่อน อย่างไรก็ตามฟักทองพันธุ์ศรีเมืองมีค่าสี a* ที่แสดงถึงโทนสีแดงเท่ากับ 9.29 ซึ่งมีค่าเป็นบวกมากกว่าชิ้นฟักทองพันธุ์คางคกที่มีค่าสี a* เท่ากับ 5.14 แสดงให้เห็นว่าฟักทองพันธุ์ศรีเมืองมีเนื้อฟักทองไปในทางโทนสีเหลืองส้ม ในขณะที่ฟักทองพันธุ์คางคงมีเนื้อฟักทองที่มีโทนสีเหลืองอ่อนมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของฟักทองทั้งสองสายพันธุ์ที่สังเกตุได้จากตาเปล่า

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของชิ้นฟักทองสดจากฟักทองสายพันธุ์คางคกและศรีเมือง

ฟักทอง	ความชื้น (ร้อยละ)^{ns}	$a_w{}^{ns}$	ค่าสี		
			L*^{ns}	a*	b*^{ns}
พันธุ์คางคก (KK0)	84.7 ± 0.8	0.961 ± 0.003	63.25 ± 1.06	5.14^{b} ± 0.32	55.76 ± 0.90
พันธุ์ศรีเมือง (SM0)	83.4 ± 0.4	0.965 ± 0.008	60.58 ± 2.41	9.29^{a} ± 1.01	57.40 ± 1.03

หมายเหตุ : $^{a-b}$ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันจากการทดสอบด้วยวิธี paired sample *t*-test ที่ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ($p < 0.05$), ^{ns} = ย่อมาจาก not significant หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.1.2 ความหนาของชิ้นฟักทองที่เหมาะสม

ความหนาของชิ้นฟักทองที่เหมาะสมใช้วิธีการประเมินจากผู้บริโภคโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งได้ผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งพบว่ากลุ่มผู้บริโภคมีความชอบต่อชิ้นฟักทองที่มีความหนาเท่ากับ 1.5 ซม. มากที่สุด โดยมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 7.5 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบถึงชอบมาก ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกใช้ฟักทองที่มีความหนาเท่ากับ 1.5 ซม. เพื่อการศึกษาการผลิตฟักทองย่างพร้อมบริโภคในขั้นตอนต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

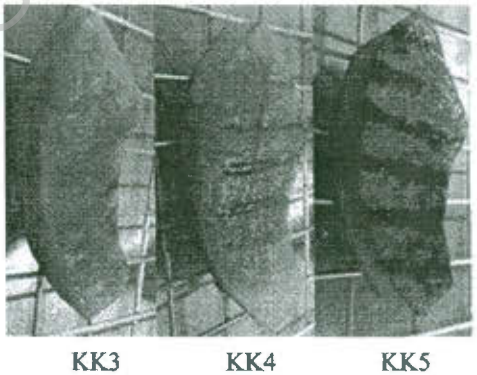
ตารางที่ 4.2 ค่าคะแนนความชอบต่อความหนาของชิ้นฟักทองจากการทดสอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale

ความหนาของชิ้นฟักทอง	คะแนนความชอบ
1.0 ซม.	$5.8^{c} \pm 1.1$
1.5 ซม.	$7.5^{a} \pm 1.2$
2.0 ซม.	$6.7^{b} \pm 0.8$

หมายเหตุ : $^{a-c}$ แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันจากการทดสอบด้วยวิธี One-Way ANOVA และทดสอบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test ที่ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ($p < 0.05$)

4.1.3 ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการย่างฟักทอง

ระยะเวลาการย่างชิ้นฟักทองมีผลต่อความสุกและลักษณะปรากฏหรืออาจเรียกว่ารอยเกรียมบนชิ้นฟักทองที่ผ่านการย่างในแต่ละด้านของชิ้นฟักทองด้วยเวลาต่างกันเท่ากับ 3, 4 และ 5 นาที โดยมีลักษณะทางกายภาพของชิ้นฟักทองที่รอยเกรียมแตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่ง

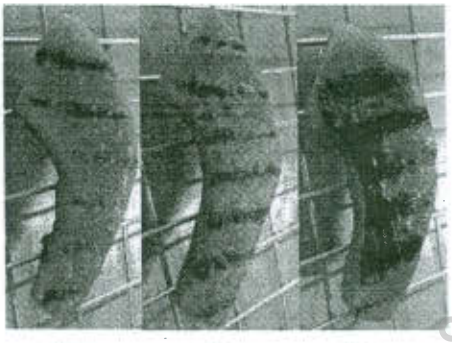


KK3 KK4 KK5

รูปที่ 4.2 ลักษณะสีและรอยเกรียมของชิ้นฟักทองพันธุ์คางคกที่ผ่านการย่างนาน 3 (KK3), 4 (KK4) และ 5 (KK5) นาที

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

แสดงรูปถ่ายชิ้นฟักทองย่างของฟักทองพันธุ์คางคก และรูปที่ 4.3 แสดงรูปถ่ายชิ้นฟักทองย่างของฟักทองพันธุ์ศรีเมือง ซึ่งการย่างด้วยระยะเวลานาน 3, 4 และ 5 นาที ทำให้เกิดรอยเกรียมที่มีสีเข้มต่างกันอย่างเห็นได้ชัดบนชิ้นฟักทองทั้งสองสายพันธุ์



SM3 SM4 SM5

รูปที่ 4.3 ลักษณะสีและรอยเกรียมของชิ้นฟักทองพันธุ์ศรีเมืองที่ผ่านการย่างนาน 3 (SM3), 4 (SM4) และ 5 (SM5) นาที

ผลการทดลองในตารางที่ 4.3 แสดงสมบัติทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชิ้นฟักทอง โดยค่าความชื้นของฟักทองพันธุ์คางคกที่ผ่านการย่างแต่ละด้านด้วยเวลานาน 3, 4 และ 5 นาที (KK3, KK4 และ KK5) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 77.3-80.9 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่พบว่าทั้ง 3 ตัวอย่างมีค่าความชื้นต่ำกว่าค่าความชื้นของฟักทองพันธุ์คางคกที่ไม่ผ่านการย่าง KK0 ที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 84.7 สำหรับค่าความชื้นของชิ้นฟักทองพันธุ์ศรีเมืองที่ไม่ผ่านการย่าง (SM0) มีค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 83.4 ซึ่งมีค่าสูงกว่าชิ้นฟักทองที่ผ่านการย่างแต่ละด้วยเวลานาน 3, 4 และ 5 นาที (SM3, SM4 และ SM5) ทุกตัวอย่าง แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าความชื้นของ SM3 (ร้อยละ 76.2), SM4 (ร้อยละ 74.9) และ SM5 (ร้อยละ 70.2) มีค่าความชื้นที่มีแนวโน้มลดลงอย่างเป็นลำดับ โดยที่ SM5 มีค่าความชื้นต่ำที่สุด ($p < 0.05$) ซึ่งการลดลงของค่าความชื้นเกิดขึ้นจากการสูญเสียปริมาณน้ำในชิ้นฟักทองจากการย่างฟักทองด้วยความร้อน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 4.3 คุณภาพทางกายภาพของชิ้นฟักทองย่างจากฟักทองพันธุ์คางคกและพันธุ์ศรีเมือง

ฟักทอง	ตัวอย่างทดลอง	ระดับการย่าง (นาที)	คุณภาพทางกายภาพ				
			ความชื้น (ร้อยละ)^{ns}	a_w ^{ns}	ค่าสี		
					L*	a*^{ns}	b*^{ns}
พันธุ์คางคก (KK)	KK0	0	84.7^{a} ± 0.2	0.961 ± 0.003	63.3^{a} ± 1.1	5.1 ± 0.3	55.8 ± 0.9
	KK3	3	80.9^{b} ± 1.8	0.968 ±0.004	49.2^{b} ± 5.8	7.4 ± 1.5	52.5 ± 6.6
	KK4	4	79.3^{b} ± 1.2	0.953 ± 0.014	46.3^{b} ± 2.3	7.4 ± 1.2	46.7 ± 7.4
	KK5	5	77.3^{b} ± 3.1	0.981 ± 0.002	51.2^{b} ± 2.7	6.6 ± 0.5	50.9 ± 3.9
พันธุ์ศรีเมือง (SM)	SM0	0	83.4^{a} ± 0.2	0.965 ± 0.008	60.6^{a} ± 2.4	9.3 ± 1.0	57.4 ± 1.0
	SM3	3	76.2^{b} ± 0.4	0.983 ± 0.002	47.1^{b} ± 0.3	8.1 ± 1.2	49.5 ± 2.6
	SM4	4	74.9^{bc} ± 0.8	0.989 ± 0.004	46.0^{b} ± 2.6	8.9 ± 1.0	49.1 ± 4.1
	SM5	5	70.2^{c} ± 1.2	0.988 ± 0.001	44.9^{b} ± 0.9	9.0 ± 2.5	47.6 ± 1.9

หมายเหตุ : $^{a-c}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันจากการทดสอบด้วยวิธี One-Way ANOVA และทดสอบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test ที่ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ($p < 0.05$), ^{ns} (not significance) = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่า a_w ของชิ้นฟักทองสดและชิ้นฟักทองย่างของฟักทองทั้ง 2 สายพันธุ์มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.951-0.989 ซึ่งสอดคล้องกับค่า a_w ของผักสด (Ref....) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างเป็นผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมเสียได้ง่ายจากเชื้อจุลินทรีย์ (Ref....)

ค่าสีของชิ้นฟักทองย่างซึ่งทำการวัดในส่วนของเนื้อฟักทองบริเวณที่ไม่มีรอยเกรียมมีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งพบว่าค่าสี a* และ b* ของชิ้นฟักทองพันธุ์คางคกทั้งที่ไม่ผ่านการย่างและผ่านการย่างมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยมีค่า a* อยู่ในช่วง 5.1-7.4 และมีค่า b* อยู่ในช่วง 46.7-55.8 ในขณะที่ค่าสี L* ของชิ้นฟักทองย่าง KK3, KK4 และ KK5 ที่มีค่าไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 46.3-51.2 และมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า L* ของฟักทอง KK0

ค่าสีของชิ้นฟักทองพันธุ์ศรีเมืองดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นฟักทองพันธุ์ศรีเมืองเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลการวิเคราะห์ค่าสีของชิ้นฟักทองพันธุ์คางคก กล่าวคือ ชิ้นฟักทองมีค่าสี a* และ b* ของชิ้นฟักทองทั้งที่ไม่ผ่านการย่างและผ่านการย่างมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยมีค่า a* อยู่ในช่วง 8.1-9.3 และมีค่า b* อยู่ในช่วง 47.6-57.4 ในขณะที่ค่าสี L* ของชิ้นฟักทองย่าง SM3, SM4 และ SM5 ที่มีค่าไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 44.9-47.1 และมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า L* ของฟักทอง SM0

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ค่าสีของชิ้นฟักทองย่างแสดงให้เห็นว่าชิ้นฟักทองย่างยังคงมีสีเหลือง แต่มีความสว่างของโทนสีเหลืองลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นฟักทองที่ผ่านการย่าง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อฟักทองหลังผ่านการย่างจนสุก

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างที่ผ่านการย่างด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TPA โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส และแสดงคุณภาพเนื้อสัมผัสเป็นค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะติด (adhesiveness) และการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร (cohesiveness) การแตกตัวพร้อมกลืน (gumminess) และความเคี้ยวได้ (chewiness)

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฟักทองย่าง

ฟักทอง	ฟักทองย่าง	ระดับการย่าง (นาที)	คุณภาพเนื้อสัมผัส				
			ความแข็ง (กรัม)	การเกาะติด (กรัม.วินาที)	การยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร	การแตกตัวพร้อมกลืน	ความเคี้ยวได้
พันธุ์คางคก	KK3	3	$2,999 \pm 381^{b}$	-65 ± 12^{a}	0.191 ± 0.017^{a}	363 ± 55^{a}	362 ± 31^{a}
(KK)	KK4	4	$1,750 \pm 233^{c}$	-42 ± 12^{a}	0.178 ± 0.027^{a}	320 ± 38^{ab}	253 ± 65^{b}
	KK5	5	910 ± 146^{d}	-45 ± 8^{a}	0.123 ± 0.019^{b}	249 ± 50^{b}	216 ± 25^{bc}
พันธุ์ศรีเมือง	SM3	3	$3,819 \pm 605^{a}$	-107 ± 56^{b}	0.134 ± 0.026^{b}	273 ± 96^{b}	181 ± 50^{c}
(SM)	SM4	4	$1,724 \pm 544^{c}$	-62 ± 15^{a}	0.125 ± 0.018^{b}	134 ± 21^{c}	128 ± 21^{d}
	SM5	5	752 ± 101^{d}	-50 ± 7^{a}	0.124 ± 0.014^{b}	139 ± 21^{c}	126 ± 15^{d}

หมายเหตุ : $^{a-d}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันจากการทดสอบด้วยวิธี One-Way ANOVA และทดสอบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test ที่ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ($p < 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ค่าความแข็งแสดงแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดด้วยหัววัดเนื้อสัมผัส หรือเทียบได้กับการเคี้ยวครั้งแรก (Wu, Morris, & Murphy, 2017) โดยพบว่าการย่างด้วยเวลา 3, 4 และ 5 นาที มีผลให้ความแข็งของชิ้นฟักทองย่างทั้งสองสายพันธุ์มีค่าลดลงเป็นลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของชิ้นฟักทองย่างที่ย่างนาน 3 นาที พบว่าชิ้นฟักทองย่าง SM3 มีค่าความแข็งเท่ากับ 3,819 กรัม ซึ่งสูงกว่าค่าความแข็งของ KK3 ที่มีค่าเท่ากับ 2,999 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นค่าความแข็งของชิ้นฟักทองย่างทั้งสองสายพันธุ์มีค่าลดลงเท่ากันเมื่อย่างด้วยเวลานาน 4 นาที (1,724-1,750 กรัม) และย่างด้วยเวลานาน 5 นาที (752-910 กรัม) โดย Ratnayake, Hurst, and Melton (2004) ซึ่งศึกษาคุณภาพทางกายภาพของสคอว์ช (squash) ซึ่งเป็นพืชในวงศ์เดียวกับฟักทอง โดยพบว่าสคอร์สายพันธุ์ต่างกัน และเก็บรักษาด้วยระยะเวลาที่ต่างกัน เมื่อผ่านการทำให้สุกแล้วจะมีค่าความแข็ง (612-1,631 กรัม) ซึ่งความแข็งที่ลดลงนี้เป็นผลมาจากแป้งในชิ้นฟักทองเปลี่ยนโครงสร้างเป็นเจลที่นุ่มขึ้นจากปฏิกิริยาการเกิดเจลของแป้งและน้ำ (Ratnayake et al., 2004; Wu et al., 2017) และเมื่อให้ความร้อนเป็นเวลานานขึ้น แป้งในชิ้นฟักทองย่างจึงเกิดเป็นเจลมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งของชิ้นฟักทองย่างลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ García-Segovia, Andrés-Bello, and Martínez-Monzó (2008) ที่พบว่ามันหวาน (sweet potato) ที่มีระดับการทำให้สุกต่างกันมีค่าความแข็งต่างกันและค่าความแข็งนี้มีแนวโน้มลดลงเมื่อมันหวานนี้ถูกทำให้สุกด้วยระยะเวลาหรืออุณหภูมิที่สูงขึ้น

ค่าการเกาะติด คือ งานที่ต้องใช้ในการดึงหัววัดออกจากตัวอย่าง หรือเทียบได้กับความเหนียวของตัวอย่าง และค่าการเกาะติดที่มีค่าเป็นลบมากหมายถึงต้องใช้แรงดึงหัววัดออกจากตัวอย่างมาก แสดงถึงความเหนียวของตัวอย่าง และหมายถึงตัวอย่างมีการเกาะติดฟันมากหลังจากการเคี้ยว (Zheng, Liu, & Mo, 2016) จากการทดลองพบว่าฟักทองย่างทั้งสองสายพันธุ์ที่ผ่านการย่างนาน 3, 4 และ 5 มีค่าการเกาะติดใกล้เคียงกัน ($p > 0.05$) โดยมีค่าประมาณ -42 ถึง -65 กรัม.วินาที ยกเว้นฟักทองย่าง SM3 ที่มีค่าการเกาะติดเท่ากับ -107 กรัม.วินาที ซึ่งมีค่าต่ำกว่าชิ้นฟักทองย่างตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งค่าการเกาะติดที่มีค่าเป็นลบมาก หมายถึงตัวอย่างมีความเหนียวเกิดการเกาะติดหัววัด ส่งผลให้การดึงหัววัดออกจากตัวอย่างต้องใช้แรงมากขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าการเกาะติดที่สูงของ SM3 พบว่ามีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ที่มีค่าสูงถึง 56 ซึ่งเป็นประมาณร้อยละ 52 ของค่าเฉลี่ย (-107 กรัม.วินาที) แสดงให้เห็นว่าตัวอย่าง SM3 มี

ลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันมากในแต่ละจุดของชิ้นฟักทองย่าง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการย่างด้วยเวลา 3 นาที ไม่สามารถทำให้ชิ้นฟักทองพันธุ์ศรีเมืองสุกได้ทั่วทั้งชิ้น ซึ่งข้อสันนิษฐานนี้สนับสนุนด้วยค่าการเกาะติดของ KK4, KK5, SM4 และ SM5 ที่มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีค่าต่ำ และสอดคล้องกับรายงานของ García-Segovia et al. (2008) ที่แสดงให้เห็นว่ามันหวานที่ผ่านการทำให้สุกด้วยความร้อนระดับต่าง ๆ กัน มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อสุกทั่วทั้งชิ้นแล้ว

การยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร แสดงถึงความสามารถขององค์ประกอบในเนื้ออาหารต่อการต้านการเสียสภาพจากการกดครั้งที่สอง หรือการเกาะตัวกันเองภายในเนื้ออาหาร (Gupta, Sharma, & Sharma, 2007) จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 พบว่า ค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารของ KK3 และ KK4 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 178-191 และมีค่าลดลงใน KK5 ที่มีค่าเท่ากับ 123 อย่างไรก็ตามค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารของ SM3, SM4 และ SM5 มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารของ SM3 ที่มีค่าเท่ากับ 134 มีแนวโน้มสูงกว่าค่าของ SM4 และ SM5 ที่มีค่าอยู่ในช่วง 124-125 แต่อย่างไรก็ตามทั้ง 3 ตัวอย่างมีค่าการยึดเกาะภายในเนื้ออาหารไม่แตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งในการทดลองนี้พบว่าค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารมีค่าลดลงสอดคล้องกับค่าความแข็งของชิ้นฟักทองที่ลดลง ประกอบกับผลการทดลองจากงานวิจัยของ García-Segovia, Andrés-Bello, & Martínez-Monzó (2008) ที่พบว่ามันหวาน (sweet potato) ซึ่งเป็นพืชที่มีองค์ประกอบของแป้งเป็นส่วนใหญ่ เมื่อผ่านการทำให้สุกด้วยความร้อนและระยะเวลาที่แตกต่างกัน จะมีค่าค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองจากทั้งสองงานวิจัยสอดคล้องกับรายงานของ Ratnayake et al. (2004) ที่กล่าวว่าค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารของสคอว์ชที่สุกแล้วจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าการแตกตัวพร้อมกลืน คำนวนได้จากการคูณค่าความแข็งด้วยค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร (hardness × cohesiveness) แสดงถึงพลังงานที่ทำให้อาหารกึ่งแข็ง ซึ่งมีค่าความแข็งน้อยแต่มีพลังงานยึดเกาะกันภายในสูง แตกออกจนสามารถกลืนได้ ผลการทดลองในตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าชิ้นฟักทองที่ผ่านการย่างนาน 3 นาที ของ KK3 และ SM3 มีค่าแตกตัวพร้อมกลืนเท่ากับ 363 และ 273 ตามลำดับ และการย่างฟักทองด้วยเวลานานขึ้นส่งผลให้ค่าการแตกตัว

พร้อมกลืนมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งที่ลดลง เช่นเดียวกับงานผลการทดลองของ Ratnayake, Hurst, & Melton (2004) ที่พบว่าของสคอว์ชสายพันธุ์ต่าง ๆ กัน เมื่อผ่านการทำให้สุกแล้วมีค่าการแตกตัวออกพร้อมกลืนอยู่ในช่วง 306-1,224 กรัม ซึ่งมีแนวโน้มลดลงและมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าความแข็ง

ค่าความเคี้ยวได้ คำนวณได้จากการคูณค่าการแตกตัวพร้อมกลืนด้วยค่าความยืดหยุ่น (gumminess × springiness) (García-Segovia et al., 2008) เมื่อเปรียบเทียบค่าความเคี้ยวได้ของฟักทองพันธุ์เดียวกันดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่าค่าความเคี้ยวได้ของ KK3 มีค่าเท่ากับ 362 ซึ่งสูงกว่าค่าความเคี้ยวได้ของ KK4 และ KK5 ซึ่งมีค่าเท่ากันอยู่ในช่วง 216-253 สำหรับฟักทองพันธุ์ศรีเมืองพบว่ามีค่าความเคี้ยวได้ของ SM3 เท่ากับ 181 ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าความเคี้ยวได้ของ SM4 และ SM5 ที่มีค่าไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 126-128 ซึ่งค่าความเคี้ยวได้จะมีแนวโน้มลดลงตามความแข็งของตัวอย่าง (García-Segovia et al., 2008; K. Murdia & Wadhwani, 2010) ค่าความเคี้ยวได้ที่ลดลงอาจกล่าวได้ว่าตัวอย่างอาหารมีความอ่อนนุ่มมากขึ้นส่งผลให้ต้องใช้พลังงานน้อยลงในการเคี้ยวเพื่อแยกตัวอย่างเป็นชิ้นเล็ก ๆ

4.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของฟักทองย่าง

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของฟักทองย่างที่ผ่านการย่างด้วยระยะเวลานาน 3, 4 และ 5 นาที ทั้งหมด 5 คุณลักษณะ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยผลจากการประเมินด้วยผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน แสดงไว้ดังตารางที่ 4.5

ฟักทองย่างจากฟักทองพันธุ์คางคกที่ผ่านการย่างด้วยระยะเวลามากขึ้นพบว่ามีผลทำให้คะแนนความชอบเพิ่มสูงขึ้นในทั้ง 5 คุณลักษณะ โดยที่คะแนนความชอบต่อสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของ KK4 และ KK5 มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 7.0-7.3 ซึ่งอยู่ในระดับ "ชอบปานกลาง" และมีค่าสูงกว่าค่าคะแนนความชอบทั้ง 5 คุณลักษณะของ KK3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของฟักทองย่าง

ฟักทอง	ฟักทองย่าง	ระดับการย่าง (นาที)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
			สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
พันธุ์คางคก	KK3	3	$4.2^{c} \pm 0.7$	$4.3^{b} \pm 0.7$	$4.3^{b} \pm 0.8$	$4.3^{b} \pm 0.9$	$4.3^{b} \pm 0.9$
(KK)	KK4	4	$7.0^{b} \pm 0.9$	$7.1^{a} \pm 0.8$	$7.1^{a} \pm 0.9$	$7.2^{a} \pm 0.9$	$7.3^{a} \pm 1.0$
	KK5	5	$7.2^{ab} \pm 0.9$	$7.1^{a} \pm 0.8$	$7.0^{a} \pm 0.9$	$7.0^{a} \pm 0.8$	$7.1^{a} \pm 0.8$
พันธุ์ศรีเมือง	SM3	3	$4.4^{c} \pm 0.9$	$4.5^{b} \pm 0.9$	$4.5^{b} \pm 0.9$	$4.3^{b} \pm 1.0$	$4.4^{b} \pm 0.9$
(SM)	SM4	4	$7.5^{a} \pm 0.8$	$7.5^{a} \pm 0.9$	$7.3^{a} \pm 0.9$	$7.4^{a} \pm 1.0$	$7.5^{a} \pm 0.9$
	SM5	5	$7.2^{ab} \pm 0.6$	$7.2^{a} \pm 0.6$	$7.1^{a} \pm 0.6$	$7.1^{a} \pm 0.6$	$7.2^{a} \pm 0.7$

หมายเหตุ : $^{a-b}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันจากการทดสอบด้วยวิธี One-Way ANOVA และทดสอบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test ที่ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ($p < 0.05$)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างจากฟักทองทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าฟักทองย่างจากฟักทองพันธ์ศรีเมืองได้รับค่าคะแนนความชอบในทั้ง 5 คุณลักษณะ ด้วยคะแนนที่มีแนวโน้มสูงกว่าตัวอย่างจากฟักทองพันธุ์คางคก ประกอบกับฟักทองย่างจากฟักทองทั้ง 2 สายพันธุ์ มีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 4.4) ไปในทิศทางเดียวกัน และมีค่าคุณภาพที่สำคัญได้แก่ ความแข็ง ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ในการทดลองนี้จึงเลือกฟักทองย่างจากฟักทองพันธุ์ศรีเมืองเป็นตัวอย่างทดลองสำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป

เมื่อพิจารณาถึงระดับการย่างพบว่า SM4 และ SM5 ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 คุณลักษณะ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบพบว่า SM4 มีแนวโน้มได้รับคะแนนความชอบที่สูงกว่า SM5 ในทั้ง 5 คุณลักษณะ ด้วยเหตุนี้การทดลองนี้จึงเลือกชิ้นฟักทองย่างจากฟักทองพันธุ์ศรีเมืองที่ผ่านการย่างนาน 4 นาที หรือ SM4 เพื่อใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป

4.3 ผลของการลวกชิ้นฟักทองก่อนการย่างต่อคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของฟักทองย่าง

4.3.1 ผลของการลวกชิ้นฟักทองก่อนการย่างต่อคุณภาพทางกายภาพของฟักทองย่าง

ผลการทดลองในตารางที่ 4.6 แสดงคุณภาพทางกายภาพของฟักทองย่างที่ชิ้นฟักทองผ่านการลวกในน้ำเดือดด้วยระยะเวลา 15 วินาที (SM4-15s) และ 5 นาที (SM4-5m) โดยเปรียบเทียบกับชิ้นฟักทองย่างจากชิ้นฟักทองที่ไม่ผ่านการลวก (SM4-0s) โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว ฟักทองย่างทั้ง 3 ตัวอย่างมีค่า a_w ที่ไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.9837-0.9866

ค่าสี L* และ b* ของฟักทองย่าง SM4-15s, SM4-5m มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีของ SM4-0s แต่อย่างไรก็ตามค่าสี L* (39.6-44.2), a* (8.62-9.6) และ b* (41.6-45.6) ของฟักทองย่างทั้ง 3 ตัวอย่างมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าสีของฟักทองย่างนี้ได้รับผลกระทบจากการย่างเป็นสาเหตุหลัก เนื่องจากรายงานของ Zhou et al. (2014) แสดงให้เห็นว่าการลวกชิ้นฟักทองด้วยน้ำอุณภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ไม่มีผลให้

ค่าสี L* และ a* เปลี่ยนแปลง แต่มีผลทำให้ค่าสี b* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเนื่องมาจากการสูญเสียคาโรทีนอยด์ในฟักทอง

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพที่แสดงให้เห็นว่าการลวกชิ้นฟักทองก่อนการนำไปย่างไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดก่อนนำไปย่าง เพื่อใช้เป็นกระบวนการผลิตฟักทองย่างเพื่อการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.6 คุณภาพทางกายภาพของชิ้นฟักทองย่างจากชิ้นฟักทองที่ไม่ผ่านการลวกและชิ้นฟักทองที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดด้วยเวลาต่างกัน

ฟักทองย่าง	ระยะเวลาการลวกน้ำเดือด	คุณภาพทางกายภาพ			
		a_w ns	ค่าสี		
			L* ns	a* ns	b* ns
SM4-0s	-	0.9866 ± 0.0006	44.2 ± 0.9	8.6 ± 0.1	45.6 ± 0.1
SM4-15s	15 วินาที	0.9837 ± 0.0033	39.6 ± 2.7	9.6 ± 1.2	41.6 ± 2.3
SM4-5m	5 นาที	0.9840 ± 0.0016	42.4 ± 2.0	9.5 ± 1.9	45.0 ± 1.4

หมายเหตุ : ns (not significance) = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากการทดสอบด้วยวิธี One-Way ANOVA และทดสอบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test ที่ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ($p < 0.05$)

4.3.2 ผลของการลวกชิ้นฟักทองก่อนการย่างต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของฟักทองย่าง

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างจากชิ้นฟักทองที่ผ่านการลวกในน้ำร้อนด้วยระยะเวลาต่างกันโดยเปรียบเทียบกับชิ้นฟักทองย่างที่ไม่ผ่านการลวกน้ำร้อน ซึ่งผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสแสดงให้เห็นว่าการลวกน้ำร้อนด้วยระยะเวลานานมีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างมากกว่าการลวกชิ้นฟักทองที่ใช้เวลาสั้นกว่า การลวกชิ้นฟักทองในน้ำร้อนมีแนวโน้มทำให้ความแข็งของชิ้นฟักทองลดลง ฟักทอง SM4-0s และฟักทอง SM4-15s มีค่าความแข็ง (1,481-1529 กรัม) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่การลวกชิ้นฟักทองนาน 5 นาทีมีผล

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

อย่างมากต่อความแข็งของชิ้นฟักทองย่าง โดยทำให้ฟักทองย่าง SM4-5m มีค่าความแข็งเท่ากับ 604 กรัม ซึ่งต่ำกว่าค่าความแข็งของชิ้นฟักทอง SM4-0s และ SM4-15s อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างจากฟักทองที่ไม่ผ่านการลวกในน้ำเดือดและผ่านการลวกในน้ำเดือดด้วยเวลาต่างกัน

ฟักทองย่าง	คุณภาพเนื้อสัมผัส				
	ความแข็ง (กรัม)	การเกาะติด (กรัม.วินาที)	การยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร	การแตกตัวพร้อมเกลือน	ความเคี้ยวได้
SM4-0s	$1,529 \pm 264^{a}$	-60 ± 8.2^{b}	0.107 ± 0.015^{a}	139 ± 26^{a}	144 ± 23^{a}
SM4-15s	$1,481 \pm 150^{a}$	-36 ± 7^{a}	0.108 ± 0.005^{a}	118 ± 16^{a}	104 ± 13^{b}
SM4-5m	604 ± 43^{b}	-34 ± 3^{a}	0.077 ± 0.007^{b}	71 ± 6^{b}	65 ± 7^{c}

หมายเหตุ : $^{a-c}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันจากการทดสอบด้วยวิธี One-Way ANOVA และทดสอบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test ที่ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ($p < 0.05$)

สมบัติการเกาะติดของ SM4-15s และ SM4-5m มีค่าเท่ากับ -34 ถึง -36 กรัม.วินาที ซึ่งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ SM4-0s ที่ไม่ผ่านการลวก ค่าการเกาะติดที่ลดลงอาจเนื่องมากจากฟักทองมีส่วนประกอบของสตาร์ช (starch) ชนินอะไมโลเพกตินปริมาณสูง ประมาณร้อยละ 77-87 ของสตาร์ชทั้งหมด ซึ่งอะไมโลเพกตินมีโครงสร้างแบบกิ่งก้านและเป็นชนิดที่ทำให้เกิดความเหนียว การลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดเป็นการกำจัดอะไมโลเพกตินที่ผิวของชิ้นฟักทองส่งผลให้ค่าการเกาะติดของชิ้นฟักทองย่าง SM4-15s และ SM4-5m ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Li, Fitzgerald, Prakash, Nicholson, & Gilbert (2017) ที่รายงานว่าการล้างข้าวด้วยน้ำร้อนมีผลทำให้ความเหนียวของเมล็ดข้าวลดลงร้อยละ 65-86

การยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารของ SM4-0s และ SM4-15s มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ 0.107-0.108 แต่การลวกด้วยเวลานาน 5 นาที ทำให้ค่าการยึดเกาะภายในเนื้ออาหารของ SM4-5m ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเท่ากับ 0.77 ซึ่งเป็นผลมาจากแป้งทั้งหมดในชิ้นฟักทองเกิด

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

เป็นเจลจากความร้อนและน้ำ (García-Segovia et al., 2008) และการสูญเสียสตาร์ชไปกับน้ำในขั้นตอนการลวก (Li et al., 2017)

ค่าการแตกตัวพร้อมกลืนและความเคี้ยวได้ของชิ้นฟักทอง SM4-5m มีค่าเท่ากับ 71 และ 65 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าการแตกตัวของ SM4-0s และ SM4-15s ที่มีค่าการแตกตัวพร้อมกลืนและค่าความเคี้ยวได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เท่ากับ 118-139 และ 104-144 ตามลำดับการ ซึ่งการลดลงนี้เกิดจากการเกิดเป็นเจลของแป้งในฟักทองจากความร้อนและน้ำ (García-Segovia et al., 2008) และการสูญเสียสตาร์ชไปกับน้ำในขั้นตอนการลวก (Li et al., 2017)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัสให้เห็นว่าการลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 วินาที ก่อนนำไปย่างไม่ทำให้ชิ้นฟักทองย่างมีคุณภาพส่วนใหญ่แตกต่างจากฟักทองย่างที่ไม่มีการลวกชิ้นฟักทอง ยกเว้นคุณภาพด้านการเกาะติดและความเคี้ยวได้ที่ลดลง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากชิ้นฟักทองถูกทำให้สุกบางส่วนก่อนนำไปย่าง อย่างไรก็ตามการลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดนาน 5 นาที ทำให้ชิ้นสุกมากเกินไป ส่งผลให้ชิ้นฟักทองมีเนื้อสัมผัสค่อนข้างเละ แตกออกจากันได้ง่าย โดยสังเกตได้จากค่าความแข็ง การยึดเกาะภายในเนื้ออาหาร การแตกตัวพร้อมกลืน และความเคี้ยวได้ที่มีค่าต่ำ

4.3.3 ผลของการลวกชิ้นฟักทองก่อนการย่างต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของฟักทองย่าง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างในตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่า SM4-15s ได้รับคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 7.5-8.0 สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยร่วม โดยมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ SM4-0s ในด้านสี และรสชาติ (7.0-7.1) แต่ SM4-15s มีคะแนนความชอบในด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (7.1-7.3) สูงกว่าค่าคะแนนความชอบในด้านเดียวกันของ SM4-0s อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง SM4-15s และ SM4-5m พบว่า SM4-5m ได้รับคะแนนความชอบในทุก ๆ ด้านต่ำกว่า SM4-15s อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของ SM4-5m ที่มีคะแนนเท่ากับ 5.9 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของ SM4-5m ในตารางที่ 4.7 ซึ่งพบว่า SM4-5m ต่ำที่สุดสำหรับค่าความแข็ง

การยึดเกาะภายในเนื้ออาหาร การแตกตัวพร้อมกลืน และความเคี้ยวได้ แสดงให้เห็นความชื้นฟักทองถูกทำให้สุกมากเกินไป ซึ่งไม่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัสและคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผู้วิจัยจึงเลือกฟักทองย่าง SM4-15s เพื่อใช้ศึกษาเปรียบเทียบกับ SM4-0s ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างจากฟักทองที่ไม่ผ่านการลวกด้วยน้ำร้อน และผ่านการลวกด้วยน้ำร้อนด้วยระยะเวลาต่างกัน

ฟักทองย่าง	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
SM4-0s	$7.0^{ab} \pm 0.9$	$7.1^{b} \pm 0.8$	$7.1^{a} \pm 0.9$	$7.2^{b} \pm 0.9$	$7.3^{b} \pm 1.0$
SM4-15s	$7.5^{a} \pm 1.1$	$7.9^{a} \pm 0.6$	$7.5^{a} \pm 0.6$	$7.9^{a} \pm 0.7$	$8.0^{a} \pm 0.7$
SM4-5m	$7.0^{ab} \pm 1.3$	$6.7^{bc} \pm 1.2$	$6.2^{b} \pm 1.5$	$5.9^{c} \pm 1.5$	$6.5^{c} \pm 1.0$

หมายเหตุ : $^{a-c}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันจากการทดสอบด้วยวิธี One-Way ANOVA และทดสอบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test ที่ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ($p < 0.05$)

4.4 ผลการศึกษาผลิตภัณฑ์สุดท้าย

4.4.1 ผลการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ฟักทองย่าง

4.4.1.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของชิ้นฟักทองย่างระหว่างการเก็บรักษา

ผลของการเก็บรักษาชิ้นฟักทองย่างที่อุณภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตลอดเวลานาน 3 วัน ต่อคุณภาพทางกายภาพได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟักทองย่าง SM4-0s และ SM4-15s มีค่า a_w ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.9838-0.9866 แสดงให้เห็นว่าชิ้นฟักทองย่างทั้งสองตัวอย่างเกิดการเสื่อมเสียได้ง่ายจากเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากมีปริมาณน้ำอิสระในประมาณสูง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

จากการวิเคราะห์ค่าสีพบว่าค่าสี a* ของชิ้นฟักทองย่างทุกตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญตลอดอายุการเก็บรักษานาน 3 วัน ทั้งนี้เนื่องจากค่าสี a* แสดงค่าสีในช่วงสีน้ำเงิน (-a*) และแดง (+a*) ซึ่งไม่ใช่สีหลักของชิ้นฟักทอง เนื่องจากชิ้นฟักทองย่างมีสีเหลืองอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับค่า b* ที่มีค่าเป็นบวกมาก โดยค่า b* ของ SM4-0s หลังผ่านการเก็บรักษานาน 1-3 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 54.8-58.6 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่มีค่าสูงขึ้นกว่าชิ้นฟักทองย่างก่อนการเก็บรักษาที่มีค่า b* เท่ากับ 45.6 ซึ่งรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเช่นนี้พบได้กับค่าสี L* เช่นกัน โดยค่าสี L* ของ SM4-0s ก่อนการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 44.2 และมีค่าสูงขึ้นอยู่ในช่วงเดียวกันเท่ากับ 49.8-55.1 หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลานาน 1-3 วัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของ SM4-15s มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับ SM4-0s โดยมีค่า L* ของฟักทองย่างที่เก็บรักษานาน 1-3 วัน อยู่ในช่วง 42-48 ซึ่งมีแนวโน้มสูงกว่าตัวอย่างก่อนการเก็บรักษาที่มีค่าเท่ากับ 39.6 อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ค่าสี a* ของชิ้นฟักทองย่าง SM4-15s ก่อนการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 41.6 และมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากการเก็บรักษา 1 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 44.0 จากนั้นค่าสี a* ของชิ้นฟักทองย่างมีค่าสูงขึ้นอีกหลังจากการเก็บรักษานาน 2 และ 3 วัน โดยมีค่าไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 52.1-55.0

จากการทดลองของ (Zhou et al., 2014) แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าสีของชิ้นฟักทองลวกที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน โดยพบว่ามีผลทำให้ค่าสี L* ของชิ้นฟักทองลวกลดลง แต่กลับทำให้ค่าสี a* เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสี b* ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากการเก็บรักษานาน 7 วัน

ในการทดลองนี้ค่าสี L* และ b* ของชิ้นฟักทองย่างทั้งสองตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า L* อาจเป็นผลมาจาก ปรากฏการซินเนอเรซีส (syneresis) จากการที่อะไมโลเพกตินที่มีมากในฟักทองกลับมารวมตัวกันเป็นโครงสร้างผลึกและผลักโมเลกุลของน้ำและอะไมโลสออกจากโครงสร้างผลึกมาอยู่ที่ผิวของชิ้นฟักทองย่างส่งผลให้ผิวหน้าของชิ้นฟักทองมีความเงา ซึ่งทำให้เกิดการหักเหและการสะท้อนของแสง (Singh, Kaur, Sandhu, Kaur, & Nishinari, 2006) ส่งผลให้ค่า L* มีค่าเพิ่มขึ้น และโมเลกุลของน้ำที่ถูกผลักออกมานี้อาจละลายโมเลกุลเม็ดสีในฟักทองออกมาด้วยบางส่วน ส่งผลให้ค่า b* มีค่าเพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของชิ้นฟักทองย่างจากชิ้นฟักทองที่ไม่ผ่านการลวกในน้ำเดือดและชิ้นฟักทองที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดด้วยเวลาต่างกัน

ตัวอย่างทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คุณภาพทางกายภาพ			
		a_w ns	ค่าสี		
			L*	a ns	b*
SM4-0s	0	0.9866 ± 0.0006	44.2^{cde} ± 0.9	8.6 ± 0.1	45.6^{bcd} ± 0.1
	1	0.9838 ± 0.0002	50.5^{ab} ± 2.5	10.5 ± 2.4	54.8^{ab} ± 6.1
	2	0.9855 ± 0.0016	55.1^{a} ± 0.8	8.6 ± 0.6	55.5^{ab} ± 1.3
	3	0.9847 ± 0.0026	49.8^{abc} ± 0.3	11.3 ± 1.6	58.6^{a} ± 1.5
SM4-15s	0	0.9837 ± 0.0033	39.6^{e} ± 2.7	9.6 ± 1.2	41.6^{e} ± 2.3
	1	0.9842 ± 0.0030	42.0^{de} ± 3.8	10.1 ± 0.4	44.0^{cd} ± 1.3
	2	0.9843 ± 0.0001	46.5^{bcd} ± 3.2	11.8 ± 1.8	52.1^{abc} ± 5.6
	3	0.9842 ± 0.0007	48.0^{bcd} ± 3.2	9.3 ± 1.1	55.0^{ab} ± 7.3

หมายเหตุ : $^{a\text{-}f}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันจากการทดสอบด้วยวิธี One-Way ANOVA และทดสอบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test ที่ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ($p < 0.05$), ^{ns} (not significance) = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

4.4.1.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาของชิ้นฟักทองย่างระหว่างการเก็บรักษา

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างแสดงไว้ดังตารางที่ 4.10 ซึ่งจากผลการเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์เห็นได้อย่างชัดเจนว่าการลวกชิ้นฟักทองก่อนนำไปย่างสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์บนชิ้นฟักทองได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงได้จากการตรวจไม่พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์ราใน SM4-15s แต่ในตัวอย่าง SM4-02 สามารถตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ 300 CFU/mL แต่ตรวจไม่พบยีสต์และรา

ตารางที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาของชิ้นฟักทองย่างจากชิ้นฟักทองที่ไม่ผ่านการลวกในน้ำเดือดและชิ้นฟักทองที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดด้วยเวลาต่างกัน

ตัวอย่างฟักทองย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คุณภาพทางจุลชีววิทยา	
		จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/mL)	จำนวนเชื้อราทั้งหมด (CFU/mL)
SM4-0s	0	300	ND
	1	1,640	<200
	2	1.9×10^5	>500
	3	$> 1 \times 10^6$	>500
SM4-15s	0	ND	ND
	1	655	<200
	2	3.1×10^4	470
	3	1.5×10^5	> 500

หมายเหตุ : ND (not detected) = ตรวจไม่พบจุลินทรีย์เนื่องจากมีปริมาณน้อย ($p > 0.05$)

หลังจากการเก็บรักษาชิ้นฟักทองย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 1 วัน สามารถตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดใน SM4-15s เท่ากับ 655 CFU/mL และตรวจพบจำนวนยีสต์และราในปริมาณต่ำกว่า 200 CFU/mL ในขณะที่ฟักทองย่าง SM4-0s ตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์ได้เท่ากับ 1,640 CFU/mL และตรวจพบจำนวนยีสต์และราในปริมาณต่ำกว่า 200 CFU/mL ซึ่งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์และราทั้งหมดในฟักทองย่างทั้งสองตัวอย่างยังอยู่ในเกณฑ์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารพร้อมบริโภค ตามประกาศของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2560) โดยต้องตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่มากกว่า 1×10^6 CFU/mL และตรวจพบจำนวนยีสต์และราทั้งหมดได้ไม่มากกว่า 500 CFU/mL

ชิ้นฟักทองย่างที่ผ่านการเก็บรักษานาน 2 วัน พบว่า SM4-15s มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 3.1×10^4 CFU/mL และตรวจพบปริมาณยีสต์และราในปริมาณต่ำกว่า 470 CFU/ml ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คุณภาพของอาหารพร้อมทาน (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2560) ในขณะที่ฟักทองย่าง SM4-0s ตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่า 1.9×10^5 CFU/mL ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คุณภาพของอาหารพร้อมทาน แต่พบจำนวนยีสต์และราทั้งหมดมากกว่า 500 CFU/mL ซึ่งเกินเกณฑ์คุณภาพของอาหารพร้อมทานที่ 500 CFU/mL จึงทำให้ SM4-0s มีอายุการเก็บรักษาได้สูงที่สุดนาน 1 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ฟักทองย่าง SM4-15s ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสนาน 3 วัน มีค่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.5×10^5 CFU/mL ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คุณภาพของอาหารพร้อมทาน แต่พบจำนวนยีสต์และราทั้งหมดมากกว่า 500 CFU/mL ซึ่งเกินเกณฑ์คุณภาพของอาหารพร้อมทาน จึงทำให้ SM4-15s มีอายุการเก็บรักษาได้สูงที่สุดนาน 2 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สาเหตุที่ทำให้ชิ้นฟักทองมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นเพียง 2 วัน อาจเนื่องมาจากฟักทองย่างมีปริมาณน้ำอิสระสูง ประกอบกับเป็นแหล่งของสารอาหารที่สมบูรณ์ จึงช่วยให้จุลินทรียเจริญได้อย่างรวดเร็ว จากรายงานของ Zhou et al. (2014) ซึ่งแสดงจำนวนจิลินทรีย์ทั้งหมดในฟักทองหลักจากการลวกด้วยน้ำอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ที่มีค่าประมาณ 700 CFU/mL และเพิ่มขึ้นหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลานาน 7 วัน ที่ 4 องศาเซลเซียส โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดประมาณ 800 CFU/mL

จากอายุการเก็บรักษาที่สั้นเพียง 2 วัน จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้กับผลิตภัณฑ์ฟักทองย่าง เช่น การศึกษาอายุการเก็บรักษาของฟักทองย่างที่เก็บรักษาโดยวิธีการแช่แข็ง หรือเตรียมฟักทองย่างที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิทและฆ่าเชื้อด้วยวิธีรีทอร์ทเพื่อลดการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

4.4.1.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.11 แสดงผลของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างภายใต้อุณภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 0-3 วัน โดยผู้ประเมินซึ่งเป็นผู้บริโภคทั่วไปให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส 5 ด้าน ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ตัวอย่างควบคุม คือ ฟักทองพันธุ์ศรีเมืองที่ผ่านการลวกนาน 15 วินาที และย่างนาน 4 นาที ในแต่ละด้านของชิ้นฟักทอง (SM4-15s) ที่ไม่ผ่านการเก็บรักษา และตัวอย่างทดลอง คือ SM4-15s ที่ผ่านการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

จากการประเมินพบว่าค่าสี (7.1-7.5) กลิ่น (7.7-7.9) รสชาติ (7.4-7.5) เนื้อสัมผัส (7.5-7.9) และความชอบโดยรวม (7.6-8.0) ของฟักทองย่าง SM4-15s ก่อนการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 เซลเซียส นาน 1-3 วัน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม จากการพิจารณาโดยละเอียดพบว่า ผู้บริโภคมีแนวโน้มให้คะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างนานขึ้น

ตารางที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 วัน

ตัวอย่างฟักทองย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
SM4-15s	0	$7.5^{a} \pm 1.1$	$7.9^{a} \pm 0.6$	$7.5^{a} \pm 0.6$	$7.9^{a} \pm 0.7$	$8.0^{a} \pm 0.7$
	1	$7.5^{a} \pm 1.0$	$7.7^{a} \pm 0.5$	$7.5^{a} \pm 0.5$	$7.7^{ab} \pm 0.5$	$7.7^{a} \pm 0.7$
	2	$7.4^{a} \pm 1.0$	$7.7^{a} \pm 0.5$	$7.5^{a} \pm 0.7$	$7.7^{ab} \pm 0.5$	$7.8^{a} \pm 0.6$
	3	$7.1^{ab} \pm 0.8$	$7.7^{a} \pm 0.5$	$7.4^{a} \pm 0.6$	$7.5^{ab} \pm 0.5$	$7.6^{a} \pm 0.6$

หมายเหตุ : $^{a-b}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันของจากการทดสอบด้วยวิธี One-Way ANOVA และทดสอบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test ที่ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ($p < 0.05$)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

4.4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.12 โดยผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างที่ถูกเลือกสำหรับเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือ SM4-15s ซึ่งเป็นฟักทองย่างจากฟักทองสายพันธุ์ศรีเมืองโดยที่ชิ้นฟักทองถูกลวกในน้ำเดือดนาน 15 วินาที ก่อนนำไปย่างนาน 4 นาที ในแต่ละด้านของชิ้นฟักทอง

ตารางที่ 4.12 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ฟักทองย่าง SM4-15s

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ[1]
พลังงานทั้งหมด	71.1 กิโลแคลอรี่/100 กรัม
พลังงานจากไขมัน	20.7 กิโลแคลอรี่/100 กรัม
ความชื้น	82.81 ± 0.59 (ร้อยละ)
ไขมันทั้งหมด	2.35 ± 0.58 (ร้อยละ)
โปรตีนรวม	0.97 ± 0.52 (ร้อยละ)
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	11.72 ± 0.54 (ร้อยละ)
กาก	2.08 ± 0.71 (ร้อยละ)
เถ้า	2.15 ± 0.80 (ร้อยละ)

หมายเหตุ : [1] คำนวณจากตัวอย่างฟักทองย่างหนัก 100 กรัม

ผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างมีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 82.81 มีไขมันทั้งหมดประมาณร้อยละ 2.35 ซึ่งปริมาณไขมันนี้ส่วนใหญ่ได้จากน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทาชิ้นฟักทองย่าง เนื่องจากฟักทองเป็นพืชที่มีไขมันต่ำประมาณร้อยละ 0.75 (Egbekun, 1998) ฟักทองย่างมีปริมาณโปรตีนต่ำเช่นกัน โดยมีโปรตีนรวมประมาณร้อยละ 0.97 ซึ่งมีโปรตีนสูงกว่าฟักทองลูกยาว (fluted pumpkin) ที่มีโปรตีนร้อยละ 0.75 (Egbekun, 1998) ปริมาณกากและเถ้าของชิ้นฟักทองย่างมีค่าประมาณร้อยละ 2.08 และ 2.15 ตามลำดับ ทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดซึ่งได้จากการคำนวณมีค่าประมาณร้อยละ 11.72 และผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างนี้มีพลังงานทั้งหมดประมาณ 71.1 กิโลแคลอรี่/100 กรัม โดยเป็นพลังงานจากไขมันประมาณ 20.7 กิโลแคลอรี่/100 กรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างถูกเตรียมขึ้นจากฟักทองพันธุ์คางคกและพันธุ์ศรีเมือง โดยทั้งสองสายพันธุ์มีสีของเนื้อฟักทองแตกต่างอย่างชัดเจน โดยฟักทองพันธุ์คางคกจะมีสีเหลืองอ่อน ในขณะที่พันธุ์ศรีเมืองจะมีสีเหลืองส้ม เมื่อนำฟักทองทั้งสองสายพันธุ์มาเตรียมเป็นฟักทองย่างโดยศึกษาระดับการย่างที่อุณภูมิคงที่นาน 3, 4 และ 5 นาที ในแต่ละด้านของฟักทอง ฟักทองย่างจากฟักทองทั้งสองพันธุ์มีคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกัน ผู้บริโภคมีแนวโน้มให้คะแนนความชอบต่อฟักทองย่างจากฟักทองพันธุ์ศรีเมืองสูงกว่าฟักทองย่างจากฟักทองพันธุ์คางคก และยังพบว่าการย่างด้วยเวลานาน 4 นาที ทำให้ได้ฟักทองย่างที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบสูงที่สุด ดังนั้นฟักทองพันธุ์ศรีเมืองที่ย่างนาน 4 นาที จึงถูกเลือกเป็นตัวอย่างทดลองสำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป

การลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดนาน 5 นาที ทำให้ฟักทองสุกมากเกินไป ทำให้มีค่าความแข็งต่ำและมีเนื้อที่ไม่เกาะรวมตัวกัน จึงได้รับคะแนนความชอบจากการประเมินโดยผู้บริโภคอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าการลวกที่ 15 วินาที ก่อนนำไปย่าง ซึ่งการลวกด้วยระยะเวลาที่สั้น ช่วยให้คุณภาพทางกายภาพทางเนื้อสัมผัส และทางประสาทสัมผัส ไม่แตกต่างจากฟักทองย่างที่ไม่ผ่านการลวกในน้ำร้อน ดังนั้นกระบวนการเตรียมฟักทองย่างจึงประกอบด้วยการลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดนาน 15 วินาที ก่อนนำไปย่าง 4 นาที ในแต่ละด้านของชิ้นฟักทอง

การเก็บรักษาชิ้นฟักทองที่บรรจุแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกและเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าทำให้สีของฟักทองเปลี่ยนไปในทางมีความสว่างและมีสีเหลืองมากขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการขับน้ำออกจากชิ้นฟักทองพร้อมกับโมเลกุลของแป้งและเม็ดสี ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์พบว่าฟักทองย่างที่ไม่ผ่านการลวกมีอายุการเก็บรักษาเพียง 1 วัน ในขณะที่ฟักทองย่างที่ชิ้นฟักทองผ่านการลวกมีอายุการเก็บรักษาได้ 2 วัน อย่างไรก็ตามคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญในระหว่างการเก็บรักษาตลอด 2 วัน

ผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างมีปริมาณสารอาหารหลัก คือ โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ใกล้เคียงกับฟักชิ้นฟักทองสด แต่มีปริมาณไขมันมากกว่า ซึ่งได้จากน้ำมันรำข้าวที่ใช้ในขั้นตอนการย่าง ฟักทองย่างที่ผลิตขึ้นในการทดลองนี้ให้พลังงานประมาณ 71.1 กิโลแคลอรี่/100 กรัม

บรรณานุกรม

Abdul Hamid, A., Wee, K. C., Osman, A., & Misran, A. (2009). Effect of boiling and stir frying on total phenolics, carotenoids and radical scavenging activity of pumpkin (Cucurbita moschato). *International Food Research Journal, 16*(1), 45-51.

AOAC. (2000). Offical Method of Analysis. 17th ed., The Association of Office Analytical Chemists, Virginia.

AOAC. (2010). Official Method of Analysis of AOAC international. 17th edition. AOAC International, Gaithersburg, Maryland, USA.

Chen, J. G., Liu, Z. Q., Wang, Y., Lai, W. Q., Mei, S., Fu, Y., & Hu, X. (2005). *Effects of sugar-removed pumpkin zymotic powders in preventing and treating the increase of blood glucose in alloxan-induced diabetic mice, 9*, 94-95.

Gajewski, M., Radzanowska, J., Danilcenko, H., Jariene, E., & Cerniauskiene, J. (2008). Quality of pumpkin cultivars in relation to sensory characteristics. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 36*(1), 73-79.

García-Segovia, P., Andrés-Bello, A., & Martínez-Monzó, J. (2008). Textural properties of potatoes (*Solanum tuberosum* L., cv. Monalisa) as affected by different cooking processes. *Journal of Food Engineering, 88*(1), 28-35.

Gupta, R. K., Sharma, A., & Sharma, R. (2007). Instrumental texture profile analysis (TPA) of shelled sunflower seed caramel snack using response surface methodology. *Food Science and Technology International, 13*(6), 455-460.

Ito, Y., Maeda, S., & Sugiyama, T. (1986). Suppression of 7,12-dimethylbenz[a]anthracene-induced chromosome aberrations in rat bone marrow cells by vegetable juices. *Mutation Research/Genetic Toxicology, 172*(1), 55-60.

Jin, H., Zhang, Y-J., Jiang, J-X., Zhu, L-Y., Chen, P., Li, J., & Yao, H-Y. (2013). Studies on the extraction of pumpkin components and their biological effects on blood glucose of diabetic mice. *Journal of Food and Drug Analysis, 21*(2), 184-189.

Kim, M. Y., Kim, E. J., Kim, Y.-N., Choi, C., & Lee, B.-H. (2012). Comparison of the chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (*Cucurbitaceae*) species and parts. *Nutrition Research and Practice, 6*(1), 21-27.

K. Murdia, L., & Wadhwani, R. (2010). *Effect of processing parameters on texture and yield of tofu.*

Li, H., Fitzgerald, M. A., Prakash, S., Nicholson, T. M., & Gilbert, R. G. (2017). The molecular structural features controlling stickiness in cooked rice, a major palatability determinant. *Scientific Reports, 7*, 1-12. doi: 10.1038/srep43713

Murdia, L. K., & Wadhwani, R. (2010). Effect of processing parameters on texture and yield of tofu. *Asian Journal of Food and Agro-Industry, 3*(02), 232-241.

Pearson, D. 1999. The Chemical Analysis of Food. 7th ed. Churchill Livingstone, New York. 575 p.

Quanhong, L., Caili, F., Yukui, R., Guanghui, H., & Tongyi, C. (2005). Effects of protein-bound polysaccharide isolated from pumpkin on insulin in diabetic rats. *Plant Foods for Human Nutrition, 60*(1), 13-16.

Ratnayake, R. S., Hurst, P. L., & Melton, L. D. (2004). Influence of cultivar, storage and cooking on the mechanical properties of winter squash (Cucurbita maxima). *Journal of the Science of Food and Agriculture, 84*(5), 433-440. doi: doi:10.1002/jsfa.1674

Singh, N., Kaur, L., Sandhu, K. S., Kaur, J., & Nishinari, K. (2006). Relationships between physicochemical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches. *Food Hydrocolloids, 20*(4), 532-542.

Sam K. C. Chang. (2010). *Chapter 9 Protein Analysis*. Food Analysis, 4th Edition. S. Suzanne Nielsen. Springer, New York, USA.

S. Fujuhara, A. Kasuga, & Y. Aoyagi. (2001). Nitrogen-to-protein conversion factors for common vegetables in japan. *Food Chemistry and Toxicology, 66*(3), 412-415.

Wu, G., Morris, C. F., & Murphy, K. M. (2017). Quinoa starch characteristics and their correlations with the texture profile analysis (TPA) of cooked quinoa. *Journal of Food Science, 82*(10), 2387-2395. doi: doi:10.1111/1750-3841.13848

Zhang, Y., Chen, P., Zhang, Y., Jin, H., Zhu, L., Li, J., & Yao, H. (2013). Effects of polysaccharide from pumpkin on biochemical indicator and pancreatic tissue of the diabetic rabbits. *International Journal of Biological Macromolecules, 62*, 574-581.

Zheng, Y., Liu, Z., & Mo, B. (2016). Texture profile analysis of sliced cheese in relation to chemical composition and storage temperature. *Journal of Chemistry, 2016*, 10. doi: 10.1155/2016/8690380

Zhou, C.-L., Liu, W., Zhao, J., Yuan, C., Song, Y., Chen, D., . . . Li, Q.-H. (2014). The effect of high hydrostatic pressure on the microbiological quality and physical–chemical characteristics of Pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.) during refrigerated storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 21*, 24-34.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2560). เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ -. 11 มกราคม 2560.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564). สำนักนายกรัฐมนตรี.

ถาวร มาตัน. (2557). *การป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง*. สุโขทัย: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ภัทราภรณ์ ศรีสมรรถการ, ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน, รัตนพล พนมวัน ณ อยุธยา, จานุลักษณ์ ขนบดี, และวิศิษฐ์ ดวงจันทร์. (2558). *การประเมินคุณภาพฟักทองและการพัฒนากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตแป้งฟักทองเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพ* (รายงานการวิจัย). สถาบันวิจัยเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. เชียงใหม่, ประเทศไทย.

เทพประสิทธิ์ บัวโคกสูง และนายปิยพัทธ์ เผือกจีน. (2560). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมฟักทอง*. (ปริญญานิพนธ์). สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี. ลพบุรี, ประเทศไทย.

ขวัญนุช วงศ์มหาสกุล, วิชัย หฤทัยธนาสันติ์, อนุวัตร แจ้งจัด, และกมลวรรณ แจ้งชัด. (2542). การพัฒนาผลิตภัณฑ์สังขยาฟักทองกึ่งสำเร็จรูป. *วารสารวิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์, 33*(4), 620-629.

อัจฉรา เพิ่ม, เสาวนิตย์ ชอบบุญ, และปริญญา ทับเที่ยง. (2557). *ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์และเทคนิคการบรรจุต่อการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำพริกแกงคั่ว น้ำพริกแกงเผ็ด และน้ำพริกแกงส้ม*

ปักษ์ใต้ (รายงานการวิจัย). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิยาลัยราชภัฏสงขลา. สงขลา, ประเทศไทย.

กฤษณะ ดาราเรือง. (2560). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์และกลยุทธ์ทางการตลาดวิสาหกิจ.* ชุมชนบ้านเขาแหลม จังหวัดนครสวรรค์. สืบค้นจาก www.dpu.ac.th/dpurc/assets/uploads/magazine/86tlkq6ceaw4oskgc.pdf

ชิดชนก ศุขศรีไพศาล. (2559). *การผลิตและเก็บรักษากุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคโดยใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล* (ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ประเทศไทย. สืบค้นจาก http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2016/TU_2016_5709034077_6437_4659.pdf

เทคโนโลยีชาวบ้าน. (2560). ฟักทองพันธุ์ทองอำไพ 342. สืบค้นจาก https://www.technologychaoban.com/what-news/article_28453

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. (2549). การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 3*(1), 6-13.

ประทีป แสนแก้ว. (2558). ฟักทอง. สืบค้นจาก http://pumpkinthai.blogspot.com/2015/09/blog-post.html

ผาณิต รุจิรพิสิฐ. (2553). ผลของการใช้น้ำมันมะพร้าวต่อคุณภาพของ เค้กชนิดส่วนผสมข้น. สืบค้นจาก http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8G_z-Z2NYoQJ:www.utcc.ac.th/public_content/files/001/30_2-4.pdf+&cd=3&hl=th&ct=clnk&gl=th

พจนา สีมันตร, อัญมณี อาวุชานนท์, ธรธ อำพล, และภูเบศร์ คล้อยสวาท. (2557).การเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในฟักทองปรุงสุก สืบค้นจาก https://ag2.kku.ac.th/kai/PDF.cfm?filename=V_033.pdf&id=1690&keeptrack=3

สมาคมอาหารแช่แข็งไทย. (ม.ป.ป.). ผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมรับประทาน. สืบค้นจาก http://www.thai-frozen.or.th/index.php/product-gallery/ready-to-eat

สุพจน์ ตุงคเศรวงศ์. (2556). ความสำาคัญของการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในอุตสาหกรรมอาหาร. สืบค้นจาก http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache: MJgEPwGc-ccgJ:www.tpa.or.th/publisher/pdf

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ ทางด้านเคมี และจุลชีววิทยา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ

1. วัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab (Color Quest XE) (AOAC, 2000)

<u>ภาพผนวกที่ 1</u> เครื่อง Hunter Lab (Color Quest XE)

เครื่องวัดสีทำงานโดยใช้หลักการของ spectrophotometry ดังนี้ ให้แสงจากแหล่งกำเนิดแสง ภายในตัวเครื่อง ตกกระทบบนผิวของวัตถุ อนุภาคของสีบนผิวของวัสดุจะดูดกลืนแสงบางช่วงคลื่นไว้ และสะท้อนแสงบางช่วงคลื่นออกมา และถูกบันทึกโดยชุดรับสัญญาณ (Spectrometer) และนำข้อมูลมา ประมวลผลตามการตอบสนองของตามนุษย์ที่ไวต่อแสงสีแดงและสีน้ำเงิน คำนวณค่าสีออกมาเป็น ตัวเลขระบบ CIE (Commission International de I'Eclairage)

1.1 วิธีวิเคราะห์

1.1.1 เปิดเครื่องทดสอบและโปรแกรมการทดสอบในคอมพิวเตอร์ ในการตรวจสีของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ใช้ค่าสีระบบ CIE L* a* b* โดยการปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) ด้วยการตั้งค่าต่างๆ ดังนี้ Mode เลือก TTRAN (Total transmission) ใช้วัดสี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

วัตถุโปร่งใส โดยจะรวมแสงที่ทะลุผ่านทั้งหมดและแสงที่กระเจิง และเลือกIlluminant/Observer เลือก D65/100

1.1.2 ทำการ Calibration เครื่องก่อนการวัดครั้งแรกด้วยชุด Calibration โดยทำตามขั้นตอนที่โปรแกรมกำหนด ดังนี้

1.1.2.1 นำ black card วางที่ transmission port กด OK เมื่อทำการ standardizeสมบูรณ์แล้ว นำ blank card ออก

1.1.2.2 นำ cell blank วางแทนที่ black card

1.1.2.3 นำ white calibrated tile วางที่ reflectance port (วางไว้ตลอดการวัดโดยไม่เอาออก)

1.1.2.4 ทำการกดอ่านค่า cell blank โดยค่า L* ที่วัดได้จะเท่ากับ 100 หรือใกล้เคียง 100 ค่า a* และ b* จะเท่ากบ 0 หรือใกล้เคียง 0

1.1.2.5 จากนั้นเปลี่ยนจาก cell blank เป็นตัวอย่างน้ำมัน วัดค่าสีของน้ำมันในระบบ CIE L* a* b* โดยทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

L* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

a* หมายถึง สีแดงเมื่อมีค่าเป็นบวก (+) และสีเขียวเมื่อมีค่าเป็นลบ (-)

b* หมายถึง สีเหลืองเมื่อมีค่าเป็นบวก (+) และสีน้ำเงินเมื่อมีค่าเป็นลบ (-)

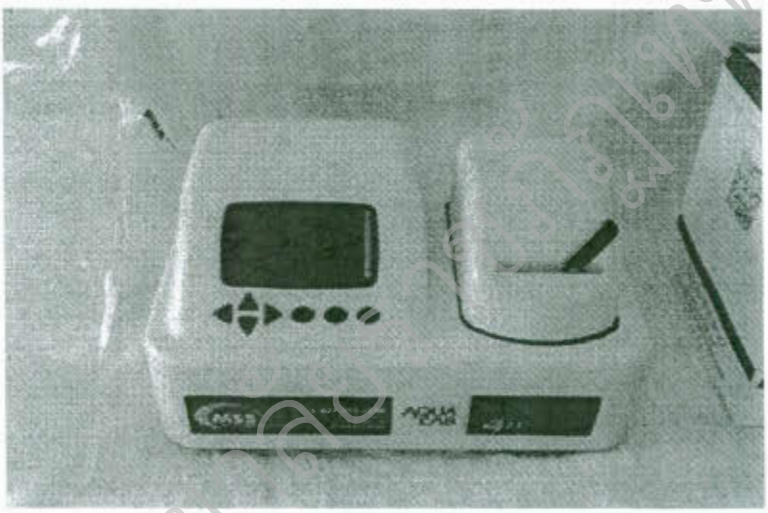
C* หมายถึง ค่าความเข้มของสี (chroma) คำนวณจาก $C^* = (a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}}$

H* หมายถึง มุมของฮิว (hue angle) คำนวณจาก H* = arctan (b*/a*)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2. วัดปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (AOAC, 2000)

เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity meter) ใช้ในการวัดค่า a_w ของตัวอย่าง ซึ่งค่า a_w เป็นค่าที่แสดงระดับพลังงานของน้ำ มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษาการเสื่อมเสียและความปลอดภัยของอาหาร เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระที่ใช้ในการทดลองนี้ยี่ห้อ Aqualab รุ่น 4TE ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา ดังแสดงในภาพผนวกที่ 2 วิธีการวัดทำโดยนำตัวอย่างใส่ในตลับสำหรับใส่ตัวอย่าง ในปริมาณ 1/3 ของตลับ แล้วนำเข้าเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ ซึ่งตัวอย่างที่แห้งจะใช้เวลาในการวัดประมาณ 10 วินาที ตัวอย่างที่มีความชื้นมากจะใช้เวลาประมาณ 2-3 นาที ในการอ่านค่าโดยที่เครื่องจะแสดงค่า a_w บนจอแสดงผล

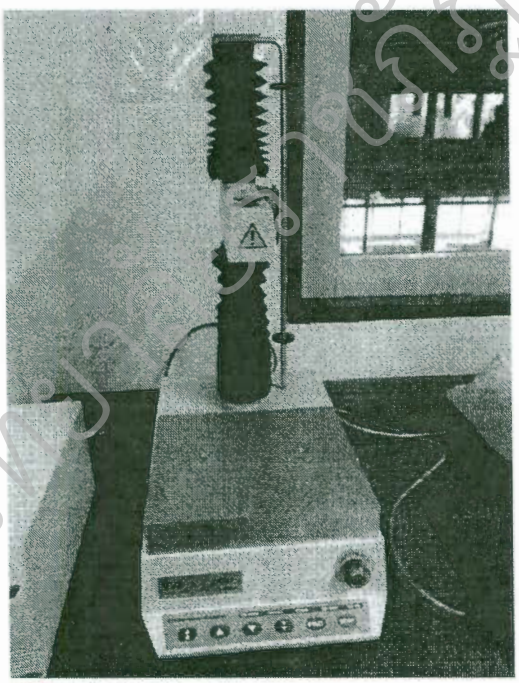


<u>ภาพผนวกที่ 2</u> เครื่องวัด water activity meter

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. วิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้โปรแกรมการวัดแบบ texture profile analysis (TPA) (AOAC, 2000)

ใช้ตัวอย่างชิ้นฟักทองย่างพร้อมบริโภคทั้งชิ้นในการทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analyzer, ยี่ห้อ Stable micro system, รุ่น TA-XT plus, ประเทศอังกฤษ) ดังแสดงในภาพผนวกที่ 3 โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสแบบ texture profile analysis (TPA) ตามคำอธิบายของ Murdia and Ranjeeta (2010) ซึ่งใช้หัววัดอะลูมิเนียมทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร (P/6) กำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัดเท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยกำหนดระยะกดผ่านเข้าไปในตัวอย่างเท่ากับ ร้อยละ 75 ของความสูงเริ่มต้นของตัวอย่าง ทำการตรวจวัด 3 ซ้ำ



<u>ภาพผนวกที่ 3</u> เครื่อง texture profile analysis (TPA)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ทางด้านเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธี **Kjeldahl method (Chang, 2010; S. Fujuhara, A. Kasuga, & Y. Aoyagi., 2001)**

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 0.5-2.0 กรัม ถ่ายตัวอย่างลงในหลอดย่อยโปรตีนทำ blank ควบคู่ไปด้วย
2. ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา (kjelblet) จำนวน 1 เม็ด หรือคะตะลิสต์ผสม จำนวน 8 กรัมและกรดซัลฟูริคเข้มข้น 20 ml. โดยเอียงหลอดย่อยโปรตีนและค่อยๆรินกรดข้างๆหลอดเพื่อล้างตัวอย่างที่อาจติดอยู่ข้างหลอดให้หมด และค่อยๆเขย่าตัวอย่างเบาๆ
3. นำตัวอย่างไปย่อยด้วยเครื่องย่อยโปรตีนใช้เวลาย่อยประมาณ 1 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งสารละลายใสจึงปิดชุดย่อย รอจนสารละลายเย็นลงในอุณหภูมิห้อง ห้ามนำหลอดย่อยไปทำให้เย็นด้วยน้ำเพราะจะทำให้หลอดย่อยแตก
4. ทั้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
5. นำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยเข้าเครื่องกลั่น kieltec System โดยนำขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml ที่มีกรดบอริก 4% ปริมาตร 50 ml และหยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด
6. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50% ให้มากเกินพอ (ประมาณ 70-90 ml) ข้อสังเกต ถ้าปริมาณด่างมากเกินไป สารละลายจะมีสีดำถ้ายังไม่เกิดสีดำให้เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพิ่มอีก 5-10 ml
7. เปิดเครื่องเริ่มทำการกลั่น โดยทำ blank ก่อนตัวอย่าง
8. นำตัวอย่างที่ผ่านการกลั่น มาไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริคความเข้มข้น 0.1 N ได้จุดยุติคือสังเกตสีชมพูปรากฏขึ้นและสารละลายสีเทาอมม่วง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

คำนวณหาปริมาณโปรตีนหยาบ

$$\%\text{ไนโตรเจน (total Nitrogen)} = \frac{(A-B)\times C\times 0.01\times 100}{D}$$

%โปรตีน = %N × 6.25

A = มล. ของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริค 0.1 นอร์มอล ที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง

B = มล. ของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริค 0.1 นอร์มอล ที่ใช้ไตเตรตกับ blank

C = ความเข้มข้น ของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริค

D = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

2. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย โดยวิธีการย่อยด้วยกรดและด่าง (AOAC, 2000)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่มีไขมันไม่เกิน 1% ให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1 g (W1)
2. ตวงสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 1.25 จำนวน 200 ml ด้วยกระบอกตวงใส่บีกเกอร์ที่มีตัวอย่างอยู่ นำไปต้มบนเตาไฟฟ้าโดยปิดปากบีกเกอร์ด้วยขวดแก้วกลมขนาด 500 ml บรรจุน้ำกลั่น เพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเริ่มเดือนจับเวลา 30 นาที
3. กรองทันทีด้วยกรวยบูชเนอร์ที่มีกระดาษกรอง 541 (W2) (ที่ผ่านการอบให้แห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ใช้แรงสุญญากาศผ่านขวดแก้วสำหรับกรองดูด
4. ฉีดล้างสิ่งที่เหลือบนบีกเกอร์ ด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้งลงในกรวยบูชเนอร์
5. ล้างสิ่งที่ตกค้างบนกระดาษกรอง ด้วยน้ำร้อนจนหมดกรด ทดสอบด้วยสารละลายที่กรองได้ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส สีน้ำเงินเป็นสีแดง
6. ตวงสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 จำนวน 200 ml. ใส่บีกเกอร์ขนาด 500 ml นำไปตั้งบนเตาไฟฟ้าจนร้อนนำไปใส่ขวดน้ำแล้วฉีดล้างบนกระดาษกรองลงในบีกเกอร์ขนาด 500 ml จนหมด
7. นำไปต้มบนเตาไฟฟ้าโดยใช้ขวดก้นกลมปิดปากของบีกเกอร์ให้สนิทเพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8. กรองทันทีผ่านกรวยบูชเนอร์ซึ่งบุด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 541 ฉีดน้ำกลั่นให้แนบสนิทกับกรวยบูชเนอร์แล้วฉีดล้างสิ่งที่เหลือบนบีกเกอร์ ด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้ง ลงบนกรวยบูชเนอร์
9. ล้างสิ่งที่ตกค้างบนกระดาษกรองด้วยน้ำร้อนจนหมดด่างทดสอบด้วยสารละลายที่กรองได้ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส สีแดงเป็นสีน้ำเงิน
10. นำกระดาษกรองวางบนถ้วยกระเบื้อง (W3) นำไปอบที่ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 102±2 C° นาน 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W4)
11. เผาถ้วยกระเบื้องพร้อมกระดาษกรองที่อบเรียบร้อยแล้วในเตาเผา อุณหภูมิ 550±2 C° นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W5)

การคำนวณ

ใช้ตัวอย่างที่กำจัดความชื้นและไขมันออกแล้ว

ปริมาณกาก ร้อยละของน้ำหนัก = $\frac{(W4-W3-W2)-(W5-W3)\times 100}{W1}$

W1 = น้ำหนักตัวอย่างมีหน่วยเป็น g

W2 = น้ำหนักกระดาษกรองมีหน่วยเป็น g

W3 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง มีหน่วยเป็น g

W4 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง + กระดาษกรอง + กากหลังการอบแห้ง มีหน่วยเป็น g

W5 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง + กากหลังจากการเผา มีหน่วยเป็น g

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ด้วย Soxhlet (AOAC, 2000)

วัสดุอุปกรณ์

1. Soxhlet apparatus
2. หลอดใส่ตัวอย่าง
3. สาลี
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง
6. โถดูดความชื้น

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์หรือเฮกเซน

วิธีวิเคราะห์

1. ใส่ขวดกลมสำหรับการหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้าทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก 3-5 กรัม ห่อให้มิดชิดใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง
3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงใน Soxhlet เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ ลงในขวดหาไขมัน ประมาณ 150 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตา
4. ประกอบอุปกรณ์ชุดกลั่นไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิทช์ให้ความร้อน
5. ปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที
6. เมื่อครบ 6 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจาก Soxhlet ทิ้งให้ตัวทำละลายไหลจาก Soxhlet ลงในขวดก้นกลมจนหมด
7. ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสูญญากาศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

8. นำขวดหาไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสจนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
9. ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
10. คำนวณหาปริมาณไขมันจากสูตร

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{w2 \times 100}{w1}$$

เมื่อ w_1 คือ น้ำหนักขวดตัวอย่างก่อนอบ

w_2 คือ น้ำหนักขวดตัวอย่างหลังอบ

3. การวิเคราะห์เถ้า (ASH) (AOAC, 2000)

1. อบถ้วยกระเบื้อง (Porcelain dish) ที่แห้งและสะอาดในตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชม. นำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนัก (W1)
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัมใส่ในถ้วยกระเบื้องบันทึกน้ำหนักตัวอย่าง (W2)
3. นำไปเผาด้วยไฟอ่อนบนเตาไฟฟ้าหรือตะเกียงบุนเซนโดยเพิ่มความร้อนทีละน้อย จนตัวอย่างไหม้เกรียมและเผาจนหมดควัน ในกรณีตัวอย่างเป็นของเหลวหรือกึ่งแข็งกึ่งเหลวให้นำตัวอย่างไประเหยแห้งบนเครื่องอังไอน้ำก่อนนำไปเผาบนเตาไฟฟ้า
4. นำไปเผาต่อในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว ทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ (ถ้าเถ้าที่ได้ไม่ขาว ให้นำเถ้าออกมาจากเตาเผา ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วหยดน้ำเล็กน้อยพอเปียกชุ่ม ระวังอย่าให้เถ้าฟุ้งกระเด็น นำไประเหยแห้งบนเครื่องอังน้ำและทำซ้ำ ข้อ 3 จนเถ้าขาวและได้น้ำหนักคงที่(น้ำหนักคงที่ หมายถึง ผลต่างของการชั่งสองครั้งติดกันมีค่าไม่เกิน 2 mg) ชั่งน้ำหนักที่ได้) (W3)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

การคำนวณ

ปริมาณเถ้าทั้งหมด ร้อยละของน้ำหนัก = $\frac{(W3-W1) \times 100}{(W2-W1)}$

W1 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบ เป็น g

W2 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่าง เป็น g

W3 = น้ำหนักกระเบื้องเคลือบและเถ้า เป็น g

4. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Chang, 2010)

หลักการ

การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตเป็นร้อยละ โดยคำนวณจาก สูตร 100 ลบด้วยผลรวมของปริมาณร้อยละของความชื้น(หรือน้ำ)โปรตีน ไขมัน กาก และเถ้า

การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดเป็นร้อยละ โดยการคำนวณจากสูตร 100 ลบด้วยผลรวมของปริมาณร้อยละของความชื้น(หรือน้ำ)โปรตีน ไขมัน กาก และเถ้า

วิธีวิเคราะห์

นำผลการวิเคราะห์ความชื้น/น้ำและของแข็งทั้งหมด โปรตีน ไขมัน กากและเถ้ามาคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

การคำนวณ

% คาร์โบไฮเดรต = 100 – (% ความชื้น/น้ำ + %ไขมัน + % โปรตีน + % กาก + % เถ้า)

% คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด = 100 – (% ความชื้น/น้ำ + %ไขมัน + % โปรตีน + % เถ้า)

5. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โดยวิธี Hot air Oven Method (AOAC, 2000)

วัสดุอุปกรณ์

1. ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven)
2. ถ้วยอะลูมิเนียม (Aluminium can) สำหรับหาความชื้น
3. โถดูดความชื้น (Desiccator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

วิธีวิเคราะห์

1. อบถ้วยอะลูมิเนียมในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 105±5 องศาเซลเซียส เวลา 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ ใส่ลงในโถดูดความชื้น จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงชั่งน้ำหนัก
2. กระทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1-3 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง
4. นำออกจากตู้อบใส่โถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่าง จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบและกระทำซ้ำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\% \text{ ปริมาณความชื้น} = \frac{\text{ผลต่างน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

6. ค่าพลังงานความร้อน โดยการคำนวณ (คำนวน)

หลักการ

เป็นการหาค่าพลังงานความร้อนเป็น กิโลแคลอรีต่อ 100 g

โดยการคำนวณจากผลรวมของ

% คาร์โบไฮเดรต × 4 + % ไขมัน × 9 + %โปรตีน × 4

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

7. วิเคราะห์ปริมาณกรดไทโอบาบิทูริก (thiobarbituric acid, TBA) (ดัดแปลงจาก AOCS, 1999)

วัสดุอุปกรณ์

1. Erlenmeyer flask ขนาด 250 ml
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. Volumetric flask 100 ml
4. test tube 10 -15 mm พร้อมฝาปิด
5. water bath
6. ชุดเครื่องกลั่น
7. Spectrophotometer

สารเคมี

1. TBA reagent
2. 4 N HCl
3. Antifoaming agent

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรจากนั้นถ่ายใส่ขวดก้นกลมแล้วเติม 4 N. ของกรดไฮโดรคลอริก 2.5 มิลลิลิตร
2. เติม glass bead 2-3 เม็ด และdilution antifoaming agent 0.5 มิลลิลิตร นำไปกลั่นให้ได้ distillate ปริมาตร 50 มิลลิลิตร
3. ปิเปตดูดสารละลาย 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดแห้ง เติม TBA reagent 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำเดือด 35 นาที
4. ทำให้เย็นโดยการแช่น้ำเย็นประมาณ 10 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร เทียบกับ blank และคำนวณตามสมการ

TBA number (mg MDA/kg sample) = sample A_532x 2.77

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

การวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา

วัสดุอุปกรณ์

1. ตู้บ่มเชื้อ (incubator)
2. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave)
3. เครื่องบดตัวอย่าง (stomacher)
4. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
5. อุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ เช่น จานเพาะเชื้อ หลอดทดลอง เข็มเขี่ยเชื้อ ฯลฯ

1. การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Maturin and Peeler, 1998)

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

1. plate count agar (PCA)
2. สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85

วิธีการ

1. เจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้นข้นร้อยละ 0.85 จนได้ความเจือจางที่เหมาะสม

2. ปิเปตสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ

3. ทำการหลอมอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (PCA) และทิ้งไว้ให้มีอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มาทำ pour plate technique บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

4. นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้นโดยเลือกนับเฉพาะที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในรูปโคโลนีต่อกรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2. การวิเคราะห์จำนวนยีสต์และรา (AOAC, 2000)

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

1. potato dextrose agar (PDA)

2. สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85

วิธีการ

1. เจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85 จนได้ความเจือจางที่เหมาะสม

2. ปิเปตสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ

3. ทำการหลอมอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) และทิ้งไว้ให้มีอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มาทำ pour plate technique บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

4. นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยเลือกนับเฉพาะที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนยีสต์และราในรูปโคโลนีต่อกรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสต่อฟักทองย่างพร้อมบริโภค

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก ข แบบทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสต่อฟักทองย่างพร้อม

แบบการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสฟักทองย่างพร้อมบริโภค

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างต่อไปนี้จากซ้ายไปขวา ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแล้วให้คะแนนความชอบตามลำดับคะแนนที่ได้ กำหนดไว้ด้านล่างตามปัจจัยคุณภาพ และกรุณาบ้วนปากระหว่างชิมตัวอย่าง

9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง

6 = ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คุณภาพผลิตภัณฑ์	รหัสตัวอย่าง				
สี					
กลิ่น					
รสชาติ					
เนื้อสัมผัส					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

หลักเกณฑ์ในการให้คะแนนการทดสอบ

ลักษณะที่ใช้ตรวจสอบ	เกณฑ์กำหนด	ระดับการตัดสินใจ
รสชาติ	ต้องรสชาติที่หวานมันโดยตามธรรมชาติของฟักทองย่าง	ระดับเกณฑ์การตัดสินใจ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด 8 คะแนน หมายถึง ชอบมาก 7 คะแนน หมายถึง ชอบปานกลาง 6 คะแนน หมายถึง ชอบเล็กน้อย 5 คะแนน หมายถึง เฉยๆ 4 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย 3 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง 2 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมาก 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด
สี	ต้องมีสีที่เหลืองทอง	
กลิ่น	ต้องมีกลิ่นที่หอมขอฟักทองย่าง ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์	
เนื้อสัมผัส	เนื้อนุ่มแน่น ไม่เละ ไม่ยุ่ย	
ความชอบโดยรวม	ความชอบโดยรวม ต่อผลิตภัณฑ์	

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร