



รายงานการวิจัย

การผลิตขนมขบเคี้ยวจากบัวบกเพื่อส่งเสริมการบริโภคในเด็ก

Production of Snack from Asiatic Pennywort
(*Centella asiatica* (L.) Urban) to Consumed Promotion
for Childhood

วิลาสินี ดีปัญญา

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2557

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตขนมขบเคี้ยวจากบัวบกเพื่อส่งเสริมการบริโภคในเด็ก

Production of Snack from Asiatic Pennywort
(Centella asiatica (L.) Urban) to Consumed Promotion
for Childhood

วิลาสินี ดีปัญญา

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ทุนอุดหนุนโดย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์งบประมาณแผ่นดินที่พิจารณาจากโดยผ่าน
ความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2557

ชื่องานวิจัย	การผลิตขนมขบเคี้ยวจากบัวบกเพื่อส่งเสริมการบริโภคในเด็ก Production of Snack from Asiatic Pennywort (<i>Centella asiatica</i> (L.) Urban) to Consumed Promotion for Childhood.
ผู้วิจัย	วิลาสินี ดีปัญญา
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ปีเสร็จวิจัย	2557

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตขนมขบเคี้ยวจากบัวบกเพื่อส่งเสริมการบริโภคในเด็กพบว่า สัดส่วนที่เหมาะสมของปลายข้าวหอมมะลิต่อแป้งมันสำปะหลังในการผลิตขนมขบเคี้ยวคือ 70:30 ผสมน้ำใบบัวบกความเข้มข้น ร้อยละ 30 จำนวน 2 เท่าของปริมาณแป้ง นึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที รีดเป็นแผ่นหนา 0.3 มิลลิเมตร ตัดขนาด 2.5 x 3 เซนติเมตร นำแช่เย็น 6 ชั่วโมง นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปทอดที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ผสมผงปรุงรสสาหร่ายโนริ ร้อยละ 15 กับบัวบกผง ร้อยละ 1 ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์พบว่าค่าสี L^* a^* และ b^* เท่ากับ 38.76, 1.00 และ 19.78 ตามลำดับ ค่า a_w เท่ากับ 0.42 ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบและคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) 3.54, 3.83, 4.55, 17.67 1.74 และ 68.67 ตามลำดับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ รา < 10 โคโลนีต่อกรัม โคลิฟอร์ม < 3 โคโลนีต่อกรัม ทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุงออลูมิเนียมฟอยล์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่า TBA และ a_w มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : ขนมขบเคี้ยว, บัวบก

Research Title	Production of snack from asiatic pennywort (<i>Centella asiatica</i> (L.) Urban) to consumed promotion for childhood.
Name	Mrs. Wilasinee Deepanya
Program	Food Science and Technology
University	Rajabhat Phetchabun
Year	2014

Abstract

This research aims to produce a snack from the asiatic to promote consumption in children found that the proportion of jasmine rice with cassava flour in the production of snack mix is 70:30 with asiatic water concentration of 30 percent at 2 time on the stem at 100 ° C for 30 minutes, rolled into a sheet thickness of 0.3 mm cut size 2.5 x 3 cm to refrigerate 6 hours to bake at 60 ° C for 6 h deep-fat frying at 200 ° C for 30 seconds. Mix the nori powder 15 percent, asiatic pennywort powder 1 percent, to analyze the physical quality, chemicals and microorganisms found that the color L * a * and b * were 38.76, 1.00 and 19.78 respectively a_w , was 0.42 moisture, ash, protein, fat, fiber and carbohydrates (per cent) 3.54, 3.83, 4.55, 17.67 1.74 and 68.67 respectively, total microbial counts, Yeast and mold <10 CFU/g products were stored in bags, aluminum foil for 8 weeks TBA and a_w are likely to increase.

Keywords: snack , asiatic

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่างๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำคำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์คันสนีย์ อุดมอ่องเป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ แก่ผู้วิจัย จึงขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

วิลาสินี ดีปัญญา

20 ธันวาคม 2557

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 วัตถุประสงค์	3
2.2 ขนมอบเคี้ยว.....	12
2.3 กรรมวิธีการผลิตขนมอบเคี้ยว	13
2.4 คุณภาพและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมอบเคี้ยว	18
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	23
3.1 วัตถุประสงค์และอุปกรณ์.....	23
3.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย	24
3.3 สถานที่ทำการทดลอง	28
3.4 ระยะเวลาในการทำวิจัย.....	29
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	30
4.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมอบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ.....	30
4.2 ศึกษาความเข้มข้นของน้ำบัวบกที่เหมาะสมในการทำขนมอบเคี้ยวจากบัวบก ...	32
4.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมอบเคี้ยวจากบัวบก.....	38

บทที่ 5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	39
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	39
5.2	ข้อเสนอแนะ	39
เอกสารอ้างอิง		40
ภาคผนวก.....		42
	ภาคผนวก ก (การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ)	43
	ภาคผนวก ข (ชื่อเรื่องของภาคผนวก ข).....	57
ประวัติคณะผู้วิจัย.....		59

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของบัวบกในประเทศไทยในสัดส่วน 100 กรัม 9
2.2	คุณสมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน..... 10
2.3	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวในสัดส่วน 100 กรัม..... 15
4.1	คุณภาพทางด้านกายภาพของขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ..... 30
4.2	คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ..... 31
4.3	คุณภาพทางด้านกายภาพของขนมขบเคี้ยวจากจากบัวบก 32
4.4	คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากบัวบก..... 34
4.5	คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากบัวบกปรุงรส 35
4.6	สูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากบัวบก..... 36
4.7	คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของขนมขบเคี้ยวจากบัวบกปรุงรส 36
4.8	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากบัวบก เก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ 38

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลำดับชั้นทางอนุกรมวิธานของบัวบก.....	3
2.2 บัวบก.....	4
2.3 โครงสร้างของ madecassoside และ asiaticoside	4
2.4 โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลส.....	7
2.5 โครงสร้างของอะไมโลเพกติน.....	8
2.6 ปฏิกริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทอด.....	15
3.1 ขั้นตอนการผลิตขนมขี้วยจากปลายข้าวหอมมะลิ.....	25
3.2 ขั้นตอนการผลิตขนมขี้วยจากบัวบก	27
4.1 ผลิตภัณฑ์ขนมขี้วยจากบัวบกก่อนปรุงรสที่ระดับความเข้มข้นของน้ำบัวบก ที่แตกต่างกัน.....	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจำหน่ายในรูปแบบต่างๆ มากมายและมีการบริโภคเพิ่มมากขึ้นเพราะเป็นอาหารว่างที่รับประทานง่าย สะดวกในการพกพาและมีหลากหลายรสชาติให้เลือก อีกทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมทั้งในกลุ่มเด็ก วัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่หรือผู้ที่อยู่ในวัยทำงาน ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารขบเคี้ยว (snack food) ในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมที่มีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากการมีโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ทั้งโรงงานขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ซึ่งรวมทั้งการผลิตในลักษณะเป็นอุตสาหกรรมครัวเรือน โดยมูลค่าทางการตลาดในประเทศสูงถึงปีละ 10,000 ล้านบาท และคาดว่าจะในปีต่อไปจะมีการขยายตัวประมาณร้อยละ 15-20

บับกเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ซึ่งประกอบด้วยเส้นใย 2.6 กรัม แคลเซียม 146 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 30 มิลลิกรัม เหล็ก 3.9 มิลลิกรัม วิตามินเอ 10962 ไอ유 (IU) วิตามินบีหนึ่ง 0.24 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.09 มิลลิกรัม ไนอาซิน 0.8 มิลลิกรัม และวิตามินซี 4 มิลลิกรัม เป็นหนึ่งในสมุนไพรไทยที่มีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลและสารเอเซียติโคไซด์ (นฤมล และศศิธร, 2550) อีกทั้งยังมีสรรพคุณต่างๆ มากมาย เช่น รักษาโรคบิด ท้องร่วง วัณโรค หลอดลมอักเสบ กระเพาะอาหารอักเสบ ตับอักเสบ เยื่อหุ้มสมองอักเสบ ไชข้ออักเสบ ร้อนใน ลดความดันโลหิต ลดน้ำตาลในเลือด ลดความเปราะของเส้นเลือด ขับปัสสาวะ บำรุงหัวใจ รักษาอาการฟกช้ำ กระตุ้นการเรียนรู้และความจำ เป็นต้น (Brinkhaus et al., 2000) จากการศึกษาพบว่า การรับประทานใบบับกจะทำให้สามารถจดจำกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้นานขึ้น มีสมาธิมากขึ้น ความจำดีขึ้น เหมาะกับวัยเด็กที่ต้องใช้สมาธิในการเรียน ประกอบกับการที่บับกเป็นพืชที่ปลูกได้ง่าย และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เกือบตลอดทั้งปีจึงเป็นแนวคิดในการศึกษาการผลิตขนมขบเคี้ยวจากบับกเพื่อส่งเสริมการบริโภคในวัยเด็ก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการผลิตขนมขบเคี้ยวจากบับกเพื่อส่งเสริมการบริโภคในเด็ก

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการผลิตขนมขบเคี้ยวจากบัวบก
2. ศึกษาคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของขนมขบเคี้ยวจากบัวบก
3. ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (9– point hedonic scale) จากผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ในลักษณะปรากฏด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวม

1.4 ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการผลิตขนมขบเคี้ยวพองกรอบเสริมบัวบก โดยกระบวนการทอดวัตถุดิบหลักที่ใช้ ได้แก่ ปลายข้าวหอมมะลิ แป้งมันสำปะหลัง ไข่บัวบก และผงปรุงรส ทำการศึกษาวิธีการผลิต และปริมาณของบัวบกที่เติม ปริมาณที่เหมาะสมของบัวบกแห้งบดในการปรุงรสขนมขบเคี้ยวพองกรอบพร้อมทั้งวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

วัตถุประสงค์

2.1 บัวบก

บัวบกมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Centella asiatica* (L.) Urban วงศ์ Umbelliferae (หรือ Apiaceae) และชื่อสากลทั่วไปคือ asiatic pennywort, Gotu-cola, Gotu kola, Indianpennywort และ Indian water Navelwort อนุกรมวิธานของบัวบกแสดงในรูปที่ 2.1 บัวบกเป็นพืชพื้นบ้านของไทยและของประเทศในเขตร้อนถึงเขตอบอุ่น และแพร่กระจายพันธุ์ไปอย่างกว้างขวางทั่วโลก สรรพคุณตามตำราแพทย์แผนไทยใช้บัวบกรักษาอาการขาดน้ำ บำรุงหัวใจ บำรุงกำลัง รักษาอาการอ่อนเพลีย ขับปัสสาวะ รักษาโรคผิวหนังและรักษาบาดแผล เป็นต้น บัวบกเป็นพืชล้มลุกอายุหลายปี ลำต้นทอดเลื้อยไปตามพื้นดิน เรียกว่าไหล (stolen) มีรากและใบงอกตามข้อของลำต้น ใบเดี่ยวรูปกลม ขอบใบหยัก ก้านใบยาวชูขึ้น ดอกออกเป็นช่อคล้ายร่มที่ช่อใบ แต่ละช่อมีประมาณ 3 – 4 ดอก กลีบดอกสีม่วงอมแดง เกสรตัวผู้สั้น ผลแบน (รูปที่ 2.2) บัวบกเป็นวัชพืชในเขตร้อน พบตามที่ขึ้นแฉะทั่วไป ถิ่นกำเนิดเดิมพบในอินโดนีเซียอินเดีย ศรีลังกา ในประเทศไทยพบได้ทุกภาค

Kingdom Plantae (-plants)

Subkingdom Tracheobionta (-vascular plants)

Superdivision Spermatophyta (-seed plants)

Division Magnoliophyta (-flowering plants)

Class Magnoliophyta (-dicotyledons)

Subclass Rosidae

Order Apiales

Family Apiaceae / Umbelliferae (-carrot family)

Genus *Centella* L.

Species *Centella asiatica* (L.) Urban

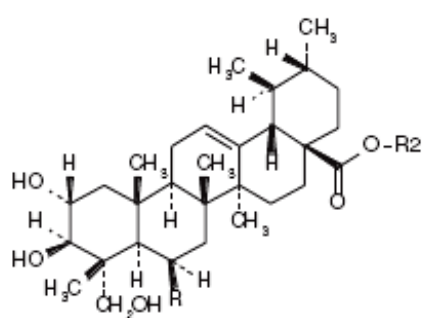
รูปที่ 2.1 ลำดับชั้นทางอนุกรมวิธานของบัวบก



รูปที่ 2.2 บัวบก

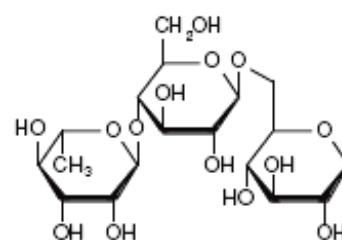
สรรพคุณของบัวบก

สารเคมีในบัวบกหลายชนิดมีสรรพคุณในการรักษาโรคส่วนใหญ่เป็นสารในกลุ่ม triterpene saponin และ triterpene acids sugar ester สารที่มีการศึกษากันมาก ได้แก่ madecassosides และ asiaticosides (รูปที่ 2.3) โดยมีปริมาณสารที่พบอยู่ระหว่างร้อยละ 1 – 8 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งวัตถุดิบ นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของบัวบกในประเทศไทย ดังแสดงในตารางที่ 2.1 (สถาบันวิจัยสมุนไพร, 2550)



rha-glc-glc- =

O- α -L-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)-
O- β -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 6)-
 β -D-glucopyranosyl
or
O-6-deoxy- α -L-mannopyranosyl-
(1 $\rightarrow$ 4)-O- β -D-glucopyranosyl-
(1 $\rightarrow$ 6)- β -D-glucopyranosyl



asiaticoside

R1 = H , R2 = rha-glc-glc-

madecassoside

R1 = OH , R2 = rha-glc-glc-

รูปที่ 2.3 โครงสร้างของ madecassoside และ asiaticoside

ที่มา : WHO, 1999

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของบัวบกในประเทศไทยในสัดส่วน 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
พลังงาน (แคลอรี)	44
น้ำ (กรัม)	86
โปรตีน (กรัม)	1.8
ไขมัน (กรัม)	0.9
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	7.1
กากหรือเส้นใย (กรัม)	2.6
เถ้า (กรัม)	1.7
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	146
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	30
เหล็ก (มิลลิกรัม)	3.9
วิตามินเอรวม (IU)	10,962
Thiamin (มิลลิกรัม)	0.24
Riboflavin (มิลลิกรัม)	0.09
Niacin (มิลลิกรัม)	0.8
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	4.0
เบต้าแคโรทีน RE (ไมโครกรัมเทียบหน่วยเรตินัล)	238.23

ที่มา : สถาบันวิจัยสมุนไพร, 2550

นอกจากนี้ใบบัวบกทำให้ผิวหนังเต่งตึงและมีความยืดหยุ่นขึ้น ตลอดจนช่วยป้องกันการเกิดแผลเป็นและช่วยในกระบวนการหายของแผล เนื่องจากใบบัวบกจะควบคุมไม่ให้เกิดการสร้างคอลลาเจนบริเวณแผลมากเกินไปและบัวบกยังแก้ร้อนในกระหายน้ำ ช่วยให้ผ่อนคลายจากความเครียดได้ เนื่องจากในใบบัวบกประกอบด้วยวิตามินบี 1 บี 2 และบี 6 ในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังทำให้ร่างกายหลั่ง gamma-aminobutyric acid (GABA) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทชนิดหนึ่งในปริมาณที่มากขึ้นด้วย จากการศึกษายังพบว่า การรับประทานใบบัวบกจะทำให้มีความสามารถในการจดจ่อกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

ได้นานขึ้น มีสมาธิมากขึ้น ความจำดีขึ้น และใบบวบก็ยังช่วยกำจัดสารพิษซึ่งสะสมในสมองและระบบประสาท ตลอดจนช่วยกำจัดสารพิษตกค้างในร่างกายได้เป็นอย่างดี

Zainol et al. (2003) ศึกษาปริมาณรวมสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในลำต้น ราก และใบของบวบ พบว่าในรากและใบของบวบมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูง นอกจากนี้ปริมาณรวมสารประกอบฟีนอลิกยังมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าปริมาณรวมสารประกอบฟีนอลิกเป็นตัวส่งเสริมฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของบวบ สำหรับในประเทศไทยมีรายงานว่าบวบผักพื้นบ้านของไทยนั้นมีค่าดัชนีแอนติออกซิแดนท์สูงโดยในพืชสดมีค่าดัชนี 4.65 และในพืชแห้งมีค่าดัชนี 7.98 ทั้งนี้ในตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ประกอบด้วยสารแอนติออกซิแดนท์ เบตาแคโรทีน 12.76 มิลลิกรัม แซนโทฟิลล์ 10.59 มิลลิกรัม วิตามินซี 3.29 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.0031 มิลลิกรัม แทนนิน 24.28 มิลลิกรัม และสารประกอบฟีนอลิก 98.44 มิลลิกรัม (นวลศรี และอัญญา, 2545)

2.2 ข้าว (Rice)

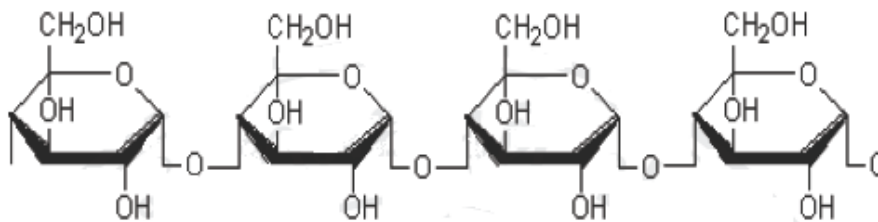
ข้าวที่ปลูกเป็นอาหารของมนุษย์มี 2 ชนิด ได้แก่ข้าวที่ปลูกในทวีปแอฟริกา มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Oryza glaberrima* และข้าวที่ปลูกในทวีปเอเชียมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Oryza sativa* ได้รับความนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย ข้าวเอเชียแบ่งเป็น 3 พันธุ์คือ พันธุ์อินดิกา (indica) ปลูกในประเทศไทย อินเดีย และฟิลิปปินส์มีลักษณะเมล็ดยาวเรียวยาว พันธุ์จาปอนิกา (japonica) ปลูกในประเทศญี่ปุ่น เกาหลีและจีน มีลักษณะเมล็ดค่อนข้างกลมบ่อมน้ำ และพันธุ์จาวานิกา (javanica) ปลูกในประเทศอินโดนีเซีย และพม่าจะมีเมล็ดก้ำกึ่งระหว่างพันธุ์อินดิกาและจาปอนิกา จากสถิติของการใช้ประโยชน์จากข้าวทั่วโลกพบว่าข้าวเป็นอาหารมนุษย์ร้อยละ 88 ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ร้อยละ 7 ใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ร้อยละ 3.2 และใช้เป็นอาหารสัตว์ร้อยละ 1.8 (พูนศักดิ์และวัฒนา, 2549)

2.2.1 คุณภาพทางเคมีของข้าว

ข้าวมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักคาร์โบไฮเดรตในข้าวสารประกอบด้วยสตาร์ชประมาณร้อยละ 90 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ คือ อะไมโลสและอะไมโลเพกติน ข้าวสารเจ้ามีอะไมโลสเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 7- 33 โดยน้ำหนักแห้งหรือร้อยละ 8 - 37 ของปริมาณสตาร์ช ส่วนประกอบที่เหลือ คือ อะไมโลเพกตินร้อยละ 3 - 67 ซึ่งเป็นส่วนที่มีมากที่สุดในส่วนข้าวสารทั่วไปโดยเฉพาะข้าวเหนียวจะพบอะไมโลเพกตินเป็นส่วนใหญ่ อาจพบอะไมโลสได้บ้างเพียงร้อยละ 0.8 - 1.3 เท่านั้น สัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินในข้าวมีผลต่อคุณภาพของข้าวสุกโดยตรงข้าวสารที่มีอะไมโลสมากเมื่อหุงสุกจะได้ลักษณะร่วนแข็ง ส่วนข้าวที่มีอะไมโลสต่ำจะให้ข้าวสุกที่นุ่มเหนียว (พูนศักดิ์และวัฒนา, 2549)

2.2.2 คุณสมบัติของสตาร์ช

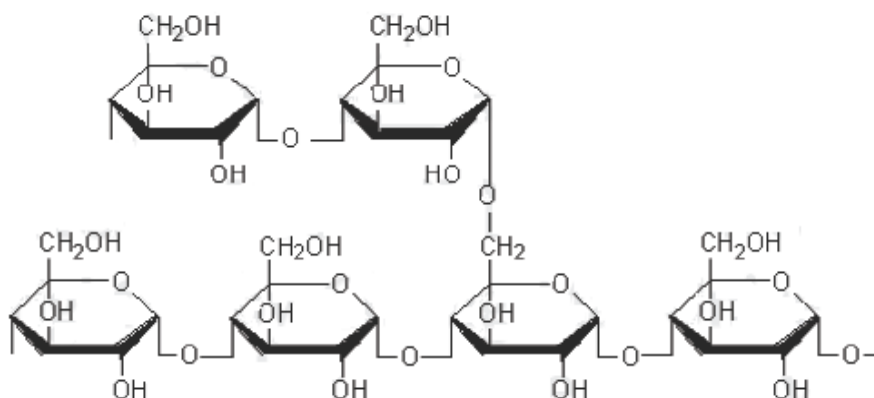
2.2.2.1 อะไมโลส (amylose) เป็นพอลิเมอร์สายตรงของน้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1,4 กลูโคซิดิก (โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลสแสดงในภาพที่ 2.4) โดยมีจำนวนหน่วยของกลูโคสประมาณ 1,500 หน่วยมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 250,000 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด และอายุของธัญชาติด้วย โมเลกุลของอะไมโลสมีรูปเกลียว (helical form) สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับกรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์และไขมันได้ หรือถ้าจับกับไอโอดีนก็จะให้สีน้ำเงินซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวสามารถนำมาใช้ในการทดสอบคุณสมบัติของแป้งได้ (พูนศักดิ์และวีณา, 2549)



รูปที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลส

ที่มา : รสिता, 2544

2.2.2.2 อะไมโลเพกติน (amylopectin) เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสเหมือนกับอะไมโลส แต่มีการเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ 2 แบบ คือแอลฟา 1,4 กลูโคซิดิกและกิ่งก้านด้วยพันธะแอลฟา 1,6 กลูโคซิดิก (โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลเพกตินแสดงในภาพที่ 2.2) โดยมีปริมาณพันธะเป็นกิ่งก้านอยู่ในปริมาณ 4 - 5% ของพันธะทั้งหมด จำนวนหน่วยของกลูโคสในช่วงของกิ่งก้านประมาณ 22 - 28 หน่วย จำนวนกลูโคสทั้งหมดโมเลกุลประมาณ 1 ล้านหน่วย และมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 108 (พูนศักดิ์และวีณา, 2549) ความแตกต่างของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินแสดงในตารางที่ 2.5



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของอะไมโลเพกติน

ที่มา : รสिता, 2544

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน

อะไมโลส	อะไมโลเพกติน
1. ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรง	1. ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันมีกิ่งก้านสาขาเหมือนกิ่งไม้ แต่ละกิ่งมีกลูโคส
2. ประกอบด้วยกลูโคส 200-1200 หน่วย ละลายน้ำได้ดีกว่า	20-25 หน่วย 2. ละลายน้ำได้น้อยกว่า
3. เมื่อต้มในน้ำจะมีความข้นหนืดน้อยและขุ่น	3. ข้นหนืดมากและใส
4. ให้สีน้ำเงินกับสารละลายไอโอดีน	4. ให้สีม่วงแดงหรือสีน้ำตาลแดงกับสารละลายไอโอดีน
5. ต้มแล้วตั้งทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นได้	5. ไม่จับตัวเป็นวุ้น

ในข้าวนอกจากมีสตาร์ชเป็นส่วนประกอบหลักแล้วยังมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบอยู่บ้างเล็กน้อย ในข้าวกล้องมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดประมาณร้อยละ 0.83 -1.36 ซึ่งมีน้ำตาลรีดิวิซร้อยละ 0.09-0.13 ส่วนในข้าวขาวมีน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 0.37 - 0.53 ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลรีดิวิซร้อยละ 0.05- 0.08 ส่วนของเส้นใยที่พบส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลสซึ่งพบมากในรำร้อยละ 62 ในคัพพะร้อยละ 4 ในรำละเอียดร้อยละ 7 และในข้าวสารร้อยละ 27 ส่วนแพนโทแซนจะพบกระจายอยู่ในรำหยาบร้อยละ 43 ในคัพพะร้อยละ 8 ในรำละเอียดร้อยละ 7 และในข้าวสารร้อยละ 42 สำหรับโปรตีนที่พบในข้าวส่วนใหญ่จะอยู่ที่ผิวนอกของเนื้อเมล็ด

และปริมาณจะลดลงเมื่อเข้าใกล้จุดกึ่งกลางเมล็ด โปรตีนที่แทรกอยู่ระหว่างเม็ดสตาร์ชมีรูปร่างกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 - 4 ไมครอน ชนิดของกรดอะมิโนที่พบมากในข้าว ได้แก่ ไลซีน แอลบูมิน โกลบูลิน กลูเตลิน โปรลามิน แร่ธาตุที่พบข้าวสาร ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซีลีคอน แมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียม และเหล็ก ส่วนวิตามินพบในข้าวกล้องมากกว่าในข้าวสาร โดยเฉพาะในส่วน of คัพพะและชั้นออโรน วิตามินที่สำคัญในข้าวได้แก่ ไทอะมิน ไรโบฟลาวิน และไนอะซิน ในการขัดสีข้าวจะทำให้สูญเสียวิตามินไปประมาณร้อยละ 50 (รสิตา, 2544) คุณค่าทางโภชนาการของข้าวแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวในสัดส่วน 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	447
โปรตีน (กรัม)	9.8
ไขมัน (กรัม)	2.65
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	88.9
เส้นใย (crude fiber) (กรัม)	0.3
เถ้า (กรัม)	0.6
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	68
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	285
ไทอามีน (มิลลิกรัม)	0.33
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	4.9

ที่มา : รสिता, 2544

2.3 แป้งมันสำปะหลัง

แป้งมันสำปะหลัง (tapioca starch) อาจเรียกว่า cassava starch คือสตาร์ช (starch) ที่ผลิตได้จากหัวมันสำปะหลัง (tapioca)

การผลิตแป้งมันสำปะหลัง กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบสไลด์แห้งนั้น เป็นกระบวนการผลิตแบบใหม่ที่โรงงานโดยทั่วไปใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ หัวมันสำปะหลังจะถูกล้างให้สะอาดโดยผ่านเครื่องล้างหัวมัน เพื่อล้างเอาเศษดินที่ยังติดอยู่กับหัวมันออกไปกับน้ำ

2. การโม้หัวมันสำปะหลัง มันสำปะหลังจะถูกลำเลียงเข้าสู่เครื่องสับหัวมันให้หัวมันมีขนาดเล็กกลง ในระหว่างการโม้มีการเติมน้ำเพื่อให้สามารถโม้หัวมันได้ง่าย ในขั้นตอนนี้จะได้ของเหลวข้นที่มีส่วนผสมของแป้ง น้ำ กากมัน และสิ่งเจือปนต่างๆ

3. การสกัดแป้ง ของเหลวข้นจากเครื่องโม้จะถูกปั๊มเข้าสู่เครื่องแยกน้ำทิ้งที่มีโปรตีนและไขมันออกจากเนื้อแป้ง แล้วน้ำแป้งที่ได้จะเข้าสู่หน่วยสกัดแป้ง โดยจะถูกปั๊มเข้าสู่เครื่องสกัดแป้งซึ่งเป็นเครื่องแยกน้ำแป้งออกจากเส้นใยและกาก โดยเครื่องนี้จะแบ่งหน้าที่ตามการกรองออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดสกัดหยาบ และชุดสกัดละเอียด ซึ่งน้ำแป้งจะผ่านชุดสกัดหยาบก่อนเพื่อแยกกากหยาบออก แล้วจึงเข้าสู่ชุดสกัดละเอียดเพื่อทำให้บริสุทธิ์ขึ้นโดยผ่านผ้ากรองที่มีขนาดเล็กกลงของเครื่องสกัดละเอียด จากนั้นน้ำแป้งที่มีความบริสุทธิ์สูงจะถูกสูบจากถังพักมายังเครื่องสไลด์แห้ง ซึ่งจะเหวี่ยงแยกน้ำออกจากน้ำแป้งให้ได้แป้งหมาดที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 35-40

4. การอบแห้ง แป้งหมาดจะถูกเป่าด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 180-200 องศาเซลเซียสจากเตาเผาขึ้นไปบนปล่องอบแห้ง แล้วตกลงมาเข้าสู่ไซโคลสความร้อนทำให้ความชื้นหายไปบางส่วน

5. การบรรจุ และเก็บรักษา ทำได้โดยการบรรจุแป้งที่ได้ในกระสอบ แล้วเรียงกระสอบบนที่รองรับเป็นชั้นๆ โดยพยายามหลีกเลี่ยงการทับซ้อนกันถึง 4-5 เมตร

แป้งมันสำปะหลังถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้หลายประเภท ได้แก่

1. สารให้ความหวาน มี 5 ประเภท คือ ไฮฟรักโตส กลูโคส เด็กซ์โตรส โมโนไฮเดรต เด็กซ์โตรสแอนไฮเดรต และซอพิทอล ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมยาสีฟัน เป็นต้น

2. อุตสาหกรรมกระดาษ ในการผลิตกระดาษจะต้องใช้แป้งผสมน้ำพ่นเป็นฝอยลงบนเยื่อกระดาษเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับผิวกระดาษ ทำให้เวลาพิมพ์ลาย ผิวกระดาษจะไม่หลุดง่าย นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มน้ำหนักกระดาษ ความขาว และทำให้ผิวกระดาษเป็นมันวาว โดยแป้งจะเคลือบอยู่ประมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักกระดาษ

3. อุตสาหกรรมสิ่งทอ ใช้แป้งมันสำปะหลังในกระบวนการผลิตได้ 3 ขั้นตอน คือ

- ขั้นตอนการเตรียมด้าย ซึ่งด้ายที่ใช้สำหรับทอต้องผ่านการชุบแป้งก่อนเพื่อให้ด้ายลื่น และไม่มีขนเวลาทอ ทั้งยังมีความยืดหยุ่นดีขึ้น ด้ายที่ต้องผ่านการชุบแป้ง คือ ด้ายแนวยืนสำหรับแป้งที่ใช้เป็นประเภท oxidized starches acetylates และ hydroxyethyl starches

- ในงานพิมพ์ผ้าต่างๆ แป้งถูกใช้เพื่อทำหน้าที่เพิ่มความสม่ำเสมอของสีที่พิมพ์ และป้องกันการเปรอะเปื้อนของผ้าพิมพ์ในขณะที่พิมพ์และ หลังจากพิมพ์เสร็จ สำหรับแป้งที่ใช้เป็นประเภท pregelatinized starch ether และแป้งดัดแปรอื่นๆ

- ขั้นสุดท้าย ซึ่งต้องมีการใช้แป้งเพื่อความเงางามและคงทนของเนื้อผ้า แต่เมื่อมีการใช้ยาสีเคราะห้มากขึ้น การใช้แป้งเพื่อเปลี่ยนรูปร่างและเพิ่มความทนทาน เริ่มลดความสำคัญลง

4. อุตสาหกรรมกาว แป้งมันสำปะหลังใช้ในการทำกาว (เดกซ์ตริน)ซึ่ง คือแป้งผสมสารเคมีต่างๆ สามารถใช้ในหลายอุตสาหกรรม คือ อุตสาหกรรมสิ่งทอใช้เคลือบเส้นด้ายแบบยืน การย้อมผ้า อุตสาหกรรมกระดาษเพื่อเพิ่มความเหนียวและช่วยให้หมึกติดง่ายขึ้น และอุตสาหกรรมไม้อัด ที่ใช้กาวในการประกบไม้ติดกัน เป็นต้น

2.4 สารปรุงแต่งกลิ่นรส (Flavor coating)

การบริโภคอาหาร นอกจากจะบริโภคเพื่อขจัดความหิวโหยแล้ว และเพื่อความจำเป็นของร่างกายเพื่อดำรงชีวิตแล้ว ยังเลือกบริโภคเพื่อความเอร็ดอร่อยของรสชาติอาหารตามใจปากของตนเองอีกด้วย ดังนั้นรสชาติอาหารจึงจัดเป็นคุณลักษณะทางคุณภาพที่สำคัญของอาหารประการหนึ่งที่ผู้บริโภคต้องการ และมีอิทธิพลต่อจิตประสาทในการยอมรับอย่างมาก คำตอบของผู้คนส่วนใหญ่ที่

บอกว่าชอบหรือไม่ชอบอาหารได้นั้น มักมีสาเหตุมาจากกลิ่นรสเป็นสำคัญ ทั้งๆที่สารประกอบที่ให้กลิ่นรสในอาหารนั้น จัดว่าเป็นองค์ประกอบที่มี ปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (สายสนม, 2540) ดังนั้นการเติมสารปรุงรสแต่งกลิ่นรสไม่ว่าจากธรรมชาติ หรือ สังเคราะห์ขึ้นมาจะเป็นสิ่งที่ทำให้ขนมขบเคี้ยวนั้นน่ารับประทานยิ่งขึ้น แม้ว่าสารปรุงแต่งกลิ่นรสจะไม่ใช่ว่ามีส่วนผสมหลักในการผลิตขนมขบเคี้ยว แต่ก็มีผลต่อลักษณะปรากฏ และรสชาติของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ได้มีการให้คำจำกัดความของสารที่ใช้ในการปรุงแต่งกลิ่นรสว่าเป็น สารที่เติมลงไปในการอาหาร ยา หรือ ผลิตภัณฑ์อื่นๆที่บริโภคเข้าไปในปาก โดยมีจุดประสงค์อย่างเด่นชัดเพื่อที่จะทำให้เกิดกลิ่นรสขึ้นในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปนั้น (ศิริรินทร์, 2536) นอกจากนี้สารปรุงแต่งกลิ่นรสยังหมายถึงสารประกอบที่ตามปกติแล้วจะไม่นำมาใช้เป็นอาหารบริโภคโดยตรง และไม่ใช่ว่าเป็นส่วนประกอบหลักในผลิตภัณฑ์อาหารไม่ว่าสารนั้นจะมีคุณค่าทางโภชนาการหรือไม่ก็ตาม จะนำมาเติมลงในอาหารเพื่อจุดประสงค์ทางด้านเทคนิคของการผลิต การแปรรูป หรือการปฏิบัติการใดก็ตาม ที่ส่งผลต่อคุณลักษณะด้านกลิ่น หรือรสชาติ หรือทั้งให้กลิ่นและรสชาติในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆอย่างปลอดภัย และได้รับอนุญาตให้ใช้ในประเทศนั้น (สายสนม, 2540) กลิ่นรสที่นิยมนำมาเคลือบ ขนมขบเคี้ยวมีหลายชนิด คือ กลิ่นรสบาร์บิคิว กลิ่นรสเนื้อ กลิ่นรสชีส กลิ่นรสแฮม กลิ่นรสเบคอน กลิ่นรสควีน กลิ่นรสพิซซ่า กลิ่นรสหัวหอม กลิ่นรสไก่ กลิ่นรสกระเทียม กลิ่นรสพริกหยวก กลิ่นรสคาราเมล กลิ่นรสเนยถั่ว กลิ่นรสวานิลลา กลิ่นรสช็อคโกแลต กลิ่นรสชีสชีว และอื่นๆ

ขนมขบเคี้ยว

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวหรืออาหารว่างเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันทั่วไปในระหว่างมือของอาหารและความนิยมดังกล่าวได้มีเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีหลากหลายรูปแบบซึ่งผลิตจากวัตถุดิบและใช้กรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันไป จากความนิยมในการบริโภคขนมขบเคี้ยวที่เพิ่มมากขึ้นบวกกับความเจริญของเทคโนโลยีจึงทำให้มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงการผลิตจากระดับครัวเรือนมาเป็นระดับอุตสาหกรรมซึ่งทำให้ชนิดและรูปแบบของผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายมากขึ้น รวมทั้งการแข่งขันทางการตลาดก็สูงขึ้นด้วย

จากการรวบรวมความหมายของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว (snack) หรือ อาหารขบเคี้ยว(snack food) ของ Tettweiler (1991) สรุปได้ว่า ขนมขบเคี้ยวควรมีลักษณะพื้นฐานดังนี้ มีลักษณะรูปร่างขนาดเล็ก อาจเป็นของหวานหรือของเค็ม โดยที่ผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการแปรรูปมาแล้วพร้อมบริโภคได้ทันที หรือมีการเตรียมเพียงเล็กน้อยบริโภคขณะร้อนหรือเย็นในรูปของแข็งหรือของเหลวก็ได้ใช้รับประทานเป็นอาหารว่างหรือโอกาสต่างๆ ตามที่ผู้บริโภคต้องการ ซึ่งจะก่อให้เกิดความพึงพอใจและประทับใจความหิวในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ได้ ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นาน 6 สัปดาห์ โดยไม่ต้องอาศัยความเย็น นอกจากอาหารที่ประกอบภายในครัวเรือนแล้วอาหารขบเคี้ยวส่วนใหญ่ยังมีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

ขนมขบเคี้ยวมีการพัฒนารูปแบบและรสชาติใหม่ๆ ออกสู่ตลาดอยู่ตลอดเวลา เพื่อขยายฐานการตลาดให้กว้างขวางขึ้น เนื่องจากสภาพการแข่งขันในปัจจุบันที่รุนแรง ภาวะการตลาดของขนมขบเคี้ยวภายในประเทศ และต่างประเทศ มีดังต่อไปนี้

2.1 การตลาดของขนมขบเคี้ยวภายในประเทศ

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวในประเทศไทยมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งบริษัทศูนย์วิจัยไทยพาณิชย์ จำกัด ได้จำแนกประเภทของขนมขบเคี้ยวที่มีในตลาดส่วนใหญ่เป็น 7 ประเภทหลัก ได้แก่

2.1.1 มันฝรั่งทอด / อบเนย ทั้งชนิดแผ่นและแท่ง (stick)

2.1.2 ปลาเส้น ปลาแผ่น ปูรสรต่างๆ

2.1.3 ขนมขึ้นรูป ได้แก่ ขนมอบกรอบที่ผลิตจากวัตถุดิบประเภทแป้ง อาทิ แป้งข้าวโพดและส่วนผสมอื่น ขึ้นรูปเพื่อให้มีรูปร่างต่างๆ กัน

2.1.4 ถั่วประเภทต่างๆ

2.1.5 ข้าวเกรียบ (กึ่ง ปลา และอื่นๆ)

2.1.6 ข้าวโพดอบเนย

2.1.7 ปลาหมึกปูรสร

2.2 การตลาดของขนมขบเคี้ยวในต่างประเทศ

สำหรับการตลาดของขนมขบเคี้ยวในต่างประเทศ Hilliam (2001) กล่าวถึงตลาดของขนมขบเคี้ยวในประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น บางประเทศในทวีปยุโรป และ อังกฤษ ดังนี้

2.2.1 ตลาดขนมขบเคี้ยวของประเทศสหรัฐอเมริกามีการพัฒนาไปในหลายๆ ด้านในประเทศสหรัฐอเมริกามีการบริโภคขนมขบเคี้ยวกันมากขึ้นและทำให้ชาวอเมริกันได้รับพลังงานถึงร้อยละ 30 ของอาหารที่บริโภคต่อวัน จุดเด่นของตลาดอยู่ที่การพัฒนากลิ่นรส ดังนั้นบริษัทผู้ผลิตต่างๆ จึงจำเป็นต้องค้นหาหรือพัฒนากลิ่นรสใหม่ๆ เพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค นอกจากความหลากหลายในเรื่องของกลิ่นรสแล้ว ยังมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ เรียกว่า chip and dip ด้วย โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะประกอบด้วยขนมขบเคี้ยวชนิดแผ่นกรอบและน้ำจิ้มที่อยู่ในถ้วยที่ปิดสนิทบรรจุรวมกันเป็นแพ็คในภาชนะบรรจุ

กรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยว

ในปัจจุบันมีการผลิตขนมขบเคี้ยวได้หลายวิธีซึ่ง Blenford (1982) ได้แบ่งกรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวทั่วไปเป็น 7 วิธี คือ การทอด (frying) การย่าง (roasting) การพองตัว (expanding) การทำให้อยู่ในรูปผงที่ละลายได้ทันที (instanting) เอ็กซ์ทรูชัน (extrusion) การอบ (baking) และการหมัก (fermentation) ส่วน Reilly and Man (1989) ได้แบ่งขนมขบเคี้ยวออกเป็น 4 กลุ่ม ตามกลุ่มเทคโนโลยีที่ใช้ในการการแปรรูปผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 คือ Deep-fat fried กลุ่มนี้ได้แก่ มันฝรั่งทอดกรอบ และมันฝรั่งแท่ง และถือได้ว่าเป็นธุรกิจส่วนใหญ่ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

กลุ่มที่ 2 คือ Quick fried แผ่นเพลเลต (pellet) มีการทำให้สุกบางส่วน ซึ่งได้จากมันฝรั่งแป้ง มันฝรั่ง และ/หรือธัญชาติอื่นๆ นำมาทอดที่อุณหภูมิสูง (เช่น ประมาณ 200 องศาเซลเซียส) เป็นเวลาสั้นๆ (10 -15 วินาที) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความพองและเนื้อสัมผัสเบา

กลุ่มที่ 3 คือ Extrusion Cooked ส่วนผสมของมันฝรั่งและธัญชาติอื่นๆ ที่อยู่ในลักษณะเป็นผงนำไปเอ็กซ์ทรูดผ่านหัวใดของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่อุณหภูมิและความดันสูง เพื่อให้ได้เอ็กซ์ทรูเดตที่ทำให้พองด้วยการทอดในภายหลัง จากนั้นทำการเคลือบด้วยน้ำมันและกลีรอส ผลิตภัณฑ์ที่วางขายในตลาดเป็นจำนวนมากอยู่ในกลุ่มนี้ และสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปร่าง ลักษณะเนื้อสัมผัส และกลีรอสแตกต่างกัน

กลุ่มที่ 4 คือ Roasted ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้มักเป็นพวกถั่วต่างๆ (nuts) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปถั่วลิสงคั่ว

งานวิจัยนี้เลือกใช้การผลิตโดยใช้กระบวนการทอดซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมระดับครัวเรือนได้ ซึ่งจะอธิบายเกี่ยวกับเรื่องของการทอดแบบน้ำมันท่วมขึ้นอาหารน้ำมันหรือไขมันที่ใช้ในการทอด และปัจจัยที่ส่งผลต่อขนมขบเคี้ยวดังนี้

1. การทอดแบบน้ำมันท่วมขึ้นอาหาร (deep-fat frying)

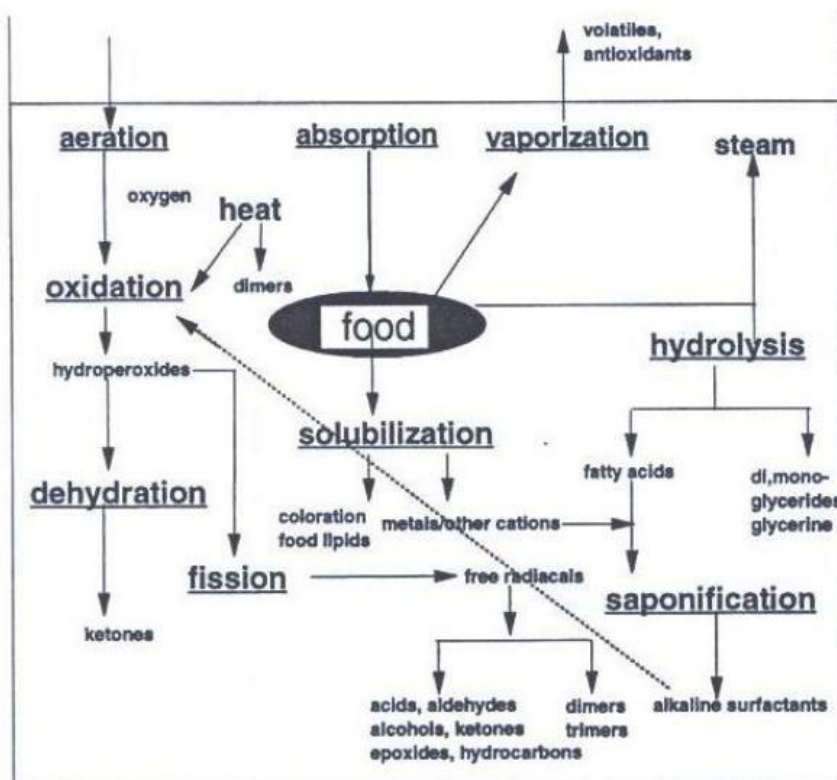
การทอดแบบน้ำมันท่วมขึ้นอาหารหรือ deep-fat frying เป็นกรรมวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารและขนมขบเคี้ยวที่ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในระดับครัวเรือนและระดับอุตสาหกรรม ในการทอดแบบ deep-fat frying อาหารจะจมอยู่ในน้ำมันหรือไขมันที่มีอุณหภูมิสูง โดย Moreira *et al.* (1999) กล่าวว่าน้ำมันขณะทอดส่วนใหญ่จะมีอุณหภูมิ 150 – 190 องศาเซลเซียส ความร้อนจากน้ำมันจะทำให้ น้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ระเหยเป็นไอ และเคลื่อนออกมาที่ผิวของผลิตภัณฑ์ และออกไปยังผิวหน้าของน้ำมัน ขณะเดียวกันน้ำมันก็จะถูกดูดซับเข้าไปในผลิตภัณฑ์ ด้วยการแทนที่น้ำที่ระเหยออกไปกลายเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นคุณภาพของน้ำมันหรือไขมันที่ใช้ในการทอดจึงมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการทอด

2. น้ำมันและไขมันที่ใช้ในการทอด

กรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวแบบทอด (deep fat frying) นั้นน้ำมันที่ใช้ในการทอดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากน้ำมันที่ใช้เป็นชอร์ตเทนนิ่ง (shortening) หรือใช้ในการเคลือบ (coating) คือจะต้องมีจุดเกิดควัน (smoking point) ที่สูง และมีความคงตัวต่อการเกิดไฮโดรไลซิส (hydrolysis) และการเกิดออกซิเดชัน (oxidation) ที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Matz, 1991) ในงานวิจัยนี้ได้เลือกน้ำมันปาล์มมาใช้ในการกระบวนการทอด โดยน้ำมันปาล์มมีคุณสมบัติที่ดีดังที่กล่าวต่อไปนี้

น้ำมันปาล์ม (palm oil) เป็นน้ำมันที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เนื่องจากไม่มีกลิ่นที่อุณหภูมิห้อง มีการคงทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูงและมีคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากมี

องค์ประกอบของกรดไขมัน (ร้อยละ 50 unsaturated no trans acid) ราคาถูก และมีสีที่ดี (favorable light) เมื่อเทียบกับน้ำมันชนิดอื่นๆ สมบัติในการทอดที่ดีของน้ำมันปาล์ม คือ มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปานกลาง มี linolenic acid และ tocopherol (380 – 890 ppm) ซึ่งเป็นสารกันหืนธรรมชาติทำให้น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่มีประสิทธิภาพ (Hui, 1996) ในระหว่างกระบวนการทอดน้ำมันจะเกิดการเสื่อมเสีย และมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ซับซ้อนเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันกับอาหารระหว่างการทำทอดปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทอด ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของน้ำมัน แสดงดังภาพที่ 2.3 โดยปฏิกิริยาทางเคมีหลักๆ ที่เกิดขึ้นกับน้ำมันระหว่างการทำทอดคือ 1) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) เป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนที่มีในอากาศกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันหรือไขมันเกิดเป็นอนุมูลเพอรอกไซด์ที่ไม่เสถียรจะสลายตัวให้สารประกอบแอลดีไฮด์ หรือคีโตน ซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้และทำให้มีกลิ่นเหม็นหืน และ 2) ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) เมื่ออาหารถูกนำไปทอดในน้ำมันที่ร้อน ไอน้ำที่ออกจากอาหารจะทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระซึ่งทำให้มีกลิ่นรสคล้ายสบู่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.6 ปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทอด

ที่มา: Moreira *et al.* (1999)

3. ปัจจัยที่มีผลต่อขนมขบเคี้ยวที่ผ่านกระบวนการทอด

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการทอดซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยว คือ สภาพในการทอด สภาพในการทอดจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะได้มากโดยการทอดจะทำให้เกิดการพองตัวของแป้ง (starch gel) ขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ การพองตัวขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่างคือ ความดัน และความต้านทาน ความดันเกิดจากการให้พลังงานเข้าไปในอาหารจะโดยวิธีใดก็ตาม เนื่องจากน้ำที่แทรกอยู่ในอาหารเกิดการขยายตัวดันให้เนื้ออาหารเป็นโพรง หรือรูพรุน เพื่อให้ความชื้นหลุดออกจากเนื้ออาหารได้ ในขณะเดียวกันก็จะเกิดแรงต้าน หรือแรงยึดไม่ให้น้ำขยายตัวหรือหลุดไป ถ้าใช้พลังงานพอเหมาะจะทำให้เกิดความดันเท่ากับ ความต้านทาน การพองตัวที่ได้จะมีการพองตัวสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นอาหาร ทำให้ความชื้นที่เหลืออยู่พอเหมาะที่จะทำให้มีความกรอบพอเหมาะพอดี มีโครงสร้างเนื้อสัมผัสดีไปด้วย แต่ถ้าความดันน้อยกว่าความต้านทาน ลักษณะเนื้อสัมผัสจะไม่ดี มีรูพรุนไม่สม่ำเสมอ ส่วนที่ไม่มีรูพรุนก็จะแข็ง

ปัจจัยในการทอดที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวมีหลายประการ เช่น คุณภาพของน้ำมัน ความชื้นเริ่มต้น อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทอด ขนาด และองค์ประกอบของอาหาร ได้แก่ อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน ปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น การดูดซับน้ำมันหรือการร่อนน้ำมันของผลิตภัณฑ์ สี และเนื้อสัมผัส เป็นต้น

3.1 คุณภาพของน้ำมัน

ในระหว่างการทอดน้ำมันจะถูกดูดซับเข้าไปในผลิตภัณฑ์ ด้วยการแทนที่น้ำที่ระเหยออกไปกลายเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นคุณภาพของน้ำมันหรือไขมันที่ใช้ในการทอดจึงมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการทอด น้ำมันที่ได้รับความร้อนเป็นเวลานานหรือใช้ทอดหลายๆ ครั้ง น้ำมันจะเกิดการเสื่อมเสียดังที่ได้กล่าวมาในข้อ 4.2 ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (Moreira *et al.*, 1999) จากการทดลองพบว่า tortilla chips ที่ทอดในน้ำมันที่ผ่านการใช้มาแล้วมีผลทำให้มีน้ำมันปริมาณมากสะสมอยู่ที่ผิวหน้าของตัวอย่างมากกว่า tortilla chips ที่ทอดในน้ำมันใหม่

3.2 อุณหภูมิ และเวลาในการทอด

สาเหตุการร่อนน้ำมันมาจากอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการทอด การทอดที่ใช้ อุณหภูมิต่ำปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ก็จะต่ำด้วย ในขณะที่การเพิ่มเวลาในการทอดจะทำให้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ขนาดของชิ้นอาหารก็มีผลต่อการร่อนน้ำมัน โดยตัวอย่างที่มีความหนาเพิ่มขึ้น การร่อนน้ำมันจะลดลง ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองของ Krokida *et al.* (2000) ซึ่งได้ศึกษาผลของอุณหภูมิ เวลาที่ใช้ในการทอด และขนาดของชิ้นมันฝรั่งที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมันระหว่างกระบวนการทอด พบว่าปริมาณน้ำมันจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทอด ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำมันจะเกิดขึ้นในช่วง 10 วินาที แรกของการทอด หลังจากนั้นเมื่อ

ทอดต่อไปปริมาณน้ำมันก็จะคงที่ และพบว่าการใช้อุณหภูมิในการทอดสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการดูดซับน้ำมันได้มากกว่าการทอดที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ชั้นมันฝรั่งที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร จะมีการดูดซับน้ำมันได้มากกว่าชั้นมันฝรั่งที่มีความหนา 10 และ 15 มิลลิเมตร ตามลำดับอุณหภูมิ และเวลาในการทอด นอกจากจะเป็นสาเหตุของการอมน้ำมันแล้ว ยังมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ด้วย จากการศึกษาของ Krokida *et al.* (2001) พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิในการทอดสูง (190 องศาเซลเซียส) จะทำให้ค่าความสว่าง (lightness) มีค่าต่ำกว่าการใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำ (150 และ 170 องศาเซลเซียส) ในขณะที่ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) มีค่าสูงกว่า และพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทอดจะทำให้ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) มีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าความสว่างจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรกหลังจากนั้นจะคงที่ นอกจากนี้ Moreira *et al.* (1999) กล่าวว่า เฟรนฟรายด์แช่แข็งที่ใช้ระยะเวลาในการทอดนานเกินไปจะทำให้มีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้นและไม่เป็นที่ยอมรับ

3.3 ความชื้นเริ่มต้น

ความชื้นของส่วนผสมของวัตถุดิบมีผลต่อความหนาแน่นของขนมขบเคี้ยว การเกิดเจลของแป้งและการพองตัว ความชื้นได้จากน้ำที่ใช้เป็นส่วนผสม และน้ำจากองค์ประกอบของวัตถุดิบจะมีผลต่อการแตกตัวของเม็ดแป้งมากซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Hnat *et al.*, 1997) ถ้าใช้น้ำมากเกินไปเม็ดแป้งจะแตกตัวมากให้เจลที่เหนียว ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้ปริมาณน้ำน้อยเกินไปแป้งจะพองตัวน้อยไม่สุกและจะไม่เกิดเจลมากนัก เมื่อนำไปทอดจะไม่พองตัว โดยแป้งชนิดต่างๆ มีความสามารถในการพองตัว และการดูดน้ำไม่เท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อใส่ส่วนผสมอื่นที่มีความชื้นสูงลงไปด้วย ปริมาณน้ำที่ใช้จะลดลงแต่จะลดลงเท่าใดขึ้นอยู่กับชนิดของส่วนผสมนั้น ความชื้นเริ่มต้นมีผลต่อการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ ดังจะเห็นได้จากการทดลองของ Moreira *et al.* (1997) ที่ศึกษาปัจจัยในการเพิ่มขึ้นของน้ำมันในผลิตภัณฑ์ tortilla chips ในกระบวนการทอดแบบ deep-fat frying โดยศึกษาสภาวะที่แตกต่างกันในการทอด พบว่าตัวอย่างมีความชื้นเริ่มต้นที่สูงจะมีการดูดซับน้ำมันปริมาณสูงด้วย และพบว่าปริมาณน้ำมันสุดท้ายกับปริมาณน้ำที่เคลื่อนที่ออกจากตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด

3.4 ขนาดของชิ้นอาหาร

ขนาดของชิ้นอาหารที่มีขนาดเล็กมีแนวโน้มที่จะอมน้ำมันได้สูง ซึ่งจะเห็นได้จากผลการทดลองของ Moreira *et al.* (1997) ที่ศึกษาปัจจัยในการเพิ่มขึ้นของน้ำมันในผลิตภัณฑ์ tortilla chips ในกระบวนการทอดแบบ deep-fat frying พบว่าขนาดของตัวอย่างมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างที่มีขนาดเล็กจะมีการดูดซับน้ำมันปริมาณสูง และให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับ Krokida *et al.* (2000) ซึ่งได้ศึกษาผลของขนาดของชั้นมันฝรั่งต่อการดูดซับน้ำมัน พบว่า ชั้นมันฝรั่งที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร จะมีการดูดซับน้ำมันได้มากกว่า ชั้นมันฝรั่งที่มีความหนา 10 และ 15 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขนาดของชิ้นอาหารนอกจากจะมีผลต่อการดูดซับน้ำมันแล้วยังมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ด้วย จากการทดลองของ Krokida *et al.* (2001) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิ และ

ระยะเวลาในการทอดที่เท่ากัน มันฝรั่งที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร จะมีค่าความสว่างน้อยกว่ามันฝรั่งที่มีความหนา 10 และ 15 มิลลิเมตร แต่มีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) สูงกว่า

3.5 อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน

อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกตินมีผลต่ออัตราการพองตัวโดยปริมาตรและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว กล่าวคืออะไมโลเพกตินจะช่วยให้พองตัว มีน้ำหนักเบา ส่วนอะไมโลสถ้ามีมากจะลดการพองตัว หรือทำให้ปริมาตรจำเพาะลดลง แต่จะไปลดน้ำมันระหว่างทอด ดังนั้นผลิตภัณฑ์อาหารว่างแต่ละชนิดจะต้องมีปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกตินในแบ่งในอัตราส่วนที่เหมาะสมแตกต่างกันไป แบ่งที่มีอะไมโลสร้อยละ 5 – 20 จะให้คุณสมบัติตามต้องการ คือมีการพองตัวดี แต่ไม่ดูดซับน้ำมันมากเกินไป ในกรณีที่วัตถุดิบมีปริมาณอะไมโลสมากกว่าร้อยละ 50 นฤตม (2528) กล่าวว่าจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแน่นพองตัวได้ยาก แข็งกรอบ และมีความกรอบอยู่ได้นาน ถ้าเม็ดแบ่งที่มีอะไมโลเพกตินสูง การแตกตัวจะเป็นไปอย่างง่ายตายให้เจลที่เหนอะหนะและยืดออกได้ดี เมื่อนำไปทอด ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจะพองตัวออกได้มาก แต่เก็บได้ไม่นานเมื่อสัมผัสกับอากาศจะอ่อนตัว ไม่กรอบ และยังมีผลถึงการดูดซับน้ำมันในการทอดด้วยคือการพองตัวยิ่งมากการดูดน้ำมันจะเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ Chinnaswamy and Hanna (1988) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะไมโลสร้อยละ 0 – 70) กับคุณสมบัติในการพองตัวของสตาร์ช ข้าวโพดในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน ผลการศึกษาพบว่าอัตราการพองตัวของสตาร์ชจะเพิ่มขึ้นจาก 8 เป็น 16.4 เมื่อปริมาณอะไมโลสเพิ่มจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 50 (โดยน้ำหนักแห้ง) หลังจากนั้นอัตราการพองตัวจะลดลง และนอกจากนี้ปริมาณอะไมโลสที่สูงขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นลดลง ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้น

คุณภาพและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

1. คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

ปัจจัยที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของอาหารมีหลายประการ โดย Bourne (1982) ได้กล่าวถึงปัจจัยคุณภาพที่สำคัญของอาหาร ดังนี้ คือ 1) ลักษณะปรากฏ รวมถึง สี รูปร่าง ความมันวาว และอื่น ๆ 2) กลิ่นรส รวมถึงรสชาติ และกลิ่น 3) เนื้อสัมผัส และ 4) คุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส เกี่ยวข้องกับปัจจัยการยอมรับทางประสาทสัมผัส เนื่องจากสามารถรับรู้ได้โดยตรงด้วยการสัมผัส ในขณะที่คุณค่าทางโภชนาการไม่สามารถอธิบายได้ด้วยประสาทสัมผัส โดยทั่วไปโรงงานจะควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารทอดโดยใช้ลักษณะปรากฏและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งคุณลักษณะของคุณภาพดังกล่าวสามารถตรวจสอบได้ด้วยการวัดคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่มีความสัมพันธ์กัน คุณสมบัติที่ใช้ในการตรวจวัดคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์อาหารทอดประกอบด้วย 1) ปริมาณความชื้นทั้งหมด 2) สี 3) ปริมาณน้ำมัน 4) กลิ่นรส 5) เนื้อสัมผัส 6) ปริมาณผลผลิตที่ได้ 7) คุณค่าทางโภชนาการ 8) ความคงตัวของอายุการเก็บ ซึ่งผู้บริโภค หรือโรงงานผู้ผลิตอาหารทอดจะคำนึงถึงคุณลักษณะคุณภาพที่แตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์ เช่น

ผู้บริโภคมันฝรั่งทอดกรอบ ชอบผลิตภัณฑ์ที่ความกรอบ มีผิวสีทอง (เหลือง) และไม่อมน้ำมัน ดังนั้นคุณภาพที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญคือข้อที่ 2, 3, 4 และ 5 ในขณะที่ผู้ผลิตจะให้ความสำคัญกับผลผลิตที่ได้ และความคงตัวของกลิ่นรสขณะเก็บรักษา (ข้อ 6 และ 8) “เนื้อสัมผัส” เป็นลักษณะที่สำคัญที่จะบ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเภททอดหรือขนมขบเคี้ยว ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสจะประกอบด้วยการรับรู้ทางกายภาพต่างๆ หรือกลุ่มของลักษณะทางกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นผลมาจากโครงสร้างขององค์ประกอบของอาหาร ซึ่งรับรู้ได้ด้วยการสัมผัส และมีความสัมพันธ์กับการเสีรูปร่าง การทำให้แตกหัก และการไหลของอาหารภายใต้แรง ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้สามารถวัดค่าได้ด้วยเทอมของมวล เวลา และระยะทาง โดยวิธีการที่ใช้วัดค่าเนื้อสัมผัสสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีใหญ่ๆ คือ 1) วิธีการวัดค่าพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ (fundamental measurement) 2) วิธีการประยุกต์ (empirical measurement) และ 3) วิธีการเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ (imitative measurement) ลักษณะเนื้อสัมผัสที่สำคัญที่สุดที่จะบ่งบอกถึงคุณภาพของขนมขบเคี้ยวคือความกรอบ โดย Moreira *et al.* (1999) กล่าวว่าขนมขบเคี้ยวจะมีคุณภาพที่ดี และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เมื่อลักษณะเนื้อสัมผัสแน่นและกรอบ ความกรอบเป็นสิ่งที่สำคัญมากเพราะจะนำไปสู่ความพอใจเมื่อได้บริโภค และจะส่งผลให้เกิดการบริโภคในครั้งต่อไป โดยอาหารที่กรอบจะต้องเนื้อแน่น และแตกง่ายทันทีที่ทำให้ผิวดูโปร่ง และเกิดเสียงเมื่อเคี้ยว (crunchy sound) การวัดค่าความกรอบมีหลายวิธี เช่น วิธีการประเมินทางประสาทสัมผัส การวัดค่าทางกล และวิธีการบันทึกคลื่นเสียงเป็นต้น สำหรับการบ่งบอกความกรอบของผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคการประเมินทางประสาทสัมผัสนั้น Roudaut *et al.* (2002) กล่าวว่าโดยทั่วไปจะประเมินโดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวนมาก ประมาณ 20 – 50 คน วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก นอกจากนี้อีกเทคนิคหนึ่งคือ การประเมินโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนซึ่งจะมีผู้ที่ทดสอบประมาณ 10 คน

2. การเสื่อมเสียคุณภาพของขนมขบเคี้ยว

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ผลิตได้เมื่อเก็บไว้ระยะเวลาหนึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ กระบวนการเสื่อมเสียหลัก 2 กระบวนการที่อาจเกิดขึ้นพร้อมกันคือ การสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัสเนื่องจากการดูดซับความชื้น และอีกกระบวนการหนึ่งคือการเกิดกลิ่นเหม็นหืนซึ่งต้องการออกซิเจนและอาจเกิดจากแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

3. การเสื่อมเสียคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยว

โครงสร้างและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของอาหารไว้ คือ องค์ประกอบของอาหารเป็นสารประเภทไบโอพอลิเมอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ เป็นสารที่มีโครงสร้างที่เป็นระเบียบ (crystalline structure) และโครงสร้างไม่มีระเบียบ (amorphous structure) โครงสร้างทั้ง 2 นี้สามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้ตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและระดับความชื้น เมื่ออุณหภูมิของอาหารอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (T_g) อาหารจะเปราะและแตกง่าย T_g เป็นอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลของวัสดุซึ่งเป็นของแข็งซึ่งมีความ

หนืดสูงมากคล้ายแก้ว (glass) หรือมีค่ามอดุลัสสูง เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงและยืดหยุ่นมากขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุให้สูงกว่า T_g วัสดุจะยังเป็นของแข็งที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่ายขึ้น แต่ไม่สามารถไหลได้เหมือนของเหลว มีลักษณะเหนียวคล้ายหนังหรือเป็นยาง (rubbery) และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุจนกระทั่งสูงกว่าอุณหภูมิหลอมเหลว (T_m) วัสดุจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับของเหลว (liquid like) เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงลดลง ดังนั้นหากปล่อยให้อาหารมีความชื้นเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาจะทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป

ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยว คือ ความชื้น และค่า water activity (a_w) โดยค่า a_w มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของอาหาร ความสัมพันธ์ระหว่างค่า a_w หรือปริมาณความชื้น และคุณสมบัติทางกล หรือลักษณะเนื้อสัมผัสของวัสดุอาหารมีความซับซ้อนมาก นอกจากนี้ น้ำจะมีคุณสมบัติในการเป็น plasticizer แล้ว Chang *et al.* (2000) ยังกล่าวว่ามีเหตุผลที่เป็นไปได้ว่าน้ำสามารถทำหน้าที่ได้ทั้ง plasticizer หรือ nonplasticizer ก็ได้ในระบบพอลิเมอร์ของอาหารที่มีความชื้นต่ำ Moreira *et al.* (1999) กล่าวว่า ปริมาณความชื้น (moisture content) มีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวโดยทำให้โครงสร้าง starch/protein matrix เกิดพลาสติกไซซิง (plasticizing) และนั่น ทำให้แรงกลของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป ความกรอบลดลง ฉะนั้นจะมีความกรอบเมื่ออยู่ในสภาวะกระจก (glassy state) แต่การเกิดพลาสติกไซเซชัน (plasticization) จากปริมาณน้ำหรืออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จะทำให้วัสดุเปลี่ยนสถานะเป็นรับเบอรี (rubbery state) ซึ่งเป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะชื้น ไม่กรอบ (soggy) Kate and Labuza (1981) ได้ทำ การศึกษาความกรอบของขนมขบเคี้ยวโดยทั่วไปที่ทำจากแป้ง โดยทดสอบด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส และการใช้เครื่องมือ พบว่าความกรอบจะลดลงเมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้น และผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะไม่ถูกยอมรับเมื่อมีค่า a_w 0.35 - 0.5

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิชัย หฤทัยธนาสันต์และคณะ (2544) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ ถั่วลิสง และปลากระตัก มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับปลายข้าวหอมมะลิ และถั่วลิสง เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของขนมขบเคี้ยว ผลการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายพบว่า ผู้บริโภคต้องการให้ขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ ถั่วลิสงและปลากระตักมีโทนสีน้ำตาล แท่งของปลายข้าวหอมมะลิกว้างยาว 1.5 เซนติเมตร มีรสชาติเค็ม หวาน แต่รสเค็มนำ และมีรสเผ็ดบ้างเล็กน้อยให้ปรุงแต่งกลิ่นรสกุ้ง และบรรจุในซองอะลูมิเนียมฟอยล์ ขนาด 50 กรัม ทำการผลิตปลายข้าวหอมมะลิทอดกรอบโดยใช้อัตราส่วนของปลายข้าวหอมมะลิและเนื้อฟักทองอบแห้งทอด ถั่วลิสงทอดกรอบใช้ถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ส่วนปลากระตักทอดกรอบเตรียมได้โดยนำปลากระตักไปแช่น้ำเพื่อลดความเค็มให้มีปริมาณเกลือร้อยละ 2 อบแห้ง ทอด ผสมผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

ตามสูตรที่ได้จากโปรแกรมเชิงเส้นตรงประกอบด้วยปลายข้าวหอมมะลิทอดกรอบร้อยละ 40 ถั่วลิสงทอดกรอบร้อยละ 34 และปลากระตักทอดกรอบร้อยละ 20 กลิ่นรสกุ้งร้อยละ 6 ผลิตรสที่มีค่า $aw = 0.26$ โปรตีนร้อยละ 26.40 และแคลเซียม 160 mg/100 กรัม ผลการทดสอบผู้บริโภค 150 คนพบว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ในระดับชอบปานกลาง

สัมพันธ์ รอดศรี (2547) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะแคลเซียมซึ่งมีมากในงาดำ และวิตามินเอในแป้งมันเทศ รวมถึงเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับปลายข้าวหอมมะลิ จากการทดลองพบว่าสูตรที่เหมาะสมของขนมขบเคี้ยวจากแป้งปลายข้าวหอมมะลิผสมแป้งมันเทศและงาดำหนึ่งหน่วยบริโภคประกอบด้วยแป้งปลายข้าวหอมมะลิ 21.28 กรัม แป้งมันเทศ 18.77 กรัม งาดำอบป่น 4.68 กรัม พริกไทย 0.55 กรัมเกลือ 1.38 กรัม น้ำตาล 0.38 กรัม กลิ่นรสกระเทียม 2.89 กรัม และน้ำ 52 กรัม นำมาผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยนำส่วนผสมทั้งหมดใส่อ่างเครื่องตีผสม ตีผสมด้วยความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 2 นาที เปลี่ยนความเร็วที่ระดับ 5 เป็นเวลา 3 นาที รีดเป็นแผ่น นึ่งในน้ำเดือด 5 นาทีพักให้เย็น 1 ชั่วโมง กดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 2.5×2.5 เซนติเมตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง ทอดที่ 190 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ขนมขบเคี้ยวที่ได้จะมีสีเหลืองออกขาว มีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 75.01 7.89 และ 26.41 ตามลำดับค่า Water activity 0.27 อัตราการพองตัว 4.24 เท่า ค่าความกรอบ 12.30 นิวตัน คุณภาพทางเคมีจะมีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เกล็ด และคาร์โบไฮเดรต 0.93 0.70 5.71 0.82 0.73 และ 21.08 ตามลำดับ มีวิตามินเอ 1.97 ไมโครกรัม แคลเซียม 82.45 มิลลิกรัมหรือร้อยละ 0.24 และ 10.30 ของ Thai RDI ตามลำดับ และให้พลังงาน 138.57 กิโลแคลอรีต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและรำน้อยกว่า 10^6 โคโลนีต่อกรัม จากการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 150 คน ด้วยวิธี CLT พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับปานกลาง ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บได้นานกว่า 8 สัปดาห์โดยบรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และผลิตภัณฑ์มีต้นทุนการผลิต 3 บาทต่อหนึ่งหน่วยบริโภคต่อถุง

นฤมลและศศิธร (2550) ได้ทำการศึกษาผลของการแปรรูปต่อคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันของตัวอย่างบัวบกอบแห้ง, น้ำชาบัวบก, น้ำบัวบกพาสเจอร์ไรส์ และบัวบกผงขงดื่ม พบว่าเมื่อตรวจสอบคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี Total phenol assay, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity assay และ 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzo-6-thiazoline-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging activity assay พบว่า บัวบกอบแห้งมีคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด รองลงมา คือ บัวบกทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง , บัวบกทำแห้งแบบพ่นฝอย, น้ำชาบัวบก และน้ำบัวบกพาสเจอร์ไรส์ ตามลำดับ และเมื่อวัดคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay พบว่าน้ำชามี

คุณสมบัติการต้านออกซิเดชันทั้งหมดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p < 0.05$) รองลงมาคือบัวบก ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง, บัวบกทำแห้งแบบพ่นฝอย และน้ำบัวบกพาสเจอร์ไรส์ ตามลำดับและเมื่อ สกัดแยกส่วนที่เป็น hydrophilic และ lipophilic ในตัวอย่างบัวบกทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และ บัวบกอบแห้งพบว่าส่วนใหญ่สารสกัด hydrophilic มีคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันสูงกว่าสารสกัด lipophilic ของบัวบก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1 วัตถุดิบ

- 1) ปลายข้าวหอมมะลิ กลุ่มวิสาหกิจเกษตรอินทรีย์เพชรบูรณ์
- 2) แป้งมันสำปะหลัง ตรา นิวเกรด
- 3) ใบบัวบก ตลาดเทศบาล3 อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์
- 4) น้ำมันปาล์ม บริษัทโอเลอิน
- 5) ผงปรุงรส โนริสาหร่าย ตราไทเซฟ

3.2 อุปกรณ์การทำขนมขบเคี้ยวบัวบก

- 1) เครื่องปั่น บริษัท PHILIPS รุ่น HR 2001
- 2) อุปกรณ์เครื่องครัว
- 3) เครื่องชั่ง บริษัท CAMRY
- 4) ถุง พี .พี หนา ตราปู
- 5) ไคมอนด์ อลูมิเนียม ฟอยล์
- 6) เครื่องรีดบะหมี่ บริษัท Atlas
- 7) ตู้อบลมร้อน (hot air oven) บริษัท memmert

3.3 เครื่องมือการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี

- 1) ชุดวิเคราะห์ปริมาณความชื้น
- 2) ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน
- 3) ชุดวิเคราะห์ปริมาณไขมัน
- 4) ชุดวิเคราะห์ปริมาณเถ้า
- 5) ชุดวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย
- 6) ชุดวิเคราะห์ปริมาณ TBA
- 7) เครื่องวัดสี ColorFlex บริษัท HunterLab
- 8) เครื่องวัด a_w บริษัท Pawkit
- 9) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง บริษัท satoriuns รุ่น Extend
- 10) ชุดวัดปริมาณการพองตัว
- 11) ชุดวัดปริมาณความหนาแน่น

3.4 เครื่องมือในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- 1) เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อแรงดันไอน้ำ บริษัท Thai victory
- 2) ตู้บ่มเชื้อ บริษัท ธเนตพัฒนา
- 3) อุปกรณ์เครื่องแก้วในการวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์

3.5 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- 1) อุปกรณ์ทดสอบ
- 2) แบบทดสอบ

3.6 สารเคมี

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1) กรดซัลฟิวริก | (H_2SO_4) (บริษัท Merck RGA) |
| 2) โพแทสเซียมซัลเฟต | (K_2SO_4) (บริษัท Merck RGA) |
| 3) คอปเปอร์ซัลเฟต | ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) (บริษัท CARLO ERBA) |
| 4) ปีโตรเลียมอีเทอร์ | (C_5H_{12}) (บริษัท RCILabscan) |
| 5) เอทิลแอลกอฮอล์ | (C_2H_5OH) (บริษัท Merck RGA) |
| 6) โซเดียมไฮดรอกไซด์ | ($NaOH$) (บริษัท Merck RGA) |
| 7) กรดไฮโดรคลอริก | (HCl) (บริษัท Merck RGA) |
| 8) ไดเอทิลอีเทอร์ | ($C_2H_5OC_2H_5$) (บริษัท Panreac) |
| 9) โซเดียมไธโอซัลเฟต | ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) (บริษัท Merck RGA) |
| 10) กรดบอริก | (H_3BO_3) (บริษัท Merck RGA) |
| 11) เมธิลเรดิอินดิเคเตอร์ | ($C_{15}H_{15}N_3O_2$, บริษัท Fluka) |
| 12) Peptone | (บริษัท Merck RGA) |
| 13) Plate count agar (PCA) | (บริษัท Merck RGA) |
| 14) Potato dextrose agar (PDA) | (บริษัท Merck RGA) |

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

ตอนที่1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ

ศึกษากระบวนการผลิตขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ

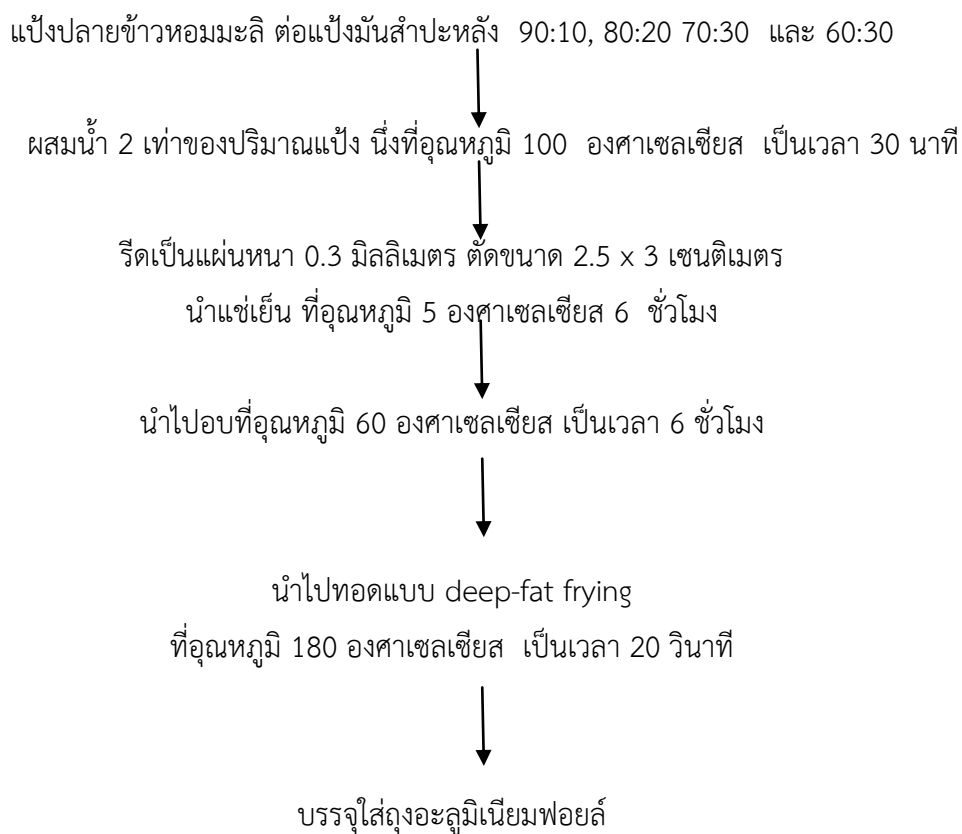
1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

แบ่งจากปลายข้าวหอมมะลิ ทำโดยการนำปลายข้าวหอมมะลิ กข 105 มาป่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าจนละเอียด จากนั้นร่อนด้วยตะแกรงร่อนแบ่งเก็บในถุง

การผลิตขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ

1.1.1 ศึกษาสัดส่วนของปลายข้าวหอมมะลิต่อแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการทำขนมขบเคี้ยว

ทำการทดลองนำแป้งข้าวปลายหอมมะลิที่เตรียมไว้ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 4 อัตราส่วน คือ 90:10, 80:20, 70:30 และ 60:30 ผสมน้ำ 2 เท่า นึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที รีดเป็นแผ่นหนา 0.3 มิลลิเมตร ตัดขนาด 2.5 x 3 เซนติเมตร นำแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที ขั้นตอนการผลิตขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ

1.1.2 ศึกษาการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-Points Hedonic Scale (1= ไม่ชอบมากที่สุด และ 9= ชอบมากที่สุด) ประเมินคุณภาพทางด้าน สี ความกรอบ ความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

2. ศึกษากระบวนการผลิตขนมขบเคี้ยวจากบัวบก

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

น้ำใบบัวบก ทำโดยการนำบัวบกมาล้างให้สะอาดจากนั้นเด็ดเอาส่วนของใบและก้าน นำมาปั่นให้ได้ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10 20 และ 30 ใบบัวบกผง ทำโดยการนำบัวบกมาล้างให้สะอาดจากนั้นเด็ดเอาส่วนของใบ นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

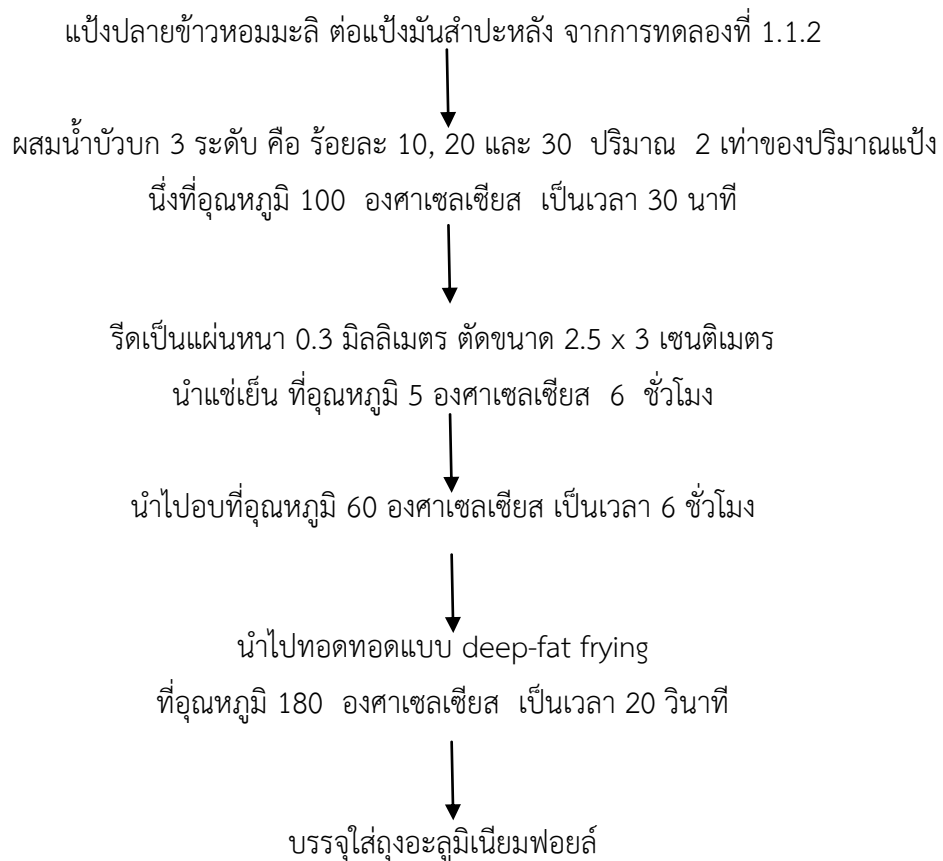
2.2 การผลิตขนมขบเคี้ยวจากบัวบก

ทำการผลิตขนมขบเคี้ยวโดยใช้สัดส่วนของแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิต่อแป้งมันสำปะหลัง จากการทดลองที่ 1.1.2 แทนที่น้ำด้วยน้ำบัวบก ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10, 20 และ 30 ตามลำดับ นึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที รีดเป็นแผ่นหนา 0.3 มิลลิเมตร ตัดขนาด 2.5 x 3 เซนติเมตร นำแช่เย็น ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที ขั้นตอนการผลิตขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ แสดงดังรูปที่ 3.2

2.3 ศึกษาการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากบัวบก

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-Points Hedonic Scale (1= ไม่ชอบมากที่สุด และ 9= ชอบมากที่สุด) ประเมินคุณภาพทางด้าน สี กลิ่นรส ความกรอบและความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

2.4 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของบัวบกแห้งบดในการปรุงรสขนมขบเคี้ยวจากบัวบก จากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในข้อ 2.3 นำไปทำการปรุงรส โดยผสมผงปรุงรสโนริสาหร่ายร้อยละ 15 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ และใบบัวบกแห้งบดในปริมาณแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 1 3 และ 5 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการจัดลำดับความชอบ โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการผลิตขนมขบเคี้ยวจากบัวบก

3. ศึกษาคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของขนมขบเคี้ยวจากบัวบก

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้อ 2.4 มาทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

คุณภาพด้านกายภาพ

3.1.1 ค่าสี

นำตัวอย่างขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากบัวบก ทำการวัดค่าสี ในระบบ CIELab วัดค่า L^* , a^* และ b^* โดยนำตัวอย่างที่ต้องการวัดค่าสีใส่ในภาชนะสำหรับวัด นำไปวัดโดยเครื่องวัดค่าสี แล้วจดบันทึกค่าที่ได้ ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

3.1.2 ค่า a_w

นำตัวอย่างขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากบัวบก ทำการบดให้ละเอียด ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่างของเครื่องวัดค่า a_w แล้วจดบันทึกค่าที่ได้ ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

3.1.3 การพองตัว (volume expansion ratio) ใช้วิธีการแทนที่ของเมล็ดงา (seed displacement) (ภาคผนวก ก)

3.1.4 ความหนาแน่นโดยรวม (Bulk density) (ภาคผนวก ก)

3.15 ค่าแรงกดแตก

ใช้เครื่อง texture analyzer หัววัด P50 (50 mm. Dia. Cylinder Aluminum) ความเร็วของหัววัดขณะ เคลื่อนที่ลงในเนื้อผลิตภัณฑ์ 5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที บันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์แตก

3.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)
- ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)
- ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)
- ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)
- ปริมาณเส้นใย (AOAC, 2000)
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรต
- ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu (Chang et al., 2006)
- ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical scavenging activity) (Chang et al., 2006)

3.3 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีคุณภาพทางจุลินทรีย์ (BAM, 2001)

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)
- ปริมาณยีสต์ และรา (โคโลนีต่อกรัม)
- โคลิฟอร์ม (โคโลนีต่อกรัม)

4. ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากบัวบก

ทำการเก็บรักษาขนมขบเคี้ยวจากบัวบกในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบค่า a_w ปริมาณ TBA และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น หินและความกรอบ

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารและห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ระยะเวลาในการทำวิจัย

เดือนมกราคม พ.ศ. 2557 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2557

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ตอนที่1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ

4.1 ศึกษาสัดส่วนของปลายข้าวหอมมะลิต่อแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการทำขนมขบเคี้ยว

จากการทดลองนำแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิที่เตรียมไว้ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 4 อัตราส่วน คือ 90:10, 80:20, 70:30 และ 60:30 ผสมน้ำ 2 เท่า นึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที รีดเป็นแผ่นหนา 0.3 มิลลิเมตร ตัดขนาด 2.5 x 3 เซนติเมตร นำแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและประเมินคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-Points Hedonic Scale ประเมินคุณภาพทางด้าน สี กลิ่นรส ความกรอบและความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางด้านกายภาพของขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ

คุณภาพทางกายภาพ	อัตราส่วนแป้งข้าวปลายหอมมะลิต่อแป้งมันสำปะหลัง		
	80:20	70:30	60:40
ค่าความสว่าง, L*	47.74 ^a ± 2.98	41.31 ^b ± 1.56	36.11 ^c ± 0.96
ค่าสีแดง, a* ^{ns}	3.76 ± 1.28	2.64 ± 0.93	1.79 ± 0.76
ค่าสีเหลือง, b*	3.25 ^a ± 0.83	5.13 ^{bc} ± 1.05	6.91 ^c ± 0.94
อัตราส่วนการพองตัว	17.14 ^c ± 0.54	22.52 ^b ± 0.72	27.30 ^a ± 0.66
ความหนาแน่น (กรัมต่อมิลลิกรัม)	0.30 ^a ± 0.56	0.29 ^b ± 0.73	0.27 ^c ± 0.89
แรงกดแตก (N)	6.65 ^a ± 0.83	5.39 ^b ± 0.73	4.72 ^c ± 0.63

หมายเหตุ : อักษรที่ยกกำลัง a b c d หมายถึง แสดงความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการทดลองพบว่าขนมขบเคี้ยวจากแป้งปลายข้าวหอมมะลิที่มีปริมาณแป้งปลายข้าวหอมมะลิและแป้งมันสำปะหลังที่แตกต่างกัน ทำให้ขนมขบเคี้ยวมีอัตราการพองตัวโดยปริมาตรอยู่ในช่วง 17.14 – 27.30 เท่า และมีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.27 – 0.30 กรัมต่อมิลลิเมตร โดยการเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังส่งผลให้ค่าอัตราการพองตัวโดยปริมาตรของขนมขบเคี้ยวจากแป้งปลายข้าวหอมมะลิจะเพิ่มขึ้นและมีค่าความหนาแน่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำขนมขบเคี้ยวจากแป้งปลายข้าวหอมมะลิที่มีสัดส่วนของปริมาณแป้งปลายข้าวหอมมะลิ และแป้งมันสำปะหลังที่แตกต่างกันมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน พบว่าปริมาณแป้งปลายข้าวหอมมะลิ และแป้งมันสำปะหลังมีผลต่อคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ความกรอบและความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสีและกลิ่นรส มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าสัดส่วนของแป้งปลายข้าวหอมมะลิและแป้งมันสำปะหลังที่ผู้บริโภคพึงพอใจมากที่สุดในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากแป้งปลายข้าวหอมมะลิ คือ แป้งปลายข้าวหอมมะลิร้อยละ 70 ปริมาณแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 30 ซึ่งส่วนประกอบดังกล่าวจะทำให้ได้ขนมขบเคี้ยวจากแป้งปลายข้าวหอมมะลิมีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากแป้งปลายข้าวหอมมะลิ

คุณภาพทาง ด้านประสาทสัมผัส	อัตราส่วนแป้งข้าวปลายหอมมะลิต่อแป้งมันสำปะหลัง		
	80:20	70:30	60:40
สี ^{ns}	5.87 ±1.09	5.70 ±0.95	5.97 ±1.53
กลิ่นรส ^{ns}	5.77 ±0.97	5.83 ±1.08	5.43 ±1.02
ความกรอบ	6.60 ^a ±0.86	7.10 ^b ±1.50	6.83 ^{ab} ±1.26
ความชอบโดยรวม	6.57 ^a ±0.93	7.27 ^b ±1.25	6.97 ^{ab} ±1.47

หมายเหตุ : อักษรที่ยกกำลัง a b c d เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ ระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

ตอนที่ 2 ศึกษาความเข้มข้นของน้ำบัวบกที่เหมาะสมในการทำขนมขบเคี้ยวจากบัวบก

ทำการผลิตขนมขบเคี้ยวโดยใช้สัดส่วนของแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิต่อแป้งมันสำปะหลัง แป้งปลายข้าวหอมมะลิร้อยละ 70 ปริมาณแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 30 จากนั้นแทนที่น้ำด้วยน้ำ บัวบก ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10, 20 และ 30 ตามลำดับ นึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที รีดเป็นแผ่นหนา 0.3 มิลลิเมตร ตัดขนาด 2.5 x 3 เซนติเมตร นำแช่เย็น ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและประเมินคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-Points Hedonic Scale ประเมินคุณภาพทางด้าน สี ความกรอบ ความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตาราง 4.3 คุณภาพทางด้านกายภาพของขนมขบเคี้ยวจากจากบัวบก

คุณภาพทางกายภาพ	ความเข้มข้นของน้ำบัวบก		
	ร้อยละ 10	ร้อยละ 20	ร้อยละ 30
ค่าความสว่าง, L*	47.74 ^a ±2.98	41.31 ^b ±1.56	36.11 ^c ±0.96
ค่าสีแดง, a* ^{ns}	3.76 ±1.28	2.64 ±0.93	1.79 ±0.76
ค่าสีเหลือง, b*	3.25 ^a ±0.83	5.13 ^{bc} ±1.05	6.91 ^c ±0.94
อัตราส่วนการพองตัว ^{ns}	22.13 ±0.13	21.78 ±0.59	19.44 ±0.29
ความหนาแน่น ^{ns} (กรัมต่อมิลลิเมตร)	0.28±0.43	0.30 ±0.14	0.31 ±0.39
แรงกดแตก(N)	4.92±0.86	5.28 ±0.73	5.31 ±1.25

หมายเหตุ :

อักษรที่ยกกำลัง a b c d หมายถึง แสดงความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



รูปที่ 4.1 ผลผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากบัวบกก่อนปรุงรสที่ระดับความเข้มข้นของน้ำบัวบกที่แตกต่างกัน

จากการทดลองพบว่าค่าสี ค่าความสว่าง, L^* มีค่าลดลง ค่าสีแดง, a^* มีค่าลดลง ค่าสีเหลือง, b^* มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของบัวบกเพิ่มขึ้น อัตราส่วนการพองตัว ความหนาแน่น และแรงกดแตก หลังจากแทนที่น้ำบัวบกความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าอัตราส่วนการพองตัวของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง ความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนแรงกดแตกของผลิตภัณฑ์นั้นพบว่าการแทนที่น้ำบัวบกมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.4 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากบัวบก

คุณภาพทาง ด้านประสาทสัมผัส	ความเข้มข้นของน้ำบัวบก		
	ร้อยละ 10	ร้อยละ 20	ร้อยละ 30
สี ^{ns}	5.87 ±1.22	5.70 ±0.95	5.97 ±1.03
กลิ่นรส ^{ns}	5.77 ±0.97	5.83 ±1.08	5.43 ±1.22
ความกรอบ	6.60 ^a ±1.06	7.10 ^b ±1.30	6.83 ^{ab} ±1.46
ความชอบโดยรวม	6.57 ^a ±1.17	7.27 ^b ±1.25	6.97 ^{ab} ±1.37

หมายเหตุ : อักษรที่ยกกำลัง a b c d เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ ระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

เมื่อนำขนมขบเคี้ยวจากบัวบกที่มีการแทนที่น้ำบัวบกที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำบัวบกมีผลต่อคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏด้านความกรอบ และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนลักษณะปรากฏด้านสีและกลิ่นรส มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าที่ระดับความเข้มข้นของน้ำบัวบกร้อยละ 30 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด

4.3 ปริมาณที่เหมาะสมของบัวบกแห้งบดในการปรุงรสขนมขบเคี้ยวบัวบก

จากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในข้อ 4.2 ทำการปรุงรสโดยผสมผงปรุงรสโนริสำหรับร้อยละ 15 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ และใบบัวบกแห้งบดในปริมาณแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 1 3 และ 5 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการจัดลำดับความชอบ โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน พบว่า การผสมใบบัวบกแห้งบดปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด แตกต่างจากปริมาณอื่นๆ (ตารางที่ 4.9) ดังนั้นจึงเลือกใช้ใบบัวบกแห้งบดปริมาณดังกล่าวผสมลงบนผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนของการปรุงรส

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากบัวบกปรุงรส

ลักษณะคุณภาพ	บัวบกแห้งบด			
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 1	ร้อยละ 3	ร้อยละ 5
ด้านกายภาพ				
ค่าความสว่าง, L*	39.87 ^a ±0.89	38.77 ^b ±1.06	37.04 ^c ±0.85	36.26 ^d ±1.32
ค่าสีแดง, a*	1.59 ^a ±1.97	1.43 ^b ±0.65	1.12 ^c ±0.42	1.03 ^d ±0.81
ค่าสีเหลือง, b*	22.97 ^a ±0.94	21.78 ^b ±2.10	20.31 ^c ±0.61	19.65 ^d ±0.79
ด้านประสาทสัมผัส				
สี	5.75 ^c ±1.18 ^c	6.86 ^a ±1.10	6.22 ^b ±1.26	5.97 ^c ±0.96
รสชาติ	6.75 ^b ±1.62	7.03 ^a ±1.28	6.77 ^b ±1.16	6.67 ^b ±1.03
ความกรอบ ^{ns}	6.45 ±1.31	6.56 ±1.12	6.32 ±1.45	6.37 ±1.08
ความชอบโดยรวม	6.75 ^b ±1.38	6.95 ^a ±1.70	6.67 ^b ±1.29	6.27 ^c ±1.11

หมายเหตุ : อักษรที่ยกกำลัง a b c d เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ ระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

จากผลการทดลองที่ได้ในข้อที่ 4.5 พบว่าอัตราส่วนของแป้งปลายข้าวหอมมะลิ ต่อแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมคือ 70 : 30 ใส่บัวบกความเข้มข้น ร้อยละ 30 ปริมาณ 2 เท่าตามลำดับหนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที รีดเป็นแผ่นหนา 0.3 มิลลิเมตร ตัดขนาด 2.5 x 3 เซนติเมตร นำแช่เย็น ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที นำไปปรุงรสด้วยผงปรุงรสสำหรับโนริ ร้อยละ 15 และผสมบัวบกผง ร้อยละ 0, 1, 3 และ 5 พบว่าผู้บริโภคมีความชอบด้านสี รสชาติและความชอบโดยรวมมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) ส่วนค่าคะแนนด้านความกรอบมีค่าไม่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าที่ระดับความเข้มข้นของบัวบกผงร้อยละ 1 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด อาจเนื่องจากการใส่บัวบกผงปริมาณสูงจะมีเศษผงติดมือเวลารับประทานทำให้ผู้บริโภคไม่ชอบดังนั้นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากบัวบกดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 สูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากบัวบก

ส่วนผสม	ร้อยละ
แป้งปลายข้าวหอมมะลิ	22.15
แป้งมันสำปะหลัง	9.49
น้ำบัวบกความเข้มข้น ร้อยละ 30	63.29
บัวบกผง	0.32
ผงปรุงรส สหรัยโนริ	4.75

4.4 ศึกษาคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของขนมขบเคี้ยวจากบัวบก

นำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวบัวบกที่สัดส่วนเหมาะสมจากตารางที่ 4.6 มาผลิตตามขั้นตอนมาทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ซึ่งผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของขนมขบเคี้ยวจากบัวบกปรุงรส

ลักษณะคุณภาพ	ปริมาณ
คุณภาพทางกายภาพ	
แรงกดแตก (กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร)	5.31 ±1.25
อัตราการพองตัวโดยปริมาตร (เท่า)	19.44±0.29
ความหนาแน่น (กรัม/ซม. ³)	0.31±0.39
ค่าความสว่าง, L*	38.76±0.17
ค่าสีแดง, a*	1.00±0.34
ค่าสีเหลือง, b*	19.78±0.29
คุณภาพทางเคมี	
น้ำอิสระ (a _w)	0.42±0.02
ความชื้น (ร้อยละ)	3.54±0.25
โปรตีน (ร้อยละ)	4.55±0.15
ไขมัน (ร้อยละ)	17.67±0.34
เถ้า (ร้อยละ)	3.83±0.18
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	1.74±0.32
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	68.67±0.00
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	8.55±0.01
ความสามารถในการกำจัด DPPH (ร้อยละ)	14.63±0.02

ลักษณะคุณภาพ	ปริมาณ
คุณภาพทางจุลินทรีย์	
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	< 10
ปริมาณยีสต์ และรา (โคโลนีต่อกรัม)	< 10
โคลิฟอร์ม (MPN โคลิฟอร์ม/กรัม)	< 3

หมายเหตุ คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) = 100 – ร้อยละของ (โปรตีน+ไขมัน+เส้นใยหยาบ+เถ้า)

ตอนที่ 3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากบัวบก

นำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากบัวบกใส่ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำการวิเคราะห์ปริมาณ TBA เพื่อการเกิดการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidative rancidity) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อกลิ่นรสที่ไม่เป็นที่ยอมรับในผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากบัวบกเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	TBA (mg malonaldehyde/kg)
0	0.39±	0.94±0.43 ^a
2	0.42±	1.17±0.21 ^b
4	0.43±	1.83±0.68 ^c
6	0.47±	3.65±0.34 ^d
8	0.56±	6.82±0.89 ^f

หมายเหตุ : อักษรที่ยกกำลัง a b c d เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ ระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

จากการทดลองพบว่าขนมขบเคี้ยวจากบัวบกมีค่า TBA value อยู่ในช่วง 0.94 – 6.82 mg malonaldehyde/kg โดยกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น เนื่องจากกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่แตกตัวจากการทอดแบบ Deep fat frying สัมผัสกับออกซิเจนร่วมกับการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งเกิดกลิ่นหืนจากเอนไซม์ไลเปส (Stauffer, 1996) และการบรรจุผลิตภัณฑ์ด้วยถุงอะลูมิเนียมฟอยด์จึงช่วยป้องกันการซึมผ่านของแก๊สและความชื้นได้ดีทำให้อัตราการเกิดกลิ่นหืนเกิดขึ้นช้าลง และจะเห็นว่าช่วงของ aw ที่มีผลต่อออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) ต่ำ คือ ช่วง 0.3-0.4 แต่เมื่อค่า aw เพิ่มขึ้นจะทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับค่าคะแนนด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนจะมีค่าเพิ่มขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. สัดส่วนที่เหมาะสมของปลายข้าวหอมมะลิต่อแป้งมันสำปะหลังในการผลิตขนมขบเคี้ยว คือ 70:30 ผสมน้ำใบบัวบกความเข้มข้น ร้อยละ 30 จำนวน 2 เท่าของปริมาณแป้ง นึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที รีดเป็นแผ่นหนา 0.3 มิลลิเมตร ตัดขนาด 2.5 x 3 เซนติเมตร นำแช่เย็น 6 ชั่วโมง นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปทอดที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ผสมผงปรุงรสสำหรับโนริ ร้อยละ 15 กับบัวบกผง ร้อยละ 1

2. วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า การแตกหัก 5.31 N อัตราการพองตัวโดยปริมาตร (เท่า) 19.44 ความหนาแน่น 0.31 กรัมต่อมิลลิลิตร ค่าสี L^* a^* และ b^* เท่ากับ 38.76, 1.00 และ 19.78 ตามลำดับ ค่า a_w เท่ากับ 0.42 คุณภาพด้านเคมี ความชื้น 66.17 โปรตีน 10.55 ไขมัน 1.74 และคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) 3.54, 3.83, 4.55, 17.67 1.74 และ 68.67 ตามลำดับ คุณภาพด้านจุลินทรีย์ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ รา < 10 โคโลนีต่อกรัม โคลิฟอร์ม < 3 โคโลนีต่อกรัม

3. ทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่าพบว่าค่า TBA และ a_w มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สอดคล้องค่าคะแนนด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนมีค่าเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

การผลิตขนมขบเคี้ยวแบบ deep-fat frying จะเก็บรักษาได้ไม่นานจะเกิดการเพิ่มขึ้นของปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิดทำให้เกิดกลิ่นหืนเร็วกว่าวิธีการอื่นๆ ดังนั้นเพื่อชะลอการเสื่อมเสียดังกล่าวควรมีการใช้สารกันหืน (Antioxidants) เช่น BHA, BHT, TBHQ เป็นต้น ร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

- นฤมล น้อยหอย และศศิธร จันทนวรางกูร. (2550). ผลกระทบของการแปรรูปต่อคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันในบัวบก. เรื่องได้การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นวลศรี รักจริยธรรมและอัญญา เจนวิถีสุข. (2545). สารต้านมะเร็งในผัก-สมุนไพรไทย. เชียงใหม่: นพบุรีการพิมพ์.
- พูนศักดิ์ เมฆวัฒนากาญจน์ และวีณา เมฆวัฒนากาญจน์. 2549. ข้าวและประโยชน์จากเมล็ดข้าว. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.ubon.ricethailand.org/document/poonsak/brown.htm>. (1 ตุลาคม 2556)
- รสิตา โอสถานนท์. 2544. เทคโนโลยีอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วิชัย หุทัยธนาสันต์และคณะ. 2544. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ ถั่วลิสง และปลากระตัก การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาประมง สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 5-7 กุมภาพันธ์ 2544, กรุงเทพฯ, หน้า 538-543
- สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2550). สมุนไพรน่ารู้ (3) บัวบก. กรุงเทพฯ: สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.
- สัมพันธ์ รอดศรี. 2547. การพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากแป้งปลายข้าวหอมมะลิผสมแป้งมันเทศและงาดำ ป่น. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. คหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AOAC. (2000). Official Method of Analysis. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.
- Bourne, M.C. 1987. Effect of water activity on textural properties of food, pp. 75 – 99. In Rockland L.B. and L.R. Beuchat. Water activity: Theory and Applications to Food. Marcel Dekker, New York.
- Brinkhaus, B., Lindner, M., Schuppan, D., & Hahn, E. G. (2000). Chemical, pharmacological and clinical profile of the East Asian medical plant Centella asiatica. Phytomedicine, 7(5), 427-448.
- Chang, Y.P., P.B. Cheah and C.C. Seow. 2000. Variations in flexural and compressive fracture behavior of a brittle cellular food (dried bread) in response to moisture sorption. J. Texture studies 31: 525 – 540.

- Chinnaswamy, R. and M.A. Hanna. 1988. Relationship between amylose content and Extrusion – expansion properties of corn starches. **Cereal Chem.** 65 (2): 138 – 143.
- Hui, Y.H. 1996. Bailey's Industrial Oil and Fat Products Vol.2 Edible Oil and Fat Products Oil and Oil Seed. 5 th ed. A Wiley inter science publication.
- Krokida, M.K., V. Oreopoulou and Z.B. Maroulis. 2000. Water loss and oil uptake as a function of frying time. *J. Food Eng.* 44: 39 – 46.
- Matz, S.A. 1991. The Chemical and Technology of Cereal as Food and Feed. 2nd ed., Van Nostrand Reinhold, New York.
- Moreira, R.G., M.E. Castell-Perez and M.A. Barrufet. 1999. Deep-Fat Frying: Fundamentals and Applications. Aspen Publication, Maryland.
- Tettweiler, P. 1991. Snack foods worldwide. **Food Technol.** 45 (2): 58 - 60.
- World Health Organization. (1999). "Herba Centellae" in WHO monographs on selected medicinal plants, 3 Vols. Geneva, pp. 77-85.
- Zainol, M.K., Abd-Hamid, A., Yusof, S., and Muse, R. (2003). Antioxidative activity and total phenolic compounds of leaf, root and petiole of four accessions of *Centella asiatica* (L.) urban. *Food Chemistry*, 81, 575-581.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1.1 การฟองตัว

การฟองตัว โดยใช้การแทนที่เมล็ดงา นำเมล็ดงาเทลงใส่ในแก้วปากเรียบให้เต็ม และ ปาดให้เรียบ นำมาวัดปริมาตรโดยใช้กระบอกตวงจดปริมาตรที่ได้ (V_1) นำขนมขบเคี้ยวอบแห้งก่อน ทอดสุก จำนวน 10 กรัม ใส่แก้ว ใบเดิมใส่เมล็ดงาลงไปจนเต็มปากแก้ว ปาดให้เรียบ แยกเอาขนมขบ เคี้ยวอบแห้งก่อนสุกออก นำเมล็ดงาที่เหลือไปวัดปริมาตร (V_2) ความแตกต่างระหว่างปริมาตรของ เมล็ดงา ($V_1 - V_2$) คือ ปริมาตรของขนมขบเคี้ยวอบแห้งอบแห้งก่อนสุก หลังจากนั้นนำขนมขบเคี้ยว อบแห้งขึ้นเดิมไปทอดให้สุก ขนมขบเคี้ยวที่ได้จะนำมาหาปริมาตร (V_3) ด้วยวิธีเดียวกันจะได้ปริมาตร ของขนมขบเคี้ยวอบแห้งหลังอบสุก ($V_1 - V_3$) อัตราส่วนของการฟองตัว คือ ปริมาตรของขนมขบ เคี้ยวอบแห้ง หลังทอดสุกหารด้วยปริมาตรของขนมขบเคี้ยวอบแห้งก่อนสุก

$$\text{อัตราส่วนการฟองตัว} = \frac{\text{ปริมาตรของขนมขบเคี้ยวอบแห้งหลังทอดสุก}}{\text{ปริมาตรของขนมขบเคี้ยวอบแห้งก่อนทอดสุก}}$$

1.2 ความหนาแน่นโดยรวม (Bulk density) โดยใช้กระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร เทตัวอย่างลงไปประมาณ 2/3 ของกระบอกตวง จากนั้นเคาะ 15 ครั้ง เติมน้ำที่เหลือ ให้ล้นแก้ว แล้วทำการเคาะอีก 5 ครั้ง แล้วปาดตัวอย่างที่เกินขอบแก้วออก ชั่งน้ำหนัก แล้วนำค่าไปหารด้วย ปริมาตรของขนมขบเคี้ยว จะได้ค่าความหนาแน่น หน่วยเป็น กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ดัดแปลง มาจากวิธีการของ (ธงชัย, 2535)

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนักของขนมขบเคี้ยว(กรัม)}}{\text{ปริมาตรของขนมขบเคี้ยว(ซม.³)}}$$

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. ตู้อบไฟฟ้า
2. ภาชนะหาความชื้น
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีทำ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปลดทิ้งไว้ให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก
2. ทำซ้ำเช่น ข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนัก ที่ซึ่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้น ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้น ซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว
4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปลดทิ้งไว้ให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อีก
5. ทำซ้ำเช่น ข้อที่ 4 จนได้ผลต่างของน้ำหนัก ที่ซึ่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

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

$$\text{กำหนดให้ } W_1 = \text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)}$$

$$W_2 = \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)}$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. เตาเผา
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีทำ

1. เเผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเตาเผาลง
2. ปิดเตาแล้วจึงนำถ้วยกระเบื้องใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้ทั้งถ้วยกระเบื้องอุณหภูมิของถ้วยกระเบื้องเคลือบลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก
3. ทำซ้ำเช่น ข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
4. ชั่งตัวอย่างอาหารให้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วนำไปเผาในตู้ดูดควันจนหมดควันก่อน
5. นำถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ใส่ตัวอย่างอาหารเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ทำซ้ำเช่น ข้อ 1-2

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{(W_2 - W_1)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

$$\text{กำหนดให้ } W_1 = \text{น้ำหนักถ้วย}$$

$$W_2 = \text{น้ำหนักถ้วย} + \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. ชุดเตาย่อย
2. ชุดกลั่นโปรตีน
3. บิวเรต ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. ปีเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร

5. ฟลาสค์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
6. กระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร
7. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร
8. ขวดน้ำกลั่น

สารเคมี

1. คอปเปอร์ซัลเฟต
2. โพแทสเซียมซัลเฟต
3. กรดซัลฟิวริก
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
5. กรดบอริก
6. เมธิลเรดอินดิเคเตอร์

การเตรียมสาร

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 40 วิธีการเตรียม คือ ชั่งสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร
2. กรดบอริก ความเข้มข้นร้อยละ 4 วิธีการเตรียม คือ ชั่งกรดบอริก 4 กรัมแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร
3. อินดิเคเตอร์ วิธีการเตรียม คือ ชั่งเมธิลลีนบลู 0.2 กรัม ละลายในเอทานอล 200 มิลลิลิตร และชั่งเมธิลเรด 0.05 กรัม ละลายในเอทานอล 50 มิลลิลิตร นำมาผสมในอัตราส่วน stock solution 1 ส่วน : เอทานอล 1 ส่วน : น้ำกลั่น 2 ส่วน
4. สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 0.2 กรัม
5. สารละลายโพแทสเซียมซัลเฟต 0.5 กรัม
6. กรดซัลฟิวริก 20 มิลลิลิตร

วิธีทำ

1. ชั่งตัวอย่าง 1-2 กรัม ใส่ในขวดย่อยโปรตีน
 2. เติมสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 0.2 กรัม สารละลายโพแทสเซียมซัลเฟต 0.5 กรัม กรดซัลฟิวริก 20 มิลลิลิตร
 3. นำไปย่อยบนเตาให้ความร้อนในตู้ดูดควันจนกระทั่งสารละลายใส ปล่อยให้เย็น
 4. เติมน้ำกลั่น ลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว และให้ความร้อนต่อจนเกิดควันของซัลฟิวริก ปล่อยให้เย็น
 5. เติมน้ำกลั่นในปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้ น้ำกลั่นล้างขวดย่อยโปรตีน แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร
 6. จัดชุดกลั่น นำขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 4 ลงไป 5 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ 2 หยด แล้วนำไปรองรับของเหลวที่จะกลั่น โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรด
 7. ดูดสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 40 ลงไป 20 มิลลิลิตร
 8. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ
 9. ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือ ที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จะได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อนออกม่วง
 10. ทำ blank ด้วยวิธีการเช่นเดียวกันตั้งแต่ ข้อ 2-10
- การคำนวณ
- $$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(a-b) \times N \times 14 \times \text{factor}}{W}$$
- กำหนดให้
- a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้เป็นมิลลิลิตร
 - B = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็นมิลลิลิตร
 - N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็น นอร์มัล
 - W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม
 - Factor = ตัวเลขที่เหมาะสม 6.25
 - (น้ำหนักสมมูลของไนโตรเจน = 14.007)

4. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) ประกอบด้วย ขวดกั่นกลมสำหรับใส่ตัวอย่างทำละลาย ซอคเลต (soxhlet) เครื่องควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)

2. ทิมเบิล
3. สำลี
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. โถดูดความชื้น
6. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีทำ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารแห้ง ประมาณ 1-2 กรัม (ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ลงในทิมเบิลที่ใช้สกัดผ่านการอบแห้ง ปิดปากทิมเบิลด้วยสำลี
2. ชั่งน้ำหนักพลาสติกที่ผ่านการอบแห้งแล้ว
3. เติมนิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในพลาสติก แล้วต่อชุดสกัดไขมันเข้าด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วยพลาสติก Soxhlet และคอนเดนเซอร์
4. สกัดลิพิดใน Soxhlet apparatus ด้วยอัตรา 5-6 หยดต่อวินาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หรือที่ 2-3 หยดต่อวินาที เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยให้ความร้อนแก่พลาสติก
5. ภายหลังการสกัดลิพิดเสร็จแล้ว อบไล่ตัวทำละลายออกจากสารละลาย โดยอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
6. ปลอ่ยพลาสติกให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักของลิพิดที่สกัดได้

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของลิพิด}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}} \times 100$$

5. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

อุปกรณ์

1. ชุดวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย
2. Hot Plate
3. โถตุดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า
5. Hot Oven
6. เตาเผาอุณหภูมิสูง

สารเคมี

1. ปีโตรเลียมอีเทอร์
2. เอทิลแอลกอฮอล์ หรือเอทานอล
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์
4. กรดไฮโดรคลอริก
5. ไดเอทิลอีเทอร์
6. กรดซัลฟิวริก

การเตรียมสาร

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.313 โมลาร์ วิธีการเตรียม คือ ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้นร้อยละ 1 (ปริมาตรต่อปริมาตร) วิธีการเตรียม คือ เจือจางกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น จำนวน 10 มิลลิลิตร ให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น
3. เอทิลแอลกอฮอล์ หรือเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 (ปริมาตรต่อปริมาตร)
4. สารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 0.1275 โมลาร์ (0.255 นอร์มัล) วิธีการเตรียม คือ เจือจางกรดซัลฟิวริก เข้มข้น จำนวน 1.25 ให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

วิธีทำ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 1-2 กรัม
2. เติมสารละลายซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ลงในปิกเกอร์ ไปต้มเดือดนาน 30 นาที ขณะต้มควรปิดปากฟลาสค์ด้วยกระดาษฟิลา สังกะสีไม่ให้ปริมาตรของ

สารละลายลดลง หากลดลงให้ปรับปริมาตรโดยใช้น้ำร้อน ขณะต้มควรเขย่าพลาสติกเป็นครั้งคราว เพื่อให้ตัวอย่างผสมกันอย่างทั่วถึง

3. นำสารละลายที่ต้มกับตัวอย่าง วางทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที
4. กรองตัวอย่างที่ถูกย่อยด้วย Buchner funnel ที่รองด้วยกระดาษกรอง กรองกากทั้งหมดให้เสร็จภายใน 10 นาที ล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดกรด
5. นำกระดาษกรองพร้อมกาก ใส่ลงในปิกเกอร์ใบเดิม ล้างกากออกจากกระดาษกรองด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ใส่ลงในปิกเกอร์ ต้มเดือด เป็นเวลา 30 นาที
6. กรองตัวอย่างที่ถูกย่อยด้วย Buchner funnel ที่รองด้วยกระดาษกรอง กรองกากทั้งหมดให้เสร็จภายใน 10 นาที ล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดต่าง
7. นำกระดาษกรองพร้อมกาก ใส่ลงในปิกเกอร์ใบเดิม ล้างกากด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ แล้วตามด้วยน้ำร้อน จนแน่ใจว่าไม่เหลือกรดอยู่
8. ล้างกากที่ได้ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 2 ครั้ง ตามด้วยไดเอทิลอีเทอร์ 3 ครั้ง
9. นำกากสารละลายที่ใส่ถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ไประเหยบนอ่างน้ำ
10. นำถ้วยกระเบื้องที่ระเหยแห้ง แล้วนำไปอบ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้นปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก จนได้น้ำหนักที่แน่นอน
11. นำกากที่ได้ไปเผาต่อในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเตาเผาลง ครั้งละ 50 องศาเซลเซียส ทุกๆ 30 นาที จนเหลืออุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

12. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเส้นใยหยาบ (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_3} \times 100$$

กำหนดให้

W_1 = น้ำหนักของถ้วยเปล่า (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของถ้วยเผาที่รวมเส้นใย (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

6. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบโดยรวมประมาณ (proximate analysis) ของตัวอย่างอาหารจะต้องวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ไขมันหรือลิพิด โปรตีน และเถ้า สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด คือ ส่วนที่เหลือโดยผลต่างจึงหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหาร โดยวิธีคำนวณดังนี้

การคำนวณ คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) = $100 - (\text{ความชื้น(ร้อยละ)} + \text{ลิพิด(ร้อยละ)} + \text{โปรตีน(ร้อยละ)} + \text{เถ้า(ร้อยละ)})$

7. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (Total phenolic compound)
(Chang et al., 2006)

วิธีการเตรียมสารเคมี

1. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate : Na_2CO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 7 เตรียมโดยชั่งโซเดียมคาร์บอเนตมา 7 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วถ่ายใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร

2. สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid) ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชั่งกรดแกลลิก 30 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วถ่ายใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตรปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ให้ครบ 50 มิลลิลิตร

วิธีการทำกราฟมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก 0 0.5 1 2 3 4 5 และ 6 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 6 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้นของสารละลายกรดแกลลิก 0 50 100 200 300 400 500 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

2. ปิเปตสารละลายแต่ละความเข้มข้นมา 125 ไมโครลิตร ผสมน้ำกลั่น 0.5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง เติมสาร Folin-Ciocalteu reagent 125 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixture ปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 6 นาที

3. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 7 ลงไป 1.25 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixture ปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร โดยใช้ น้ำกลั่นเป็นแบลนด์

4. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ในแต่ละความเข้มข้นไปเขียนกราฟมาตรฐาน

วิธีการสกัด

1. ชั่งตัวอย่างมา 1 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ปิดปากขวดด้วยกระดาษอลูมิเนียมฟอยล์
2. นำไปวางในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ สกัดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที
3. ปล่อยให้สารสกัดตัวอย่างที่ได้เย็น แล้วกรองสุญญากาศด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 นำส่วนใสไปวิเคราะห์ต่อไป

วิธีการวิเคราะห์

1. ปิเปตส่วนใสของสารสกัดตัวอย่าง 125 ไมโครลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 0.5 มิลลิลิตร มนหลอดทดลอง เติมสาร Folin-Ciocalteu reagent 125 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixture ปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 6 นาที
2. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 7 ลงไป 1.25 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixture
3. ปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร
4. หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด โดยนำค่าดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง เทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

8. การวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH scavenging power) (Chang et al., 2006)

การหาความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระกระทำโดยอาศัยหลักการที่ว่า สารที่มีฤทธิ์ด้านการเกิดออกซิเดชันจะทำปฏิกิริยากับ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ทำให้สีม่วงของ DPPH จางลง

วิธีการเตรียมสารเคมี

สารละลาย DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์
เตรียมโดยชั่ง DPPH มา 0.0168 กรัม ละลายด้วยเอทานอลร้อยละ 95 แล้วถ่ายใส่ขวดปรับปริมาตร
ขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเอทานอล ร้อยละ 95 ให้ครบ 50 มิลลิลิตร

วิธีการสกัด

1. ชั่งตัวอย่างมา 1 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร
ปิดปากขวดด้วยกระดาษอลูมิเนียมฟอยล์
2. นำไปวางในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ สกัดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30
นาที
3. ปล่อยให้สารสกัดตัวอย่างที่ได้นั้น แล้วกรองสุญญากาศด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 นำ
ส่วนใสไปวิเคราะห์ต่อไป

วิธีการวิเคราะห์

1. ปิเปตส่วนใสของสารสกัดตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ความ
เข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ 1 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixture ปล่อยให้
เกิดปฏิกิริยาในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโน
เมตร โดยใช้ น้ำกลั่นเป็นแบลนด์

2. สำหรับหลอดควบคุมใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แทนสารสกัดตัวอย่าง

3. คำนวณความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ จากสมการ

ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ) = $[1 - (A_{\text{sample}}/A_{\text{control}})] \times 100$

เมื่อ A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

A_{control} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม

9. การวิเคราะห์ปริมาณ Malonaldehyde (TBA-test)

TBA value เป็นค่าที่ใช้วัดคุณภาพของอาหารประเภทไขมัน หลักการของวิธีการ
ตรวจคุณภาพ จะใช้วิธีการวัดความเข้มของสี (แดง) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่าง 2-thiobarbituric
acid (TBA) กับไขมันที่ออกซิไดซ์ (Oxidized lipids) อาจกล่าวได้ว่า TBA value สามารถตรวจพบ
อาหารเกิดปฏิกิริยา Oxidative rancidity หรือไม่ ค่าที่วัดได้เป็นมิลลิกรัมของ Malonaldehyde ใน
ตัวอย่างอาหารหนึ่งกิโลกรัม Malonaldehyde เป็นสารที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน

นิยมใช้วัดความเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์มากกว่าไขมันหรือน้ำมันล้วนๆ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณภาพของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ด้วย TBA-test

อุปกรณ์และสารเคมี

1. TBA reagent : สารละลาย TBA 0.2883 กรัม ด้วยร้อยละ 90 Glacial acetic จนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
2. Hydrochloric acid 4 M
3. Distillation unit

วิธีการ

1. ชั่งอาหารบดละเอียด 10 กรัม นำไปผสมกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นาน 2 นาที
2. เทตัวอย่างที่บดละเอียดลงในขวดกลั่น ล้างตัวอย่างออกจากเครื่องปั่นด้วยน้ำกลั่น 47.5

มิลลิลิตร เทลงในขวดกลั่น

3. เติมกรด HCl 4 M จำนวน 2.5 มิลลิลิตร เพื่อปรับให้ pH ประมาณ 1.5 เติม glass beads
4. นำตัวอย่างไปกลั่น โดยกลั่นได้ของเหลว 50 มิลลิลิตร ภายในเวลา 10 นาที หลังจากตัวอย่าง

เริ่มเดือด

5. ดูดของเหลวที่กลั่นได้ (distillate) 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดแก้วสะอาดที่มีฝาปิด
6. เติมสารละลาย TBA 5 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายและจุ่มในอ่างน้ำเดือดนาน 35 นาที
7. เตรียม blank โดยใช้ น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แทน
8. เมื่อครบเวลาทำให้ของเหลวเย็นลงภายในเวลา 10 นาที โดย ice-bath
9. นำสารละลายไปวัดค่า Absorbance ที่ 530 nm

การคำนวณ

TBA value = 7.8A หน่วยเป็นมิลลิกรัมของ Malonaldehyde ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม

(A = ค่า Absorbance)

ภาคผนวก ข

แบบประเมินการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ

ชื่อ.....

วันที่.....

คำชี้แจง กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่างโดยให้คะแนนระดับความชอบและไม่ชอบผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่างในคุณลักษณะต่างๆ ที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกท่านมากที่สุดโดย โดยมีลำดับคะแนนดังนี้

9 = ชอบมากที่สุด (like extremely)

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย (dislike slightly)

8 = ชอบมาก (like very much)

3 = ไม่ชอบปานกลาง (dislike moderately)

7 = ชอบปานกลาง (like moderately)

2 = ไม่ชอบมาก (dislike very much)

6 = ชอบเล็กน้อย (like slightly)

1 = ไม่ชอบมากที่สุด (dislike extremely)

5 = เฉยๆ (like nor dislike)

รหัส			
สี			
กลิ่นรส			
ความกรอบ			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

แบบประเมินการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส
ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากบัวบก

ชื่อ.....

วันที่.....

คำชี้แจง กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่างโดยให้คะแนนระดับความชอบและไม่ชอบผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่างในคุณลักษณะต่างๆ ที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกท่านมากที่สุดโดย โดยมีลำดับคะแนนดังนี้

9 = ชอบมากที่สุด (like extremely)

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย (dislike slightly)

8 = ชอบมาก (like very much)

3 = ไม่ชอบปานกลาง (dislike moderately)

7 = ชอบปานกลาง (like moderately)

2 = ไม่ชอบมาก (dislike very much)

6 = ชอบเล็กน้อย (like slightly)

1 = ไม่ชอบมากที่สุด (dislike extremely)

5 = เฉยๆ (like nor dislike)

รหัส			
สี			
กลิ่นรส			
ความกรอบ			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล นางวิลาสินี ดีปัญญา
Mrs. Wilasinee Deepanya
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3310700676386
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์
5. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 76000
โทรศัพท์ 056-717122 ต่อ 1411 , E-mail dwilasinee@yahoo.com
6. ประวัติการศึกษา
วทบ. (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยขอนแก่น
วทม. (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
เทคโนโลยีผักและผลไม้
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย
หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาโยต์แผ่นปรุงรส
หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส
หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มะขาม
หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่น้ำแผ่น
หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ฮูทอแตง เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน
อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์