



การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส
Development of snack product from rice coated with flavor.

วิลาสินี ดีปัญญา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปี 2554

ชื่อโครงการวิจัย	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส
ชื่อผู้ทำการวิจัย	นางวิลาสินี ดีปัญญา
หลักสูตรสาขาวิชา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและเทคโนโลยีการอาหาร
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อการศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส โดยศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิต ผลจากการทดลองพบว่าสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส คือ นำแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งมันสำปะหลัง (9.5: 1.5) ผสมน้ำ 1.5 เท่า นึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทอดที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที แล้วทำการเคลือบผงปรุงรสสำหรับ ร้อยละ 5 ทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยา พบว่ามีค่าสี L^* a^* และ b^* เท่ากับ 72.09 1.64 และ 8.30 ตามลำดับ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน ใยอาหารและคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) 4.13, 4.36, 9.52, 28.95, 3.37 และ 50.33 ตามลำดับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 1×10^2 โคโลนี/กรัม ยีสต์และรา < 10 โคโลนี/กรัม

คำสำคัญ : ขนมขบเคี้ยว , ผงปรุงรส

Research Title	Development of snack product from rice coated with flavor.
Name	Mrs. Wilasinee Deepanya
Program	Food Science and Technology
Faculty	Science and Technology
University	Rajabhat Phetchabun
Year	2011

Abstract

This research aims to study the development of rice-coated snack flavor. The formula and process. Mix the rice flour, tapioca starch (9.5, 1.5) with water at 1.5 times on the steam of boiling water until cooked and dried at 60 ° C for 6 hours, then fry at 220 ° C for 30 seconds and then coated with seasoned seaweed powder is 5 percent. Physical, Chemistry and Microbiology properties of the rice-coated snack flavor found that the color L * a * and b * were 72.09 1.64 and 8.30, respectively, moisture, ash, protein, fat, fiber and carbohydrates (percent) 4.13, 4.36, 9.52, 28.95, 3.37 and 50.33, respectively, were infected. Total plate count were 1×10^2 cfu / g Yeast and mold were less than 10 cfu / g.

Key Words: snack , flavor

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	
ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ขนมขบเคี้ยว	3
วัตถุดิบในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าว	4
กรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยว	9
คุณภาพและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว	14
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
วัตถุดิบ	18
อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าว	18
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ	18
วิธีการทดลอง	19
สถานที่ทำการทดลอง	22
ระยะเวลาในการทดลอง	22
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	23
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	29
บรรณานุกรม	30
ภาคผนวก	34

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน	6
2.2 คุณค่าทางโภชนาการของข้าว	7
4.1 แสดงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าว	23
4.2 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดขนมขบเคี้ยวจากข้าว	24
4.3 ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อคะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากข้าว	25
4.4 คะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบผงปรุงรสต่างๆ	26
4.5 คะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรสสำหรับรายละเอียดที่ระดับต่างๆ	
4.6 ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรสสำหรับรายละเอียด	27

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลส	5
2.2 โครงสร้างของอะไมโลเพกติน	6
2.3 ปฏิกริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทอด	11
4.1 แสดงกระบวนการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าว	25

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจำหน่ายในรูปแบบต่างๆ มากมายและมีการบริโภคเพิ่มมากขึ้น เพราะเป็นอาหารว่างที่รับประทานง่าย สะดวกในการพกพา และมีหลากหลายรสชาติให้เลือก และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมทั้งในกลุ่มเด็ก วัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่หรือผู้ที่อยู่ในวัยทำงาน และปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารขบเคี้ยว (snack food) ในประเทศไทย ก็เป็นอุตสาหกรรมที่มีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากการมีโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ทั้งโรงงานขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ซึ่งรวมทั้งการผลิตในลักษณะเป็นอุตสาหกรรมครัวเรือน โดยมูลค่าทางการตลาดในประเทศสูงถึงปีละ 10,000 ล้านบาท และคาดว่าจะในปีต่อไปจะมีการขยายตัวประมาณร้อยละ 15-20 นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวในปัจจุบันมีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อเป็นที่ดึงดูดใจของผู้บริโภคทั้งในด้านรูปร่าง กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส ทำให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ มีความแตกต่างกันไปได้แก่นิคมของวัตถุดิบหรืออัตราส่วนของส่วนผสมในสูตร และเพื่อเป็นการสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาทางเศรษฐกิจ และเป็นการพัฒนาศักยภาพอาหารท้องถิ่นเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน ดังนั้นนักวิจัยจึงได้สนใจนำเอาข้าวซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีมากในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์นำมาแปรรูปเพื่อพัฒนาเป็นขนมขบเคี้ยวและสามารถส่งเสริมการท่องเที่ยวได้อีกด้วย โดยทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส
2. เพื่อศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรสทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่อทำการวิจัยเสร็จสมบูรณ์แล้วสามารถนำสูตรที่เหมาะสมไปเผยแพร่ให้กับกลุ่มแม่บ้านที่แปรรูปผลิตภัณฑ์ชุมชน และสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนจำหน่ายเป็นของฝากได้

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส
2. ศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมีและและจุลชีววิทยา ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนมอบเคี้ยว

ผลิตภัณฑ์ขนมอบเคี้ยวหรืออาหารว่างเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันทั่วไปในระหว่างมื้อของอาหาร และความนิยมดังกล่าวได้มีเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีหลากหลายรูปแบบซึ่งผลิตจากวัตถุดิบและใช้กรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันไป จากความนิยมในการบริโภคขนมอบเคี้ยวที่เพิ่มมากขึ้นบวกกับความเจริญของเทคโนโลยีจึงทำให้มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงการผลิตจากระดับครัวเรือนมาเป็นระดับอุตสาหกรรมซึ่งทำให้นิคมและรูปแบบของผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายมากขึ้น รวมทั้งการแข่งขันทางการตลาดก็สูงขึ้นด้วย

จากการรวบรวมความหมายของผลิตภัณฑ์ขนมอบเคี้ยว (snack) หรือ อาหารขบเคี้ยว (snack food) ของ Tettweiler (1991); ธงชัย (2535); เพ็ญขวัญ และทัศนีย์ (2541) สรุปได้ว่า ขนมอบเคี้ยวควรมีลักษณะพื้นฐานดังนี้ มีลักษณะรูปร่างขนาดเล็ก อาจเป็นของหวานหรือของเคี้ยว โดยที่ผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการแปรรูปมาแล้วพร้อมบริโภคได้ทันที หรือมีการเตรียมเพียงเล็กน้อยบริโภคขณะร้อนหรือเย็นในรูปของแข็งหรือของเหลวก็ได้ใช้รับประทานเป็นอาหารว่างหรือโอกาสต่างๆ ตามที่ผู้บริโภคต้องการ ซึ่งจะทำให้เกิดความพึงพอใจและประทับใจในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ได้ ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นาน 6 สัปดาห์ โดยไม่ต้องอาศัยความเย็น นอกจากอาหารที่ประกอบภายในครัวเรือนแล้วอาหารขบเคี้ยวส่วนใหญ่ยังมีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

ขนมอบเคี้ยวมีการพัฒนารูปแบบและรสชาติใหม่ๆ ออกสู่ตลาดอยู่ตลอดเวลา เพื่อขยายฐานการตลาดให้กว้างขวางขึ้น เนื่องจากสภาพการแข่งขันในปัจจุบันที่รุนแรง ภาวะการตลาดของขนมอบเคี้ยวภายในประเทศ และต่างประเทศ มีดังต่อไปนี้

2.1.1 การตลาดของขนมอบเคี้ยวภายในประเทศ

ผลิตภัณฑ์ขนมอบเคี้ยวในประเทศไทยมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งบริษัทศูนย์วิจัยไทยพาณิชย์ จำกัด ได้จำแนกประเภทของขนมอบเคี้ยวที่มีในตลาดส่วนใหญ่เป็น 7 ประเภทหลัก ได้แก่

2.1.1.1 มันฝรั่งทอด / อบเนย ทั้งชนิดแผ่นและแท่ง (stick)

2.1.1.2 ปลาเส้น ปลาแผ่น ปรุงรสต่างๆ

2.1.1.3 ขนมอบขึ้นรูป ได้แก่ ขนมอบกรอบที่ผลิตจากวัตถุดิบประเภทแป้ง อาทิ แป้ง

ข้าวโพดและส่วนผสมอื่น ขึ้นรูปเพื่อให้มีรูปร่างต่างๆ กัน

2.1.1.4 ถั่วประเภทต่างๆ

2.1.1.5 ข้าวเกรียบ (กุ้ง ปลา และอื่นๆ)

2.1.1.6 ข้าวโพดอบเนย

2.1.1.7 ปลาหมึกปรงรส

2.1.2 การตลาดของขนมขบเคี้ยวในต่างประเทศ

สำหรับการตลาดของขนมขบเคี้ยวในต่างประเทศ Hilliam (2001) กล่าวถึงตลาดของขนมขบเคี้ยวในประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น บางประเทศในทวีปยุโรป และ อังกฤษ ดังนี้

2.1.2.1 ตลาดขนมขบเคี้ยวของประเทศสหรัฐอเมริกามีการพัฒนาไปในหลายๆ ด้านในประเทศสหรัฐมีการบริโภคขนมขบเคี้ยวกันมากขึ้นและทำให้ชาวอเมริกันได้รับพลังงานถึงร้อยละ 30 ของอาหารที่บริโภคต่อวัน จุดเด่นของตลาดอยู่ที่การพัฒนากลิ่นรส ดังนั้นบริษัทผู้ผลิตต่างๆ จึงจำเป็นต้องค้นหาหรือพัฒนากลิ่นรสใหม่ๆ เพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค นอกจากความหลากหลายในเรื่องของกลิ่นรสแล้ว ยังมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า chip and dip ด้วย โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะประกอบด้วยขนมขบเคี้ยวชนิดแผ่นกรอบและน้ำจิ้มที่อยู่ในตัวที่ปิดสนิทบรรจุรวมกันเป็นแพ็คในภาชนะบรรจุ

2.2 วัตถุดิบในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าว

2.2.1. ข้าว (Rice)

ข้าวที่ปลูกเป็นอาหารของมนุษย์มี 2 ชนิด ได้แก่ข้าวที่ปลูกในทวีปแอฟริกา มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Oryza glaberrima* และข้าวที่ปลูกในทวีปเอเชียมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Oryza sativa* ได้รับความนิยมนปลูกกันอย่างแพร่หลาย ข้าวเอเชียแบ่งเป็น 3 พันธุ์คือ พันธุ์อินดิกา (indica)ปลูกในประเทศไทย อินเดีย และฟิลิปปินส์มีลักษณะเมล็ดยาวเรียวย พันธุ์จาปอนิกา (japonica)ปลูกในประเทศญี่ปุ่น เกาหลีและจีน มีลักษณะเมล็ดค่อนข้างกลมป้อม และพันธุ์จาวานิกา (javanica) ปลูกในประเทศอินโดนีเซีย และพม่าจะมีเมล็ดก้ำกึ่งระหว่างพันธุ์อินดิกาและจาปอนิกา จากสถิติของการใช้ประโยชน์จากข้าวทั่วโลกพบว่าข้าวเป็นอาหารมนุษย์ 88% ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ 7 % ใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ 3.2 % และใช้เป็นอาหารสัตว์ 1.8 % (พูนศักดิ์และวัฒนา, 2549)

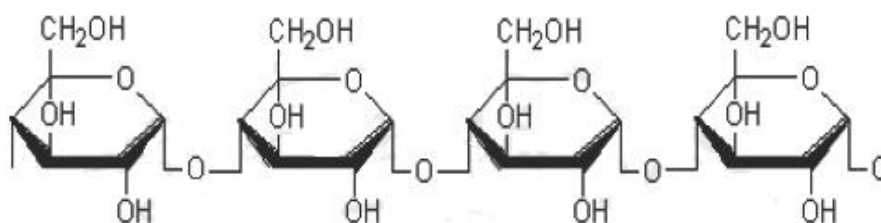
คุณภาพทางเคมีของข้าว

ข้าวมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักคาร์โบไฮเดรตในข้าวสารประกอบด้วยสตาร์ชประมาณ 90% โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญคือ อะไมโลสและอะไมโลเพกติน ข้าวสารเจ้ามีอะไมโลสเป็นองค์ประกอบประมาณ 7–33 % โดยน้ำหนักแห้งหรือ 8–37 % ของปริมาณสตาร์ช ส่วนประกอบที่เหลือ คือ อะไมโลเพกติน 3–67 % ซึ่งเป็นส่วนที่มีมากที่สุดในส่วนข้าวสารทั่วไปโดยเฉพาะข้าวเหนียวจะพบอะไมโลเพกตินเป็นส่วนใหญ่ อาจพบอะไมโลสได้บ้างเพียง 0.8–1.3% เท่านั้น สัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินในข้าวมีผลต่อคุณภาพของ

ข้าวสุกโดยตรงข้าวสารที่มีอะไมโลสมากเมื่อหุงสุกจะได้ลักษณะร่วนแข็ง ส่วนข้าวที่มีอะไมโลสต่ำจะให้ข้าวสุกที่นุ่มเหนียว (พูนศักดิ์และวินา, 2549)

คุณลักษณะของสตาร์ช

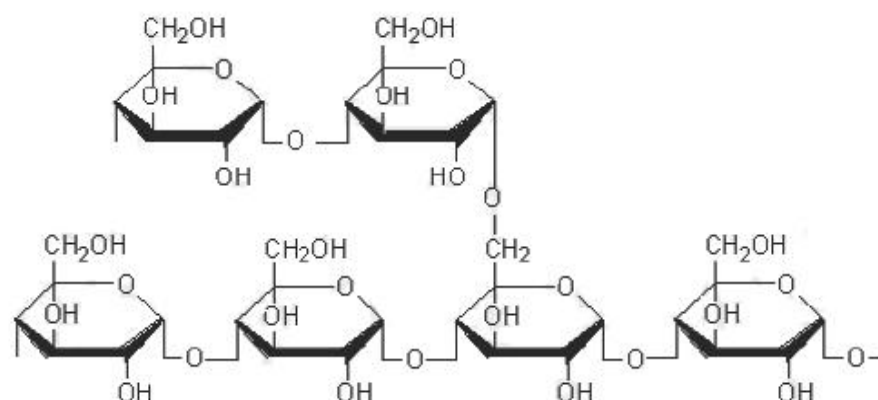
1. อะไมโลส (amylose) เป็นพอลิเมอร์สายตรงของน้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1,4 กลูโคซิดิก (โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลสแสดงในภาพที่ 2.1) โดยมีจำนวนหน่วยของกลูโคสประมาณ 1,500 หน่วยมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 250,000 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของธัญชาติด้วย โมเลกุลของอะไมโลสมีรูปร่างเกลียว (helical form) สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับกรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์และไขมันได้ หรือถ้าจับกับไอโอดีนก็จะให้สีน้ำเงินซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวสามารถนำมาใช้ในการทดสอบคุณสมบัติของแป้งได้ (พูนศักดิ์และวินา, 2549)



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลส

ที่มา : รลิตา, 2544

2. อะไมโลเพกติน (amylopectin) เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสเหมือนกับอะไมโลสแต่มีการเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ 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 (พูนศักดิ์และวินา, 2549) ความแตกต่างของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินแสดงในตารางที่ 2.1



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของอะไมโลเพกติน

ที่มา : รลิตา, 2544

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน

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

ในข้าวนอกจากมีสตาร์ชเป็นส่วนประกอบหลักแล้วยังมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบอยู่บ้างเล็กน้อย ในข้าวกล้องมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดประมาณ 0.83 -1.36 % ซึ่งมีน้ำตาลรีดิวิซ์ 0.09-0.13 % ส่วนในข้าวขาวมีน้ำตาลทั้งหมด 0.37 - 0.53% ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลรีดิวิซ์ 0.05- 0.08% ส่วนของเส้นใยที่พบส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส ซึ่งพบมากในรำ 62% ในคัพกะ 4% ในรำละเอียด 7% และในข้าวสาร 27% ส่วนแพนโทแซนจะพบกระจายอยู่ในรำหยาบ 43 % ในคัพกะ 8 % ในรำละเอียด 7% และในข้าวสาร 42% สำหรับโปรตีนที่พบในข้าวส่วนใหญ่จะอยู่ที่ผิวนอกของเนื้อเมล็ด และปริมาณจะลดลงเมื่อเข้าใกล้จุดกึ่งกลางเมล็ด โปรตีนที่แทรกอยู่ระหว่างเมล็ดสตาร์ชมีรูปร่างกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 - 4 ไมครอน ชนิดของกรดอะมิโนที่พบมากในข้าว ได้แก่ ไลซีน แอลบูมิน

โกลบูลิน กลูเตลิน โปรลามิน แร่ธาตุที่พบข้าวสาร ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซิลิกอน แมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียม และเหล็ก ส่วนวิตามินพบในข้าวกล้องมากกว่าในข้าวสาร โดยเฉพาะในส่วนของคัพภะและชั้นออูโรน วิตามินที่สำคัญในข้าวได้แก่ ไทอะมิน ไรโบฟลาวิน และไนอะซิน ในการขัดสีข้าวจะทำให้สูญเสียวิตามินไปประมาณ 50% (รลิตา, 2544) คุณค่าทางโภชนาการของข้าวแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของข้าว

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี / 100 กรัม)	447
โปรตีน (กรัม / 100 กรัม)	9.8
ไขมัน (กรัม / 100 กรัม)	2.65
คาร์โบไฮเดรต (กรัม / 100 กรัม)	88.9
เส้นใย (crude fiber) (กรัม / 100 กรัม)	0.3
เถ้า (กรัม / 100 กรัม)	0.6
แคลเซียม (มิลลิกรัม / 100 กรัม)	68
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม / 100 กรัม)	285
ไทอะมิน (มิลลิกรัม / 100 กรัม)	0.33
ไนอะซิน (มิลลิกรัม / 100 กรัม)	4.9

ที่มา : รลิตา, 2544

2.2.2 แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันสำปะหลัง (tapioca starch) อาจเรียกว่า cassava starch คือ สตาร์ช (starch) ที่ผลิตได้จากหัวมันสำปะหลัง (tapioca)

การผลิตแป้งมันสำปะหลัง กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบสลดแห้งนั้น เป็นกระบวนการผลิตแบบใหม่ที่โรงงานโดยทั่วไปใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ หัวมันสำปะหลังจะถูกล้างให้สะอาดโดยผ่านเครื่องล้างหัวมัน เพื่อล้างเอาเศษดินที่ยังติดอยู่กับหัวมันออกไปกับน้ำ

2. การโม้หัวมันสำปะหลัง มันสำปะหลังจะถูกลำเลียงเข้าสู่เครื่องสับหัวมันให้หัวมัน มีขนาดเล็กลง ในระหว่างการม่มีการเติมน้ำเพื่อให้สามารถม่หัวมันได้ง่าย ในขั้นตอนนี้จะได้ของเหลวข้นที่มีส่วนผสมของแป้ง น้ำ กากมัน และสิ่งเจือปนต่างๆ

3. การสกัดแป้ง ของเหลวข้นจากเครื่องม่จะถูกปั๊มเข้าสู่เครื่องแยกน้ำทิ้งที่มีโปรตีนและไขมันออกจากเนื้อแป้ง แล้วน้ำแป้งที่ได้จะเข้าสู่หน่วยสกัดแป้ง โดยจะถูกปั๊มเข้าสู่เครื่องสกัดแป้งซึ่งเป็นเครื่องแยกน้ำแป้งออกจากเส้นใยและกาก โดยเครื่องนี้จะแบ่งหน้าที่ตามการกรอง

ออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดสกัดหยาบ และชุดสกัดละเอียด ซึ่งน้ำแป้งจะผ่านชุดสกัดหยาบก่อนเพื่อแยกกากหยาบออก แล้วจึงเข้าสู่ชุดสกัดละเอียดเพื่อทำให้บริสุทธิ์ขึ้นโดยผ่านผ้ากรองที่มีขนาดเล็กลงของเครื่องสกัดละเอียด จากนั้นน้ำแป้งที่มีความบริสุทธิ์สูงจะถูกสูบจากถังพักมายังเครื่องสกัดแห้ง ซึ่งจะเหวี่ยงแยกน้ำออกจากน้ำแป้งทำให้ได้แป้งหมักที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 35-40

4. การอบแห้ง แป้งหมักจะถูกเป่าด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 180-200 องศาเซลเซียสจากเตาเผาขึ้นไปบนปล่องอบแห้ง แล้วตกลงมาเข้าสู่ไซโคลบความร้อนทำให้ความชื้นหายไปบางส่วน

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 ด้ายแนวยืน สำหรับแป้งที่ใช้เป็นประเภท oxidized starches acetylates และ hydroxyethyl starches

- ในงานพิมพ์ผ้าต่างๆ แป้งถูกใช้เพื่อทำหน้าที่เพิ่มความสม่ำเสมอของสีที่พิมพ์ และป้องกันการเปรอะเปื้อนของผ้าพิมพ์ในขณะที่พิมพ์และ หลังจากพิมพ์เสร็จ สำหรับแป้งที่ใช้เป็นประเภท pregelatinized starch ether และแป้งดัดแปรอื่นๆ

- ขั้นตอนทอ ซึ่งต้องมีการใช้แป้งเพื่อความงามและคงทนของเนื้อผ้า แต่เมื่อมีการใช้ใยสังเคราะห์มากขึ้น การใช้แป้งเพื่อเปลี่ยนรูปร่าง และเพิ่มความทนทาน เริ่มลดความสำคัญลง

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

2.2.3 สารปรุงแต่งกลิ่นรส (Flavor coating)

การบริโภคอาหาร นอกจากจะบริโภคเพื่อจัดความหิวโหยแล้ว และเพื่อความจำเป็นของร่างกายเพื่อดำรงชีวิตแล้ว ยังเลือกบริโภคเพื่อความเอร็ดอร่อยของรสชาติอาหารตามใจปากของตนเองอีกด้วย ดังนั้นรสชาติอาหารจึงจัดเป็นคุณลักษณะทางคุณภาพที่สำคัญของอาหารประการหนึ่งที่ผู้บริโภคต้องการ และมีอิทธิพลต่อจิตประสาทในการยอมรับอย่างมาก คำตอบของผู้คนส่วนใหญ่ที่บอกว่าชอบหรือไม่ชอบอาหารใดนั้น มักมีสาเหตุมาจากกลิ่นรสเป็นสำคัญ ทั้งๆที่สารประกอบที่ให้กลิ่นรสในอาหารนั้น จัดว่าเป็นองค์ประกอบที่มี ปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (สายสนม, 2540) ดังนั้นการเติมสารปรุงรสแต่งกลิ่นรสไม่ว่าจากธรรมชาติ หรือ สังเคราะห์ขึ้นมาจะเป็นสิ่งที่ทำให้ขนมขบเคี้ยวนั้นน่ารับประทานยิ่งขึ้น แม้ว่าสารปรุงแต่งกลิ่นรสจะไม่ใช่วิธีส่วนผสมหลักในการผลิตขนมขบเคี้ยว แต่ก็มีผลต่อลักษณะปรากฏ และรสชาติของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ได้มีการให้คำจำกัดความของสารที่ใช้ในการปรุงแต่งกลิ่นรสว่าเป็น สารที่เติมลงไปในการอาหาร ยา หรือ ผลิตภัณฑ์อื่นๆที่บริโภคเข้าไปในปาก โดยมีจุดประสงค์อย่างเด่นชัดเพื่อที่จะทำให้เกิดกลิ่นรสขึ้นในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปนั้น (ศิริินทร์, 2536) นอกจากนี้สารปรุงแต่งกลิ่นรสยังหมายถึงสารประกอบที่ตามปกติแล้วจะไม่นำมาใช้เป็นอาหารบริโภคโดยตรง และไม่ใช่วิธีส่วนประกอบหลักในผลิตภัณฑ์อาหารไม่ว่าสารนั้นจะมีคุณค่าทางโภชนาการหรือไม่ก็ตาม จะนำมาเติมลงในอาหารเพื่อจุดประสงค์ทางด้านเทคนิคของการผลิต การแปรรูป หรือการปฏิบัติการใดก็ตาม ที่ส่งผลต่อคุณลักษณะด้านกลิ่น หรือรสชาติ หรือทั้งให้กลิ่นและรสชาติในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆอย่างปลอดภัย และได้รับอนุญาตให้ใช้ในประเทศนั้น (สายสนม, 2540) กลิ่นรสที่นิยมนำมาเคลือบ ขนมขบเคี้ยวมีหลายชนิดคือ กลิ่นรสบาร์บิคว กลิ่นรสเนื้อ กลิ่นรสชีส กลิ่นรสแฮม กลิ่นรสเบคอน กลิ่นรสควิน กลิ่นรสพิชซ่า กลิ่นรสหัวหอม กลิ่นรสไก่ กลิ่นรสกระเทียม กลิ่นรสพริกหยวก กลิ่นรสคาราเมล กลิ่นรสเนยถั่ว กลิ่นรสวานิลลา กลิ่นซ็อกโกเลต กลิ่นรสชีวี่ และอื่นๆ

2.3 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 ตามกลุ่มเทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 คือ Deep-fat fried กลุ่ม นี้ได้แก่ มันฝรั่งทอดกรอบ และมันฝรั่งแท่ง และถือได้ว่าเป็นธุรกิจส่วนใหญ่ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

กลุ่มที่ 2 คือ Quick fried แผ่นเพลเลต (pellet) มีการทำให้สุกบางส่วน ซึ่งได้จากมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่ง และ/หรือธัญชาติอื่นๆ นำมาทอดที่อุณหภูมิสูง (เช่น ประมาณ 200 องศาเซลเซียส)

เป็นเวลาสั้นๆ (10 -15 วินาที) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความพองและเนื้อสัมผัสเบา

กลุ่มที่ 3 คือ Extrusion Cooked ส่วนผสมของแป้งและธัญชาติอื่นๆ ที่อยู่ในลักษณะเป็นผงนำไปเอ็กซ์ทรูดผ่านหัวใดของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่อุณหภูมิและความดันสูง เพื่อให้ได้เอ็กซ์ทรูเกตที่ทำให้พองด้วยการทอดในภายหลัง จากนั้นทำการเคลือบด้วยน้ำมันและกลั่นรส ผลิตภัณฑ์ที่วางขายในตลาดเป็นจำนวนมากอยู่ในกลุ่มนี้ และสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปร่าง ลักษณะเนื้อสัมผัส และกลั่นรสแตกต่างกัน

กลุ่มที่ 4 คือ Roasted ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้มักเป็นพวกถั่วต่างๆ (nuts) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปถั่วลิสงคั่ว

งานวิจัยนี้เลือกใช้การผลิตโดยใช้กระบวนการทอดซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมระดับครัวเรือนได้ ซึ่งจะอธิบายเกี่ยวกับเรื่องของการทอดแบบน้ำมันท่วมขึ้นอาหารน้ำมันหรือไขมันที่ใช้ในการทอด และปัจจัยที่ส่งผลต่อขนมขบเคี้ยวดังนี้

1. การทอดแบบน้ำมันท่วมขึ้นอาหาร (deep-fat frying)

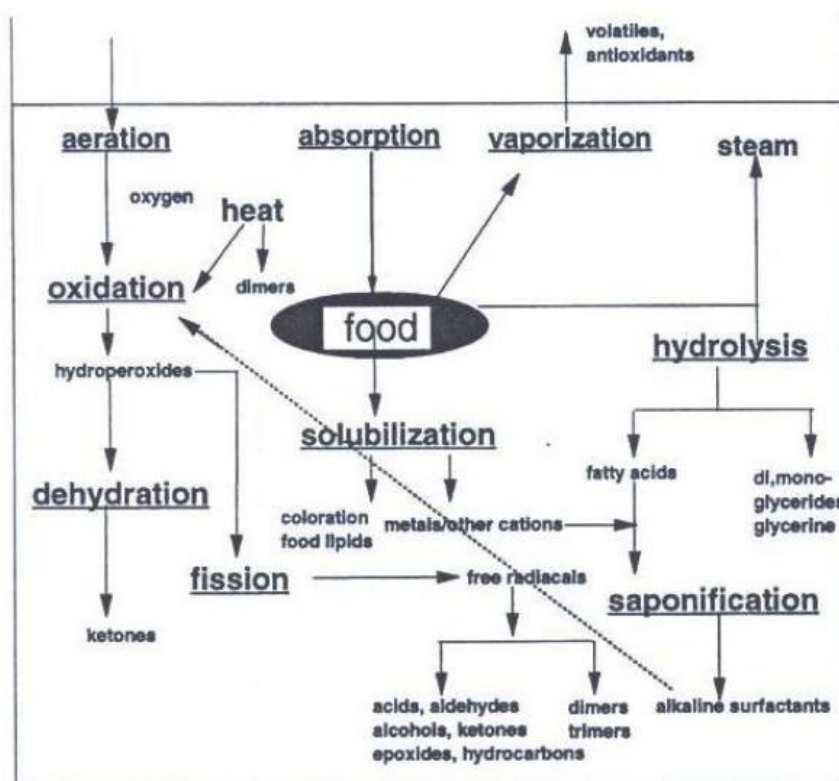
การทอดแบบน้ำมันท่วมขึ้นอาหารหรือ deep-fat frying เป็นกรรมวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารและขนมขบเคี้ยวที่ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในระดับครัวเรือนและระดับอุตสาหกรรม ในการทอดแบบ deep-fat frying อาหารจะจมอยู่ในน้ำมันหรือไขมันที่มีอุณหภูมิสูง โดย Moreira *et al.* (1999) กล่าวว่าน้ำมันขณะทอดส่วนใหญ่จะมีอุณหภูมิ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

2. น้ำมันและไขมันที่ใช้ในการทอด

กรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวแบบทอด (deep fat frying) นั้นน้ำมันที่ใช้ในการทอดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากน้ำมันที่ใช้เป็นขดแทนนึ่ง (shortening) หรือใช้ในการเคลือบ (coating) คือ จะต้องมิจุดเกิดควัน (smoking point) ที่สูง และมีความคงตัวต่อการเกิดไฮโดรไลซิส (hydrolysis) และการเกิดออกซิเดชัน (oxidation) ที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Matz, 1991) ในงานวิจัยนี้ได้เลือกน้ำมันปาล์มมาใช้ในการทอด โดยน้ำมันปาล์มมีคุณสมบัติที่ดีดังที่กล่าวต่อไปนี้

น้ำมันปาล์ม (palm oil) เป็นน้ำมันที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เนื่องจากไม่มีกลิ่นที่อุณหภูมิห้อง มีการคงทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูงและมีคุณค่าทางโภชนาการเนื่องจากมีองค์ประกอบของกรดไขมัน (50% unsaturated no trans acid) ราคาถูก และมีสีที่ดี (favorable light) เมื่อเทียบกับน้ำมันชนิดอื่นๆ สมบัติในการทอดที่ดีของน้ำมันปาล์ม คือ มีการคั่วไขมันไม่อิ่มตัวปานกลาง มี linolenic acid และ tocopherol (380 – 890 ppm) ซึ่งเป็นสารกันหืน

ธรรมชาติทำให้น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่มีประสิทธิภาพ (Hui, 1996) ในระหว่างกระบวนการทอด น้ำมันจะเกิดการเสื่อมเสีย และมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ซับซ้อนเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันกับอาหารระหว่างการทอดปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทอด ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของน้ำมัน แสดงดังภาพที่ 2.3 โดยปฏิกิริยาทางเคมีหลักๆ ที่เกิดขึ้นกับน้ำมันระหว่างการทอดคือ 1) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) เป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนที่มีในอากาศกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ในน้ำมันหรือไขมันเกิดเป็นอนุมูลเพอรอกไซด์ที่ไม่เสถียรจะสลายตัวให้สารประกอบแอลดีไฮด์ หรือคีโตน ซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้และทำให้มีกลิ่นเหม็นหืน และ 2) ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) เมื่ออาหารถูกนำไปทอดในน้ำมันที่ร้อน ไอน้ำที่ออกจากอาหารจะทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระซึ่งทำให้มีกลิ่นรสคล้ายสบู่เกิดขึ้น



ภาพที่ 2.3 ปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทอด

ที่มา: Moreira *et al.* (1999)

3. ปัจจัยที่มีผลต่อขนมขบเคี้ยวที่ผ่านกระบวนการทอด

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการทอดซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยว คือ สภาพในการทอด โดย ธงชัย (2535) กล่าวว่าสภาวะในการทอดจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะได้มากโดยการทอดจะทำให้เกิดการพองตัวของแป้ง (starch gel) ขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ การพองตัวขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่างคือ ความดัน และความต้านทาน ความดันเกิดจากการให้พลังงานเข้าไปในอาหารจะโดยวิธีใดก็ตาม เนื่องจากน้ำที่แทรกอยู่ในอาหารเกิดการขยายตัวดันให้เนื้ออาหารเป็นโพรง หรือรูพรุน เพื่อให้ความชื้นหลุดออกจากเนื้ออาหารได้ ในขณะที่ความดันก็จะเกิดแรงต้าน หรือแรงยึดไม่ให้น้ำขยายตัวหรือหลุดไป ถ้าใช้พลังงานพอเหมาะจะทำให้เกิดความดันเท่ากับ ความต้านทาน การพองตัวที่ได้จะมีการพองตัวสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นอาหาร ทำให้ความชื้นที่เหลืออยู่พอเหมาะที่จะทำให้มีความกรอบพอเหมาะพอดี มีโครงสร้างเนื้อสัมผัสดีไปด้วย แต่ถ้าความดันน้อยกว่าความต้านทาน ลักษณะเนื้อสัมผัสจะไม่ดี มีรูพรุนไม่สม่ำเสมอ ส่วนที่ไม่มีรูพรุนก็จะแข็ง

ปัจจัยในการทอดที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวมีหลายประการ เช่น คุณภาพของน้ำมัน ความชื้นเริ่มต้น อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทอด ขนาด และองค์ประกอบของอาหาร ได้ แก่อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน ปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น การดูดซับน้ำมันหรือการอมน้ำมันของผลิตภัณฑ์ สี และเนื้อสัมผัส เป็นต้น

3.1 คุณภาพของน้ำมัน

ในระหว่างการทอดน้ำมันจะถูกดูดซับเข้าไปในผลิตภัณฑ์ ด้วยการแทนที่น้ำที่ระเหยออกไปกลายเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นคุณภาพของน้ำมันหรือไขมันที่ใช้ในการทอดจึงมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการทอด น้ำมันที่ได้รับความร้อนเป็นเวลานานหรือใช้ทอดหลายๆ ครั้ง น้ำมันจะเกิดการเสื่อมเสียดังที่ได้กล่าวมาในข้อ 4.2 ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (Moreira *et al.*, 1999) จากการทดลองของ Moreira *et al.* (1997) พบว่า tortilla chips ที่ทอดในน้ำมันที่ผ่านการใช้น้ำมาแล้วมีผลทำให้มีน้ำมันปริมาณมากสะสมอยู่ที่ผิวหน้าของตัวอย่างมากกว่า tortilla chips ที่ทอดในน้ำมันใหม่

3.2 อุณหภูมิ และเวลาในการทอด

สาเหตุการอมน้ำมันมาจากอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการทอด การทอดที่ใช้อุณหภูมิต่ำปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ก็จะต่ำด้วย ในขณะที่การเพิ่มเวลาในการทอดจะทำให้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ขนาดของชิ้นอาหารก็มีผลต่อการอมน้ำมัน โดยตัวอย่างที่มีความหนาเพิ่มขึ้นการอมน้ำมันจะลดลง 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 และน้ำจากองค์ประกอบของวัตถุดิบจะมีผลต่อการแตกตัวของเม็ดแป้งมากซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Hnat *et al.*, 1997) ถ้าใช้น้ำมากเกินไปเม็ดแป้งจะแตกตัวมากให้เจลที่เหนียว ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้ปริมาณน้ำน้อยเกินไปแป้งจะพองตัวน้อยไม่สุกและจะไม่เกิดเจลมากนัก เมื่อนำไปทอดจะไม่พองตัว โดยแป้งชนิดต่างๆ มีความสามารถในการพองตัว และการดูดน้ำไม่เท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อใส่ส่วนผสมอื่นที่มีความชื้นสูงลงไปด้วย ปริมาณน้ำที่ใช้จะลดลงแต่จะลดลงเท่าใดขึ้นอยู่กับชนิดของส่วนผสมนั้น (พรณี, 2530) ความชื้นเริ่มต้นมีผลต่อการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ ดังจะเห็นได้จากการทดลองของ Moreira *et al.* (1997) ที่ศึกษาปัจจัยในการเพิ่มขึ้นของน้ำมันในผลิตภัณฑ์ tortilla chips ในกระบวนการทอดแบบ deep-fat frying โดยศึกษาสภาวะที่แตกต่างกันในการทอดพบว่าตัวอย่างที่มีความชื้นเริ่มต้นที่สูงจะมีการดูดซับน้ำมันปริมาณสูงด้วย 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 พบว่าชั้นมันฝรั่งที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร จะมีการดูดซับน้ำมันได้มากกว่า ชั้นมันฝรั่งที่มีความหนา 10 และ 15 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขนาดของชิ้นอาหารนอกจากจะมีผลต่อการดูดซับน้ำมันแล้วยังมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ด้วย จากการทดลองของ Krokida *et al.* (2001) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิ และระยะเวลา

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

3.5 อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน

อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกตินมีผลต่ออัตราการพองตัวโดยปริมาตรและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว กล่าวคืออะไมโลเพกตินจะช่วยให้พองตัว มีน้ำหนักเบา ส่วนอะไมโลสถ้ามีมากจะลดการพองตัว หรือทำให้ปริมาตรจำเพาะลดลง แต่จะไปลดน้ำมันระหว่างทอด ดังนั้นผลิตภัณฑ์อาหารว่างแต่ละชนิดจะต้องมีปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกตินในแป้งในอัตราส่วนที่เหมาะสมแตกต่างกันไป แป้งที่มีอะไมโลสร้อยละ 5 – 20 จะให้คุณสมบัติตามต้องการ คือ มีการพองตัวดี แต่ไม่ดูดซับน้ำมันมากเกินไป (Charles, 1969) ในกรณีที่ว่าวัตถุดิบมีปริมาณอะไมโลสมากกว่าร้อยละ 50 นฤดม (2528) กล่าวว่าจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแน่นพองตัวได้ยาก แข็งกรอบ และมีความกรอบอยู่ได้นาน ถ้าเม็ดแป้งที่มีอะไมโลเพกตินสูง การแตกตัวจะเป็นไปอย่างง่ายคายให้เจลที่เหนอะหนะและยืดออกได้ดี เมื่อนำไปทำ ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจะพองตัวออกได้มาก แต่เก็บได้ไม่นานเมื่อสัมผัสกับอากาศจะอ่อนตัว ไม่กรอบ และยังมีผลถึงการดูดซับน้ำมันในการทอดด้วยการพองตัวยังมากการดูดน้ำมันจะเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ Chinnaswamy and Hanna (1988) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะไมโลสร้อยละ 0 – 70 กับคุณสมบัติในการพองตัวของสตาร์ชข้าวโพดในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน ผลการศึกษาพบว่าอัตราการพองตัวของสตาร์ชจะเพิ่มขึ้นจาก 8 เป็น 16.4 เมื่อปริมาณอะไมโลสเพิ่มจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 50 (โดยน้ำหนักแห้ง) หลังจากนั้นอัตราการพองตัวจะลดลง และนอกจากนี้ปริมาณอะไมโลสที่สูงขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นลดลง ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้น

2.4 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 ในขณะที่คุณค่าทางโภชนาการไม่สามารถอธิบายได้ด้วยประสาทสัมผัสโดยทั่วไปโรงงานจะควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารทอดโดยใช้ลักษณะปรากฏและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งคุณลักษณะของคุณภาพดังกล่าวสามารถตรวจสอบได้ด้วยการวัดคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่มีความสัมพันธ์กัน คุณสมบัติที่ใช้ในการตรวจวัดคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์อาหารทอดประกอบด้วย 1) ปริมาณความชื้นทั้งหมด 2) สี 3) ปริมาณน้ำมัน 4) กลิ่นรส

5) เนื้อสัมผัส 6) ปริมาณผลผลิตที่ได้ 7) คุณค่าทางโภชนาการ 8) ความคงตัวของอายุการเก็บ ซึ่งผู้บริโภค หรือโรงงานผู้ผลิตอาหารทอดจะคำนึงถึงคุณลักษณะคุณภาพที่แตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์ เช่น ผู้บริโภคมันฝรั่งทอดกรอบ ชอบผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบ มีผิวสีทอง (เหลือง) และไม่อมน้ำมัน ดังนั้นคุณภาพที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญคือข้อที่ 2, 3, 4 และ 5 ในขณะที่ผู้ผลิตจะให้ความสำคัญกับผลผลิตที่ได้ และความคงตัวของกลิ่นรสชาติและเก็บรักษา (ข้อ 6 และ 8) “เนื้อสัมผัส” เป็นลักษณะที่สำคัญที่จะบ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเภททอดหรือขนมขบเคี้ยว ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสจะประกอบด้วยการรับรู้ทางกายภาพต่างๆ หรือกลุ่มของคุณลักษณะทางกายภาพ 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 เมื่อลักษณะเนื้อสัมผัสยังคงแน่นและกรอบ ความกรอบเป็นสิ่งที่สำคัญมากเพราะจะนำไปสู่ความพอใจเมื่อได้บริโภค และจะส่งผลให้เกิดการบริโภคในครั้งต่อไป โดยอาหารที่กรอบจะต้องเนื้อแน่น และแตกง่ายทันทีที่ทำให้ผิรูปร่าง 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

ปาริฉัตร (2545) ได้อธิบายโครงสร้าง และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของอาหารไว้ดังนี้ คือ องค์ประกอบของอาหารเป็นสารประเภทไบโอพอลิเมอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ เป็นสารที่มีโครงสร้างที่เป็นระเบียบ (crystalline structure) และโครงสร้างไม่มีระเบียบ (amorphous structure) โครงสร้างทั้ง 2 นี้สามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้ตามการเปลี่ยนแปลงของ

อุณหภูมิและระดับความชื้น เมื่ออุณหภูมิของอาหารอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (T_g) อาหารจะเปราะและแตกง่าย T_g เป็นอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลของวัสดุซึ่งเป็นของแข็งที่มีความหนืดสูงมากคล้ายแก้ว (glass) หรือมีค่ามอดุลัสสูง เป็นวัสดุที่มีความแข็งลดลงและยืดหยุ่นมากขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุให้สูงกว่า T_g วัสดุจะยังเป็นของแข็งที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่ายขึ้น แต่ไม่สามารถไหลได้เหมือนของเหลว มีลักษณะเหนียวคล้ายหนังหรือเป็นยาง (rubbery) และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุจนกระทั่งสูงกว่าอุณหภูมิหลอมเหลว (T_m) วัสดุจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับของเหลว (liquid like) เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงลดลง ดังนั้นหากปล่อยให้อาหารมีความชื้นเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาจะทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป

ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยว คือ ความชื้น และค่า water activity (a_w) โดย Bourne (1987) กล่าวว่า ค่า a_w มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของอาหาร ความสัมพันธ์ระหว่างค่า a_w หรือปริมาณความชื้น และคุณสมบัติทางกล หรือลักษณะเนื้อสัมผัสของวัสดุอาหารมีความซับซ้อนมาก นอกจากน้ำจะมีคุณสมบัติในการเป็น plasticizer แล้ว Chang *et al.* (2000) ยังกล่าวว่ามีเหตุผลที่เป็นไปได้ว่าน้ำสามารถทำหน้าที่ได้ทั้ง plasticizer หรือ nonplasticizer ก็ได้ในระบบพอลิเมอร์ของอาหารที่มีความชื้นต่ำ Moreira *et al.* (1999) กล่าวว่า ปริมาณความชื้น (moisture content) มีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว โดยทำให้โครงสร้าง starch/protein matrix เกิดพลาสติกไซซิง (plasticizing) และนุ่ม ทำให้แรงกลของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป ความกรอบลดลง รัญพีซแห้งจะมีความกรอบเมื่ออยู่ในสภาวะกระจก (glassy state) แต่การเกิดพลาสติกไซเซชัน (plasticization) จากปริมาณน้ำหรืออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จะทำให้วัสดุเปลี่ยนสถานะเป็นรับเบอร์ (rubbery state) ซึ่งเป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะขึ้น ไม่กรอบ (soggy) Kate and Labuza (1981) ได้ทำ การศึกษาความกรอบของขนมขบเคี้ยวโดยทั่วไปที่ทำจากแป้ง โดยทดสอบด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส และการใช้เครื่องมือ พบว่าความกรอบจะลดลงเมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้น และผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะไม่ถูกยอมรับเมื่อมีค่า a_w 0.35 - 0.5

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิชัย หฤทัยธนาสันต์และคณะ (2544) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ ถั่วลิสง และปลากระดัก มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับปลายข้าวหอมมะลิ และถั่วลิสง เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของขนมขบเคี้ยว ผลการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายพบว่า ผู้บริโภคต้องการให้ขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ ถั่วลิสงและปลากระดักมีโทนสีน้ำตาล แท่งของปลายข้าวหอมมะลิล้อมยาว 1.5 เซนติเมตร มีรสชาติเค็ม หวาน แตรสเค็ม นำ และมีรสเผ็ดบ้างเล็กน้อยให้ปรุงแต่งกลิ่นรสกึ่ง และบรรจุในซองอะลูมิเนียมฟอยล์ ขนาด 50 กรัม

ทำการผลิตปลายข้าวหอมมะลิทอดกรอบโดยใช้อัตราส่วนของปลายข้าวหอมมะลิและเนื้อฟักทอง อบแห้ง ทอด ถั่วลิสงทอดกรอบใช้ถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ส่วน ปลากระดักทอดกรอบเตรียมได้ โดยนำปลากระดักไปแช่น้ำเพื่อลดความเค็มให้มีปริมาณเกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ อบแห้ง ทอด ผสม ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดตามสูตรที่ได้จากโปรแกรมเชิงเส้นตรง ประกอบด้วยปลายข้าวหอมมะลิทอดกรอบ 40 เปอร์เซ็นต์ ถั่วลิสงทอดกรอบ 34 เปอร์เซ็นต์ และปลากระดักทอดกรอบ 20 เปอร์เซ็นต์ กลิ่น รสทั้ง 6 เปอร์เซ็นต์ ผลิตภัณฑ์มีค่า $aw = 0.26$ โปรตีน 26.40 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียม 160 mg/100 กรัม ผลการทดสอบผู้บริโภค 150 คน พบว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ในระดับชอบปานกลาง

ศรีวิกรณ์ ดิษฐอุดมโพธิ์ (2549) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักผลไม้แผ่นจากวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ แคนสับปะรด แครอท และผักบุ้ง ซึ่งแคนสับปะรดแผ่นได้รับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ranking test ด้านการยอมรับโดยรวมจากผู้ทดสอบมากที่สุด รองลงมา คือ แครอทแผ่น และผักบุ้งแผ่น ตามลำดับ สภาพที่เหมาะสมในกระบวนการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด คือ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 17 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้น 7-8 เปอร์เซ็นต์ จากการพัฒนาสูตรเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผักผลไม้แผ่นโดยผสมผงปรุงรสในขั้นตอนปั่นผสม ได้แก่ ผงปรุงรสปลาปิ้ง, รสบาร์บีคิว และรสหอยลายผัดน้ำพริกเผา ปริมาณ 1.2, 1.8 และ 2.4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (7-point hedonic scale) พบว่า แคนสับปะรดแผ่นผสมผงปรุงรสหอยลายผัดน้ำพริกเผา 1.8 เปอร์เซ็นต์ แครอทแผ่นผสมผงปรุงรสปลาปิ้ง 2.4 เปอร์เซ็นต์ และผักบุ้งแผ่นผสมผงปรุงรสบาร์บีคิว 1.2 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด โดยปัจจัยการยอมรับด้านรสชาติมีผลต่อการยอมรับโดยรวม เมื่อนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด บรรจุในถุงออลูมิเนียมฟอยล์ เก็บรักษาใน อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 4 เดือน พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและค่าออกซิเจนไดคัต ($P \geq 0.05$) อาจเกิดเนื่องจากบรรจุภัณฑ์มีคุณภาพดี สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี นอกจากนี้ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี (L^*, a^*, b^*) ($P < 0.05$) และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ($P < 0.05$)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

- | | |
|----------------------|--------------------------|
| - ข้าวเหนียว | พันธุ์ กข 10 |
| - แป้งมันสำปะหลัง | ยี่ห้อ นิวเกรด |
| - น้ำมันปาล์ม | บริษัท โอเลอิน |
| - ผงปรุงรสบาร์บีคิว | บริษัท โฟร์ ฟู้ดส์ จำกัด |
| - ผงปรุงรสต้มยำ | บริษัท โฟร์ ฟู้ดส์ จำกัด |
| - กลิ่นรสสาหร่ายทะเล | บริษัท โฟร์ ฟู้ดส์ จำกัด |

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าว

- อุปกรณ์เครื่องครัว
- เครื่องปั่น บริษัท PHILIPS
- ตู้อบลมร้อน บริษัท MEMMERT
- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง บริษัท OHAUS

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

- เครื่องวัดค่าสี บริษัท Minolta CO. LTD. รุ่น CR 300
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง บริษัท MEMMERT
- ชุดเครื่องมือวัดอัตราส่วนการพองตัว : กระบอกตวง
- ชุดเครื่องมือวัดความหนาแน่นโดยรวม (Bulk density): เครื่องชั่งน้ำหนัก และกระบอกตวง

อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

- อุปกรณ์วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณเส้นใยหยาบ

อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

- หม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดัน บริษัท Thai victory
- ตู้บ่มเชื้อ บริษัท ธเนตพัฒนา
- อุปกรณ์เครื่องแก้วในการวิเคราะห์จุลินทรีย์
- อุปกรณ์ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ
- แบบทดสอบ

อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

- เครื่องคอมพิวเตอร์
- โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

วิธีการทดลอง

1. ศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส

- การเตรียมแป้งข้าว ทำโดยการนำข้าวเหนียว กข10 มาปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าจนละเอียด จากนั้นร่อนด้วยตะแกรงร่อนแป้ง

1.1 ศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าว

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลังโดยการวางแผนการทดลองแบบ CRD ศึกษาระดับของแป้งมันสำปะหลังที่ 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยนำแป้งข้าวผสมกับแป้งมันสำปะหลังตามอัตราส่วนที่กำหนด จากนั้นเติมน้ำ 1.5 เท่าของน้ำหนักแป้ง จากนั้นนำไปนึ่งในอุณหภูมิ น้ำเดือดจนข้าวสุก จากนั้นนำไปใส่ถุงบีบแล้วบีบใส่ถาดที่รองด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ นำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นทอดแบบ deep-fat frying จนพองกรอบ นำผลิตภัณฑ์ที่ได้วัดคุณภาพทางกายภาพ คือ ค่าสี อัตราการพองและ bulk density

- วัดค่าสีของข้าวพองหลังทอด ได้แก่ ค่าสี L^* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a^* (+ หมายถึง วัตถุมีสีแดง, - หมายถึง วัตถุมีสีเขียว) และ b^* (+ หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน) โดยใช้เครื่องวัดสี

- อัตราส่วนการพองตัว โดยใช้การแทนที่เมล็ดงา (Seed displacement) นำเมล็ดงาใส่ถ้วยแก้วปากเรียบให้เต็ม ปาดให้เรียบ วัดปริมาตรโดยใช้กระบอกตวง (V_1) นำข้าวอบแห้งใส่ถ้วยใบเดิม วัดปริมาตรงาที่เหลือหลังนำข้าวอบแห้งออก (V_2) ความแตกต่างของเมล็ดงา ($V_1 - V_2$) คือ ปริมาตรของข้าวพองก่อนทอด จากนั้นนำข้าวพองไปทอดและหาปริมาตร (V_3) จะได้ ปริมาตรขนมขบเคี้ยวหลังทอด ($V_1 - V_3$)

$$\text{อัตราส่วนการพองตัว (เท่า)} = \frac{\text{ปริมาตรของข้าวพองหลังทอด}}{\text{ปริมาตรของข้าวพองก่อนทอด}}$$

- ความหนาแน่นโดยรวม (Bulk density) โดยใช้กระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร เทตัวอย่างลงไปประมาณ 2/3 ของกระบอกตวง จากนั้นเคาะ 15 ครั้ง เติมตัวอย่างที่เหลือ ให้ล้นแก้ว แล้วทำการเคาะอีก 5 ครั้ง แล้วปาดตัวอย่างที่เกินขอบแก้วออก ชั่งน้ำหนัก แล้วนำค่าไปหารด้วย ปริมาตรของแก้ว จะได้ค่าความหนาแน่น หน่วยเป็น กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร คัดแปลงมาจาก วิธีการของ (ธงชัย, 2535)

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนักของข้าวพอง (กรัม)}}{\text{ปริมาตรของข้าวพอง (ซม.³)}}$$

1.2 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการทอดขนมขบเคี้ยวจากข้าว

โดยนำขนมขบเคี้ยวจากข้าวหลังจากอบแล้ว นำมาทอดในน้ำมันพืช โดยวางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (2×2) ศึกษาอุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 200 องศาเซลเซียสและ 220 องศาเซลเซียส เวลาในการทอด 2 ระดับ คือ 20 และ 30 วินาที นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9 – point hedonic scale) จากผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ในลักษณะปรากฏด้าน สี กลิ่น ความกรอบ และความชอบโดยรวม

1.3 ศึกษากรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบผงปรุงรส

ทำการศึกษากลิ่นรสที่ผู้บริโภคต้องการปรุงแต่ง คือ บาร์บิคิว รสต้มยำและสำหรับทะเล ทำการคัดเลือกเพียงรสเดียวโดยคัดเลือกจากการทดสอบความชอบของผู้บริโภค จำนวน 30 คน

1.4 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบผงปรุงรส

จากการทดลองที่ 1.3 จะได้ชนิดของผงปรุงรสที่ผู้บริโภคต้องการในการนำมาเคลือบขนมขบเคี้ยวจากข้าว วางแผนการทดลองแบบ CRD ศึกษาระดับของผงปรุงรสที่ใช้ในการเคลือบในอัตราส่วน 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักขนมขบเคี้ยวจากข้าว ทำการทดสอบโดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (9 – point hedonic scale) จากผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ในลักษณะปรากฏด้าน สี กลิ่น รสชาติและความชอบโดยรวม

2. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมีและสมบัติทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส

2.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

ทำการวิเคราะห์ค่าสี L^* , a^* , b^* โดยใช้เครื่องวัดสีรุ่น color reader CR -10 บริษัท Konica Minolta sensing mode in Japan

2.2 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี

- ความชื้น (ตามวิธี AOAC, 2000)
- เถ้า (ตามวิธี AOAC, 2000)
- โปรตีน (ตามวิธี AOAC, 2000)
- ไขมัน (ตามวิธี AOAC, 2000)
- โยอาหาร (ตามวิธี AOAC, 2000)
- คาร์โบไฮเดรต คำนวณจากสูตร

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (ร้อยละของน้ำหนัก) = $100 - (\text{ร้อยละความชื้น} + \text{ร้อยละเถ้า} + \text{ร้อยละไขมัน} + \text{ร้อยละโปรตีน} + \text{ร้อยละโยอาหาร})$

2.3 ศึกษาคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาศึกษาคุณสมบัติทางเคมี

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด
- ราและยีสต์

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารและห้องปฏิบัติการเคมี
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ระยะเวลาในการทดลอง

เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2553 - ตุลาคม ปี พ.ศ. 2554

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

จากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส

4.1.1 ศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าว

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลังโดยการวางแผนการทดลองแบบ CRD ศึกษาระดับของแป้งมันสำปะหลังที่ 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยนำแป้งข้าวผสมกับแป้งมันสำปะหลังตามอัตราส่วนที่กำหนด จากนั้นเติมน้ำ 1.5 เท่าของน้ำหนักแป้ง จากนั้นนำไปนึ่งในอุณหภูมิน้ำเดือดจนข้าวสุก จากนั้นนำไปใส่ถุงบีบแล้วบีบใส่ถาดที่รองด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ นำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นทอดแบบ deep-fat frying จนพองกรอบ นำผลิตภัณฑ์ที่ได้วัดคุณภาพทางกายภาพ คือ ค่าสี อัตราการพองและ bulk density แสดงผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าว

อัตราส่วน แป้งข้าว : แป้งมันสำปะหลัง	ค่าสี			อัตราส่วน การพองตัว (เท่า)	ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์ เซนติเมตร)
	L*	a*	b*		
สิ่งทดลองที่ 1 (10.0:0.0)	72.67± 0.35 ^{ns}	-2.06 ± 0.42 ^{ns}	-3.60± 0.55 ^{ns}	1.71 ± 0.05 ^a	0.17 ± 0.02 ^a
สิ่งทดลองที่ 2 (9.5: 0.5)	72.53± 0.15 ^{ns}	-1.89± 0.19 ^{ns}	-2.53± 0.20 ^{ns}	2.90 ± 0.09 ^b	0.29 ± 0.04 ^b
สิ่งทดลองที่ 3 (9.0: 1.0)	72.00± 0.20 ^{ns}	-1.53± 0.45 ^{ns}	-2.47± 0.32 ^{ns}	4.06 ± 0.06 ^c	0.39 ± 0.01 ^c
สิ่งทดลองที่ 4 (9.5: 1.5)	71.93± 0.32 ^{ns}	-1.27± 0.28 ^{ns}	-2.87± 0.18 ^{ns}	5.18 ± 0.09 ^d	0.49 ± 0.04 ^d

หมายเหตุ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)
- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการทดลองพบว่าค่าสี L^* a^* และ b^* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนค่าอัตราส่วนการพองตัวและความหนาแน่นโดยรวม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเมื่อทำการเพิ่มอัตราส่วนของปริมาณแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ค่าอัตราส่วนการพองตัวและความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้

ตารางที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดขนมขบเคี้ยวจากข้าว

อุณหภูมิและเวลา	ค่าสี			อัตราส่วนการพองตัว (เท่า)
	L^*	a^*	b^*	
200 °C , 20 วินาที	77.70± 0.26 ^b	-3.00± 0.18 ^b	-3.20± 0.16 ^a	5.27 ± 0.16 ^a
200 °C , 30 วินาที	71.30± 0.15 ^a	-1.40± 0.20 ^a	0.30± 0.25 ^b	5.48 ± 0.20 ^b
220 °C , 20 วินาที	76.70± 0.32 ^b	-1.00± 0.43 ^b	5.00± 0.13 ^c	5.67 ± 0.09 ^c
220 °C , 30 วินาที	70.80± 0.24 ^a	2.10± 0.26 ^a	17.30± 0.23 ^d	5.73± 0.15 ^d

หมายเหตุ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)
- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการทดลองพบว่าขนมขบเคี้ยวจากข้าวทอดที่อุณหภูมิ 200 และ 220 องศาเซลเซียสใช้เวลาในการทอด 20 และ 30 วินาที เมื่อทำการวัดค่าสี ได้แก่ว่า L^* , a^* และ b^* ค่าที่ได้มีความแตกต่างกันที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีค่า L^* จะอยู่ในช่วง 71.30 – 77.70 ค่า a^* จะอยู่ในช่วง -3.00 – 2.10 ส่วนค่า b^* จะอยู่ในช่วง -3.20 – 17.30 ซึ่งเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิจะส่งผลทำให้ค่า a^* และ b^* มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนที่เพิ่มจะทำให้สีของขนมขบเคี้ยวจากข้าวมีสีที่เข้มเพิ่มขึ้น แต่จะทำให้ค่า L ซึ่งหมายถึงค่าความสว่างจะมีค่าลดลง

ตารางที่ 4.3 ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อคะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากข้าว

อุณหภูมิและเวลา	สี	การพอง	กลิ่น	ความชอบโดยรวม
200 °C , 20 วินาที				
200 °C , 30 วินาที				
220 °C , 20 วินาที				
220 °C , 30 วินาที				

หมายเหตุ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)
- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ดังนั้นสูตรและกรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าว ดังแสดงในภาพที่ 4.1

อัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวพันธุ์ กข10 : แป้งมันสำปะหลัง (9.5: 1.5)

ผสมกับน้ำ 1.5 เท่า



นำไปนึ่งในอุณหภูมิน้ำเดือดจนข้าวสุก



นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 6 ชั่วโมง



นำไปทอดที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที



ขนมขบเคี้ยวจากข้าว

ภาพที่ 4.1 แสดงกระบวนการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าว

ตารางที่ 4.4 คะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบผงปรุงรสต่างๆ

กลิ่นรส	สี	รสชาติ	กลิ่น	ความชอบโดยรวม
ต้มยำ	7.10 ± 0.83^b	7.03 ± 0.96^a	7.10 ± 1.12^b	7.04 ± 1.01^a
บาร์บีคิว	6.30 ± 0.91^a	6.67 ± 0.69^a	6.30 ± 0.66^a	6.98 ± 0.99^a
สาหร่ายทะเล	7.07 ± 1.19^b	7.20 ± 0.78	7.07 ± 0.94^b	7.43 ± 0.79^b

หมายเหตุ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)
- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.5 คะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรสสาหร่ายทะเลที่ระดับต่างๆ

กลิ่นรส	สี	รสชาติ	กลิ่น	ความชอบโดยรวม
ร้อยละ 3	6.30 ± 0.59^a	6.34 ± 0.85^a	6.43 ± 0.76^a	6.77 ± 0.85^a
ร้อยละ 5	6.67 ± 0.68^b	7.22 ± 0.81^b	7.00 ± 0.72^b	7.52 ± 1.01^b
ร้อยละ 7	6.77 ± 1.19^{bc}	6.45 ± 0.69^a	7.03 ± 0.96^b	7.00 ± 0.99^a

หมายเหตุ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)
- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบ
ปรุงแต่งกลิ่นรสสำหรับหอยทะเล

ปัจจัยคุณสมบัติ	ปริมาณ
คุณสมบัติทางกายภาพ	
ค่าสี	
L*	72.09 ± 0.26
a*	1.64 ± 0.30
b*	8.30 ± 0.44
คุณสมบัติทางเคมี	
ความชื้น (ร้อยละ)	3.34 ± 0.23
เถ้า (ร้อยละ)	5.10 ± 0.19
โปรตีน (ร้อยละ)	12.56 ± 0.43
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	49.50 ± 0.45
ไขมัน (ร้อยละ)	26.41 ± 0.28
ใยอาหาร (ร้อยละ)	4.09 ± 0.53
คุณสมบัติทางจุลชีววิทยา	
จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	1×10^2
จำนวนเชื้อยีสต์และรา (โคโลนี/กรัม)	< 10

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. สูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส คือ นำแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งมันสำปะหลัง (9.5: 1.5) ผสมน้ำ 1.5 เท่า นึ่งที่อุณหภูมิ น้ำเดือดจนข้าวสุก นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปทอดที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นทำการเคลือบผงปรุงรสสำหรับ ร้อยละ 5

2. ผลการทดลองคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรสสำหรับทางด้านกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยา พบว่ามีค่าสี L^* a^* และ b^* เท่ากับ 72.09 ± 0.26 1.64 ± 0.30 และ 8.30 ± 0.44 ตามลำดับ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน ใยอาหารและคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) 4.13 ± 0.13 , 4.36 ± 0.19 , 9.52 ± 0.43 , 28.95 ± 0.12 , 3.37 ± 0.66 และ 50.33 ± 0.45 ตามลำดับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 1×10^2 โคโลนี/กรัม ยีสต์และรา < 10 โคโลนี/กรัม

ข้อเสนอแนะ

การผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส มีกระบวนการทอด ทำให้ผลิตภัณฑ์มีไขมันมากและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เร็ว และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการดูดความชื้นทำให้สูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัส ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาสั้น ควรมีการศึกษาในการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมและนำวิธีการบรรจุแบบสุญญากาศมาใช้

บรรณานุกรม

- ธงชัย สุวรรณสิขณน์. 2535. การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวจากแป้งถั่วลิสงไขมันต่ำผสมแป้งมัน
ลำปะหลังชนิดพรีเจลาคีไนซ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.
- นฤดม บุญ-หลง. 2528. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มันลำปะหลังเพื่อเป็นอาหารและอาหารสัตว์ :
ข้าวเกรียบ. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. คณะอุตสาหกรรมเกษตร,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 22 น.
- พูนศักดิ์ เมฆวัฒนากาญจน์ และวิภา เมฆวัฒนากาญจน์. 2549. ข้าวและประโยชน์จากเมล็ดข้าว.
[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.ubon.ricethailand.org/document/poonsak/brown.htm>. (1 ตุลาคม 2552)
- พรณี วงศ์ไกรศรีทอง. 2530. การผลิตข้าวเกรียบปลาโดยใช้เครื่องรีดแผ่น. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รติดา โอสถานนท์. 2544. เทคโนโลยีอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วิชัย หฤทัยธนาสันต์และคณะ . 2544. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ
ถั่วลิสง และปลากระดุก การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39
สาขาประมง สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 5-7 กุมภาพันธ์ 2544, กรุงเทพฯ, หน้า 538-543
- สิรินทร์ ปุษยไพบลย์. 2536. การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวที่มีคุณค่าทางโภชนาการ.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศรีวิกรณ์ ดิษฐอุดมโพธิ์. 2549 .การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแกนสับปะรด แครอท และ
ผักบุ้ง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 : สาขา
อุตสาหกรรมเกษตร สาขาเศรษฐศาสตร์ สาขาบริหารธุรกิจ, หน้า 290-296.
- สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2540. ผลงานรองศาสตราจารย์สนม ประดิษฐ์ดวง. คณะอุตสาหกรรม
เกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- AOAC. (2000). **Official Method of Analysis**. 17th ed. The Association of Official
Analytical Chemists, Arilington, Virginia.
- Blenford, D.E. 1982. What is a snack? **Food flavourings , Ingredients processing
and packagings** . 4 (11): 30 - 37.

- 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.
- 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.
- Charles, F. 1969. Extruded starch-based snacks. **Cereal Sci. Today** 14: 212-214.
- Chinnaswamy, R. and M.A. Hanna. 1988. Relationship between amylose content and Extrusion – expansion properties of corn starches. **Cereal Chem.** 65 (2): 138 – 143.
- Hilliam, M. 2001. Have a snack, the development of stronger and more authentic flavours are a major feature of the market. **The world of Food Ingredients** Sep.: 12 – 14.
- Hnat, D.L., H. Levine and L. Slade. 1997. **Production of Chip – Like Durum Wheat Snack**. U.S. Patent. 5695804.
- 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.
- Kate, E.E. and T.P. Labuza. 1981. Effect of water activity on the sensory crispness mechanical deformation of snack food products. **J. Food Sci.** 46: 403 – 409.
- 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.
- Krokida, M.K., V. Oreopoulou, Z.B. Maroulis and D. Marinos-Kouris. 2001. Colour changes during deep fat frying. **J. Food Engineering.** 48 (2) : 219-225.
- Matz, S.A. 1991. **The Chemical and Technology of Cereal as Food and Feed**. 2nd ed., Van Nostrand Reinhold, New York. 751 p.
- Moreira, R.G., X. Sun and Y. Chen. 1997. Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. **J. Food Eng.** 31(5): 485-498.
- Moreira, R.G., M.E. Castell-Perez and M.A. Barrufet. 1999. **Deep-Fat Frying: Fundamentals and Applications**. Aspen Publication, Maryland. 350 p.

- Reilly, A. and C.M.D. Man. 1989. Potato crisps and savoury snacks, pp. 202 – 215. *In*
Man, C.M.D. and A.A. Jones. **Shelf Life Evaluation of Foods**. Chapman & Hall,
Glasgow.
- Roudaut, G., C. Dacremont, B. Valles Pamies, B. Colas and M. Le Meste. 2002.
Crispness: a critical review on sensory and matherial science approaches.
Trens in Food Sci. & Tech. 13: 217 – 227.
- Tettweiler, P. 1991. Snack foods worldwide. **Food Technol.** 45 (2): 58 - 60.

ภาคผนวก

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธีการให้คะแนนความชอบ

ชื่อผลิตภัณฑ์ : ขนมหบเคี้ยวจากข้าวเคลือบผงปรุงรส

ชื่อผู้ทดสอบ.....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับและให้คะแนนความชอบตามความรู้สึกของท่านดังนี้

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

รหัส	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....
ความกรอบ	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....

หมายเหตุ กรุณาชิมน้ำก่อนและหลังจากการชิมตัวอย่างทุกครั้ง

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

เรื่อง การนำเสนองานวิจัยไปเผยแพร่ / อบรม

เรียน คณะบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เนื่องจากข้าพเจ้าข้าพเจ้านางวิลาสินี ดีปัญญา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ทำ
วิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส ได้รับทุนอุดหนุน
งานวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 งบประมาณ 15,000 บาท (หนึ่ง
หมื่นห้าพันบาทถ้วน) ได้นำงานวิจัยไปใช้เผยแพร่ที่ หมู่ 13 บ้านเหล่าหญ้า อำเภอเขาค้อ จังหวัด
เพชรบูรณ์ เผยแพร่ให้กับกลุ่มแม่บ้านเหล่าหญ้า ดังหลักฐาน/ภาพกิจกรรมที่แนบมาพร้อมนี้
จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(นางวิลาสินี ดีปัญญา)

ผู้วิจัย

รูปกิจกรรมการเผยแพร่งานวิจัย

หมู่ 13 บ้านเหล่าหญ้า อำเภอกะทู้ จังหวัดเพชรบูรณ์

เผยแพร่ให้กับกลุ่มแม่บ้านเหล่าหญ้า



