การพัฒนาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ
Development of Fried Chips from Bamboo Shoot

นวพร สัมมาพรต

Nawaporn Sammaport

ปัญณวิชญ์ สมภูเวช

Pannawit Sompoowech

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2559

ใบอนุมัติโครงงานพิเศษ

ชื่อโครงงานพิเศษ	การพัฒนาหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ
ชื่อ นามสกุล	นวพร สัมมาพรต
	ปัญณวิชญ์ สมภูเวช
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาและคณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษได้ให้ความเห็นชอบโครงงานพิเศษฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ดวงกมล ตั้งสถิตพร)

..... กรรมการ

(อาจารย์ดวงรัตน์ แซ่ตั้ง)

โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

..... หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

(อาจารย์เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อโครงงานพิเศษ การพัฒนาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ
ชื่อ นามสกุล นวพร สัมมาพรต
ปัญณวิชญ์ สมภูเวช
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาและคณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบพบว่า วิธีที่ 3 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในทุกลักษณะมากที่สุด คือ มีค่าเฉลี่ยด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม จึงนำหน่อไม้ทอดกรอบ วิธีที่ 3 มาทำการศึกษาโดยเพิ่มปริมาณแป้งสาลีที่เหมาะสม ในปริมาณ 5, 10 และ 15 กรัม ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบปริมาณแป้งสาลี 15 กรัม มากที่สุดในทุกด้าน คือ มีค่าเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม จากนั้นทำการศึกษาโดยเพิ่มปริมาณผงฟูที่เหมาะสม ในปริมาณ 1, 2 และ 3 กรัม ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบปริมาณผงฟู 3 กรัม มากที่สุดในทุกด้าน ในการทำหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ คือ มีค่าเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม 7.50±1.14, 7.67±0.80, 7.77±0.86, 7.57±0.97 และ 7.97±0.67 ตามลำดับจากนั้นศึกษาคุณภาพทางกายภาพ พบว่า ค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 52.42±0.02 ค่าสีแดง (a*) เท่ากับ 19.60±0.04 และค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 31.23±0.02 ค่าa_w เท่ากับ 0.42±0.01 และค่าความกรอบ (crispness) เท่ากับ 5.33±0.58 ค่าความแข็ง (hardness) เท่ากับ 5.93±0.11 จากการสำรวจคุณภาพทางเคมี พบว่าปริมาณความชื้นเท่ากับ 2.27±0.77 ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 12.48±0.00 ปริมาณไขมันเท่ากับ 22.47±1.72 ปริมาณเส้นใยเท่ากับ 5.47±1.21 ปริมาณเถ้าเท่ากับ 7.28±0.12 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 50.02±0.00ทำการบรรจุลงในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ พร้อมสารดูดความชื้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพปริมาณความชื้น, ค่าa_w ค่าสี และค่าเนื้อสัมผัส ปริมาณความชื้นและค่าa_w มีค่าลดลงและส่งผลให้ค่าสี เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ค่าเนื้อสัมผัสลดลงเล็กน้อย แต่ผลิตภัณฑ์ยังคงกรอบอยู่ ทำการศึกษากลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบที่ได้จากการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสจาการเก็บรักษาที่สัปดาห์ 0, 2, 4 และ 6 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนด้านกลิ่น (ไม่หืน) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$)

คำสำคัญ: หน่อไม้, แผ่นทอดกรอบ

Special Project Title Development of Fried Chips from Bamboo Shoot
Authot Nawaporn Sammaport
Pannawit Sompoowech
Degree Bachelor of Science
Major Program Food Science and Techology Faculty of Home Economics Techology
Academic Year 2016

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the appropriate formulas and methods for the production of bamboo shoots. Total Method 3 was used to study the optimum amount of wheat flour at the concentrations of 5, 10 and 15 percent. The tasting parameters of wheat flour were 15 percent. (Framing) and overall liking. Then, a suitable amount of baking powder was added in the amount of 1, 2 and 3 percent. The average leaf color, flavor, taste, texture, and overall preference were 7.50±1.14, 7.67±0.80, 7.77±0.86, 7.57±0.97 and 7.97±0.67 respectively. Physical quality was found to be 52.42±0.02 L*, 19.60±0.04 a* and 31.23±0.02 b*. The value of a_w was 0.42±0.01. The crispness was 5.33±0.58. The hardness was 5.93±0.11. Based on the chemical quality survey it was found that moisture content was 2.27±0.77, protein content was 12.48±0.00, fat content was 22.47±1.72, the fiber content was 5.47±1.21, the ash content was 7.28±0.12 and the carbohydrate content was 50.02±0.00, packed in foil aluminum foil bags. With desiccant Preserved at room temperature for 6 weeks, moisture content, aw values, color and texture were analyzed. Moisture content and aw values decrease and result in color values. Slow change the texture decreased slightly. But the product is still framed.

Keyword: Bamboo shoot, Fried Chips

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบเป็นส่วนหนึ่งวิชาโครงงานพิเศษตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ อาจารย์ดวงกมล ตั้งสถิตพร และ อาจารย์ดวงรัตน์ แซ่ตั้ง กรรมการโครงงานพิเศษ ที่กรุณาเสียสละเวลา ให้ความรู้ คำปรึกษาและแนะนำระหว่างการดำเนินงาน รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และคำปรึกษาเกี่ยวกับการดำเนินโครงงานพิเศษเล่มนี้ ในการวางแผนโครงงานฉบับนี้ ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร บุคลากรของทางมหาวิทยาลัย รวมถึงเพื่อนๆ น้องๆ ร่วมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่มีส่วนช่วยเหลือในเรื่องการตอบแบบสอบถาม รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ ขอกราบพระคุณพ่อและแม่ ที่ให้กำเนิดมา มีสติปัญญาที่สมบูรณ์ ต่อสู้ฟันฝ่าอุปสรรคนานา และยังสนับสนุนทุนการศึกษาอย่างเต็มที่

ขอขอบพระคุณโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2560 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย สถานที่ และอุปกรณ์เครื่องมือในการปฏิบัติการทดลองโครงงานพิเศษครั้งนี้

สุดท้ายนี้หากผลดีของโครงงานพิเศษนี้ได้เกิดขึ้นต่อคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร หรือต่อหน่วยงานอื่นใดที่เกี่ยวข้อง ข้าพเจ้าขอมอบความดีนี้ให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่กล่าวมา ส่วนความบกพร่องนั้นข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

นวพร สัมมาพรต
ปัญณวิชญ์ สมภูเวช

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ซ
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญแผนภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 หน่อไม้ไผ่ตง	3
2.1.1 ชนิดของไผ่ที่ปลูกในประเทศไทย	4
2.1.2 การจำแนกชนิดของพันธุ์ไผ่ในประเทศต่าง ๆ	4
2.1.3 คุณค่าโภชนาการหน่อไผ่ตง	5
2.2 ขนมขบเคี้ยว	5
2.2.1.การตลาดของขนมขบเคี้ยวภายในประเทศ	6
2.2.2 การตลาดของขนมขบเคี้ยวในต่างประเทศ	7
2.2.3 กรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยว	8
2.3 การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว	8
2.3.1 การสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัสเนื่องจากการดูดซับความชื้น	8
2.3.2 การเกิดกลิ่นเหม็นหืน	9
2.3.3 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว	10

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 แป้งสาลี	11
2.4.1 คุณสมบัติของแป้ง	11
2.5 น้ำมันรำข้าว	12
2.5.1 สารอาหารที่สำคัญและคุณสมบัติเด่น	12
2.5.2 ประโยชน์ของน้ำมันรำข้าว	13
2.5.3 จุดที่ก่อให้เกิดควันสูง	13
2.6 การเจลาติไนซ์	14
2.7 การอบ	15
2.7.1 การเปลี่ยนแปลงของอาหารระหว่างการอบ	16
2.7.2 ผลของจุลินทรีย์ที่มีต่อการอบ	16
2.7.3 ผลของเอนไซม์ที่มีต่อการอบ	17
2.8 กระบวนการทำแห้งอาหาร	17
2.8.1 ประโยชน์ของการทำแห้ง	17
2.8.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง	18
2.8.3 การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการทำแห้ง	19
2.8.4 ผลของการทำแห้งต่อปัจจัยต่างๆ ในอาหาร	20
2.9 การทอด	22
2.9.1 การทอดแบบน้ำมันท่วมชิ้นอาหาร	22
2.9.2 น้ำมันและไขมันที่ใช้ในการทอด	22
2.9.3 ปัจจัยที่มีผลต่อขนมขบเคี้ยวที่ผ่านกระบวนการทอด	23
2.9.4 คุณภาพของน้ำมัน	23
2.9.5 อุณหภูมิและเวลาในการทอด	24
2.9.6 ความชื้นเริ่มต้น	24
2.9.7 ขนาดของชิ้นอาหาร	25
2.10 วอเตอร์แอคทิวิตี้	25
2.10.1 วอเตอร์แอคติวิตี้กับปริมาณความชื้น	25
2.10.2 การวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	26
2.10.3 การจำแนกประเภทอาหารโดยใช้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.11 ผงปรุงรส	27
2.12 ผงฟู	28
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	30
3.1 วัตถุดิบ	30
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	30
3.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพ	31
3.3.1 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	31
3.3.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	31
3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผล	31
3.5 สถานที่ทำการทดลอง	31
3.6 ระยะเวลาทำการทดลอง	31
3.7 วิธีการดำเนินการทดลอง	32
3.7.1 ศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม ในการผลิตหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ	32
3.7.2 ศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตในการผลิตหน่อไม้ทอดกรอบ	32
3.7.3 ศึกษาคุณภาพทางกายและเคมีของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ	39
3.7.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ	40
3.7.5 ศึกษากลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบระหว่าง การเก็บรักษาโดยการวิเคราะห์คุณภาพทางประสามสัมผัส	41
บทที่ 4 ผลการทดลอง และอภิปรายผล	42
4.1 ศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม ในการผลิตหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ	42
4.1.1 ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม ในการผลิตหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ	42
4.1.2 ผลการศึกษาปริมาณแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิต หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ	45
4.1.3 ผลการศึกษาปริมาณผงฟูที่เหมาะสมในการผลิต หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ	47

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.4 ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ	48
4.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ	50
4.2.1 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ	50
4.2.2 ผลการศึกษากลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบระหว่างการเก็บรักษาโดยการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส	51
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	53
5.1 สรุปผลการทดลอง	53
5.2 ข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก	57
ภาคผนวก ก วิธีการผลิตผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ	58
ภาคผนวก ข แบบประเมินผลทางประสาทสัมผัส	63
ภาคผนวก ค วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	66
ภาคผนวก ง ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ	74
ภาคผนวก จ บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ	76
ภาคผนวก ฉ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายและฉลากของผลิตภัณฑ์	79
ภาคผนวก ช ตาราง MPN สำหรับแปลผลหาจำนวน *E. coli*	81
ภาคผนวก ซ แผ่นพับ	83
ภาคผนวก ฌ รายงานการเผยแพร่ผลงานสิ่งประดิษฐ์ 2560	85
ประวัติผู้ศึกษา	87

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 หน่อไม้ไผ่ตง	3
2.2 มูลค่าตลาดขนมขบเคี้ยว ปี 2549-2553	7
2.3 การเกิดเจลาติไนซ์	14
2.4 ปฏิกิริยาต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทอด	23
จ.1 ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบซิปล็อค ขนาด 13 x 18 นิ้ว	77
จ.2 ซิลิก้าเจล	78
ฉ.1 แสดงฉลากผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์สุดท้าย	80
ฌ.1 โครงการค่ายพัฒนาชุมชนเพื่อความเป็นอยู่อย่างยั่งยืน ณ จังหวัดกาญจนบุรี	86

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงคุณค่าทางอาหารของหน่อไม้ไผ่ตง	5
2.2 องค์ประกอบของแป้งสาลี	11
2.3 แสดงคุณสมบัติและการเกิดเจลาติไนซ์เซชั่น	15
2.4 การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางอาหารและสารระเหย	20
2.5 ตัวอย่างอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่าง ๆ	26
2.6 จำแนกประเภทอาหารโดยใช้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	27
3.1 แสดงปริมาณแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ จำนวน 3 ระดับ	37
3.2 แสดงปริมาณผงฟูที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ จำนวน 3 ระดับ	38
4.1 แสดงผลลักษณะปรากฏของสูตรพื้นฐานหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ โดยมีกรรมวิธีในการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี	42
4.2 แสดงผลคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบโดยมีกรรมวิธีในการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี	43
4.3 แสดงผลคะแนนความชอบเฉลี่ยของสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบโดยมีกรรมวิธีในการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี	44
4.4 แสดงผลคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นที่ปริมาณแป้งสาลี 3 ระดับ	45
4.5 แสดงผลความชอบเฉลี่ยของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบที่มีปริมาณแป้งสาลี จำนวน 3 ระดับ	46
4.6 แสดงผลคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นที่ปริมาณผงฟู 3 ระดับ	47
4.7 แสดงผลความชอบเฉลี่ยของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบที่มีปริมาณผงฟู จำนวน 3 ระดับ	47
4.8 แสดงผลเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ กับซังขนุนแผ่นทอดกรอบ	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.9 แสดงผลเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบกับซังขนุนแผ่นทอดกรอบ	49
4.10 แสดงการศึกษาอายุการเก็บรักษาหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ	50
4.11 แสดงผลความชอบเฉลี่ยของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบที่สัปดาห์ที่ 0, 2, 4 และ6	52
ค.1 แสดงแฟกเตอร์ที่ใช้คำนวณหาปริมาณโปรตีนสำหรับอาหารชนิดต่างๆ	71
ช.1 ตาราง MPN สำหรับแปลผลหาจำนวน *E. coli*	82

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่ **หน้า**

3.1 กรรมวิธีการเตรียมหน่อไม้ก่อนนำมาผลิตหน่อไม้ทอดกรอบ 32
3.2 กรรมวิธีในการผลิตแบบดั้งเดิมที่ไม่ได้รับความร้อน 33
3.3 กรรมวิธีในการผลิตแบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูป 34
3.4 กรรมวิธีในการผลิตแบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูปดัดแปลงจากวิธีที่ 2 35
ก.1 กรรมวิธีการเตรียมหน่อไม้ก่อนนำมาผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ 60
ก.2 กรรมวิธีการผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบสูตรพื้นฐาน 62

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

หน่อไม้ไผ่ตง เป็นพืชที่นิยมปลูกในเมืองไทยมานานมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Dendrocalamus asper Backer* มีชื่อสามัญว่า Sweet Bamboo เป็นไม้อยู่ในวงศ์ Gramineae ชื่อทางราชการ และชื่อพื้นเมือง นิยมเรียกกันทั่วไปว่าไผ่ตงแทบทุกภาค อาจมีบางท้องที่ เรียกไผ่ตงว่า ไผ่บ้านหรือไผ่หวาน เนื่องจากเป็นไม้โตเร็วสามารถขึ้นได้ดีในดินเกือบทุกชนิด จึงมีการปลูกกันโดยทั่วไป ซึ่งปัจจุบันได้มีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มมากขึ้นและได้ขยายไปในหลายจังหวัดทั่วทุกภาค นอกจากไผ่ตงจะเป็นไผ่ที่นิยมบริโภคหน่อภายในประเทศแล้วยังมีส่วนหนึ่งได้ส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศในรูปผลิตภัณฑ์หน่อไม้ไผ่ตงอัดปี๊บ หน่อไม้แห้ง หน่อไม้สดแช่แข็ง นอกเหนือจากประโยชน์ที่ได้จากหน่อไม้ไผ่ตงในรูปแบบต่างๆ แล้ว ลำไผ่ตงก็ยังมีประโยชน์อีกนานัปการทั้งประโยชน์ทางตรงและทางอ้อม ไผ่ตงจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง (สมปอง, 2539)

หน่อไม้เป็นพืชที่มีปริมาณไขมันต่ำปริมาณเส้นใยและแร่ธาตุสูง โดยมีปริมาณโปรตีนสูงมีกรดอะมิโน 17 ชนิด ซึ่งมีปริมาณกรดอะมิโนสูงกว่าผักชนิดอื่นๆ เช่น กะหล่ำปลี แครอท หอมหัวใหญ่ และฟักทอง (Satya et al., 2010)

หน่อไม้มีประโยชน์มากมายและยังเป็นวัตถุดิบหลักเนื่องจากการประกอบธุรกิจทางด้านการเกษตร แต่อย่างไรก็ตามหน่อไม้ยังเป็นพืชที่มีสารพิษ ได้แก่สารไซยาไนด์ ซึ่งทำให้เกิดรสขม (ชไมพรและสิงหนาท, 2547) ซึ่งหากรับสารนี้มากเกินไปจะเป็นอันตรายถึงชีวิต ทำให้ผู้บริโภคไม่นิยมรับประทานมากนัก ทั้งนี้คณะผู้ทดลองจึงคิดที่จะนำหน่อไม้มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยวที่ผู้บริโภคทุกเพศทุกวัยสามารถบริโภคได้อาจมีความใกล้เคียงขนมขบเคี้ยวแผ่นทอดกรอบ โดยมีการนำเอาหน่อไม้มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ โดยมีการศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตหน่อไม้แผ่น ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

1.2.3 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

1.2.4 เพื่อศึกษากลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบระหว่างการเก็บรักษาโดยการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การทดลองในครั้งนี้ใช้หน่อไม้พันธุ์ไผ่ตง ร้านคุณแมว ตลาดบางกะปิ โดยนำหน่อไม้ที่ทำการตัดแต่งแล้วนำมาปั่นให้ละเอียดและนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นขนาดกว้าง x ยาว (10x10 เซนติเมตร) และทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบซิปล็อคพร้อมสารดูดความชื้นแล้วนำไปปิดผนึก

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ทราบถึงสูตรพื้นฐานและกระบวนการผลิตหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ

1.4.2 เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับหน่อไม้และเป็นการใช้ประโยชน์จากหน่อไม้ที่ผู้บริโภคมองข้ามโดยการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

1.4.3 ทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หน่อไม้ไผ่ตง

หน่อไม้ไผ่ตง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Dendrocalamus asper Backer* มีชื่อสามัญว่า Sweet Bamboo เป็นไม้อยู่ในวงศ์ Gramineae ต้นไผ่เป็นต้นไม้ประจำปีมะแม การที่คนไทยนิยมปลูกต้นไผ่นั้น มีความเชื่อมาตั้งแต่สมัยโบราณว่า หากปลูกต้นไผ่เอาไว้ภายในบริเวณบ้านนั้น จะช่วยให้สมาชิกทุกคนภายในบ้านไม่คดโกง หรือเอารัดเอาเปรียบใคร ไม่ว่าจะประกอบอาชีพอะไรก็ตั้งใจทำด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และมีคุณธรรม

ไผ่ตงเป็นไผ่ขนาดใหญ่ ไผ่ตงที่โตเต็มที่แล้วจะมีน้ำหนัก 500 กรัมขึ้นไป ตัวหน่อมีลักษณะอวบอ้วน เปลือกของหน่อมีลายเขียวสลับเขียวอ่อนและชมพู ออกหน่อดกและออกได้เรื่อยๆตลอดทั้งปี ลำต้นโตเต็มที่สูงประมาณ 7-12 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นประมาณ 2-3 นิ้ว มีรสชาติที่ดี หวานนิดๆ หอม กรอบ คล้ายๆยอดมะพร้าว นอกจากจะรับประทานเมื่อสุกแล้วยังนำไปแปรรูปได้ เช่น หน่อไม้ดอง หรือเนื้อไม้สามารถนำมาใช้ทำเครื่องจักสานและไม้จิ้มฟัน เป็นต้น

ไผ่มีหลากหลายพันธุ์ หลายเนื้อและหลายระดับความขมของหน่อไม้ บางพันธุ์อาจขมมากและขมน้อย ส่วนมากเนื้อจะกรอบ รสขมเล็กน้อย จึงไม่นิยมรับประทานมากนัก พันธุ์ไผ่ที่ทำการเพาะปลูกในประเทศไทย สามารถทำการแยกออกตามชนิด ดังนี้

ภาพที่ 2.1 หน่อไม้ไผ่ตง

2.1.1 ชนิดของไผ่ที่ปลูกในประเทศไทย

- ไผ่ตง
- ไผ่รวก
- ไผ่รวกดำ
- ไผ่ป่า
- ไผ่สีสุก
- ไผ่เลี้ยง
- ไผ่ซาง
- ไผ่ซางนวล
- ไผ่ข้าวหลาม
- ไผ่กิมซุง
- ไผ่บงดำ
- ไผ่หวาน
- ไผ่ทอง

2.1.2 การจำแนกชนิดของพันธุ์ไผ่ในประเทศต่าง ๆ

- ประเทศจีน มีชนิดไม้ไผ่จำนวน 300 ชนิด
- ประเทศอินเดีย มีชนิดไม้ไผ่จำนวน 130 ชนิด
- ประเทศฟิลิปปินส์ มีชนิดไม้ไผ่จำนวน 55 ชนิด
- ประเทศไทย มีชนิดไม้ไผ่จำนวน 50 ชนิด
- ประเทศบังคลาเทศ มีชนิดไม้ไผ่จำนวน 32 ชนิด
- ประเทศอินโดนีเซีย มีชนิดไม้ไผ่จำนวน 31 ชนิด
- ประเทศปาปัวนิวกินี มีชนิดไม้ไผ่จำนวน 26 ชนิด
- ประเทศมาเลเซีย มีชนิดไม้ไผ่จำนวน 12 ชนิด

2.1.3 คุณค่าโภชนาการหน่อไม้ไผ่ตง

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณค่าทางอาหารของหน่อไม้ไผ่ตง มีดังนี้

สารอาหาร	หน่อไม้ไผ่ตง 100 (กรัม)	หน่วย
คาร์โบไฮเดรต	5.20	เปอร์เซ็นต์
โปรตีน	2.60	เปอร์เซ็นต์
เส้นใย	5.40	เปอร์เซ็นต์
ไขมัน	0.30	เปอร์เซ็นต์
พลังงาน	29	กิโลแคลอรี่/100กรัม
แคลเซียม	49	มิลลิกรัม/100กรัม
ฟอสฟอรัส	55	มิลลิกรัม/100กรัม
เหล็ก	0.3	มิลลิกรัม/100กรัม
วิตามินบี 1	0.15	มิลลิกรัม/100กรัม
วิตามินบี 2	0.07	มิลลิกรัม/100กรัม
วิตามิน ซี	0.06	มิลลิกรัม/100กรัม
วิตามิน เอ	20	หน่วยสากล
ไนอาซีน	4.00	หน่วยสากล

ที่มา: กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2521

2.2 ขนมขบเคี้ยว

จากการรวบรวมความหมายของขนมขบเคี้ยวของ Bienford (1982); Tettweiler (1991); (ธงชัย, 2553); (เพ็ญขวัญและทัศนีย์, 2541) สรุปได้ว่า ขนมขบเคี้ยวนั้นควรมีลักษณะพื้นฐาน ดังนี้ มีลักษณะรูปร่างขนาดเล็ก อาจเป็นของหวานหรือของคาว โดยที่ผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการแปรรูปมาแล้วพร้อมบริโภคได้ทันที หรือมีการเตรียมเพียงเล็กน้อย บริโภคขณะร้อนหรือเย็นในรูปของแข็งหรือของเหลวก็ได้ ใช้รับประทานเป็นอาหารว่างหรือโอกาสต่างๆ ตามที่ผู้บริโภคต้องการ ซึ่งจะทำให้เกิดความพึงพอใจและประทังหิวในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ได้ ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นาน เกิน 6 สัปดาห์ โดยไม่ต้องอาศัยความเย็น นอกจากอาหารที่ประกอบภายในครัวเรือนแล้ว อาหารขบเคี้ยวส่วนใหญ่ยังมีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

ขนมขบเคี้ยวมีการพัฒนารูปแบบและรสชาติใหม่ๆ ออกสู่ตลาดอยู่ตลอดเวลา เพื่อขยายฐานการตลาดให้กว้างขึ้น เนื่องจากสภาพการแข่งขันในปัจจุบันที่รุนแรง ภาวะการตลาดของขนมขบเคี้ยวภายในประเทศ และต่างประเทศ มีดังต่อไปนี้

2.2.1 การตลาดของขนมขบเคี้ยวภายในประเทศ

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวมีหลากหลายรูปแบบซึ่งบริษัทเอซี นีลเส็น จำกัด (2551) ได้จำแนกประเภทของขนมขบเคี้ยวที่มีในตลาดส่วนใหญ่เป็น 9 ประเภทหลัก ได้แก่

2.2.1.1 มันฝรั่งทอด / อบเนย ทั้งชนิดแผ่นและแท่ง (stick)

2.2.1.2 ปลาเส้น ปลาแผ่น ปรุงรสต่างๆ

2.2.1.3 ขนมขึ้นรูป ได้แก่ ขนมอบกรอบที่ผลิตจากวัตถุดิบประเภทแป้ง อาทิ แป้งข้าวโพด และส่วนผสมอื่นๆ ขึ้นรูปเพื่อให้มีรูปร่างต่างๆกัน

2.2.1.4 ถั่วประเภทต่างๆ

2.2.1.5 ข้าวเกรียบ (กุ้ง ปลา และอื่นๆ)

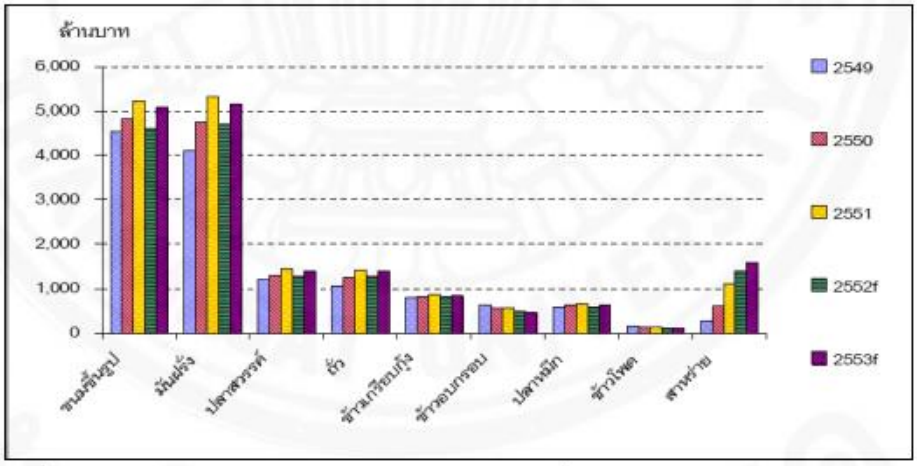
2.2.1.6 ข้าวโพดอบเนย

2.2.1.7 ปลาหมึกปรุงรส

2.2.1.8 ข้าวอบกรอบ

2.2.1.9 สาหร่าย

จากข้อมูลของบริษัทเอซี นีลเส็น จำกัด โดยการรายงานของศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2553) ระบุว่า ตลาดขนมขบเคี้ยวมีมูลค่ากว่า 15,000 ล้านบาท มีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้น 31 เปอร์เซ็นต์ จากช่วงของปี 2549-2551 โดยแบ่งเป็น ตลาดมันฝรั่ง 30.8 เปอร์เซ็นต์ เติบโต 9.6 เปอร์เซ็นต์ ขนมขึ้นรูป 30.2 เปอร์เซ็นต์ เติบโต 10.9 เปอร์เซ็นต์ สาหร่าย15.1 เปอร์เซ็นต์ เติบโต 9.1 เปอร์เซ็นต์ ถั่ว 9.8 เปอร์เซ็นต์ เติบโต 8.4 เปอร์เซ็นต์ ปลาเส้น 8.9 เปอร์เซ็นต์ เติบโต 8.4 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเกรียบกุ้ง 5.3 เปอร์เซ็นต์ เติบโต 3.1 เปอร์เซ็นต์ ปลาหมึก 3.8 เปอร์เซ็นต์ เติบโต 6.8 เปอร์เซ็นต์ ข้าวอบกรอบ 9.1 เปอร์เซ็นต์ เติบโต 3.2 เปอร์เซ็นต์ และข้าวโพด 1.8 เปอร์เซ็นต์ เติบโต 0.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการเติบโต อย่างมากของกลุ่มขนมขึ้นรูปและสาหร่ายนั้น ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการนำของแถมหรือรางวัลมาใช้ในการกระตุ้นกำลังซื้อของกลุ่มเป้าหมาย โดยจากการรายงานของศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2553) กล่าวว่า ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายหลักคือ ประชากรในวัยหนุ่มสาวซึ่งมีสัดส่วนเป็นจำนวนมาก โดยประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ของผู้บริโภคเป็นประชากรอายุระหว่าง 15 – 24 ปี และประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ของผู้บริโภคมีอายุระหว่าง 25 – 35 ปี ซึ่งเป็นกลุ่มผู้บริโภคที่มีความสนใจและเปิดรับผลิตภัณฑ์ใหม่ๆที่ออกสู่ท้องตลาดได้ง่าย



ภาพที่ 2.2 มูลค่าตลาดขนมขบเคี้ยว ปี 2549-2553

ที่มา: ปี 2549-2551 จากงานวิจัยของ เอซี นีลเส็น สำหรับปี 2552-2553 ประมาณการโดยศูนย์วิจัยกสิกรไทย

2.2.2 การตลาดของขนมขบเคี้ยวในต่างประเทศ

สำหรับการตลาดของขนมขบเคี้ยวในต่างประเทศ Hilliam (2001) กล่าวถึงตลาดของขนมขบเคี้ยวในประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น บางประเทศในทวีปยุโรป และอังกฤษ ดังนี้

ตลาดขนมขบเคี้ยวของประเทศสหรัฐอเมริกามีการพัฒนาไปในหลายๆด้าน ในประเทศสหรัฐอเมริกามีการบริโภคขนมขบเคี้ยวกันมากขึ้นและทำให้ชาวอเมริกันได้รับพลังงาน 30 เปอร์เซ็นต์ของอาหารที่บริโภคต่อวัน จุดเด่นของตลาดอยู่ที่การพัฒนากลิ่นรส ดังนั้นบริษัทผู้ผลิตต่างๆ จึงจำเป็นต้องค้นหาหรือพัฒนากลิ่นรสใหม่ๆ เพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค นอกจากความหลากหลายในเรื่องของกลิ่นรสแล้ว ยังมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า chip and dip ด้วย โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะประกอบด้วยขนมขบเคี้ยวชนิดแผ่นกรอบและน้ำจิ้มที่อยู่ในถ้วยที่ปิดสนิทบรรจุรวมกันเป็นแพ็คในภาชนะบรรจุ

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ตลาดของขนมขบเคี้ยวในแต่ละประเทศนั้นมีการแข่งขันกันสูง โดยส่วนใหญ่พยายามที่จะมุ่งเน้นในการนำเสนอกลิ่นรส และรูปแบบของขนมขบเคี้ยว รวมถึงการออกแบบภาชนะบรรจุ นอกจากนี้ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ และไขมันต่อก็กำลังได้รับความนิยมอย่างมากในเกือบทุกประเทศ

จากข้อมูลทางด้านตลาดของขนมขบเคี้ยวทั้งภายในประเทศและต่างประเทศดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวนั้นมีมากมายหลายชนิด แต่อย่างไรก็ตามตลาดก็มีความแปรปรวนค่อนข้างสูง (เพ็ญขวัญและทัศนีย์, 2541) กล่าวว่า ตลาดของขนมขบเคี้ยวที่มีความแปรปรวนค่อนข้างสูงนั้น เกิดเนื่องจากผู้บริโภคไม่ยึดติดกับชื่อหรือตรายี่ห้อมากนัก จึงทำให้ขนมขบเคี้ยวมีอายุตลาดค่อนข้างสั้นและเข้ามาในตลาดได้ง่าย แต่ในเวลาเดียวกันก็ออกจากตลาดได้ง่าย

เช่นกัน จึงเป็นการเปิดโอกาสให้ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ สามารถเข้าสู่ตลาดได้ตลอดเวลา นับว่ามีการแข่งขันค่อนข้างสูง และมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ซึ่งนับว่าเป็นข้อดีที่ทำให้สินค้ามีความหลากหลายเสนอเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค

2.2.3 กรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยว

ในปัจจุบันมีการผลิตขนมขบเคี้ยวได้หลายวิธี ซึ่ง Blenford (1982) ได้แบ่งกรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวทั่วไปเป็น7 วิธีคือการทอด (frying) การย่าง (roasting) การพองตัว (expanding) การทำให้อยู่ในรูปผงที่ละลายได้ทันที (instanting) เอ็กซ์ทรูชัน (extrusion) การอบ (baking) และการหมัก (fermentation)

ส่วน Reiilly and Man (1989) ได้แบ่งขนมขบเคี้ยวออกเป็น 4 กลุ่ม ตามกลุ่มเทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 คือ Deep-fat fried กลุ่มนี้ ได้แก่ มันฝรั่งทอดกรอบ และมันฝรั่งแท่ง ถือได้ว่าเป็นธุรกิจส่วนใหญ่ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

กลุ่มที่ 2 คือ Quick fried แผ่นเพลเลต (pellet) จะมีการทำให้สุกในบางส่วน ซึ่งได้จากมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่ง และธัญชาติอื่นๆ นำมาทอดที่อุณหภูมิสูง (ประมาณ 200 องศาเซลเซียส) เป็นเวลาสั้นๆ (10 - 15 วินาที) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความพองและเนื้อสัมผัสเบา

กลุ่มที่ 3 คือ Extrusion Cooked ส่วนผสมของมันฝรั่งและธัญชาติอื่นๆ ที่อยู่ในลักษณะเป็นผง นำไปเอ๊กซ์ทรูดผ่านหัวไดของเครื่องเอ๊กซ์ทรูเดอร์ ที่อุณหภูมิและความดันสูง เพื่อให้ได้เอ๊กซ์ทรูเดตที่ทำให้พองด้วยการทอดในภายหลัง จากนั้นทำการเคลือบด้วยน้ำมันและกลิ่นรส ผลิตภัณฑ์ที่วางขายในตลาดเป็นจำนวนมากอยู่ในกลุ่มนี้ และสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปร่าง ลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสแตกต่างกัน

กลุ่มที่ 4 คือ Roasted ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้มักเป็นพวกถั่วต่างๆ (nuts) โดยเฉพาะในรูปถั่วลิสงคั่ว

2.3 การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ผลิตได้ เมื่อเก็บไว้ระยะเวลาหนึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ กระบวนการเสื่อมเสียมี 2 กระบวนการที่อาจเกิดขึ้นพร้อมกัน คือ

2.3.1 การสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัสเนื่องจากการดูดซับความชื้น

องค์ประกอบของอาหารเป็นสารประเภทไบโอพอลิเมอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ เป็นสารที่มีโครงสร้างที่เป็นระเบียบ (crystalline structure) และโครงสร้างที่ไม่เป็นระเบียบ (amorphous structure) โครงสร้างทั้ง 2 นี้ สามารถเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมาได้ตามต้องการ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและระดับความชื้น เมื่ออุณหภูมิของอาหารอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิ

กลาสทรานซิชัน (Tg) อาหารจะเปราะ และแตกง่าย Tg เป็นอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลของวัสดุ ซึ่งเป็นของแข็งที่มีความหนืดสูงมากคล้ายแก้ว (glass) หรือมีค่ามอดูลัสสูง เป็นวัสดุที่มีความแข็งลดลง และมีความยืดหยุ่นมากขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุให้สูงกว่า Tg วัสดุจะยังเป็นของแข็งที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่ายขึ้น แต่ไม่สามารถไหลได้เหมือนของเหลว มีลักษณะเหนียวคล้ายหนังหรือเป็นยาง (rubbery) และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุจนกระทั่งสูงกว่าอุณหภูมิหลอมเหลว (Tm) วัสดุจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงของเหลว (liquid like) เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งลดลง ดังนั้นหากปล่อยให้อาหารมีความชื้นเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาจะทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป ดังนั้นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยว คือ ความชื้นและค่า Water activity (a_w) ซึ่งมีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของอาหาร ความสัมพันธ์ระหว่างค่า a_w หรือปริมาณความชื้นและคุณสมบัติทางกลหรือลักษณะเนื้อสัมผัสของวัสดุของอาหาร มีความซับซ้อนมาก นอกจากน้ำจะมีคุณสมบัติในการเป็น plasticizer ซึ่งน้ำทำหน้าที่ได้ทั้ง plasticizer หรือ nonplasticizer ก็ได้ในระบบพอลิเมอร์ของอาหารที่มีความชื้นต่ำ ซึ่งมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวโดยทำให้โครงสร้าง starch/protein matrix เกิดพลาสติกไซซิ่ง (plasticizing) จากปริมาณน้ำ หรืออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะทำให้วัสดุเปลี่ยนสถานะเป็นรับเบอรี่ (rubbery state) เป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะชื้น ไม่กรอบ (soggy) ความกรอบของขนมขบเคี้ยวโดยทั่วไปที่ทำจากแป้งโดยทดสอบด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส และการใช้เครื่องมือ พบว่าความกรอบจะลดลงเมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้น และผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะไม่ถูกยอมรับเมื่อมีค่า a_w 0.35 - 0.5

2.3.2 การเกิดกลิ่นเหม็นหืน

โดยมีออกซิเจนและแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันขององค์ประกอบในอาหาร เป็นปฏิกิริยาที่มีความสำคัญต่อการเสื่อมเสียคุณภาพอาหารมาก โดยกลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่สำคัญ คือกลไกอนุมูลอิสระแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) จะทำปฏิกิริยาแตกตัวให้อนุมูลอิสระกรดไขมัน โดยมีตัวเร่ง ได้แก่ ความร้อน แสงและอนุมูลโลหะ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 อนุมูลอิสระกรดไขมันจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและจะเกิดเป็นอนุมูลอิสระเปอร์ออกไซด์ และสามารถทำปฏิกิริยากับกรดไขมันตัวอื่นได้อีก แล้วได้สารไฮโดรเปอร์ออกไซด์และอนุมูลอิสระตัวใหม่ โดยไฮโดรเปอร์ออกไซด์ยังอาจสลายตัว และให้อนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอีกการที่อนุมูลอิสระของกรดไขมัน สามารถทำปฏิกิริยากับกรดไขมัน และให้อนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นได้อีกเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ออโตออกซิเดชัน (autoxidation) สารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ยังสามารถทำปฏิกิริยาได้อีกและให้สารประกอบที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ หรือความเสื่อมเสียอื่นๆต่อคุณภาพอาหาร

ขั้นตอนที่ 3 อนุมูลอิสระ ทำปฏิกิริยากันเองได้เป็นโมเลกุลที่เสถียร

2.3.3 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

ปัจจุบันได้มีการนำวิทยาการเกี่ยวกับการนำก๊าซชนิดต่างๆ มาใช้สำหรับกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารมากขึ้น เพื่อช่วยรักษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆไว้ให้นานที่สุด ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาอาหาร

กระบวนการบรรจุแบบ Gas-Flushing เป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศของก๊าซ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือก๊าซไนโตรเจน โดยการพ่นก๊าซชนิดที่ต้องการเข้าไปแทนที่อากาศภายในภาชนะบรรจุ ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้สำหรับไล่ก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction) เช่นอาหารที่มีไขมันมาก น้ำผลไม้ เป็นต้น ก๊าซที่ใช้สำหรับพ่นเข้าไปแทนที่อากาศภายในภาชนะบรรจุมีหลายชนิด เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ก๊าซออกซิเจน (O_2) เป็นต้น แต่ก๊าซที่นิยมใช้กันมากที่สุดในระบบ Gas Flushing ในอุตสาหกรรมอาหาร คือ ก๊าซไนโตรเจน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสและไม่เป็นพิษจึงสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อาหารทุกชนิด เป็นก๊าซเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี จึงมักใช้ในการแทนที่ก๊าซออกซิเจน เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมัน หรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร เป็นก๊าซที่ไม่เกิดการระเบิด ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม เป็นก๊าซที่ละลายในน้ำและไขมันได้น้อยมาก จึงสามารถพ่นฟองก๊าซไนโตรเจนผ่านเข้าไปยังวัตถุดิบ หรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวได้

ก๊าซไนโตรเจนจะเข้าไปห่อหุ้มโมเลกุลของน้ำมัน ทำให้สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและการเหม็นหืนได้ การพ่นก๊าซไนโตรเจนเข้าไป เพื่อไล่อากาศในภาชนะบรรจุของผลิตภัณฑ์อาหารจำพวกขนมขบเคี้ยว เป็นขั้นตอนหนึ่งที่ช่วยให้ผู้ผลิตสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้นานยิ่งขึ้น ดังนั้นการใช้วิธีการพ่นก๊าซเข้าไปแทนที่ร่วมกับการใช้ภาชนะบรรจุซึ่งสามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี สามารถช่วยเก็บรักษาปริมาณก๊าซไนโตรเจนที่เติมเข้าไปภายในภาชนะบรรจุ ในขณะเดียวกันยังสามารถป้องกันการซึมผ่านของความชื้น และก๊าซออกซิเจนจากภายนอกไม่ให้ซึมผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆที่ต้องพิจารณาร่วมด้วย ได้แก่ สภาวะในการเก็บรักษา เช่น การควบคุมอุณหภูมิ แสง และความชื้น ปริมาณ และสถานะของเชื้อจุลินทรีย์ (Microbiological State) ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆ ชนิดและความเข้มข้นของก๊าซที่เหมาะสมในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิดและเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการบรรจุ (โอเคเนชั่น, 2556)

2.4 แป้งสาลี (wheat flour)

แป้งข้าวสาลีเป็นแป้งที่ได้จากเมล็ดของข้าวสาลี โดยใช้ส่วนที่เป็นเอนโดเสเปิร์ม นำมาโม่ให้เป็นผงละเอียดโปรตีนในแป้งสาลี ทำให้แป้งสาลีมีสมบัติเฉพาะที่ต่างจากแป้งอื่น ประกอบด้วย โปรตีนกลูเตนิน และไกลอะดิน ในสัดส่วนเท่าๆ กัน จะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ทำให้ได้กลูเตน ซึ่งมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น สามารถเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ผลิตขึ้นโดยสารที่ทำให้ขึ้นฟู เช่น ยีสต์ หรือผงฟู เอาไว้ได้ ทำให้รักษารูป (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, ม.ป.ป.) แป้งสาลีนั้นมีคุณสมบัติเฉพาะที่ไม่เหมือนแป้งชนิดอื่นคือ ในแป้งสาลี ประกอบด้วยโปรตีนซึ่งเมื่อผสมกับน้ำหรือของเหลวแล้วจะได้กลูเตน ซึ่งเป็นสารที่ลักษณะ เหนียว เป็นยาง และยืดหยุ่นได้ กลูเตนประกอบด้วยกลูเตนและไกลอะดินในอัตราส่วนเท่า ๆ กัน กลูเตนจะทำให้โดหรือก้อนแป้งผสม กำลังที่จะอุ้มก๊าซที่ขึ้นฟูไว้ได้ ซึ่งจะเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ส่วนไกลดินนั้นทำให้กลูเตนมีคุณสมบัติในการยืดตัวและยืดหยุ่นได้นั่นคือกลูเตน ทำให้ความแข็งตัวกับกลูเตนและไกลดินซึ่งเป็นที่อ่อนและเหนียวจะเป็นตัวเชื่อมดังนั้นไกลดินจะติดกับกลูเตนและป้องกันไม่ให้กลูเตนถูกล้างออกไปในกระบวนการสกัดกลูเตนออกมา (จิตธนาและอรอนงค์, 2549)

2.4.1 คุณสมบัติของแป้ง

คุณสมบัติที่ดีของแป้งสาลี คือ สีของแป้งควรมีสีขาว กำลังของแป้งสามารถอุ้มแก๊สที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักได้ดีเพื่อให้ขนมขึ้นฟูและมีปริมาตรดีความทนต่อ สภาพต่างๆของแป้ง ลักษณะของแป้งที่มีความสามารถทนต่อสภาพการผสมนานๆทนต่อการรีดและขบวนการอื่นๆโดยที่กลูเต็นไม่ฉีกขาดความทนต่อสภาพต่างๆ สูง จะทำให้หมักได้นาน และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาตรดี (จิตธนาและอรอนงค์, 2549)

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของแป้งสาลี

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์
คาร์โบไฮเดรต	70
ความชื้น	15
โปรตีน	11.5
แร่ธาตุ (เถ้า)	0.4
น้ำตาล	1
ไขมัน	1
อื่นๆ	2

ที่มา: จิตธนาและอรอนงค์, 2549

2.5 น้ำมันรำข้าว

น้ำมันรำข้าว เป็นน้ำมันพืชชนิดที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในการปรุงอาหารเอเชีย อาทิเช่น อาหารญี่ปุ่นและอาหารจีน น้ำมันรำข้าวสกัดมาจากเยื่อสีน้ำตาลที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าวที่ได้จากกระบวนการสีข้าว เรียกว่า “รำข้าว” ซึ่งเป็นส่วนประกอบเพียง 7 - 8 เปอร์เซ็นต์ของข้าว แต่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ สำหรับน้ำมันรำข้าวของประเทศไทยนั้นขึ้นชื่อในเรื่องคัดสรรมาเฉพาะรำข้าวหอมมะลิแท้ ซึ่งสกัดได้จากรำข้าว มีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่นวิตามินอีที่อยู่ในกลุ่มโทโคฟีรอลประมาณ 19 - 40 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มโทโคไตรอีนอล 51 – 81 เปอร์เซ็นต์ และโอรีซานอล ซึ่งสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอีถึง 6 เท่า มีกรดไขมันอิ่มตัว 18 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated Fatty Acid : MUFA) 45 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated Fatty Acid : PUFA) 37 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันรำข้าวเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดคอเลสเตอรอลที่ไม่ดี (LDL-C)

2.5.1 สารอาหารที่สำคัญและคุณสมบัติเด่น

2.5.1.1 โอรีซานอล (Oryzanol) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติที่พบเฉพาะในน้ำมันรำข้าวเท่านั้น ไม่พบในน้ำมันพืชชนิดอื่นคุณสมบัติเด่น คือต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอี ถึง 6 เท่า ซึ่งอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคมะเร็ง และโรคหลอดเลือดหัวใจตีบตัน ลดคอเลสเตอรอลที่ไม่ดี (LDL-C) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดและช่วยปรับสมดุลของระบบฮอร์โมนในสตรีวัยทอง โดยช่วยลดอาการร้อนวูบวาบ (Hot Flash)

2.5.1.2 ไฟโตสเตอรอล (Phytosterols) เป็นสารสเตอรอลธรรมชาติที่มีในพืช จากการศึกษาปริมาณไฟโตสเตอรอลที่มีในน้ำมันพืชชนิดต่างๆ พบว่าน้ำมันรำข้าวมีไฟโตสเตอรอลมากที่สุด คุณสมบัติเด่นคือ ต้านอนุมูลอิสระ โดยช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์เนื้องอกและเซลล์มะเร็ง ช่วยป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และมะเร็งต่อมลูกหมากได้และยังช่วยลดการดูดซึมคอเลสเตอรอลในร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด

2.5.1.3 วิตามินอี (Vitamin E) ในน้ำมันรำข้าว มีวิตามินอีถึง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มโทโคฟีรอล (Tocopherol) และกลุ่มโทโคไตรอีนอล (Tocotrienol) ซึ่งช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบสืบพันธุ์ให้เป็นปกติ ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลรวมและคอเลสเตอรอลที่ไม่ดีนอกจากนี้ ยังทำหน้าที่ต้านอนุมูลอิสระที่เนื้อเยื่อของเซลล์ ทำให้โครงสร้างและการทำงานของเยื่อบุเซลล์เป็นปกติลดโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง โดยเฉพาะโทโคไตรอีนอลที่มีมากในน้ำมันรำข้าว จะออกฤทธิ์ต่างๆ ดังกล่าวสูงกว่าวิตามินอีรูปแบบอื่น

2.5.2 ประโยชน์ของน้ำมันรำข้าว

2.5.2.1 อุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ

น้ำมันรำข้าวอุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด สาระสำคัญที่สุด คือ แกมม่า-โอรีซานอล ซึ่งจะพบได้เฉพาะในน้ำมันจากข้าวเท่านั้น โดยน้ำมันรำข้าวโดยทั่วไปจะให้สาร แกมม่า-โอรีซานอล 2,000 – 4,000 ppm ปัจจุบันยังมีน้ำมันรำข้าวที่สกัดพิเศษเพื่อให้ได้สาร แกมม่า-โอรีซานอลสูงถึง 8,000 ppm อีกด้วย นอกจากนี้ในน้ำมันรำข้าวยังพบวิตามินอี ซึ่งขึ้นชื่อใน เรื่องการชะลอความชราจึงเห็นได้ว่ามีการใช้น้ำมันรำข้าวในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิวมาก

มีงานวิจัยระบุว่าทั้งสารแกมม่า-โอรีซานอล และวิตามินอีจากรำข้าว สามารถ ยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์โคเลสเตอรอล (Cholesterol Oxidation) ของร่างกาย ซึ่งแสดงให้เห็น ว่าน้ำมันรำข้าวมีส่วนช่วยลดอาการไขมันในเลือดสูงได้ นอกจากนี้แล้วยังมีงานวิจัยระบุว่า แกมม่า-โอรีซานอลน่าจะมีฤทธิ์ในการลดไขมันในเส้นเลือดสูงกว่าวิตามิน อี เนื่องจากในรำข้าวมี แกมม่า-โอรีซานอลสูงกว่าวิตามิน อี ถึง 10 เท่าทีเดียว

2.5.2.2 สร้างสมดุลของไขมัน

ฤทธิ์ในการลดโคเลสเตอรอลของรำข้าวกำลังเป็นที่สนใจของผู้รักสุขภาพมี งานวิจัยหลายชิ้นระบุว่า รำข้าวและน้ำมันรำข้าวอาจจะช่วยลดแอลดีแอล-โคเลสเตอรอล (LDL-C) ซึ่ง เป็นไขมันชนิดไม่ดี และยังอาจจะช่วยเพิ่มเอชดีแอล-โคเลสเตอรอล (HDL-C) ไขมันชนิดที่มีประโยชน์ ต่อร่างกายอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยในคนระบุว่าน้ำมันรำข้าวที่มีแกมม่า-โอรีซานอสูง อาจจะ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดไขมันในเส้นเลือดได้มากยิ่งขึ้น

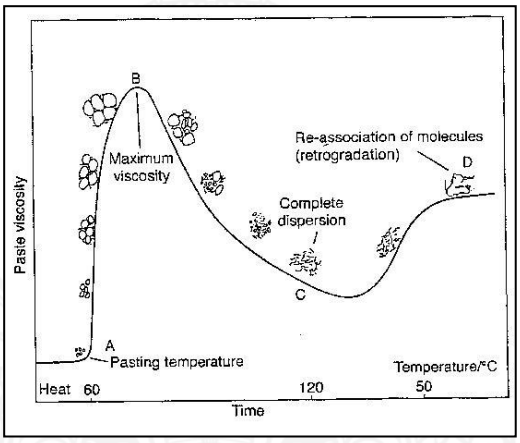
2.5.3 จุดที่ก่อให้เกิดควันสูง (High Smoke Point)

จุดที่ก่อให้เกิดควัน (Smoke Point) คือ อุณหภูมิที่น้ำมันประกอบอาหารเริ่มกลายเป็น ควัน และเริ่มเสื่อมสลายคุณค่าทางโภชนาการและกลิ่นรส ซึ่งน้ำมันแต่ละชนิดมีจุดที่ก่อให้เกิดควันใน อุณหภูมิที่ต่างกัน ดังนั้นจุดที่ก่อให้เกิดควันจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาเมื่อเลือกซื้อน้ำมันประกอบ อาหาร โดยเฉพาะในการปรุงอาหารที่ใช้ความร้อนสูง เช่น การทอด จึงควรเลือกใช้แต่น้ำมันที่มีจุดที่ ก่อให้เกิดควันสูง (High Smoke Point) ซึ่งไม่เพียงช่วยรักษากลิ่นรสของอาหาร แต่ยังช่วยลดการเกิด ควันน้ำมันในการประกอบอาหาร อันอาจก่อให้เกิดมะเร็งได้น้ำมันรำข้าวขึ้นชื่อว่าเป็นน้ำมัน ที่มีจุดที่ ก่อให้เกิดควันสูงประมาณ 240 - 254 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปจัดว่าสูงกว่าน้ำมันชนิดอื่นๆ อาทิ น้ำมันพืช น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน น้ำมันมะกอก น้ำมันหมู เนย เป็นต้น ถึงแม้ว่าน้ำมันปาล์มจะมีจุดเกิดควันค่อนข้างสูง มีผู้นิยมใช้ทอดอาหารแต่มักมีไขมันอิ่มตัวสูง ซึ่งไม่ดีต่อสุขภาพประกอบอาหารได้หลากหลายน้ำมันรำข้าวเป็นที่นิยมในการใช้ประกอบอาหารทุก ชนิด โดยเฉพาะอาหารประเภททอดซึ่งใช้ความร้อนสูง

นอกจากนี้น้ำมันรำข้าวยิ่งมีกลิ่นรสอ่อนจาง ไม่มีกลิ่นหืน และดีต่อสุขภาพ ทำให้มีผู้นิยมใช้ในการทำอาหารประเภทผัด อีกทั้งสามารถใช้ประกอบอาหารฝรั่งได้เป็นอย่างดี โดยชาวตะวันตกเริ่มนำน้ำมันรำข้าวมาใช้ในการทำน้ำสลัด ผัดสปาเก็ตตี้หลากหลายเมนู ตลอดจนใช้ทำเบเกอรี คนไทยจึงน่านำมาทดลองใช้ ก็จะช่วยลดการนำเข้าน้ำมันมะกอกได้อีกทางหนึ่ง

2.6 การเจลาติไนซ์(gelatinization)

คือ ปรากฏการณ์ของน้ำแป้งเมื่อได้รับความร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในภายในโมเลกุลของเม็ดแป้ง (starch granule) เนื่องจากความร้อนทำลายพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของสตาร์ชในเม็ดแป้ง สายพอลิเมอร์ของอะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพกทิน (amylopectin) ที่อัดแน่นอยู่ในเม็ดแป้งจะคลายตัวและรวมกับน้ำที่ล้อมรอบ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏเม็ดแป้งพองตัว และความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 2.3 การเกิดเจลาติไนซ์

ที่มา: พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, ม.ป.ป.

อุณหภูมิที่สตาร์ชเริ่มเกิดการเจลาติไนซ์ เรียกว่า gelatinization temperature หรือ pasting temperature อยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 60 - 70 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ช่วงนี้เม็ดแป้งยังคงมีสภาพอยู่ได้โดยไม่แตกออกเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น เม็ดแป้งจะพองตัวเพิ่มขึ้น และมีความหนืดสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เกิดลักษณะของน้ำแป้งข้น (starchpaste) ความหนืดจะเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งถึงจุดที่เม็ดแป้งเกิดการพองตัวสูงสุด และให้ความหนืดสูงสุด (maximum visicosity) จากนั้นเม็ดแป้งจะแตกถึงจุดสูงสุด ซึ่งไม่สามารถคืนสภาพได้ หรือมีการกวนอย่างรุนแรงจนเม็ดแป้งแตกออก

การเจลาติไนซ์ เป็นการสุกของสตาร์ชซึ่งเกิดจาการให้ความร้อนแก่อาหารที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบ เกิดในการให้อาหารสุก (cooking) ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การนึ่ง การทอด การอบ การทำให้สุกด้วย เอ็กซ์ทรูเดอร์และไมโครเวฟ เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, ม.ป.ป.)

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติและการเกิดเจลาติไนซ์เซชั่น

คุณสมบัติ	มันฝรั่ง	ข้าวโพด	Waxy maize	แป้งสาลี	แป้งมันสำปะหลัง
ขนาดเม็ดสตาร์ช (ไมครอน)	5 - 100	3 - 26	3 - 26	1 - 40	4 - 35
ขนาดเม็ดสตาร์ชเฉลี่ย (ไมครอน)	30	15	15	10	20
ไขมัน (fat) (เปอร์เซ็นต์)	0.05	0.60	0.15	0.8	0.1
โปรตีน (protien) (เปอร์เซ็นต์)	0.06	0.35	0.25	0.40	0.10
อะไมโลเพกทิน (amylopectin) (เปอร์เซ็นต์)	21	28	0	28	17
อุณหภูมิเริ่มต้นที่ทำให้เกิดเจลาติไนซ์ gelatinization temperature (องศาเซลเซียส)	60 - 65	75 - 80	65 - 70	80 - 85	65 - 70
ความหนืดของน้ำแป้ง	สูงมาก	ปานกลาง	ปานกลาง-สูง	ปานกลาง-ต่ำ	สูง
ความใสของน้ำแป้งและฟิล์ม	ใสมาก	ขุ่น	ใสพอใช้	ขุ่น	ใส
อัตราการคืนตัว(retrogradation)	ปานกลาง-ต่ำ	สูง	ต่ำมาก	สูง	ต่ำ

ที่มา: พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, ม.ป.ป.

2.7 การอบ

การอบ หมายถึง กระบวนการที่ทำให้ปริมาณน้ำหรือความชื้นในผลิตภัณฑ์หมดไปหรือเหลือปริมาณน้อยที่สุด แต่ในบางผลิตภัณฑ์ไม่ต้องการให้อบผลิตภัณฑ์ให้แห้งสนิท จะคงเหลือความชื้น 2 - 5 เปอร์เซ็นต์ก่อนนำไปเผา เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงและไม่แตก การนำตู้อบมาใช้แทนการตากแดด สามารถควบคุมได้ทั้งอุณหภูมิ ความชื้น และสามารถอบได้ปริมาณมากกว่าการตากแดดเพียงอย่างเดียวหลายเท่าตัวขึ้นอยู่กับความสามารถของเตาอบแต่ละตู้ ในช่วงแรกของการอบน้ำและความชื้นจะลดลงด้วยอัตราคงที่ ถึงระดับหนึ่งน้ำจะเริ่มลดลงด้วยอัตราที่น้อยลงเรื่อยๆ เมื่อน้ำหนักคงที่ในการอบจะเกิดปฏิกิริยา ซึ่งประกอบด้วย 3 ช่วง คือ

ช่วงที่ 1 constant-rate period ช่วงนี้ความชื้นจะออกจากผลิตภัณฑ์ด้วยอัตราคงที่ เช่น 0.1 กรัมต่อชั่วโมง รอบๆ ผิว (free water - surface) น้ำที่อยู่ข้างในผ่านออกมาข้างนอก ตราบใดที่ผิวนอกยังเปียกอยู่

ช่วงที่ 2 First falling-rate period ช่วงนี้ความชื้นจะออกจากผลิตภัณฑ์ด้วยอัตราที่ลดลงคงที่ เช่น ชั่วโมงแรก ความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ด้วยอัตรา 0.1 กรัมต่อชั่วโมงต่อตารางเซนติเมตร

ชั่วโมงที่สองเหลือ 0.09 กรัมต่อชั่วโมงต่อตารางเซนติเมตร

ชั่วโมงที่สามเหลือ 0.08 กรัมต่อชั่วโมงต่อตารางเซนติเมตร

อัตราการระเหยในช่วงนี้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก เช่นความเร็วลมที่ไหลผ่านชิ้นงาน

ช่วงที่ 3 Second falling-rate period ช่วงนี้อนุภาคจะอยู่ชิดกันทำให้การระเหยลดลงช้ามาก อัตราการระเหยจะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ เป็นเส้นโค้ง การระเหยในช่วงนี้ จะขึ้นอยู่กับการควบคุมการแพร่กระจายของความชื้นผ่านรูพรุนในเนื้อผลิตภัณฑ์ (ตลาดนัดออนไลน์, 2556)

2.7.1 การเปลี่ยนแปลงของอาหารระหว่างการอบ

ความร้อนระหว่างการอบ ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อน ทั้งแบบการพาความร้อนร่วมกับการแผ่รังสีไปที่ผิวหน้าของอาหารและนำความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในชิ้นอาหาร ระหว่างการอบยังมีการถ่ายเทมวลออกจากผิวของอาหาร ทำให้อาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉพาะบริเวณผิวหน้าของอาหาร น้ำในอาหารจะระเหยออกไป เกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของอาหาร ได้แก่

2.7.1.1 ทำให้อาหารสุก โดยทำให้แป้งเกิดการเจลาติไนซ์ (gelatinization) และโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation)

2.7.1.2 ทำให้เกิดการขยายตัวของผลิตภัณฑ์เบเกอรีจากปฏิกิริยาของสารที่ทำให้ขึ้นฟู (leavening agent) เกิดเป็นโครงสร้างที่มีรูอากาศภายใน

2.7.1.3 เกิดเปลือกแข็ง (crust) ที่ผิวนอกของอาหาร

2.7.1.4 การเปลี่ยนแปลงสี โดยเฉพาะที่ผิวนอกของอาหารเกิดเป็นปฏิกิริยาสีน้ำตาลหรือ browing reaction เช่น Maillard reaction, caramelization ซึ่งเป็นปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวกับเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างโปรตีน หรือกรดอะมิโนกับน้ำตาลในภาวะที่มีอุณหภูมิสูง (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2556)

2.7.2 ผลของจุลินทรีย์ที่มีต่อการอบ

อาหารจะมีจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหารนั้น ราส่วนใหญ่เติบโตได้ในอาหารที่มีน้ำ 12 เปอร์เซ็นต์ เคยพบราบางชนิด เติบโตในอาหารที่มีน้ำเพียง 2 เปอร์เซ็นต์ สำหรับยีสต์ต้องการน้ำมากกว่ารา ปกติต้องการความชื้นกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดธัญพืชที่มีความชื้นประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ จะไม่มีราขึ้น แต่ถ้ามีความชื้น 16 เปอร์เซ็นต์ อาจมีราขึ้นระหว่างเก็บได้

ผลไม้แห้งที่มีความชื้นระหว่าง 16 – 25 เปอร์เซ็นต์ ราจะขึ้นในผลไม้เหล่านี้ได้ถ้ามีอากาศและมีความชื้นในอากาศสูง อาหารที่มีความชื้นสูงกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ และหากสิ่งแวดล้อมอื่นเหมาะสม ราและยีสต์จะเติบโตสำหรับการอบผลิตภัณฑ์กลุ่มเนื้อสัตว์นั้นจำเป็นต้องมีการป้องกันควบคุมและการลดการปนเปื้อนสำหรับเนื้อสัตว์หลังการฆ่า เช่น กรดอินทรีย์ คลอรีนเนื้อจากเนื้อสัตว์เป็นอาหารที่มีโปรตีนสูง มีค่า Water activity เหมาะกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หลายชนิด ซึ่งอาจจะต้องใช้หลายวิธีร่วมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำแห้งได้มากขึ้นแบคทีเรียที่ให้โทษบางอย่างสามารถเติบโตได้ในอาหารแห้ง ได้แก่ แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร และที่ทำให้อาหารเป็นพิษ ดังนั้นนอกจากจะควบคุมความชื้นแล้วจำเป็นต้องใช้อาหารที่มีคุณภาพสูง สำหรับอาหารแห้งควบคุมความสะอาดโดยใช้ความร้อนต่ำ (pasteurization) ทำลายจุลินทรีย์ก่อนการทำแห้งใช้เครื่องมือที่สะอาดตลอดจนการเก็บอาหารในที่แห้ง แล้วให้ปลอดภัยจากฝุ่น แมลง และหนู เพื่อช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ที่เข้ามาปนเปื้อนให้เหลือน้อยที่สุด (วิไล, 2545)

2.7.3 ผลของเอนไซม์ที่มีต่อการอบ

เอนไซม์จะทำงานได้ดี ในสภาวะที่มีน้ำ และถ้าความเข้มข้นของเอนไซม์และสารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาคงที่แต่ปริมาณน้ำลดลง ปฏิกิริยาของเอนไซม์จะลดลงเป็นสัดส่วนกับปริมาณน้ำที่ลดลง เมื่อมีความชื้นเหลือน้อยกว่า 5.6 - 8.5 เปอร์เซ็นต์ ปฏิกิริยาของเอนไซม์จะไม่เหลือเลยเมื่อมีน้ำอยู่ด้วย ความร้อนจะทำลายเอนไซม์อย่างรวดเร็วโดยปกติที่อุณหภูมิน้ำเดือดเอนไซม์จะถูกทำลายภายใน 1 นาที แต่ถ้าใช้ความร้อนแห้ง ที่ใช้ในการทำอาหารแห้งด้วยเครื่อง (drier) แม้จะมีอุณหภูมิ สูงถึง 400 องศาฟาเรนไฮด์ ก็มีผลต่อเอนไซม์น้อยมาก (วิไล, 2545)

2.8 กระบวนการทำแห้งอาหาร

การทำแห้ง (Drying) คือ การลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ คือ มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity, a_w) ต่ำกว่า 0.7 ความชื้นในอาหารแห้งมีค่าประมาณ 5 - 25 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร (สมบัติ, 2529)

2.8.1 ประโยชน์ของการทำแห้ง

2.8.1.1 ป้องกันการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์

2.8.1.2 ทำให้มีใช้ยามขาดแคลน นอกฤดูหรือในแหล่งที่ห่างไกล

2.8.1.3 เก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องแช่ตู้เย็นให้เปลืองค่าใช้จ่าย

2.8.1.4 ลดน้ำหนักของอาหาร ทำให้สะดวกในการบรรจุเก็บรักษาและขนส่ง

2.8.1.5 ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น ลูกเกด เกิดจากการทำแห้งองุ่น

2.8.1.6 ให้ความสะดวกในการใช้ เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป

2.8.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง

ในการทำแห้งทั่วๆ ไป มีปัจจัยหลายประการที่ทำให้การอบแห้งนั้นเกิดได้เร็วหรือช้าซึ่งพอสรุปได้ ดังนี้

2.8.2.1 ธรรมชาติของอาหาร

อาหารเนื้อโปร่งมีลักษณะที่เป็นรูปพรุนมากๆ มีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารเนื้อโปร่งจึงแห้งเร็วกว่าอาหาร เนื้อแน่น อาหารที่น้ำตาลสูงจะเหนียวเหนอะหนะกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจึงแห้งช้า อาหารที่การลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจึงแห้งได้เร็ว

2.8.2.2 ขนาดและรูปร่าง

ขนาดและรูปร่างมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เช่น รูปร่างเหมือนกัน ขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งเร็วกว่า แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้

2.8.2.3 ปริมาณอาหารต่อถาด

ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อนหรือได้รับความร้อนจากถาดแต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า

2.8.2.4 ตำแหน่งของอาหารในเตาอบ

น้ำในอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า หรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยได้ดีกว่า

2.8.2.5 อุณหภูมิของอากาศร้อน

ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำจึงมีผลต่อการทำแห้งในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่และอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้น จึงมีผลต่อการอบในช่วงอัตราการทำแห้งลดลงด้วย

2.8.2.6 ความเร็วของลมร้อน

ความเร็วของลมร้อนมีผลกระทบต่อการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นจึงเคลื่อนย้ายได้ดีขึ้น การเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นเต็มที่ที่ความเร็วลม 244 เมตรต่อนาที นอกจากนั้นความเร็วลมทำให้เกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศในเตาอากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น

2.8.2.7 ความดัน

ความดันเกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำเนื่องจากในที่ความดันต่ำๆ น้ำจะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำลงมา ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น

2.8.3 การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการทำแห้ง

การทำแห้งเกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารมากหรือน้อยขึ้นกับธรรมชาติของอาหารและสภาวะที่ใช้ในการทำแห้ง

2.8.3.1 การหดตัว

โดยธรรมชาติเซลล์ในอาหารจะอยู่ในลักษณะของเซลล์ที่เต่งเสมอและผนังของเซลล์จะมีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นได้ ในลักษณะการทำแห้งอาหาร เมื่อน้ำถูกระเหยออกไป จะทำให้เกิดช่องว่างขึ้นระหว่างผิวของอาหารจะพยายามเข้าไปแทนที่ช่องว่างนั้น ทำให้เซลล์ของอาหารหดตัว การหดตัวของผนังเซลล์ไม่สามารถจะหดเข้าไปได้เท่าๆ กัน ทุกส่วนของอาหารได้ เนื่องจากธรรมชาติของอาหารที่เรียกว่า Incompressible part ตรงส่วนที่ไม่สามารถหดได้จะยืดตัวออก อาหารที่มี น้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้าๆ

2.8.3.2 การเปลี่ยนสี

อาหารที่ผ่านการทำแห้งจะมีสีเข้มขึ้น เนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมี การเกิด สีน้ำตาล อุณหภูมิและช่วงเวลาที่อากาศมีความชื้น 10 – 20 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อความเข้มข้นของสี จึงควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงในช่วงความชื้นนี้

2.8.3.3 การเกิดเปลือกแข็ง

เป็นลักษณะที่ผิวอาหารแข็งเป็นเปลือกหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้งไว้เกิดจากในช่วงแรกให้น้ำระเหยเร็วเกินไป น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน หรือมีสารละลายของน้ำตาล โปรตีน เคลื่อนที่มาแข็งที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยไม่ใช้อุณหภูมิสูงและใช้อากาศที่มีความชื้นสูง เพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งก่อนเวลาอันสมควร

2.8.3.4 การเสียความสามารถในการคืนสภาพ

อาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพ แต่การคืนสภาพโดยการเติมน้ำ จะไม่ได้เหมือนเดิม เพราะเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ สตาร์ชและโปรตีนเสียความสามารถในการดูดน้ำ อาหารแห้งที่ทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็งจะมีความสามารถในการคืนสภาพดีที่สุด เพราะไม่ได้ใช้ความร้อนที่จะทำลายผนังเซลล์หรือเปลี่ยนโครงสร้างของสตาร์ชและโปรตีน

2.8.3.5 การสูญเสียคุณค่าอาหารและสารระเหย

ตารางที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางอาหารและสารระเหย

สารอาหาร/สารระเหย	การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
โปรตีน แป้ง และไขมัน	มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบต่อน้ำหนัก
สารระเหย	ลดลงหรือแตกต่างไปจากเดิมเนื่องจากความร้อน
สารประกอบ Fiber	ไม่เปลี่ยน
ปริมาณแคลอรี่	ไม่เปลี่ยนแปลงแต่ปริมาณมวลของอาหารลดลงโดยการนำความชื้นออกจากอาหาร
วิตามิน เอ	ขึ้นอยู่กับการควบคุมความร้อนในกระบวนการทำแห้ง
วิตามิน ซี	โดยมากถูกทำลายไปในระหว่างการลวกและการทำแห้งของผัก
เกลือแร่	สูญสลายไปบ้างระหว่างการ Dehydration ถ้าใช้น้ำไม่มากเกินไป ส่วนธาตุเหล็กไม่ถูกทำลายโดยการทิ้ง
Thiamin, Riboflavin, Niacin	สูญสลายไปเล็กน้อยระหว่างการลวกแต่ถ้าใช้น้ำไม่มากเดินไปก็ยังคงเหลืออยู่

ที่มา: วิลาสินี, 2555

2.8.4 ผลของการทำแห้งต่อปัจจัยต่างๆ ในอาหาร

2.8.4.1 โปรตีน

โดยลักษณะธรรมชาติของโปรตีน เถ้า ได้รับความร้อนสูงนานๆ จะทำให้เสียสภาพทางธรรมชาติไป (Denature) คุณค่าทางอาหารของโปรตีนจะเหลืออยู่มากหรือน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับวิธีการทำแห้ง ดังนั้นการเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับเครื่องทำแห้งแต่ละประเภทจะช่วยให้คุณค่าของโปรตีนคงอยู่มากขึ้น

2.8.4.2 ไขมัน

ไขมันที่มีในอาหารทั่วๆ ไป จะเป็นตัวทำให้อาหารนั้นเหม็นหืนยิ่งไขมันสูงและอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเหม็นหืนได้เร็วขึ้น ดังนั้นในการทำแห้งจึงต้องคำนึงถึงการเหม็นหืนของอาหารแห้ง ถ้ามีไขมันสูงควรหลีกเลี่ยงการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูง อาจทำแห้งโดยใช้อุณหภูมิต่ำหรือภายใต้สภาพสุญญากาศ หรือใช้สารกันหืน

2.8.4.3 คาร์โบไฮเดรต

แป้งและน้ำตาลในอาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนสูงในช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning) โดยเฉพาะในพวกผลไม้ จะเกิดการเปลี่ยนสีในขณะทำแห้งจากปฏิกิริยา enzymatic browning หรือ caramelization ซึ่งจะเกิดขึ้นในอาหารที่มีความชื้นตั้งแต่ 1 – 30 เปอร์เซ็นต์

2.8.4.4 เชื้อจุลินทรีย์

พวกแบคทีเรียและยีสต์จะเจริญเติบโตที่ความชื้นสูงๆ มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป แต่เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ในที่มีความชื้นน้อยกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นอาหารแห้งที่ทำการลดความชื้นจนเหลือน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถเก็บรักษาได้นาน ถ้าบรรจุในภาชนะหรือหีบห่อที่ดีในความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

2.8.4.5 เอนไซม์

ในการทำอาหารแห้งมีเอ็นไซม์หลายตัวที่มีผลต่ออาหารแห้งโดยเฉพาะในแง่ของการเก็บรักษาและคุณภาพของอาหารแห้งที่ได้มีเอนไซม์ที่สำคัญ 2 ตัว คือ เพอร์ออกซิเดส (peroxidase) และแคทาเลส (catalase) ซึ่งเป็นตัวที่ทนความร้อนสูง ดังนั้นในการทำแห้งอาหารจึงใช้เอนไซม์ 2 ชนิดนี้เป็นตัวบ่งชี้ สำหรับการทดสอบว่าเอนไซม์ยังมีความสามารถในการทำงานหรือไม่ ลักษณะการทำงานเอนไซม์ทั่วๆไป ขึ้นอยู่กับความชื้นเมื่อความชื้นของอาหารลดลงความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ก็ลดลงด้วย โดยทั่วไปเอนไซม์หยุดการทำงานอย่างสิ้นเชิงถ้าให้ความร้อนใกล้จุดเดือดของน้ำที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที นอกนั้นอาหารแห้งที่มีความชื้นลดลงต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ความสามารถในการทำงานของเอนไซม์จะไม่เหลืออยู่เลย

2.8.4.6 การป้องกันการเกิดสีน้ำตาล

การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของอาหารแห้งเกิดได้จากเอนไซม์และปฏิกิริยาทางเคมี ในกรณีแรกป้องกันได้โดยการลวกทำลายเอนไซม์ โดยใช้เวลาและอุณหภูมิที่เพียงพอในการทำลายเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (peroxidase) และแคทาเลส (catalase) ซึ่งทดสอบได้โดยใช้สารละลาย guaiacol และไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ตามลำดับสารประกอบซัลเฟอร์ช่วยป้องกันการเปลี่ยนสีของอาหารโดยทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent) ทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอนิล (carbonyl group) ของโปรตีน โปรตีนจึงไม่สามารถรวมตัวกับน้ำตาลเกิดปฏิกิริยาต่อไปเป็นสีน้ำตาล นอกจากนั้นยังทำหน้าที่เป็นตัวฟอกสีอีกด้วย นิยมใช้สารละลายโซเดียมหรือโพแทสเซียมซัลไฟต์ หรือเมตาไบซัลไฟต์ ปริมาณการใช้ 2,000 ppm เพียงพอในการป้องกันการเปลี่ยนสีระหว่าง การทำแห้งมีการสูญเสียระหว่างทำแห้งและการประกอบอาหารจนเหลือประมาณ 50 – 100 ppm เมื่อบริโภค การใช้มากเกินไปจะทำให้มีสีซีดและกลิ่นซัลเฟอร์ข้อเสียของสารประกอบซัลเฟอร์ คือทำลายวิตามินบีและทำให้เกิดการแพ้ในบางคน

2.9 การทอด

2.9.1 การทอดแบบน้ำมันท่วมชิ้นอาหาร (deep-fat frying)

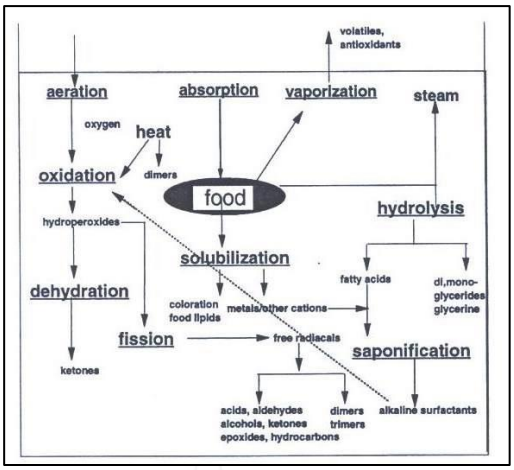
การทอดแบบน้ำมันท่วมชิ้นอาหารหรือ deep-fat frying เป็นกรรมวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารและขนมขบเคี้ยวที่ได้รับความนิยม และใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในระดับครัวเรือนและระดับอุตสาหกรรม ในการทอดแบบ deep-fat frying อาหารจะจมอยู่ในน้ำมันหรือไขมันที่มีอุณหภูมิสูง น้ำมันขณะทอดส่วนใหญ่จะมีอุณหภูมิ 150 – 190 องศาเซลเซียส ความร้อนจากน้ำมันจะทำให้น้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ระเหยเป็นไอ และเคลื่อนออกมาที่ผิวของผลิตภัณฑ์ และออกไปยังผิวหน้าของน้ำมัน ขณะเดียวกันน้ำมันจะถูกดูดซับเข้าไปในผลิตภัณฑ์ด้วยการแทนที่น้ำที่ระเหยออกไป กลายเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นคุณภาพของน้ำมันหรือไขมันที่ใช้ในการทอดจึงมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการทอด

2.9.2 น้ำมันและไขมันที่ใช้ในการทอด

กรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวแบบทอด (deep-fat frying) นั้น น้ำมันที่ใช้ในการทอดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากน้ำมันที่ใช้เป็นซอทเทนนิ่ง (shortening) หรือใช้ในการเคลือบ (coating) คือ จะต้องมีจุดเกิดควัน (smoking point) ที่สูง และมีความคงตัวต่อการเกิดไฮโดรไลซิส (hydrolysis) และเกิดออกซิเดชัน (oxidation) ที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Matz, 1991)

น้ำมันปาล์ม (palm oil) เป็นน้ำมันที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เนื่องจากไม่มีกลิ่นที่อุณหภูมิห้อง มีการคงทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูงและมีคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากมีองค์ประกอบของกรดไขมัน (50 percent unsaturated no trans acid) ราคาถูกและมีสีที่ดี เมื่อเทียบกับน้ำมันชนิดอื่นๆ สมบัติในการทอดที่ดีของน้ำมันปาล์มคือ มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปานกลาง มี linolenic acid และ tocopherol (380 – 890 ppm) ซึ่งเป็นสารกันหืนธรรมชาติ ทำให้น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่มีประสิทธิภาพ (Hui, 1996)

ในระหว่างกระบวนการทอดน้ำมันจะเกิดการเสื่อมเสีย และมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ซับซ้อน เมื่อได้รับความร้อน ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันกับอาหารระหว่างการทอด ปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทอด ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของน้ำมัน แสดงดังภาพที่ 2.4 โดยปฏิกิริยาทางเคมีหลัก ที่เกิดขึ้นกับน้ำมันระหว่างการทอด คือ เริ่มจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) เป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนที่มีในอากาศกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันหรือไขมันเกิดเป็นอนุมูลเพอร์ออกไซด์ ที่ไม่เสถียรจะสลายตัวให้สารประกอบแอลดีไฮด์หรือคีโตน ซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้และทำให้มีกลิ่นเหม็นหืน ต่อมาเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) เมื่ออาหารถูกนำไปทอดในน้ำมันที่ร้อน ไอน้ำ ที่ออกจากอาหารจะทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระซึ่งทำให้มีกลิ่นรสคล้ายสบู่เกิดขึ้น



ภาพที่ 2.4 ปฏิกิริยาต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทอด
ที่มา: Moreira *et al*. (1999)

2.9.3 ปัจจัยที่มีผลต่อขนมขบเคี้ยวที่ผ่านกระบวนการทอด

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการทอดซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยว คือ สภาวะในการทอด สภาวะในการทอดจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะได้มาก โดยการทอดจะทำให้เกิดการพองตัวของแป้ง (starch gel) ขึ้น ซึ่งมีผลต่อสมบัติทางกายภายของผลิตภัณฑ์ การพองตัวขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่าง คือ ความดันและความต้านทาน ความดันเกิดจากการให้พลังงานเข้าไปในอาหาร จะโดยวิธีใดก็ตาม เนื่องจากน้ำที่แทรกอยู่ในอาหารเกิดการขยายตัวดันให้เนื้ออาหารเป็นโพรงหรือรูพรุน เพื่อให้ความชื้นหลุดออกจากเนื้ออาหารได้ในขณะเดียวกันก็จะเกิดแรงต้านหรือแรงยึดไม่ให้น้ำขยายตัวหรือหลุดไป ถ้าใช้พลังงานพอเหมาะจะทำให้เกิดความดันเท่ากับความต้านทาน การพองตัวที่ได้จะมีการพองตัวสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นอาหาร ทำให้ความชื้นที่เหลืออยู่พอเหมาะที่จะทำให้มีความกรอบพอเหมาะพอดีมีโครงสร้างเนื้อสัมผัสดีไปด้วยแต่ถ้าความดันน้อยกว่าความต้านทานลักษณะเนื้อสัมผัสจะไม่ดีมีรูพรุนไม่สม่ำเสมอส่วนที่ไม่มีรูพรุนก็จะแห้ง

ปัจจัยในการทอดที่ส่งผลต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวมีหลายประการ เช่น คุณภาพของน้ำมัน ความชื้นเริ่มต้นอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทอดขนาดและองค์ประกอบของอาหาร ได้แก่ อัตราส่วนของแอมิโลสต่อแอมิโลเพคติน ปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น การดูดซับน้ำมันหรือการอมน้ำมันของผลิตภัณฑ์สีและเนื้อสัมผัส เป็นต้น

2.9.4 คุณภาพของน้ำมัน

ในระหว่างการทอดน้ำมันจะถูกดูดซับเข้าไปในผลิตภัณฑ์ด้วยการแทนที่น้ำที่ระเหยออกไปกลายเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นคุณภาพของน้ำมันหรือไขมันที่ใช้ในการทอด จึงมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการทอดน้ำมันที่ได้รับความร้อนเป็นเวลานานหรือใช้ทอด

หลายๆครั้ง น้ำมันจะเกิดการเสื่อมเสียซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (Moreira *et al*., 1999) จากการทดลองของ Moreia*et al*.(1997) พบว่า tortilla chips ที่ทอดในน้ำมันที่ผ่านการใช้มาแล้วมีผลทำให้มีน้ำมันปริมาณมากสะสมอยู่ที่ผิวหน้าของตัวอย่างมากกว่า tortilla chips ที่ทอดในน้ำมันใหม่

2.9.5 อุณหภูมิและเวลาในการทอด

สาเหตุการอมน้ำมันมาจากอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทอด การทอดที่ใช้อุณหภูมิต่ำ ปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ก็จะต่ำด้วย ในขณะที่การเพิ่มเวลาในการทอดจะทำให้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ขนาดของชิ้นอาหารก็มีผลต่อการอมน้ำมัน โดยตัวอย่างที่มีความหนาเพิ่มขึ้นการอมน้ำมันจะลดลง ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองของ Krokida*et al*. (2000) ซึ่งได้ศึกษาผลของอุณหภูมิเวลาที่ใช้ในการทอดและขนาดของชิ้นมันฝรั่งที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมันระหว่างกระบวนการทอด พบว่าปริมาณน้ำมันจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทอด ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำมันจะเกิดขึ้นในช่วง 10 วินาทีแรกของการทอดหลังจากนั้นเมื่อทอดต่อไปปริมาณน้ำมันก็จะคงที่และพบว่าการใช้อุณหภูมิในการทอดสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการดูดซับน้ำมันได้มากกว่าการทอดที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ชิ้นมันฝรั่งที่มีความหนา 5 มิลลิเมตรจะมีการดูดซับน้ำมันได้มากกว่าชิ้นมันฝรั่งที่มีความหนา 10 และ 15 มิลลิเมตรตามลำดับ

อุณหภูมิและเวลาในการทอดนอกจากจะเป็นสาเหตุของการอมน้ำมันแล้ว ยังมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ด้วย จากการศึกษาของ Krokida *et al*. (2001) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการทอดสูง (190 องศาเซลเซียส) จะทำให้ค่าความสว่าง (lightness) มีค่าต่ำกว่าการใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำ (150 และ 170 องศาเซลเซียส) ในขณะที่ค่าสีแดง a* และค่าสีเหลือง b* มีค่าสูงกว่าและพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทอดจะทำให้ค่าสีแดง a* และค่าสีเหลือง b* มีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าความสว่างจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรก หลังจากนั้นจะคงที่นอกจากนี้ Moreira *et al*.(1999) กล่าวว่าเฟรนฟรายด์แช่แข็งที่ใช้ระยะเวลาในการทอดนานเกินไปจะทำให้มีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้นและไม่เป็นที่ยอมรับ

2.9.6 ความชื้นเริ่มต้น

ความชื้นของส่วนผสมของวัตถุดิบมีผลต่อความหนาแน่นของขนมขบเคี้ยว การเกิดเจลของแป้งและการพองตัวความชื้นได้จากน้ำที่ใช้เป็นส่วนผสมและน้ำจากองค์ประกอบของวัตถุดิบจะมีผลต่อการแตกตัวของเม็ดแป้งมากซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Hnat *et al*., 1997) ถ้าใช้น้ำมากเกินไปเม็ดแป้งจะแตกตัวมากให้เจลที่เหนียว ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้ปริมาณน้ำน้อยเกินไปแป้งจะพองตัวน้อยไม่สุกและจะไม่เกิดเจลมากนัก เมื่อนำไปทอดจะไม่พองตัว โดยแป้งชนิดต่างๆ มีความสามารถในการพองตัวและการดูดน้ำไม่เท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อใส่ส่วนผสมอื่นที่มีความชื้นสูงลงไปด้วย ปริมาณน้ำที่ใช้จะลดลงแต่จะลดลงเท่าใดขึ้นอยู่กับชนิดของส่วนผสมนั้น

(พรรณี, 2530) ความชื้นเริ่มต้นมีผลต่อการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ดังจะเห็นได้จากการทดลองของ Moreia*et al*.(1997) ที่ศึกษาปัจจัยในการเพิ่มขึ้นของน้ำมันในผลิตภัณฑ์ tortilla chips ในกระบวนการทอดแบบ deep-fat frying โดยศึกษาสภาวะที่แตกต่างกันในการทอด พบว่าตัวอย่างมีความชื้นเริ่มต้นที่สูงจะมีการดูดซับน้ำมันปริมาณสูงด้วยและพบว่าปริมาณน้ำมันสุดท้ายกับปริมาณน้ำที่เคลื่อนที่ออกจากตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ให้ในการทอด

2.9.7 ขนาดของชิ้นอาหาร

ขนาดของชิ้นอาหารที่มีขนาดเล็กมีแนวโน้มที่จะอมน้ำมันได้สูงซึ่งจะเห็นได้จากผลการทดลองของ Moreia *et al*.(1997) ที่ศึกษาปัจจัยในการเพิ่มขึ้นของน้ำมันในผลิตภัณฑ์ tortilla chips ในกระบวนการทอดแบบ deep-fat frying พบว่าขนาดของตัวอย่างมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างที่มีขนาดเล็กจะมีการดูดซับน้ำมันปริมาณสูงและให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับ Krokida *et al*.(2000) ซึ่งได้ศึกษาผลของขนาดของชิ้นมันฝรั่งต่อการดูดซับน้ำมันพบว่าชิ้นมันฝรั่งที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร จะมีการดูดซับน้ำมันได้มากกว่าชิ้นมันฝรั่งที่มีความหนา 10 และ 15 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขนาดของชิ้นอาหารนอกจากจะมีผลต่อการดูดซับน้ำมันแล้วยังมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ด้วยจากการทดลองของ Krokida *et al*.(2001) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการทอดที่เท่ากันมันฝรั่งที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร จะมีค่าความสว่างน้อยกว่ามันฝรั่งที่มีความหนา 10 และ 15 มิลลิเมตรแต่มีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) สูงกว่า

2.10 วอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity)

วอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity) คือ น้ำในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ เพื่อการเจริญเติบโต วอเตอร์แอคติวิตี้มีผลกระทบกับปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาเอ็นไซม์ วอเตอร์แอคติวิตี้เหมือนกับ pH จุลินทรีย์ทุกตัวมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำที่สุด (minimum) หรือมีค่าเหมาะที่สุด (optimum) หรือมีค่าสูงที่สุด (maximum) ในการเจริญเติบโตของมัน ตามกฎหมายถ้าอาหารมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.85 หรือต่ำกว่า จัดอยู่ในประเภทไม่มีอันตราย เพราะไม่มีน้ำอิสระมากพอไปทำให้จุลินทรีย์ที่ก่อโรคเจริญเติบโตได้

2.10.1 วอเตอร์แอคติวิตี้กับปริมาณความชื้น

ในผลิตภัณฑ์อาหารค่าวอเตอร์แอคติวิตี้จะแตกต่างจากปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์น้ำ) ปริมาณความชื้นเป็นความชื้นรวม (total moisture) ได้แก่ ปริมาณน้ำที่ถูกยึดติดบวกกับปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในตัวอย่างอาหาร วอเตอร์แอคติวิตี้เป็นค่าเฉพาะบ่งถึงความชื้นอิสระที่วัดได้ โดยทั่วไปแทนด้วยสัญลักษณ์ a_w หรือ %EHR (equilibrium relative humidity หรือความชื้นสัมพัทธ์ที่สมดุล) อาหารชื้นมีแนวโน้มที่จะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงกว่าอาหารแห้ง แต่ไม่ได้จริงเสมอ

ไป บางครั้งอาหารหลากหลายชนิดก็มีปริมาณความชื้นเท่ากันทั้งหมดทุกตัวอย่าง แต่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้กลับแตกต่างกัน

2.10.2 การวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้

มาตราส่วนของวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วง 0 – 1 แต่อาหารส่วนใหญ่มีระดับวอเตอร์แอคติวิตี้ประมาณ 0.2 สำหรับอาหารที่แห้งมีมากถึง 0.99 สำหรับอาหารสดและชื้นในทางปฏิบัติการวัดวอเตอร์แอคติวิตี้ คือ การวัดความชื้นสัมพัทธ์ที่สมดุล วอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) เป็นอัตราส่วนความดันไอน้ำของอาหารต่อความดันไอน้ำของน้ำบริสุทธิ์ภายใต้สภาวะเดียวกัน ดังนั้นค่าของวอเตอร์แอคติวิตี้จึงแสดงในรูปสัดส่วน ซึ่งถ้าคูณด้วย 100 จะได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สมดุล ที่ตัวอย่างอาหารผลิตออกมาในภาชนะปิดสนิทและมีอากาศอยู่ด้วยที่อุณหภูมิคงที่อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) 0.55 จะให้ความชื้นสัมพัทธ์ที่สมดุล (%ERH) 55 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่าง ๆ

ผลิตภัณฑ์	วอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)
เนื้อสัตว์และปลาสด	0.99
ขนมปัง	0.95
เนยแข็งเช็ดดาร์เก่า	0.85
แยมและเยลลี	0.80
แป้ง	0.70
ผลไม้แห้ง	0.60
เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง	0.50
คุ้กกี้	0.30
นมผง	0.20
กาแฟผงพร้อมชง	0.20

ที่มา: CharpaTechcenter, 2553

2.10.3 การจำแนกประเภทอาหารโดยใช้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้

วอเตอร์แอคติวิตี้ใช้ประโยชน์มากที่สุดในการทำนายการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ยีสต์และรา อายุของอาหารที่ยังไม่บูดเสียโดยไม่เก็บในตู้เย็นนั้น มีปัจจัยที่ต้องควบคุม คือ ระดับความเป็นกรด (pH) หรือระดับวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) หรือรวมปัจจัยทั้งสองให้เหมาะสม การใช้ปัจจัยเหล่านี้ควบคุมจะช่วยยืดอายุอาหารได้และยังช่วยทำนายอายุอาหารในสภาพการเก็บรักษา ตามปกติเราอาจแยกประเภทของอาหารโดยใช้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ออกเป็นอาหารชื้น (moist food) อาหารกึ่งชื้น (semi-moist food) และอาหารความชื้นต่ำ(low moisture food) ตามตารางข้างล่าง

ตารางที่ 2.6 จำแนกประเภทอาหารโดยใช้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้

วอเตอร์แอคติวิตี้	ประเภท	การควบคุม
มากกว่า 0.85	อาหารชื้น	เก็บในตู้เย็นหรือเครื่องป้องกันอื่น ๆ เพื่อควบคุมการเติบโตของเชื้อโรค
0.60 – 0.85	อาหารกึ่งชื้น	ไม่ต้องเก็บในตู้เย็นเพื่อควบคุมเชื้อโรค อายุอาหารจำกัดเพราะการบูดเสียขึ้นกับยีสต์และราเป็นส่วนใหญ่
ต่ำกว่า 0.60	อาหารความชื้นต่ำ	อายุอาหารยืดออกได้ แม้ไม่ได้เก็บในตู้เย็น

ที่มา: CharpaTechcenter, 2553

เราอาจเก็บรักษาอาหารไว้ได้อย่างปลอดภัย ด้วยการลดวอเตอร์แอคติวิตี้ลงจนถึงจุดหนึ่งที่เชื้อโรคที่อันตราย อย่างเช่น *Clostridium botulinum* และ *Staphylococcus aure* ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ พวกอาหารแห้งหรืออาหารความชื้นต่ำที่มีอยู่ทั่วไป จะมีความชื้นน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า a_w ระหว่าง 0.0 - 0.60 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ได้แก่ ไข่แห้ง แครกเกอร์ ซีเรียล ผลิตภัณฑ์พวกนี้เก็บไว้ได้นานและไม่เสีย ตราบใดที่รักษาความชื้นให้ต่ำไว้ อาหารที่ควบคุมวอเตอร์แอคติวิตี้ อีกประเภทหนึ่งคือพวกที่มีความชื้นระหว่าง 15 – 50 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า a_w ระหว่าง 0.60 - 0.85 พวกนี้เป็นอาหารที่มีความชื้นปานกลาง ซึ่งตามปกติต้องการการป้องกันเพิ่มขึ้นจากปัจจัยทุติยภูมิ เช่น การพาสเจอไรซ์ การควบคุม pH การแช่เย็นหรือการเก็บถนอมอาหาร เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ได้นาน ตัวอย่างอาหารความชื้นปานกลาง ได้แก่ ผลไม้แห้ง เค้กและ พาสตรี้ เค้กผลไม้ แยม น้ำเชื่อม และไส้กรอกหมักบางชนิด ในสหรัฐอเมริกา USDA กำหนดให้อุณหภูมิที่คงไว้สำหรับให้อาหารแห้งอย่างต่ำที่สุด คือ 145 องศาฟาเรนไฮต์ อุณหภูมิอบแห้งที่สูงขึ้นไม่ได้ช่วยทำให้แห้งเท่านั้น แต่ยังช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารบูดเสีย

2.11 ผงปรุงรส (Seasoning)

ผงปรุงรส (Seasoning) ใช้ในการโรยหรือเคลือบลงบนอาหารได้หลากหลายชนิด เช่น ขนมอบกรอบ ขนมขบเคี้ยว อาหารทอด อาหารอบแห้ง เพื่อให้เกิดรสชาติ กลิ่น และสีสันตามต้องการ โดยวิธีใช้ นำผงปรุงรสมาชั่งตามสัดส่วน ใส่ในถุงพลาสติก รวมกับอาหารที่ต้องการจะโรยหรือเคลือบ จากนั้นเขย่า ให้ผงปรุงรสและอาหารผสมกันอย่างทั่วถึงและกระจายตัว วิธีที่จะทำให้ผงปรุงรสเกาะติดกับชิ้นอาหารได้ดีขึ้น คือ นำอาหารไปให้ความร้อน เช่น อบ ทอด หรือคั่ว ก่อนที่จะนำมาเขย่ารวมกับผงปรุงรส จะทำให้ผงปรุงรสเกาะติดชิ้นอาหารได้เป็นอย่างดี อีกวิธีหนึ่ง สามารถ สเปรย์ น้ำมันลงบนชิ้นอาหาร ก่อนที่จะทำการเขย่าก็ได้ ปริมาณการใช้ที่แนะนำให้ใช้ผงปรุงรส 5-10 % ของน้ำหนักอาหารที่จะโรยหรือเคลือบ (วัฒนพงศ์, 2553)

2.12 ผงฟู

ผงฟู มีชื่อเรียกทางเคมีว่าโซเดียมไบคาร์บอเนต หรือ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate or sodium hydrogen carbonate) เป็นสารประกอบที่มีสูตรทางเคมี NaHCO3 ผงฟูมีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว มีโครงสร้างเป็นผลึก แต่ปรากฏในรูปผงละเอียด มีคุณสมบัติเป็นเบส ผงฟูมีชื่อทางการค้าที่เรียกกันทั่วไปหลายชื่อด้วยกัน เช่น เบรกิ้งโซดา (baking soda) เบรดโซดา (bread soda) คุ๊กกิงโซดา (cooking soda) และ ไบคาร์บอเนตโซดา (bicarbonate of soda) การใช้ปริมาณผงฟูที่เหมาะสมตามที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยากำหนดไว้อยู่ที่ มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม หรือใช้ในปริมาณที่เหมาะสม

2.12.1 ประเภทของผงฟู

2.12.1.1 ผงฟูกำลังหนึ่ง (single acting หรือ fast acting baking powder)

มีส่วนผสมของกรดชนิดเดียว เช่น ครีมออฟทาร์ทาร์ (cream of tartar) ซึ่งเป็นเกลือโพแทสเซียมของกรดทาร์ทาริก จะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาทันที อย่างรวดเร็ว ขณะที่ผสมและระหว่างที่รอเข้าอบ

2.12.1.2 ผงฟูกำลังสอง (double acting baking powder)

ผงฟูที่มีส่วนผสมของกรด 2 ประเภท ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับเบกกิ้งโซดา (baking soda) เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิต่างกัน คือประเภทที่เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะทำให้ขึ้นฟูในขั้นตอนการผสม และการหมักแป้ง และอีกประเภทหนึ่งเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง จะทำให้ขนมขึ้นฟูอีกครั้ง ในขณะอบ เช่น โซเดียมไพโรฟอสเฟต (sodium pyrophosphate) โซเดียมอลูมิเนียมซัลเฟต (sodium aluminiumsulfate) ใช้กับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ต้องรอการอบนาน เช่น frozen dough (จันทร์จิรา, 2544)

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กัณฑ์ทริการ์และคณะ (2552) ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นปรุงรสทอดกรอบ โดยจากการศึกษาการผลิตภัณฑ์จากผัก 4 ชนิด คือ กระเจี๊ยบเขียว ผักบุ้ง คะน้า และตำลึง พบว่าผักที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นปรุงรสทอดกรอบ คือ ผักคะน้า สูตรการผลิตมีส่วนผสมคือ ผัก 46.40 % น้ำ 46.40 % น้ำตาล 4.65 % ซีอิ้วขาว 2.32 % และเกลือ 0.23 % ในด้านกระบวนการผลิตพบว่าระยะเวลาการอบที่เหมาะสม คือ 5 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในการทอดที่เหมาะสมคือ 170 องศาเซลเซียส 3 วินาที

ขวัญจิตต์ (2557) ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลืมผัว โดยทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์

ชไมพรและสิงหนาท (2547) กล่าวไว้ว่าตัวอย่างหน่อไม้ไผ่ตงที่ต้มในน้ำเดือด ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาทีมีปริมาณการได้รับสารไซยาไนด์ไม่เกินค่าที่มาตรฐานกำหนดไว้และอยู่ในระดับที่ปลอดภัย คือคำนวณค่า MOS ต้องน้อยกว่า 1

ณัฏชา (2547) ทำศึกษาอายุการเก็บรักษาทุเรียนสุกทอดกรอบ โดยได้ทำการเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมใส่สารดูดความชื้นชนิด Silica gel และทำการปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกและนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้าน ค่า a_w ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ และค่าสี (b*)

พรรษพลและคณะ (2557) ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์สายบัวแผ่นอบกรอบโดยกระบวนการอบแห้ง แบบอบลมร้อน พบว่าสารให้ความคงตัวที่เหมาะสม3ชนิดคือแป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง และคาราจีแนน ในอัตราส่วน 95:5 โดยเมื่อผ่านการบวนการผลิตและอบแห้งแบบอบลมร้อน พบว่าแป้งสาลีสามารถทำให้สายบัวหลังบีบน้ำยึดเกาะกันได้และยังทำให้แผ่นสายบัวมีความเรียบเนียน เมื่อนำไปทำการทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ สารให้ความคงตัวชนิดแป้งสาลี ในเรื่องเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ 7.10±1.02 ลักษณะปรากฏ 6.66±1.12 และความชอบโดยรวม 7.06±1.08

วัฒนา (2548) ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นด้วยเครื่องอบลมร้อน พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างผักคะน้าและผักตำลึง คือ 75:25 และไม่ต้องเติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสเป็นผลิตภัณฑ์ผักแผ่นที่เหมาะสม ในส่วนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นด้วยเครื่องให้ความร้อนแบบกดทับ พบว่าผักแผ่นที่เติมแป้งสาลี 5 เปอร์เซ็นต์เป็นสิ่งทดลองที่เหมาะสมที่สุด จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์ผักแผ่น ต้องการให้ผักแผ่นมีรูปแบบเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าคล้ายสาหร่ายแผ่นปรุงรส และยินดีจะซื้อผลิตภัณฑ์ผักแผ่นที่ราคา 3 บาท/ 5 แผ่น อีกทั้งร้านสะดวกซื้อเป็นสถานที่ที่ผู้บริโภคสะดวกในการซื้อผักแผ่นที่สุด และสื่อโทรทัศน์เป็นสื่อที่สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ผักแผ่นเป็นที่รู้จักได้ครอบคลุมทั้ง 3 กลุ่มอายุ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 หน่อไม้พันธุ์ไผ่ตง ร้านคุณแมว ตลาดบางกะปิ

3.1.2 แป้งสาลี ตราว่าว

3.1.3 ผงฟู ตราเบสฟู้ด

3.1.4 น้ำมันรำข้าว ตราโอลีน

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.1 ตู้อบลมร้อนBINDER MODEL ED 115/E2 S/N WTBOO 12/19

3.2.2 เครื่องปั่น (VITAMIX) ยี่ห้อ DRINK MACHINEรุ่นVM 0104

3.2.3 เครื่องชั่งดิจิตอล ยี่ห้อ OHAUS รุ่น V11P3

3.2.4 หม้อนึ่งสแตนเลส

3.2.5 ถุงพลาสติกทนความร้อนใส PP อย่างดี ตรานกแก้ว

3.2.6 พิมพ์ขนาด กว้างxยาว 10x10 เซนติเมตร หนา 1 มิลลิเมตร

3.2.7 ช้อน

3.2.8 ถ้วย

3.2.9 กระทะ

3.2.10 ถาดสแตนเลส

3.2.11 ตะแกรงพัก

3.2.12 อ่างผสมสแตนเลส

3.2.13 สเปตูล่า

3.2.14 ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบซิปล็อคแบบทึบสองด้านตั้งได้

3.2.15 เครื่องซีลปิดผนึก

3.2.16 สารดูดความชื้น (Silica gel)

3.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพ

3.3.1 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.3.1.1 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) AQVALAB รุ่น CX3TE

3.3.1.2 เครื่องชั่งหาความชื้น (IR) sartorius 3 ตำแหน่ง รุ่น MA35M-000230V1

3.3.1.3 เครื่องวัดค่าสี Spectrophotometer รุ่น CM-3500d KONICA MINOLTA

3.3.1.4 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Texture analyzer รุ่น TA-XT2i

3.3.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.3.2.1 เครื่องวัดความชื้น Moisture Determination Balance รุ่น FD-620

3.3.2.2 เครื่องวัดปริมาณเส้นใยอาหาร Foss Fibertec 1020

และ Foss Cold Ectraction Unit 1021

3.3.2.3 เครื่องวัดค่าปริมาณไขมัน Foss Soxtec 2055

3.3.2.4 เครื่องวัดปริมาณโปรตีน

ชุดย่อย BUCHI Digestion Unit K-435

ชุดดูดจับไอกรด BUCHI Scrubber B-414

ชุดกลั่น BUCHI Distillation B-324

3.3.2.5 เครื่องวัดปริมาณเถ้า muffle furnace

3.3.2.6 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต= 100 – (เปอร์เซ็นต์โปรตีน + เปอร์เซ็นต์ไขมัน + เปอร์เซ็นต์เถ้า +เปอร์เซ็นต์ความชื้น +เปอร์เซ็นต์เส้นใยหยาบ)

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผล

3.4.1 แบบสอบถาม

3.4.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ : โปรแกรมสำเร็จรูป

3.5 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ ห้อง 521, 522, 621 และ 622 คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

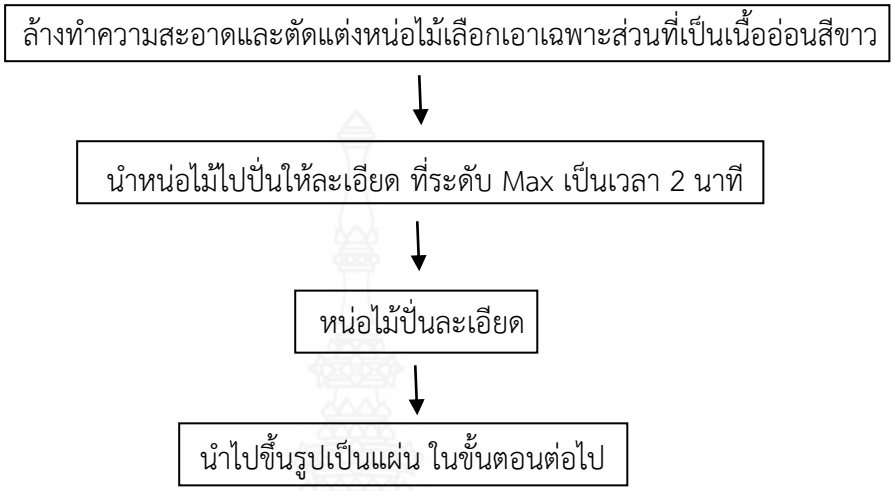
3.6 ระยะเวลาทำการทดลอง

ตุลาคม 2559 – มีนาคม 2560

3.7 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.7.1 ศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ

3.7.1.1 การเตรียมหน่อไม้เพื่อใช้ในการผลิตหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ



แผนภาพที่ 3.1 กรรมวิธีการเตรียมหน่อไม้ก่อนนำมาผลิตหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ

3.7.2 ศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการในผลิตหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ

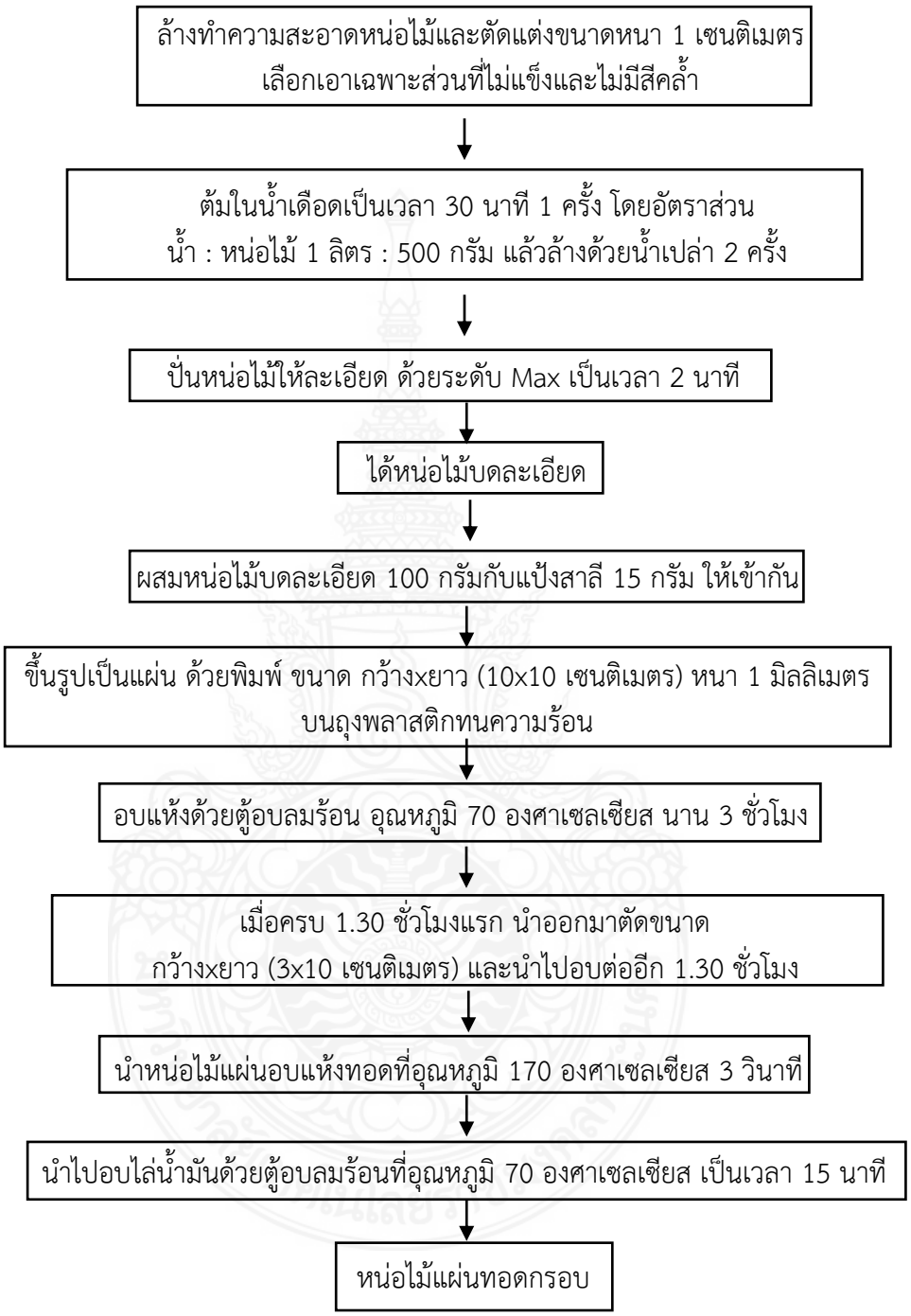
3.7.2.1 ศึกษาขั้นตอนกระบวนการในการผลิตหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ ระหว่างหน่อไม้บดละเอียดกับแป้งสาลี โดยนำหน่อไม้ที่บดละเอียดแล้ว จากข้อ 3.7.1.1 มาทดสอบ 3 วิธี ได้แก่

3.7.2.1.1 การผลิตแบบดั้งเดิมแบบไม่ได้รับความร้อน ดัดแปลงมาจากผลิตภัณฑ์ผักแผ่น คือนำหน่อไม้บดละเอียด 100 กรัม และแป้งสาลี 15 กรัม ผสมให้เข้ากัน นำมาขึ้นรูป แล้วนำไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ดังแผนภาพที่ 3.2 (วัฒนา, 2548)

3.7.2.1.2 การผลิตแบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูป ดัดแปลงมาจากผลิตภัณฑ์ซังขนุนแผ่นทอดกรอบ คือนำแป้งสาลีกับน้ำเปล่าผสมให้เข้ากัน อัตราส่วนแป้ง : น้ำ = 210 กรัม : 50 มิลลิกรัม นำแป้งที่เตรียมไว้มานึ่งด้วยน้ำอุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จนเกิดเจล จากนั้นนำหน่อไม้บดละเอียด 100 กรัมผสมกับเจล (pre gel) 15 กรัม ผสมให้เข้ากัน นำมาขึ้นรูป แล้วนำไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ดังแผนภาพที่ 3.3 (สุดารัตน์และชนาภา, 2557)

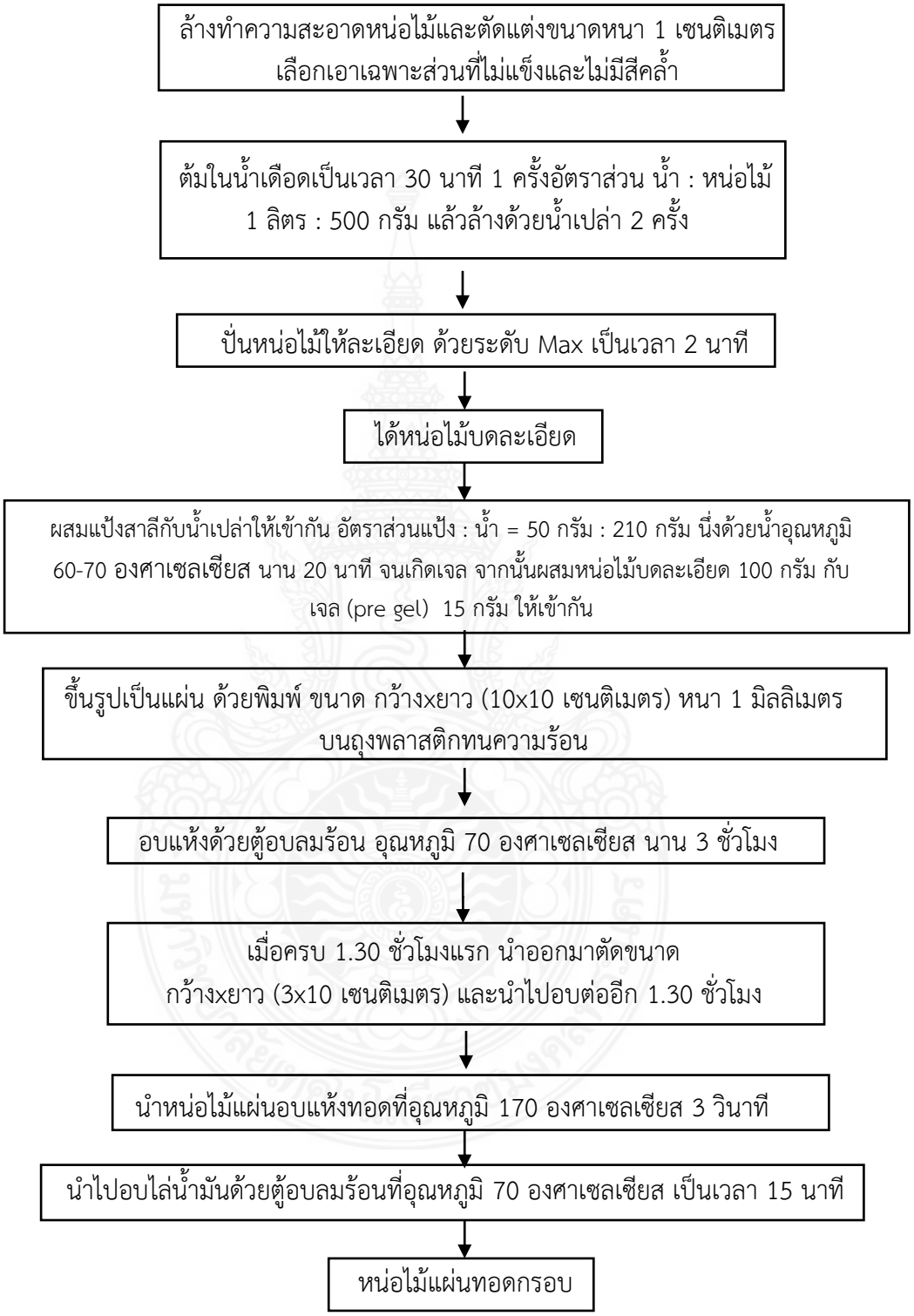
3.7.2.1.3 การผลิตแบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูป ดัดแปลงจากวิธีที่ 2 คือนำหน่อไม้บดละเอียด 100 กรัมกับแป้งสาลี 15 กรัม ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำมานึ่งด้วยน้ำน้ำอุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แล้วนำมาขึ้นรูป และนำไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ดังแผนภาพที่ 3.4

วิธีที่ 1 กรรมวิธีในการผลิตแบบที่ไม่ได้รับความร้อน



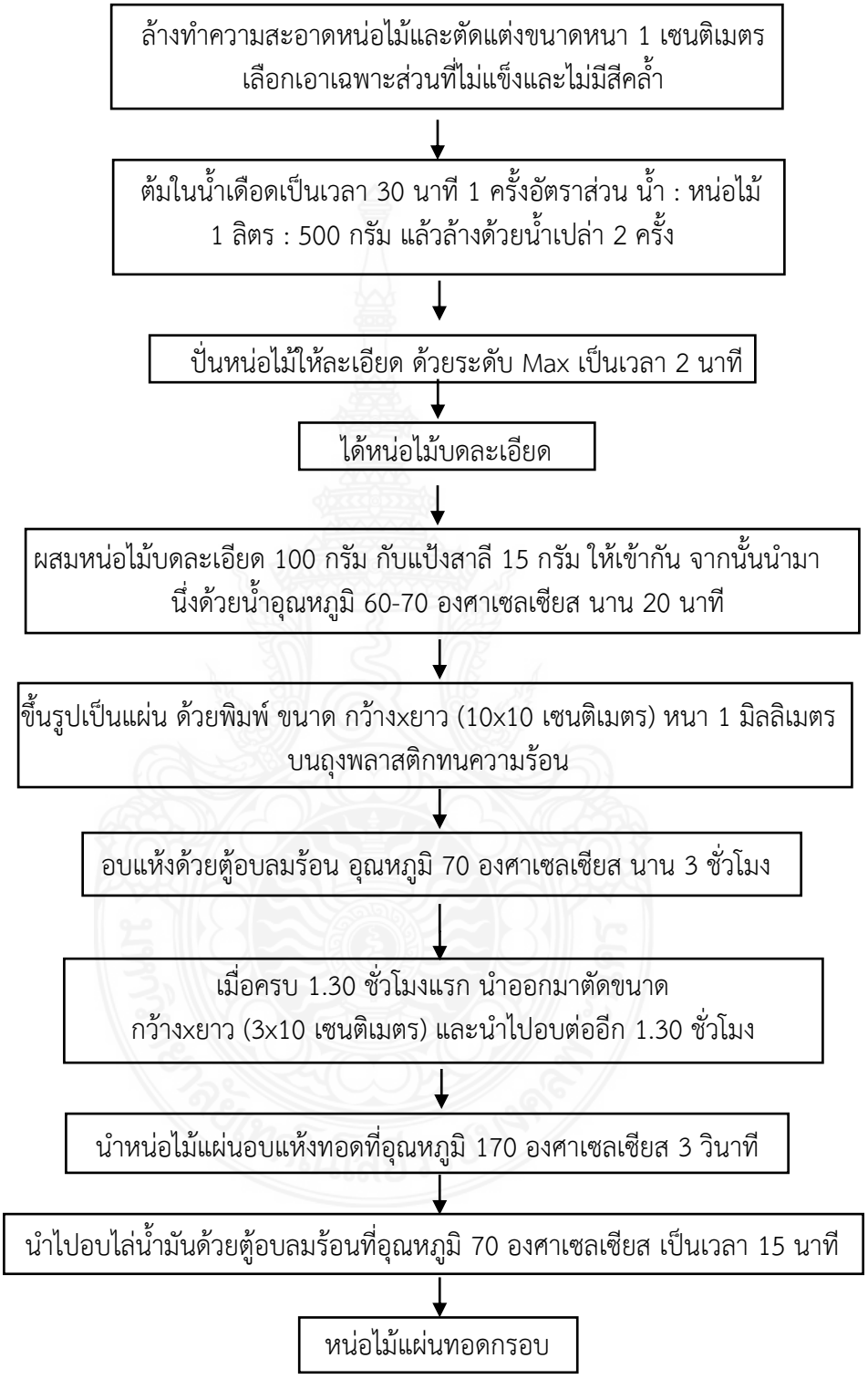
แผนภาพที่ 3.2 กรรมวิธีในการผลิตแบบดั้งเดิมที่ไม่ได้รับความร้อน
ที่มา : ดัดแปลงจาก วัฒนา, 2548

วิธีที่ 2 กรรมวิธีในการผลิตแบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูป



แผนภาพที่ 3.3 กรรมวิธีในการผลิตแบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูป
ที่มา : ดัดแปลงจาก สุดารัตน์และชนาภา, 2557

วิธีที่ 3 กรรมวิธีในการผลิตแบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูปดัดแปลงจากวิธีที่ 2



แผนภาพที่ 3.4 กรรมวิธีในการผลิตแบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูปดัดแปลงจากวิธีที่ 2
ที่มา : ดัดแปลงจากวิธีที่ 2

3.7.2.1.1.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

- ตรวจวัดสี Spectrophotometer ยี่ห้อ KONIA MIOLT รุ่น CM- 3500d โดยนำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นทอดกรอบขนาด 3 x 10 เซนติเมตร บดให้ละเอียดแล้วจึงนำไปวัดค่า

- ตรวจวัดค่า Water activity โดยนำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นทอดกรอบขนาด 3 x 10 เซนติเมตร บดให้ละเอียดแล้วจึงนำไปวัดค่า

- ตรวจวัดปริมาณความชื้น (IR) sartorius รุ่น MA35M-000230V1 โดยนำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นทอดกรอบขนาด 3 x 10 เซนติเมตร บดให้ละเอียดแล้วจึงนำไปวัดค่า

- ตรวจวัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัส (Texture Analyser) วัดค่าความแข็ง (hardness) และ ค่าความกรอบ (crispness) ใช้หัววัด No. P/0.25S Spherical probe , Pre – Test 2.0 mm/s. , Test Speed 1.7 mm/s , Post Test Speed 10.0 mm/s. และ Distance 15 %

3.7.2.1.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำหน่อไม้แผ่นทอดกรอบจากกรรมวิธีทั้งหมด 3 วิธี คือแบบดั้งเดิมที่ไม่ได้รับความร้อน แบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูป และแบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูปดัดแปลงจากวิธีที่ 2 มาวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design ; RCBD) แล้วนำผลที่ได้ไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Points Hedonic scale) และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ผลค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA) ซึ่งใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน โดยผู้ทดสอบเป็นอาจารย์และนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA) และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละ Treatment ด้วยวิธีการแบบ Duncan’s New Multiple Range test (DMRT) เพื่อเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปใช้ในการพัฒนาต่อไป

3.7.2.2 ศึกษาปริมาณแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่น

นำสูตรที่ดีที่สุดจากข้อ 3.7.2.1 มาศึกษาปริมาณแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่น ซึ่งมีผลทางด้านลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Completely Randomized Design ; CRD) โดยทำการศึกษาปริมาณแป้งสาลี จำนวน 3 ระดับ คือ 5, 10 และ 15 กรัมตามลำดับ เพื่อนำสูตรที่ดีที่สุดไปพัฒนาต่อไป

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่น จำนวน 3 ระดับ

ส่วนผสม	**ปริมาณแป้งสาลี (กรัม)**		
แป้งสาลี	5	10	15
หน่อไม้บดละเอียด	100	100	100

3.7.2.2.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

- ตรวจวัดสี Spectrophotometer ยี่ห้อ KONIA MIOLT รุ่น CM-3500d โดยนำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นทอดกรอบขนาด 3 x 10 เซนติเมตร บดให้ละเอียดแล้วจึงนำไปวัดค่า

- ตรวจวัดค่า Water activity โดยนำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นทอดกรอบขนาด 3 x 10 เซนติเมตร บดให้ละเอียดแล้วจึงนำไปวัดค่า

- ตรวจวัดปริมาณความชื้น (IR) sartorius รุ่น MA35M-000230V1 โดยนำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นทอดกรอบขนาด 3 x 10 เซนติเมตร บดให้ละเอียดแล้วจึงนำไปวัดค่า

- ตรวจวัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัส (Texture Analyser) วัดค่าความแข็ง (hardness) และค่าความกรอบ (crispness) ใช้หัววัด No. P/0.25S Spherical probe , Pre – Test 2.0 mm/s. , Test Speed 1.7 mm/s , Post Test Speed 10.0 mm/s. และ Distance 15 %

3.7.2.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำหน่อไม้แผ่นจากแป้งสาลี จำนวน 3 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 15 กรัม มาวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design ; RCBD) แล้วนำผลที่ได้ไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Points Hedonic scale) และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ผลค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA) ซึ่งใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน โดยผู้ทดสอบเป็นอาจารย์และนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA) และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละ Treatment ด้วยวิธีการแบบ Duncan’s New Multiple Range test (DMRT) เพื่อเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปใช้ในการพัฒนาต่อไป

3.7.2.3 ศึกษาปริมาณผงฟูที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่น

นำสูตรที่ดีที่สุดจากข้อ 3.7.2.2 มาศึกษาปริมาณผงฟูที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่น ซึ่งมีผลทางด้านลักษณะทางประสาทสัมผัสในการเพิ่มความกรอบให้กับผลิตภัณฑ์ โดยทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก(Completely Randomized Design ;CRD)

โดยทำการศึกษาปริมาณผงฟู จำนวน 3 ระดับ คือ 1 , 2 และ 3 กรัม ตามลำดับ เพื่อหาสูตรดัดแปลงที่มีคุณลักษณะทางลักษณะทางประสาทสัมผัสที่เหมาะสมที่สุดในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม นำสูตรที่ดีที่สุดไปพัฒนาต่อไป

ตารางที่ 3.2 แสดงปริมาณผงฟูที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่น จำนวน 3 ระดับ

ส่วนผสม	**ปริมาณผงฟู (กรัม)**		
ผงฟู	1	2	3
แป้งสาลี	15	15	15
หน่อไม้บดละเอียด	100	100	100

3.7.2.3.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

- ตรวจวัดสี Spectrophotometer ยี่ห้อ KONIA MIOLT รุ่น CM-3500d โดยนำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นทอดกรอบขนาด 3 x 10 เซนติเมตร บดให้ละเอียดแล้วจึงนำไปวัดค่า

- ตรวจวัดค่า Water activity โดยนำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นทอดกรอบขนาด 3 x 10 เซนติเมตร บดให้ละเอียดแล้วจึงนำไปวัดค่า

- ตรวจวัดปริมาณความชื้น (IR) sartorius รุ่น MA35M-000230V1

- ตรวจวัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัส (Texture Analyser) วัดค่าความแข็ง (hardness) และค่าความกรอบ (crispness) ใช้หัววัด No. P/0.25S Spherical probe , Pre – Test 2.0 mm/s. , Test Speed 1.7 mm/s , Post Test Speed 10.0 mm/s. และ Distance 15 %

3.7.2.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำหน่อไม้แผ่นทอดกรอบที่ผสมผงฟู จำนวน 3 ระดับ ได้แก่ 1, 2 และ 3 กรัม มาวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design ; RCBD) แล้วนำผลที่ได้ไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Points Hedonic scale) และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ผลค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA) ซึ่งใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน โดยผู้ทดสอบเป็นอาจารย์และนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA) และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละ Treatment ด้วยวิธีการแบบ Duncan’s New Multiple Range test (DMRT) เพื่อเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปใช้ในการพัฒนาต่อไป

3.7.3 ศึกษาคุณภาพทางกายและทางเคมีของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

ทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ โดยนำหน่อไม้แผ่นทอดกรอบสูตรที่ดีที่สุดจากข้อ 3.7.2.3 มาโรยผงปรุงรสรสปาปริก้า ปริมาณหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ : ผงปรุงรสรสปาปริก้า คือปริมาณ 20 กรัม : 2 กรัม (วัฒนพงศ์, 2553) แล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีกับผลิตภัณฑ์ชังขนุนแผ่นทอดกรอบ (สุดารัตน์และชนาภา, 2557)

3.7.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.7.3.1.1 ตรวจวัดค่าสี Spectrophotometer โดยนำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นที่ปรุงรสทอดกรอบขนาด 3 x 10 เซนติเมตร มาบดให้ละเอียดแล้วจึงนำไปวัดค่าค่าที่วัดได้แก่ค่าสี L* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึงวัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 หมายถึงวัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a*(+ หมายถึงวัตถุมีสีแดง, - หมายถึงวัตถุมีสีเขียว) และ b* (+ หมายถึงวัตถุมีสีเหลือง, - หมายถึงวัตถุมีสีน้ำเงิน)

3.7.3.1.2 ตรวจวัดค่า Water activity โดยนำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบขนาด 3 x 10 เซนติเมตร บดให้ละเอียดแล้วจึงนำไปวัดค่า

3.7.3.1.3 ตรวจวัดปริมาณความชื้น (IR) โดยนำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบขนาด 3 x 10 เซนติเมตร บดให้ละเอียดแล้วจึงนำไปวัดค่า

3.7.3.1.4 ตรวจวัดค่าเนื้อสัมผัส (TA-xT2i Texture Analyzer) โดยวัดค่าความแข็ง (hardnaee) และค่าความกรอบ (crispness) ใช้หัววัด No. P/0.25S Spherical probe , Pre – Test 2.0 mm/s. , Test Speed 1.7 mm/s , Post Test Speed 10.0 mm/s. และ Distance 15 %

3.7.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.7.3.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ด้วยวิธีการอบตัวอย่างให้แห้งจนได้น้ำหนักคงที่ในตู้อบลมร้อนด้วยวิธีการ (AOAC, 2000)

3.7.3.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ด้วยวิธีการ Kjeldahl method และคำนวณปริมาณโปรตีนจากค่าไนโตรเจนที่มีอยู่ในตัวอย่าง

3.7.3.1.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน โดยใช้ ether extraction ด้วยวิธีการ (AOAC, 2000)

3.7.3.1.4 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบ ด้วยวิธีการย่อยตัวอย่างด้วยกรดและด่างด้วยวิธีการ (AOAC, 2000)

3.7.3.1.5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าด้วยวิธีการเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 500 – 600 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีการ (AOAC, 2000)

3.7.3.1.6 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ด้วยวิธีการคำนวณหา โดยใช้ความแตกต่างของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง และปริมาณขององค์ประกอบอื่น ๆ จากผลรวมของปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ และเถ้า

3.7.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

นำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบที่ผู้ทดสอบชิมให้ค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดมาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยนำหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบขนาด กว้าง x ยาว (3 x 10 เซนติเมตร) บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบซิปล็อคพร้อมสารดูดความชื้น น้ำหนัก 20 กรัม ทำการเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้อง สุ่มตรวจทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ โดยทำการตรวจคุณภาพทางกายภาพและจุลินทรีย์ดังนี้

3.7.4.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.7.4.1.1 ตรวจวัดค่าสี Spectrophotometer โดยนำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบขนาด กว้าง x ยาว (3 x 10 เซนติเมตร) มาบดให้ละเอียดแล้วจึงนำไปวัดค่า ค่าที่วัดได้แก่ค่าสี L* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึงวัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 หมายถึงวัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a* (+ หมายถึงวัตถุมีสีแดง, - หมายถึงวัตถุมีสีเขียว) และ b* (+ หมายถึงวัตถุมีสีเหลือง, - หมายถึงวัตถุมีสีน้ำเงิน)

3.7.4.1.2 ตรวจวัดค่า Water activity โดยนำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ กว้าง x ยาว (3 x 10 เซนติเมตร) มาบดให้ละเอียดแล้วจึงนำไปวัดค่า

3.7.4.1.3 ตรวจวัดปริมาณความชื้น (IR) โดยนำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ กว้าง x ยาว (3 x 10 เซนติเมตร) มาบดให้ละเอียดแล้วจึงนำไปวัดค่า

3.7.4.1.4 ตรวจวัดค่าเนื้อสัมผัส (TA-xT2i Texture Analyzer) โดยจะวัดค่าความแข็ง (hardnaee) และค่าความกรอบ (crispness) ใช้หัววัด No. P/0.25S Spherical probe Pre – Test 2.0 mm/s, Test Speed 1.7 mm/s, Post Test Speed 10.0 mm/s. และ Distance 15 %

3.7.4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.7.4.2.1 ตรวจจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ด้วยวิธี pour plate

3.7.4.2.2 ตรวจ*เอสเชอริเชีย โคไล (Escherichia coli)* ด้วยวิธีเอ็มพีเอ็น

3.7.4.2.3 ตรวจยีสต์และรา ด้วยวิธี pour plate

3.7.5 ศึกษากลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบระหว่างการเก็บรักษาโดยการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ ทำการเก็บอายุการที่สัปดาห์ที่ 0, 2, 4 และ 6 มาวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design ; RCBD) แล้วนำผลที่ได้ไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี รสชาติ กลิ่น (หืน) เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Points Hedonic scale) และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ผลค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA) ซึ่งใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน โดยผู้ทดสอบชิมเป็นอาจารย์และนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA) และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละ Treatment ด้วยวิธีการแบบ Duncan’s New Multiple Range test (DMRT) เพื่อต้องการวัดกลิ่นหืนในผลิตโดยการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเก็บอายุการรักษา

บทที่ 4

ผลการทดลอง และอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ

4.1.1 ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ

จากการศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่น โดยมีกรรมวิธีในการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี ซึ่งแต่ละวิธีนั้นมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหน่อไม้แผ่นในด้านของสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม โดยนำไปศึกษาลักษณะปรากฏและทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทำการศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.1 แสดงผลลักษณะปรากฏของสูตรพื้นฐานหน่อไม้แผ่นโดยมีกรรมวิธีในการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี

คุณภาพ	**วิธีในการผลิตหน่อไม้แผ่น**		
	1	2	3
ทางกายภาพ			
- ลักษณะปรากฏ			
	มีสีเหลืองมีลักษณะไม่กรอบ เหนียว มีเสี้ยนมาก	มีสีน้ำตาลอมแดง มีสีขาวของแป้งปนอยู่ เนื้อไม่เข้ากันไม่ค่อยน่ารับประทาน	มีสีเหลืองทอง ลองหักดูมีลักษณะกรอบไม่แข็งไม่เหนียว ไม่ค่อยเห็นเสี้ยน

หมายเหตุ : วิธีที่ 1 คือ แบบดั้งเดิมที่ไม่ได้รับความร้อน
วิธีที่ 2 คือ แบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูป
วิธีที่ 3 คือ แบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูปดัดแปลงจากวิธีที่ 2

จากตารางที่ 4.1 ลักษณะปรากฏของหน่อไม้แผ่น โดยมีกรรมวิธีในการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือแบบดั้งเดิมที่ไม่ได้รับความร้อน แบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูป และแบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูปดัดแปลงจากวิธีที่ 2 พบว่า กรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 3 มีลักษณะปรากฏใกล้เคียงกันคือมีเนื้อเรียบไม่กระด้าง แต่กรรมวิธีที่ 3 จะมีสีสวยกว่า ลักษณะกรอบและไม่แข็ง ส่วนกรรมวิธีที่ 2 มีสีน้ำตาลอมแดงมีสีขาวของแป้งปะปนอยู่ ทำให้ดูไม่น่ารับประทาน สำหรับการศึกษาของวิไล (2545) แป้งที่ผ่านความร้อนมาก่อนจะทำให้จับตัวเป็นก้อนทำให้มีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

ดังนั้นจากการดูลักษณะปรากฏของหน่อไม้แผ่นที่มีกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน พบว่ากรรมวิธีที่ 3 มีลักษณะปรากฏที่ดีกว่า มีความกรอบและการพองฟู สีดูน่าทานมากกว่ากรรมวิธีที่ 1 และ 2 เนื่องจากหน่อไม้ที่ผสมกับแป้งสาลีนั้น จะทำให้แป้งเกิดในลักษณะที่เป็นเจล เมื่อนำไปนึ่งหน่อไม้และแป้งจะเป็นเนื้อเดียวกันและสามารถขึ้นรูปได้ง่ายและในขณะที่ทอดเนื้อของหน่อไม้กับแป้งจะมีความกรอบในทุกๆส่วนที่เท่ากัน (ศิริรจนา, ม.ป.ป.)

ตารางที่ 4.2 แสดงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่น โดยมีกรรมวิธีในการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือแบบดั้งเดิมที่ไม่ได้รับความร้อน แบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูป และแบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูปดัดแปลงจากวิธีที่ 2

คุณภาพทางกายภาพ	**วิธีในการผลิตหน่อไม้แผ่น**		
	1	**2**	**3**
ค่า a_w ^{ns}	0.424±0.01	0.426±0.01	0.432±0.01
ค่าความชื้น (IR) (%)	1.38±0.14^{c}	1.42±0.18 ^{b}	1.46±0.12 ^{a}
ค่าสี			
- L*	45.90±0.02^{a}	42.88±0.03 ^{b}	40.76±0.00 ^{b}
- a*	14.40±0.02 ^{c}	16.97±0.01 ^{a}	15.51±0.02 ^{b}
- b*	26.82±0.01 ^{a}	24.50±0.01 ^{c}	25.57±0.02 ^{b}
ค่าเนื้อสัมผัส			
- ค่าความกรอบ (crispness) (N)	2.67±2.08 ^{ab}	2.00±1.00 ^{b}	3.67±0.58 ^{a}
- ค่าความแข็ง (hardness) (N)	3.49±1.13 ^{b}	2.81±0.08 ^{b}	4.31±0.24 ^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวอักษร^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.3 แสดงคะแนนความชอบเฉลี่ยของสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่น โดยมีกรรมวิธีในการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือแบบดั้งเดิมที่ไม่ได้รับความร้อน แบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูป และแบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูปดัดแปลงจากวิธีที่ 2

คุณลักษณะผลิตภัณฑ์	**วิธีในการผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ**		
	1	**2**	**3**
สี^{ns}	6.47±1.04	6.43±1.11	6.50±1.21
กลิ่น^{ns}	6.30±1.21	6.60±1.22	6.63±1.54
รสชาติ^{ns}	5.50±1.25	6.10±1.67	6.47±1.83
เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)	5.50±1.36 ^{b}	6.30±1.15 ^{a}	6.97±1.50 ^{a}
ความชอบโดยรวม	5.87±0.97 ^{b}	6.43±0.97 ^{ab}	6.90±1.35 ^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวอักษร^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.1.1.1 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 การประเมินคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของสูตรพื้นฐานโดยมีกรรมวิธีผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ กรรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมที่ไม่ได้รับความร้อน กรรมวิธีการผลิตแบบได้รับความร้อนก่อนการขึ้นรูปแผ่น และกรรมวิธีการผลิตแบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูปดัดแปลงจากวิธีที่ 2 พบว่า ตารางที่ 4.2 ค่าทางกายภาพกรรมวิธีที่ 1, 2 และ 3 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และตารางที่ 4.3 ผู้ทดสอบให้คะแนนกรรมวิธีที่ 3 มากกว่ากรรมวิธี 1 และ 2 ในทุกด้าน โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในปัจจัยด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนปัจจัยด้านสี กลิ่น รสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีความรู้สึกชอบเล็กน้อยอยู่ที่ 6 คะแนน ซึ่งต่างจากกรรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมที่ไม่ได้รับความร้อนและกรรมวิธีการผลิตแบบได้รับความร้อนก่อนการขึ้นรูปโดยมีความรู้สึกเฉยๆ อยู่ที่ 5 คะแนน

ดังนั้น จึงเลือกสูตรพื้นฐานที่ใช้กรรมวิธีที่ 3 มาศึกษาและพัฒนาต่อไป เนื่องจากการที่น้ำแป้งได้รับความร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในโมเลกุลของเม็ดแป้ง ความหนืดของน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นสูงอย่างต่อเนื่อง (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2553) และจะรวมตัวกับเยื่อหน่อไม้ส่งผลให้เนื้อและลักษณะเปลี่ยนไปคือ มีความข้นหนืดขึ้น และสามารถขึ้นรูปได้ง่ายทำให้ผลิตภัณฑ์มีการพองตัวและกรอบ จากตารางที่ 4.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสูตรพื้นฐานที่ทำกรรมวิธีในการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือแบบดั้งเดิมที่ไม่ได้รับความร้อน แบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูป และแบบได้รับความร้อนก่อนขึ้นรูปดัดแปลงจากวิธีที่ 2 พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบกรรมวิธีที่ 3 มากที่สุด คือมีค่าเฉลี่ยด้านสี รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับ

ชอบมากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 และ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากวิธีที่ 1 มีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่หยาบเป็นเส้นใยของหน่อไม้อยู่และมีความกรอบน้อยกว่าและวิธีที่ 2 มีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่หยาบกระด้างเป็นเส้นใยมีเม็ดแป้งปะปนอยู่ เพราะว่าส่วนผสมที่เป็นเจลของแป้งไม่รวมตัวกับเนื้อหน่อไม้ ส่งผลให้เวลาที่นำหน่อไม้มาทอดเนื้อสัมผัสของหน่อไม้บางส่วนไม่มีความกรอบของแป้ง ดังนั้นจึงได้นำกรรมวิธีที่ 3 มาทำการศึกษาต่อไป

4.1.2 ผลการศึกษาปริมาณแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่น

จากการศึกษาปริมาณแป้งสาลีที่เหมาะสมในผลิตหน่อไม้แผ่น จำนวน 3 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 15 กรัม ซึ่งมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบในด้านของสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม โดยนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัมเพื่อหาปริมาณแป้งสาลีที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่น

ตารางที่ 4.4 แสดงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นที่มีปริมาณแป้งสาลีจำนวน 3 ระดับ

คุณภาพทางกายภาพ	**ปริมาณแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่น (กรัม)**		
	5	**10**	**15**
ค่า aw ^{ns}	0.431±0.01	0.437±0.02	0.446±0.01
ค่าความชื้น (IR) (%)	1.46±0.02^{c}	1.62±0.04^{b}	1.83±0.03^{a}
ค่าสี			
- L* ^{ns}	40.52±0.01	40.56±0.01	40.76±0.01
- a* ^{ns}	15.26±0.02	15.58±0.01	15.81±0.02
- b* ^{ns}	25.14±0.03	25.97±0.02	26.37±0.03
ค่าเนื้อสัมผัส			
- ค่าความกรอบ (crispness) (N)	2.67±0.58^{ab}	2.33±0.58^{a}	4.00±1.00^{a}
- ค่าความแข็ง (hardness) (N)	2.39±0.95^{c}	3.03±0.79^{b}	4.52±0.59^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวอักษร^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.5 แสดงผลความชอบเฉลี่ยของหน่อไม้แผ่นที่มีปริมาณแป้งสาลี จำนวน 3 ระดับ

คุณลักษณะผลิตภัณฑ์	ปริมาณแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่น (กรัม)		
	5	10	15
สี	5.90±1.09 [b]	5.73±1.26 [b]	6.97±1.25 [a]
กลิ่น	6.03±1.10 [b]	5.83±1.29 [b]	6.80±1.13 [a]
รสชาติ	5.83±1.42 [b]	5.27±1.55 [b]	7.20±1.00 [a]
เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)	5.87±1.66 [b]	5.90±1.40 [b]	7.10±0.92 [a]
ความชอบโดยรวม	6.16±1.34 [b]	6.03±1.16 [b]	7.13±1.25 [a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.1.2.1 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 4.4 และ 4.5 การประเมินคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของหน่อไม้แผ่น จำนวน 3 สูตร พบว่า ตารางที่ 4.4 ค่าทางกายภาพสูตรปริมาณแป้งสาลี 5, 10 และ 15 กรัมนั้น ค่า a_w และค่าสีมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่าความชื้นและค่าเนื้อสัมผัสมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และจากตารางที่ 4.5 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวมที่ระดับปริมาณแป้งสาลี 5, 10 และ 15 กรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในแป้งสาลีจะมีแอไมโลสและแอไมโลแพกตินอัดแน่นอยู่ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในโมเลกุลของเม็ดแป้งเนื่องจากความร้อน และเม็ดแป้งรวมตัวกับน้ำ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะเม็ดแป้งพองตัวการเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization) มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและการพองตัวของผลิตภัณฑ์ หน่อไม้สามารถนำมาแปรรูปหรือพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวได้และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับหน่อไม้ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่มองข้าม ส่วนประกอบของหน่อไม้คือ เส้นใย, คาร์โบไฮเดรต, โปรตีน, ไขมัน,แคลเซียม, ไนอาซีน, ฟอสฟอรัส, เหล็ก, วิตามินบี1 และวิตามินบี2 (กองโภชนาการ กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข, 2521) ซึ่งหน่อไม้นั้นมีประโยชน์มากมาย ดังนั้นสูตรแป้งสาลีที่ระดับ 15 กรัม เหมาะสมในการผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

4.1.3 ผลการศึกษาปริมาณผงฟูที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่น

จากการศึกษาปริมาณผงฟูที่เหมาะสมในผลิตหน่อไม้แผ่น จำนวน 3 ระดับ ได้แก่ 1, 2 และ 3 กรัม ซึ่งมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหน่อไม้แผ่นในด้านของ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และ ความชอบโดยรวม โดยนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อหาปริมาณผงฟูที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

ตารางที่ 4.6 แสดงคะแนนคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของหน่อไม้แผ่นที่มีปริมาณผงฟู จำนวน 3 ระดับ

คุณภาพทางกายภาพ	**ปริมาณผงฟูในผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่น (กรัม)**		
	1	**2**	**3**
ค่า aw ^{ns}	0.423±0.00	0.425±0.00	0.426±0.01
ค่าความชื้น (IR) (%)	1.94±0.12^{c}	2.17±0.36^{b}	2.32±0.14^{a}
ค่าสี			
- L*	42.56±0.01^{b}	42.86±0.03^{b}	44.42±0.02^{a}
- a* ^{ns}	15.37±0.05	15.71±0.01	15.89±0.03
- b*	26.18±0.02^{b}	28.26±0.03^{a}	28.78±0.03^{a}
ค่าเนื้อสัมผัส			
- ค่าความกรอบ (crispness) (N)	4.02±0.28^{b}	4.33±0.58^{ab}	5.21±0.58^{a}
- ค่าความแข็ง (hardness) (N)	4.33±0.22^{b}	4.96±0.06^{ab}	5.84±0.11^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวอักษร^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.7 แสดงผลความชอบเฉลี่ยของหน่อไม้แผ่นที่มีปริมาณผงฟู จำนวน 3 ระดับ

คุณลักษณะผลิตภัณฑ์	**ปริมาณผงฟูในผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่น (กรัม)**		
	1	**2**	**3**
สี	5.30±1.06 ^{b}	5.37±1.07 ^{b}	7.50±1.14 ^{a}
กลิ่น	5.27±1.05 ^{b}	5.17±1.09 ^{b}	7.67±0.80 ^{a}
รสชาติ	5.30±1.15 ^{b}	5.17±1.05 ^{b}	7.77±0.86 ^{a}
เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)	5.50±0.94 ^{b}	5.67±1.09 ^{b}	7.57±0.97 ^{a}
ความชอบโดยรวม	5.63±0.89 ^{b}	5.90±0.76 ^{b}	7.97±0.67 ^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.1.3.1 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 4.6 และ 4.7 การประเมินคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของหน่อไม้แผ่น จำนวน 3 สูตร พบว่า ตารางที่ 4.6 ค่าทางกายภาพสูตรปริมาณผงฟู 1, 2 และ 3 กรัมนั้น ค่า a_w และค่าสี a* มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่าความชื้น ค่าสี L*, b* และค่าเนื้อสัมผัสมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และจากตารางที่ 4.7 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวมที่ระดับปริมาณผงฟู 1, 2 และ 3 กรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจากผงฟู เป็นสารเสริมที่ช่วยทำให้ขนมต่างๆ มีความโปร่งเบา ฟู โดยผงฟูจะช่วยปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างผลิต ทำให้เนื้อสัมผัสที่ได้มีลักษณะที่ดี กรอบ พองฟู และเนื้อไม่หยาบ เนื่องจากมีผงฟูเป็นส่วนประกอบทำให้มีคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้กรอบ ขึ้นฟู ดังนั้นสูตรผงฟูที่ระดับ 3 กรัมจึงเหมาะสมในการผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่น

4.1.4 ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

นำผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นทอดกรอบสูตรที่ดีที่สุดจากข้อ 4.1.3 มาโรยผงปรุงรสรสปาปริก้า ปริมาณหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ : ผงโรยรสปาปริก้า คือปริมาณ 20 กรัม : 2 กรัม (วัฒนพงศ์, 2553) ทำการวิเคราะห์คุณภาพกายภาพและทางเคมี และนำผลวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ซังขนุนแผ่นทอดกรอบ ซึ่งผลการทดลองดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงผลเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบกับซังขนุนแผ่นทอดกรอบ

คุณภาพทางกายภาพ	**หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ**	**ซังขนุนแผ่นทอดกรอบ**[*1]
ค่า aw	0.427±0.01	0.48±0.00
ค่าความชื้น (IR) (%)	2.40±0.37	-
ค่าสี		
- L*	52.42±0.02	54.12±0.18
- a*	19.60±0.04	14.10±0.03
- b*	31.23±0.02	28.06±0.11
ค่าเนื้อสัมผัส		
- ค่าความกรอบ (crispness) (N)	5.33±0.58	4.60±1.30
- ค่าความแข็ง (hardness) (N)	5.93±0.11	5.46±0.48

หมายเหตุ : *1 (การผลิตซังขนุนแผ่นทอดกรอบ, 2557)

จากตารางที่ 4.8 จากการเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบกับผลิตภัณฑ์ซังขนุนแผ่นทอดกรอบ พบว่า ค่าเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ (crispness) ของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบมีค่ามากกว่าผลิตภัณฑ์ซังขนุนแผ่นทอดกรอบ เนื่องจากผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบมีส่วนผสมของผงฟูและปริมาณแป้งมากกว่าส่งผลให้มีความกรอบกว่า การวิเคราะห์ค่าสี พบว่า ค่าความสว่าง L* ของซังขนุนมากกว่าเนื่องจากเมื่อนำซังขนุนไปทอดตัวผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจไม่เปลี่ยนสีมากนัก ส่วนค่าสีแดง a*, และค่าสีเหลือง b* พบว่าหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบมีค่ามากกว่าเนื่องจากตัวผลิตภัณฑ์ของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบมีปริมาณผงปรุงรสมากทำให้ได้สีชัดเจนมากกว่าซังขนุนแผ่นทอดกรอบ และค่า a_w ของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบมีค่าน้อยกว่าซังขนุนแผ่นทอดกรอบ

ตารางที่ 4.9 แสดงผลเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบกับซังขนุนแผ่นทอดกรอบ

คุณภาพทางเคมี	หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ (เปอร์เซ็นต์)	ซังขนุนแผ่นทอดกรอบ (เปอร์เซ็นต์)
ความชื้น	2.27±0.77	1.22
โปรตีน	12.48±0.00	3.00
ไขมัน	22.47±1.72	24.55
เส้นใยหยาบ	5.47±1.21	13.28
เถ้า	7.28±0.12	2.16
คาร์โบไฮเดรต	50.02±0.00	55.79

จากตารางที่ 4.9 จากการเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบกับซังขนุนแผ่นทอดกรอบ พบว่า ปริมาณความชื้นของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบมีค่ามากกว่าซังขนุนแผ่นทอดกรอบ เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ มีปริมาณความชื้นที่แตกต่างกัน และจากขั้นตอนตอนในการผลิตของหน่อไม้แผ่น จะมีการต้มหน่อไม้เพื่อกำจัดสารไซยาไนด์ ซึ่งจากการต้มจะส่งผลไปเพิ่มความชื้นให้กับหน่อไม้ ซึ่งปริมาณโปรตีน เถ้า มีปริมาณมากกว่าซังขนุนแผ่นทอดกรอบ พบว่าในหน่อไม้และแป้งสาลีจะมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบในโครงสร้าง (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2521) และเถ้าของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ นอกจากนี้ในหน่อไม้ มีเส้นใย, แคลเซียม, ฟอสฟอรัสและเหล็กเป็นส่วนประกอบ จากการศึกษาของพิมพ์เพ็ญและนิธิยา (2553) จึงส่งผลให้มีปริมาณที่มากกว่าซังขนุนแผ่นทอดกรอบ และนอกจากนี้ยังมีไขมัน เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต

แต่มีในปริมาณที่น้อยกว่าซังขุนแผ่นทอดกรอบ ซึ่งในหน่อไม้จัดอยู่จำพวกมีไฟเบอร์สูง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีไฟเบอร์มากกว่า 3 กรัมต่ออาหาร 100 กรัม เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไฟเบอร์สูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไฟเบอร์สูง

4.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

4.2.1 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

นำหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมสารดูดความชื้น วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ซึ่งคุณภาพที่วิเคราะห์ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่าสี L*,a*,b* และวัดค่าเนื้อสัมผัส ตรวจผลจุลินทรีย์ สัปดาห์ที่ 0, 2, 4 และ 6 แสดงผลดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงการศึกษาอายุการเก็บรักษาหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

คุณภาพทางกายภาพ	**ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)**			
	0	**2**	**4**	**6**
ค่า a_w [ns]	0.42±0.01	0.40±0.01	0.40±0.00	0.41 ±0.01
ปริมาณความชื้น [ns]	2.40±0.37	2.35±0.25	2.23±0.14	2.18±0.42
- L*	52.42±0.02 [a]	52.08±0.13 [a]	52.02±0.02 [a]	45.83±1.37 [b]
- a*	19.60±0.04 [a]	17.02±0.03 [a]	16.83±0.51 [b]	16.97±0.14 [b]
- b*	31.23±0.02 [a]	30.06±0.14 [a]	29.78±0.03 [b]	29.35±0.33 [b]
ค่า Hardness	5.93±0.11 [a]	5.69±0.39 [a]	4.87±0.61 [b]	4.33±0.58 [c]
ค่า Crispness	5.33±0.58 [a]	5.24±0.74 [a]	5.08±0.38 [b]	4.96±0.22 [b]
ทางจุลชีววิทยา				
เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
เชื้อ *Escherichia coli*	<3	<3	<3	<3
ยีสต์และรา	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวอักษร[ns] หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.10 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ มีปริมาณความชื้นลดลง เนื่องจากสารดูดความชื้น มีผลทำให้สภาวะภายในภาชนะบรรจุมีปริมาณความชื้นต่ำ จึงมีการปรับสภาวะบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุดังนั้นหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบจึงมีการคายความชื้นเกิดขึ้นอย่างช้าๆ (ณัฏชา, 2547)

การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ พบว่า หลังการเก็บรักษาค่า a_w จะลดลงและคงที่ในช่วง 2 - 4 สัปดาห์ เนื่องจากการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ไม่มีการซึมผ่านของความชื้นจากภายนอกและการบรรจุพร้อมสารดูดความชื้นจะทำให้ความชื้นและออกซิเจนในอากาศต่ำ ดังนั้นความชื้นในหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบจึงคายออกมาเข้าสู่สภาวะสมดุลทำให้มีค่า a_w ต่ำและสามารถเก็บได้นานแต่จะเริ่มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 6

การเปลี่ยนแปลงค่าสี พบว่า ค่า L*, a* และ b* ค่อนข้างคงที่ เนื่องจากถุงอลูมิเนียมฟอยล์ป้องกันแสงที่เป็นตัวกระตุ้นในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีสำหรับการศึกษาของไพโรจน์ (2539) พบว่าการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์สามารถเกิดได้ดีที่สุดในช่วง a_w 0.65 – 0.85 ซึ่งค่า a_w ของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบต่ำกว่า 0.65 ดังนั้นปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์จึงเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ส่งผลให้ค่าสีที่แสดงเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ

การวัดค่าเนื้อสัมผัส พบว่า ค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความกรอบ (Crispness) มีค่าไม่ต่างกันมากนัก เนื่องจากการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ไม่มีการซึมผ่านของความชื้นจากภายนอกและการบรรจุพร้อมสารดูดความชื้นทำให้ผลิตภัณฑ์ยังกรอบอยู่

การตรวจผลทางจุลชีววิทยา พบว่าจากการตรวจทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 6 สัปดาห์นั้นไม่พบเชื้อใดๆ เนื่องจากตัวผลิตภัณฑ์ของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.65 ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์หรือเจริญเติบโตได้

4.2.2 ผลการศึกษากลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบระหว่างการเก็บรักษาโดยการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาในผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ ที่สัปดาห์ที่ 0, 2, 4 และ 6 ซึ่งมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบในด้านของสี รสชาติ กลิ่น (ไม่หืน) เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม โดยนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อต้องการวัดระดับกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเก็บอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.11 แสดงผลความชอบเฉลี่ยของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบที่สัปดาห์ที่ 0, 2, 4,และ6

คุณลักษณะผลิตภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่น (สัปดาห์)			
	0	2	4	6
สี	8.06±0.71 [a]	7.82±0.63 [b]	7.56±0.61 [c]	7.24±0.43 [d]
กลิ่น (ไม่หืน) [ns]	8.10±0.68	8.01±0.54	7.92±0.44	7.89±0.63
รสชาติ [ns]	8.10±0.65	8.03±0.58	7.98±0.54	7.91±0.54
เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)	8.06±0.65 [a]	7.66±0.63 [b]	7.48±0.50 [bc]	7.32±0.55 [c]
ความชอบโดยรวม [ns]	8.32±0.68	8.30±0.65	8.27±0.65	8.22±0.60

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวอักษร[ns] หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 4.11 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ พบว่า คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่น (ไม่หืน) รสชาติ และความชอบโดยรวมที่อายุการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0, 2, 4 และ6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงให้เห็นว่าด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ที่อายุการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0, 2, 4 และ6 ไม่มีผลต่อผู้ทดสอบชิม ส่วนปัจจัยในด้านสี และเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจากอายุการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0, 2, 4 และ6 ทำให้สีและเนื้อสัมผัสอาจมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ แต่จากการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ไม่มีการซึมผ่านของความชื้นจากภายนอกและการบรรจุพร้อมสารดูดความชื้นทำให้ผลิตภัณฑ์ยังกรอบอยู่

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ พบว่า สูตรพื้นฐานที่เป็นกรรมวิธีการผลิตแบบได้รับความร้อนก่อนการขึ้นรูปดัดแปลงจากวิธีที่ 2 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบมากกว่ากรรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมที่ไม่ได้รับความร้อนและการผลิตแบบได้รับความร้อนก่อนการขึ้นรูปแผ่น โดยมีความรู้สึกชอบเล็กน้อยปานกลาง อยู่ที่ 6 คะแนน จึงนำหน่อไม้แผ่นกรรมวิธีที่ 3 มาทำการศึกษาโดยเพิ่มปริมาณแป้งสาลีในปริมาณ 5, 10 และ 15 กรัม ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบปริมาณแป้งสาลี 15 กรัม มากที่สุดในทุกๆด้านโดยสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นำหน่อไม้แผ่นสูตรแป้งสาลี 15 กรัม มาทำการศึกษาโดยเพิ่มปริมาณผงฟูในปริมาณ 1, 2 และ 3 กรัม ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบปริมาณผงฟู 3 กรัม มากที่สุดในทุกๆด้านโดยสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมสารดูดความชื้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยา ทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณความชื้นลดลง ค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 ทำให้จุลินทรีย์ไม่เกิดและไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์หรือเจริญเติบโตได้ ส่งผลให้ค่าสีเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ และค่าเนื้อสัมผัสลดลงเล็กน้อยแต่ผลิตภัณฑ์ยังคงกรอบอยู่ ผลิตภัณฑ์จึงสามารถเก็บรักษาได้นาน

จากการศึกษากลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบที่ได้จากการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสจากเก็บอายุการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0, 2, 4 และ 6 พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านกลิ่น (ไม่หืน) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ที่อายุการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0, 2, 4 และ 6 ไม่มีผลต่อผู้ทดสอบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบให้นานขึ้น

5.2.2 ควรมีการตรวจสอบกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธีอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

กัณฑ์ทริการ์ จักรสิงโต และคณะ. 2552. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นปรุงรสทอดกรอบ**. โครงงานพิเศษ. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ณัฏชา เปี่ยมคล้า. 2547. **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทอดทุเรียนสุกแช่แข็งด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ**. สาขาวิศวกรรมอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จริยาและกามีละห์. 2551. **ผลของน้ำมันที่ใช้ทอดต่อคุณภาพของกล้วยหินฉาบ**. สาขาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

จันทร์จิรา พันธุลาภ. 2544. **กลไลการขึ้นฟูของโดซาลาเปาเนื่องจากผงฟู**. ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ไทย

นิรนาม. 2550. **Silicathai**. [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก: http://www.silicathai.com/product_silicagel.html(วันที่ค้นข้อมูล 10 กุมพาพันธ์ 2560)

นิรนาม. 2553. **น้ำมันรำข้าวกับชีวิตยุคใหม่ใส่ใจสุขภาพ.**[ออนไลน์]. เข้าถึงจาก : women.thaiza.com/น้ำมันรำข้าวกับชีวิตยุคใหม่-ใส่ใจสุขภาพ/197894/ (วันที่ค้นข้อมูล 5 มกราคม 2560)

นิรนาม. 2553. **กลิ่น สีผสมอาหารและผงปรุงรส**. [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก : https://content.chemipan.net/home/index.php?option=com_contact&view=category&id=94&Itemid=650 (วันที่ค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2560)

นิรนาม. มปป. **เคมีและสมบัติของแป้ง.**[ออนไลน์]. เข้าถึงจาก : http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap2/chapter2_4.html. (วันที่ค้นข้อมูล 28 ธันวาคม 2559)

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, นิธิยา รัตนาปนนท์. **อุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชัน**.(ออนไลน์). เข้าถึงจาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1009/gelatinization-temperature (วันที่ค้นข้อมูล 15 มกราคม 2560)

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539. **การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลอาหารกึ่งแห้ง**. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาคณะอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่

วิลาสินี ดีปัญญา. 2554. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส.** สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

วิไล สาดทอง. 2545. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพ.

วันเพ็ญและวราภรณ์. 2555. **ผลิตภัณฑ์และกรรมวิธีการผลิตผักสลัดแผ่น**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัฒนา ดำรงรัตน์กุล. 2548. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่น**. สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศูนย์วัฒนธรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2546. **Water Activity กับการควบคุมอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร**. [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก: http://www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=12 (วันที่ค้นข้อมูล 20 พฤศจิกายน 2559)

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2549. **ทางธุรกิจประเภทแผนธุรกิจ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก: https://www.kasikornresearch.com (วันที่ค้นข้อมูล 23 พฤศจิกายน 2559)

ศิริรจนา, (ม.ป.ป.) **เคมีและสมบัติของแป้ง**. มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี

สุรศักดิ์. 2555. **มารู้จักน้ำทันพืชที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงป้องกันโรคร้ายได้ดี**.[ออนไลน์]. เข้าถึงจาก:http://www.oknation.net/blog/surasakc/2012/08/31/entry-1 (วันที่ค้นข้อมูล 12 มกราคม 2560)

Gitapack1.(นามแฝง). 2557. **ซิลิก้าเจล.** [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก: http://www.gitapack1.com/store/product/view (วันที่ค้นข้อมูล 2 พฤศจิกายน 2559)

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.

Smmediagroub **, (ม.ป.ป.) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์.** [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก: http://smmediabag.bangkoksync.com/C-aluminium-fo/details.html (วันที่ค้นข้อมูล 2 พฤศจิกายน 2559)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
วิธีการผลิตผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

วิธีการผลิตผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

การเตรียมหน่อไม้ก่อนการผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

ล้างทำความสะอาดและตัดแต่งให้ได้ขนาดเล็กลง

↓

ต้มในน้ำเดือด 1 ครั้ง เป็นเวลา 30 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำเปล่า

↓

ปั่นหน่อไม้ให้ละเอียด

↓

↓

หน่อไม้บดละเอียด และนำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง

แผนภาพที่ ก.1 กรรมวิธีการเตรียมหน่อไม้ก่อนนำมาผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

กรรมวิธีการผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบสูตรพื้นฐาน

ชั่งส่วนผสมเตรียมไว้ ตามอัตราส่วนที่กำหนด

↓

ผสมหน่อไม้บดละเอียด แป้งและผงฟูให้เข้ากัน
อัตราส่วนหน่อไม้บด : แป้ง : ผงฟู = 100 กรัม : 15 กรัม 3 กรัม

↓

นำหน่อไม้ที่ผสมแล้ว นำมานึ่งด้วยอุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที

ขึ้นรูปเป็นแผ่นด้วยพิมพ์ขนาดกว้างxยาว (10x10 เซนติเมตร) หนา 1 มิลลิเมตร บนถุงพลาสติกทนความร้อน และอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

ระหว่างที่อบ 1.30 ชั่วโมงแรก นำหน่อไม้ที่อบมาตัดขนาดเป็นแผ่นขนาด 3 x 10 เซนติเมตร แล้วนำไปอบต่ออีก 1.30 ชั่วโมง (เพื่อสะดวกในการตัด) จนค่า a_w ต่ำกว่า 0.60 ค่าและความชื้นต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์

↓

ทอดหน่อไม้แผ่นอบแห้งที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส 3 วินาที แล้วนำไปคลุกผงปรุงรสรสปาปริก้า
อัตราส่วนหน่อไม้ : ผงปรุงรสรสปาปริก้า = 20 กรัม : 2 กรัม

↓

อบไล่น้ำมันด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

↓

หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

แผนภาพที่ ก.2 กรรมวิธีการผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบสูตรพื้นฐาน

ภาคผนวก ข
แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

ใบรายงานการทดสอบ

เรื่อง การให้คะแนนความชอบ

ผลิตภัณฑ์ หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ **ชุดที่**.....
ชื่อ..... วันที่..... เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้ตามลำดับของรหัสในตารางจากซ้ายไปขวาแล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด และกรุณาบ้วนปากระหว่างการเปลี่ยนตัวอย่างอาหาร โดยกำหนดให้

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

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบของตัวอย่าง		
	รหัส	รหัส	รหัส .....
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....
.....
.....
.....

ขอขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการตอบแบบทดสอบ
คณะผู้ทดลอง

ใบรายงานการทดสอบ

เรื่อง การให้คะแนนความชอบ
ผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบระหว่างการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ **ชุดที่**.....
ชื่อ..... วันที่..... เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้ตามลำดับของรหัสในตารางจากซ้ายไปขวาแล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด และกรุณาบ้วนปากระหว่างการเปลี่ยนตัวอย่างอาหาร โดยกำหนดให้

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

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบของตัวอย่าง			
	รหัส	รหัส	รหัส	รหัส .....
สี				
กลิ่น (หืน)				
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....
.....
.....
.....

ขอขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการตอบแบบทดสอบ
คณะผู้ทดลอง

ภาคผนวก ค
วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น
(Determination of moisture content)

วิธีวิเคราะห์

อบจานหาความชื้นของอลูมิเนียมพร้อมด้วยฝาปิดในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียสหรือในตู้อบสุญญากาศ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักจานและฝาปิดให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ในจานอลูมิเนียม ประมาณ 1 - 3 กรัม นำกลับไปอบในตู้ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียสหรือในตู้อบสุญญากาศ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 4 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ ที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักจานและฝาปิดให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ทำการอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที และชั่งน้ำหนักจนกว่าจะได้น้ำหนักที่คงที่ ตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ หรือห่างกัน ≤ 0.02 กรัมนำค่าที่ได้ไปคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์) ของน้ำหนัก} = \frac{100\,(W_1-W_2)}{W_1-W}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของจานอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของจานอลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของจานอลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน
(Demination of Crude fat)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้วให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน โดยใช้กระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักรองรับ ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 - 2 กรัม ห่อตัวอย่างให้มิดชิดด้วยกระดาษกรองแล้วใส่ลงในรังไหมในช่องกลั่นเครื่อง Soxhlet

2. ชั่งน้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมสำหรับวิเคราะห์ไขมัน ที่อบให้แห้งสนิทแล้ว นำไปประกอบเข้ากับรังไหม ใส่เข้าในเครื่องวิเคราะห์ไขมัน

3. ค่อยๆ เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาณ 80 มิลลิลิตร โดยแบ่งออกเป็นสองรอบๆ ละ 40 มิลลิลิตร เพื่อไม่ให้ปิโตรเลียมอีเทอร์ชะล้างตัวอย่างเร็วเกินไป ปรับความร้อนให้หยดของตัวทำละลายกลั่นจากคอนเดนเซอร์ มีอัตรา 150 หยดต่อนาที เมื่อสกัดได้ตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำถ้วยอะลูมิเนียมซึ่งมีไขมันหรือน้ำมันที่สกัดได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออกเกือบหมดแล้ว นำไปอบแห้งในตู้อบอุณหภูมิ 80 - 90 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และชั่งจนได้น้ำหนักคงที่หลังจากทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์

4. คำนวณปริมาณของไขมันในตัวอย่างอาหารจากการคำนวณน้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียม โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{100\ (W_1-W_2)}{W}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของตัวอย่างอบแห้ง (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของขวดแก้วก้นกลมและไขมันอบแห้งจนน้ำหนักคงที่ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของขวดแก้วก้นกลมที่นำไปอบจนได้น้ำหนักคงที่ (กรัม)

การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบ
(Determination of Crude fiber)

วิธีวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบ

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วประมาณ 1 กรัม ในครูซิเบิลแก้ว (glass crucible)

2. นำครูซิเบิลแก้วใส่ลงในเครื่อง hot extraction unit เลื่อนคันโยกด้านซ้ายมาล็อกให้แน่น ป้องกันสารเคมีไหลออกมาโยกปุ่มควบคุมด้านหน้าไปที่ตำแหน่ง closed

3. เติมสารละลายกรดซัลฟูริกโดยใช้ hot plate นำไปเทลงในท่อแก้วคอนเดนเซอร์ ปริมาตร 150 มิลลิลิตร

4. หยด n-octanol 3 - 5 หยด ลงในท่อแก้วคอนเดนเซอร์เพื่อป้องกันการเกิดฟอง

5. เปิดปุ่ม power แล้วหมุนระดับไฟไปที่ระดับสูงสุด (MAX) เมื่อสารละลายเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที และปรับระดับไฟไปที่เลข 4 - 5 เพื่อให้สารละลายเดือดคงที่

6. ครบ 30 นาที ปิดไฟและกรองสารละลายออก โยกปุ่มควบคุมด้านหน้า ไปตำแหน่ง vacuum พร้อมเปิดก๊อกน้ำช่วยกรองด้วย และเพื่อช่วยให้กรองสารละลายเร็วขึ้น ให้ใช้ปุ่ม pressure พร้อมทั้งเปิด blower ร่วมด้วย ทำสลับกันจนกรองสารละลายหมด

7. ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง ครั้งละ 50 มิลลิลิตร ทำการกวนตัวอย่างให้กระจายในน้ำร้อน โดยใช้ปุ่ม pressure จากนั้นกรองสารละลายออก หมดแล้วให้เลื่อนปุ่มด้านหน้าไปที่ตำแหน่ง closed

8. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ต้มให้ร้อนก่อนลงในท่อแก้วคอนเดนเซอร์ปริมาตร 150 มิลลิลิตร จากนั้นทำซ้ำข้อ 4 - 7 เมื่อล้างด้วยน้ำกลั่นร้อนครบ 3 ครั้ง ล้างด้วยอะซีโตนปริมาตรครั้งละ 25 มิลลิลิตร เพื่อไล่น้ำออกจนแห้ง

9. นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่คงที่ (W_1) จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่คงที่ (W_2)

$$\text{ปริมาณเส้นใยหยาบร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{100\ (W_2-W)}{W_1-W}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักครูซิเบิลแก้วรวมกับตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักครูซิเบิลแก้วรวมกับตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน
(Determination of Protein)

วิธีวิเคราะห์

ทำการย่อย กลั่น และไทเทรตเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนดังนี้

การย่อย

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5 - 1.0 กรัม อย่างละเอียดใส่ลงในหลอดย่อย (Kjeldhl Flask หรือ digestion tube)
2. เติมสารช่วยเร่งปฏิกิริยาที่ผสมระหว่าง $CuSO_4$และ K_2SO_4 ในอัตราส่วน 0.5 : 10 ประมาณ 10 กรัม
3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร เขย่าให้สารทั้งหมดเข้ากันเบาๆ
4. ตั้งหลอดย่อยใน Stand หยด n-octanol 2 - 3 หยด ก่อนสวม Exhaust manifold ลงบนส่วนบนของขวดย่อย
5. ตั้ง Stand, Digestion tube และ Exhaust ลงบนเครื่องย่อยโดยเปิดเครื่องดูดจับไอกรดย่อยจนได้สารละลายใสทุกหลอด
6. ยก Stand พร้อมหลอดย่อยออกจากเครื่องย่อยโดยเปิดเครื่องดูดจับไอกรดไว้ ทิ้งให้สารละลายเย็น

การกลั่นและวิเคราะห์ปริมาณ

1. เปิดเครื่องหล่อเย็นก่อนทำการกลั่นอย่างน้อย 30 นาที เปิดเครื่องกลั่น
2. ใส่หลอดย่อยที่มีสารสกัดจากตัวอย่างที่ย่อยแล้ว โดยเริ่มกลั่นจาก Blank ก่อนและปิดประตูเครื่องกลั่น
3. กดปุ่มด่าง (NaOH) ประมาณ 2 - 3 ครั้ง จนสารละลายในหลอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้ม
4. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ตั้งไว้บน Platform ของเครื่องให้สายของเครื่องควบแน่นอยู่ในขวดรูปชมพู่
5. รอจนเครื่องกลั่นทำงานเสร็จ นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับกรด เติม Bromocresolgreen และ Methyred อย่างละ 2 หยด นำสารละลายดังกล่าวไปไทเทรตกับกรด HCl 0.01 m จนได้สารละลายเป็นสีชมพูอ่อน นำปริมาณ HCl ที่ใช้ไทเทรตไปคำนวณผลการวิเคราะห์

$$\%N = \frac{14\times(V_1-V_2)\times\text{nomality of HCl(mol/L)}}{\text{Weight of example}}$$

$$\%P = \%N \times \text{ตัวแฟคเตอร์}$$

ตารางที่ ค.1 แสดงแฟกเตอร์ที่ใช้คำนวณหาปริมาณโปรตีนสำหรับอาหารชนิดต่างๆ

อาหาร	แฟกเตอร์
ธัญพืช	
แป้งสาลีจากข้าวทั้งเมล็ด	5.83
มักกะโรนีและสปาเก็ตตี้	5.7
ข้าวเจ้าและผลิตภัณฑ์	5.95
ข้าวไรน์และผลิตภัณฑ์	5.83
ข้าวบาเล่ย์และผลิตภัณฑ์	5.83
นัทและเมล็ดพืช	
ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์	5.71
อัลมอนด์	5.18
บราซิลนัท	5.46
มะพร้าว	5.3
เมล็ดงา ทานตะวัน คำฝอย และอื่นๆ	5.3
นมและผลิตภัณฑ์	6.38
อาหารอื่นๆ	6.25

ที่มา: เสาวลักษณ์ และคณะ, 2549

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า
(Determination of ash)

วิธีวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible) ที่เผาและชั่งน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำตัวอย่างไปเผา (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส นานประมาณ 5 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือสีเทาอ่อนนำออกจากตู้เผาใส่ในเดสิกเคเตอร์ ปล่อยไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก เผาตัวอย่างซ้ำนาน 30 นาที จนได้น้ำหนักที่คงที่

$$\text{ปริมาณเถ้าร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{100\ (W_2\text{-}W)}{W_1\text{-}W}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบ (กรัม)
W1 คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)
W2 คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด
(Determination of Carbohydrates)

วิธีหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

คำนวณหาโดยใช้ความแตกต่างของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง และปริมาณองค์ประกอบอื่นๆ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต = 100 – (เปอร์เซ็นต์โปรตีน + เปอร์เซ็นต์ไขมัน + เปอร์เซ็นต์เถ้า +เปอร์เซ็นต์ความชื้น +เปอร์เซ็นต์เส้นใยหยาบ)

ภาคผนวก ง

ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

หน่อไม้	200 กรัม	ราคา	30 บาท
แป้งสาลี	30 กรัม	ราคา	0.9 บาท
ผงฟู	6 กรัม	ราคา	1.8 บาท
น้ำมันรำข้าว	500 มิลลิลิตร	ราคา	30 บาท
ผงปรุงรสปาปริก้า	4 กรัม	ราคา	0.8 บาท
ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบซิปล็อค		ราคา	4.5 บาท
		รวม	**68 บาท**
ค่าโสหุ้ย ร้อยละ 40		ราคา	27.2 บาท
	รวมราคาต้นทุนทั้งหมด		**95.2 บาท**

ราคาต้นทุนของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบสูตรพื้นฐาน

รวมราคา 95.2 บาท ต่อ 1 สูตร ซึ่ง 1 สูตร ผลิตได้ 5 ถุง ต้นทุนราคาถุงละ 19.04 บาท

ภาคผนวก จ

บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

1. ถุงอลูมิเนียมฟอยล์

ภาพที่ จ.1 ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบซิปล็อค ขนาด 13 x 18 นิ้ว
ที่มา: smmediagroub , ม.ป.ป

มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาทำภาชนะบรรจุอาหารว่างเนื่องจากอลูมิเนียมฟอยล์สามารถป้องกันการซึมผานของไอน้ำและก๊าซได้ดีมีความมันวาว นอกจากนี้ยังมีน้ำหนักเบากว่ากระปอง แก้ว และโลหะ แตมีข้อเสียคือ ในขณะลำเลียงขนสงเกิดรอยยับได้ง่าย (มยุรี, 2535)

2. สารดูดความชื้น

ภาพที่ จ.2 ซิลิก้าเจล
ที่มา: gitapack1 , 2556

2.1 Silica Gel เป็นสารสังเคราะห์ในรูปแบบซิลิกอน ไดออกไซด์ (Silicon Dioxide) สกัดจากทรายขาว ผสมกรดกำมะถัน มีลักษณะเป็นเม็ดกลม มีรูพรุน ทำให้ มีพื้นผิวในการดูดความชื้นเป็นจำนวนมากประมาณ 400 ตารางเมตรต่อน้ำหนัก 0.5 กรัม หรือประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวเอง มีประสิทธิภาพสูงสุดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิสูงกว่านี้ ประสิทธิภาพในการดูดความชื้นจะลดลงไปเรื่อยๆ และมีโอกาสที่จะคายความชื้นออกจากตัวเองเช่นกัน

2.2 ชนิดของSilica Gel

1. เม็ดสีขาวใส (White Silica Gel) มีคุณสมบัติในการดูดความชื้น 35 – 40 เปอร์เซ็นต์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางยาวประมาณ 2.5 มิลลิเมตร

2. เม็ดสีน้ำเงิน (Blue Silica Gel) มีคุณสมบัติในการดูดความชื้นเช่นเดียวกับเม็ดสีขาวทุกประการ เพียงแต่มีการเพิ่มสารชนิดพิเศษ เพื่อตรวจวัดปริมาณความชื้นที่กักเก็บไว้ ทำให้ผู้ใช้งานทราบว่ามีการเก็บความชื้นในปริมาณเท่าใด โดยจะแสดงเป็นสีน้ำเงินและสีชมพู หากเม็ดที่เป็นสีม่วงอ่อนหรือสีชมพู แสดงว่าหมดอายุในการใช้งาน ควรเปลี่ยนสารดูดความชื้นใหม่

3. เม็ดสีส้ม (Orange Silica Gel) มีคุณสมบัติเหมือนกับชนิดสีน้ำเงินทุกอย่าง แต่การทำงาน จะเปลี่ยนจากสีส้มเป็นสีเขียวอ่อน ซิลิก้าเจลชนิดนี้ยังไม่ได้รับความนิยมในเมืองไทยเนื่องจากราคาค่อนข้างสูง

4. เม็ดทราย มีคุณสมบัติในการดูดความชื้นเหมือนกับเม็ดใสทุกอย่างแตกต่างกันที่ขนาด ซึ่งชนิดเม็ดทราย จะมีขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตรเท่านั้น

ภาคผนวก ฉ

ผลิตภัณฑ์สุดท้ายและฉลากของผลิตภัณฑ์

ภาพที่ ฉ.1 แสดงฉลากผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ภาคผนวก ช

ตาราง MPN สำหรับแปลผลหาจำนวน *E. coli*

ตารางที่ ช.1 MPN สำหรับ 3 หลอดทดลอง ที่ระดับนัยสำคัญ 95%

Pos. Tubes			MPN/g	Conf. lim.		Pos. tubes			MPN/g	Conf. lim.	
0.10	0.01	0.001		Low	High	0.10	0.01	0.001		Low	High
0	0	0	< 3.0	–	9.5	2	2	0	21	4.5	42
0	0	1	3.0	0.15	9.6	2	2	1	28	8.7	94
0	1	0	3.0	0.15	11	2	2	2	35	8.7	94
0	1	1	6.1	1.2	18	2	3	0	29	8.7	94
0	2	0	6.2	1.2	18	2	3	1	36	8.7	94
0	3	0	9.4	3.6	38	3	0	0	23	4.6	94
1	0	0	3.6	0.17	18	3	0	1	38	8.7	110
1	0	1	7.2	1.3	18	3	0	2	64	17	180
1	0	2	11	3.6	38	3	1	0	43	9	180
1	1	0	7.4	1.3	20	3	1	1	75	17	200
1	1	1	11	3.6	38	3	1	2	120	37	420
1	2	0	11	3.6	42	3	1	3	160	40	420
1	2	1	15	4.5	42	3	2	0	93	18	420
1	3	0	16	4.5	42	3	2	1	150	37	420
2	0	0	9.2	1.4	38	3	2	2	210	40	430
2	0	1	14	3.6	42	3	2	3	290	90	1,000
2	0	2	20	4.5	42	3	3	0	240	42	1,000
2	1	0	15	3.7	42	3	3	1	460	90	2,000
2	1	1	20	4.5	42	3	3	2	1100	180	4,100
2	1	2	27	8.7	94	3	3	3	>1100	420	–

ภาคผนวก ซ

แผ่นพับ

สาระน่ารู้

หน่อไม้ไผ่ตง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Dendrocalamus asper Backer* มีชื่อสามัญว่า Sweet Bamboo เป็นไม้อยู่ในวงศ์ Graminaeae ต้นไผ่เป็นต้นไม้ประจำปีมะแม การที่คนไทยนิยมปลูกต้นไผ่นั้น มีความเชื่อมาตั้งแต่สมัยโบราณว่า หากปลูกต้นไผ่เอาไว้ภายในบริเวณบ้านนั้น จะช่วยให้สมาชิกทุกคนภายในบ้านไม่คดโกง หรือเอารัดเอาเปรียบใคร ไม่ว่าจะประกอบอาชีพอะไรก็ตั้งใจทำด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และมีคุณธรรม

หน่อไม้เป็นที่จะที่มีปริมาณไขมันต่ำ ปริมาณเส้นใยและแร่ธาตุสูง โดยมีปริมาณโปรตีนสูงมีกรดอะมิโน 17 ชนิด ซึ่งมีปริมาณกรดอะมิโนสูงกว่าผักชนิดอื่นๆ เช่น กะหล่ำปลี แครอท หอมหัวใหญ่และฟักทอง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่และขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารทุกๆท่าน ที่ช่วยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้โครงงานพิเศษฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ "โครงการส่งเสริม สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่" ประจำปี งบประมาณพุทธศักราช 2560 สถาบันวิจัยและพัฒนา "มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร" ที่ให้การสนับสนุนด้านทุนวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารที่เอื้ออำนวยห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์ในการศึกษาทำโครงงานพิเศษจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

การพัฒนาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ
Development of Fried Chips from Bamboo Shoot

จัดทำโดย
นางสาววรพร สัมมาพรต
นายปัญญวิญช์ สมภูเวช

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ติดต่อสอบถามหรือขอข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
168 ถ.ศรีอยุธยา แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต
กทม. 10300
โทร.02-281-9231 ต่อ 4

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ พบว่า วิธีที่ 3 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในทุกลักษณะมากที่สุด คือ มีค่าเฉลี่ยด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม ซึ่งนำหน่อไม้ทอดกรอบวิธีที่ 3 มาทำการศึกษาโดยเพิ่มปริมาณแป้งสาลีที่เหมาะสม ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบปริมาณแป้งสาลี 15 กรัม มากที่สุดในทุกด้าน คือ มีค่าเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม จากนั้นทำการศึกษาโดยเพิ่มปริมาณผงฟูที่เหมาะสม ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบปริมาณผงฟู 3 กรัม มากที่สุดในทุกด้าน ในการทำหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ คือ มีค่าเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม 7.50±1.14, 7.67±0.80, 7.77±0.86, 7.57±0.97 และ 7.97±0.67 ตามลำดับจากนั้นศึกษาคุณภาพทางกายภาพ พบว่า (L*) เท่ากับ 52.42±0.02 (a*) เท่ากับ 19.60±0.04 และค่า(b*) เท่ากับ 31.23±0.02 ค่า a_w เท่ากับ 0.42±0.01 และค่าความกรอบ (crispness) เท่ากับ 5.33±0.58 ค่าความแข็ง (hardness) เท่ากับ 5.93±0.11 จากการสำรวจคุณภาพทางเคมี พบว่า ปริมาณความชื้นเท่ากับ 2.27 ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 12.48 ปริมาณไขมันเท่ากับ 22.47 ปริมาณเส้นใยเท่ากับ 5.47 ปริมาณเถ้าเท่ากับ 7.29 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 50.02

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ
2. เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ
3. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ
4. เพื่อศึกษาการยอมรับในผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบระหว่างการเก็บรักษาโดยการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงสูตรพื้นฐานและกระบวนการผลิตหน่อไม้แผ่นทอดกรอบ
2. เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับหน่อไม้และเป็นการใช้ประโยชน์จากหน่อไม้ที่ผู้บริโภคมองข้ามโดยการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว
3. ทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

ขั้นตอนการทำหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

ภาคผนวก ฌ

รายงานการเผยแพร่ผลงานสิ่งประดิษฐ์ 2560

ภาพที่ ณ.1 โครงการค่ายพัฒนาชุมชนเพื่อความเป็นอยู่อย่างยั่งยืน ณ จังหวัดกาญจนบุรี

ประวัติผู้ศึกษา

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ นามสกุล นางสาวนวพร สัมมาพรต

วัน เดือน ปีเกิด 6 มิถุนายน 2537

ที่อยู่ปัจจุบัน 101/800 หมู่ 4 หมู่บ้านเอื้ออาทรราชพฤกษ์ ถนน บางกรวย – ไทรน้อย ตำบลบางกร่าง อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 11000

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนไชยฉิมพลีวิทยาคม	2552
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนไชยฉิมพลีวิทยาคม	2555
วิทยาศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2559

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ นามสกุล นายปัญณวิชญ์ สมภูเวช

วัน เดือน ปีเกิด 9 กันยายน 2536

ที่อยู่ปัจจุบัน 140 ซอย จรัญสนิทวงศ์ 65 ถนน จรัญสนิทวงศ์ แขวงบางบำหรุ เขตบางพลัด จังหวัดกรุงเทพฯ 10700

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม	2552
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม	2555
วิทยาศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2559