กระบวนการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบโดยการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

Production of Crispy Okra Sheet by Hot Air Oven Dryer

นิภาพร	จรทะผา
Nipaporn	Jorntapha
อารดา	โสภณอัมพรนารา
Arrada	Soponaumpornnara

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ใบอนุมัติโครงงานพิเศษ

ชื่อโครงการพิเศษ กระบวนการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบโดยการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

ชื่อและนามสกุล นางสาวนิภาพร จรทะผา
นางสาวอารดา โสภณอัมพรนารา

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาและคณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2558

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ชมภูนุช เผื่อนพิภพ

คณะกรรมการสอน โครงงานพิเศษได้ให้ความเห็นชอบโครงงานพิเศษฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ชมภูนุช เผื่อนพิภพ)

.....กรรมการ
(อาจารย์เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์)

.....กรรมการ
(อาจารย์น้อมจิตต์ สุธีบุตร)

โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....หัวหน้าสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
(อาจารย์เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์)

วันที่ 1 เดือน ..... พ.ศ. .....

ชื่อโครงการพิเศษ กระบวนการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบโดยการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน
ชื่อและนามสกุล นางสาวนิภาพร จรทะผา
นางสาวอารดา โสภณอัมพรนารา
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาและคณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

การศึกษากระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบจากกระเจี๊ยบเขียวสายพันธุ์Hit 9701 โดยการใช้เครื่องอบแห้งแบบอบลมร้อน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบโดยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยศึกษาการขึ้นรูป 3 วิธี คือ เทกระเจี๊ยบบดละเอียดลงบนถาดด้านใน เทกระเจี๊ยบบดละเอียดลงบนถาดด้านนอก และเทกระเจี๊ยบบดละเอียดลงในบล็อกอลูมิเนียม พบว่า วิธีการเทกระเจี๊ยบบดละเอียดลงในบล็อกอลูมิเนียม เกิดรอยแตกของแผ่นน้อยที่สุด รูปทรงยังคงสภาพเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมที่สมบูรณ์ หลังจากได้วิธีการขึ้นรูปแล้วนำไปศึกษาอุณหภูมิ ในการอบกระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 3 ระดับคือ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส พบว่าระดับการใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบกระเจี๊ยบเขียว 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง 30 นาที มีความเหมาะสมในการอบที่สุด เมื่อนำผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบจากกระเจี๊ยบเขียวสายพันธุ์Hit 9701 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ พบว่า ค่าสีเท่ากับ ค่าความสว่าง (L*) 49.75 ค่าสีเขียว (a*) -2.53 ค่าสีเหลือง (b*) 23.71 ปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 5.07 ปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.27 ค่าความแข็งเท่ากับ 5.01 นิวตัน และค่าความกรอบเท่ากับ 4.67 ผลการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 76.34 ปริมาณเส้นใยหยาบร้อยละ 10.72 ปริมาณเถ้าร้อยละ 8.24 ปริมาณความชื้นร้อยละ 4.24 และปริมาณไขมันร้อยละ 0.46 ผลการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ไม่เกินมาตรฐานกำหนด ผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบจึงสามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 28 วัน

คำสำคัญ : กระเจี๊ยบเขียว, การอบแห้งแบบอบลมร้อน, ขนมขบเคี้ยว

Special Project Title	Production of Crispy Okra Sheet by Hot Air Oven Dryer
Authot	Nipaporn Jorntapha
	Arrada Soponaumpornnara
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Food Science and Techology
	Faculty of Home Economics Techology
Academic Year	2558

ABSTRACT

The study on baked crispy okra sheets (Hit 9701 species) by using a hot air dryer. The objective of this study was to investigate the okra sheets formula and manufacturing process by hot air dryers with 3 methods; pouring finely blended okra onto the inside tray, pouring finely blended okra onto the outside tray, and pouring finely blended okra into an aluminum block. It was found that pouring finely blended okra into an aluminum block resulted in the least crack in the dried sheet with the rectangular shape remaining intact. After the forming method is decided on, a study was conducted on the temperature to bake okra at 3 levels, namely 70, 80 and 90 °C. It was found that baking okra at 80 °C for 4.5 hours was suitable the baking and crispy okra sheets ended up with the lightness (L *) of 49.75 , the green (a *) was -2.53, and yellowness (b *) of 23.71.The moisture content was at 5.07 %, water activity content was 0.27, The hardness was 5.01 N, and the crispness was 4.67. The results of chemical analysis showed that the carbohydrate content was 76.34 %, crude fibers was 10.72 %, ash content was 8.24 %, moisture content was 4.24 %, and fat content was 0.46 %. From the study on the bacteriological quality, it was found that the crispy okra sheet products can be stored at room temperature for 28 days.

Keyword : Okra, Hot air dryer, Snack

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่อง กระบวนการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบโดยการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน เป็นส่วนหนึ่งวิชาโครงงานพิเศษตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์ชมภูนุช เผื่อนพิภพ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ อาจารย์เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์ และอาจารย์น้อมจิตต์ สุธีบุตรกรรมการโครงงานพิเศษ และนายกิตติ ช้องประเสริฐ ที่กรุณาเสียสละเวลาให้ความรู้คำปรึกษาแนะนำตลอดจนข้อคิดเห็นต่างๆ การตรวจแก้ไขและให้คำแนะนำเพิ่มเติมในระหว่างงานทำโครงงานพิเศษ และคณาจารย์ทุกท่านที่เกี่ยวข้องที่กรุณาให้คำปรึกษาซึ่งทำให้โครงงานพิเศษสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอกราบพระคุณพ่อและแม่ ที่ให้กำเนิดมามีสติปัญญาที่สมบูรณ์ ต่อสู้ฟันฝ่าอุปสรรคนานา ให้กำลังใจอย่างยิ่งในการทำโครงงานพิเศษ และยังสนับสนุนทุนการศึกษาอย่างเต็มที่ และขอขอบคุณโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 จนถึงบัดนี้ ขอบคุณเพื่อนๆน้องๆ ทุกสาขาวิชา ทุกคณะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้กำลังใจเสมอมา และช่วยเหลือในการทำแผนงานพิเศษนี้ ผู้วิจัยจึงตระหนักในพระคุณเป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้หากผลดีของงานวิจัยนี้ได้เกิดขึ้นต่อคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร หรือต่อหน่วยงานอื่นใดที่เกี่ยวข้อง ข้าพเจ้าขอมอบความดีนี้ให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่กล่าวมา ส่วนความบกพร่องนั้นข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

นิภาพร จรทะผา
อารดา โสภณอัมพรนารา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
กิตติกรรมประกาศ	(2)
ABSTRACT	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(6)
สารบัญภาพ	(7)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
2.1. กระเจี๊ยบเขียว	3
2.2 การอบแห้ง	4
2.3 ขนมขบเคี้ยว	8
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการทดลอง	10
3.1 วัตถุดิบ	10
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	10
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	12
3.4 สถานที่และระยะเวลาดำเนินการทดลอง	15
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปราย	16
4.1 ผลการศึกษาการเตรียมกระเจี๊ยบเขียว	16
4.2 ผลการศึกษาวิธีการขึ้นรูปของกระเจี๊ยบเขียวบดละเอียด	17
4.3 ผลการศึกษาอุณหภูมิในการอบกระเจี๊ยบบดละเอียด	18
4.4 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ	19

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	23
5.1 สรุปผลการทดลอง	23
5.2 ข้อเสนอแนะ	24
เอกสารอ้างอิง	25
ภาคผนวก	28
ภาคผนวก ก กระบวนการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ	29
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์การเตรียมกระเจี๊ยบเขียว	33
ภาคผนวก ค วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ	35
ภาคผนวก ง วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	40
ภาคผนวก จ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน	49
ภาคผนวก ฉ ภาพบรรจุภัณฑ์	55
ภาคผนวก ช แผ่นพับ	57
ภาคผนวก ซ ประวัติผู้ศึกษา	60

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ลักษณะกายภาพกระเจี๊ยบเขียวบดละเอียด	16
4.2	แสดงค่า a_wที่สุ่มวัดทุกครึ่งชั่วโมงของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบโดยกระบวนการอบแห้งแบบอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 3 ระดับ	18
4.3	คุณสมบัติทางกายภาพของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบที่อุณหภูมิ 3 ระดับ	20
4.4	องค์ประกอบทางเคมีของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบและกระเจี๊ยบเขียวสดต่อ 100 กรัมที่บริโภคได้	21
4.5	คุณสมบัติทางจุลินทรีย์ของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ	22

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กระเจี๊ยบเขียว	3
2.2	เครื่องอบลมร้อนแบบถาด (Tray Dryer)	5
2.3	การถ่ายเทความร้อนในตู้อบลมร้อนแบบอาศัยแรงโน้มถ่วง	7
3.1	ระยะการหั่นขั้วออกของฝักกระเจี๊ยบ	12
3.2	กระเจี๊ยบเขียวบดละเอียดขึ้นรูป 3 วิธี	13
4.1	กระเจี๊ยบเขียวหลังจากบดละเอียด	16
4.2	ลักษณะปรากฏของกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการอบกรอบหลังการขึ้นรูป 3 วิธี	17
4.3	กระเจี๊ยบเขียวแผ่บอบกรอบบรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ชนิดหน้าใสหลังฟอยด์ปิดผนึก	22

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระเจี๊ยบเขียวเป็นผักส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งต่างประเทศนิยมบริโภคแพร่หลาย ตลาดสำคัญคือ ประเทศญี่ปุ่น สำหรับคนไทยบริโภคกระเจี๊ยบเขียวมานานแล้ว เพราะเป็นผักพื้นบ้านของเราซึ่งปลูกง่าย ปลูกได้ตลอดปีและมีราคาไม่สูง

กระเจี๊ยบเขียวเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหาร โดยเฉพาะวิตามินซีสูงถึงร้อยละ 28 และแคลเซียมสูงถึงร้อยละ 8 เมื่อเทียบกับผักชนิดอื่น นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารจำพวกกัม (gum) และเพคติน (pectin) ในปริมาณสูงทำให้อาหารที่ประกอบขึ้นจากฝักกระเจี๊ยบมีลักษณะเป็นเมือก ซึ่งช่วยป้องกันอาการหลอดเลือด ตีบตัน สามารถรักษาโรคความดันโลหิตสูง บำรุงสมอง ลดอาการโรคกระเพาะอาหารและยังมีสารขับพยาธิตัวจี๊ด ซึ่งปรากฏสรรพคุณในตำราแพทย์แผนโบราณ และการทดลองแพทย์แผนใหม่ทั้งในและต่างประเทศ เมล็ดกระเจี๊ยบเขียวจัดเป็นแหล่งที่ให้น้ำมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 14 แล้วยังมีศักยภาพสามารถที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งให้โปรตีนโดยมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 การกินกระเจี๊ยบเขียวนอกจากจะได้ความอร่อยแล้วยังเป็นการช่วยในเรื่องระบบขับถ่าย ระบบดูดซึมสารอาหาร ลดความเสี่ยงโรคแผลในกระเพาะอาหารมะเร็งกระเพาะอาหาร มะเร็งลำไส้ใหญ่ และยังช่วยลดน้ำหนักและไขมันในเลือดได้ดีอีกด้วย (นิรนาม, ม.ป.ป.)

ทั้งนี้คณะผู้วิจัยจึงคิดที่จะนำกระเจี๊ยบเขียวมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ ที่ผู้บริโภคทุกเพศทุกวัยสามารถบริโภคได้อาจมีความใกล้เคียงกับสาหร่ายแผ่นอบกรอบ โดยมีการนำเอากระเจี๊ยบเขียวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ โดยมีการศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ศึกษาสภาวะอบกรอบและศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ

1.2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1 เพื่อศึกษากระบวนการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบโดยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

2.2 เพื่อศึกษาสภาวะอบกรอบกระเจี๊ยบเขียวแผ่นโดยเครื่องอบลมร้อน

2.3 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ

1.3. ขอบเขตของการศึกษา

3.1 กระบวนการผลิตให้ความร้อนเพื่ออบแห้งกระเจี๊ยบเขียวแผ่นจะใช้เครื่องอบลมร้อนแบบถาดโดยมีทิศทางของลมร้อนจากด้านหลังเครื่อง

3.2 กระเจี๊ยบเขียวที่ใช้ เป็นกระเจี๊ยบเขียวสายพันธุ์ Hit 9701 ลักษณะฝักมีสีเขียวปานกลาง ฝักเมื่อตัดตามขวางเป็นรูปห้าเหลี่ยม จากตลาดเทเวศร์ ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ทราบกระบวนการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบโดยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

4.2 ทราบถึงสภาวะอบกรอบโดยเครื่องอบลมร้อน

4.3 ทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ

บทที่2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระเจี๊ยบเขียว

ภาพที่2.1 กระเจี๊ยบเขียว

2.1.1 นิยาม

กระเจี๊ยบเขียวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench จัดอยู่ในวงศ์ชบา (Malvaceae) ต้นกระเจี๊ยบเขียว มีถิ่นกำเนิดในแถบแอฟริกาตะวันตก ในประเทศซูดาน และสันนิษฐานว่าน่าจะมีการนำเข้ามาในประเทศไทยหลังปี พ.ศ. 2416 โดยจัดเป็นพืชล้มลุกที่มีอายุประมาณ 1 ปี มีความสูงประมาณ 0.5-2.4 เมตร ลำต้นและกิ่งก้านมีสีเขียว แต่บางครั้งก็มีจุดประม่วง ตามลำต้นจะมีขนอ่อนหยาบ ๆ ขึ้นปกคลุม เช่นเดียวกับใบและผล เจริญเติบโตได้ดีในอากาศกึ่งร้อน หรือที่อุณหภูมิระหว่าง 18-35 องศาเซลเซียส ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการใช้เมล็ดผลกระเจี๊ยบเขียว หรือ ฝักกระเจี๊ยบเขียว ผลมีลักษณะเป็นฝัก โดยฝักคล้ายกับนิ้วมือผู้หญิง ฝักมีสีเขียวทรงเรียวยาว มักโค้งเล็กน้อย ปลายฝักแหลมเป็นจีบ ผิวฝักมีเหลี่ยมเป็นสัน โดยฝักมีสันเป็นเหลี่ยมตามยาวอยู่ 5 เหลี่ยม ตามฝักจะมีขนอ่อน ๆ อยู่ทั่วฝัก ฝักอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ในฝักมีน้ำเมือกข้นเหนียวอยู่มาก และมีเมล็ดลักษณะกลมอยู่มาก ขนาดประมาณ 3-6 มิลลิเมตร ฝักอ่อนมีรสหวานกรอบอร่อย ส่วนฝักแก่จะมีเนื้อเหนียวไม่เป็นที่นิยมในการรับประทาน(นิรนาม, ม.ป.ป.) กระเจี๊ยบเขียวสายพันธุ์ Hit 9701 เป็นสายพันธุ์ที่นิยมปลูกมากในภาคกลางของประเทศไทย (พิมพร และคณะ, 2550)

2.1.2 สรรพคุณ

เป็นพืชที่มีคุณสมบัติในการช่วยรักษาโรคกระเพาะอาหารและลำไส้ เพราะในฝักกระเจี๊ยบนั้นมีสารเมือกพวกเพ็กติน (Pectin), เมือก (mucilage) ซึ่งเกิดจากสารประกอบ acetylated acidic polysaccharide และกรดกาแลคทูโรนิค (galactulonic acid) และกัม (gum) ช่วยเคลือบแผลในกระเพาะอาหาร และลำไส้ไม่ให้ลุกลาม รักษาความดันให้เป็นปกติ เป็นยาบำรุงสมอง มีสรรพคุณเป็นยาระบาย (นิดดา, 2554)

2.1.3 คุณค่าทางอาหารของกระเจี๊ยบเขียวสด

กระเจี๊ยบเขียว (ฝักอ่อน 100 กรัม) ความชื้น ร้อยละ 88.90 ไขมัน ร้อยละ 0.30 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 7.60 เส้นใยร้อยละ 1.00 โปรตีน ร้อยละ 0.40 โพแทสเซียม 249.00 มิลลิกรัม แคลเซียม 92.00 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 51.00 มิลลิกรัม วิตามินเอ 520.00 มิลลิกรัม ไทอามีน 0.17 มิลลิกรัม โรโบฟลาวิน 0.21 มิลลิกรัม แอสคอบิคแอซิด 31.00 มิลลิกรัม (กองโภชนาการ, 2530)

2.2 การอบแห้ง

2.2.1 นิยาม

การทำแห้ง หรือการดึงน้ำออกเป็นวิธีการถนอมอาหารที่นิยมใช้มานานโดยลดความชื้นของอาหารด้วยการระเหยน้ำ อาหารที่นำมาทำแห้งมีหลายหลาย วัตถุดิบเริ่มต้นที่นำมาทำแห้งอาจมีสถานะเป็นของเหลว ของกึ่งแข็งหรือของแข็ง ให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีสถานะเป็นของแข็ง ซึ่งอาจเป็นชิ้น เป็นแผ่น หรือเป็นผง ที่มีลักษณะและคุณภาพแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับกระบวนทำแห้งที่เลือกใช้ ตัวอย่างอาหารแห้งที่พบทั่วไป ได้แก่ ผักผลไม้ ถั่วเมล็ดแห้ง นมผง ชา กาแฟ โกโก้ เป็นต้น เนื่องจากกระบวนการอบแห้งอาหารเกี่ยวข้องกับทั้งการถ่ายเทมวลและการถ่ายเทความร้อน มวลที่ถ่ายเทระหว่างการทำแห้งอาหารส่วนใหญ่คือน้ำที่มีอยู่ในอาหาร ระหว่างการอบแห้ง อาหารจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆขึ้นมากมาย ทั้งที่ต้องการและที่ไม่ต้องการ การทำแห้งอาหารที่มีประสิทธิภาพสูง ต้องคำนึงถึงคุณภาพของอาหารที่ได้หลังจากการทำแห้ง เช่น การนำมาคืนตัว (rehydration) ด้วยการดูดน้ำกลับเข้าไปใหม่ คุณค่าทางโภชนาการ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส รูปทรง (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, ม.ป.ป)

2.2.2 วัตถุประสงค์ของการอบอาหาร

2.2.2.1 เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

2.2.2.2 เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทุกชนิด เช่น รา ยีสต์ แบคทีเรีย ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย

2.2.2.3 เพื่อยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์หรือชะลอปฏิกิริยาต่างๆทั้งทางเคมี และทางชีวเคมีซึ่งมีน้ำเป็นส่วนร่วมและเป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย

2.2.2.4 เพื่อลดปริมาณน้ำในอาหารโดยการทำแห้ง ทำให้อาหารมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ น้อยกว่า 0.6 ซึ่งเป็นระดับที่ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ก่อโรค

2.2.2.5 เพื่อยับยั้งการสร้างสารพิษของเชื้อรา เช่น Aflatoxin

2.2.2.6 เพื่อทำให้อาหารมีน้ำหนักเบา ลดปริมาตร ทำให้สะดวกต่อการขนส่ง การบริโภคหรือการนำไปเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปต่อเนื่องด้วยวิธีอื่นๆ (จุไรวัลย์, 2549)

2.2.3 การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารมากหรือน้อยขึ้นกับธรรมชาติของอาหารและสภาวะที่ใช้ในการอบแห้งดังนี้

2.2.3.1 การหดตัวการเสียน้ำทำให้เซลล์อาหารหดตัวจากผิวน้อย ส่วนที่แข็งจะคงสภาพได้ส่วนที่อ่อนแอกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้า

2.2.3.2 การเปลี่ยนสีอาหารที่ผ่านการทำแห้งมักมีสีเข้มเนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมีการเกิดสีน้ำตาลอุณหภูมิและช่วงเวลาที่อาหารมีความชื้นร้อยละ 10-20 มีผลต่อความเข้มของสี จึงควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงในช่วงความชื้นนี้

2.2.3.3 การเกิดเปลือกแข็งเป็นลักษณะที่ผิวอาหารแข็งเป็นส่วนหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้งไว้ เกิดจากในช่วงแรกให้น้ำระเหยเร็วเกินไป น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาทีผิวไม่ทันหรือมีสารละลายของน้ำตาล โปรตีนเคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงโดยไม่ใช้อุณหภูมิสูง และใช้อากาศที่มีความชื้นสูงเพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งก่อนเวลาอันสมควร

2.2.3.4 การเสียความสามารถในการคืนสภาพอาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพ แต่การคืนสภาพโดยการเติมน้ำจะไม่ได้เหมือนเดิมเพราะเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์สตาร์ชและโปรตีน เสียความสามารถในการดูดน้ำอาหารที่ทำแห้งโดยการแช่เยือกแข็งจะมีความสารถมาในการคืนสภาพดีที่สุด เพราะไม่ได้ใช้ความร้อนที่จะทำลายผนังเซลล์หรือเปลี่ยนโครงสร้างของสตาร์ชและโปรตีน (จุไรวัลย์, 2549)

2.2.4 เครื่องอบลมร้อนแบบถาด (Tray Dryer)

ภาพที่ 2.2 เครื่องอบลมร้อนแบบถาด (Tray Dryer)

2.2.4.1 นิยาม

เป็นวิธีที่ถูกปรับปรุงขึ้นเพื่อให้มีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้แสงอาทิตย์ โดยการใช้อุปกรณ์ช่วยทำให้ ผลิตภัณฑ์ที่ตากแห้งโดยวิธีนี้จะมีความสะอาดและลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ได้ดีกว่าการทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบเก่า การทำแห้งด้วยลมร้อนที่นิยมใช้ คือ การใช้ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) โดยการตากผลิตภัณฑ์ในตู้ขนาดใหญ่ซึ่งมีลมร้อนเป่าผ่านจึงสามารถระเหยน้ำออกไปกับลมร้อนและปล่อยออกทางช่องระบายลมภายในตู้อบโดยใช้อุณหภูมิในการอบประมาณ 50-90 องศาเซลเซียส (ชูชาติ, 2555)

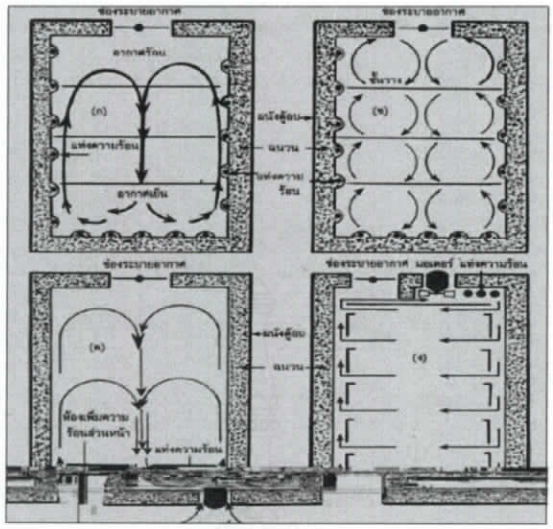
2.2.4.2 ลักษณะการทำงานความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนถูกถ่ายเทให้วัตถุโดยกระบวนการนำความร้อน (conduction) การพาความร้อน (convection) และการแผ่รังสี (radiation) ความร้อนที่ถูกควบคุมอย่างเหมาะสมด้วยตัวไวความร้อนและระบบควบคุมอุณหภูมิ ทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวจากของเหลวเป็นไอหรือจากของแข็งเป็นไอ ตู้อบลมร้อนมีองค์ประกอบหลักที่คล้ายกันแต่จะแตกต่างกันในส่วนของการออกแบบ และวัสดุใช้ทำดังนี้

2.2.4.2.1 ผนังตู้อบ โดยทั่วไปจะออกแบบให้มีการกระจายความร้อนภายในได้ดี และป้องกันการสูญเสียความร้อนจากภายในสู่ภายนอก วัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นโลหะที่ไม่เป็นสนิม ไม่เปลี่ยนรูปร่าง และทำความสะอาดง่าย

2.2.4.2.2 ตัวกำเนิดความร้อน การสร้างความร้อนไม่เกิน 1,000 เซนติเมตร นิยมใช้แท่ง ความร้อนหรือลวดความต้านทาน (Resistance Wire) ที่ทำจากโลหะผสมระหว่างนิเกิลกับโคเมียม (นิโครม) เนื่องจากมีความทนทานต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีกันสารหลายๆชนิด เช่น คลอรีน

2.2.4.2.3 ช่องระบายอากาศ (Air Damper) ส่วนใหญ่ติดตั้งที่ด้านบนของตู้อบ มีส่วนน้อยติดตั้งไว้ที่ด้านหลังตู้อบ มีหน้าที่ระบายควัน ไอน้ำ หรือไอสารเคมีออกจากตู้อบ ทั้งนี้เพื่อลดการสูญเสียความร้อน อันเนื่องมาจากการมีความชื้นในตู้อบมาก ช่องระบายอากาศส่วนใหญ่ปรับขนาดของรูระบายได้เพื่อให้ไอน้ำระบายออกได้อย่างเหมาะสม โดยที่สูญเสียความร้อนออกทางช่องระบายอากาศน้อยที่สุด (ชูชาติ, 2555)

2.2.4.3 ระบบถ่ายเทความร้อนที่นิยมใช้มีอยู่ 2 แบบคือ การพาความร้อนโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง (Gravity Convection) ทำงานโดยอาศัยความแตกต่างของน้ำหนักของอากาศที่ร้อนและเย็น ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนอย่างช้าๆและ การพาความร้อนโดยใช้พัดลม (Mechanical Convection) นิยมใช้มอเตอร์หมุนพัดลมชนิดเหนี่ยวนำ (Induction Motor) ซึ่งไม่ต้องการ การดูแลมากเพราะไม่ได้ใช้แปรงถ่าน มอเตอร์ดังกล่าวจะทำหน้าที่หมุนพัดลม ซึ่งอาจถูกติดไว้ที่ส่วนล่างของตู้อบเพื่อเสริมการพาความร้อนในแนวดิ่ง (ชูชาติ, 2555)



ภาพที่ 2.3 การถ่ายเทความร้อนในตู้อบลมร้อนแบบอาศัยแรงโน้มถ่วง
ที่มา: ชูชาติ (2555)

2.2.4.3.1 ตัวไวความร้อน (Temperature Sensor) มีหน้าที่ป้อนสัญญาณให้วงจรหรือระบบควบคุมอุณหภูมิหรือป้อนสัญญาณให้ระบบอ่านค่าอุณหภูมิ ตัวไวความร้อนที่นิยมใช้มีหลายชนิด

2.2.4.3.2 ตัวควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) แบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบกลทำงานโดยการตัด (OFF) หรือต่อ (ON) กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวกำเนิดความร้อน และแบบอิเล็กทรอนิกส์

2.2.4.3.3 ประตูตู้อบ ปกติจะมีประตู 1 บานแต่ถ้าต้องการรักษาอุณหภูมิภายในให้คงที่มากๆ ชั้นวาง อาจทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม เหล็กชุบนิเกิล แต่ควรเป็นชนิดที่ปรับระดับได้เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

2.2.4.3.4 นาฬิกาตั้งเวลา มีทั้งชนิดที่เดินด้วยลานหรือใช้กระแสไฟฟ้า มีช่วงการตั้งเวลาสูงสุดได้แตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

2.2.4.3.5 สวิทช์ตัดการทำงานเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน มีความจำเป็นมาก เนื่องจาก เป็นระบบปลอดภัยเพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยหรือไฟไหม้วัตถุภายในตู้อบ

2.2.4.3.6 ช่องดูดอากาศออก พบในตู้อบลมร้อนชนิดใช้สุญญากาศ ช่วยทำให้ การระเหยของของเหลวเร็วขึ้น พบในตู้อบชนิดพิเศษบางแบบ อาจเติมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือแก๊สไนโตรเจนเข้าในตู้อบตามวัตถุประสงค์ของงานนั้นๆ

2.2.4.3.7 อุปกรณ์หมุนเวียนอากาศภายใน เป็นพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในตู้อบโดยไม่ได้ดูดเอาอากาศภายนอกเข้ามาร่วมหมุนเวียนด้วย พบเฉพาะในตู้อบที่มีขนาดใหญ่มาก (ชูชาติ, 2555)

2.2.4.4 ปัญหาที่พบในการอบแห้งแบบอบลมร้อนอุณหภูมิไม่คงที่เพราะตัวไวความร้อน สกปรกหรือเสื่อมสภาพ พัดลมกระจายความร้อนเสียหรือมีการทำงานที่ผิดปกติ ความร้อนเกิดช้า เพราะความร้อนรั่วออกนอกตู้อบมาก มีน้ำในวัตถุที่นำไปอบมาก การถ่ายเทความร้อนไม่มีวงจร ควบคุมความร้อนเสีย (ชูชาติ, 2555)

2.3 ขนมขบเคี้ยว

2.3.1 นิยาม

หมายถึงอาหารที่รับประทานระหว่างอาหารมื้อหลักครอบคลุมถึงขนม ต่างๆ ไม่ว่าจะแปรรูปโดยการทอด นึ่ง หรืออบ รวมถึงผลิตภัณฑ์ได้รับอิทธิพลจากซีกโลกตะวันตก (พนิดา, 2536) อาหารว่างที่มีขนาดเล็ก เป็นได้ทั้งของหวานหรือของคาวโดยผ่านกระบวนการแปรรูป ซึ่งมีอยู่หลากหลายรูปแบบและรสชาติ ใช้รับประทาน เพื่อระงับความหิวระหว่างมื้ออาหาร (วิลาสินี, 2557)

เป็นอาหารประเภทเบาๆ มีปริมาณอาหารน้อยกว่า อาหารประจำมื้ออาจจะเป็นอาหารน้ำหรืออาหารแห้ง มีทั้งคาวและหวาน หรือเป็นอาหารชิ้นเล็กๆขนาดพอคำ หยิบรับประทานได้ง่าย จัดให้สวยงามน่ารับประทานเป็นทั้งอาหารไทยและอาหารนานาชาติหรือรับประทานควบคู่กับเครื่องดื่มร้อนหรือน้ำผลไม้อย่างใดอย่างหนึ่ง (นภดล และคณะ, 2556)

2.3.3 ประโยชน์

2.3.3.1. เป็นอาหารที่คั่นระหว่างมื้อ เพื่อประทังความหิว

2.3.3.2. ช่วยผ่อนคลายความเครียด เกิดความสบายใจ ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.3.3.3. ช่วยเพิ่มบรรยากาศในการทำงานให้มีสีสัน สดชื่น มีชีวิตชีวา เช่น พิธีเปิดสำนักงาน งานเลี้ยงฉลองการสัมมนา เป็นต้น

2.3.3.4. ร่างกายได้รับสารอาหารเพิ่มมากขึ้นนอกเหนือจากอาหารมื้อหลัก (วิลาสินี, 2557)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยเรื่องพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นด้วยเครื่องอบลมร้อน พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างผักคะน้าและผักตำลึง คือ 75:25 และไม่ต้องเติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสเป็นผลิตภัณฑ์ผักแผ่นที่เหมาะสม ในส่วนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นด้วยเครื่องให้ความร้อนแบบกดทับพบว่าผักแผ่นที่เติมแป้งสาลี 5 เปอร์เซ็นต์เป็นสิ่งทดลองที่เหมาะสมที่สุด จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์ผักแผ่น ต้องการให้ผักแผ่นมีรูปแบบเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าคล้ายสาหร่ายแผ่นปรุงรส และยินดีจะซื้อผลิตภัณฑ์ผักแผ่นที่ราคา 3 บาท/ 5 แผ่น อีกทั้งร้านสะดวกซื้อเป็นสถานที่ที่ผู้บริโภคสะดวกในการซื้อผักแผ่นที่สุด และสื่อโทรทัศน์เป็นสื่อที่สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ผักแผ่นเป็นที่รู้จักได้ครอบคลุมทั้ง 3 กลุ่มอายุ (วัฒนา, 2548)

จากงานวิจัยเรื่องพัฒนาผลิตภัณฑ์สายบัวแผ่นอบกรอบโดยกระบวนการอบแห้ง แบบอบลมร้อน พบว่าสารให้ความคงตัวที่เหมาะสม3ชนิดคือแป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง และ คาราจีแนน ในอัตราส่วน 95:5 โดยเมื่อผ่านการบวนการผลิตและอบแห้งแบบอบลมร้อน พบว่าแป้งมันสำปะหลังสามารถทำให้สายบัวหลังบีบน้ำยืดเกาะกันได้และยังทำให้แผ่นสายบัวมีความเรียบเนียนเมื่อนำไปทำการทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ สารให้ความคงตัวชนิดแป้งมันสำปะหลัง ในเรื่องเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ 7.10±1.02 ลักษณะปรากฏ 6.66±1.12 และความชอบโดยรวม 7.06±1.08 (พรรษพล และคณะ, 2557)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัตถุดิบ

กระเจี๊ยบเขียวสายพันธุ์ Hit 9701 จากตลาดเทเวศร์ ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ

3.2.1.1 เครื่องตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray Dryer) ยี่ห้อ BINDER รุ่น WBT 09-04077

3.2.1.2 ตู้เย็น ยี่ห้อ EVERMED รุ่น BLCF 440 W

3.2.1.3 บล็อกอลูมิเนียมทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 8 x 8 เซนติเมตร

3.2.1.4 เครื่องชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่งยี่ห้อ OHAUS รุ่น V11P3 ประเทศที่ผลิตเยอรมนี

3.2.1.5 ถาดสแตนเลส ขนาด 40× 50 เซนติเมตร

3.2.1.6 ตะแกรงสแตนเลส ขนาด 25×40 เซนติเมตร

3.2.1.7 ลังถึงสแตนเลส ขนาด 28 เซนติเมตร

3.2.1.8 ผ้าขาวบาง ขนาด 45×60 เซนติเมตร

3.2.1.9 แผ่นฟิล์มถนอมอาหาร ยี่ห้อ เอ็มแรป

3.2.1.10 ถุงมือยาง ยี่ห้อ 3M

3.2.1.11 ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ชนิดด้านหน้าใสด้านหลังสีทึบขนาด 5.5 x 9 นิ้ว

3.2.1.12 เครื่องครัว

3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ

3.2.2.1 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.2.2.1.1 เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ยี่ห้อ TAXA2i รุ่น Stable Micro Syste

3.2.2.1.2 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) ยี่ห้อ AQUA LAB รุ่น CX3TE

3.2.2.1.3 เครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer) ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CM-3500d โปรแกรมเวอร์ชั่น CM-S100 W1.70.0001

3.2.2.1.4 เครื่องตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Refractometer) ยี่ห้อ Milwaukee รุ่น MR110ATC

3.2.2.1.5 เครื่องตรวจวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Sartorius รุ่น PB – 10

3.2.2.1.6 เครื่องตรวจวัดค่าความหนืด (Bostwick Consistometer) ยี่ห้อ CSC Scientific รุ่น 1-800-458-2558

3.2.2.2 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.2.2.2.1 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ BINDER รุ่น FED ประเทศที่ผลิต เยอรมนี

3.2.2.2.2 เครื่องชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่งยี่ห้อ OHAUS รุ่น V11P3 ประเทศที่ผลิต เยอรมนี

3.2.2.2.3 เครื่องวัดปริมาณเถ้า เตาเผา ยี่ห้อ CARBOLITE รุ่น cwf11/13ประเทศที่ผลิต อังกฤษ

3.2.2.2.4 เครื่องวัดปริมาณเส้นใย Foss Fibertec 1020 ประเทศที่ผลิต สวีเดน

3.2.2.2.5 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

(1) ชุดย่อย BUCHI Digestion Unit K-435

(2) ชุดดูดจับไอกรด BUCHI Scrubber B-414

(3) ชุดกลั่น BUCHI Distillation B-324

3.2.2.2.6 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน FossSoxtec 205

3.2.2.2.7 ตู้ดูดควัน

3.2.2.3 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.2.2.3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (Plate Count Agar)

3.2.2.3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato Dextrose Agar)

3.2.2.3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ LSB (Lauryl Sulfate Broth)

3.2.2.3.4 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน ยี่ห้อ sanyo รุ่น lado Autoclave

3.2.2.3.5 ตู้บ่มเชื้อ (incubator) ยี่ห้อ BINDER รุ่น BD 115

3.2.2.3.6 ตู้ปลอดเชื้อ ยี่ห้อ Heal Force รุ่น A2

3.2.2.3.7 เครื่องตีตัวอย่าง (Stomacher) ยี่ห้อ Seward รุ่น 400 Circulater

3.2.2.3.8 เครื่องเขย่าหลอดทดลอง ยี่ห้อ HERMONY รุ่น VTX-3000L

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

กระเจี๊ยบเขียวที่นำมาใช้ เป็นกระเจี๊ยบเขียวสายพันธุ์ Hit 9701 ลักษณะฝักมีสีเขียวอ่อน มีขนาดประมาณ 1.5 x 11 เซนติเมตร เมื่อตัดตามขวางจะได้รอยตัดเป็นรูปห้าเหลี่ยม

นำกระเจี๊ยบมาล้างในน้ำสะอาด จำนวน 2 ครั้ง เพื่อชำระล้างสิ่งสกปรกออกจากภายนอกฝักของกระเจี๊ยบ พึ่งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรง จากนั้นนำกระเจี๊ยบมาวางเรียงบนผ้าขาวบางในลังถึงประมาณ 500 กรัมต่อชั้นของลังถึง (45-50 ฝัก/ ชั้น) ให้ความร้อนด้วยไอน้ำเป็นเวลานาน 15 นาที และนำมาแช่น้ำเย็นอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที จากนั้นทำการหั่นขั้วออกโดยวัดระยะห่างจากขั้วประมาณ 1 นิ้ว ดังภาพที่ 3.1 จะได้ท่อนของฝักกระเจี๊ยบขนาด ประมาณ 1.5 - 2 เซนติเมตร สังเกตตำหนิภายในฝัก หากภายในฝักมีตำหนิหรือสีแดงจะทำการคัดทิ้ง แต่ถ้าภายในฝักมีสีขาวตามปกติจะนำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง Vitamix รุ่น VM0104 เป็นเวลา 25 - 30 วินาที จะได้กระเจี๊ยบบดละเอียด

ภาพที่ 3.1 ระยะการหั่นขั้วออกของฝักกระเจี๊ยบ

3.3.2 ศึกษาวิธีการขึ้นรูปของกระเจี๊ยบบดละเอียด

กระเจี๊ยบบดละเอียดที่ได้จะนำมาศึกษาลักษณะการขึ้นรูปที่ 3 ลักษณะ คือ เทกระเจี๊ยบบดละเอียดลงบนถาดด้านใน เทกระเจี๊ยบบดละเอียดลงบนถาดด้านนอก และเทกระเจี๊ยบบดละเอียดลงในบล็อกอลูมิเนียมขนาด 8x8 เซนติเมตร นำมาอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาเปรียบเทียบลักษณะของแผ่นที่ได้ แล้วเลือกวิธีการขึ้นรูปที่ทำให้กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบเป็นแผ่นที่มีลักษณะปรากฏที่สมบูรณ์ที่สุด ดังภาพที่ 3.2

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3.2 กระเจี๊ยบเขียวบดละเอียดขึ้นรูป 3 วิธี (ก) กระเจี๊ยบบดละเอียดที่เทลงบนถาดด้านใน (ข) กระเจี๊ยบบดละเอียดที่เทลงบนถาดด้านนอก (ค) กระเจี๊ยบบดละเอียดที่เทลงในบล็อกอลูมิเนียม

3.3.3 ศึกษาอุณหภูมิในการอบกระเจี๊ยบบดละเอียด

ศึกษาอุณหภูมิในการอบกระเจี๊ยบบดละเอียดที่ 3 ระดับอุณหภูมิ คือ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส โดยขณะอบจะมีการสุ่มตัวอย่างกระเจี๊ยบอบแห้งมาวัดค่า a_w โดยมีค่า a_w มาตรฐานไม่เกิน 0.6 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 515/2547 สาหร่ายทะเลอบ , 516/2547 สาหร่ายน้ำจืดอบ ทำการบันทึกเวลาที่ใช้ในการอบทุกๆ 30 นาที ของแต่ละอุณหภูมิ และบันทึกลักษณะทางกายภาพ เพื่อนำมาเปรียบเทียบแล้วเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด

3.3.4 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ

3.3.4.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

3.3.4.1.1 ตรวจลักษณะทางเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ TAXA2i รุ่น Stable Micro Syste

3.3.4.1.2 ตรวจวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่อง Water activity meter ยี่ห้อ AQUA LA รุ่น Series 3 TE

3.3.4.1.3 ตรวจวัดสี ด้วยเครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer) ยี่ห้อ KONIA MIOLT รุ่นCM-3500d ค่าที่วัด ได้แก่ สี L* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a* (+ หมายถึง วัตถุมีสีแดง, - หมายถึง วัตถุมีสีเขียว) และ b* (+ หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง,- หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน)

3.3.4.1.4 ตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายอยู่ (Total Soluble Solids) ด้วยเครื่อง Refractometer ยี่ห้อ Milwaukee รุ่น MR110ATC

3.3.4.1.5 ตรวจวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Sartorius รุ่น PB – 10

3.3.4.1.6 ตรวจวัดค่าความหนืด ด้วยเครื่อง Bostwick Consistometer ยี่ห้อ CSC Scientific รุ่น 1-800-458-2558

3.3.4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

สมบัติทางเคมีของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบที่ศึกษา ได้แก่

3.3.4.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีการของ AOAC (2000)

3.3.4.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยเครื่องวัดปริมาณโปรตีน ด้วยวิธี Kjeldah method ตามวิธีการของ AOAC (2000) และคำนวณค่าโปรตีนจากค่าไนโตรเจนที่มีอยู่ในตัวอย่าง

3.3.4.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วยเครื่องวัดปริมาณไขมัน Foss Soxtec 2055 โดยใช้ ether extraction ตามวิธีการของ AOAC (2000)

3.3.4.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าด้วยการเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 500 - 600 องศาเซลเซียส ตามวิธีการของ AOAC (2000)

3.3.4.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยด้วยเครื่องวัดปริมาณเส้นใย ตามวิธีการของ AOAC (2000)

3.3.4.2.6 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธีการคำนวณ โดยใช้ความแตกต่างของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง และปริมาณขององค์ประกอบอื่นๆ จากผลรวมของปริมาณร้อยละความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใยหยาบ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (%) = 100 - [ความชื้น (%) + ไขมัน (%) + เส้นใยหยาบ (%) + โปรตีน

3.3.4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์

3.3.4.3.1 วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) ด้วยวิธีการ Pour plate นำตัวอย่างมาบ่มที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มผช.515/2547)

3.3.4.3.2 วิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา ด้วยวิธีการ Pour plate ต้องทำ Serial dilution ก่อน จึงจะสามารถนับจำนวนจุลินทรีย์ต่อหน่วยปริมาตรได้ โดยนำตัวอย่างมาเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน เมื่อเพาะเชื้อจนเจริญขึ้นเป็นโคโลนี นำไปนับจำนวนโคโลนีทั้งหมดไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มผช.515/2547)

3.3.4.3.3 วิเคราะห์ปริมาณ*เอสเชอริเชีย โคไล* (*Escherichia coli*) ด้วยวิธีการ เอ็มพีเอ็น (MPN) ต้องน้อยกว่า 3 ต่อ ตัวอย่าง 1 กรัม (มผช.515/2547)

3.4 สถานที่และระยะเวลาดำเนินการทดลอง

3.4.1 สถานที่ทำการทดลอง

เชิงปฏิบัติการ ณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ห้องปฏิบัติการ 521, 621, 622

3.4.2 ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง

การทดลองนี้เริ่มตั้งแต่ 12 ตุลาคม พ.ศ.2558 – 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2559

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปราย

4.1 ผลการเตรียมกระเจี๊ยบเขียว

กระเจี๊ยบเขียวบดละเอียดที่ได้จะมีลักษณะเป็นของกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีสีเขียวอ่อน กลิ่นกระเจี๊ยบเขียวตามธรรมชาติ และมีเนื้อสัมผัสข้นหนืด ดังภาพที่ 4.1 จากนั้นนำกระเจี๊ยบเขียวบดละเอียด ไปทำการวัดค่าสี, ค่าความหนืด, ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ดังตารางที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 กระเจี๊ยบเขียวหลังจากบดละเอียด

ตาราง 4.1 ลักษณะกายภาพของกระเจี๊ยบเขียวบดละเอียด

คุณลักษณะทางกายภาพ	คุณลักษณะที่ได้
ค่าสี	
- L (ค่าความสว่าง)	57.77±0.03
- a* (ค่าสีเขียว)	-8.03±0.02
- b* (ค่าสีเหลือง)	31.23±0.02
ค่าความหนืด (เซนติพ้อยซ์)	0.64±0.23
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	6.03±1.53
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (°Brix)	5.27±0.25

จากตาราง 4.1 ลักษณะทางกายภาพของกระเจี๊ยบเขียวบดละเอียด ค่าสีที่ได้เป็นสีเขียวอมเหลืองออกสว่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เล็กน้อย มีความหนืดสูง ซึ่งทำให้แผ่นกระเจี๊ยบเขียวอบกรอบเกาะกันได้ดี ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง มีความเป็นกรดเล็กน้อย-กลาง กระเจี๊ยบเขียวจะมีค่าความหนืดลดลงที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่ำ และมีความหนืดเพิ่มขึ้นที่ระดับความเป็นกรด-ด่างสูง (ญาธิปกร, 2556) จากนั้นจึงนำกระเจี๊ยบเขียวบดละเอียด ไปทำการศึกษาวิธีการขึ้นรูปของกระเจี๊ยบเขียวต่อไป

4.2 ผลการศึกษาวิธีการขึ้นรูปของกระเจี๊ยบเขียวบดละเอียด

เปรียบเทียบลักษณะกระเจี๊ยบเขียวบดละเอียดที่ผ่านการขึ้นรูป 3 วิธี ดังภาพที่ 4.2

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 4.2 ลักษณะปรากฏของกระเจี๊ยบเขียวบดละเอียดที่ผ่านการอบกรอบหลังการขึ้นรูป 3 วิธี (ก) เทลงบนถาดด้านใน (ข) เทลงบนถาดด้านนอก (ค) เทลงในบล็อกอลูมิเนียม

จากภาพที่ 4.2 พบว่า ภายหลังจากการอบแห้ง กระเจี๊ยบเขียวอบแล้วที่ผ่านการขึ้นรูปโดยวิธีเทลงบนถาดด้านในมีการหดตัว และเกิดรอยแตกมากที่สุดมองเห็นพื้นถาดที่ใช้ในการอบ สูญเสียรูปทรงของแผ่นกระเจี๊ยบอีกทั้งบริเวณขอบแผ่นเป็นรอยหยัก มีผิวขรุขระ และแห้งไม่สม่ำเสมอทั้งแผ่น ส่วนการขึ้นรูปวิธีการเทลงบนถาดด้านนอกมีการหดตัว มีผิวขรุขระเล็กน้อย และรอยแตกของแผ่นกระเจี๊ยบเขียวน้อยกว่าการขึ้นรูปวิธีเทลงถาดด้านใน รูปทรงยังคงสภาพเป็นแผ่นสี่เหลี่ยม ส่วนการขึ้นรูปวิธีเทลงในบล็อกอลูมิเนียม มีการหดตัว และมีรอยแตกเล็กน้อย มองเห็นรอยแตกกระเจี๊ยบบางๆไม่แยกออกจากกันชัดเจนเหมือนการขึ้นรูปวิธีเทลงบนถาดด้านใน และวิธีการเทลงบนถาดด้านนอก รูปทรงยังคงสภาพเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมสมบูรณ์ เพราะมีการอัดแน่นในบล็อก ทำให้ระหว่างการทำแห้งอาหาร น้ำที่มีอยู่ในอาหารจะระเหยเอาน้ำจากอาหาร ช่องว่างภายในจะเกิดการหดตัว ช่องว่างน้อยก็จะทำให้การขึ้นรูปของแผ่นกระเจี๊ยบเขียวไม่แตกออกจากกัน ต่างจากการขึ้นรูปวิธีเทลงบนถาดด้านใน และวิธีการเทลงบนถาดด้านนอก ที่ไม่มีการอัดแน่นทำให้มีช่องว่างอากาศมากจึงทำให้การขึ้นรูปแผ่นกระเจี๊ยบแตกออกจากกัน อย่างเห็นได้ชัด (กฤษณ์, 2545 และพิมพ์เพ็ญ, ม.ป.ป. อ้างตาม

พรพิมล, 2550) เนื่องจากกระเจี๊ยบเขียวมีสารเมือก (mucilage) พวกกัม (gum) และเพ็กติน (pectin) ในปริมาณสูง (สำนักพิมพ์แสงแดด, 2548) ซึ่งสามารถเป็นโครงสร้างเชื่อมกระเจี๊ยบเขียวที่ถูกบดละเอียดให้คงรูปเป็นแผ่นบางได้โดยสารเมือกจะอยู่ใน Mucilage cavity มีลักษณะเป็นช่อ พบได้ทั่วไปแทบทุกส่วนของกระเจี๊ยบเขียวสด (Salunkhe and Kadam, 1998) ส่วนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบในด้านลักษณะที่ปรากฏเป็นแผ่นบาง สีเขียวอมน้ำตาลอ่อน มีเศษกระเจี๊ยบเขียวสีเขียวเข้ม และเมล็ดสีขาวของกระเจี๊ยบเขียวเป็นเศษเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วแผ่น โดยมีบริเวณพื้นที่สีเขียวเป็นตัวเชื่อมเศษกระเจี๊ยบเขียว และเมล็ดต่าง ๆ ของกระเจี๊ยบเขียวให้คงรูปเป็นแผ่น มีกลิ่นเหม็นเขียวเฉพาะของกระเจี๊ยบเขียวสด เนื้อสัมผัสที่กรอบร่วนและมีรสชาติหวานเล็กน้อย

จากผลการทดลองที่ได้จึงเลือกวิธีการขึ้นรูปด้วยการเทกระเจี๊ยบบดละเอียดลงในบล็อกอลูมิเนียม ไปทำการศึกษาอุณหภูมิในการอบกรอบต่อไป

4.3 ผลการศึกษาอุณหภูมิในการอบกระเจี๊ยบบดละเอียด

จากการศึกษาอุณหภูมิในการอบกระเจี๊ยบบดละเอียด ที่ 3 ระดับอุณหภูมิ คือ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส โดยขณะอบจะมีการสุ่มตัวอย่างกระเจี๊ยบอบแห้งมาวัดค่า a_w โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ฉบับที่ 515/2547 กำหนดให้ค่า a_w ไม่เกิน 0.6 ทำการบันทึกเวลาที่ใช้ในการอบทุกๆ 30 นาที ของแต่ละอุณหภูมิ และบันทึกลักษณะทางกายภาพ ซึ่งอุณหภูมิแต่ละระดับมีผลต่อ คุณลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น ของกระเจี๊ยบเขียวแผ่น ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าa_w สุ่มวัดทุกครึ่งชั่วโมง ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบโดยกระบวนการอบแห้งแบบอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 3 ระดับ

เวลา (ชั่วโมง)	ค่า a_w		
	อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส
1.5	0.971	0.966	0.876
2.0	0.911	0.815	0.632
2.5	0.842	0.766	0.435
3.0	0.764	0.538	0.346
3.5	0.637	0.485	0.287
4.0	0.587	0.392	-
4.5	0.494	0.275	-
5.0	0.383	-	-
5.5	0.296	-	-

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีการวัด

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส เมื่อค่า a_w เข้าใกล้ 0.6 กระเจี๊ยบเขียวแผ่นมีลักษณะปรากฏที่ยังเปียกแฉะ เมื่ออบไปเรื่อยๆ จนปริมาณความชื้นที่ผิวหน้าวัตถุดิบแห้งลง และความชื้นภายในเนื้อวัตถุดิบเริ่มลดลง อุณหภูมิของวัตถุดิบจะเริ่มเข้าใกล้อุณหภูมิของลมร้อนจากบริเวณพื้นผิว ในการอบความร้อนจะต้องเข้าไปถึงภายในเนื้อวัตถุดิบ ความร้อนส่วนหนึ่งยังต้องใช้ไปในการให้ความร้อนตัววัตถุดิบเองอีกด้วย อัตราเร็วในการอบจึงค่อยๆ ลดลงตามเวลาที่ผ่านไป (กระทรวงพลังงาน, 2547) เมื่อเวลาการอบเพิ่มมากขึ้นค่า a_w มีแนวโน้มลดลง และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่า a_w มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิและเวลาการอบแห้งที่สูงขึ้นจะมีโอกาสกำจัดปริมาณน้ำได้มาก และส่งผลต่อปริมาณความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์ ทำให้ค่า a_w ลดลง (วิชมณี และคณะ, 2557) กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบมีลักษณะปรากฏที่แห้งกรอบที่ช่วงค่า a_w เข้าใกล้ 0.2-0.3 โดยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอบที่ 5.5 ชั่วโมง มีค่า a_w 0.296 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอบที่ 4.5 ชั่วโมง มีค่า a_w 0.275 และที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอบที่ 3.5 ชั่วโมง มีค่า a_w 0.287 อุณหภูมิและเวลามีผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัส เมื่อเวลาผ่านไปนานจะทำให้กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบเกิดสีน้ำตาล

การเสื่อมเสียของอาหารส่วนใหญ่เกิดจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์เชื้อแบคทีเรีย ยีสต์และรา ขึ้นอยู่กับชนิดและส่วนประกอบที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารที่แตกต่างกัน และเนื่องจากค่า a_w เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร ดังนั้นวิธีการควบคุมค่า a_w จึงเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อจุลินทรีย์ และยืดอายุการเก็บรักษา โดยควบคุมให้อาหารมีระดับค่า a_w ต่ำกว่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนั้นๆจะเจริญเติบโตได้ สิ่งสำคัญการป้องกันการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์คือการป้องกันการเกิดจุลินทรีย์ก่อโรค (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 144/2535) โดยจุลินทรีย์ก่อโรคที่ปนเปื้อนในผักสดพบมากคือ *Salmonella* spp. และ *E. coli* (ปรีชา และคณะ, 2553)

จากนั้นได้นำกระเจี๊ยบเขียวแผ่นที่อบลมร้อนด้วยอุณหภูมิ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส ไปศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพต่อไป

4.4 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ

4.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

นำกระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยบล็อกอลูมิเนียมแล้วอบด้วยอุณหภูมิที่ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส มาทำการวัดค่าสี ค่าความสว่าง (L*), ค่าสีเขียว (a*) และ ค่าสีเหลือง (b*), ปริมาณความชื้น, ปริมาณน้ำอิสระ และ ค่าเนื้อสัมผัส แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติทางกายภาพของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ *(n=3)

คุณลักษณะทางกายภาพ	อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส
เวลาที่ใช้ในการอบ (ชั่วโมง)	5.5	4.5	3.5
ค่าสี			
- **L* (ความสว่าง)**	44.80^{b}±0.01	49.75^{a}±0.00	43.82^{c}±0.00
- **a* (สีเขียว)**	-1.97^{b}±0.02	-2.53^{c}±0.02	-1.40^{a}±0.03
- **b* (สีเหลือง)**	20.37^{b}±0.01	23.71^{a}±0.02	18.94^{c}±0.02
ปริมาณความชื้น	5.54^{a}±0.29	5.07^{b}±0.15	5.32^{ab}±0.13
Water activity	0.30^{a}±0.01	0.27^{b}±0.00	0.29^{a}±0.02
ค่าเนื้อสัมผัส			
- **ความแข็ง (N)** ^{ns}	4.24±0.32	5.01±0.51	4.29±0.58
- **ความกรอบ**	4.33^{b}±0.57	4.67^{ab}±0.57	5.00^{a}±1.00

หมายเหตุ : * n หมายถึง จำนวนซ้ำในการทดลองแล้วหาค่าเฉลี่ย

ตัวอักษร a, b และ c ที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.3 พบว่า สีที่ได้เป็นสีเขียวอมเหลืองคล้ำหรือสีเขียวอมน้ำตาล เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของคลอโรฟิลล์ที่เรียกว่าการเกิด pheophytinization ทำให้เกิดสีน้ำตาลของ pheophytin ซึ่งจะพบในกระบวนการที่ใช้ความร้อนในผักสีเขียว (กฤษณ์, 2545, อ้างตาม พรพิมล, 2550) และเกิดจากผักได้รับความร้อนเป็นเวลานาน (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, ม.ป.ป.) ด้านปริมาณความชื้นที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียสแตกต่างกัน แต่ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเวลาในการอบแห้งจะส่งผลให้ค่าปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระลดลง (อีลีหยี๊ะ และคณะ, 2556; ปาจรีย์ และคณะ, ม.ป.ป.) และด้านเนื้อสัมผัส ความแข็ง และความกรอบของผลิตภัณฑ์ โดยอ่านจากค่าแรงสูงสุดของเส้นกราฟโดยค่ามากแสดงว่ามีความแข็งและความกรอบมาก (วิชชุมา, 2557) แสดงว่า ค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีความกรอบมากที่สุด ทำให้ได้เนื้อสัมผัสที่ดีในการรับประทาน และผลิตภัณฑ์สามารถเก็บไว้ได้นาน

4.4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของกระเจี๊ยบเขียวที่นำมาผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบนั้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญได้แก่ อายุของกระเจี๊ยบเขียว แหล่งเพาะปลูก สายพันธุ์และสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ที่ทำการเพราะปลูกนั้นๆ (สุกัญญา, 2556) องค์ประกอบทางเคมีของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 องค์ประกอบทางเคมีของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบและกระเจี๊ยบเขียวสดต่อ 100 กรัมที่บริโภคได้

สมบัติทางเคมี	กระเจี๊ยบเขียวสด	กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ
ความชื้น (ร้อยละ)	90.8	4.24±0.05
โปรตีน (ร้อยละ)	0.4	0±0.00
ไขมัน (ร้อยละ)	0.2	0.46±0.01
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	4.2	10.72±0.26
เถ้า (ร้อยละ)	0.6	8.24±0.01
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	4.5	76.34±0.00

ที่มา: กระเจี๊ยบเขียวสด (กองโภชนาการ, 2530)

จากตารางที่ 4.4 พบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ยังสดมีปริมาณน้ำมาก เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน เป็นการลดความชื้นของอาหารด้วยการระเหยน้ำ (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, ม.ป.ป.) ปริมาณน้ำในกระเจี๊ยบเขียวลดลง กระเจี๊ยบเขียวมีความแห้งกรอบเมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีทำให้ปริมาณความชื้น, ปริมาณโปรตีนลดลง และมีปริมาณไขมัน, เส้นใยหยาบ, ปริมาณเถ้า, คาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ดังนั้นในกระเจี๊ยบเขียวสดจะมีประมาณความชื้นสูงสุด และในกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุด ให้พลังงานแก่ร่างกายสูง

4.4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางจุลินทรีย์

จากการศึกษาคุณสมบัติทางจุลินทรีย์ โดยการนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ 25 กรัม บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ชนิดหน้าใสหลังฟอยด์ปิดผนึก ดังภาพที่ 4.3 มาทำการตรวจสอบในวันที่ 0, 15, 22, 27, 28, 29 และ 30 วัน แสดงดังตารางที่ 4.5

ภาพที่ 4.3 กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบบรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ชนิดหน้าใสหลังฟอยด์ปิดผนึก

ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติทางจุลินทรีย์ของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ (CFU/g)		
	จุลินทรีย์ทั้งหมด	ยีสต์และรา	*Escherichia coli*
0	ไม่พบ	<10	ไม่พบ
15	ไม่พบ	<10	ไม่พบ
22	ไม่พบ	<10	ไม่พบ
27	$1.2x10^2$	<10	ไม่พบ
28	$5.0x10^3$	<10	ไม่พบ
29	TNTC	<10	ไม่พบ
30	TNTC	<10	ไม่พบ

หมายเหตุ : TNTC หมายถึง ไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้

จากตารางที่ 4.5 การศึกษาคุณสมบัติทางจุลินทรีย์ โดยตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli* ยีสต์และรา โดยตรวจสอบในวันที่ 0, 15, 22, 27, 28, 29 และ 30 วัน พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดในวันที่ 0 , 15 และ 22 ไม่พบจุลินทรีย์ ในวันที่ 27 พบจุลินทรีย์ $1.2x10^2$ CFU/g ในวันที่ 28 พบจุลินทรีย์ $5.0x10^3$ CFU/g ในวันที่ 29 และ 30 พบจุลินทรีย์ทั้งหมดจนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ แต่ไม่พบจุลินทรีย์ใน *Escherichia coli,* ยีสต์และรา จากการศึกษาคุณสมบัติทางจุลินทรีย์ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) *Escherichia coli* ยีสต์และรา เป็นไปตามมาตรฐานผลิตชุมชน ฉบับที่ 515/2547 และฉบับที่ 516 /2547 กำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน $1x10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม จำนวน *Escherichia coli* น้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม จำนวนยีสต์และรา ไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อราอยู่ระหว่าง 0.98-0.99 แต่ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำสุด ที่เชื้อราเจริญได้คือ 0.62 ดังนั้นในการถนอมอาหาร ด้วยการทำแห้งจึงลดปริมาณวอเตอร์แอคทิวิตี้ในอาหารให้ต่ำกว่าค่าดังกล่าว เพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อรา (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, ม.ป.ป.)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การศึกษากระเจี๊ยบบดละเอียดขึ้นรูป 3 วิธี คือ เทกระเจี๊ยบบดละเอียดลงบนถาดด้านใน เทกระเจี๊ยบบดละเอียดลงบนถาดด้านนอก และเทกระเจี๊ยบบดละเอียดลงในบล็อกอลูมิเนียม พบว่า การขึ้นรูปแบบเทกระเจี๊ยบบดละเอียดลงในบล็อกอลูมิเนียม ขนาด 8 x 8 เซนติเมตร แผ่นกระเจี๊ยบเขียวอบกรอบมีการหดตัวและรอยแตกน้อยที่สุด รูปทรงยังคงสภาพเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมสมบูรณ์

5.1.2 การศึกษาอุณหภูมิในการอบกระเจี๊ยบเขียวบดละเอียด โดยการอบแห้งด้วยลมร้อนแบบถาด (Tray Dryer) ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่า a_w 0.275 น้อยที่สุด ใช้เวลาในการอบ 4.5 ชั่วโมง และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบดีที่สุด

5.1.3 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ

5.1.3.1 จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สีที่ได้เป็นสีเขียวอมเหลืองคล้ำ ค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 49.75±0.00, ค่าสีเขียว (a*) เท่ากับ -2.53±0.02 และค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 23.71±0.02 ความชื้นเท่ากับร้อยละ 5.07±0.15 ปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.27±0.00 ความแข็งเท่ากับ 5.01±0.51 N ความกรอบเท่ากับ 4.67±0.57 ซึ่งมีความกรอบมาก ทำให้ได้เนื้อสัมผัสที่ดีในการรับประทาน และผลิตภัณฑ์สามารถเก็บไว้ได้นาน และมีคุณลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัสของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นดีที่สุด

5.1.3.2 จากการวิเคราะห์ทางเคมีปริมาณสารอาหารของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวอบกรอบ พบว่า มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 76.34±0.00 ปริมาณเส้นใยหยาบร้อยละ 10.72±0.26 ปริมาณเถ้าร้อยละ 8.24±0.01 ปริมาณความชื้นร้อยละ 4.24±0.05 และปริมาณไขมันร้อยละ 0.46±0.01

5.1.3.3 การศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli,* ยีสต์และรา โดยตรวจสอบในวันที่ 0, 15, 22, 27, 28, 29 และ 30 วัน เก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ชนิดหน้าใสหลังฟอยด์ พบว่า กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบสามารถเก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ชนิดหน้าใสหลังฟอยด์ ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 28 วัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการผลิตผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ ต้องการให้รับประทานแบบมีความกรอบ และเพื่อไม่ให้เกิดกลิ่นหืน หรือมีลักษณะความกรอบลดลง ควรบริโภคทันทีหลังจากเปิดรับประทาน

5.2.2 สามารถนำผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบไปปรุงรสชาติอื่นๆได้ตามความชอบ

เอกสารอ้างอิง

กฤษณ จันทโชติกุล, 2545, **การศึกษากรรมวิธีและแบบจำลองในการทำแหงกะเพรา**, วิทยานิพนธ ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ขอนแกน, ขอนแกน.

กัณฑ์ทริการ์ จักรสิงห์โต. 2552. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นปรุงรสอบกรอบ.** มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ. 2549. **หนังสือการถ่ายโอนมวลและหลักปฏิบัติการเฉพาะหน่วยพื้นฐาน**. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์. 2555. **ลักษณะการทำงานของเครื่องอบลมร้อน**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: home.kku.ac.th. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2558

ญาธิปกร ธีระภัทรพลชัย. 2556. **"ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างและการเก็บรักษาในซองแผ่นอลูมิเนียมต่อคุณสมบัติของเมือกกระเจี๊ยบเขียว."** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ณัฐา พัฒนากุล. 2554. การศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนข้อกำหนดยัสต์และเชื้อราในอาหาร. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข

นิดดา หงษ์วิวัฒน์. 2554. **กระเจี๊ยบเขียว กระเจี๊ยบมอญ สรรพคุณกระเจี๊ยบเขียว** ครัว. ปีที่ 18 ฉบับที่ 200 สิงหาคม 2554

นิรนาม. ม.ป.ป. **กระเจี๊ยบเขียว.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://frynn.com/กระเจี๊ยบเขียว. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2558

นภดล สุขสาคร, วราภรณ์ สุขสว่าง และ ปุญยวีร์ แพงวงษ์. 2556. **อาหารว่าง.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://snack57.wordpress.com/. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 ธันวาคม 2558

ปรีชา จึงสมานฎลม, นวรัตน์ รัตนดิลก ณ ภูเก็ต และกมลวรรณ กันแต่ง. 2553. "การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในผักสด." **กรมวิทยาศาสตรการแพทย์.** ฉบับที่ 52 (มกราคม-กุมภาพันธ์) : 30-39

ปาจรีย์ สมบัติ และกนิฐพร วังใน. ม.ป.ป. **ผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งต่อคุณภาพของเจอร์กี้เนื้อวัว.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตบางเขน

ปาริชาติ ช่อทองดี. 2553. **การอบแห้ง.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://nss-cooking.blogspot.com/2010/05/blog-post_6875.html, สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม2558

พรรษพล แจงเล็ก,พรจิตต์ อินทร์โต และ ชุติมา เย็นแดง. 2557. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์สายบัวแผ่นอบกรอบจากบัวพันธุ์บัวสายโดยกระบวนการอบแห้งแบบอบลมร้อน.** สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พรพิมล เทพบรรทม และ สิริมา ชินสาร. 2550. "ผลของการอบแห้งแบบขั้นตอนเดียวและสองขั้นตอนต่อคุณภาพของใบมะกรูดและตะไคร้." **วิทย์.** ปีที่ 38. ฉบับที่ 6 (พฤศจิกายน-ธันวาคม) : 135-138

พนิดดา สิงกมล. 2536. **ขนมขบเคี้ยว**. ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล

พลังงาน, กระทรวง, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2547. **การให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรด.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://ienergyguru.com/2015/08/infrared-heating/ สืบค้นเมื่อวันที่ 3 มิถุนายน 2559

พิมพร มนเทียรอาสน์ และคณะ. 2550. **สายพันธุ์กระเจี๊ยบเขียวยอดนิยม.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://puechkaset.com/กระเจี๊ยบเขียว. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2559

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. ม.ป.ป. **การทำแห้ง**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0277/dehydration-การทำแห้ง สืบค้นเมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม 2559

_____.. ม.ป.ป. **น้ำในอาหาร.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0551/water-activity-น้ำในอาหาร. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2559

_____. ม.ป.ป. **ฟีโอไฟติน.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1567/pheophytin-ฟีโอไฟติน. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 มิถุนายน 2559

_____. ม.ป.ป. **รา.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0831/mold-รา. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2559

วัฒนา ดำรงรัตน์กุล. 2548. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่น.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิชชุมา เตชะสิริวิชัย. 2557. **"การพัฒนาตรับข้าวตังธัญชาติเสริมแคลเซียมจากปลาไส้ตัน."** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพัฒนคหเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, สิริมา ชินสาร และนิสานารถ กระแสร์ชล. 2557. "ผลของสภาวะการอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้นต่อคุณภาพของขนุนอบกรอบ." **วิทย์.** ปีที่ 45. ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม) : 105-108

วิลาสินี ดีปัญญา. 2557. **ขนมขบเคี้ยว**. งานวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

สาธารณสุข, กระทรวง. 2553 **อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท.** ฉบับที่144/2553. กฎหมายกระทรวงสาธารณะสุข

สาธารณสุข, กระทรวง, กองโภชนาการ. 2530. **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย**. กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนการ, นนทบุรี

สุกัญญา คลังสินศิริกุล. 2556. **สวนศิลป์กินได้**. งานวิจัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2529. **เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักพิมพ์แสงแดด. 2548. **ผัก ๓๓๓ ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แสงแดด, กรุงเทพมหานคร.

อีลีหย๊ะ สนิโซ, มาดีฮะ ประดู่ และฟาดีฮะ ยะยี. 2556. "สภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งเห็ดนางฟ้า ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมรังสีอินฟราเรด." **มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.** ปีที่ 8. ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม) : 107-117

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2547. **สาหร่ายทะเลอบ.** ฉบับที่ มผช.515/2547. สานักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2547. **สาหร่ายน้ำจืดอบ.** ฉบับที่ มผช.516 /2547. สานักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

AOAC. 2000. Offcial methods of analysis (17th edition), Washington, D.C., Association of official analytical chemist

Salunkhe, D.K. and Kadam. 1998. **Handbook of Vegetable Science and Technology.** New York: Marcel Dekker.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

กระบวนการผลิต กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ

คัดแยกกระเจี๊ยบเขียว

ล้างน้ำสะอาด จำนวน 2 ครั้ง อุณหภูมิน้ำ 30 องศาเซลเซียส

นำกระเจี๊ยบเขียวมาวางเรียงบนผ้าขาวบางในลังถึง 45-55 ฝัก/ชั้น

ให้ความร้อนด้วยไอน้ำนาน 15 นาที

แช่น้ำเย็นอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที

ตัดขั้วออกประมาณ 1 นิ้ว

หั่นเป็นท่อน ประมาณ 1.5 – 2 เซนติเมตร

ปั่นให้ละเอียด ใช้เวลาในการปั่น 25 – 30 วินาที

ขึ้นรูปด้วยบล็อกอลูมิเนียม ขนาด 8 x 8 เซนติเมตร

อบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง 30 นาที

แผนภูมิที่ ก.1 แสดงกระบวนการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ
โดยการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณภาพกระเจี๊ยบเขียว

ค่าความหนืด Bostwick Consistometer ยี่ห้อ CSC Scientific รุ่น 1-800-458-2558

วิธีการวิเคราะห์

1. ปรับลูกน้ำให้อยู่ตรงกลาง
2. ดันฉากกั้นลง แล้วล็อคด้วยตัวล็อค
3. ใส่ตัวอย่างลงในช่องที่กั้นไว้
4. กดตัวล็อกลงแล้วให้ตัวอย่างไหลไป
5. อ่านค่าที่ได้

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง pH meter ยี่ห้อ Sartorius รุ่น PB – 10

วิธีการวิเคราะห์

1. เสียบปลั๊กเครื่องจากนั้นทำการ Calibrate ด้วย Buffer โดยใช้น้ำกลั่นในการทำความสะอาดหัววัด
2. นำหัววัดจุ่มลงในตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ อ่านค่าเมื่อสัญลักษณ์ S ปรากฏ
3. จากนั้นล้างหัววัดแล้วดึกปลั๊กออก

ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ Refractometer ยี่ห้อ Milwaukee รุ่น MR110ATC

วิธีการวิเคราะห์

1. หยดตัวอย่าง (น้ำเชื่อม) ลงบนปริซึม 1-2 หยด
2. ปิด แผ่นปิดใสๆ ลงช้าๆ
3. สังเกตตัวอย่างต้องกระจายเต็มพื้นที่อย่างสม่ำเสมอ
4. ส่องดูสเกลทางช่องสำหรับดู โดย หันหน้าเข้าหาแสงสว่าง
5. อ่านสเกลตรงบริเวณรอยต่อของแถบทึบและแถบสว่าง
6. เช็ดตัวอย่างออกจากปริซึมด้วยกระดาษทิชชูชุบน้ำหมาดๆ จนสะอาด

ภาคผนวก ค

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ

ค่าสี (Spectrophotometer) รุ่น CM-3500d

วิธีการวิเคราะห์

1. เปิดสวิตช์เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องวัดค่าสี
2. เข้าโปรแกรม Spectra Magic ที่หน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์
3. คลิกที่ปุ่ม Connect (ที่แถบข้างบน) เพื่อเป็นการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องวัดค่าสีจากนั้นลองสังเกตที่แถบข้างล่างขวาเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว
4. ทำการคาริเบตเครื่อง (Calibration) โดยคลิกที่ปุ่ม Calibration (ที่แถบข้างบน) ใส่แผ่นกระจกใสไว้ที่ช่องข้างบนภายใน Target Mask
5. เมื่อคาริเบตเสร็จแล้วให้คลิกที่ปุ่ม Measure Target ตั้งชื่อตัวอย่างใหม่พร้อมกับใส่ตัวอย่างชนิดแห้งหรือชนิดเหลวลงใน Target (ภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง)
6. จากนั้นปิดด้วยกระบอกสีดำข้างบน (กรณีที่วัดการสะท้อนของวัตถุด้านบน), ปิดด้วยตลับสีขาวด้านบน (กรณีวัดการส่งผ่านของวัตถุด้านบน)
7. จากนั้นเข้าที่ปุ่ม Measure Targe ตั้งชื่อซ้ำของตัวอย่างเดิม (กรณีเป็นซ้ำของตัวอย่าง) จากนั้นทาตามข้อ 6 บันทึกผลการทดลองจากตารางในคอมพิวเตอร์ค่า L* a* b*

การแสดงค่าสี ประกอบด้วย

1. ค่า L* หมายถึงค่าความสว่างมีค่าจาก 0 คือสีดำถึง 100 คือสีเขียว
2. ค่า a* หมายถึงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียวโดยค่าบวกแสดงถึงความเป็นสีแดงและค่าลบแสดงถึงความเป็นสีเขียว
3. ค่า b* หมายถึงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงินโดยค่าบวกแสดงถึงความเป็นสีเหลืองและค่าลบแสดงเป็นสีน้ำเงิน

ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) ยี่ห้อ AQUA LA รุ่น Series 3 TE

วิธีการวิเคราะห์

1. เปิดสวิตช์เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ ทิ้งไว้ 30 นาทีก่อนใช้เครื่อง
2. คาริเบตเครื่องด้วยน้ำเปล่า จนเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระอ่านค่าเป็น 1 a_w
3. นำตัวอย่างที่ต้องการวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ บดให้ละเอียด
4. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ลงไปในภาชนะที่ใช้ใส่ตัวอย่างในการวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ แล้วนำไปเข้าเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ
5. รอเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ อ่านค่าจะมีเรื่องดัง และมีไฟสีเขียวกระพริบ
6. ทำการจดบันทึกค่าทำอีก 3 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

ค่าความชื้นแบบอินฟราเรด (Infrared Moisture Analyzer) ยี่ห้อ SARTORIUS รุ่น MA 150 C-000230V1

วิธีการวิเคราะห์

1. เสียบปลั๊กเครื่องอินฟราเรด
2. เตรียมตัวอย่างให้เป็นผง
3. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ภาชนะใส่ตัวอย่างแล้วนำไปใส่เครื่องอินฟาเรดเพื่อวัดค่าความชื่น
4. รอเครื่องเสียงดังแล้วทำการอ่านค่าความชื่น
5. ทำการวัดค่า 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย

ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TAXA2i

เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TAXA2i ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Typical Texture Expert™ โดยใช้วิธีการวัดแบบ Measure Fore in Compression

การเตรียมตัวอย่างกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ

เตรียมตัวอย่างกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ขนาดความหนา 0.05 เซนติเมตร ต่อหัว P0.25S w"SPHERICAL STAINLESS เข้ากับเครื่องวัด กำหนดสภาวะในการทำงานของเครื่อง ดังแสดงในตารางผนวก ค.1

ตารางผนวก ค.1 สภาวะในการทำงานของเครื่อง

Caption	Value	Units
Pre-Test Speed	1.0	mm./sec.
.Test Speed	1.0	mm./sec.
Post-Test Speed	10.0	mm./sec.
Distance	25	%
Time	3.00	sec
Trigger type	Auto -5	g
Data	500	pps

การวิเคราะห์

ทำการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างแสดงผลเป็นค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความกรอบ (Crispyness)

ภาคผนวก ง
วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น
(Determination of moisture content)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธี (AOAC, 2005)

1. นำmoisture can อบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาใส่ในโถดูดความชื้น 30 นาที
2. ชั่งน้ำหนัก moisture can ให้ได้น้ำหนักคงที่
3. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ moisture can
4. นำmoisture can เข้าตู้อบลมร้อน (Hot air oven) 2 ชั่วโมง จดน้ำหนักที่ได้แล้วนำตัวอย่างเข้าอบจนตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ หรือห่างกัน ≤ 0.05 กรัมนำค่าที่ได้ไปคำนวณ

<u>สูตร</u>

$$\text{ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{W}{W_S} \times 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักความชื้น (กรัม) = $W_S - (W_T - W_B)$

W_S = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

W_T = น้ำหนักถ้วยที่มีตัวอย่างหลังอบแห้ง (กรัม)

W_B = น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมเปล่า (กรัม)

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน
(Determination of crude fat)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันตามวิธี Acid Hydrolysis method (AOAC, 2005)

1. นำตัวอย่างที่ผ่านการอบไล่ความชื้นและทราบน้ำหนักที่แน่นอนชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร
2. เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 2 มิลลิลิตรและกรดไฮโดรคลอริก (25 + 11) 10 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน ปิดขวดรูปชมพู่ด้วยกระจกนาฬิกา
3. นำไปให้ความร้อนบนอ่างควบคุมอุณหภูมิ 70 – 80 องศาเซลเซียสประมาณ 30 – 40 นาที คนสารเป็นระยะทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
4. ถ่ายสารละลายใสในกรวยแยกขนาด 100 มิลลิลิตร
5. ล้างขวดรูปชมพู่ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 10 มิลลิลิตรแล้วเทผสมในกรวยแยก
6. ล้างอีกรอบด้วยเอทิลอีเทอร์ 25 มิลลิลิตรแล้วเทผสมในกรวยแยก
7. ปิดจุกกรวยแยกแล้วเขย่า 1 นาทีและลดความดันในกรวยแยก
8. ล้างขวดรูปชมพู่ด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ 25 มิลลิลิตรปิดจุกและเขย่าอีก 1 นาทีและลดความดัน
9. ตั้งสารละลายให้แยกชั้น
10. ไขสารละลายชั้นล่างลงขวดรูปชมพู่และเทสารชั้นบนผ่านสำลีปราศจากไขมันลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
11. ทำการสกัดซ้ำอีก 2 ครั้งโดยใช้อีเทอร์และปิโตรเลียมอย่างละ 15 มิลลิลิตรในการสกัดแต่ละครั้งตามลำดับ
12. เมื่อทำการสกัดครบ 3 ครั้งแล้วนำบีกเกอร์ที่ได้ไประเหยบนอ่างน้ำเดือด
13. นำบีกเกอร์ที่ได้ไปอบในตู้อบความร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง
14. ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาทีและชั่งน้ำหนักอบซ้ำและชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่หรือผลต่างของน้ำหนักต่างกัน ≤ 0.05 กรัม
15. เมื่อได้น้ำหนักคงที่แล้วนำบีกเกอร์มาล้างไขมันออกด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์
16. แล้วนำไปอบในตู้อบความร้อนแห้งนาน 1 ชั่วโมง
17. ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาทีและชั่งน้ำหนัก

<u>สูตร</u>

ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์)

$$\text{ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{[W_I - W_B - B]}{W_S} \times 100$$

เมื่อ W_B = น้ำหนักบีกเกอร์เปล่าหลังอบ (กรัม)

W_T = น้ำหนักบีกเกอร์และไขมันที่ได้หลังอบ (กรัม)

B = ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตะกอนของแบลงค์ (กรัม)

W_S = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

วิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร
(total dietary fiber)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบตามวิธี Enzymatic-Gravimetric Method (AOAC, 2005)

1. ชั่งตัวอย่าง 0.5 – 1 กรัม (ความละเอียด 0.0001 กรัม) ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ทำ 4 ซ้ำและทาแบลงค์ 2 ใบน้ำหนักของตัวอย่างไม่ควรแตกต่างกันมากกว่า 20 มิลลิลิตรเติมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 6.0 จำนวน 50 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์แต่ละใบ (ตรวจสอบพีเอช 6.0 ± 0.2 ถ้าจำเป็น)

2. -amylase (heat-stable) ปริมาตร 50 ไมโครลิตรวาง magnetic sterring bar ลงในบีกเกอร์ปิดบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ และวางลงไปในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ95 – 100 องศาเซลเซียส (โดยวางบีกเกอร์ให้ตรงกับตำแหน่งของ magnetic stirrer) นาน 30 นาทีโดยกวนอย่างช้าๆ

3. ยกบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.275 นอร์มอล 10 มิลลิลิตรตรวจสอบพีเอชเท่ากับ 7.5 ± 0.2 เติมเอนไซม์ Protease ปริมาตร 50 ไมโครลิตรปิดบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ ให้ความร้อนในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที โดยกวนอย่างต่อเนื่อง

4. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.325 โมลาร์ 10 มิลลิลิตร ตรวจสอบพีเอชให้เท่ากับ 4.0 – 4.6 เติม amyloglucosidase 150 ไมโครลิตรปิดบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และให้ความร้อนในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนาน 30 นาทีกวนอย่างต่อเนื่อง

5. ยกบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำตกตะกอน dietary fiber ด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 250 มิลลิลิตรที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (วัดปริมาตรก่อนให้ความร้อน) ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที

6. กรองตะกอนด้วย fritted crucible ที่มี celite (ที่ทราบน้ำหนัก fritted crucible ที่แน่นอน) ทำ celite ให้เปียกด้วยเอทานอล 78 เปอร์เซ็นต์ก่อนกรอง

7. หลังจากกรองตะกอนแล้วให้ล้างตะกอนด้วยเอทานอล 78 เปอร์เซ็นต์ล้าง 3 ครั้งๆละ 20 มิลลิลิตรเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ล้าง 2 ครั้งๆละ 10 มิลลิลิตรและอะซิโตน 2 ครั้งๆละ 10 มิลลิลิตร

8. นำ fritted crucible มาอบข้ามคืนในตู้อบความร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสทำให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนัก (ความละเอียด 0.0001 กรัม)

9. นำตะกอนที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนและปริมาณเถ้า (วิเคราะห์แบลงค์และตัวอย่างอย่างละ 2 ซ้ำ)

10. วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยนำตะกอนที่ได้ถ่ายลงในหลอดกลั่น (distillation vessel) เติมตัวเร่งปฏิกิริยา (โพแทสเซียมซัลเฟต-ซีลีเนียม) จำนวน 2 เม็ดและเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 15 มิลลิลิตร

11. นำไปย่อยด้วยเครื่องย่อยสารจนกระทั่งได้สารละลายใสตั้งทิ้งไว้ให้เย็นหยดเมทิลเรดอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด

12. นำหลอดกลั่นใส่ในเครื่องกลั่นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตรเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์จนมีความเป็นด่างจนเกินพอ (สารละลายเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเหลือง)

13. ในขวดรูปชมพู่ที่รองรับสารที่กลั่นได้ใส่สารบอริกเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 25 มิลลิลิตร และหยดอินดิเคเตอร์ผสม (เมทิลเรดและเมทิลีนบลู) 4 หยดทำการกลั่นและเก็บสารละลายที่กลั่นได้ให้ได้ปริมาตรประมาณ 200 มิลลิลิตร

14. ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอลจนถึงจุดยุติ (สารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเทา)

15. วิเคราะห์หาปริมาณเถ้าโดยเผา fritted crucible ที่ 525 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมงทิ้งไว้ในเตาเผาจนกว่าอุณหภูมิลดลง ≤ 250 องศาเซลเซียสทาให้เย็นในโถดูดความชื้นอย่างน้อย 45 นาทีและชั่งน้ำหนัก

<u>สูตร</u>

ปริมาณใยอาหาร (drain weight)

$$TDF_{dw}\ (\text{เปอร์เซ็นต์}) = \frac{[W_B - A_S - P_S - B]}{W_S} \times 100$$

เมื่อ W_R = น้ำหนักตะกอนของตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

A_S = ปริมาณเถ้าของตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

P_S = ปริมาณโปรตีนของตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

W_S = น้ำหนักของตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

ปริมาณใยอาหาร (wet weight)

$$TDF_{WW}\ (\text{เปอร์เซ็นต์}) = \frac{TDF_{dw} \times TS}{100}$$

เมื่อ TS = ปริมาณของแข็งได้จาก 100 – ความชื้น (เปอร์เซ็นต์) – ไขมัน (เปอร์เซ็นต์) – น้าตาล (เปอร์เซ็นต์)

TS = ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน
(Determination protein)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธี Kjeldahl method (AOAC, 2005)

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 0.5 – 2 กรัมถ้าตัวอย่างเป็นของแข็งให้ชั่งใส่ลงในกระดาษกรองปราศจากไนโตรเจนห่อและนาตัวอย่างใส่ลงในหลอดกลั่น
2. เติมตัวเร่งปฏิกิริยา (โพแทสเซียม-ซีลีเนียม) จำนวน 2 เม็ดและเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 15 มิลลิลิตร
3. สวม suction tube เข้ากับหลอดกลั่นและยึดหลอดกลั่นกับ suction tube ให้แน่นด้วยยางยืด
4. วางหลอดกลั่นลงในเครื่องย่อยสารที่ปรับปุ่ม power control ไว้แล้วที่หมายเลข 5 ซึ่งความร้อนที่ตั้งไว้จะไม่ทาให้ตัวอย่างเดือดแรงขึ้นไปจนถึงคอของหลอด
5. ย่อยตัวอย่างไปอย่างน้อย 20 นาทีหรือจนกระทั่งควันสีขาวเกิดขึ้นในหลอดแล้วปรับปุ่ม power control ไปที่หมายเลข 10 ย่อยตัวอย่างจนกระทั่งได้สารละลายใสและย่อยต่อไปอีกประมาณ 15 นาที
6. เมื่อย่อยตัวอย่างเสร็จตั้งทิ้งไว้ให้เย็นและจนไอแก๊สหายไป
7. กลั่นโดยเครื่องกลั่น Buchi 323 หรือ Buchi 324 เติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตรและเติมเมทิลเรดอินดิเคเตอร์ 1 หยด
8. ใส่กรดบอริกเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 25 มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายอินดิเคเตอร์ผสม 4 หยดเขย่าให้เข้ากันและวางขวดไว้บนตำแหน่งรับสารละลายที่กลั่นได้ของเครื่องกลั่น
9. นำหลอดกลั่นใส่ในเครื่องกลั่นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ จนมีความเป็นด่างเกินพอ (สารละลายเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเหลือง)
10. ทำการกลั่นและเก็บของเหลวที่กลั่นได้ในขวดรูปชมพู่ที่มีกรดบอริกอยู่ให้ได้ปริมาตรรวม 200 มิลลิลิตร
11. ไทเทรตของเหลวที่กลั่นได้ด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอลที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนจนถึงจุดยุติ
12. ทำแบลงค์โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างและทำการทดสอบเหมือนตัวอย่าง

<u>สูตร</u>

ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง

$$\text{A (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(V_A - V_B) \times 1.4007 \times N}{W}$$

เมื่อ A = ปริมาณของไนโตรเจนที่ได้จากการทดสอบ (เปอร์เซ็นต์)

V_AและV_B = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (นอร์มอล)

1.4007 = มิลลิกรัมสมมูล (Milliequivalent weight) ของไนโตรเจน × 100

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง

Protein (เปอร์เซ็นต์) = A × F

เมื่อ A = ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง (เปอร์เซ็นต์)

F = factor ที่ใช้คำนวณโปรตีน

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า
(Determination of ash)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าตามวิธี Direct method (AOAC, 2005)

1. เผาถ้วยครูซิเบิลพร้อมฝาชั่งจนได้น้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างใส่ในถ้วยครูซิเบิลที่ทราบน้ำหนักแน่นอน
3. วางถ้วยครูซิเบิลบนเตาไฟฟ้าจนน้ำระเหยออกหมด
4. วางบนเตาหลุมจนหมดควัน
5. ปิดฝาถ้วยครูซิเบิลนำใส่ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมง
6. ถ้าเถ้าไม่ขาวให้หยดน้ำกลั่น 2 - 3 หยดวางถ้วยครูซิเบิลบนเตาไฟฟ้าจนน้ำแห้ง
7. วางถ้วยครูซิเบิลบนเตาหลุมเผาจนแห้ง
8. นำถ้วยครูซิเบิลออกจากเตาเผาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นอย่างน้อย 45 นาทีชั่งน้ำหนัก
9. ปิดฝาถ้วยครูซิเบิลนำใส่ในเตาเผาอีกครั้งและชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่หรือน้ำหนักสองครั้งสุดท้ายต่างกัน ≤ 0.0010 กรัมให้ใช้ค่าน้ำหนักที่ต่ำสุดจากการอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่มาคำนวณ

<u>สูตร</u>

$$\text{เถ้า (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{W}{W_S} \times 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักเถ้า (กรัม) = WT – WB

W_T = น้ำหนักถ้วยครูซิเบิลที่มีเถ้าหลังเผา (กรัม)

W_B = น้ำหนักถ้วยครูซิเบิล (กรัม)

W_S = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต
(Determination of Carbohydrates)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

คำนวณโดยใช้ความแตกต่างของน้ำหนักตัวอย่างแห้งละปริมาณขององค์ประกอบอื่นๆ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (เปอร์เซ็นต์) = 100 - (เปอร์เซ็นต์ของโปรตีน + เปอร์เซ็นต์ของเถ้า+ เปอร์เซ็นต์ของความชื้น + เปอร์เซ็นต์เส้นใย)

ภาพผนวก จ
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 515/2547
สาหร่ายทะเลอบ

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมสาหร่ายทะเลที่อบแห้งแล้ว อาจปรุงรสหรือไม่ก็ได้ บรรจุในภาชนะบรรจุ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 สาหร่ายทะเลอบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำสาหร่ายทะเลสดหรือสาหร่ายทะเลตากแห้งชนิดที่บริโภคได้ เช่น สาหร่ายสีแดง สาหร่ายสีน้ำตาล มาตากหรืออบให้แห้ง อาจทาหรือคั่วหรือทอดน้ำมัน และอาจปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ น้ำตาล ซีอิ๊ว กระเทียม พริก ข่า หอมหัวใหญ่ หอมแดง และอาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น งา สมุนไพร

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องเป็นสาหร่ายทะเลชนิดเดียวกัน มีขนาดใกล้เคียงกัน อาจแตกหักได้บ้างเล็กน้อย

3.2 สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้

3.3 กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

3.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส

ต้องไม่เหนียวหรือแข็งกระด้าง

เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 8.1 แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคน ไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.5 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

3.6 วอเตอร์แอกทิวิตี (water activity)

ต้องไม่เกิน 0.60

หมายเหตุ วอเตอร์แอกทิวิตี (water activity) เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนอายุการเก็บอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหารโดยทำหน้าที่ควบคุมการอยู่รอด การเจริญ และการสร้างสารพิษของจุลินทรีย์

3.7 ค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value) (เฉพาะที่มีการทาหรือคั่วหรือทอดน้ำมัน)

ต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัม

3.8 สารปนเปื้อน

3.8.1 ตะกั่วต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม

3.8.2 สารหนู (คำนวณเป็น As_2O_3) ต้องไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม

3.8.3 ปรอทต้องไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม

3.8.4 แคดเมียมต้องไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม

3.9 วัตถุเจือปนอาหาร

3.9.1 หากมีการใช้วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรสให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

3.9.2 สารกันหืน (เฉพาะที่มีการทาหรือคั่วหรือทอดน้ำมัน)

บิวทิเลเตดไฮดรอกซีอะนิโซล (butylated hydroxyanisole) และบิวทิเลเตดไฮดรอกซีโทลูอีน (butylated Hydroxytoluene) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันต้องไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.10 จุลินทรีย์

3.10.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.10.2 เอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia coli*) โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.10.3 ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4. สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษณะในการทำสาหร่ายทะเลอบ ให้เป็นไปตามคำแนะนำตาม GMP

5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุสาหร่ายทะเลอบในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

5.2 น้ำหนักสุทธิของสาหร่ายทะเลอบในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุสาหร่ายทะเลอบทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมาย แจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น สาหร่ายทะเลอบ สาหร่ายทะเลแผ่นอบเกลือ สาหร่ายทะเลปรุงรส

(2) ส่วนประกอบที่สำคัญ

(3) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

(4) น้ำหนักสุทธิ

(5) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า "ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)

(6) ข้อแนะนำในการบริโภคและการเก็บรักษา เช่น รับประทานเป็นของว่าง ควรเก็บไว้ในที่แห้ง

(7) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง สาหร่ายทะเลอบที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอมการบรรจุและเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.5 ข้อ 5. และ ข้อ 6. จึงจะถือว่าสาหร่ายทะเลอบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สีกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 7.2.1 แล้ว จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ถึงข้อ 3.4 จึงจะถือว่าสาหร่ายทะเลอบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity) ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value) สารปนเปื้อน และวัตถุเจือปนอาหารให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.6 ถึงข้อ 3.9 จึงจะถือว่าสาหร่ายทะเลอบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.4 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธี สุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.10 จึงจะถือ ว่าสาหร่ายทะเลอบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างสาหร่ายทะเลอบต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 ข้อ 7.2.3 และข้อ 7.2.4 ทุกข้อ จึงจะถือว่าสาหร่ายทะเลอบรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

8. การทดสอบ

8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป สีกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัส

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบสาหร่ายทะเลอบอย่างน้อย 5คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 วางตัวอย่างสาหร่ายทะเลอบลงบนจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม กรณีสาหร่ายทะเลอบที่ยังไม่พร้อมบริโภคให้นำไปอบที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมก่อนแล้วชิม

8.1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์การให้คะแนน

(ข้อ 8.1.3)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการจัดสินใจ (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องเป็นสาหร่ายทะเลชนิดเดียวกัน มีขนาดใกล้เคียงกัน อาจแตกหักได้บ้างเล็กน้อย	๔	๓	๒	๑
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของสารประกอบที่ใช้	๔	๓	๒	๑
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์	๔	๓	๒	๑
ลักษณะเนื้อสัมผัส	ต้องไม่เหนียวหรือไม่แข็งกระด้าง	๔	๓	๒	๑

8.2 การทดสอบสิ่งแปลกปลอมภาชนะบรรจุและเครื่องหมายและฉลาก

ให้ตรวจพินิจ

8.3 การทดสอบสารปนเปื้อนและวัตถุเจือปนอาหาร

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.4 การทดสอบวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity)

ให้ใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตีที่ควบคุมอุณหภูมิที่ (25 ± 2) องศาเซลเซียส

8.5 การทดสอบค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value)

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม IUPAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.6 การทดสอบจุลินทรีย์

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.4 การทดสอบน้ำหนักสุทธิ

ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

ภาพผนวก ฉ
ภาพบรรจุภัณฑ์

ภาพที่ ฉ.1 บรรจุภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวอบกรอบ

ภาพที่ ฉ.2 ฉลากบรรจุภัณฑ์ด้านหน้า และด้านหลัง

ภาพผนวก ช
แผ่นพับ

สรุปผลการทดลอง

ผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบที่ผ่านวิธีการขึ้นรูปด้วยการเทกระเจี๊ยบบดละเอียดลงในบล็อกอลูมิเนียม มีรอยแตกของแผ่นน้อยที่สุด รูปทรงยังคงสภาพเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมที่สมบูรณ์ หลังจากได้วิธีการขึ้นรูปแล้วนำไปศึกษาอุณหภูมิ ในการอบกระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 3 ระดับคือ 70, 80และ 90 องศาเซลเซียส พบว่า ระดับการใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบกระเจี๊ยบเขียว 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง 30 นาที มีความเหมาะสมในการอบและผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบจากกระเจี๊ยบเขียวสายพันธุ์สายพันธุ์Hit 9701 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ พบว่า ค่าสีเท่ากับ ค่าความสว่าง (L*) 49.75 ค่าสีเขียว (a*) -2.53 ค่าสีเหลือง (b*) 23.71 ประมาณความชื้นเท่ากับ 5.07 ปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.27 ค่าความแข็งเท่ากับ 5.01 และค่าความกรอบเท่ากับ 4.67 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า พบว่า มีปริมาณความชื้นร้อยละ 4.24 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 0 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.46 ปริมาณเส้นใยหยาบร้อยละ 10.72 ปริมาณเถ้าร้อยละ 8.24 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 76.34 ผลการศึกษาคุณภาพทางจุลสินทรีย์ ผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบจึงสามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 28 วัน

คุณค่าทางโภชนาการ

องค์ประกอบทางเคมีของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบและกระเจี๊ยบเขียวสดต่อ 100 กรัมที่บริโภคได้

สมบัติทางเคมี	กระเจี๊ยบเขียวสด	กระเจี๊ยบเขียวแผ่น
ความชื้น	90.8	4.24
โปรตีน (ร้อยละ)	0.4	0
ไขมัน (ร้อยละ)	0.2	0.46
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	4.2	10.72
เถ้า (ร้อยละ)	0.6	8.24
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	4.5	76.34

ติดต่อสอบถามหรือขอข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
168 ถ.ศรีอยุธยา แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กทม. 10300
โทร. 02-665-3777
นิภาพร 096-546-8856

กระบวนการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ โดยการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

Production of Crispy Okra Sheet by Hot Air Oven Dryer

จัดทำโดย

นางสาว นิภาพร จรทะผา
นางสาว อารดา โสภณอัมพรนารา

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ชมภูนุช เผื่อนพิภพ

โครงการนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก
โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่
ประจำปีการศึกษา 2558
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทนำ

กระเจี๊ยบเขียวเป็นผักส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งต่างประเทศนิยมบริโภคแพร่หลายตลาดสำคัญคือ ประเทศญี่ปุ่น สำหรับคนไทยบริโภคกระเจี๊ยบเขียวมานานแล้ว เพราะเป็นผักพื้นบ้านของเราซึ่งปลูกง่าย ปลูกได้ตลอดปีและมีราคาไม่สูง

กระเจี๊ยบเขียวมีประโยชน์มากมายแต่ยังเป็นปัญหาสำหรับคนที่รับประทานผักยากและไม่รับประทานผัก ทั้งนี้จึงคิดที่จะนำกระเจี๊ยบเขียวมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ ที่ผู้บริโภคทุกเพศทุกวัยสามารถบริโภคได้อาจมีความใกล้เคียงกับสาหร่าย โดยมีการนำเอากระเจี๊ยบเขียวมาประยุกต์โดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ โดยได้แนวคิดมาจากงานวิจัยในการใช้กระเจี๊ยบเขียวอบกรอบ ทั้งนี้ทางผู้วิจัยได้มีการศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบจากกระเจี๊ยบเขียวโดยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ศึกษาสภาวะอบกรอบและศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.เพื่อศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบโดยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

2.เพื่อศึกษาสภาวะอบกรอบโดยเครื่องอบลมร้อน

3.เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ

ขั้นตอนการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ

คัดแยกกระเจี๊ยบเขียว
ล้างน้ำสะอาด จำนวน 2 ครั้ง อุณหภูมิน้ำ 30 องศาเซลเซียส
นำกระเจี๊ยบเขียวมาวางเรียงบนผ้าขาวบางในลังถึง
45-55 ฝัก/ชั้น

↓

ให้ความร้อนด้วยไอน้ำนาน 15 นาทีจากนั้น
แช่น้ำเย็นอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 นาทีแล้วนำมา
ตัดขั้วออกประมาณ 1 นิ้ว

↓

หั่นเป็นท่อน ประมาณ 1.5 – 2 เซนติเมตรจากนั้น
นำปั่นให้ละเอียด ใช้เวลาในการปั่น 25 – 30 วินาที

↓

ขึ้นรูปด้วยบล็อกอลูมิเนียม ขนาด 8 x 8 เซนติเมตร
แล้วอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด
ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง 30 นาที

↓

บรรจุลงในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ชนิดหน้าไสหลังฟอยด์ จากนั้นปิดผนึก
สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้นาน 28 วัน

สาระน่ารู้

กระเจี๊ยบเขียวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench จัดอยู่ในวงศ์ชบา *MALVACEAE* ต้นกระเจี๊ยบเขียว มีถิ่นกำเนิดในแถบแอฟริกาตะวันตก ในประเทศซูดาน และสันนิฐานว่าน่าจะมีการนำเข้ามาในประเทศไทยหลังปี พ.ศ.2416 โดยจัดเป็นพืชล้มลุกที่มีอายุประมาณ 1 ปี มีความสูงประมาณ 0.5-2.4 เมตร ลำต้นและกิ่งก้านมีสีเขียว แต่บางครั้งก็มีจุดประม่วง ตามลำต้นจะมีขนอ่อนหยาบ ๆ ขึ้นปกคลุม เช่นเดียวกับใบและผล เจริญเติบโตได้ดีในอากาศกึ่งร้อนหรือที่อุณหภูมิระหว่าง 18-35 องศาเซลเซียส ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการใช้เมล็ด ผลกระเจี๊ยบเขียว หรือ ฝักกระเจี๊ยบเขียว ผลมีลักษณะเป็นฝัก โดยฝักคล้ายกับนิ้วมือผู้หญิง ฝักมีสีเขียวทรงเรียวยาว มักโค้งเล็กน้อย ปลายฝักแหลมเป็นจีบ ผิวฝักมีเหลี่ยมเป็นสัน โดยฝักมีสันเป็นเหลี่ยมตามยาวอยู่ 5 เหลี่ยม ตามฝักจะมีขนอ่อน ๆ อยู่ทั่วฝัก ฝักอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ในฝักมีน้ำเมือกข้นเหนียวอยู่มาก และมีเมล็ดลักษณะกลมอยู่มาก ขนาดประมาณ 3-6 มิลลิเมตร ฝักอ่อนมีรสหวานกรอบอร่อย ส่วนฝักแก่จะมีเนื้อเหนียวไม่เป็นที่นิยมในการรับประทาน (นิรนาม, 2556)กระเจี๊ยบเขียวสายพันธุ์ Hit 9701 เป็นสายพันธุ์ที่นิยมปลูกมากในภาคกลางของ

ภาพผนวก ซ
ประวัติผู้ศึกษา

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ – นามสกุล **นางสาว นิภาพร จรทะผา**

วัน/เดือน/ปีเกิด **25 พฤศจิกายน พ.ศ 2536**

ที่อยู่ปัจจุบัน 99/1 ซอย สิทธิชัย 6 ถนน กรุงเทพฯ-นนทบุรี
เขต บางซื่อ แขวง บางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

วุฒิการศึกษา	**สถาบัน**	**ปีการศึกษา**
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสุวรรณสุทธารามวิทยา	2551
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนโยธินบูรณะ2 (สุวรรณสุทธาราม)	2554
วิทยาศาสตร์บัณฑิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2558

การทำงาน

ฝึกสหกิจศึกษา บริษัท ฮอกไกโด โมริโมโตะ จำกัด ตำแหน่ง QC และ QA

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ – นามสกุล **นางสาว อารดา โสภณอัมพรนารา**

วัน/เดือน/ปีเกิด **29 พฤศจิกายน พ.ศ 2536**

อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 14/3484 หมู่บ้าน บัวทองธานี ซอย 20 ตำบล บางบัวทอง อำเภอ บางบัวทอง จังหวัด นนทบุรี . 11110

วุฒิการศึกษา	**สถาบัน**	**ปีการศึกษา**
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบางบัวทอง	2551
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนบางบัวทอง	2554
วิทยาศาสตร์บัณฑิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2558

การทำงาน

ฝึกสหกิจศึกษา บริษัท ฮอกไกโด โมริโมโตะ จำกัด ตำแหน่ง QC และ QA