รายงานวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากจำปาดะ : จำปาดะอบกรอบ
Product Development from Artocarpus integer : Dehydrated Crispy Artocarpus integer

โครงการวิจัยภายใต้ชุดโครงการ : การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการใช้สื่อออนไลน์
สำหรับการส่งเสริมการจำหน่ายให้กับกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์การเกษตร

กมลทิพย์ กรรไพเราะ
วิภาดา มุนินทร์นพมาศ
ภัทรวดี เอียดเต็ม

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปี 2562
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

รายงานวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากจำปาดะ : จำปาดะอบกรอบ
Product Development from Artocarpus integer :
Dehydrated Crispy Artocarpus integer

โครงการวิจัยภายใต้ชุดโครงการ : การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการใช้สื่อออนไลน์
สำหรับการส่งเสริมการจำหน่ายให้กับกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์การเกษตร

กมลทิพย์ กรรไพเราะ
วิภาดา มุนินทร์นพมาศ
ภัทรวดี เอียดเต็ม

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปี 2562
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หัวข้อวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากจำปาดะ : จำปาดะอบกรอบ
ชื่อผู้วิจัย กมลทิพย์ กรรไพเราะ, วิภาดา มุนินทร์นพมาศและภัทรวดี เอียดเต็ม
คณะ/หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัย ราชภัฏยะลา
ปีงบประมาณ 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ จากการศึกษาพบว่า การใช้ซิตริกร้อยละ 1 สารละลายแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 2 และการออสโมซิสแบบช้า ให้ผลดีในด้านเนื้อสัมผัสของจำปาดะสด ส่วนวิธีการอบแห้งจำปาดะ 2 วิธีคือ การอบแห้งแบบใช้เตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 20 นาที และการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ให้ผลด้านกายภาพ เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยสภาวะที่เหมาะสมคือ การอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ เคมี ปริมาณสารอาหาร และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์พบว่า จำปาดะอบกรอบที่ผลิตได้มีค่าสี (L* a* b*) เท่ากับ 47.18, 10.81, 39.87 มีค่าความแข็ง 12.63 นิวตัน ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (aw) เท่ากับ 0.83 ปริมาณความชื้น ใยอาหารและ น้ำตาลทั้งหมด เท่ากับร้อยละ 13.37, 18.96 และ 23.01 ตามลำดับ โดยให้พลังงาน 0.98 กิโลแคลอรี่ต่อชิ้น (5 กรัม/ชิ้น) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์น้อยกว่า 10^6 โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง จำนวนยีสต์และราน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ (มผช. ผักและผลไม้แห้ง 136/2558) จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 200 คนโดยใช้วิธีฮีโดนิคสเกลแบบ 5 ระดับพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ เท่ากับ 3.85, 3.84, 3.69, 3.80, 3.91 ตามลำดับ อยู่ในระดับชอบมาก

คำสำคัญ : จำปาดะ อบกรอบ พัฒนาผลิตภัณฑ์

Research Title Product Development from Artocarpus integer : Dehydrated Crispy Artocarpus integer
Researchers Kamontip Kanpairo, Wipada Munninoppamas and Phattarawadee aeidtem
Faculty Science Technology and Agricultural
University Yala Rajabhat University
Year 2019

Abstract

This research aimed to develop new product “Dehydrated Crispy Artocarpus integer” from Artocarpus integer. The result showed that pretreating with 1% citric acid, 2% calcium citrate and slow osmosis dehydration gave good firmness of fresh Artocarpus integer. Drying by hot air oven at 200°C for 20 min and at 70°C for 3 hr. were investigated. Both conditions had significant affection physical, chemical and sensory properties ($p<0.05$). The suitable method for drying Artocarpus integer using hot air oven at 70°C for 3 hr. that was physical, chemical nutrition and biological properties consist of L*, a*,b* were 47.18, 10.81, 39.87 hardness was 12.63 N Aw was 0.43 The moisture, fiber, and total sugar contents of “Dehydrated Crispy Artocarpus integer” were 13.37%, 18.96% and 23.01% respectively total energy was 0.98 Kcal/g. The total bacteria contents less than 10^6 CFU/g. mold less than 100 CFU/g. The product with qualities accordance with the Thai community product standard. Sensory evaluation of Dehydrated Crispy Artocarpus integer by 200 consumers using 5 – point hedonic scale showed average acceptance scores of 3.85, 3.84, 3.69, 3.80 and 3.91 for appearance, color, odor, texture, taste and overall liking respectively.

Keywords : Artocarpus integer, Crispy, Product Development

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ซึ่งได้สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย ส่งเสริมให้เกิดกระบวนการในการดำเนินการวิจัย ทำให้การวิจัยดำเนินไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือและสถานที่ เพื่อใช้ในการดำเนินวิจัย

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้เสียสละเวลาในการเสนอแนะ ให้ข้อคิดเห็น และติดตามให้การทำวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้

การวิจัยครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานต่างๆ ที่ เกี่ยวข้อง จะได้นำไปเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัย หากมีข้อผิดพลาดประการใดในการทำวิจัย ครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอน้อมรับเพื่อนำมาพัฒนาต่อไป

ขอขอบคุณในความร่วมมืออันดียิ่ง
กมลทิพย์ กรรไพเราะและคณะผู้วิจัย
(2562)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(6)
สารบัญภาพ	(7)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	1
ขอบเขตการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	15
วัตถุดิบ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี	15
การดำเนินการวิจัย	17
การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้	19
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	20
ผลการศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น	20
ผลการทดสอบการใช้สารละลายในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสจำปาดะก่อนอบแห้ง	20
ผลของวิธีการออสโมซิสหรือวิธีการแช่อิ่มต่อคุณภาพของจำปาดะ	21
ผลการศึกษาวิธีการและสภาวะในการอบแห้งจำปาดะ	22
ผลการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบ	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบ	28
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	32
สรุป	32
ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	38
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ	38
ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์คุณลักษณ์ทางเคมี	39
ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์	48
ภาคผนวก ง. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	50
ประวัติผู้วิจัย	55

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของจำปาดะในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม	7
4.1	ผลการศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น	20
4.2	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของจำปาดะที่ไม่แช่สารละลายและแช่สารละลาย	21
4.3	คุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ผลิตโดยการแช่อิ่มแบบเร็วและแช่อิ่มแบบช้า	22
4.4	ผลกของสภาวะในการอบแห้งต่อคุณลกษณะทางกายภาพและเคมีของจำปาดะอบกรอบ	25
4.5	ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบโดยการอบแห้งที่ต่างกัน	27
4.6	ผลการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบ	28
4.7	ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบ	29
4.8	ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบ	30
4.9	ข้อมูลความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบ	31

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิส	9
2.2	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำและตัวถูกละลายภายในเซลล์ผลไม้ในระหว่างการออสโมซิส	10
4.1	จำปาดะอบกรอบ 2 วิธีคือ (A) อบด้วยเตาไฟฟ้า (B) อบด้วยตู้อบลมร้อน	23

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จำปาดะ (Champedak) เป็นไม้ผลที่อยู่ในสกุลเดียวกับขนุนและสาเก แต่มีขนาดของผลเล็กกว่า มีสารอาหารหลายชนิดโดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต มีการกระจายพันธุ์อยู่ในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ ประเทศอินโดนีเซีย ประเทศมาเลเซีย ประเทศฟิลิปปินส์ ประเทศเมียนมาร์ และประเทศไทย ในประเทศไทยนั้น นิยมปลูกทางภาคใต้ จัดเป็นพืชท้องถิ่นของภาคใต้ นอกจากการบริโภคผลสดแล้ว ยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น มีสรรพคุณทางยารักษาโรค หรือใบ ดอก และเมล็ดสามารถใช้ป้องกันกำจัดแมลงหรือสกัด เป็นน้ำมันหอมระเหยได้ ผลดิบของจำปาดะจะมีเปลือกแข็งและมียางมาก แต่เมื่อสุกเปลือกจะ นิ่มลงและยางจะน้อยลง เนื้อจำปาดะจะมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวและรสหวานจัด โดยทั่วไปจะนิยม รับประทานเป็นผลสดหรือนำผลจำปาดะสุกมาชุบแป้งและทอด นอกจากนี้ส่วนของเมล็ดจะ นำมาใส่ในแกงของภาคใต้ เช่น แกงไตปลา เป็นต้น ปัจจุบันพบว่า ผลไม้ชนิดนี้มีแนวโน้มจะสูญหายไปจากท้องถิ่น เนื่องจากการพัฒนาและขยายตัวของพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ ทำให้พืช ท้องถิ่นกลายเป็นพืชที่ถูกมองข้าม ส่วนใหญ่มีการปลูกไว้เพียงบริเวณที่พักอาศัย หรือแซมอยู่ในสวนไม้ผลชนิดอื่น การจำหน่ายพบเพียงในตลาดนัดท้องถิ่นตามฤดูกาล ในราคากิโลกรัมละ 10-25 บาท ซึ่งมักพบไม่บ่อยนัก เนื่องจาก ขาดความคุ้นเคยและไม่ตระหนักถึงคุณค่า ตลอดจนการแข่งขันกับผลไม้ชนิดอื่นในฤดูกาลเดียวกันมีสูง ทำให้พืชท้องถิ่นเหล่านี้เริ่มหายไปจากท้องตลาด กลุ่มเกษตรกรแปรรูปผลิตภัณฑ์การเกษตรบ้านหน้าหลา บ้านตาชี อ.ยะหา จ.ยะลามีความต้องการที่พัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ที่นอกเหนือไปจากผลิตภัณฑ์เดิม จึงสนใจจำปาดะเนื่องจากเป็นพืชในท้องถิ่น หาได้ง่าย และยังมีผู้นำมาแปรรูปน้อย ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำจำปาดะซึ่งมีอยู่ในท้องถิ่นมาแปรรูป โดยนำมาแปรรูปเป็นจำปาดะอบแห้ง เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่และทางกลุ่มสามารถนำไปวางขายได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของวัตถุดิบเบื้องต้นที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง
2. เพื่อศึกษากระบวนการเตรียมวัตถุดิบที่เหมาะสมก่อนนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง
3. เพื่อศึกษาวิธีการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง
4. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี คุณค่าทางโภชนาการ จุลินทรีย์และการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง
5. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคสำหรับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้จำปาดะขนุนที่มีระดับความสุกร้อยละ 70 เพื่อผลิตเป็นจำปาดะอบแห้ง โดยศึกษาวิธีการใช้สารละลายในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของจำปาดะและวิธีการออสโมซิสก่อนนำจำปาดะมาอบแห้ง ศึกษาวิธีการอบแห้งที่เหมาะสม จากนั้นนำมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี คุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณจุลินทรีย์ และการยอมรับทางของผู้บริโภคทั่วไปสำหรับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มมูลค่าให้กับพืชในท้องถิ่นคือจำปาดะให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่
2. เพิ่มมูลค่าให้กับพืชในท้องถิ่นที่มีราคาถูกให้สามารถเปลี่ยนเป็นสินค้าที่มีมูลค่าได้
3. เพิ่มยอดขายและเป็นสินค้าขึ้นชื่อของทางกลุ่มเกษตรบ้านหน้าหลา

นิยามศัพท์เฉพาะ

ผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง เป็น ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผลไม้เพื่อการถนอมอาหาร (food preservation) โดยการแช่ผลไม้ในสารละลายน้ำเชื่อม เพื่อให้เกิดการออสโมซิส (osmosis) ผลไม้ แช่อิ่มอบแห้ง เป็นอาหารในกลุ่มวอเตอร์แอคทิวิตีต่ำ (low water activity food) ประเภทอาหารกึ่งแห้ง (intermediat moisture food)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. จำปาดะ

จำปาดะ เป็นพืชที่จัดอยู่ในวงศ์ (Family) Moraceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Artocarpus integer (Thunb.) Merr.* มีชื่อสามัญว่า Champedak ชาวใต้เรียกสั้นๆ ว่า "จำดะ" เป็นพืชป่าที่ขึ้นกระจายอยู่ทั่วไปในป่าแถบภาคใต้ของประเทศไทย มาเลเซีย บรูไน และอินโดนีเซียและพม่า มีลักษณะใบสีเขียว หน้าใบเป็นมัน ตามกิ่งอ่อนมีขนอ่อนขึ้นคลุม รอบผลคล้ายกับขนุน แต่มีขนาดเล็กกว่า ผลกลมยาวคล้ายผลฟัก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผล 12-15 เซนติเมตร ยาว 25-30 เซนติเมตร เปลือกบาง ผลดิบเปลือกแข็ง มียางสีขาวขุ่นแทรกอยู่ตามเปลือก ผลสุกเปลือกนิ่มและมียางน้อยลง เนื้อยวงเหลว รสหวานแหลม มีกลิ่นหอมมากกว่าขนุน ในแต่ละยวงมีเมล็ด 1 เมล็ด จำปาดะเจริญเติบโตได้ดีในดินร่วน ดินเหนียวปนทราย ดินร่วนปนทรายที่มีอินทรียวัตถุสูง มีความชุ่มชื้นปริมาณการกระจายของฝนควรกระจายสม่ำเสมอตลอดปี การปลูกใช้ ระยะ 8-10 เมตร จะปลูกได้ถึงไร่ละ 16-25 ต้น จะให้ผลผลิตประมาณ 150-200 ผล/ต้น จำปาดะส่วนใหญ่มีจำหน่ายในตลาดท้องถิ่นตามฤดูกาล ในอดีตที่ผ่านมาจำหน่ายเป็นผลราคาผลละ 10-15 บาท แต่ในปัจจุบันจำหน่ายราคากิโลกรัมละ 25 บาท ฤดูกาลให้ผลผลิตของจำปาดะอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ผลผลิตสามารถบริโภคสดและแปรรูปเป็นจำปาดะทอด โดยยวงเนื้อของจำปาดะพร้อมเมล็ดนำมาชุบแป้งทอดคล้ายกล้วยแขก เนื้อจำปาดะมีรสหวานจัด ลักษณะเนื้อเละเหนียว กลิ่นหอมแรง ส่วนเมล็ดอาจนำไปต้มรับประทานหรือนำมาแกงไตปลาได้ สำหรับสรรพคุณทางสมุนไพร จำปาดะมีเส้นใยแบบละลายน้ำซึ่งเป็นเส้นใยที่สามารถขับไขมันและสารพิษออกจากร่างกาย นอกจากนี้ยังมีเบต้าแคโรทีนและน้ำตาลสูง เนื้อผลอ่อนช่วยฝาดสมาน แก้ท้องเสีย เนื้อผลสุกบำรุงกำลัง เป็นยาระบาย ส่วนเมล็ดช่วยขับน้ำนมในสตรีหลังคลอดและบำรุงร่างกาย นอกจากนั้นแกนเปลือกและซังของจำปาดะยังสามารถนำมาใช้ในการสกัดสารเพคตินที่มีความใกล้เคียงกับเพคตินที่ขายหรือเพคตินที่สกัดจากผิวส้ม (นัยทัศน์ ภู่ศรัณย์, 2530; อนุชิต พลับรู้การและอรุณพร อิฐรัฐน์, 2534) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในทางเภสัชกรรม

1.1 **ลักษณะทางพฤกษศาสตร์จำปาดะ**

ต้น

จำปะดะจัดเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่สูง 8-15 ม. ขนาดทรงพุ่ม 8-12 เมตร ไม่ผลัดใบ ทรงพุ่มกลมแน่นทึบ คล้ายขนุน เปลือกต้นสีน้ำตาลอมดำ เรียบ หรือแตกเป็นร่องตื้นๆตามแนวยาว มียางสีขาวขุ่น โดยจะออกผลตามลำต้นและตามกิ่ง

ใบ

ลักษณะของใบจำปาดะ เป็นใบเดี่ยว เรียงแบบเวียนสลับ แผ่นใบรูปรี หรือรูปรีแกมขอบขนาน ผิวใบเรียบด้านบนเป็นมัน ด้านล่างค่อนข้างสาก ขอบใบเรียบ ปลายใบแหลม โคนใบสอบเรียวและสั้น ใบกว้าง 5-9 เซนติเมตร ยาว 10-15 เซนติเมตร เส้นใบแตกแบบขนนก เส้นกลางใบด้านหลังมองเห็นไม่ชัด ใบอ่อนสีเขียวอ่อน มีหูโบ'หุ้มยอด มีขนอ่อนสีขาวปกคลุม ยอดอ่อนและหูใบ

ใบแก่สีเขียวเข้ม ก้านใบยาว 1-3 เซนติเมตร (ศูนย์วิจัยความหลากหลายทาง ชีวภาพ เฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา บรมราชินีนาถ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 2556)

ดอก

ดอกจำปาดะ ลักษณะของดอกเป็นช่อกระจุกแน่น ดอกแยกเพศ ดอกเพศผู้ออกบริเวณปลายกิ่ง ทรงกระบอกขนาดเล็ก มีขนาดประมาณ 3-3.5 เซนติเมตร ก้านยาวประมาณ 3-6 เซนติเมตร ดอกมีสีขาวหรือสีเหลือง ส่วนดอกเพศเมียออกตามลำต้นและกิ่งขนาดใหญ่ มีขนาดประมาณ 1.5 เซนติเมตร และเกสรตัวเมียจะมีขนาด 3-6 เซนติเมตร (ศูนย์วิจัยความหลากหลาย ทางชีวภาพ เฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา บรมราชินีนาถ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 2556)

ผล

ผลรวม รูปทรง กระบอกยาว ขนาดใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลาง 15-20 เซนติเมตร ก้านผลยาว 5-12 เซนติเมตร บริเวณก้านผลมีน้ำยางสีขาวขุ่น ผลอ่อนสีเขียว ผลสุกสีเหลือง มีหนามเป็นตุ่มๆ ไม่แหลม เนื้อผลสีเหลืองหรือ เหลืองอมส้ม กลิ่นหอมฉุน เมื่อถึงก้านผล ผลย่อยจะติดกับก้านผล มีเมล็ดจำนวนมาก ลักษณะแข็ง เปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวใส เนื้อในสีขาวขุ่น

1.2 สายพันธ์ต่าง ๆ ของจำปาดะ

โดยทั่วไปแบ่งได้หลัก ๆ เป็น 2 สายพันธุคือ

1.2.1 จำปาดะขนุน

เนื้อนิ่มเหลว สุกงอมแล้วรสหวานเข้มกลิ่นจัด ยวงมักไม่เต็มผล (ผลแป้ว) แกะยวงจาก เปลือกค่อนข้างยาก ติดผลตลอดปีแบบไม่มีรุ่น ขนาดผลโตกว่าจำปาดะบ้าน

1.2.2 จำปาดะบ้าน

ขนาดต้นใหญ่กว่าขนุนจำปาดะ ออกดอกช่วงหน้าแล้งและติดผลปีละรุ่น มียวงเต็มผลหรือไม่แป้ว ติดผลดกมากบางครั้งติดผลเต็มรอบลำต้น เปลือกหนาแต่ฉีกหรือแกะจากยวงได้ ง่าย รสหวานจัดกลิ่นแรงเนื้อเหลว เมล็ดกลมและต้นสุกแล้วรับประทานอร่อยกว่าจำปาดะขนุน ทั้งสองสายพันธุยังแยกเป็นพันธุมีเมล็ดและพันธุไร้เมล็ดด้วย (ไพบูลย์ อรัญนารถ, 2555)

จากการสำรวจแหล่งปลูกและเก็บตัวอย่างพันธุจำปาดะที่พบในเขตพื้นที่อำเภอ ควนโดน จังหวัดสตูล พบพันธุ์จำปาดะดังต่อไปนี้

- พันธุ์พื้นเมือง มีลำต้นสูง 10-15 เมตร รูปร่างผลทรงกระบอก เนื้อสีเหลือง เปลือก หนา กลิ่นแรง หนามค่อนข้างเรียบ
- พันธุ์ขวัญสตูล มีลำต้นสูง 8-12 เมตร รูปร่างผลทรงกระบอก เนื้อสีเหลืองส้ม (จำปา) เปลือกหนา กลิ่นเบา หนามค่อนข้างเรียบ
- พันธุ์สตูลสีทอง มีลำต้นสูง 9-12 เมตร รูปร่างผลทรงกระบอก เนื้อสีส้มเข้ม เปลือก บาง กลิ่นแรง หนามแหลมนูนชัดเจน
- สตูพันธุ์น้ำดอกไม้ มีลำต้นสูง 10-15 เมตร รูปร่างผลทรงกระบอก เนื้อสีเหลือง เปลือกบาง กลิ่นเบา หนามนูนชัดเจน
- พันธุ์ทองเกษตร มีลำต้นสูง 10-20 เมตร รูปร่างผลทรงกระบอก เนื้อสีเหลือง เปลือกหนาปานกลาง กลิ่นแรง หนามเล็กนูนแน่น

- พันธุ์ดอกโดน มีลำต้นสูง 8-12 เมตร รูปร่างผลทรงกระบอก เนื้อสีส้มเข้ม เปลือกหนา กลิ่นแรง หนามนูน

- พันธุ์วังทอง มีลำต้นสูง 10-15 เมตร รูปร่างผลค่อนข้างงกลม เนื้อสีเหลืองส้ม เปลือกหนาปานกลาง กลิ่นเบา หนามกรวยตื้น

1.3 คุณค่าอาหารและสรรพคุณทางยา

- เนื้อผลสุก ใช้เป็นยาระบายอ่อนๆ ช่วยบำรุงร่างกาย มีวิตามินเอสูง จึงช่วยบำรุงและรักษาสายตาได้เป็นอย่างดี เส้นใยของผลสุกสามารถช่วยขับไขมันและสารพิษออกไปจากร่างกายได้ เนื้อผลอ่อนช่วยแก้อาการท้องเสียช่วยฝาดสมาน

- เมล็ดจำปาดะ ช่วยขับน้ำนมในสตรีหลังคลอดและช่วยบำรุงร่างกายได้

- เปลือกไม้ของจำปาดะ ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งและช่วยรักษาโรคมาลาเรียได้

- รากของจำปาดะ ใช้เป็นส่วนผสมของยาสมุนไพรที่ใช้สำหรับหญิงที่เพิ่งคลอดบุตร

- ผลสุก นิยมรับประทานสดเป็นผลไม้มีรสหวานจัด สำหรับทางภาคใต้จะนิยมนำไปทำจำปาดะทอด โดยใช้เนื้อพร้อม เมล็ดไปคลุกกับแป้ง น้ำตาล ไข่ นม งา แล้วนำไปทอดน้ำมัน

- เมล็ด ใช้ทำเป็นอาหารคาว เช่น นำมาใส่แกงพุงปลา แกงคั่วกะทิ หรือจะรับประทานร่วมกับขนมจีน หรือนำไปต้ม นำไปเผาไฟรับประทานได้

- ใบอ่อนจำปาดะ ใช้เป็นผักจิ้มหรือใช้รับประทานร่วมกับส้มตำได้ (ไพบูลย์ อรัญนารถ, 2555)

1.4 องค์ประกอบทางเคมีของจำปาดะ

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ เช่น ปริมาณความชื้น เถ้า คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ซึ่งล้วนมีผลต่อคุณภาพของเนื้อและเมล็ดของจำปาดะ ดังนี้

1.4.1 ปริมาณความชื้น (Moisture content) เป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร เป็นสมบัติที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งของอาหาร เนื่องจากความชื้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหาร (food spoilage) โดยเฉพาะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ (microbial spoilage) ซึ่งกระทบต่ออายุการวางจำหน่าย (shelf life) อาหารที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำสูงจะเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่าย (perishable food) เนื่องจากมีสภาวะเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ และรา อาหารที่มีน้ำสูงเหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) และการสร้างสารพิษ (toxin) ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ รวมถึงการสร้างสารพิษของรา (mycotoxin) เช่น aflatoxin และ patulin ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ความชื้นมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของอาหาร ได้แก่ เนื้อสัมผัส เช่น ความกรอบ ความหนืด การเกาะติดกันเป็นก้อน และความชื้นมีผลอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ที่มีผลกระทบทางลบต่ออาหารระหว่างการเก็บรักษา เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิปิด (lipid oxidation) ซึ่งมีผลต่อการกำหนดราคาสินค้า เช่น ข้าว ธัญพืช กำหนดราคารับซื้อผันแปรตามปริมาณความชื้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557) จากการศึกษาจำปาดะที่มีน้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 600–3500 กรัม น้ำหนักของเนื้อ 100–1200 กรัม ในเนื้อสดมีน้ำอยู่ 58-85 เปอร์เซ็นต์และในเมล็ดสดจะมีน้ำผสมอยู่ 46-78 เปอร์เซ็นต์ (ไพบูลย์ อรัญนารถ, 2555)

1.4.2 ปริมาณเถ้า (Ash content) เถ้า คือปริมาณสารอนินทรีย์ที่มีมีอยู่ในอาหาร หลังจากที่เผาผลาญสารอินทรีย์หมดแล้ว ในการหามักจะใช้ความร้อนเผาผลาญสารอินทรีย์ ดังนั้น ค่าเถ้าที่ได้จึงไมจำเป็นต้องเท่ากับปริมาณสารเกลือแร่ทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารตอนแรก สารอนินทรีย์ หรือเกลือแร่บางส่วนจะสูญเสียไปโดยการระเหยเพราะความร้อนที่ใช้ในการเผานั่นเอง ค่าเถ้าที่ได้จึง เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของอาหารนั้นๆหมดแล้ว หรืออาจจะบ่งชี้ได้ว่ามีแร่ธาตุมากน้อยเท่าไร จำปาดะมีน้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 600–3500 กรัมน้ำของเนื้อ 100–1200 กรัม น้ำหนักแห้งของเนื้อ มีปริมาณเถ้า 2-4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำหนักแห้งของเมล็ดจะมีปริมาณเถ้า 3-4 เปอร์เซ็นต์ (ไพบูลย์ อรัญนารถ, 2555)

1.4.3 ปริมาณลิปิด (Lipid content) ลิปิดที่อยู่ในธัญพืชส่วนใหญ่ คือ กลุ่มของ ไตรกลีเซอไรด์ฟอสฟอลิปิด ไกลโคลิปิด และเทอร์พีนอยด์จัดเป็นไขมันที่มีคุณภาพดีเนื่องจากมี ปริมาณกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง (Linoleic acid และ Oleic acid) มีสารแกมม่าออไรซานอล (Gamma Oryzanol) ช่วยในการควบคุมระดับคอลเลสเตอรอลในเลือด ช่วยในการเจริญเติบโตของ ทารกใน โดยปริมาณลิปิดที่พบในผลไม้ตระกูลจำปาดะและขนุนจะมีประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันหลักคือ กรดปาล์มิติก กรดโอเลอิก กรดสเตียริก กรดลิโนเลอิก กรดลอริก และ กรดอะราชิดิก โดยปริมาณไขมัน ในผลไม้สกุลขนุนหลาย ๆ ชนิด เช่น มารัง สาเก ขนุน และจำปาดะ จะมีค่าตั้งแต่ 0.2-0.4 เปอร์เซ็นต์

1.4.4 ปริมาณโปรตีน (Protein content) โปรตีน (Protein) เป็นสารประกอบ อินทรีย์ ซึ่งเป็นพอลิเมอร์สายยาวของกรดอะมิโน (amino acid) ส่วนในทางของโภชนาการโปรตีนนั้น เป็นสารอาหารที่ให้พลังงาน โดยโปรตีน 1 กรัม จะให้พลังงาน 4 แคลอรี (calorie) การวิเคราะห์หา ปริมาณโปรตีนในอาหารโดยวิธีคเจลดาห์ล (Kjeldahl method) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โปรตีนใน อาหารโดยการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวอย่าง เป็นวิธีที่ใช้วัดปริมาณโปรตีน อย่างแพร่หลาย และได้รับการยอมรับว่ามีความแม่นยำสามารถใช้ได้กับอาหารหลากหลายชนิด ซึ่ง หลักการคเจลดาห์ เป็นการย่อยสลายโปรตีน ซึ่งประกอบด้วยกรดแอมิโน (amino acid) ที่มี ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบใน amino group การย่อยสลายโปรตีนจะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมา และถูกเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนีย (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557) โดยปริมาณโปรตีนในจำปาดะมีปริมาณ แตกต่างกันขึ้นอยู่กับช่วงเวลา ของการเจริญเติบโตและสภาพแวดล้อม โดยผลไม้ในกลุ่มขนุน และจำปาดะโดยส่วนใหญ่จะมีปริมาณโปรตีนที่สูง โดยพบว่าในเมล็ดจะมีปริมาณโปรตีนมากกว่าใน เนื้อคือปริมาณโปรตีนในเนื้อผลที่กินได้จะมีปริมาณ 3-5 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม

1.4.5 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate content) คาร์โบไฮเดรต(carbohydrates) เป็นสารประกอบอินทรีย์ โมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและ ออกซิเจน มีหน่วยเล็กที่สุดคือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือมอโนแซ็กคาไรด์ (monosaccharide) คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของมนุษย์ คาร์โบไฮเดรต 1 กรัม ให้พลังงานเท่ากับ 4 แคลอรี (calorie) อาหารที่เป็นแหล่งสำคัญของคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ เมล็ดธัญพืช แป้ง สตาร์ช น้ำตาล ข้าว ขนมปัง เผือก มัน เทศ มันฝรั่ง ข้าวโพด โดยเป็นแหล่ง พลังงานหลักที่มีมากกว่า 55-70 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงาน ทั้งหมดที่บริโภค (Osorio-Díaz et al., 2002) คาร์โบไฮเดรตเป็นอาหารจำแนกตามได้เป็นกลุ่มที่ย่อยสลายเพื่อเป็นแหล่งพลังงาน (แป้งและ

น้ำตาล) และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ได้ใช้เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งเป็นส่วนประกอบอาหารที่ไม่ย่อยนั่นคือเส้นใยอาหาร (เมล็ดจำปาดะมีประมาณร้อยละ 10-25 ของน้ำหนักผลสด) เนื้อจำปาดะจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 84–87 และเมล็ดจำปาดะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละร้อยละ 84–87 จากการที่เมล็ดจำปาดะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงจึงได้มีการพัฒนานำเมล็ดจำปาดะไปเตรียมเป็นแป้งเมล็ดจำปาดะในรูปแบบฟลาวร์และแป้งเมล็ดจำปาดะในรูปแบบเนื้อจำปาดะต้มสุก โดยพบว่าเนื้อแป้งที่ได้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 79.29 และ 21.88 ตามลำดับ (วิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์, 2559) (ดังตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของจำปาดะในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน	122	กิโลแคลอรี่
โปรตีน	2.2	กรัม
ไขมัน	0.4	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	27.5	กรัม
น้ำตาล	28	กรัม
โพแทสเซียม	355	มิลลิกรัม
โซเดียม	4	มิลลิกรัม
วิตามินซี	14	มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	17	มิลลิกรัม
สังกะสี	0.08	มิลลิกรัม
แคลเซียม	7	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	16	มิลลิกรัม
เหล็ก	12	มิลลิกรัม

ที่มา : (ทัศนา ศิริโชติ, 2558)

2. ผลไม้แช่อิ่ม

ผลไม้แช่อิ่ม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้สดหรือผลไม้ดองมาตัดแต่ง ได้แก่ การปอกเปลือก คว้านเมล็ด ล้างยาง ผ่าเป็นชิ้น อาจน้าไปแช่ปูนใสหรือสารช่วยให้กรอบ อาจต้มก่อนนำไปแช่อิ่มในน้ำเชื่อมด้วยกรรมวิธีการแช่อิ่มแบบช้าหรือแบบเร็วจนอิ่มตัว อาจผสมส่วนประกอบอื่น เช่น เกลือ กรดซิตริกลงในน้ำเชื่อมก็ได้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2550)

การแช่อิ่มเป็นการถนอมอาหาร โดยใช้น้ำตาลเป็นเครื่องช่วยรักษาอายุของอาหารผักและผลไม้ให้เก็บไว้ได้นานมากขึ้น ลักษณะการทำต้องค่อยๆ เพิ่มน้ำตาลทีละน้อยจนกระทั่งผักและผลไม้อิ่มตัว ทำให้ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

การแช่ในสารละลายออสโมติก เป็นขั้นตอนที่น้าผลไม้ที่ต้องการอบแห้งมาแช่ในสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูง เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำตาลภายนอกสูงกว่าความเข้มข้น

ของน้ำตาลภายในผลไม้และปริมาณน้ำในผลไม้มีเปอร์เซ็นต์มากกว่าภายนอก เมื่อน้ำผลไม้มาแช่ลงในน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูง น้ำจากผลไม้จะเคลื่อนที่มาสู่สารละลายน้ำตาลผ่านเยื่อเลือกผ่าน (semi-permeable membrane) เรียกว่า กระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชั่น (osmotic dehydration) เป็นผลทำให้ปริมาณน้ำภายในผลไม้ลดลงจากเดิมหรือความชื้นลดลง การแช่อิ่มผลไม้มีอยู่ 2 วิธี คือ

1. การทำผลไม้แช่อิ่มแบบเร็ว วิธีนี้จะเตรียมน้ำเชื่อมปรุงรส ให้มีความหวานเริ่มต้นน้ำตาลร้อยละ 30 ของน้ำหนักน้ำเชื่อม แล้วเคี่ยวผลไม้ในน้ำเชื่อมโดยใช้ไฟอ่อนหรือความร้อนประมาณ 100-150 องศาเซลเซียส เคี่ยวจนน้ำเชื่อมงวดและได้ความหวานของน้ำเชื่อมประมาณร้อยละ 50-65 ของน้ำหนักน้ำเชื่อม การทำให้ผลไม้แช่อิ่มแบบเร็วนี้ จะใช้เวลา 3-4 ชั่วโมงในการเคี่ยวน้ำเชื่อมจนงวดและเนื้อผลไม้มีความหวานใกล้เคียงกับน้ำเชื่อม การใช้อุณหภูมิในการเคี่ยวสูงเกินไปจะทำให้น้ำเชื่อมมีสีคล้ำ มีกลิ่นน้ำตาลไหม้ และทำให้เนื้อผลไม้นิ่มเละ จึงไม่เหมาะสมกับผลไม้ที่มีเนื้อนิ่มและเละได้ง่าย

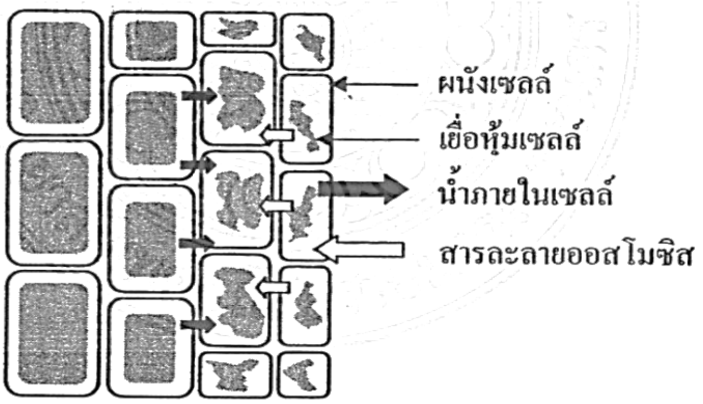
2. การทำผลไม้แช่อิ่มแบบช้า เป็นวิธีการที่แช่ผลไม้ที่เตรียมไว้แล้วในน้ำเชื่อม โดยจะเริ่มต้นที่น้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 30 ใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง แล้วเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมทุกวัน เป็นน้ำตาลร้อยละ 40, 50, 60 และ 65 ของน้ำหนักน้ำเชื่อม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหวานเริ่มต้นของผลไม้แต่ละชนิดและความหวานของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ และควรเติมกรดซิตริกร้อยละ 0.1 เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำตาลตกผลึก การแช่อิ่มผลไม้ด้วยวิธีนี้ใช้เวลานานจึงต้องรักษาความสะอาดและต้มน้ำเชื่อมทุกวันเพื่อไม่ให้เกิดกลิ่นหมักหรือเหม็นเปรี้ยว

2.2 การทำแห้งผลไม้โดยวิธีการออสโมซิส

การออสโมซิสเป็นการดึงเอาน้ำบางส่วนออกจากผักและผลไม้ด้วยกระบวนการออสโมซิส โดยในระหว่างการออสโมซิสจะมีการถ่ายเทมวลสารระหว่างน้ำในผลไม้และสารละลายออสโมซิส

2.2.1 หลักของการออสโมซิส

การออสโมซิส คือ การลดปริมาณน้ำภายในผลไม้โดยอาศัยการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างผลไม้กับสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสารเนื่องจากความแตกต่างของแรงดันออสโมซิสระหว่างน้ำภายในเซลล์ผลไม้กับสารละลายภายนอก ซึ่งการถ่ายเทมวลสารนี้เป็นการเคลื่อนที่แบบสวนทางกันผ่านเยื่อเลือกผ่าน โดยน้ำที่อยู่ในผลไม้จะซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) และผนังเซลล์ (cell wall) ออกมาสู่สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงขณะเดียวกันตัวถูกละลายในสารละลายจะซึมผ่านผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์เข้าสู่ภายในผลไม้นอกจากนี้ตัวถูกละลายที่มีอยู่ในผลไม้ เช่น น้ำตาล กรดอินทรีย์ เกลือแร่ และวิตามิน จะแพร่ออกมาจากเซลล์ผลไม้มายังสารละลายภายนอก ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิส
ที่มา : (เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์ และคณะ, 2559)

กระบวนการออสโมซิสสามารถลดปริมาณน้ำภายในผลไม้ออกไปได้ ซึ่งในขณะที่น้ำภายในเซลล์แพร่ออกจากเนื้อผลไม้จะมีกรดบางส่วนถูกกำจัดออกไปส่งผลไม้ให้ปริมาณกรดในเนื้อผลไม้ลดลงเมื่อรวมตัวกับน้ำตาลที่แพร่เข้าไปในเนื้อผลไม้จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวานมากกว่าผลไม้อบแห้งธรรมดา โดยการถ่ายเทมวลระหว่างน้ำและตัวถูกละลายจะดำเนินไปจนกระทั่งถึงจุดสมดุล (equilibrium) ดังแสดงในภาพที่ 2.2 ซึ่งที่สภาวะสมดุลนี้อัตราการถ่ายเทมวลระหว่างน้ำและตัวถูกละลายจะมีค่าคงที่ ทำให้ปริมาณน้ำ ตัวถูกละลายในชิ้นผลไม้และในสารละลายออสโมซิสมีค่าคงที่

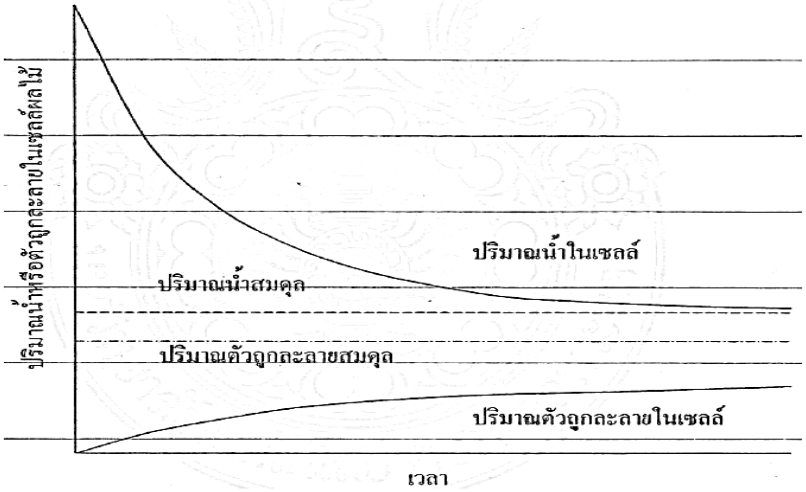
2.2.2 ประเภทของการออสโมซิส

การออสโมซิสแบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่ การออสโมซิสในระบบแห้งและการออสโมซิสในระบบสารละลาย

2.2.2.1 การออสโมซิสในระบบแห้งเป็นการออสโมซิสใน osmotic medium ที่มีลักษณะแห้ง การออสโมซิสประเภทนี้นิยมใช้น้ำตาลทรายโรยสลับกับชิ้นผลไม้เป็นชั้น ๆ ส่งผลให้มีค่าอัตราการถ่ายเทมวลต่ำกว่าการออสโมซิสในระบบสารละลาย การออสโมซิสประเภทนี้ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะผิวช้ำ

2.2.2.2 การออสโมซิสในระบบสารละลาย เป็นการออสโมซิสโดยใช้สารละลายเป็น osmotic medium ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้เนื่องจากมีความสะดวกและสามารถละลายกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งการออสโมซิสในระบบสารละลายสามารถแบ่งได้ 2 วิธี ได้แก่ การออสโมซิสใน

สารละลายที่ไม่มีการเคลื่อนที่และการออสโมซิสในสารละลายที่มีการเคลื่อนที่



ภาพที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำและตัวถูกละลายภายในเซลล์ผลไม้ในระหว่างการออสโมซิส
ที่มา (เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์ และคณะ, 2559)

2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการออสโมซิส

การถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิสจะเกิดเร็วขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ต่อไปนี้

2.2.3.1 ชนิดของสารละลายออสโมซิส สารละลายออสโมซิสที่นิยมนำมาใช้มากที่สุด คือ โซเดียมคลอไรด์และน้ำตาล เนื่องจากน้ำตาลจะมีผลไม้ในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (enzymatic browning) และสามารถรวมตัวกับสารให้กลิ่นรสเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ป้องกันการสูญเสียกลิ่นรสที่ระเหยไประหว่างการอบแห้ง น้ำตาลที่ใช้เป็นสารละลายออสโมซิสมีหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้มากที่สุด คือ น้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็นสารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่ำให้แรงดันออสโมติก ให้รสหวานและมีราคาถูกกว่าน้ำตาลชนิดอื่น ๆ

2.2.3.2 การเคลื่อนที่ของสารละลายออสโมซิส ในระหว่างการออสโมซิสน้ำภายในเซลล์ผลไม้จะแพร่ออกจากเซลล์ทำให้สารละลายบริเวณที่สัมผัสกับชิ้นผลไม้มีความเข้มข้นลดลง ส่งผลให้การถ่ายเทมวลสารมีค่าต่ำลง ดังนั้นการเคลื่อนที่ของสารละลายในกระบวนการออสโมซิส ซึ่งเป็นการกระจายสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำออกไป ส่งผลให้สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่าสามารถหมุนเวียนเข้ามาสัมผัสกับชิ้นผลไม่ได้ ทำให้การถ่ายเทมวลสารในสารละลายออสโมซิสที่มีการเคลื่อนที่มีค่าสูงกว่าการออสโมซิสในสารละลายที่มีการเคลื่อนที่

2.2.3.3 ความเข้มข้นของสารละลายออสโมซิส ความเข้มข้นของสารละลายมีผลต่อปริมาณการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิส นอกจากนี้ยังส่งผลต่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในผลิตภัณฑ์ โดยความเข้มข้นของสารละลายออสโมซิสที่ใช้ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงร้อยละ 30 ถึง 70 แตกต่างกันตามชนิดของผลไม้ โดยความเข้มข้นของสารละลายออสโมซิสที่สูงขึ้นทำให้

อัตราการสูญเสียน้ำมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการออสโมซิสมีค่าลดลงในการออสโมซิสผลไม้ไม่ควรใช้สารละลายที่ความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 70 โดยมวลต่อปริมาตร เนื่องจากสารละลายจะมีความหนืดสูงเกินไปทำให้การถ่ายเทมวลสารลดลง ดังการทดลองของ Khin และคณะ, (2007) ทำการออสโมซิสแอปเปิ้ลในสารละลายเดรกโตสและซูโครสที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 45, 55 และ 65 โดยมวลต่อปริมาตรพบว่าประสิทธิภาพการแพร่ของน้ำและสารละลายจะสูงขึ้นเมื่อใช้สารละลายที่มีเข้มข้นสูงขึ้น

2.2.3.4 อุณหภูมิของสารละลายออสโมซิส อุณหภูมิของสารละลายมีผลต่อการออสโมซิส โดยเมื่ออุณหภูมิของสารละลายสูงขึ้นจะสามารถลดเวลาในการออสโมซิสจนถึงจุดสมดุล โดยอัตราการสูญเสียน้ำและอัตราการเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้โครงสร้างของผลไม้บางส่วนเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพไป ทำให้เซลล์เมมเบรนอ่อนตัวลง คุณสมบัติเยื่อเลือกผ่านจึงเสียไป ทำให้อัตราการถ่ายเทมวลเร็วกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ Khin และคณะ, (2007) ได้ศึกษาการออสโมซิสแอปเปิ้ลในสารละลายเดร็กโตสและซูโครสที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 55 องศาเซลเซียส พบว่าประสิทธิภาพการแพร่ของน้ำและประสิทธิภาพการแพร่ของตัวถูกสารละลายมีค่าสูงสุดเมื่อทำการออสโมซิสที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

2.2.3.5 รูปร่างและขนาดของผลไม้ รูปร่างและขนาดของผลไม้มีผลต่อการถ่ายเทมวลสาร เนื่องจากรูปร่างและขนาดของผลไม้มีผลต่ออัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตร ถ้าอัตราส่วนนี้มีค่าสูงจะทำให้น้ำในชิ้นผลไม้แพร่ออกมาสู่สารละลายน้ำตาลภายนอกได้เร็ว แต่ถ้าอัตราส่วนของพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตรมีค่าน้อยจะทำให้อัตราการสูญเสียน้ำเกิดได้น้อย

3. การอบแห้ง

การอบแห้งหรือการทำแห้ง (drying หรือ dehydration) คือ การกำจัดความชื้นออกจากอาหาร โดยการลดปริมาณความชื้นผลิตภัณฑ์จนถึงระดับที่สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และปฏิกิริยาอื่นๆ เพื่อเก็บรักษาถนอมผลิตภัณฑ์ระหว่างการยืดอายุการเก็บรักษา การลดปริมาณความชื้นยังมีผลต่อการเก็บรักษากลิ่นรสและคุณค่าทางอาหารอีกด้วย การทำแห้งอาหารนี้ยังเป็นการลดปริมาตรของผลิตภัณฑ์ ซึ่งช่วยในการขนส่งและการเก็บรักษาองค์ประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์อาหารและสะดวกต่อผู้บริโภค วิธีการทำแห้งที่ง่ายที่สุด คือ การตากแห้ง ซึ่งมีข้อด้อยคือพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้อุณหภูมิที่ไม่สูงมากนัก กระแสลมธรรมชาติไม่แรงพอทำให้การตากแห้งต้องใช้เวลานานเปลืองพื้นที่มากและมักทำในที่เปิดโล่ง จึงมักมีโอกาสปนเปื้อน ดังนั้นเครื่องอบแห้งจึงได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างมากเพื่อให้ เหมาะสมกับวัตถุดิบแต่ละชนิด

การทำแห้งผักและผลไม้ เป็นการกำจัดน้ำออกจากผักและผลไม้จนกระทั่งลดลงในระดับที่ไม่เกิดการเน่าเสีย มีผลทำให้น้ำหนักและปริมาตรลดลง อีกทั้งยังเพิ่มความสะดวกในการบรรจุ การขนส่งและเพิ่มอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น เนื่องจากผักและผลไม้

ที่ผ่านการอบแห้งแล้วมีความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นและปริมาณน้ำลดลงเพียง พอที่จะป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ (ธัญนันท์ ฤทธิ์มณี, 2560) การทำแห้งผักและผลไม้นั้น สามารถทำได้หลากหลายวิธี ในแต่ละวิธีจะมีผลต่อคุณสมบัติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันออกไป การเลือกใช้วิธีการอบแห้งนั้นต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการอบแห้งต้องน้อยที่สุดแต่สามารถได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและปริมาณตามที่ต้องการ ทิศทางหรือแนวโน้มการส่งออกของผักผลไม้อบแห้งพบว่า ยังคงเป็นสินค้าแปรรูปที่ได้รับความนิยม โดยตั้งแต่ปี 2559 เป็นต้นมาพบว่าตลาดผลไม้มีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 119,630 ล้านบาท ขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 19 ส่วนผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งแนวโน้มส่งออกโตแบบก้าวกระโดด ปัจจุบันเพิ่มขึ้นมากที่สุดร้อยละ 53 ที่มูลค่าราว 10,910 ล้านบาท โดยสาเหตุที่มีมูลค่าการส่งออกที่สูงขึ้นเนื่องจากผู้บริโภคในต่างประเทศหันมานิยมบริโภคผลไม้อบแห้งเป็นขนมคบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ ส่งผลให้การส่งออกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งปัจจุบันไทยมีการส่งออกผลไม้อบแห้งเป็นอันดับที่ 3 ของโลก (ฐานเศรษฐกิจ., 2562)

3.1 การอบแห้งโดยใช้ลมร้อน

การอบแห้งโดยใช้ลมร้อน หมายถึงการอบแห้งโดยการใช้อากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าของอาหาร โดยการถ่ายเทความร้อนไปยังผิวหน้าอาหาร ส่งผลให้น้ำที่อยู่ภายในเนื้ออาหารเคลื่อนที่ออกมาสู่ผิวหน้าและระเหยออกด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ซึ่งอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบจะขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างและปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร (วิไล, 2547) หลังจากผ่านขั้นตอนการแช่ในสารละลายออสโมติก น้ำหนักของผลไม้จะลดลงส่วนหนึ่ง ต่อมาน้ำผลไม้มาอบให้แห้งสามารถเก็บรักษาได้ในขั้นที่ปลอดภัย การอบแห้งสามารถท้าได้หลายวิธี เช่น การผึ่งลม (air drying) การตากแดด (sun drying) การอบด้วยสุญญากาศ (vacuum drying) การแช่อิ่มผลไม้ทำให้ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงาน และลดเวลาในการอบแห้งได้ สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการออสโมติกแล้วจะอยู่ในช่วง 55 ถึง 70 องศาเซลเซียส (สุธีรา เลิศวุฒิชัยกุล, 2540)

ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน

- ขนาดและรูปร่าง

ขนาดและรูปร่างของอาหารมีผลต่อพื้นที่ผิว โดยอาหารที่มีพื้นที่ผิวมากจะมีการถ่ายเทความร้อนและมวลได้รวดเร็วเนื่องจากอาหารมีพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับความร้อนมากขึ้นทำให้มีพื้นที่ที่จะสูญเสียความชื้นมากขึ้น และเป็นการลดระยะทางที่ความร้อนจะซึมผ่านข้าสู่ บริเวณจุดกึ่งกลางของอาหารและเป็นการลดระยะทางที่ความชื้นบริเวณกึ่งกลางของอาหารเคลื่อนที่ ออกไปยังผิวของอาหารเพื่อจะสัมผัสกับความร้อนแล้วระเหยออกไป

- ปริมาณอาหาร

ปริมาณอาหารที่ใส่ในการอบแห้งและการจัดเรียงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการอบแห้ง โดยการใส่อาหารปริมาณมากเกินไปจะทำให้การอบแห้งมีประสิทธิภาพต่ำลง เนื่องจากบรรยากาศจะอิ่มตัวไปด้วยไอน้ำส่งผลอัตราการอบแห้งเกิดได้ช้าลง (สมบัติ ขอทวีวัฒนา, 2535)

- อุณหภูมิ

ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอาหารกับสื่อความร้อนแปรผันตรงกับอัตราการส่งถ่ายความร้อนเข้าไปภายอาหาร โดยถ้าผลต่างของอุณหภูมิมีค่าสูงจะทำให้อัตราการส่งถ่ายความร้อนเข้าไปภายในชิ้นอาหารเกิดได้เร็วขึ้นและช่วยให้เกิดแรงขับในการเคลื่อนที่ออกของน้ำ (รพีพร ตลับใหม่, 2551)

การบรรจุผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง หรือแช่อิ่มเคลือบน้ำตาลอบแห้งจะต้องแห้งและบรรจุในภาชนะที่ไม่ให้ความชื้นซึมผ่านเข้าไป เช่น บรรจุกระป๋อง ถ้าความชื้นซึมผ่านเข้าไปได้จะทำให้มีเชื้อราเกิดขึ้น ตัวอย่างของวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุผลไม้แช่อิ่มอบแห้งหรือแช่อิ่มเคลือบน้ำตาลอบแห้ง ได้แก่ โพลีเอทธิลีน โพลีโพพิลีน (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2549)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สิรินทัศน์ เลี่ยมแหลม (2551) ศึกษาคุณภาพของมะนอดแช่อิ่มอบแห้ง โดยศึกษาอัตราการอบแห้งของมะนอดแช่อิ่มด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด พบว่า ระยะเวลาการอบแห้ง 26 ชั่วโมง อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.2 เมตร/วินาที ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w เท่ากับ 0.60 ศึกษาชนิดของน้ำเชื่อมที่เหมาะสมใช้ในการแช่อิ่ม โดยมี 6 สิ่งทดลองวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า มะนอดที่แช่อิ่มในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอลร้อยละ 30 ให้ค่าสี L สูงสุด เท่ากับ 34.50 นอกจากนั้นยังมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเหลืออยู่น้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 18.59 และ 19.28 ตามลำดับ ศึกษาปริมาณกรดซิตริกและเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสต่ำกว่าไม่แช่สารละลาย ส่วนปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.6 และ 0.9 ที่เติมลงในน้ำเชื่อมแช่อิ่มให้ค่าสี L และกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ดวงกมล สุมนาชยานันท์ และคณะ (2556) ศึกษาผลของอุณหภูมิและรูปทรงของมะเดื่อฝรั่งต่อการทำแห้งมะเดื่อฝรั่ง โดยแปรอุณหภูมิลมร้อนที่ใช้ศึกษาที่ 55, 60, 70 และ 90 องศาเซลเซียส และแปรรูปทรงของมะเดื่อฝรั่งในระหว่างการทำแห้งเป็นแบบทั้งผล แบบชิ้นแบนและแบบผ่าครึ่ง ก่อนการทำแห้งแช่ผลสดในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1.0 (w/v) และซูโครสร้อยละ 60.0 (w/v) จากนั้นทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ที่ความเร็วลม 0.5 m/s พบว่า การแช่อิ่มตัวอย่าง ช่วยลดค่า water activity (a_w) และปริมาณความชื้น และช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids, TSS) ของตัวอย่าง อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้อัตราการทำแห้งสูงขึ้น สำหรับรูปทรงที่แตกต่างกัน พบว่า มะเดื่อฝรั่งแบบผ่าครึ่ง มีอัตราการทำแห้งสูงกว่าแบบ

ชิ้นแบนและแบบทั้งผล ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากขนาดหรือพื้นที่ผิวต่อปริมาตร ความหนาและเปลือกของตัวอย่าง ดังนั้น เวลาในการทำแห้งของตัวอย่างลดลงเมื่ออัตราการทำแห้งเพิ่มขึ้น

รุ่งทิวา กองเงิน และคณะ (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาขนมขบเคี้ยวแผ่นกรอบจากสับปะรดโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดร่วมกับหม้ออบลมร้อน โดยศึกษาคุณภาพของขนมขบเคี้ยวแผ่นกรอบจากสับปะรดอบกรอบด้วยหม้อลมร้อน โดยการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบกรอบด้วยหม้อลมร้อนที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้เวลาในการอบกรอบ 120 วินาที จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางกายภาพด้านสี (L* a* b*) และค่าความแตกเปราะเท่ากับ 60.14 13.63 42.17 และ3.29 นิวตัน ตามลำดับคุณภาพทางเคมีด้านร้อยละปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ 7.17 และ 0.34 ตามลำดับ มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่พบในผลิตภัณฑ์ด้านความแห้ง สี กลิ่นสับปะรด รสชาติ ความกรอบ และความชอบรวมอยู่ ในช่วง 6.50-7.20 เมื่อทดสอบความชอบของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 200 คน พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 95 และให้คะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะดังกล่าวข้างต้นในช่วง 7.09-7.58 คะแนน เมื่อศึกษาคุณภาพในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะให้คุณภาพในการเก็บรักษาที่ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีแนวโน้มของค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าความเป็นสีแดง (a*) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าความแตกเปราะ ร้อยละปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คุณภาพทางประสาทสัมผัสในทุกคุณลักษณะดังกล่าวข้างต้นมีค่าในช่วงคะแนน 6.21-7.47 ผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณรา น้อยกว่า 1×10^2 และ 1×10 CFU/g ซึ่งเป็นค่าที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ประเภทขนมอบกรอบจากธัญชาติ (มอก.1534-2541)

สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล และคณะ (2554). ศึกษาปัจจัยของเงื่อนไขการอบแห้งต่อจลนพลศาสตร์และคุณภาพของการอบแห้งขนุน โดยได้ทดลองอบแห้งขนุนสดด้วยพลังงานความร้อนหลายรูปแบบ (พลังงานแสงอาทิตย์ รังสีอินฟราเรด และรังสีอินฟราเรดร่วมกันลมร้อน) และศึกษาผลของพลังงานความร้อนแบบต่าง ๆ ที่มีต่อจลนพลศาสตร์ของความชื้นในขนุน ทำการอบแห้งโดยเลือกใช้อุณหภูมิอบแห้ง ในช่วง 50-70 องศาเซลเซียส ที่กำลังรังสีอินฟราเรดคงที่ 1,000 W เทียบกับการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และทดสอบการชิม ผลจากการทดลองพบว่า อัตราส่วนความชื้นมีค่าลดลงเป็นฟังก์ชันไม่เชิงเส้นกับเวลา และพบว่าอุณหภูมิอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส จะให้สีของขนุนมีความสว่างต่ำกว่าขนุนที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำกว่า และการทดสอบการชิมพบว่า อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง 50-70 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อรสชาติของเนื้อขนุนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และผลของแหล่งพลังงานความร้อนต่อกระบวนการอบแห้ง พบว่า กรณีการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนใช้ระยะเวลาการอบแห้ง น้อยกว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดหรือพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว ตามลำดับ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี

วัตถุดิบในการผลิตจำปาดะอบแห้ง

1. จำปาดะจำปาดะพันธุ์ขนุนที่มีระดับความสุกร้อยละ 70 น้ำหนักผลประมาณ 2.5 – 3.0 กิโลกรัมจากจังหวัดยะลา
2. น้ำตาลทราย (ตรามิตรผล บริษัท อุตสาหกรรมแป้งไทย จำกัด)
3. แคลเซียมแลคเตตและกรดซิตริก (บริษัทวิทยาศรม จำกัด)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. อุปกรณ์งานครัว

- หม้อ ทัพพี
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance) ตรา Mettler Toledo รุ่น AB 204 S, Germany
- เครื่องปั่นผสม ตรา Tefal รุ่น BL116166, Indonesia

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

- แก้วน้ำ, ถ้วยชิม, ถาดรอง

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางกายภาพ

- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyser) รุ่น TA-XTplus ตรา Surrey, England
- เครื่องวัดค่าสี (colorflex) ตรา Hunterlab รุ่น CX 1471, Japan
- เครื่องวัดความหนืด (Viscosity) ตรา Brook field รุ่น DV-T+, U.S.A

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

- เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (Water activity) ตรา Aqualab รุ่น Ss36090, U.S.A.
- เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (hand refractometer) ตรา ATAGO รุ่น RHB-18ATC , Japan
- เครื่องวัดค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH meter) ตรา Schott รุ่น G0840, Switzerland
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance) ตรา Mettler Toledo รุ่น AB 204 S, Japa
- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ตรา Ecocell รุ่น B031643, Germany

- โถดูดความชื้น (Desiccator)
- เตาเผาไฟฟ้า ตรา Carbolite รุ่น S302RR, U.S.A.
- เครื่องสกัดไขมัน ตรา Gerhard รุ่น 4050226, U.S.A.
- เครื่องวิเคราะห์โปรตีน ตรา Foss รุ่น 520017830, Germany
- เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย ตรา VELP SCIEHTFICA รุ่น FIWE, U.S.A.
- ชุดอุปกรณ์ไตเตรท

5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) ตรา Binder รุ่น 9010-0082, Germany
- เครื่องตีปั่น (Stomacher) ตรา Seward รุ่น CIR 400, France
- หม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบใช้ความดัน (Autoclave) ตรา Tomy รุ่น SX-500, India
- อุปกรณ์เครื่องแก้วในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์
- จานเพาะเลี้ยง
- ปิเปต, บิวเรต

สารเคมี

1. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

- Hexene บริษัท Merck, Germany

2. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

- $CuSO_4$ บริษัท Merck, Germany
- KSO_4 บริษัท Merck, Germany
- Octanol บริษัท Merck, Germany
- Conc H_2SO_4 บริษัท Merck, Germany
- NaOH 32 % บริษัท Merck, Germany
- Boric acid 4 % บริษัท Merck, Germany
- HCl 0.1 N บริษัท Merck, Germany

3. สารเคมีที่ใช้ในการเคราะห์ปริมาณใยอาหาร

- H_2SO_4 1.25 % บริษัท Merck, Germany
- NaOH 1.25 % บริษัท Merck, Germany
- Acetone บริษัท Merck, Germany

4. อาหารเลี้ยงเชื้อ

- Standard plate count agar บริษัท Merck, Germany
- 0.1 % Peptone water บริษัท Merck, Germany
- Lauryl sulfate tryptose broth (LST broth) บริษัท Merck, Germany
- Brilliant green lactose bile broth (BGLB) บริษัท Merck, Germany
- EC broth บริษัท Merck, Germany

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น

นำจำปาดะพันธุ์ขนุนที่มีระดับความสุก 70 เปอร์เซ็นต์มาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ด้วย refractometer ยี่ห้อ ATAGO
- ค่าสี โดยใช้เครื่อง (Hunter) ตรา Color flax รุ่น CX 1471
- ปริมาณความชื้น โดยวิธี (A.O.A.C. 2000)
- ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (A.O.A.C. 2000)

2. ศึกษาการใช้สารละลายในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสจำปาดะก่อนอบแห้ง

นำจำปาดะมาแช่ในสารละลายซิตริกร้อยละ 1 และสารละลายแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 2 (ดัดแปลงจากวิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์, 2559 และพิสุทธิ หนักแน่น., 2555) อัตราส่วนเนื้อจำปาดะต่อสารละลาย 1:3 ใช้ระยะเวลาในการแช่ 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพในด้านต่างๆดังนี้

- วัดค่าเนื้อสัมผัส (Hardness) ของจำปาดะ โดยใช้เครื่อง Texture analyser รุ่น TA-XT plus ใช้วิธีทดสอบ Texture Profile Analysis (TPA) ด้วย cylinder probe diameter 2.0 มิลลิเมตร ขนาดตัวอย่าง 1.5×5 เซนติเมตรความเร็วของ probe ขณะทดสอบ 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที

- ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ แบบ 9 - Point Hedonic Scale ในปัจจัยคุณภาพต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นจำปาดะ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม เปรียบเทียบกับจำปาดะที่ไม่แช่สารละลาย

3. ศึกษาผลของการออสโมซิสหรือการแช่อิ่มต่อคุณภาพจำปาดะ

นำจำปาดะที่ผ่านการแช่สารละลายในข้อ 2 มาศึกษาวิธีการออสโมซิส 2 วิธี คือการออสโมซิสแบบช้าและแบบเร็ว ดังนี้

3.1 การออสโมซิสแบบเร็ว

นำจำปาดะที่ผ่านการแช่สารละลายในข้อ 2 มาแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสระดับความเข้มข้นร้อยละ 40 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (อัตราส่วนเนื้อจำปาดะต่อสารละลาย 1:3) นำตัวอย่างมาล้างด้วยน้ำสะอาด 30 วินาทีก่อนนำไปวิเคราะห์

3.2 การออสโมซิสแบบช้า

นำจำปาดะที่ผ่านการแช่สารละลายในข้อ 2 มาแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสระดับความเข้มข้นต่างกันร้อยละ 20, 30 และ 40 โดยเริ่มต้นแช่ในสารละลายความเข้มข้นร้อยละ 20 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นปรับความเข้มข้นเป็นร้อยละ 30 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และปรับความเข้มข้นอีกครั้งเป็นร้อยละ 40 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (อัตราส่วนเนื้อจำปาดะต่อสารละลาย 1:3) นำตัวอย่างมาล้างด้วยน้ำสะอาด 30 วินาทีก่อนนำไปวิเคราะห์

จากนั้นนำจำปาดะทั้ง 2 วิธีมาวิเคราะห์ค่าต่างๆดังนี้

- ค่าสี โดยใช้เครื่อง (Hunter) ตรา Color flax รุ่น CX 1471
- วัดค่าเนื้อสัมผัส (Hardness) ของจำปาดะ โดยใช้เครื่อง Texture analyser รุ่น TA-XT plus ใช้วิธีทดสอบ Texture Profile Analysis (TPA) ด้วย cylinder probe diameter

2.0มิลลิเมตร ขนาดตัวอย่าง 1.5×5 เซนติเมตรความเร็วของ probe ขณะทดสอบ 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที

- ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ แบบ 9-Point Hedonic Scale ในปัจจัยคุณภาพต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นจำปาดะ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม คัดเลือกวิธีการที่ดีที่สุดจากการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน

4. ศึกษาวิธีการและสภาวะในการอบแห้งจำปาดะ

นำจำปาดะที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 3 มาอบแห้งโดยศึกษาวิธีการอบแห้ง 2 วิธี คือ 1) การอบแห้งแบบใช้อุณหภูมิสูง โดยใช้เตาอบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 200 – 220 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 2) การทำแห้งด้วยลมร้อน (Air drying stage) อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยใช้ตู้อบลมร้อน หลังการอบแห้งเก็บตัวอย่างไว้ในถุงโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ปิดผนึกสนิทแล้วเก็บไว้ในโถดูดความชื้นไม่เกิน 1 วัน จากนั้นนำมาทดสอบคุณสมบัติต่างๆดังนี้

4.1 ตรวจสอบทางด้านกายภาพ ได้แก่

- ค่าสี โดยใช้เครื่อง (Hunter) ตรา Color flax รุ่น CX 1471
- ค่าความแข็ง (Texture analyser) ยี่ห้อ : Stable Micro System รุ่น : TA.XT Plus
- อัตราการพองตัว โดยวิธี seed displacement
- ความหนาแน่นด้วยวิธี (Hofsetz และคณะ 1990)

4.2 ตรวจสอบทางด้านเคมี ได้แก่

- ปริมาณน้ำอิสระในอาหารโดยใช้เครื่องวอเตอร์แอกตีวีตี้ ตรา Aqualab รุ่น Ss 36090
- ปริมาณความชื้น โดยวิธี A.O.A.C. (2000)

4.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ แบบ 9-Point Hedonic Scale ในปัจจัยคุณภาพต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นจำปาดะ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน คัดเลือกวิธีการที่ดีที่สุดโดยใช้คุณภาพทางกายภาพ เคมี และคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของจำปาดะอบแห้งเป็นตัวตัดสิน

4.4 ศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง โดยนำตัวอย่างที่ได้รับคัดเลือกจากข้อ 4.3 มาวิเคราะห์ทางด้านคุณภาพในด้านต่างๆ ดังนี้

- ค่าสี โดยใช้เครื่อง (Hunter) ตรา Color flax รุ่น CX 1471
- ค่าความแข็ง (Texture analyser) ยี่ห้อ: Stable Micro System รุ่น: TA.XT Plus
- ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร ด้วยเครื่อง aqualab
- ปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC. (2000)
- ปริมาณเยื่อใย ตามวิธี AOAC. (2000)
- ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธี AOAC. (2000)
- พลังงานทั้งหมด ตามวิธี Gross heating value ด้วยเครื่อง Bomb calories Meter
- จุลินทรีย์ทั้งหมด (A.O.A.C.,2000)
- ยีสต์และรา (A.O.A.C.,2000)

4.5 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้งสูตรพัฒนามาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคแบบ Central Location Test ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 200 คน โดยแบบทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภค ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค และข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบรวม โดยให้คะแนนความชอบ 5 ระดับคะแนน (5-point Hedonic Scale)

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี ในแต่ละชุดการทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Random Complete Block Design, RCBD) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น

การศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น โดยนำจำปาดะพันธุ์พื้นขนุนที่มีความสุกระดับร้อยละ 70 แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าสี ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด จากการศึกษา พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 40.60±1.60 องศาบริกซ์ ค่าสี L* ซึ่งเป็นค่าความสว่าง เท่ากับ 64.43±1.06 ค่า a* เป็นค่าสีแดง เท่ากับ 7.09±0.11 และค่า b* เป็นค่าสีเหลือง เท่ากับ 46.88±0.34 ส่วนปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเท่ากับร้อยละ 59.45±0.41 และร้อยละ 11.30±0.07 (ตารางที่ 4.1) ซึ่งคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้นขึ้นอยู่กับระดับความสุก สายพันธุ์ สอดคล้องกับเกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์และคณะ (2559) ที่ศึกษาการพัฒนาเนื้อขนุนตกเกรดในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปพบว่าการใช้วัตถุดิบที่ต่างกันคือสดและดิบส่งผลให้ปริมาณความชื้นต่างกันด้วย โดยขนุนสดมีความชื้นมากกว่าขนุนดิบ ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนุนแผ่นกรอบที่ทำจากขนุนสดมีกลิ่นที่ดีกว่า

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น

คุณลักษณะทางคุณภาพ	ค่าที่ได้
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	40.60±1.60
ค่าสี	
L*	64.43±1.06
a*	7.09±0.11
b*	46.88±0.34
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	59.45±0.41
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	11.30±0.07

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

4.2 ผลการทดสอบการใช้สารละลายในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสจำปาดะก่อนอบแห้ง

เมื่อนำจำปาดะสดมาอบแห้งทันทีพบว่า ปัญหาที่พบมากในผลิตภัณฑ์ประเภทแช่อิ่มอบแห้งคือ รสชาติที่หวานจัดและลักษณะบางประการที่ไม่ต้องการเช่น เนื้อสัมผัสที่แห้งแข็งและเหี่ยว จากปัญหาดังกล่าวจึงเพิ่มขั้นตอนการเตรียมโดย แช่สารละลายซิตริกร้อยละ 1 และสารละลายแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 2 นาน 2 ชั่วโมง (ดัดแปลงจากวิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์, 2559 และพิสุทธิ หนักแน่น., 2555) ก่อนนำไปอบแห้ง พบว่า การแช่สารละลาย (ซิตริกร้อยละ 1 และสารละลายแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 2) ทำให้เนื้อจำปาดะแข็งขึ้น และเมื่อนำมาทดสอบชิมพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของจำปาดะที่ไม่แช่สารละลายและแช่สารละลายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.2) โดยการแช่สารละลายซิตริกร้อยละ 1 และสารละลายแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 2 นาน 2 ชั่วโมง ให้ผลดีในด้านสีและเนื้อสัมผัสเนื่องจากการใช้ซิตริกส่งผลให้ผลิตภัณฑ์จำปาดะมียางลดน้อยลง (วิภาวรรณ

วงศ์สุดาลักษณ์, 2559) และสารละลายแคลเซียมแลคเตตช่วยเพิ่มความแข็งของเนื้อจำปาดะ ซึ่งแคลเซียมมีคุณสมบัติในคงรูปของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากแคลเซียมไอออนสามารถทำปฏิกิริยากับเพ็กตินที่มีอยู่ในผลไม้เกิดเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า egg-box model เกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมเพ็กตินที่ไม่ละลายน้ำจึงทำให้ผลไม้กรอบและคงตัวอยู่ได้ (Naknean, 2012; พิสุทธิ หนักแน่น., 2555) รวมทั้งการใช้สารละลายแคลเซียมแลคเตตไม่ส่งผลต่อรสชาติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Luna-Guzman & Barette (2010) ที่กล่าวว่า การใช้สารละลายกลุ่มแคลเซียมได้แก่ แคลเซียมแลคเตตและแคลเซียมคลอไรด์ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลไม้ เนื่องจากการใช้แคลเซียมคลอไรด์ในระดับที่ความเข้มข้นสูงขึ้นส่งผลให้ผลไม้มีรสขมต่างจากการใช้แคลเซียมแลคเตตที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนไม่แตกต่างจากชุดควบคุม

ตารางที่ 4.2 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของจำปาดะที่ไม่แช่สารละลายและแช่สารละลาย

คุณลักษณะ	**ชุดการทดลอง**	
	ชุดควบคุม	**แช่สารละลาย**
ความแข็ง (N)	4.87 ± 0.26^{b}	5.30 ± 0.24^{a}
ลักษณะปรากฏ	6.91 ± 0.86^{b}	7.16 ± 0.29^{a}
สี	7.02 ± 0.12^{b}	7.22 ± 1.12^{a}
กลิ่นจำปาดะ^{ns}	7.11±1.25	7.13±1.04
เนื้อสัมผัส	6.92 ± 0.89^{b}	7.27 ± 1.20^{a}
รสชาติ^{ns}	6.96±1.09	7.02±1.03
ความชอบโดยรวม	7.06 ± 0.22^{b}	7.51 ± 0.93^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

ตัวอักษร a-b กำกับที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.3 ผลของวิธีการออสโมซิสหรือวิธีการแช่อิ่มต่อคุณภาพของจำปาดะ

จากการทดลองศึกษาวิธีการแช่อิ่มจำปาดะ 2 วิธีคือการแช่อิ่มแบบเร็วและแช่อิ่มแบบช้า พบว่า ค่าสี (L* a* b*) ของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แสดงว่าวิธีการแช่อิ่มทั้ง 2 วิธีไม่ส่งผลต่อค่าสีในผลิตภัณฑ์สุดท้าย เมื่อพิจารณาถึงความแข็งพบว่าวิธีการแช่อิ่มทั้ง 2 วิธีให้ผลการทดลองที่ต่างกัน ($P<0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการแช่อิ่มแบบเร็วเกิดการหดตัวของผลิตภัณฑ์มากกว่าแช่อิ่มแบบช้าเนื่องจากเป็นการแช่อิ่มในสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้น ทำให้เกิดแรงดันออสโมติกเกิดการแลกเปลี่ยนสารอย่างรวดเร็ว เซลล์เกิดการหดตัวและทำให้ผลิตภัณฑ์มีแข็งมากกว่าการแช่อิ่มแบบช้า (Korsrilabut et al., 2010; พิสุทธิ หนักแน่น, 2555) ส่วนคะแนนจากยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นจำปาดะและรสชาติ ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ยกเว้นด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวมที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนต่างกัน ($P<0.05$) เนื่องจากเหตุผลที่กล่าวมาในข้างต้น

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของจำปาดะที่แช่อิ่มแบบเร็วและแช่อิ่มแบบช้า

คุณลักษณะ	ชุดการทดลอง	
	การแช่อิ่มแบบเร็ว	การแช่อิ่มแบบช้า
ทางกายภาพ		
L*	45.91±0.38^{ns}	47.18±1.19^{ns}
a*	16.17±0.12^{ns}	1581.±121.^{ns}
b*	28.58±0.56^{ns}	39.87±0.10^{ns}
ค่าความแข็ง (N)	18.73±1.16^{a}	14.63±1.21^{b}
ทางประสาทสัมผัส		
ลักษณะปรากฏ^{ns}	6.72±1.29	6.90± 0.86
สี^{ns}	6.94±1.12	7.03±0.12
กลิ่นจำปาดะ^{ns}	6.33±1.25	6.59±0.14
เนื้อสัมผัส	6.83±0.89^{b}	7.15±1.20^{a}
รสชาติ^{ns}	7.16±1.19	7.22±1.03
ความชอบโดยรวม^{ns}	7.18±0.32^{b}	7.21±0.93^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตัวอักษร a-b กำกับที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากคุณสมบัติในข้อ 4.2 และ ข้อ 4.3 พบว่า การเตรียมตัวอย่างสำหรับจำปาดะอบแห้งที่เหมาะสมคือ การนำจำปาดะไปแช่ในสารละลายซิตริกร้อยละ 1 และสารละลายแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 2 นาน 2 ชั่วโมง เพื่อคงรูปเนื้อจำปาดะและไม่ทำให้สีเปลี่ยน ส่วนวิธีการแช่อิ่มพบว่า วิธีการแช่อิ่มทั้ง 2 วิธีคือการแช่อิ่มแบบช้าและแบบเร็วให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกันในด้านค่าสี (L* a* b*) และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสบางส่วนยกเว้นความแข็งและเนื้อสัมผัส จึงเลือกวิธีการแช่อิ่มแบบช้าเนื่องจากวิธีการดังกล่าวทำให้เนื้อจำปาดะมีลักษณะไม่แข็งจนเกินไป

4.4 ผลการศึกษาวิธีการและสภาวะในการอบแห้งจำปาดะ

นำจำปาดะจากข้อ 4.3 มาหั่นเป็นชิ้นขนาด 1.5×5 เซนติเมตร จากนั้นนำอบแห้ง 2 วิธี ดังนี้ 1) การทำแห้งอุณหภูมิสูงเวลาสั้น (HTST stage) โดยใช้เตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 นาที 2) การทำแห้งด้วยลมร้อน (Air drying stage) อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง จนความชื้นเหลือร้อยละ 12.00±1.00 โดยใช้ตู้อบลมร้อน หลังการอบแห้งเก็บตัวอย่างไว้ในถุงโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ปิดผนึกสนิทแล้วเก็บไว้ในโถดูดความชื้นไม่เกิน 1 วัน จากนั้นนำมาทดสอบคุณลักษณะด้านต่างๆต่อไปนี้

จากการศึกษาวิธีการและสภาวะในการอบแห้งจำปาดะ โดยการอบแห้งแบบใช้เตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 20 นาที และการทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆดังนี้

4.4.1 ผลการทดสอบทางกายภาพ

ค่าสี

เมื่อนำจำปาดะที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 2 วิธี (การทำแห้งโดยใช้เตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 20 นาที และการทำแห้งโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 ชั่วโมง) มาวิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b* พบว่า ค่า L* อยู่ระหว่าง 30.31- 47.18 ค่า a* อยู่ระหว่าง 16.87- 10.81และ ค่า b* อยู่ระหว่าง 28.58- 39.87 (ตารางที่ 4.4) เมื่อพิจารณา พบว่า ค่า L* a* และ b* ของผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้งที่อบแห้งด้วยเตาอบไฟฟ้าและตู้อบลมร้อนมีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าการอบแห้งจำปาดะด้วยเตาไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า L* a* b* มากกว่าการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ซึ่งเห็นได้ว่าจำปาดะที่อบแห้งมีค่า L* และ b* มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่า a* มีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อเทียบกับค่า L* a* และ b* ของวัตถุดิบเริ่มต้น (ตารางที่ 4.1) สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิชมณี ยืนยงพุทธิกาลและคณะ, (2557) ที่ศึกษาผลของสภาวะการอบแห้งขนุนที่ใช้อุณหภูมิ 200 210 และ 220 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 10 15 และ 20 นาที พบว่าการใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลานานทำให้ค่า L* และ b* มีแนวโน้มลดลง และค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.1) เนื่องจากการอบแห้งด้วยวิธีที่ใช้อุณหภูมิสูงเวลานานทำให้ชิ้นส่วนของจำปาดะเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ (Browning Reaction) ซึ่งเกิดจากสารประกอบโมโนฟีนอลที่อยู่ในผักผลไม้มาสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศและมีเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสจะเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชั่นได้เป็นออร์โท-ไดฟีนอล (o-diphenol) สารนี้จะถูกออกซิไดซ์ต่อให้เป็นออร์โทควิโนน สารนี้จะรวมตัวกันและเกิดเป็นปฏิกิริยาเมลลาร์ดกับสารประกอบฟีนอลอื่นๆ หรือกับกรดอะมิโนได้เป็นสารประกอบสีน้ำตาล (สุกัญญา วงวาท, 2554) และปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันได้ ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น (รุ่งทิวา กองเงิน, 2560)

(A)

(B)

ภาพที่ 4.1 จำปาดะอบแห้ง 2 วิธีคือ (A) อบด้วยเตาไฟฟ้า (B) อบด้วยตู้อบลมร้อน

ค่าความแข็ง

จากการศึกษาค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้งทั้ง 2 สภาวะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.4) โดยจำปาดะที่อบด้วยเตาอบไฟฟ้ามีเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่าจำปาดะที่อบด้วยตู้อบลมร้อน ซึ่งวิชมณี ยืนยงพุทธิกาลและคณะ (2557) ที่ศึกษาผลของสภาวะการอบแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้นต่อขนุนอบกรอบพบว่า การใช้อุณหภูมิสูงทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์ระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว เกิดการแห้งแข็งที่ผิวหน้า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีลักษณะแข็ง

และแน่น นอกจากนี้อีกสาเหตุคือของจำปาดะมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ ทำให้เกิดการรวมตัวกันของน้ำตาลและจำปาดะที่ใช้มีระดับความสุกเพียงร้อยละ 70 ซึ่งมีองค์ประกอบของแป้งที่สามารถเกิดปรากฏการเจลาติไนซ์เซชัน ที่ส่งผลทำให้การใช้อุณหภูมิสูงทำให้เนื้อจำปาดะอบกรอบมีความแข็งมากกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ (วิชมณียืนยงพุทธกาลและคณะ., 2557)

อัตราการพองตัวและความหนาแน่น

จากการศึกษาอัตราการพองตัวของจำปาดะอบแห้ง พบว่า อัตราการพองตัวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.4) โดยจำปาดะที่อบแห้งด้วยเตาอบไฟฟ้ามีค่าการพองตัวเท่ากับ 0.29±0.06 ซึ่งมีค่าการพองตัวมากกว่าจำปาดะที่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.12±0.01 ซึ่งการอบแห้งที่สภาวะอุณหภูมิสูง เกี่ยวข้องกับการเกิดการพองตัว (puffing) เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่เกิดการปลดปล่อยหรือการขยายตัวของไอน้ำหรือแก๊สภายในผลิตภัณฑ์ ทำให้โครงสร้างภายในเกิดการขยายตัวและเกิดการแตกออกจนทำให้ โครงสร้างเกิดเป็นรูขึ้น (Chauhan et al., 2011) ซึ่งการใช้อุณหภูมิสูงทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการพองตัวสูงและความหนาแน่นต่ำกว่าการอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิต่ำ

4.4.2 ผลการทดสอบทางเคมี

ปริมาณความชื้น

จากการศึกษาปริมาณความชื้นและปริมาณ a_w ในผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง พบว่าจำปาดะที่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและเตาอบไฟฟ้ามีค่าความชื้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยจำปาดะที่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและเตาอบไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 11.80±0.80 และ 13.37±1.18 ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าจำปาดะที่อบด้วยตู้อบลมร้อนมีค่าความชื้นสูงกว่าที่อบด้วยเตาอบไฟฟ้าเนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งทำให้สามารถกำจัดน้ำได้ดีกว่าการอุณหภูมิต่ำ ปัจจัยอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อ อัตราการอบแห้ง และการอบแห้งที่อุณหภูมิอบแห้งสูงจะมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิอบแห้งต่ำ ซึ่งความชื้นที่ลดลงในปริมาณที่มากเกินไปส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของจำปาดะอบแห้งที่แห้งมากเกินไป ขาดความฉ่ำน้ำ ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (จารุวรรณ กุลวิศว และคณะ, 2550; Nath & Chattopadhyay, 2008) สอดคล้องกับงานวิจัยของยุทธนา ฏิระวณิชย์กุลและคณะ (2555) ที่ศึกษาการอบแห้งขนุนพบว่า การอบแห้งขนุนด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวจะมีค่าต่ำสุด ส่วนการอบแห้งด้วยเตาอบไฟฟ้าสามารถลดความชื้นของวัสดุลงได้สูงกว่าการอบแห้งด้วยแหล่งพลังงานอื่น เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนสามารถส่งผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุได้มากกว่าการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อนเพียงอย่างเดียว ซึ่งความชื้นเป็นสมบัติที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งของอาหาร ที่ส่งผลต่อการเสื่อมเสียหลายปัจจัย ทั้งทางด้านจุลินทรีย์ คุณภาพทางประสาทสัมผัส และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ การอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมเช่นการใช้เวลาในการอบที่นานขึ้นจะทำให้น้ำระเหยออกมาได้มากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์มีสีที่คล้ำขึ้น (รุ่งทิวา กองเงิน, 2560) แต่ผลิตภัณฑ์จำปาดะที่อบแห้งทั้ง 2 วิธีมีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 136/2558 ของผักและผลไม้แห้งได้กำหนดปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แห้งว่า ปริมาณความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก

ค่า a_w

จากการวิเคราะห์ปริมาณ a_w ในผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง พบว่า จำปาดะที่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนกับอบแห้งด้วยเตาอบไฟฟ้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยจำปาดะที่อบด้วยตู้อบลมร้อนและเตาอบไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.70±0.00 และ 0.51±0.00 ค่าที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกับความชื้น ซึ่งการใช้ลมร้อนในการอบแห้ง เป็นการถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอและลมจะพัดพาไอน้ำออกจากอาหาร ทำให้ความชื้นในอาหารลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกต่อจากนั้นจะลดลงช้าๆจนกระทั่งถึงจุดสมดุล จึงต้องใช้เวลาในการอบแห้งนาน (สุกัญญา วงวาท, 2540) สอดคล้องกับงานวิจัยของวิชมณี ยืนยงพุทธิกาล และคณะ, (2557) ที่ศึกษาผลของสภาวะการอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้นต่อคุณภาพของขนุน โดยใช้อุณหภูมิ 200-220 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10-20 นาที พบว่า ปริมาณ a_w อยู่ในช่วง 0.55-0.62 ซึ่งเวลาการอบเพิ่มมากขึ้น ค่า a_w ของขนุนอบกรอบมีแนวโน้มลดลง ซึ่งค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุม และป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร มีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เนื่องจาก a_w เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำอิสระที่เชื้อจุลินทรีย์ใช้ในการเจริญ ดังนั้น ความชื้นและ a_w จึงมีความสัมพันธ์กัน เพราะเป็นดัชนีที่บ่งชี้ที่สำคัญของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัส ซึ่งอาหารที่มีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 และความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 15 จัดเป็นช่วงที่ปฏิกิริยาเกิดได้อย่างช้าๆ ซึ่งผลิตภัณฑ์จำปาดะ อบแห้งทั้ง 2 วิธีได้จัดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (มผช. ผักและผลไม้แห้ง 136/2558)

ตารางที่ 4.4 ผลของสภาวะการอบแห้งต่อคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของจำปาดะอบกรอบ

คุณลักษณะ	สภาวะในการอบแห้ง	
	อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส 20 นาที	70 องศาเซลเซียส 4 ชั่วโมง
ทางกายภาพ		
L*	30.31±0.18^{b}	47.18±0.19^{a}
a*	16.87±0.12^{a}	10.81±0.21^{b}
b*	28.58±0.56^{b}	39.87±0.10^{a}
ค่าความแข็ง (N)	20.73±0.86^{a}	12.63±0.21^{b}
การพองตัว	0.29±0.06^{a}	0.12±0.01^{b}
ความหนาแน่น (g/cm^3)	1.21±0.05^{b}	1.47±0.05^{a}
ทางเคมี		
ความชื้น	11.80±0.80^{b}	13.37±1.18^{a}
a_w	0.51±0.00^{b}	0.60±0.00^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

ตัวอักษร a-b กำกับที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.4.3 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบ

ผลการยอมรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบที่อบด้วยตู้อบลมร้อนและเตาอบไฟฟ้า โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นจำปาดะ ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point Hedonic scale โดยให้คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.5

จากการศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและเตาอบไฟฟ้า พบว่า คุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนคุณลักษณะทางด้านกลิ่นจำปาดะและรสชาติ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.5) ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนจำปาดะที่อบด้วยตู้อบลมร้อนมากกว่าจำปาดะที่อบด้วยเตาอบไฟฟ้า ทั้งทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นจำปาดะ รสชาติ และความชอบโดยรวม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.26±0.69 7.30±0.75 6.93±1.04 7.20±1.03 และ 7.63±0.89 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแต่ละปัจจัยพบว่า วิธีการอบจำปาดะส่งผลต่อคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากการอบโดยใช้เตาอบไฟฟ้า เป็นสภาวะการอบที่ใช้อุณหภูมิสูง (200 องศาเซลเซียส) ซึ่งส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีการกำจัดน้ำออกอย่างรวดเร็วประกอบกับผลิตภัณฑ์จำปาดะเป็นผลไม้ที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบในปริมาณสูง เซลล์ภายในเนื้อจำปาดะมีปริมาตรลดลงและเกิดการหดตัวขึ้น รวมทั้งเกิดการเปลี่ยนของสภาพความยืดหยุ่น หรือการสูญเสียโครงสร้างในเนื้อจำปาดะ ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งและเหนียว ซึ่งยุทธนา ฏิระวณิชย์กุลและคณะ (2555) ศึกษาการอบกรอบขนุนพบว่า การให้ความร้อนแก่ขนุนอบแห้งทำให้น้ำที่อยู่ภายในเซลล์เนื้อขนุนมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และเกิดความแตกต่างของความดันไอภายในและภายนอกเซลล์ จึงมีการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำจากภายในเนื้อขนุนไปยังอากาศแวดล้อมในห้องอบแห้ง ทำให้ปริมาตรลดลงและเกิด การหดตัว รวมทั้งเกิดการเปลี่ยนของสภาพความยืดหยุ่นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เหนียวและแข็ง ส่วนค่าสีพบว่าการใช้อุณหภูมิสูงส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลจากปฏิกิริยา เมลลาร์ดและปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันได้ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น (Nathakaranakul et al., 2010; Artnaseaw et al., 2010) นอกจากนี้จารุวรรณ กุลวิศวและคณะ (2550) กล่าวว่าการใช้เวลาการอบกรอบที่นานขึ้นจะทำให้น้ำระเหยออกมาได้มากขึ้นซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้นได้ จากข้อมูลเบื้องต้นการอบแห้งโดยการใช้อุณหภูมิสูงส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคด้านเนื้อสัมผัสและสี ซึ่งจากปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้คะแนนด้านความชอบรวมลดลงด้วย

ตารางที่ 4.5 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบผลิตโดยสภาวะการอบแห้งต่างกัน

คุณลักษณะ	สภาวะในการอบแห้ง	
	อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส 20 นาที	อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 4 ชั่วโมง
ลักษณะปรากฏ	5.96± 0.96[b]	7.26±0.69[a]
สี	5.90±1.12[b]	7.30±0.75[a]
กลิ่นจำปาดะ[ns]	7.13±1.35	7.23±1.04
เนื้อสัมผัส	6.90±1.09[b]	7.53±1.19[a]
รสชาติ[ns]	6.96±0.99	7.02±1.03
ความชอบโดยรวม	5.76±0.81[b]	7.63±0.89[a]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

ตัวอักษร a-b กำกับที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการศึกษาสภาวะในการอบจำปาดะพบว่า การใช้อุณหภูมิสูงส่งผลทำให้เนื้อสัมผัสมีความแห้ง เหนียวและแข็ง เนื่องจากการระเหยของน้ำที่รวดเร็วเกินไปส่งผลต่อคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมคือการใช้การอบในตู้อบลมร้อน (อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง) ซึ่งให้ผลดีในด้านสีที่ไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์จำปาดะสดมากนักและเนื้อสัมผัสที่ไม่แห้งแข็งจนเกินไป จึงนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาศึกษาคุณค่าทางโภชนาการได้ผลการทดลองดังนี้

4.5 ผลการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง

คุณค่าทางโภชนาการของจำปาดะอบแห้งพบว่า มีจำปาดะอบแห้งสูตรที่พัฒนาขึ้นมีค่า (L* a* b*) เท่ากับ 47.18, 10.81, 39.87 มีค่าความแข็งเท่ากับ 12.63 นิวตัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นร้อยละ 13.37 และ a_w เท่ากับ 0.7 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์รา มีค่าเท่ากับ 3.3×10^{2} และ 2.2×10^{2} ซึ่งตรงตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักผลไม้อบแห้ง (มผช. 136/2558) ที่กำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^{6} และ ยีสต์ รา น้อยกว่า 1×10^{3} โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ส่วนคุณค่าทางโภชนาการ พบว่า ปริมาณใยอาหารและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 18.96 และ 23.01 ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ให้พลังงาน 1.12 กิโลแคลอรี่/ ชิ้น ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง

คุณลักษณะ	จำปาดะสูตรพัฒนา
L*	47.18±0.19
a*	10.81±0.21
b*	39.87±0.10
ค่าความแข็ง (N)	12.63±0.21
ความชื้น (ร้อยละ)	13.37±1.18
a_w	0.60±0.00
จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	3.3×10
ยีสต์ รา (โคโลนีต่อกรัม)	2.2×10
ใยอาหาร (ร้อยละ)	18.96±1.34
น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	23.01±0.35
พลังงาน (ต่อ 1 ชิ้น) (กิโลแคลอรี่)	0.98

4.6 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง

4.6.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภค

จากการศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง โดยทดสอบกับผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 200 คน ที่เป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 21 เพศหญิงร้อยละ 79 อายุระหว่าง 21-30 ปีร้อยละ 44 ส่วนใหญ่มีอาชีพนักเรียนและนักศึกษาร้อยละ 78 ระดับการศึกษาปริญญาตรีร้อยละ 75 และมีรายได้น้อยกว่า 5,000 บาท ร้อยละ 78 แสดงดังตารางที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง

ข้อมูลทั่วไป	**ร้อยละ**
เพศ	
- ชาย	21
- หญิง	79
อายุ	
- ต่ำกว่า 20 ปี	39
- 21-30 ปี	44
- 31-40 ปี	9
- 41-51 ปี	4
- 51-60 ปี	3
- 60 ปีขึ้นไป	1
อาชีพ	
- นักเรียน/นักศึกษา	78
- รับจ้างทั่วไป	11
- แม่บ้าน/พ่อบ้าน	2
- ข้าราชการ	4
- ธุรกิจส่วนตัว	1
- เกษตรกร	2
- พนักงานบริษัท	2
- อื่นๆ	0
ระดับการศึกษา	
- ประถมศึกษา	4
- มัธยมศึกษา/ปวช./ปวส.	12
- ปริญญาตรี	75
- ปริญญาโท	1
- อื่นๆ (ไม่จบการศึกษา)	8
รายได้ต่อเดือน	
- น้อยกว่า 5,000 บาท	78
- 5,001-10,000 บาท	16

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	**ร้อยละ**
- 10,001-15,000 บาท	4
- 15,001-20,000 บาท	1
- 20,001-25,000 บาท	1
- มากกว่า 25,000 บาท	0

4.6.2 พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง

จากการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้งทั่วไปจำนวน 200 คน พบว่า รู้จักจำปาดะ คิดเป็นร้อยละ 100 ชอบรับประทานจำปาดะ คิดเป็นร้อยละ 93 สถานที่ซื้อจำปาดะคือ ตลาดสดมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 85 เกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกซื้อจำปาดะเพราะรสชาติดี คิดเป็นร้อยละ 85 หากมีการผลิตจำปาดะอบแห้งเพื่อจัดจำหน่ายผู้บริโภคส่วนใหญ่จะซื้อผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 90 ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้งคิดเป็นร้อยละ 96 แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง

ข้อมูลทั่วไป	**ร้อยละ**
1.คุณรู้จักจำปาดะหรือไม่	
(ถ้าไม่รู้จักข้ามไปทำข้อ 2,3)	
- รู้จัก	100
- ไม่รู้จัก	-
1.1 คุณชอบรับประทานจำปาดะหรือไม่	
- ชอบ	93
- ไม่ชอบ	7
1.2 คุณสามารถเลือกซื้อจำปาดะจากที่ใด	
- ตลาด	85
- ร้านผลไม้	10
- รถเข็น	5

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	ร้อยละ
1.3 เกณฑ์ที่คุณใช้ในการเลือกซื้อจำปาดะ คือ	
- รสชาติดี	85
- เป็นสินค้าขึ้นชื่อ	15
- อื่นๆ	0
2. หากมีการผลิตผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบเพื่อจัดจำหน่ายขนาด 500 กรัม ราคา 100 บาท คุณคิดว่าจะซื้อหรือไม่	
- ซื้อ	90
- ไม่ซื้อ	2
- ไม่แน่ใจ	8
3.ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบหรือไม่	
- ยอมรับ	96
- ไม่ยอมรับ	4

ผลการทดสอบความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง จำนวน 200 คน โดยใช้แบบทดสอบ (5-Point Hedonic Scale) กำหนดให้ 1 หมายถึง ไม่ชอบมาก 2 หมายถึง ไม่ชอบ 3 หมายถึง บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 4 หมายถึง ชอบ 5 หมายถึง ชอบมาก พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนน ด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม เท่ากับ 3.85, 3.84, 3.69 3.8, 3.91 ตามลำดับ แสดงดังตาราง 4.9

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลความชอบของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบ

ผู้ทดสอบ (N=200)						
คุณลักษณะ/ลำดับ	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ลักษณะปรากฏ	-	4	24	170	2	3.85±0.44
สี	-	8	30	148	14	3.84±0.40
เนื้อสัมผัส	-	14	54	112	20	3.69±0.61
รสชาติ	-	12	44	116	28	3.8±0.57
ความชอบรวม		8	26	142	24	3.91±0.39
		เฉลี่ย				3.81±0.10

จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์คิดเป็นร้อยละ 96 เนื่องจากเป็นขนมขบเคี้ยวที่มีรสชาติอร่อย เป็นผลิตภัณฑ์แปลกใหม่ ผลิตภัณฑ์ยังคงมีรสชิตามธรรมชาติ

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การพัฒนาจากจำปาดะ มีขั้นตอนดังนี้ คือศึกษาคุณภาพจากวัตถุดิบเริ่มต้น ศึกษาการใช้สารละลายในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสจำปาดะอบแห้ง ศึกษาผลของวิธีการออสโมซิสที่ส่งผลต่อคุณภาพจำปาดะอบแห้ง ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ คุณค่าทางโภชนาการและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง พร้อมทั้งศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป สรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น โดยนำจำปาดะพันธุ์ขนุนที่มีความสุกระดับร้อยละ 70 มาวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าสี ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 40.60±1.60 องศาบริกซ์ ค่าสี L* เท่ากับ 64.43±1.06 ค่า a* เท่ากับ 7.09±0.11 และค่า b* เท่ากับ 46.88±0.34 ส่วนปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเท่ากับร้อยละ 59.45±0.41 และร้อยละ 11.30±0.07 ตามลำดับ

2. การใช้สารละลายในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสจำปาดะก่อนอบแห้งพบว่า การนำจำปาดะมาแช่สารละลายสารซิตริกร้อยละ 1 และสารละลายแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 2 นาน 2 ชั่วโมง ก่อนนำไปอบแห้ง ทำให้เนื้อจำปาดะแข็งขึ้น ซึ่งการแช่สารละลายในนำปาดะให้ผลดีในด้านสีและเนื้อสัมผัสเนื่องจากการใช้ซิตริกส่งผลให้ผลิตภัณฑ์จำปาดะมียางลดน้อยลง ซึ่งการแช่เนื้อจำปาดะในสารละลายไม่ส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนไม่แตกต่างจากชุดควบคุม

3. ผลการออสโมซิสหรือวิธีการแช่อิ่มต่อคุณภาพของจำปาดะพบว่า วิธีการแช่อิ่ม 2 วิธีคือการแช่อิ่มแบบเร็วและแช่อิ่มแบบช้าไม่ส่งผลค่าสี (L* a* b*) ของผลิตภัณฑ์สุดท้าย แต่ความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่แช่อิ่มทั้ง 2 วิธีให้ผลการทดลองที่ต่างกัน ($P<0.05$) อาจเป็นผลมาจากการแช่อิ่มแบบเร็วเกิดการหดตัวของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดแรงดันออสโมติก ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวมากกว่าการแช่อิ่มแบบช้า ทำให้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวมลดลงไปด้วย

4. การอบแห้งจำปาดะแบบใช้เตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 20 นาที และการทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมงให้ผลการทดลองที่ต่างกัน โดยการอบแห้งจำปาดะที่ให้อุณหภูมิสูง ส่งผลทำให้จำปาดะมีสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน ส่งผลทำให้เนื้อสัมผัสแห้ง เหนียว และผู้ทดสอบชิมไม่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์จำปาดะที่อบแห้งด้วยวิธีการนี้

5. คุณค่าทางโภชนาการของจำปาดะอบแห้งพบว่า มีจำปาดะอบแห้งสูตรที่พัฒนาขึ้นมีค่า (L* a* b*) เท่ากับ 47.18, 10.81, 39.87 มีค่าความแข็งเท่ากับ 12.63 นิวตัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นร้อยละ 13.37 และ aw เท่ากับ 0.7 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์รา มีค่าเท่ากับ 3.3×10^2 และ 2.2×10^2 ซึ่งตรงตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักผลไม้อบแห้ง (มผช. 136/2558) ที่กำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^6 และ ยีสต์ รา ต้องน้อยกว่า 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ส่วนคุณค่าทางโภชนาการ พบว่า ปริมาณใยอาหารและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 18.96 และ 23.01 ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ให้พลังงาน1.12 กิโลแคลอรี่/1 ชิ้น

6. จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม เท่ากับ 3.85, 3.84, 3.69 3.8, 3.91 ตามลำดับคะแนนรวมทุกคุณลักษณะเท่ากับ 3,81 คะแนน โดยมีผู้บริโภคที่ตั้งใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ชนิดนี้หากมีการผลิตออกจำหน่ายคิดเป็นร้อยละ 90

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาครั้งต่อไปจึงควรศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ เนื่องจากหากเก็บในสภาวะที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

2. ควรศึกษาสารให้ความหวานประเภทที่ให้พลังงานต่ำสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแช่อิ่มอบกรอบ/อบแห้ง เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

3. ควรศึกษาวิธีการอบแห้งจำปาดะด้วยวิธีใหม่ๆ เช่น freeze dry vacuum dry หรือการอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟ

เอกสารอ้างอิง

เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์ ดวงแข สุขโข และดวงรัตน์ แซ่ตั้ง. (2559). *การพัฒนาศักยภาพเนื้อขนุนตกเกรดในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป*. รายงานวิจัย. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ก้องกษิต สุวรรณวิหค ภาวินี คามวุฒิ สมชาย ทองเนื้อห้า. (2556). *การสำรวจและศึกษาสายพันธุ์จำปาดะในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน*. รายงานการวิจัย. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรระนอง สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. (2546). *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จารุวรรณ กุลวิศว, สมเกียรติ ปรัชญาวรากร และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. (2550). ผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อ สารระเหยง่ายและคุณภาพทางกายภาพในกล้วยแผ่น. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ,* 30 (4), 611-621.

ฐานเศรษฐกิจ. (2562). สถาบันอาหารเผยส่งออกผลิตภัณฑ์ผลไม้ปี 59 เพิ่มขึ้น 19%. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2562, จาก: https://www.thansettakij.com/content/160997

ดวงกมล สุมนาชยานันท์. (2556). ผลของอุณหภูมิและรูปทรงต่อการทำแห้งมะเดื่อฝรั่งที่ผ่านการออสโมติกดีไฮเดรชั่น. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51, 6-7 กุมภาพันธ์ 2556. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนา ศิริโชติ. (2558). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมจำปาดะ.* รายงานการวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ธัญนันท์ ฤทธิ์มณี. (2560). คุณภาพและพฤติกรรมการอบแห้งของมะเฟืองแช่อิ่มอบแห้งด้วยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชัน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 11*(1). 148 – 159.

นัยทัศน์ ภู่ศรัณย์. (2530). ผลของการสกัดเปกตินจากส่วนเหลือใช้ของจำปาดะ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.* 9(1), 99-104.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2557). *เคมีอาหาร.* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

พิสุทธิ หนักแน่น. (2555). *ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพแคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง.* รายงานวิจัย. คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์เกษตร. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ.

ไพบูลย์ อรัญนารถ. (2555). *จำปาดะ.* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2562, จาก http://www.paiboonrayong

ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุลและสากีนา ลาแมปะ. (2555). การอบแห้งขนุนด้วยพลังงานความร้อนร่วมของรังสีอินฟราเรด/ไมโครเวฟ และลมร้อน : จลนพลศาสตร์ คุณภาพและการทดสอบประสาทสัมผัส.

รพีพร ตลับใหม่. (2551). *การพัฒนากระบวนการผลิตมะกรูดแช่อิ่มอบแห้งด้วยเทคนิคเครื่องข่ายประสาทเทียม.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

รุ่งทิวา กองเงิน. (2560). คุณภาพของขนมสับปะรดแผ่นอบกรอบโดยใช้หม้ออบลมร้อน. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ.* 20(3). 149-158.

รุ่งทิวา กองเงิน, จิรภา พงษ์จันตา อุบลรัตน์ พรหมฟัง และธีรวัฒน์ เทพใจกาศ. (2559). *การพัฒนาขนมขบเคี้ยวแผ่นกรอบจากสับปะรดโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดร่วมกับหม้ออบลมร้อน.* รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

ลดาวัลย์ ช่างชุม. (2553). *การพัฒนากรรมวิธีการผลิตเปลือกเลมอนแช่อิ่มอบแห้ง.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราวุฒิ ครูส่ง. (2538). *จุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร.* สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ซ: กรุงเทพฯ.

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล สิริมา ชินสาร และนิสานารถ กระแสร์ชล. (2557). ผลของสภาวะการอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้นต่อคุณภาพของขนุนอบกรอบ. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.* 45(2) (พิเศษ), 105-108.

วิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์. (2558). *การประยุกต์ใช้ฟลาวร์เมล็ดจำปาดะในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ.* รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

วิไล รังสาดทอง. (2547). *เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.* บริษัท แท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด. กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยความหลากหลายทางชีวภาพ เฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา บรมราชินีนาถ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. (2556). [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2562, จาก: http://research.yru.ac.th/bry/gallery.

สิรินทัศน์ เลี่ยมแหลม. (2551). *คุณภาพของมะเดื่อแช่อิ่มอบแห้งด้วยเครื่องแห้งแบบถาด.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุกัญญา วงวาท. (2554). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังขนุนแผ่นอบกรอบ.* รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2549). *ผลไม้แช่อิ่ม.* สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. (2535). *เทคโนโลยีการระเหยน้ำ.* สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ซ: กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.(2550) . *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง (มผช. 136/2550).* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2562, จาก: http:// tcps.tisi.go.th

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.(2558). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แห้ง (มผช. 136/2558).).* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2562, จาก: http:// tcps.tisi.go.th

สุธีรา เลิศวุฒิชัยกุล. (2540). *การลดเวลาในการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง.* วิทยานิพนธ์วิทยศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล จุฑารัตน์ ทะสะระ เฉลิม ปานมา รัชนีกร นำชัย และยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. (2554). ปัจจัยของเงื่อนไขการอบแห้งต่อจลนพลศาสตร์และคุณภาพของการอบแห้งขนุน. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ.* 14(3), 83-91.

อนุชิต พลับรู้การ และ อรุณพร อิฐรัตน์. (2534). สมบัติทางเคมีและกายภาพของสารสกัดคาร์โบไฮเดรทจากเปลือกด้านในขนุนและจำปาดะ. *วารสารสงขลานครินทร์*. 13(2-3): 133-139.

อรุณี อภิชาติสรางกรู. (2530). *วิทยาศาสตร์อาหารทั่วไป.* เอกสารประกอบการสอน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Ahmad, J.I. (1995). Health and dietary fibre**.** *Nutrition and Food Science***,** 1, 18–22.

A.O.A.C. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC international. 17th ed.* Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Md.

Artnaseaw, A., Theerakulpisut, S., & Benjapiyaporn, C. (2010). Development of a vacuum heat pump dryer for drying chilli. *Biosystems Engineering, 105,* 130-138.

Chauhan, O. P., Singh, A., Singh, P., Raju, S., & Bawa, A. S. (2011). Effects of osmotic agents on colour, textural, structural, thermal, and sensory properties of apple slices. *International Journal of Food Properties 14*: 1037-1048

Khin, M.M., W. Zhou and C.O. Perera. (2007). Impact of process condititions and coatings on the dehydration efficiency and cellular structure of tissue during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*. 79, 817-827.

Korsrilabut, J., Borompichaichartkul, C. & Duangmal, K. (2010). Effect of invert sugar on the drying kinetics and water mobility of osmosed-air dried cantaloupe. *International Journal of Food Science and Technology, 45*: 1524-1531.

Luna-Guzman, I. & Barrette, D. (2010). Compassion of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology, 19*, 61-72.

Naknean, P. (2012). Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruit. *International Food Research Journal*. 19, 7-19.

Nath, A., & Chattopadhyay, P.K., (2008). Effect of process parameters and soy flour concentration on quality attributes and microstructure changes in ready-to-eat potato–soy snack using high-temperature short time air puffing, *LWT, 41*: 707–715.

Nathakaranakul, A., Jaiboon, P., & Soponronnarit, S. (2010). Far-infrared radiation assisted drying of longan fruit. *Journal of Food Engineering, 100*(4), 662-668.

Osorio-Díaz, P. Bello-Pérez, L. A., Agama-Acevedo, E., Vargas-Torres, A., Tovar, J. & ParedesLópez, O. (2002). In vitro digestibility and resistant starch content of

some industrialized commercial beans (Phaseolus vulgaris L.). *Food Chemistry*, 78, 333-337.

Peter, F. 1997. *Guideslingges for small scale fruit and vegetable Processor. Midway Technology Herford*, United Kindom.

Potter, N. N. and J. H. Hotchkiss. 1995. *Food Science***.** Chapman & Hall, New York.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

ก.1 การวัดค่าแรงกดของเนื้อสัมผัส (Compression force) (Anon, 1996)

อุปกรณ์

1. เครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable micro system รุ่น TA-XT2

วิธีการ

1. เลือกโปรแกรม Textureexpert English
2. ใช้หัววัดแบบหัวเข็มรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิลิตร Spherical stainless และติดฐานวางตัวอย่างลงบนฐานรองรับรูปทรงกระบอกกรวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร
3. ทำการวัดโดยให้หัวกดลงบนตัวอย่าง ซึ่งความเร็วของหัววัดขณะทดสอบ 5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วของหัววัดหลังการทดสอบ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที และให้หัววัดกดตัวอย่างลงเป็นระยะทาง 3 มิลลิเมตร
4. อ่านค่าแรงกดสูงสุดของตัวอย่างที่วัดได้จากค่า Maximum force

ก.2 การวัดค่าสี

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องมือวัดค่าสี (colour) ตรา Hunter lab รุ่น Cx 1471

วิธีการ

1.เปิดเครื่อง และเลือกโปรแกรม STANDARDIZE โดยกดปุ่มสัญลักษณ์ ⚡

2. ทำการ calibration
   - วางแผ่นสีดำมาตรฐาน (Black Glass) ในที่สำหรับวางตัวอย่าง แล้วกดสัญลักษณ์ ⚡
   - วางแผ่นสีขาวมาตรฐาน (White Glass) ในที่สำหรับวางตัวอย่าง แล้วกดสัญลักษณ์ ⚡
   - หน้าจอเครื่องจะปรากฏ L* a* และ b*
3. วางตัวอย่างในที่สำหรับวางตัวอย่าง แล้วกดปุ่มสัญลักษณ์ ⚡
4. อ่านผลที่ได้จากเครื่อง พร้อมบันทึกผลการทดลอง

ก.3 การวัดค่า Water activity; a_w

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่า Water activity; a_w
2. ตลับพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง

วิธีการ

1. รินตัวอย่างใส่ในตลับพลาสติก ร้อยละ 80-90
2. นำตลับใส่ใน Measuring chamber
3. ปิดฝา chamber โดยหมุนตามเข็มและปิดฝาครอบ
4. อ่านผลที่ได้จากเครื่อง พร้อมบันทึกผลการทดลอง

ก.4 การวัดความหนืด

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดความหนืด (Viscometer) ตรา Brook field รุ่น DV-I+
2. บีกเกอร์

วิธีการ

1. ทำการติดตั้งเครื่องกับเสาแกนตั้ง ปรับฟองอากาศในช่องกระจกให้อยู่ตรงกลางโดยปรับหัวหมุนใต้เสาแกนตั้ง

2. นำตัวอย่างใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ให้มีปริมาณมากพอ ต่อ RTD Temperater probe เข้ากับตัวอย่างเพื่อวัดอุณหภูมิของตัวอย่างขณะการวัดความหนืด

3. เปิดสวิทช์เครื่อง เลือกใส่หัวหมุน (spindle) ให้เหมาะสมกับตัวอย่าง ทำการใส่ค่าของ ขนาดหัวหมุน (select spindle) และค่าความเร็วที่ใช้ (select speed)

4. จากนั้นกด select display เครื่องจะแสดงค่าความหนืดของตัวอย่าง และอุณหภูมิของตัวอย่างขณะนั้น อ่านค่าความหนืดเป็นร้อยละ Viscometer Torqueหรือ CP Viscosity (centipoises, cp) โดยค่าที่ถูกต้องร้อยละ Viscometer Torque ควรเข้าใกล้ร้อยละ 100 มากที่สุด เมื่อใช้หัวหมุน และความเร็วที่เหมาะสม กรณีที่บนจอภาพปรากฏ %EEE %? หรือ %- แสดงว่าใช้หัวหมุน และความเร็วไม่เหมาะสม ให้กด motor off แล้วรอให้เข็มหยุดหมุนแล้วจึงทำการเปลี่ยนหัวหมุนที่ใช้

ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์คุณลักษณ์ทางเคมี

ข.1 การวิเคราะห์หาค่าพีเอช

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. กระบอกตวง (cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. เครื่องวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

2. วัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter

3. อ่านค่าและบันทึกผล

ข.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีของ A.O.A.C.(2000)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (moisture can)
2. ตู้อบไฟฟ้า (electric oven)
3. โถดูดความชื้น (desiccator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. อบภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3-4 ชั่วโมง นำภาชนะออกจากตู้อบใส่ไว้เพื่อรอให้เย็นลงนาน 15-30 นาที หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก

2. กระทำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้น้ำหนักที่แน่นอน หรือชั่งสองครั้งติดต่อกันผลต่างไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียด ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว

4. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง นำมาใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = 100 \times \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ข.3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธีของ A.O.A.C. (2000)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ย่อยโปรตีน (B-426) และเครื่องจับไอกรด (scrubber)
2. อุปกรณ์กลั่นโปรตีน (B-316)
3. กระบอกตรง ขนาด 100 มิลลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร
5. ปิเปตขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
6. บิวเรตต์ขนาด 25 มิลลิลิตร
7. ลูกแก้ว

8. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

9. สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) อัตราส่วน 1:10

10. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc H_2SO_4)

11. โซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 40

12. กรดบอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4

13. กรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

14. อินดิเคเตอร์ (indicater) เป็นสารผสมระหว่าง เมทิลเรดเมทิลีนบลู และโบรโมครีซอลกรีน

วิธีการ

ขั้นตอนการย่อย

1. ชั่งตัวอย่างของให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1 กรัม ใส่หลอดย่อยโปรตีนและทำแบลงค์ด้วย

2. ใส่สารผสม $CuSO_4.5H_2O$ และ K_2SO_4 ปริมาณ 5 กรัม

3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาณ 20 มิลลิลิตร

4. วางหลอดย่อยในเตาย่อยแล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบ ขวดใส่ด่างและเครื่องดัดจับไอกรดให้เรียบร้อย

5. เปิดสวิทซ์เครื่องดักจับไอกรดและเตาย่อย ทำการ Preheat โดยปรับอุณหภูมิไปที่ตำแหน่ง 10 เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นปรับเพิ่มอุณหภูมิไปที่ตำแหน่ง 8 ย่อยต่ออีก 60 นาที จนได้สารละลายใส

6. ปล่อยให้เย็น

ขั้นตอนการกลั่นและการไตเตรท

1. จัดอุปกรณ์กลั่น และเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่นด้วย แล้วเปิดสวิทซ์ให้ความร้อน (ทำการ Preheat ก่อนใช้)

2. นำขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่บรรจุกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาณ 20 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ซึ่งเติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยดเรียบร้อยแล้วไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

3. นำหลอดย่อยสารจากขั้นตอนการย่อยข้อ 6 พร้อมเติมน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าเครื่องกลั่น

4. เติมโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 40 จนสารละลายทั้งหมดเท่ากับ 100 มิลลิลิตร กลั่น ประมาณ 4 นาที (หรือดูจากสารละลายในหลอดเท่ากับ 150 มิลลิลิตร) ล้างลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

5. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล (หาความเข้มข้นมาตรฐาน) จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วง

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีนคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{(A-B) \times 1.4007 \times F}{W}$$

A คือ ปริมาณกรดที่ใช้ไตรเตรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาณกรดที่ใช้ไตรเตรตกับแบลงค์ (มิลลิลิตร)

N คือ ความเข้มข้นของกรด (นอร์มอล)

F คือ แฟรกเตอร์ เท่ากับ 6.25

W คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

ข.4 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน โดยใช้วิธีของ A.O.A.C. (2000)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (VELB)
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (thimble)
3. ภาชนะใส่ตัวอย่าง (extrection vessel)
4. ตู้อบไฟฟ้า (electric oven)
5. โถดูดความชื้น (desiccator)
6. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง (analytical balance)
7. ปิโตรเลียมอีเทอร์หรือเฮกเซน (petroleum ether หรือ hexane)

วิธีการ

1. อบ extraction vessel สำหรับหาปริมาณไขมันในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ถ้าอาหารเป็นอาหารชนิดที่มีไขมันมาก ให้ชั่ง 1-2 กรัม ถ้าเป็นชนิดที่มีไขมันน้อยให้ชั่ง 2-3 กรัม ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ในหลอดทดลอง

3. นำหลอดตัวอย่างใส่เข้าในเครื่อง แล้วกดปุ่มด้านหน้าเครื่องไปที่ตำแหน่ง washing

4. เติมสารตัวทำละลายเฮกเซนลงใน extrection vessel ทีทราบน้ำหนักแน่นอน ประมาณ 30 มิลลิกรัม วางบน heating plaste ดึงคานให้แน่น

5. ประกอบชุดสกัดไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิทซ์ให้ความร้อน

6. เปิดเครื่องมือสกัดไขมันพร้อมทั้งเปิดน้ำเข้า ตั้งอุณหภูมิ heating plate ที่ 180 องศาเซลเซียส

7. เปิดก๊อกให้อยู่ตำแหน่งตั้งตรงและผลักปุ่มด้านหน้าเครื่องไปที่ตำแหน่ง Immertion และเปิดสวิทซ์เริ่มให้ความร้อน เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที

8. เมื่อสิ้นสุดการสกัดผลักปุ่มด้านหน้าเครื่องไปที่ตำแหน่ง washing

9. reflux washing นาน 15 นาที

10. reflux washing เปิดก๊อกแล้วให้อยู่ในตำแหน่งขวางและรอการดูดกลับของตัวทำละลายเสร็จสิ้น

11. ปลดคานบังคับ extrection vessel ลง นำหลอดสำหรับใส่ตัวอย่างออก

12. ปล่อยตัวทำละลายลงในบีกเกอร์ (นำกลับไปใช้ใหม่)

13. นำ reflux washing อบในตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนังเพื่อใช้ในการคำนวณ

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมันคิดเป็นร้อยละ} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ข.5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า โดยวิธีของ A.O.A.C. (2000)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้อง

2. เตาเผา

3. โถดูดความชื้น (desiccator)

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้อง (porcelain dish) ที่แห้งและสะอาดในเตาเผาอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ปิดสวิทซ์ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น 30 นาที นำออกจากเตาเผา และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) นำไปชั่งน้ำหนัก

2. เผาถ้วยกระเบื้องซ้ำ ในเตาเผาอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ปิดสวิทซ์ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น 3-4 ชั่วโมง นำออกจากเตาเผา และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) ชั่งน้ำหนัก

3. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง บันทึกตัวอย่างน้ำหนัก

4. นำไปเผาในตู้ดูดควันด้วยไฟอ่อนจนหมดควัน แล้วจึงนำไปเผาต่อในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากเตาเผาและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก

5. นำไปเผาต่อในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำออกจากเตาเผาและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้าร้อยละ} = \frac{\text{น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างหลังเผา} - \text{น้ำหนักถ้วยเปล่า} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ข.6 การวิเคราะห์หาเยื่อใย โดยวิธีของ A.O.A.C. (2000)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดหาสารประกอบเยื่อใย (Fiber) ซึ่งประกอบด้วยถ้วยแก้วสำหรับใส่ตัวอย่าง (cruible) จำนวน 6 ใบ อุปกรณ์ควบแน่น และอุปกรณ์ให้ความร้อน
2. กระดาษกรอง whatman เบอร์ 1
3. ตู้อบไฟฟ้า
4. เตาเผา
5. โถดูดความชื้น
6. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด
7. สารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้นร้อยละ 1.25
8. สารละลายโปตัสเซียมโฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 1.25
9. N – Octanal ใช้เป็น Antifoam
10. Anhydrous acetone

วิธีการ

1. นำกระดาษกรองวางบนกระจกนาฬิกา แล้วนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำออกมาใส่ในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนัก เก็บไว้ใช้กรองในขั้นตอนต่อไปนี้ (ข้อ 6)

2. ชั่งตัวอย่างอาหารซึ่งผ่านการสกัดไขมันออกแล้ว ลงในถ้วยแก้วสำหรับวิเคราะห์สารเยื่อใยประมาณ 1 กรัม

3. เติมกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 1.25 จนถึงระดับ 150 มิลลิลิตร (ต้มให้เดือดก่อน)

4. เติม n–octanal 2-3 หยด

5. หลังจากส่วนผสมเดือดแล้ว ต้มต่ออีก 30 นาที (ขณะต้มให้เปิด วาล์ว ด้านหน้าเครื่องไปที่ตำแหน่ง close)

6. เปิดวาล์วไปที่ตำแหน่ง vacuum และกดสวิทซ์ vacuum เพื่อระบาย Sulfuric acid ออก

7. ล้างน้ำ 3 ครั้ง ด้วยน้ำกลั่นร้อนๆ ครั้งละ 30 ด้วยน้ำกลั่นร้อนๆ รั้งละ 30 มิลลิลิตร ในการล้างแต่ละครั้งให้ปิด วอล์ว ไปที่ตำแหน่ง Pressure และกดสวิทซ์ Pressure เพื่อดันในอากาศผ่านฐานของถ้วยแก้วทำให้ส่วนผสมในถ้วยแก้วคลุกเคล้ากันโดยตลอด

8. หลังจากปล่อยน้ำล้างครั้งสุดท้ายออกจนหมดแล้ว เติมสารละลายร้อยละ 1.25 โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ทำให้ร้อนไว้ก่อนแล้วลงไป 150 มิลลิลิตร พร้อมกับ n–octanal 2-3 หยด

9. ต้มให้เดือดนาน 30 นาที

10. ทำขั้นตอนที่ 6 และ 7 ซ้ำ

11. ล้างด้วยน้ำกลั่นเย็นอีก 1 ครั้ง

12. ทำให้แห้งโดยอบแห้งในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

13. ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำอีกครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม (จะได้น้ำหนักของเส้นใยหยาบรวมกับน้ำหนักของถ้วย)

14. นำถ้วยแก้วพร้อมกากที่อบแห้งแล้วไปเผา เช่นเดียวกับวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (550 องศเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง) น้ำหนักที่นำไปลบออกจากน้ำหนักในข้อ 13 จะได้เป็นน้ำหนักของเส้นใยหยาบที่ปราศจากเถ้า

คำนวณ

$$\text{ปริมาณเยื่อใย (ร้อยละ)} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ข.7 การวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนทั้งหมด (Boom Calorimeter)

วิธีการใช้เครื่อง Bomb calorimeter MODEL 1356

1. ON เครื่อง Bomb calorimeterและ ON เครื่อง Printer ที่สวิทซ์ ON/OFF ด้านขวามือ และกดปุ่มให้ไฟเขียวโชว์ที่ ON-LINE พร้อมทั้ง ON เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง

2. เมื่อ ON เครื่อง Bomb แล้วหน้าจอจะไปอยู่ที่ MAIN MENU

วิธีการ

1. การทำ STANDARD (ไม่ต้องทำทุกครั้ง เพราะเครื่องดื่มจะจำค่าที่ทำ STD ไว้ได้) การทำ STANDARD โดยการชั่ง BENZOIC ACID ซึ่งเป็นตัว STANDARD1 เม็ด โดยชั่งน้ำหนักประมาณ

1000 กรัม จะให้ค่า EE(ENERGY EQUIVALENT) โดยประมาณ 2400±15 CALORIES PER องศาเซลเซียส

การชั่งน้ำหนัก STANDARD หรือน้ำหนักตัวอย่างมี 2 วิธี คือ การส่งข้อมูลนำหนักผ่านเครื่องชั่งไฟฟ้า และวิธีการคีย์ลงบน KEYBOARD เอง

วิธีส่งข้อมูลผ่านเครื่องชั่ง โดยวางน้ำหนัก STANDARD หรือน้ำหนักตัวอย่างลงบนเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่งน้ำหนักโดยประมาณ 1 กรัม แต่ไม่เกิน 2 กรัม กดปุ่ม F1 ที่เครื่อง BOMB เครื่องตาม STANDARDID และ ENTER เครื่องจะให้เลือกว่าจะ TRANSFER น้ำหนักโดยส่งมาจากเครื่องชั่งหรือจะกดน้ำหนักลงบน KEYBOARD เอง โดยเลือด ENTER อีกครั้ง จะขึ้น WEIGHT BUSY ให้กดปุ่ม PRINT ที่เครื่องชั่งน้ำหนักจะโชว์ที่หน้าจอ DISPLAY 1 วินาที และจะให้ ENTER น้ำหนัก STANDARDIDNO. ต่อไปได้ต่อเนื่อง

การใส่น้ำหนักโดยวิธี MANUAL เมื่อชั่งน้ำหนักที่ใช้แล้วจดจำนวนน้ำหนักไว้ กด START ที่เครื่อง BOMB เครื่องจะขึ้น BOMB ID ให้ใส่ NO.BOMB ID และ ENTER เครื่องจะถาม SAMPLB ID NO. เดิมหรือเบอร์ต่อไปให้ ENTER SAMPLE ID NO. เดิมและ ENTER เครื่องจะเริ่มทำงานทันที

เมื่อได้น้ำหนักเรียบร้อยแล้ว นำ STANDARD หรือตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้วนั้นไปวางบน LOOP ของ BOMB HEAD หรือฝาลูก BOMB โดยตัด FUSE WIRE ยาว 10 เซนติเมตร ปลายทั้งสองข้างของ FUSE WIRE สอดที่รูของ ELECTROD ทั้ง 2 ข้าง และให้ FUSE WIRE ติดกับตัวอย่าง ใส่ตัวอย่างลงใน ลูก BOMB และปิดฝาให้แน่นโดยหมุนจนหมดเกรียว นำหัวเติมออกซิเจนมากดที่หัววาล์วเติม และกด KRY BOARD ที่ปุ่ม O_2 FILL คอยสักครู่ จะมีเสียง DRAIN ลมทิ้ง พร้อม ARAM แสดงว่าการเติม O2 COMPLETE แล้วให้ดึงหัวเติมออกซิเจนออกจากลูก BOMB

นำ BUCKET บรรจุน้ำ 2 ลิตร หรือ 2000 กรัม โดยให้อุณหภูมิของน้ำใน BUCKET ต่ำกว่า อุณหภูมิห้อง หรือ JUCKET ประมาณ 3 องศาเซลเซียส นำลูก BOMB หย่อนลงใน BUCKET ที่เติมน้ำไว้แล้ว และเสียบสายดำ 2 เส้น ในช่องของหัว BOMB โดยไม่จำกัดซ้ายหรือขวาปิดฝาเครื่องกด START และ ENTER น้ำหนักต่างๆ เครื่องจะเริ่มทำงาน

เมื่อทำการวิเคราะห์เสร็จแล้วจะมี ALAM พร้อมปลิ้นผลทาง PRINTER

ในกรณีที่ BOMB STANDARD เมื่อได้ว่าความร้อนจะร้อนจะเป็นค่าความร้อนโดยประมาณ 2400 CAL/องศาเซลเซียส

การแก้ค่าความร้อนให้ถูกต้อง เมื่อ BOMB ตัวอย่างหรือ STANDARD เรียบร้อยแล้วเปิดฝาลูก BOMB ออกวัด FUSE WIRE ที่เหลืออยู่เซนติเมตรและหักออกจากที่ตัดไปคือ 10 เซนติเมตร นำ FUSE WIRE ที่ใช้ไปแทนค่าหักออกโดยกดคีย์บอร์ดที่ REPORT และ ENTERNO SAMPLE ID ที่ต้องแก้ไข ค่า FUSE และ ENTER ค่าFUSE ที่เหลือ

ข.8 วิเคราะห์น้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) (A.O.A.C. 2000)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ปิเปต ขนาด 10 และ 50 มิลลิลิตร
3. บิวเรตต์ขนาดความจุ 50 มิลลิลิตร
4. ขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร, 500 มิลลิลิตร
5. เตาให้ความร้อน หรือตะเกียงบุนเสน
6. กระดาษกรองเบอร์ 1 และเบอร์ 4

วิธีการ

1. ปิเปตสารละลายใสของน้ำตาลตัวอย่าง 50 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมกรดไฮโดรคลอริก 5 มิลลิลิตร
3. เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร
4. ต้มให้เดือดเบา ๆ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นทำให้เย็น

6. ถ่ายสารละลายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร
7. ทำให้สารละลายเป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 N โดยใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์
8. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 250 มิลลิลิตร
9. ไตเตรทหาปริมาณน้ำตาลเช่นเดียวกับวิธีติเตรทหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์
10. คำนวณหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์

ค.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count) ได้แก่ จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิต่ำ จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญด้วยเทคนิค pour plate (BAM, 2001)

สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate count agar (PCA)
2. peptone water ร้อยละ 0.1

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ลงในถุงที่มี peptone water ร้อยละ 0.1 ที่ปลอดเชื้อจำนวน 225 มิลลิลิตร แล้วทำให้เข้ากันโดยการเขย่าเป็นเวลา 1 นาที
2. ทำการเจือจางให้ 10^{-1}-10^{-6} โดยใช้ peptone water ร้อยละ 0.1
3. ดูดตัวอย่างความเจือจางที่เหมาะสมจากข้อ 1.2 อย่างละ 1.0 มิลลิลิตร (ทำ 3 ซ้ำ) ลงในจานเพาะเชื้อ ที่ฆ่าเชื้อแล้ว
4. เทอาหาร PCA ซึ่งกำลังหลอมเหลวและมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อจานละประมาณ 15-20 มิลลิลิตร
5. เขย่าจานเพาะเชื้อให้อาหารเลี้ยงเชื้อผสมกับตัวอย่างที่เจือจาง โดยการหมุนจานเพาะเชื้อในทิศตามเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง ทวนเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง ทำอย่างระมัดระวังและรวดเร็วเพื่อไม่ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวก่อน
6. ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว
7. สำหรับจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญ นำไปใส่ใน anaerobic jar แล้วกำจัดอากาศออก
8. บ่มเพาะเชื้อที่ 4 องศาเซลเซียส (จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิต่ำ) และ 35-37องศาเซลเซียส (จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญ) ในลักษณะคว่ำจานเพาะเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
9. ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อประมาณ 30- 300 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

$$\text{โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง} = \text{ค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนี} \times \text{ระดับความเจือจาง}$$

ค.2 การวิเคราะห์ยีสต์และรา (BAM, 2001)

สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Potato dextrose agar (PDA)
2. peptone water ร้อยละ 0.1
3. tartaric acid ร้อยละ 10

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ลงในถุงที่มี peptone water ร้อยละ 0.1 ที่ปลอดเชื้อจำนวน 225 มิลลิลิตร แล้วทำให้เข้ากันโดยการเขย่าเป็นเวลา 1 นาที

2. ทำการเจือจางให้เป็น 10^{-1}-10^{-6} โดยใช้ peptone water ร้อยละ 0.1

3. ดูดตัวอย่างความเจือจางที่เหมาะสมจากข้อ 1.2 อย่างละ 0.1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร PDA ที่ฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน 3 ซ้ำ

4. ใช้แท่งแก้งปราศจากเชื้อเกลี่ยตัวอย่างให้กระจายทั่วจาน

5. บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิห้อง ในลักษณะหงายจานเพาะเชื้อเป็นเวลา 5-7 วัน

6. ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อประมาณ 30-300 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง = ค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนี × ระดับความเจือจาง

ภาคผนวก ง. แบบสอบถามทางประสาทสัมผัส

ง.1 แบบทดสอบผลิตภัณฑ์จำปาดะที่ใช้สารละลายในการปรับปรุงเนื้อสัมผัส (9-point hedonic scale)

ชื่อผู้ทดสอบ...วันที่.......................................

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างพร้อมให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่าง และบ้วนปากก่อนทุกครั้งที่จะทดสอบตัวอย่างต่อไป โดยกำหนดให้ **ระดับการให้คะแนนที่ 1-9 ดังนี้**

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

คุณลักษณะ	**รหัสตัวอย่าง**	
ลักษณะปรากฏ		
สี		
กลิ่นจำปาดะ		
เนื้อสัมผัส		
รสชาติ		
ความชอบรวม		

ข้อเสนอแนะ

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

ง.2 แบบทดสอบวิธีการออสโมซิสที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์จำปาดะ (9-point hedonic scale)

ชื่อผู้ทดสอบ..วันที่.......................................

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างพร้อมให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่าง และบ้วนปากก่อนทุกครั้งที่จะทดสอบตัวอย่างต่อไป โดยกำหนดให้ **ระดับการให้คะแนนที่ 1-9 ดังนี้**

1= ไม่ชอบมากที่สุด	2= ไม่ชอบมาก	3= ไม่ชอบปานกลาง
4= ไม่ชอบเล็กน้อย	5= เฉยๆ	6= ขอบเล็กน้อย
7= ชอบปางกลาง	8= ชอบมาก	9= ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	**รหัสตัวอย่าง**			
ลักษณะปรากฏ				
สี				
กลิ่นจำปาดะ				
เนื้อสัมผัส				
รสชาติ				
ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะ

....

....

....

....

....

ง.3 แบบทดสอบวิธีการเหมาะสมของผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง (9-point hedonic scale)

ชื่อผู้ทดสอบ...วันที่.......................................

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างพร้อมให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่าง และบ้วนปากก่อนทุกครั้งที่จะทดสอบตัวอย่างต่อไป โดยกำหนดให้ **ระดับการให้คะแนนที่ 1-9 ดังนี้**

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

คุณลักษณะ	**รหัสตัวอย่าง**			
ลักษณะปรากฏ				
สี				
กลิ่นจำปาดะ				
เนื้อสัมผัส				
รสชาติ				
ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะ

....

....

....

....

....

ง.4 แบบสอบถามทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทั่วไป

แบบสอบถามความคิดเห็นผู้บริโภคผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง

คำอธิบาย: ผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง คือ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากจำปาดะที่ผ่านกระบวนการแช่สารละลายและวิธีการออสโมซิสเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสและรสชาติให้เหมาะสม

คำชี้แจง: กรุณาทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง ☐ ดังหัวข้อต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

กรุณาทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง ☐ ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. เพศ

☐ 1.) ชาย ☐ 2.) หญิง

2. อายุ

☐ 1.) ต่ำกว่า 20 ปี ☐ 3.) 31-40 ปี ☐ 5.) 51-60 ปี

☐ 2.) 21-30 ปี ☐ 4.) 41-50 ปี ☐ 6.) 60 ปีขึ้นไป

3. อาชีพ

☐ 1.) นักเรียน/นักศึกษา ☐ 4.) ข้าราชการ ☐ 7.) พนักงานบริษัท

☐ 2.) รับจ้างทั่วไป ☐ 5.) ธุรกิจส่วนตัว ☐ 8.) อื่นๆ............

☐ 3.) แม่บ้าน/พ่อบ้าน ☐ 6.) เกษตรกร

4. ระดับการศึกษา

☐ 1.) ต่ำกว่า ม.6 ☐ 3.) อนุปริญญา ☐ 5.) ปริญญาโท

☐ 2.) มัธยมศึกษา ☐ 4.) ปริญญาตรี ☐ 6.) สูงกว่าปริญญาโท

5. รายได้ต่อเดือน (ต่อบุคคล)

☐ 1.) น้อยกว่า 5,000 บาท ☐ 4.) 15,001-20,000 บาท

☐ 2.) 5,001-10,000 บาท ☐ 5.) 20,001-25,000 บาท

☐ 3.) 10,001-15,000 บาท ☐ 6.) มากกว่า 25,000 บาท

6. ภูมิลำเนา

☐ 1.) ปัตตานี ☐ 3.) นราธิวาส ☐ 5.) อื่นๆ...............

☐ 2.) สงขลา ☐ 4.) ยะลา

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการจำปาดะ

โปรดกรอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย / ลงในช่อ ☐ ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. คุณรู้จักจำปาดะหรือไม่ (ถ้าไม่รู้จักข้ามไปทำข้อ 2,3)

☐ 1.) รู้จัก ☐ 2.) ไม่รู้จัก

1.1คุณชอบรับประทานจำปาดะหรือไม่

☐ 1.) ชอบ ☐ 2.) ไม่ชอบ

1.2 คุณสามารถเลือกซื้อจำปาดะจากที่ใด

☐ 1.) ตลาด ☐ 3.) รถเข็น

☐ 2.) ร้านผลไม ☐ 4.) อื่นๆ..............

1.3 เกณฑ์ที่คุณใช้ในการเลือกซื้อจำปาดะ คือ

☐ 1.) รสชาติดี ☐ 2.) เป็นสินค้าขึ้นชื่อ ☐ 3.) อื่นๆ...........

2. หากมีการผลิตจำปาดะอบแห้ง เพื่อจัดจำหน่าย คุณคิดว่าจะซื้อหรือไม่

☐ 1.) ซื้อ ☐ 3.) ไม่แน่ใจ

☐ 2.) ไม่ซื้อ ☐ 4.) อื่นๆ...........

3. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์จำปาดะอบแห้ง หรือไม่

☐ 1.) ยอมรับ ☐ 2.) ไม่ยอมรับ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบ

1. กรุณาพิจารณา / ทดสอบตัวอย่างที่กำหนดและทำเครื่องหมาย / ลงในช่องว่าง ☐ ที่ตรงกับความรู้สึกของคุณมากที่สุด

ปัจจัยคุณภาพ	**ไม่ชอบมาก**	**ไม่ชอบ**	**บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ**	**ชอบ**	**ชอบมาก**
ลักษณะปรากฏ					
สี					
เนื้อสัมผัส					
รสชาติ					
ความชอบรวม					

ข้อเสนอแนะ

....

....

....

....

ขอขอบคุณที่ตอบแบบสอบถาม

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ – สกุล นางสาวกมลทิพย์ กรรไพเราะ

ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

สังกัด คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

ประวัติการศึกษา

- วท. ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
- วท. บ. (อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ผลงานทางวิชาการ

งานวิจัย

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2562). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์อัตลักษณ์อาหารท้องถิ่นใน 3 จังหวัดชายแดนใต้** คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2562). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาของข้าวหอมกระดังงาชนิดแท่ง** คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2562). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบ** คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2562). **การพัฒนาขนมไทยลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช** คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2561). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเจ๊ะเหมชงพร้อมดื่มพร้อมบริโภค** คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2560). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาล: น้ำสลัดแขกไขมันต่ำ.** คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2559). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแขกพาสเจอไรส์พร้อมบริโภค.** ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และ สุธีรา ศรีสุข. (2559). **รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาและใช้ประโยชน์จากดาหลาเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเชิงสุขภาพ**. ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, จีรวุธ มุนินทร์นพมาศ, อับดุลนาเซร์ ฮายีสาเมาะ, และ สุธีรา ศรีสุข. (2558). **รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำปรุงรสพริกไทยดำของหมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป**. ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตรมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

สมทบ เวทโอสถ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, และ อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. (2558). **รายงานการวิจัยเรื่องผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพผลของส้มโชกุน.** ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

บทความ

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2561). ผลของการใช้สารทดแทนน้ำตาลต่อคุณภาพของกัมมี่เยลลี่ดาหลา. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. 23(2): 944-958.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2559, กรกฎาคม-ธันวาคม). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาซาดีนแดดเดียวโดยใช้ตู้อบลมร้อน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย.** 2(1): 7-21.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และ สุธีรา ศรีสุข. (2559). การพัฒนากัมมี่เยลลี่ดาหลาพลังงานต่ำด้วยซูคราโลส. ใน**รายงานการประชุมงานประชุมวิชาการเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14 "เกษตรและสุขภาพ" (Agriculture and Health) ประจำปี 2559 วันที่ 1-2 พฤศจิกายน 2559.** (หน้า 309-315). พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สมทบ เวทโอสถ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, และอิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. (2558). ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพผลของส้มโชกุน. ใน**รายงานการประชุมบริการิชาการครั้งที่ 54 ประจำปี 2559 วันที่ 2-5 กุมภาพันธ์ 2559** (หน้า 3-9). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, จีรวุธ มุนินทร์นพมาศ, อับดุลนาเซร์ ฮายีสาเมาะ และ สุธีรา ศรีสุข. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำปรุงรสพริกไทยดำของหมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป. ใน**รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 4 ประจำปี 2558 วันที่ 5 สิงหาคม 2558** (หน้า 90 – 99). นราธิวาส : มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.

Kanpairo, K., Usawaketmanee, W., Sirivongpaisal, P. and Siripongvutikorn, S. (2012). The compositions and properties of spray dried tuna flavor powder produced from tuna precooking juice. **International Food Research Journal 19** (3), 893-899.

หนังสือ / เอกสารทางวิชาการ

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2559). **เอกสารประกอบการสอนวิชาเคมีผลิตภัณฑ์อาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 1. ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ผู้ร่วมโครงการ 1

ชื่อ – สกุล นางวิภาดา มุนินทร์นพมาศ

ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สังกัด คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

ประวัติการศึกษา

- วท. ม. (เทคโนโลยีอาหาร) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต หาดใหญ่
- วท. บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

ผลงานทางวิชาการ

งานวิจัย

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ, สุธีรา ศรีสุข, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, จีรวุธ มุนินทร์นพมาศ และ อับดุลนาเซร์ ฮายีสาเมาะ. (2558). **รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำปรุงรส สำหรับหมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป**. ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตรมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

บทความ (ถ้ามี)

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ, ซูไรดา วายุ และสุไฮลา วาเตะ. (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบรสพริกขี้หนู. **วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.** 8(1): 242-260.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, จีรวุธ มุนินทร์นพมาศ, อับดุลนาเซร์ ฮายีสาเมาะและสุธีรา ศรีสุข. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำปรุงรสพริกไทยดำของหมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป. ใน**รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 4 ประจำปี 2558 วันที่ 5 สิงหาคม 2558** (หน้า 90–99). นราธิวาส : มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ และภารดี พละไชย. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบปลารสกระเทียมพริกไทยดำ. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.** 7(1) : 15-27 .

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ และภารดี พละไชย. (2557). การพัฒนาผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบ (ปาลอ-กรือโป๊ะ) รสสาหร่าย. ใน**รายงานการประชุมทางวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 3 ประจำปี 2557 วันที่ 14 สิงหาคม 2557** (หน้า 12-22). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ และภารดี พละไชย. (2556). การพัฒนาผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบ (ปาลอ-กรือโป๊ะ) รสพริกหวาน. ใน**รายงานการประชุมทางวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้ง ที่ 2 ประจำปี 2556 วันที่ 19 สิงหาคม 2556** (หน้า 68-77). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

หนังสือ /เอกสารทางวิชาการ

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ. (2558). **สุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร.** เอกสารประกอบการสอน รายวิชาสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร, ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ. (2558). **หลักการถนอมและแปรรูปอาหาร.** เอกสารประกอบการสอนรายวิชาหลักการถนอมและแปรรูปอาหาร**,** ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ. (2557). **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารเบื้องต้น.** เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารเบื้องต้น, ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ. (2556). **อาหารและโภชนาการ.** เอกสารประกอบการสอนรายวิชาอาหารและโภชนาการ, ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ผู้ร่วมโครงการ 2

ชื่อ – สกุล	นางสาวภัทรวดี เอียดเต็ม
ตำแหน่งทางวิชาการ	อาจารย์
สังกัด	คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

ประวัติการศึกษา

- ปร.ด. (ผลิตภัณฑ์ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วท. ม. (วิทยาศาสตร์การอาหาร) มหาวิทยาลัยบูรพา
- วท. บ. (อุตสาหกรรมประมง) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

ผลงานทางวิชาการ

งานวิจัย

ภัทรวดี เอียดเต็ม และจริยา สุขจันทรา. (2559). **การศึกษากระบวนการผลิตน้ำปลาความเค็มต่ำจากเศษเหลือของโรงงานแช่เยือกแข็ง.** กรุงเทพฯ : สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)

ภัทรวดี เอียดเต็ม และภารดี พละไชย. (2560). **การพัฒนากระบวนการผลิตกล้วยหินอบม้วน.** ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ภัทรวดี เอียดเต็ม สุธีรา ศรีสุข และ ภารดี พละไชย (2560). **การพัฒนามาตรฐานการผลิตกาแฟเบตง(โกปี๊).** ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ภัทรวดี เอียดเต็ม กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง วิภาดา มุนินทร์นพมาศ นิภาภัทร กุณฑล และ นุชเนตร ตาเย๊ะ. (2560). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์โรตีกรอบเบตง**. ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ภัทรวดี เอียดเต็ม กมลทิพย์ กรรไพเราะ และ วิภาดา มุนินทร์นพมาศ. (2561). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มะม่วงหาวมะนาวโห่**. ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ภัทรดี เอียดเต็ม และ จริยา สุขจันทรา. (2561). **การพัฒนาปลาสวรรค์แผ่นกรอบจากปลาหลังเขียว**. ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ภัทรวดี เอียดเต็ม กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง และ จริยา สุขจันทรา. (2561). **การใช้แป้งมันขี้หนูทดแทนแป้งมันสำปะหลังบางส่วนในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาทูแขกปัตตานี**. ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

บทความ (ถ้ามี)

สุธีรา ศรีสุข, นิภาภัทร์ กุณฑล, และภัทรวดี เอียดเต็ม. (2560). ผลของการทดแทนกะทิด้วยน้ำมันปาล์มต่อคุณภาพของบูดูตูมิพร้อมบริโภค. *ใน* การประชุมวิชาการวิศกรรมอาหารแห่งชาติ ครั้งที่ 3 วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2560 (หน้า 212-218). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

หนังสือ / เอกสารทางวิชาการ

ภัทรวดี เอียดเต็ม. (2561). **เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง** เอกสารประกอบการสอนรายวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง, ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา