รายงานวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์และศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส: กรณีศึกษา อ.ธารโต จ.ยะลา

Product Development and Shelf life of seasoning fried SAJOR–CAJU Mushroom : Case study in Tanto Yala

กมลทิพย์ กรรไพเราะ

ภัทรวดี เอียดเต็ม

ภารดี พละไชย

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปี 2563

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

รายงานวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์และศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส: กรณีศึกษา อ.ธารโต จ.ยะลา

Product Development and Shelf life of seasoning fried SAJOR–CAJU Mushroom : Case study in Tanto Yala

กมลทิพย์ กรรไพเราะ
ภัทรวดี เอียดเต็ม
ภารดี พละไชย

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปี 2563
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หัวข้อวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์และศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส: กรณีศึกษา อ.ธารโต จ.ยะลา
ชื่อผู้วิจัย กมลทิพย์ กรรไพเราะ ภัทรวดี เอียดเต็มและภารดี พละไชย
คณะ/หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัย ราชภัฏยะลา
ปีงบประมาณ 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตเห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส โดยศึกษาวิธีการให้ความร้อนที่เหมาะสมก่อนนำเห็ดไปแปรรูป 3 รูปแบบคือ 1. ไม่ต้ม (control) 2. ลวกเห็ดโดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 3. นึ่งเห็ดโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากผลการทดลองพบว่า วิธีการให้ความร้อนที่ต่างกันส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าสี L* a* b* ค่า a_w และปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และยังส่งผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้งด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัสและความชอบรวมที่ต่างกันด้วย ($p<0.05$) โดยสภาวะที่เหมาะสมคือ การนำเห็ดไปนึ่งโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวมเท่ากับ 7.23 7.27 7.03 และ 7.10 ตามลำดับ จากนั้นศึกษาวิธีการทอดต่อคุณภาพเห็ดทอดปรุงรส 2 รูปแบบคือ 1) ทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสประมาณ 5 นาที อัตราส่วนน้ำมันปาล์มต่อเห็ดนางฟ้าคือ 3 : 1 และ 2) ทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ (Vacuum fryer) สภาวะในการทอดที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ความดันสุญญากาศ 620 มิลลิเมตรปรอท เวลา 15 นาที จากผลการทดลองพบว่าวิธีการทอดที่ต่างกันส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัส (ด้านลักษณะปรากฏ สี ความกรอบ และความชอบรวม) ที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) วิธีการทอดเห็ดที่เหมาะสมคือ การทอดเห็ดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ ซึ่งมีค่า L* a* b* เท่ากับ 26.99, 2.79, 4.22 ค่า a_w ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) และปริมาณไขมัน (ร้อยละ) เท่ากับ 0.46, 4.77 และ 32.48 ตามลำดับ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบรวมเท่ากับ 7.26, 7.30, 7.23, 7.53, 7.02 และ 7.63 ตามลำดับ เมื่อนำไปพัฒนาต่อเป็นเห็ดทอดรสสมุนไพรและวิเคราะห์ข้อมูลทางโภชนาการโดยเปรียบเทียบกับ มผช. เห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค พบว่า เห็ดทอดปรุงรสที่ผลิตได้มี a_w เท่ากับ 0.43 ปริมาณความชื้น เถ้า ใยอาหาร ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 10.94, 3.64, 8.68, 31.57, 9.11 และ 44.74 ตามลำดับ ให้พลังงาน

499.53 กิโลแคลอรี่/100 กรัม ไม่พบ Buthylated Hydroxy Toluene (BHT) (mg/kg) และButhylated Hydroxy Anisole (BHA) (mg/kg) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์น้อยกว่า 10^3 โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง จำนวนยีสต์และราน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ (มผช. เห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค 303/2547) จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 200 คนโดยใช้วิธีฮีโดนิคสเกลแบบ 5 ระดับพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ เท่ากับ 3.85, 3.84, 3.69, 3.80, 3.91 ตามลำดับ อยู่ในระดับชอบมาก ส่วนผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส โดยศึกษาวิธีการเก็บรักษา 3 รูปแบบ คือ 1) ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) 2) ถุงพลาสติกประเภท ประเภท polypropylene (PP) บรรจุสารดูดซับออกซิเจน 3) ถุงเมทัลไลท์ฟอยล์ (M-CPP, ฟอยล์) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29±องศาเซลเซียส) ผลการศึกษาพบว่า วิธีการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าสี L* a* b* ค่า a_w ปริมาณความชื้น ค่า TBA จุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อรา และการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งเห็ดทอดปรุงรสที่บรรจุในถุงพลาสติกทำจากฟิล์มชนิดโพลีโพรพิลีนสามารถเก็บรักษาได้ 30 วัน เห็ดทอดปรุงรสที่บรรจุในถุงพลาสติกทำจากฟิล์มชนิดโพลีโพรพิลีนและใช้สารดูดซับออกซิเจนสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ 45 วัน และการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ 75 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29+2 °C)

คำสำคัญ : เห็ดนางฟ้า การทอด อายุการเก็บรักษา

Research Title Product Development and study on the shelf life of seasoning fried SAJOR–CAJU Mushroom: a case study in Tanto Yala
Researchers Kamontip Kanpairo, Phattarawadee aeidtem and Pharadee Phalachai
Faculty Science Technology and Agricultural
University Yala Rajabhat University
Year 2020

Abstract

This research aimed to develop the production process of seasoning fried SAJOR – CAJU mushroom. To study the appropriate heating method before processing, the mushrooms were prepared in 3 forms; 1. Raw mushroom (control) 2. Blanched using water at 95 °C, and steamed at 80 °C for 10 minutes. The results were found that different heating methods affected both the quality and chemistry such as the color values (L*a*b*), Aw, and moisture content which were statistically different (p <0.05). They also affected the sensory acceptance in terms of appearance, color, texture, and overall liking (p<0.05). The optimum condition selected for the next study was the sample steamed at 80 °C for 10 minutes, with the panelists rated for appearance, color, texture, and overall liking of 7.23, 7.27, 7.03, and 7.10 respectively. The study of frying on the quality of seasoning fried SAJOR–CAJU mushroom was done in 2 methods; 1) deep-frying at 150 °C for 5 minutes, the ratio of palm oil to the mushrooms was 3: 1, and 2) frying with a vacuum fryer at 115 °C, vacuum pressure 620 mmHg for 15 minutes. The results showed that different flying methods significantly influenced (p<0.05) the quality of physical, chemical, and sensory acceptance (appearance, color, crispness, and overall liking. The optimum frying method was frying with a vacuum fryer, the sample had L* a* b* values of 26.99, 2.79 and 4.22 A_w, moisture content and fat content were 0.46%, 4.77%, and 32.48%, respectively. The panelists rated appearance, color, smell, crispness, taste and overall liking of 7.26, 7.30,

7.23, 7.53, 7.02, and 7.63, respectively. When it was further developed into the fried herb-flavored mushroom and analyzed the nutritional data comparing with the ready-to-eat seasoned mushrooms that meet Thai Community Product Standards, it was found that the fried herb-flavored mushroom had Aw, 0.43, percentage of moisture content, ash, dietary fiber, fat, protein, carbohydrate were 10.94, 3.64, 8.68, 31.57, 9.11, and 44.74, respectively and it provided energy 499.53 kcal/100g. Butylated Hydroxy Toluene (BHT) (mg/kg) and Butylated Hydroxy Anisole (BHA) (mg/kg) were not found. The microorganism content in the product was less than 10^3 cfu/g, the number of yeast and mold was less than 100 cfu/g which was within Thai Community Product Standards (seasoned mushroom, ready to eat 303/2004).

From the consumer acceptance test of 200 people using the 5-point hedonic scale method, it was found that the average liking scores for appearance, color, texture, and taste of the seasoning fried SAJOR–CAJU mushroom were 3.85, 3.84, 3.69, 3.80, and 3.91, respectively, on a very like level. To study storage methods, the sample of the seasoning fried SAJOR–CAJU mushroom were kept in 3 different types of storage; 1) in polypropylene (PP) plastic bags 2) in polypropylene (PP) plastic bags containing oxygen absorber, and 3) in metalite foil bags (M-CPP, foil) all stored at room temperature (29±2°C). The study found that different storage methods significantly affected the color values, L*a*b*, Aw, moisture content, TBA values, total microorganisms, fungi, and sensory acceptance (p<0.05). When the storage temperature was 29±2°C, the sample kept in the polypropylene bags alone could be stored for 30 days. When kept in PP bags containing oxygen absorbers, the sample could be stored for 45 days. Kept in the metalite foil bag, the sample could be stored for 75 days.

Keywords: SAJOR–CAJU Mushroom, Frying, Shelf-life

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ซึ่งได้สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย ส่งเสริมให้เกิดกระบวนการในการดำเนินการวิจัย ทำให้การวิจัยดำเนินไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ เพื่อใช้ในการดำเนินวิจัย

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้เสียสละเวลาในการเสนอแนะ ให้ข้อคิดเห็น และติดตามให้การทำวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้

การวิจัยครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานต่างๆ ที่ เกี่ยวข้อง จะได้นำไปเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัย หากมีข้อผิดพลาดประการใดในการทำวิจัย ครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอน้อมรับ เพื่อนำมาพัฒนาต่อไป

ขอขอบคุณในความร่วมมืออันดียิ่ง
กมลทิพย์ กรรไพเราะและคณะผู้วิจัย
(2563)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	1
ขอบเขตการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเห็ด	3
การทอด	6
วิธียืดอายุการเก็บรักษาอาหารทอด	12
บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	20
วัตถุดิบ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี	20
การดำเนินการวิจัย	23
การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้	27
ระยะเวลาการวิจัย	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	28
ผลการศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น	28
ผลการพัฒนากระบวนการผลิตเห็ดปรุงรสจากเห็ดนางฟ้า	28
การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ของเห็ดทองปรุงรส	36
ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส	38
ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส	42
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	57
สรุป	57
ข้อเสนอแนะ	58
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก	65
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ	65
ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์คุณลักษณ์ทางเคมี	66
ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์	74
ภาคผนวก ง. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	76
ประวัติผู้วิจัย	80

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบทางเคมีในเห็ดชนิดต่างๆจากส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม	5
2.2	การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ	14
4.1	สมบัติทางกายภาพและเคมีของเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการต้มและนึ่งด้วยไอน้ำ	29
4.2	การยอมรับทางประสาทสัมผัสของเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการต้มและนึ่งด้วยไอน้ำ	31
4.3	คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วมและทอดแบบสุญญากาศ	34
4.4	การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าทอดโดยทอดในสภาวะที่ต่างกัน	36
4.5	ข้อมูลทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสสูตรพัฒนาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค	37
4.6	ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส	38
4.7	ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส	40
4.8	ข้อมูลความชอบของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส	41
4.9	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อรา สำหรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในสภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน	51
4.10	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในรสในสภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน	55

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	เห็ดนางฟ้า	4
2.2	การส่องกราดเปลือกมันฝรั่งทอดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	6
2.3	การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผิวปลาแซลมอนทอดที่บรรจุภายใต้สภาพบรรยากาศ พร้อมตัวดูดซับออกซิเจนและสภาวะปกติระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 + 2 ° C)	16
2.4	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน ในบรรยากาศถุงบรรจุหมูสวรรค์ประเภทต่างๆ (ค่าที่ แสดงคือ ค่าเฉลี่ย n=6)	17
2.5	ข้าวเกรียบปลาในบรรจุภัณฑ์ 4 ชนิดคือ คือ 1. (ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2. บรรจุในถุงพลาสติกที่ทำจากเจลาติน+กลีเซอรีน (GEL/GlY) 3. บรรจุภัณฑ์ในถุงพลาสติกที่ทำจากเจลาติน+กลีเซอรีน+สารสลัดจากตับปลาฉลาม (GEL/GlY/SQ) และ 4. บรรจุในถุงพลาสติก Nylon/LLDP	18
2.6	ความกรอบ (crispiness) และความเหนียว (toughness) ของข้าวเกรียบปลาในบรรจุภัณฑ์ 4 ชนิดคือ คือ 1. (ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2. บรรจุในถุงพลาสติกที่ทำจากเจลาติน+กลีเซอรีน (GEL/GlY) 3. บรรจุภัณฑ์ในถุงพลาสติกที่ทำจากเจลาติน+กลีเซอรีน+สารสลัดจากตับปลาฉลาม (GEL/GlY/SQ) และ 4. บรรจุในถุงพลาสติก Nylon/LLDP	19
4.1	การเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* a* b* สำหรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในสภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน	44
4.2	การเปลี่ยนแปลงของค่า a_w สำหรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในสภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน	46
4.3	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นสำหรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในสภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน	47
4.4	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ TBA สำหรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในสภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน	49

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju (Fr.) Singers)* จัดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างหนึ่งของประเทศ มีผลผลิตออกสู่ตลาดทั้งปีโดยมีผลผลิตเห็ดรวมกว่า 121,900 ตัน/ปีคิดเป็นมูลค่า 6,116 ล้านบาท เห็ดนางฟ้าอุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆ ได้แก่ โปรตีน ธาตุเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัสและวิตามินต่างๆ นอกจากนี้ยังปราศจากไขมัน สามารถนำมาแปรรูปเป็นอาหารได้หลายชนิด แต่พบว่า การแปรรูปเห็ดนางฟ้าด้วยวิธีต่างๆ นั้น มักจะพบปัญหาที่เกิดขึ้น คือ การสูญเสียคุณค่าทางอาหาร คุณลักษณะทางธรรมชาติที่ดีไม่ว่าจะเป็นสีกลิ่นและกลิ่นรสตามธรรมชาติ

ผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าทอดปรุงรสจัดเป็นอาหารขบเคี้ยว (snack foods) ที่มีส่วนประกอบของเห็ดและเครื่องเทศ เช่น กระเทียม พริกไทย ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจสำหรับตลาดอาหารขบเคี้ยว เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีความกรอบเหมือนอาหารขบเคี้ยวทั่วไป จึงมีศักยภาพในการเป็นสินค้าส่งออกที่สามารถทดแทนอาหารขบเคี้ยวชนิดอื่นได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีการผลิตและวางขายอยู่ทั่วไปแต่ปัญหาที่พบคือไม่สามารถคงความกรอบไว้ได้เนื่องจากเกิดการอมน้ำมันที่เกิดขึ้นในกระบวนการทอด นอกจากจะส่งผลต่อความกรอบแล้ว ยังส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนและไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน ส่งผลอย่างมากต่อการกระจายสินค้า ซึ่งจากการลงพื้นที่โครงการฟาร์มตัวอย่างในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ อ.ธารโต จ.ยะลา ในโครงการยกระดับผลิตภัณฑ์ OTOP ตามพระราโชบาย พบว่า ทางกลุ่มผลิตเห็ดแปรรูปครบวงจร ซึ่งผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสก็เป็นสินค้าขึ้นชื่อของทางกลุ่มและมีปัญหาเรื่องอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญและสนใจที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว โดยศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษา ปัจจัยด้านกระบวนการผลิตและชนิดของบรรจุภัณฑ์

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของวัตถุดิบเบื้องต้นที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส
2. เพื่อศึกษาวิธีการให้ความร้อนที่เหมาะสมก่อนนำเห็ดไปแปรรูปเป็นเห็ดทอดปรุงรส
3. เพื่อศึกษาวิธีการทอดที่ส่งผลต่อคุณคุณภาพเห็ดทอดปรุงรส

4. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี คุณค่าทางโภชนาการ จุลินทรีย์และการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส

5. เพื่อศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ส่งผลต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้เห็ดนางฟ้าจากโครงการฟาร์มตัวอย่างฯ อ.ธารโต จ.ยะลา มาพัฒนากระบวนการเพื่อผลิตเป็นเห็ดทอดปรุงรส โดยศึกษาวิธีการให้ความร้อนแก่วัตถุดิบก่อนนำผลิตเป็นเห็ดทอดปรุงรส ศึกษาวิธีการทอดที่เหมาะสม จากนั้นนำมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี คุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณจุลินทรีย์ และการยอมรับทางของผู้บริโภคทั่วไปสำหรับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น รวมทั้งศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ส่งผลต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงวิธีการพัฒนากระบวนการผลิตเห็ดทอดปรุงรสทั้งกระบวนการให้ความร้อนและวิธีการทอด

2. ทราบถึงชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส

3. โครงการฟาร์มตัวอย่างฯ อ.ธารโต จ.ยะลา รวมถึงผู้ประกอบการแปรรูปเห็ดสามารถนำความรู้จากงานวิจัยไปต่อยอดรวมทั้งวางแผนกระจายสินค้าได้

นิยามศัพท์เฉพาะ

เห็ดปรุงรสพร้อมบริโภคหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเห็ดชนิดต่างๆ เช่น เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม มาตัดให้เป็นชิ้นหรือเส้น เติมเครื่องปรุงรสเช่น เกลือ น้ำตาล ซีอิ้วขาว อาจผสมเครื่องเทศหรือสมุนไพร เช่น กระเทียม เมล็ดผักชี ทำให้สุกโดยการทอดหรือวิธีอื่น หรืออาจทำให้สุกก่อนปรุงรสก็ได้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเห็ด

เห็ดจัดเป็นอาหารประเภทผักที่ปราศจากไขมัน มีปริมาณน้ำตาลและเกลือค่อนข้างต่ำ เป็นแหล่งโปรตีนที่ดี เมื่อเทียบกับผักอีกหลายชนิด อีกทั้งยังมีรสชาติและกลิ่นที่ชวนรับประทาน ซึ่งรสชาติที่โดดเด่นนี้มาจากการที่เห็ดมีกรดอะมิโนกลูตามิคเป็นองค์ประกอบ กรดอะมิโนตัวนี้จะทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นประสาทการรับรู้รสอาหารของกลิ่นและทำให้มีรสชาติคล้ายเนื้อสัตว์ นอกจากนี้เห็ดยังอุดมไปด้วยวิตามิน โดยเฉพาะวิตามินบีรวม (ไรโบฟลาวิน) และไนอาซิน ซึ่งจะช่วยควบคุมการทำงานของระบบย่อยอาหาร ในส่วนของเกลือแร่ เห็ดจัดเป็นแหล่งเกลือแร่ที่สำคัญ ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน จากรายงานทางวิทยาศาสตร์ด้านเห็ดพบว่า เห็ดมีสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น สารโพลีแซคคาไรด์ที่มีผลต้านเนื้องอกและสารที่ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกัน (วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2559:5) สารที่ลดคอเลสเตอรอล สารพวกโพลีแซคคาไรด์ที่มีผลต่อการลดน้ำตาลในเลือด รวมทั้งสารต้านอนุมูลอิสระ phenolic antioxidants เห็ดมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 19-35 โดยน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณกรดอะมิโนแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของเห็ด ซึ่งจากประโยชน์ที่กล่าวมาจึงมีผลิตภัณฑ์จากเห็ดเพิ่มมากขึ้นทั้งในรูปสดและแห้ง โดยผลิตภัณฑ์เห็ดแห้งมีโปรตีนมากกว่าร้อยละ 25 ไขมันน้อยกว่าร้อยละ 3 และมีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 50 เห็ดเป็นอาหารสุขภาพเพราะมีแคลอรีโซเดียม ไขมันและระดับคอเลสเตอรอลในปริมาณต่ำ นอกจากนี้ยังมีเส้นใยอาหารและ สาร β–glucan กลุ่มวิตามิน B วิตามิน D และสารอาหารที่มีประโยชน์อื่นๆ จำนวนมาก สาร β –glucan เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของใยอาหาร มีอยู่ในเห็ดจำนวนมากและมีความสามารถในการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด β–glucans มีบทบาทในการเป็นภูมิคุ้มกัน มีความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระที่ดี เส้นใยอาหารที่มีในเห็ดมีส่วนช่วยในการย่นระยะเวลาการลำเลียงกากอาหารของลำไส้ เพิ่มปริมาณความถี่และความสะดวกในการขับถ่ายอุจจาระ อีกทั้งยังป้องกันอาการลำไส้แปรปรวนและมะเร็งลำไส้ใหญ่ (อารยา มุสิกาและคณะ, 2556:7) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าเห็ดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ

2. เห็ดนางฟ้า

เห็ดนางฟ้ามีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Pleurotus sajor-caju (Fr.) Singers* ชื่อสามัญได้แก่ Grey oyster mushroom หรือ Indian mushroom หรือ Sajor–caju มีถิ่นกำเนิดในแถบภูเขาหิมาลัยในประเทศอินเดีย ในสภาพธรรมชาติชอบเจริญตามตอไม้ผุ ในบริเวณที่มีอากาศชื้นและเย็น เป็นเห็ดสกุลเดียวกับเห็ดนางรม และเห็ดเป๋าฮื้อ ลักษณะของดอกเห็ดนางฟ้าจะมีลักษณะคล้ายกับดอกเห็ดเป๋าฮื้อและดอกเห็ดนางรม เมื่อเปรียบเทียบกับเห็ดเป๋าฮื้อดอกเห็ดนางฟ้าจะสีอ่อนกว่า และมีครีบอยู่ชิดกันมากกว่า เห็ดนางฟ้าสามารถเก็บในตู้เย็นนาน 1-2 วันโดยไม่เน่าเสีย เช่นเดียวกับเห็ดเป๋าฮื้อ เนื่องจากเห็ดชนิดนี้ ไม่มีการย่อตัวเหมือนเห็ดนางรม ด้านบนดอกจะมีสี นวลๆ ถึงสีน้ำตาลอ่อน ในประเทศอินเดียดอกเห็ดจะมีขนาดตั้งแต่ 5–14 เซนติเมตร และจะมี น้ำหนักอยู่ระหว่าง 30–120 กรัม เห็ดนางฟ้ามีรสชาติอร่อย นำไปปรุงอาหารจะมีกลิ่นชวนน่ารับประทาน เห็ดชนิดนี้สามารถนำไปตากแห้งเก็บไว้ได้ เมื่อจะนำเห็ดมาปรุงอาหารก็นำไปแช่น้ำ เห็ดจะคงรูปได้ดังเดิม (จักรี ทองวิเศษ, 2556:8) (ดังภาพที่ 2.1)

ภาพที่ 2.1 เห็ดนางฟ้า
ที่มา : (จักรี ทองวิเศษ, 2556, หน้า 8)

2.1 ลักษณะทั่วไปของเห็ดนางฟ้า

1. หมวกดอก (Cap) หมวกดอกเป็นส่วนที่อยู่ปลายสุดของดอกที่เจริญเติบโตขึ้น ไปในอากาศ มีหน้าที่ปกป้องและเป็นที่ยึดของครีบดอก ดอกเห็ดนางฟ้าอาจจะออกมาเป็นดอกเดี่ยวๆ หรือเป็นกลุ่มจำนวน 2–4 ดอก หมวกดอกมีสีขาวนวลถึงสีน้ำตาลอ่อนมีเนื้อแน่น หมวกดอกมี ลักษณะแบบราบและกลางหมวกดอกจะเว้าเป็นแอ่ง ผิวเรียบ ด้านล่างของหมวกดอกจะมีครีบแผ่ไป ทั่วหมวกดอก เมื่อโตเต็มที่อาจเจริญเป็นแฉกแล้วม้วนเข้าทำให้ดูคล้ายกับหินปะการัง ถ้าเห็ดนางฟ้า เติบโตในธรรมชาติตามขอนไม้ดอกจะขึ้นเรียงรายลดหลั่นกันเป็นชั้นๆ

2. ก้านดอก (Stalk) ก้านดอกเป็นส่วนที่เชื่อมอยู่ระหว่างส่วนฐานกับหมวกดอกเห็ดแล้วเป็นเนื้อเดียวกันกับหมวกดอกคล้ายเห็ดเห็ดนางรม ก้านดอกมีหน้าที่ชูหมวกดอกเห็ดและลำเลียงอาหารให้แก่หมวกดอกเห็ด ก้านดอกจะติดอยู่กับหมวกดอกที่บริเวณตรงกลางหรือด้านข้าง ก้านดอกมีสีขาว เนื้อแน่น ที่ก้านดอกเห็ดนางฟ้าจะไม่มีวงแหวนและเปลือกหุ้มโคนก้านดอก

3. ครีบดอก (Gills) ครีบดอกเป็นส่วนที่อยู่ใต้หมวกดอกมีลักษณะเป็นแผ่นเล็กๆ วางเรียงกันอยู่จากจุดใกล้ก้านดอกเป็นรัศมีออกไปขอบหมวกดอก ครีบดอกของเห็ดนางฟ้ามีสีขาว มี ลักษณะตรง ผิวเรียบ ยาวตลอด ครีบดอกติดกับก้านดอก แบบ (decurrent) บริเวณครีบดอกจะเป็นแหล่งที่สร้างสปอร์ของเห็ดนางฟ้า

4. เส้นใย (Mycelium) เส้นใยของเห็ดนางฟ้าจะมีลักษณะค่อนข้างละเอียด มีสีขาวกว่าเส้นใยของเห็ดนางรมเล็กน้อยและการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดนางฟ้าจะมีลักษณะคล้ายเห็ดนางรม เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นเส้นใยมีสีใส มีผนังกั้นแบ่งออกเป็นช่องๆ เส้นใยชั้นที่ 1 จะไม่มีแคลมพ์คอนเนคชั่น ส่วนเส้นใยชั้นที่ 2 จะพบแคลมพ์คอนเนคชั่นที่บริเวณผนังกั้น ลักษณะการสืบพันธุ์ทางเพศเป็นแบบผสมข้ามโดยมียีนส์ควบคุมการผสมแบบ tetrapolar (ธณิกานต์ ธรสินธุ์สาวณีย์ ชัยเพชร และศิรินาถ ศรีอ่อนนวล, 2561:15)

เห็ดนางฟ้ามีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งประกอบไปด้วยน้ำ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เมื่อเปรียบเทียบกับเห็ดชนิดอื่นจำนวน 100 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบทางเคมีในเห็ดชนิดต่างๆจากส่วนที รับประทานได้ 100 กรัม

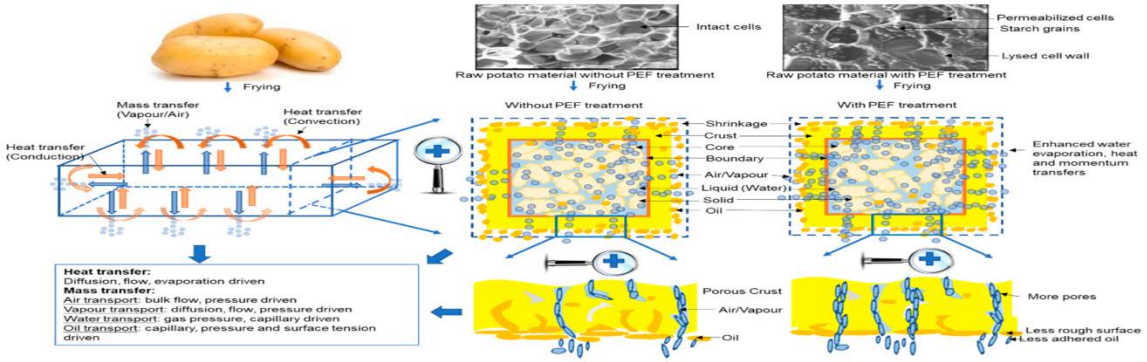
ส่วนประกอบทางเคมี		เห็ดนางฟ้า	เห็ดฟาง	เห็ดนางรม
น้ำ	(gm)	90.27	89.90	90.70
แคลอรี	(kcals)	33.32	32.38	32.59
ไขมัน	(gm)	0.07	0.07	0.04
คาร์โบไฮเดรต	(gm)	4.47	4.75	5.87
โปรตีน	(gm)	3.38	3.16	2.13
ใยอาหาร	(gm)	0.47	0.59	0.39
แคลเซียม	(mg)	1.90	5.56	1.32
เหล็ก	(mg)	0.85	1.27	1.08
ฟอสฟอรัส	(mg)	87.44	105.81	55.76
วิตามินบี 1	(mg)	0.006	0.011	0.07
วิตามินบี 2	(mg)	0.08	0.14	0.06

ที่มา : (จักรี ทองวิเศษ, 2556, หน้า 5)

3. การทอด

การทอดคือการจุ่มอาหารลงในน้ำมันร้อน จุดประสงค์ของการทอดคือ การปรุงอาหารให้สุกภายในระยะเวลาที่รวดเร็วและก่อให้เกิดลักษณะที่เฉพาะตัว เช่น ความกรอบ สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส กระบวนการทอดเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและมีหลายปัจจัยเป็นตัวกำหนดโดยพื้นฐาน (วนิดา บุรีภักดี, 2557:28) การทอดแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การทอดแบบน้ำมันท่วม และการทอดแบบน้ำมันตื้น

1. การทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep fat frying) การทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นวิธีพื้นฐานของการเตรียมอาหาร ทำให้เกิดคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสที่ต้องการ ได้แก่ ด้านกลิ่นรส สีน้ำตาลทอง และลักษณะเนื้อสัมผัสที่กรอบของอาหารทอด โดยการนำอาหารจุ่มอาหารในน้ำมันร้อน อุณหภูมิที่ผิวหน้าของอาหารเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว น้ำที่ผิวเดือดอย่างรวดเร็ว น้ำมันที่อยู่บริเวณผิวถูกทำให้เย็นลง ซึ่งน้ำมันนี้จะซึมเข้าไปในอาหารโดยการพาความร้อนดังแสดง ภาพที่ 2.2 แต่ถ้าปริมาณของน้ำมันมากเกินไปจนถึงจุดวิกฤติ อุณหภูมิของน้ำมันจะมีผลอย่างมาก เมื่อเริ่มเดือดการพาความร้อนเกิดจากเทอบูแลนของความดันไอน้ำเนื่องจากการระเหย ลักษณะที่ปรากฏจะทำให้ผิวหน้าชิ้นอาหารแห้งและนำไปสู่การหดตัวและพัฒนาการเป็นรูพรุนและผิวขรุขระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเกิดการระเหยอย่างรุนแรงจะเกิดรูพรุนขนาดใหญ่ น้ำภายในอาหารเกิดความร้อน เมื่อทอดอาหารเป็นเวลานานปริมาณน้ำในส่วนเปลือกนอกจะลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีเชิงกายภาพ เช่น การเกิดปฏิกิริยาการเกิดน้ำตาล ซึ่งทำให้เกิดผลดีทางด้านสีของเปลือกนอกของชิ้นอาหาร การทอดแบบน้ำมันท่วมสามารถลดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ส่งผลให้คุณภาพสี เนื้อสัมผัสของชิ้นอาหารและคุณภาพทางโภชนาการของอาหารดีขึ้น (วนิดา บุรีภักดี, 2557:33)



ภาพที่ 2.2 การส่องกราดเปลือกมันฝรั่งทอดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน
ที่มา: (วนิดา บุรีภักดี, 2557, หน้า 29)

2. การทอดแบบน้ำมันตื้น (Shallow frying)

เป็นการทอดโดยใช้น้ำมันน้อยเหมาะกับการทอดในครัวเรือน หรือการทอดอาหารบางชนิดที่ไม่ต้องการความสม่ำเสมอของสี เช่น โรตีและเบอร์เกอร์ คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารทอดขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันที่ใช้ ซึ่งน้ำมันจะต้องมีคุณภาพที่เหมาะสม เนื่องจากน้ำมันที่ใช้ทอดเป็นตัวกลางที่ถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารและทำให้อาหารสุก นอกจากนั้นยังช่วยไม่ให้อาหารติดกับภาชนะ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557; วนิดา บุรีภักดี, 2557:34)

3.1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของน้ำมันในระหว่างการทอด

1. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของน้ำมันในระหว่างการทอดอาหารน้ำมันโดยทั่วไปมีองค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์ประมาณ 96-99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในระหว่างการทอดอาหารนั้นน้ำได้รับความร้อนสูงถึง 160-180 องศาเซลเซียส และมีการสัมผัสกับออกซิเจนและน้ำ จึงมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีและเกิดสารประกอบมากกว่า 400 ชนิด นำไปสู่การเสื่อมสภาพของน้ำมันทอดอาหาร เช่น จุดที่ทำให้เกิดควันต่ำลง สีเข้มขึ้น กลิ่นรสเปลี่ยนไป ฟองมากขึ้น มีความหนืดเพิ่มขึ้น มีกรดไขมันอิสระ สารโพลาร์ และสารสารโพลีเมอร์เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพอาหารที่นำมาทอด

2. การเกิดออกซิเดชัน (auto oxidation) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเองแบบต่อเนื่องและตลอดเวลาเมื่อไขมันหรือน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ โดยเกิดที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นการเชื่อมต่อแบบเปอร์ออกไซด์ (peroxide linkage) ขึ้นระหว่างพันธะคู่ ทำให้เกิดกลิ่นหืนในไขมันและน้ำมัน กลิ่นหืนที่เกิดขึ้นเรียกว่า oxidative rancidity การเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเมื่อไขมันหรือน้ำมันได้รับอุณหภูมิที่สูงขึ้น มีการสัมผัสกับออกซิเจน แสง และสัมผัสกับวัตถุที่เป็นโปรออกซิแดนท์ (pro oxidant) เช่น ทองแดง ทองเหลือง ตะกั่ว ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น การเกิดกลิ่นหืนโดยปฏิกิริยานี้ทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างการถูกทำลาย มีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการของไขมันและน้ำมันลดลง และยังทำลายพวกวิตามินต่าง ๆ ที่ละลายในไขมันและน้ำมันอีกด้วย (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557:68)

3. การเกิดโพลิเมอร์ด้วยความร้อน (polymerization) ที่อุณหภูมิ 200-300 องศาเซลเซียสในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ไตรกลีเซอไรด์ในกรดไขมันไม่อิ่มตัวสามารถมารวมตัวกันเกิดเป็นโพลิเมอร์

ดังภาพที่ 2.2 โดยมีการเกิดพันธะใหม่ระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนอะตอมของออกซิเจนในโมเลกุลไขมัน ถ้าพันธะเหล่านี้เกิดขึ้นในกรดไขมัน 1 โมเลกุล จะทำให้เกิดกรดไขมันแบบต่อกันเป็นวง (cyclic fatty acid) ถ้าพันธะระหว่างกรดไขมัน 2 โมเลกุล อาจเกิดภายในโมเลกุลเดียวกันหรือระหว่างโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ทำให้กรดไดเมอริก (dimers) และถ้าเกิดพันธะข้ามระหว่างโมเลกุล ทำให้เกิดโพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้นอีก ซึ่งจะทำให้น้ำมันมีการเกิดฟอง (forming) มากขึ้นและมีการเกิดสารเหนียว (gumming) แสดงให้เห็นว่าน้ำมันมีการเสื่อมคุณภาพ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557:65)

4.การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อไขมันหรือน้ำมันได้รับความร้อนสูง เช่น ขณะทอดอาหารที่มีปริมาณน้ำมันหรือไขมันสูง ไขมันหรือน้ำมันจะถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) โมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) และกลีเซอรอล (glycerol) เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจะสลายตัวได้ สารพวกอะโครเลอิน (acrolein) ซึ่งระเหยกลายเป็นควันและมีกลิ่นเหม็น

3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมัน

1. การเกิดเปลือก (Crust formation) ซึ่งการเกิดเปลือกนอกของอาหาร มีความสัมพันธ์กับการแพร่กระจายของน้ำมันเป็นอย่างมาก เนื่องจากน้ำมันที่ถูกดูดซับเข้าไปในอาหาร โดยส่วนใหญ่มักปรากฏอยู่บริเวณเปลือกนอก

2. แรงตึงผิว (Interfacial tension) เมื่อเริ่มจุ่มอาหารในน้ำมัน น้ำมันที่เกาะที่ผิวหน้าอาหารจะมีแรงตึงผิวระหว่างผิวหน้าอาหารกับน้ำมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างน้ำมันด้วยกันเอง และเมื่อเวลาผ่านไปแรงตึงผิวระหว่างอาหารกับน้ำมันจะลดลงต่ำกว่าแรงดึงดูดระหว่างน้ำมันกับน้ำมัน ทำให้น้ำมันที่ผิวหน้าเคลื่อนที่เข้าไปภายในชิ้นอาหาร

3. ความพรุน (Porosity) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำมัน ซึ่งความพรุนจะบ่งบอกถึงช่องว่างภายในอาหาร ถ้าช่องว่างภายในอาหารมีมาก การดูดซึมก็จะมากขึ้นด้วย

3.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของอาหารทอด

1. ความชื้นของอาหาร เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยส่งผลต่อเนื้อสัมผัส เช่น ความเหนียว ความกรอบ เนื่องจากอาหารที่มีความกรอบจะมีความชื้นต่ำหาก

เก็บในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง อาหารจะดูดความชื้นจากบรรยากาศจนกระทั่งความชื้นภายในสมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ เรียกสภาวะนี้ว่าความชื้นสมดุลหรือความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Equilibrium Moisture Content หรือEquilibrium Relative Humidity, ERH) หรืออาจกล่าวในรูปของวอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity, a_w) หมายถึง สัดส่วนของความดันไอน้ำในอาหารต่อความดันไอน้ำบริสุทธิ์ที่อิ่มตัวในบรรยากาศที่คิดเป็นอัตราส่วน 1 ต่อ 100 ของความชื้นสมดุล เมื่ออาหารดูดความชื้นเข้าไปจะทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสโดยสูญเสียความกรอบ ซึ่งผู้บริโภคจะไม่ยอมรับอาหารที่ดูดความชื้นจนมี a_w เกิน 0.50 สภาวะปกติของการเก็บรักษาอาหารขบเคี้ยว ค่า a_w ควรอยู่ในช่วง 0.3 ถึง 0.5 นอกจากนี้ ความชื้นยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เมื่อค่า a_w เท่ากับ 0.3 อัตราการเกิดออกซิเดชันจะต่ำมาก เนื่องจากความชื้นในระดับนี้จะช่วยลดกิจกรรมของโลหะ โดยการจับกับอนุมูลอิสระหรือป้องกันการสัมผัสกับออกซิเจนและไขมันเมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้นเป็น 0.55 ถึง 0.85 อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของตัวเร่งปฏิกิริยาและออกซิเจน ดังนั้นการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงจำเป็นต้องเลือกชนิดบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้ดี

2. ออกซิเจน เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สามารถทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ที่มีในอาหาร เช่นไขมัน โปรตีนและวิตามิน หนังปลาแซลมอนประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงจึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวได้ง่าย กรดไขมันไม่อิ่มตัวเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ ทำให้เกิดสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydro peroxide) จำนวนมาก ไฮโดรเปอร์ออกไซด์เป็นสารประกอบที่ไม่เสถียร จะสลายตัวทำให้ได้สารประกอบคาร์บอน เช่น คีโตน (ketone) แอลดีไฮด์ (aldehyde) แอลกอฮอล์ (alcohol) สารพวกนี้จะระเหยทำให้เกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ วิธีการควบคุมปฏิกิริยาดังกล่าวทำได้โดยการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งจะต้องกำจัดก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุออกไป หรือเลือกวัสดุบรรจุที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดี นอกจากนี้การใช้สารต้านออกซิเดชัน จะช่วยยับยั้งหรือชะลอการเกิดออกซิเดชัน เช่น polyphenol ในเครื่องเทศ (spices) สารสกัดจากเมล็ดองุ่น ชา ขมิ้น ยูจีนอล (eugenol) ในกานพลู วิตามินซี (vitamin C), วิตามินอี (vitamin E), แอนโทไซยานิน (anthocyanin) ส่วนชนิดที่มีการสังเคราะห์มาใช้ เช่น Tertiary Butyl Hydro Quinone (TBHQ), Ethylene Diamine Trichloroacetic acid (EDTA)

3. ชนิดและองค์ประกอบของน้ำมันที่ทอด การทอดส่วนใหญ่ใช้น้ำมันในการทอดซึ่งทำให้อาหารที่ทอดมีการเปลี่ยนแปลงทั้งกายภาพและเคมี การเลือกใช้น้ำมันจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของอาหารทอด เนื่องจากน้ำมันมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันอิ่มตัวแตกต่างกัน ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมัน มีจุดเดือดและจุดติดไฟต่างกัน โดยที่น้ำมันปาล์มมีกรดไขมันอิ่มตัวที่ค่อนข้างคงตัว ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนช้ากว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว ดังนั้นการเลือกใช้น้ำมันจึงมีผลต่ออาหาร การใช้น้ำมัน 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันมะพร้าว ส่งผลต่อเนื้อสัมผัส การยอมรับของผู้บริโภคและสมบัติทางกายภาพต่างกันด้วย (รอมลี เจะดอเลาะ, 2559:48) การทอดโดยใช้อุณหภูมิสูงจะเป็นตัวเร่งให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพเร็ว เนื่องจากเกิดกรดไขมันอิสระมากขึ้น ทำให้สี กลิ่นและความหนืดของน้ำมันเปลี่ยนไป การเลือกน้ำมันทอดเป็นสิ่งสำคัญ ต้องพิจารณากรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นหลัก น้ำมันปาล์มโอเลอิน (oleic acid) จะมีจุดเกิดควันสูงและทนความร้อนได้มากกว่าน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น กรดลอริอิก (Lauric acid) และกรดไมริสติก (Myristic acid) ขณะที่น้ำมันปาล์มเคอร์เนล (Palm oil Kerrick) น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันดอกทานตะวัน และน้ำมันดอกคำฝอย มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งอยู่มาก ซึ่งน้ำไม่เหมาะสำหรับการทอดอาหารแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิสูง เป็นระยะเวลานาน เพราะมีโอกาสเกิดอนุมูลอิสระที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ได้มาก ซึ่งมีผลต่อสุขภาพและคุณภาพของน้ำมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันคาโนลา มีกรดไลโนเลนิก (Linolenic) มากถึงประมาณร้อยละ 7-8 ไม่ควรนำมาทอดอาหาร น้ำมันที่ใช้สำหรับการทอดอาหารต้องมีกรดไลโนเลนิก (Linoleic Acid) ไม่เกินร้อยละ 2 จากการศึกษาของ (จริยา สุขจันทรา, 2551:14) ที่ศึกษาผลของน้ำมันต่อสมบัติของกล้วยหินฉาบ พบว่าการใช้น้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว ส่งผลต่อการดูดซับของน้ำมันหลังการทอด ค่าวอเตอร์แอกตีวีตี้ (water activity; a_w) และค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value; P.V.) ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากน้ำมันแต่ละชนิดมีองค์ประกอบของกรดไขมันที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อจุดเดือดของน้ำมันในการถ่ายเทความร้อนสู่ตัวอย่างอย่างอาหารขณะทอด

4. อุณหภูมิของการทอดและระยะเวลาที่ใช้ทอด การทอดในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกัน บางผลิตภัณฑ์ใช้อุณหภูมิสูง บางผลิตภัณฑ์ใช้อุณหภูมิไม่สูงมากนัก ขึ้นอยู่ความต้องการของผลิตภัณฑ์สุดท้ายตามความต้องการของผู้บริโภค โดยทั่วไปอุณหภูมิของการทอดมักอยู่ในช่วง 160-200 องศาเซลเซียส การทอดอุณหภูมิต่ำจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีอ่อน กลิ่นรสที่เกิดจากการทอดน้อยและมีการดูดซึมน้ำมันมากกว่าการทอดที่อุณหภูมิสูง ยกตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่ใช้อุณหภูมิในการ

ทอด 180 และ 190 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทอด 10 และ 15 วินาที พบว่าอุณหภูมิและเวลาในการทอดมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม สมบัติทางกายภาพ ด้านความชื้นหลังทอด ค่าวอเตอร์เอกตีวีตี้ a_w ค่าสีการพองตัวและค่าความแข็งที่แตกต่างกัน (รอมลี เจะดอเลาะ, 2559:51)

5. การบรรจุและการเก็บรักษาอาหารทอด การบรรจุอาหารได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อที่จะสามารถช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารให้นานขึ้น รวมทั้งยังช่วยให้เกิดความสะดวกในการบริโภคและเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์นั้นๆ คำนิยามของการบรรจุ หรือ Packaging หมายถึง เทคนิคอุตสาหกรรมและการตลาดเพื่อบรรจุ คุ้มครอง สร้างเอกลักษณ์ให้ผลิตภัณฑ์ ส่งเสริมการจำหน่ายและการกระจายผลิตภัณฑ์ผลการการเกษตร ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและสินค้าอุปโภค/บริโภค ส่วนคำว่า ภาชนะบรรจุ หมายถึง ภาชนะหรือโครงสร้างใดๆ ที่ใช้เพื่อบรรจุ ห่อหุ้มและรวบรวมผลิตภัณฑ์ไว้เป็นหน่วยเพื่อนำส่งผลิตภัณฑ์ถึงผู้บริโภคในสภาพที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังรวมถึงฉลากและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการมัดหรือปิดผนึกภาชนะบรรจุด้วย หน้าที่ของภาชนะบรรจุอาหารคือ ใช้สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ถนอมรักษา ะคุ้มครองผลิตภัณฑ์ และป้องกันการเสื่อมเสีย การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์อาหารต้องคำนึงถึงความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ การผลิตอาหารประเภททอดหรืออบกรอบเป็นวิธีหนึ่งในการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์และเอนไซม์ น้ำในอาหารจะระเหยไปบางส่วนทำให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้หรือปริมาณน้ำอิสระของอาหารลดลง ปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบต่ออายุการเก็บของอาหารระหว่างกระบวนการผลิตบรรจุและการเก็บรักษาได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณความชื้น แสง และแก๊สออกซิเจน โดยตัวแปรเหล่านี้เป็นสิ่งเร่งให้อาหารในบรรจุภัณฑ์เกิดการเสื่อมสภาพก่อนเวลาอันควร โดยทั่วไปอายุการเก็บรักษาของอาหารประเภทนี้ขึ้นกับ 2 ปัจจัยหลัก คือ ความชื้น และปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นซึ่งทำให้ความกรอบลดลงและเกิดการเหม็นหืนได้ (ธวัช นุสนธรา และพิริยะ ศรีเจ้า, 2557:15)

3.4 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร

1. ตัวผลิตภัณฑ์วัตถุดิบอาหารแต่ละประเภท มีสมบัติและองค์ประกอบแตกต่างกันทั้งองค์ประกอบทางชีวเคมี ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น ปริมาณน้ำในอาหารหรือค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยทั่วไปการยืดอายุการเก็บจึงต้องการควบคุมองค์ประกอบข้างต้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

2. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุทำหน้าที่ในการป้องกันสินค้าจากการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อม และรักษาคุณภาพอาหารให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ยาวนานตามอายุการเก็บรักษา

3. สิ่งแวดล้อม เป็นปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของอาหารระหว่างกระบวนการการผลิต บรรจุและการเก็บรักษา ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณความชื้น แสง และแก๊สออกซิเจน โดยตัวแปรเหล่านี้

เป็นสิ่งเร่งให้อาหารในบรรจุภัณฑ์เกิดการเสื่อมสภาพก่อนเวลาอันควร (ธวัช นุสนธรา และพิริยะ ศรีเจ้า, 2557:14)

4. วิธีการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารทอด

เป็นวิธีการถนอมอาหารที่มีวัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ชะลอการเสื่อมเสียของอาหาร (food spoilage) จากสาเหตุต่าง ๆ ทั้งด้านจุลินทรีย์ เคมี และทางกายภาพ โดยการถนอมอาหารจะเน้นการรักษาคุณภาพด้านต่าง ๆ ของอาหารทั้งทางด้านรสชาติ คุณค่าทางโภชนาการให้เป็นที่ยอมรับและทำให้อาหารปลอดภัย (food safety) ต่อการบริโภค (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2563:1)

5. บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ

บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ เป็นนวัตกรรมการควบคุมองค์ประกอบของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งโดยมากใช้สารประกอบเคมีที่มีสมบัติพิเศษในการดูดหรือคายก๊าซบางชนิด ได้แก่ สารดูดออกซิเจน สารดูดเอทิลีน (เป็นก๊าซที่เกิดจากผลไม้ ทำให้ผลไม้สุก) สารดูดกลิ่น สารควบคุมความชื้น สารคายคาร์บอนไดออกไซด์หรือสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ คือ การป้องกันอาหารและขณะเดียวกันก็ควบคุมสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ โดยการยอมหรือสกัดกั้นการแพร่ของแก๊สต่างๆ จากภาชนะบรรจุให้มีความเหมาะสมตามความต้องการของอาหารหรือผลิตผลนั้น เพื่อยืดอายุและรักษาคุณภาพของอาหาร บรรจุภัณฑ์ฉลาก (Smart packaging) คือ วัสดุหรือฟิล์มที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สามารถเกิดปฏิสัมพันธ์กับก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์และส่งผลถึงการปรับสภาพบรรยากาศอย่างต่อเนื่อง เช่น การลดปริมาณก๊าซหรือเพิ่มปริมาณก๊าซในบรรยากาศรอบๆ ผลิตภัณฑ์อาหารจนเข้าสภาวะสมดุลเพื่อชะลอการเสื่อมสภาพได้ (สุชาดา เลาหศิลป์สมจิตร, 2561:36)

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสามารถแบ่งตามลักษณะเทคโนโลยีได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1) Sachet-Based Technology คือ การใช้สารดูดหรือคายแก๊ส โดยบรรจุในซอง เล็กๆ (Packet หรือ sachet) และ sachet จะถูกใส่เพิ่มในภาชนะบรรจุหลักของอาหาร ซึ่งเหมาะสมกับอาหารอบแห้งต่างๆ ขนมเค้กหรือเนยแข็ง

2) Plastic Packaging as media คือ การผสมสารดูดหรือคายแก๊สในพลาสติกที่เป็นบรรจุภัณฑ์โดยตรง ได้แก่ ฟิล์มที่มีสารผสมเพื่อยับยั้งหรือทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารหรือการใช้ฟิล์มพลาสติกผสมด้วยสารดูดออกซิเจนเป็นซีล (Seal) ด้านในของฝาขวดเบียร์

3) ฟิล์มและสารเคลือบบริโภคได้ หมายถึงการใช้วัสดุที่บริโภคได้ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และส่วนผสมของสารดังกล่าว โดยทำเป็นแผ่นบางหรือเคลือบบนผิวของอาหารด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การห่อหุ้ม การจุ่ม การแปรง หรือการพ่นฝอยให้คงรูป เพื่อป้องกันการแพร่ผ่านของแก๊ส ไอระเหย และสารต่างๆ ที่เข้าออกจากอาหารได้และลดการเสียหายจากการขนส่ง โดยคงคุณภาพตลอดอายุการเก็บ ซึ่งคุณลักษณะของฟิล์มและสารเคลือบที่บริโภคได้จะมีลักษณะอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร อาหารต่างชนิดกันต้องการฟิล์มหรือสารเคลือบที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาถึงสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์นั้น ได้แก่ คุณสมบัติในการป้องกันการแพร่ผ่านของความชื้นและแก๊ส รวมถึงสภาพการเก็บ การขนส่ง กระบวนการผลิตและวัตถุประสงค์ในการผลิต เช่น ผลิตภัณฑ์มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงมากจำเป็นต้องใช้ฟิล์มที่มีการต้านทานการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนสูง หรือในผักผลไม้สดจำเป็นต้องเคลือบฟิล์มเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นและการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เป็นต้น (วีรเวท ยุทโธ, 2555:34)

ประเภทบรรจุภัณฑ์และวิธีการเก็บรักษาอาหารทอด มีหลากหลายรูปแบบ ดังนี้

การใช้สารดูดความชื้น

สารดูดความชื้นคือ วัตถุดูดซับความชื้นใช้สำหรับกำจัดความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารในภาชนะบรรจุ ได้แก่ การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อราในอาหารแห้ง การเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาเคมีต่างๆ การเกิดสีน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส ได้แก่ การสูญเสียความกรอบ การเกาะตัวเป็นก้อนของอาหารผงการหดตัว และการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส โดยวัตถุดูดซับความชื้นจะทำหน้าที่กำจัดความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์ดังนี้

1) ความชื้นจากผลิตภัณฑ์อาหาร
2) ความชื้นที่หลงเหลืออยู่ภายในบรรจุภัณฑ์
3) ความชื้นจากไอน้ำที่ซึมผ่านจากภายนอกเข้าสู่บรรจุภัณฑ์

โดยสารดูดความชื้นที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรมสำหรับอาหาร ได้แก่ ซิลิกาเจล แคลเซียมออกไซด์ และ activated clay โดยการใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารนิยมใช้ในรูปแบบบรรจุซอง

นวพร สัมมาพรต และปัญณวิชญ์ สมภูเวช (2559:50) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ โดยนำหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมสารดูดความชื้นวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 6 สัปดาห์ซึ่งคุณภาพที่วิเคราะห์ได้แก่ปริมาณความชื้น ค่าสีและวัดค่าเนื้อสัมผัส ตรวจผลจุลินทรีย์ สัปดาห์ที่ 0 2 4 และ 6 แสดงผลดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ

คุณภาพทางกายภาพ	ระยะเวลาการเก็บรักษา(สัปดาห์)			
	0	2	4	6
ค่าa_w ^{ns}	0.42±0.01	0.40±0.01	0.40±0.00	0.41±0.01
ปริมาณความชื้น ^{ns}	2.40±0.37	2.35±0.25	2.23±0.14	2.18±0.42
- L*	52.42±0.02^{a}	52.08±0.13^{a}	52.2±0.02^{a}	45.83±1.37^{b}
- a*	19.60±0.04^{a}	17.02±0.03^{a}	16.83±0.51^{b}	16.97±0.14^{b}
- b*	31.23±0.02^{a}	30.06±0.14^{a}	29.78±0.03^{b}	29.35±0.33^{b}
ค่า Hardness	5.93±0.11^{a}	5.69±0.39^{a}	4.87±0.61^{b}	4.33±0.58^{c}
ค่า Crispness	5.33±0.58^{a}	5.24±0.74^{a}	5.08±0.38^{b}	4.96±0.22^{b}
ทางจุลชีววิทยา				
เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
เชื้อ *Escherichia coli*	<3	<3	<3	<3
ยีสต์และรา	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ที่มา: (นวพร สัมมาพรต และปัญญวิชญ์ สมภูเวช, 2559, หน้า 50)

จากตารางที่ 2.2 สรุปได้ว่า การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ พบว่า ปริมาณความชื้นของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบมีปริมาณความชื้นลดลงเนื่องจากสารดูดความชื้นมีผลทำให้ภาวะภายในภาชนะบรรจุมีปริมาณความชื้นต่ำมีการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ ดังนั้นหน่อไม้แผ่นทอดกรอบจึงมีการคายความชื้นเกิดขึ้นอย่างช้าๆ พบว่า ค่า a_w ของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ จะลดลงและคงที่ในช่วง 2-4 สัปดาห์เนื่องจากการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ไม่มีการซึมผ่านของความชื้นจากภายนอกและการบรรจุพร้อมสารดูดความชื้นจะทำให้ความชื้นและออกซิเจนในอากาศต่ำ ดังนั้นความชื้นในหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบจึงถ่ายออกมาเข้าสู่สภาวะสมดุลทำให้มีค่าต่ำและสามารถเก็บได้นานแต่จะเริ่มเพิ่มขึ้น ในสัปดาห์ที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่าสีพบว่าถุงอลูมิเนียมฟอยล์ป้องกันแสงที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดี ส่งผลให้ค่าสีที่แสดงเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ การวัดค่าเนื้อสัมผัสพบว่า ค่าความแข็งและค่าความกรอบมีค่าต่างมาก เนื่องจากการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ไม่มีการซึมผ่านของความชื้นจากภายนอกและการบรรจุพร้อมสารดูดความชื้นทำให้ผลิตภัณฑ์ยังกรอบอยู่ การตรวจผลทางจุลชีววิทยาพบว่า จากการตรวจทุก 2 สัปดาห์เป็น เวลา 6 สัปดาห์นั้นไม่พบเชื้อใดๆ จากตัวผลิตภัณฑ์ของหน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.65 ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์หรือเจริญเติบโตได้

การใช้สารดูดซับออกซิเจน สารดูดซับออกซิเจนถูกนำมาใช้ในการเก็บรักษาอาหารเพื่อให้มีระดับก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกอยู่ในระดับต่ำซึ่งช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของอาหารจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและยืดอายุการเก็บรักษานอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการเกิดออก ออกซิเจนการเปลี่ยนสีในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

หลักการใช้สารดูดซับความชื้น

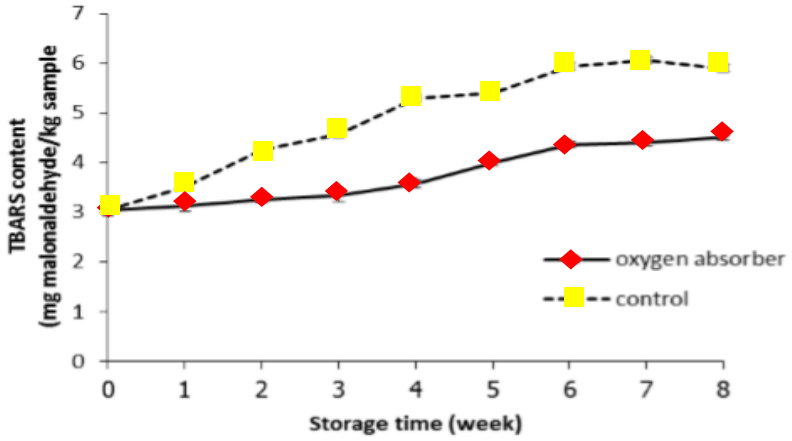
1) ปริมาณออกซิเจนในช่องว่างระหว่างผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์

2) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในอาหาร

3) อัตราการซึมผ่านของบรรจุภัณฑ์

องค์ประกอบหลักของสารดูดซับออกซิเจน คือ ผงเหล็ก ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวดีออกซิไดซ์ ปกติแล้วผงเหล็กมักบรรจุในซองกระดาษเคลือบพลาสติก เช่น Ethylene-Vinyl Average (EVA) แล้วจึงใส่เข้าไปในบรรจุภัณฑ์ การใช้สารดูดซับออกซิเจนต้องอาศัยความชื้นที่เหมาะสมในการกระตุ้นการทำงานเนื่องจากความชื้นจากผลิตภัณฑ์ทำให้ผงเหล็กเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกลายเป็นสนิมเหล็กก๊าซออกซิเจนภายใน ภาชนะจึงถูกใช้ไป ส่งผลให้มีปริมาณเหลืออยู่น้อยกว่าร้อยละ 0.1 นอกจากนี้ก๊าซออกซิเจน ที่ซึมผ่านเข้ามาระหว่างทางการรักษาก็จะถูก ดูดซับไว้ด้วยสามารถควบคุมปริมาณออกซิเจนให้ต่ำกว่าร้อยละ 0.4 ตลอดอายุเก็บรักษา ส่งผลให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน (อรวรรณ ติวเถาว์, 2557:19)

อรวรรณ ติวเถาว์ (2557:77) ได้การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หนังปลาแซลมอนอบกรอบและหนังปลาแซลมอนทอดกรอบ โดยบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตภายใต้สภาวะดัดแปลงอากาศโดยการใช้ตัวดูดซับออกซิเจน และสภาวะอากาศปกติเป็นชุดควบคุมที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) ทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทดสอบด้านประสาทสัมผัสทุกสัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ ค่า TBARS (ดังภาพที่ 2.3)



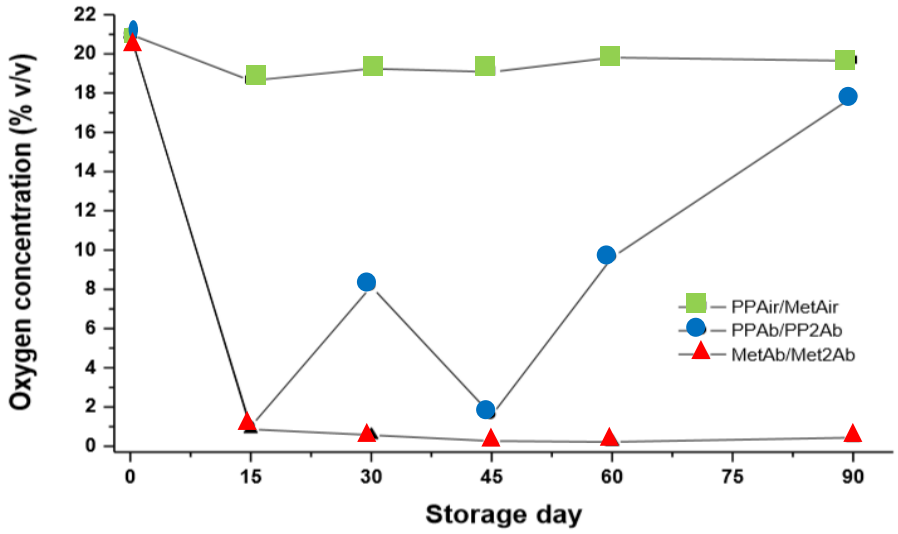
ภาพที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผิวปลาแซลมอนทอดที่บรรจุภายใต้สภาพบรรยากาศพร้อมตัวดูดซับออกซิเจนและสภาวะปกติระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30+2 ° C)

ที่มา: (อรวรรณ ติวเถาว์, 2557, หน้า 77)

จากภาพที่ 2.3 พบว่า ค่า TBARS เป็นดัชนีบ่งบอกถึงการเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในไขมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง จากผลการทดลองผลิตภัณฑ์หนังปลาแซลมอนทอดบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่สภาวะการบรรจุแบบปกติที่มีสารดูดซับออกซิเจนและชุดควบคุม พบว่า ตลอดอายุการเก็บรักษาค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีค่า TBARS สูงกว่า ตัวอย่างที่บรรจุแบบปกติที่มีสารดูดซับออกซิเจนอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

วีรเวทย์ อุทโธและคณะ (2560:191) ได้การศึกษาระดับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในถุง PP และถุงเมทัลไซล์ที่มีการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (air packaging) มี ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 18.65-19.64 % (v/v) ซึ่งลดลงจากความเข้มข้นในอากาศปกติ (20.9% v/v) เพียงเล็กน้อย การลดลงของความเข้มข้นก๊าซออกซิเจนเกิดขึ้นในช่วง 13 วันแรกของการเก็บรักษา จากนั้นค่าความเข้มข้นก๊าซออกซิเจนมีแนวโน้มคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 2.4) ความเข้มข้นที่ลดลงนั้นเป็นผลจากการทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่สวรรค์และก๊าซออกซิเจนนำไปสู่การเกิดกลิ่นหืน จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ถุงเมทัลไลซ์บรรจุหมูสวรรค์เพียงอย่างเดียวไม่สามารถลดการสะสมของก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ได้แม้ว่าถุงเมทัลไลซ์สามารถกันการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนได้ดี ทั้งนี้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นก๊าซ

ออกซิเจนแสดงให้ทราบว่า ก๊าซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ถูกใช้ไปในการเกิดปฏิกิริยากับหมูสวรรค์ในปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น การใช้ซองดูดซับก๊าซออกซิเจนในถุง PP ทั้ง 1 และ 2 ซอง ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนลดลงถึงระดับใกล้กับ 0.5-1% (v/v) ในช่วง 15 วันแรกของการเก็บรักษา จากนั้นความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนมีค่าเท่ากับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศปกติแสดงให้ทราบว่าประสิทธิภาพของซองดูดซับก๊าซออกซิเจนนั้นหมดไป ทั้งนี้เนื่องจากฟิล์ม PP ยอมให้ก๊าซออกซิเจนสามารถผ่านได้ดี จึงทำให้ซองดูดซับก๊าซออกซิเจนต้องกำจัดก๊าซออกซิเจนที่แพร่ผ่านเข้ามาภายในบรรจุภัณฑ์อย่างต่อเนื่องและนำไปสู่การเสื่อมสภาพของซองดูดซับก๊าซออกซิเจนที่เร็วกว่าการใช้ในถุงเมทัลไลซ์ซึ่งเป็นถุงพลาสติกที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนได้ดี ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นก๊าซออกซิเจนในถุง PP



ภาพที่ 2.4 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน ในบรรยากาศถุงบรรจุหมูสวรรค์ประเภทต่างๆ (ค่าที่ แสดงคือ ค่าเฉลี่ย n = 6)

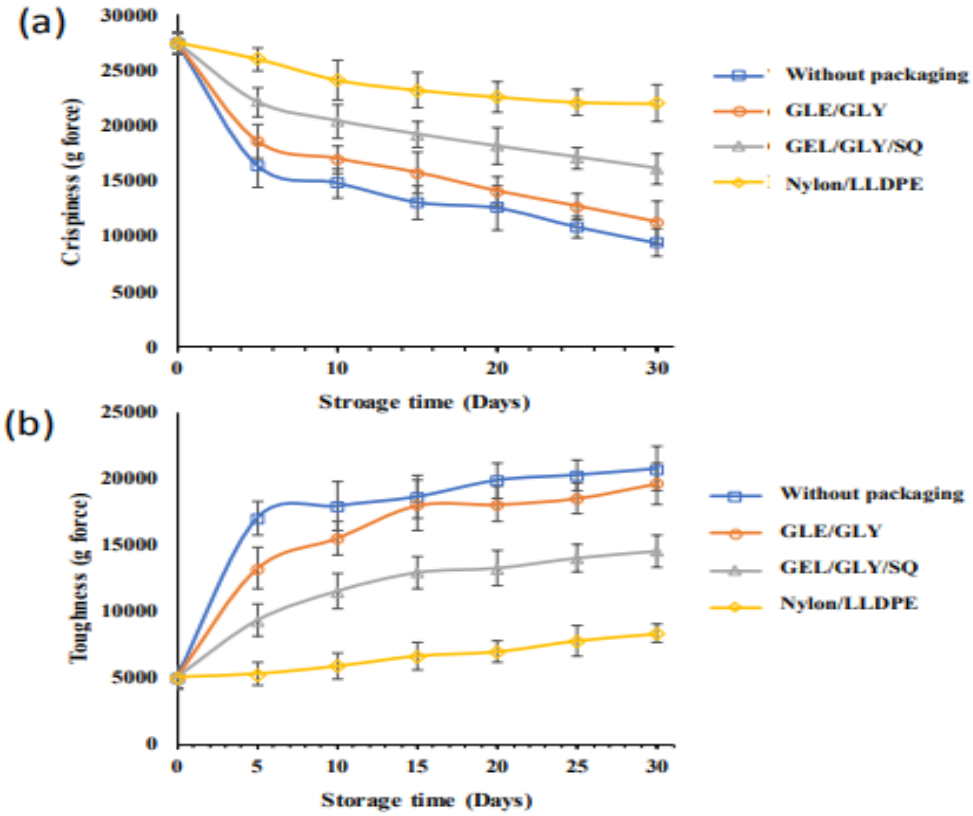
ที่มา: (วีรเวทย์ อุทโธและคณะ, 2560, หน้า 191)

5.1 การใช้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากเจลาติน บรรจุภัณฑ์อาหารมีบทบาทสำคัญในการยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพอาหาร ทั้งในด้านกลิ่นสี รสชาติ และความอร่อยให้คงอยู่จนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค ทั้งยังช่วยให้การขนส่งผลิตภัณฑ์มีความสะดวกมากขึ้น

Moula et al., (2020:10) ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ส่งผลต่อคุณสมบัติบางประการของข้าวเกรียบปลา โดยนำข้าวเกรียบปลา 41 กรัมมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 4 ชนิดคือ 1. ชุดควบคุม (ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์) 2. บรรจุในถุงพลาสติกที่ทำจากเจลาติน+กลีเซอรีน (GEL/GlY) 3. บรรจุภัณฑ์ในถุงพลาสติกที่ทำจาก เจลาติน+กลีเซอรีน+สารสลัดจากตับปลาฉลาม (GEL/GlY/SQ) และ 4. บรรจุในถุงพลาสติก Nylon/LLDPE ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28±0.5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5% เป็นเวลา 30 วัน จากนั้นนำมาวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านความกรอบ (crispiness) และความเหนียว (toughness) พบว่าปริมาณความชื้นและไขมันส่งผลต่อคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของอาหาร โดยทำให้ความกรอบของผลิตภัณฑ์ลดลงและมีความเหนียวมากขึ้น ข้าวเกรียบปลาที่บรรจุในถุงพลาสติก GEL/GlY และชุดควบคุม (ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์) มีค่าความกรอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตั้งแต่วันที่ 5 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ข้าวเกรียบปลาที่บรรจุใน GEL/GlY/SQ และ Nylon/LLDPE มีค่าความกรอบที่ค่อยๆลดลง ส่วนค่าความเหนียวของข้าวเกรียบปลาที่บรรจุในถุงพลาสติก GEL/GlY และชุดควบคุม (ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์) พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 5 ของการเก็บรักษาเช่นกัน ส่วนข้าวเกรียบปลาที่บรรจุใน GEL/GlY/SQ และ Nylon/LLDPE มีค่าความเหนียวที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งการบรรจุข้าวเกรียบปลาในบรรจุภัณฑ์ในถุงพลาสติก GEL/GlY/SQ และ Nylon/LLDPE ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ แสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์ที่ทำจาก GEL/GlY/SQ มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับพลาสติก Nylon/LLDPE คือช่วยป้องกันแสง อากาศ และความชื้น ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และเนื้อสัมผัสในข้าวเกรียบปลาเป็นไปอย่างช้า ๆ โดยสามารถเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาได้ 15–18 วัน ดังแสดงในภาพที่ 2.5 และ 2.6

ภาพที่ 2.5 ข้าวเกรียบปลาในบรรจุภัณฑ์ 4 ชนิดคือ คือ 1. (ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2. บรรจุในถุงพลาสติกที่ทำจากเจลาติน+กลีเซอรีน (GEL/GlY) 3. บรรจุภัณฑ์ในถุงพลาสติกที่ทำจากเจลาติน+กลีเซอรีน+สารสลัดจากตับปลาฉลาม (GEL/GlY/SQ) และ 4. บรรจุในถุงพลาสติก Nylon/LLDP

ที่มา: (Moula et al., 2020, pp. 10)



ภาพที่ 2.6 ความกรอบ (crispiness) และความเหนียว (toughness) ของข้าวเกรียบปลาในบรรจุภัณฑ์ 4 ชนิดคือ คือ 1. (ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2. บรรจุในถุงพลาสติกที่ทำจากเจลาติน+กลีเซอรีน (GEL/GlY) 3. บรรจุภัณฑ์ในถุงพลาสติกที่ทำจากเจลาติน+กลีเซอรีน+สารสลัดจากตับปลาฉลาม (GEL/GlY/SQ) และ 4. บรรจุในถุงพลาสติก Nylon/LLDP

ที่มา: (Moula et al., 2020, pp. 11)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี

วัตถุดิบในการผลิตเห็ดทอดปรุงรส

1. เห็ดนางฟ้าที่อยู่ในระยะบานเต็มที่ โดยคัดเลือกดอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 - 6 เซนติเมตร จากโครงการฟาร์มตัวอย่างฯ อ.ธารโต จ.ยะลา
2. น้ำตาลทราย (ตรามิตรผล บริษัท อุตสาหกรรมแป้งไทย จำกัด)
3. น้ำมันปาล์ม (ตรามรกต บริษัท ไซม์ ดาร์บี้ ออยล์ จำกัด)
4. ซีอิ้วขาว (บริษัทหยั่น หว่อ หยุ่น คอร์เปอเรชั่น จำกัด)
5. ตะไคร้ พริกขี้หนู ใบมะกรูด กระเทียม (ตลาดสด อ.เมือง จ.ยะลา)

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

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางกายภาพ

- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyser) รุ่น TA-XTplus ตรา Surrey, England
- เครื่องวัดค่าสี (colorflex) ตรา Hunterlab รุ่น CX 1471, Japan

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

- เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (Water activity) ตรา Aqualab รุ่น Ss36090, U.S.A.

- 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

นำเห็ดนางฟ้าที่อยู่ในระยะบานเต็มที่ ลักษณะดอกเห็ดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-6 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก ล้างทำล้างทำความสะอาด มาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

- ค่าสี โดยใช้เครื่อง (Hunter) ตรา Color flax รุ่น CX 1471
- ปริมาณน้ำอิสระในอาหารโดยใช้เครื่องวอเตอร์แอกตีวีตี้ ตรา Aqualab รุ่น Ss 36090
- ปริมาณความชื้น โดยวิธี (A.O.A.C. 2000)

2. ศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตเห็ดปรุงรสจากเห็ดนางฟ้า

2.1 ศึกษาวิธีการให้ความร้อนที่เหมาะสมก่อนนำเห็ดไปแปรรูป

นำเห็ดนางฟ้าที่อยู่ในระยะบานเต็มที่ ลักษณะดอกเห็ดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-6 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก ล้างทำความสะอาด จากนั้นนำมาฉีกเป็นเส้นยาวประมาณ 5–6 เซนติเมตร และศึกษากระบวนการให้ความร้อนก่อนนำไปทอด 3 รูปแบบคือ 1. ไม่ต้ม (control) 2. ลวกเห็ดโดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสด้วยอัตราส่วนน้ำสะอาดต่อเห็ดคือ 10 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 5 นาที ตักขึ้นจากน้ำ นำมาวางบนกระดาษอเนกประสงค์เพื่อซับน้ำออกจากเห็ด 3. นึ่งเห็ดโดยใช้ความร้อนจากไอ

น้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสด้วยอัตราส่วนน้ำต่อเห็ดคือ 10 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 10 นาที นำมาวางบนกระดาษอเนกประสงค์เพื่อซับน้ำออกจากเห็ด (ดัดแปลงจากปรย เสาวลักษณ์และธงชัย สุวรรณชินณ์, 2551:93) จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพในด้านต่างๆดังนี้

- ค่าสี โดยใช้เครื่อง (Hunter) ตรา Color flax รุ่น CX 1471
- ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) โดยใช้เครื่องวอเตอร์แอกตีวีตี้ ตรา Aqualab รุ่น Ss 36090
- ปริมาณความชื้น โดยวิธี (A.O.A.C. 2000)
- ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ แบบ 9-Point Hedonic Scale ในปัจจัยคุณภาพต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point Hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน

คัดเลือกชุดการทดลองที่ดีที่สุดโดยใช้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส

2.2 ศึกษาผลของวิธีการทอดต่อคุณคุณภาพเห็ดทอดปรุงรส

นำเห็ดที่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบจากข้อ 2.1 มาอบด้วยตู้อบลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ให้เหลือปริมาณความชื้นของตัวอย่างหลังอบไม่เกินร้อยละ 6 จากนั้นศึกษาสภาวะในการทอด โดยในการทดลองนี้ศึกษาสภาวะการทอด 2 รูปแบบคือ 1) นำเห็ดนางฟ้ามาทอดแบบน้ำมันท่วมโดยใช้หม้อทอดไฟฟ้ายี่ห้อ OTTO รุ่น DF-375 ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ประมาณ 5 นาที อัตราส่วนน้ำมันปาล์มต่อเห็ดนางฟ้าคือ 3 : 1 จากนั้นนำมาพักไว้บนกระดาษซับน้ำมัน และ 2) ทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ (Vacuum fryer) ยี่ห้อ Owner Foods Machinery รุ่น VP-10M สภาวะในการทอดที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ความดันสุญญากาศ 620 มิลลิเมตรปรอท เวลา 15 นาที จากนั้นนำมาพักไว้บนกระดาษซับน้ำมัน (ดัดแปลงจากนภาพร ช้างทอง และ พรประภา ชุนถนอม., 2560:1612) วิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆดังนี้

- ค่าสี โดยใช้เครื่อง (Hunter) ตรา Color flax รุ่น CX 1471
- ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) โดยใช้เครื่องวอเตอร์แอกตีวีตี้ ตรา Aqualab รุ่น Ss 36090
- ปริมาณความชื้น โดยวิธี (A.O.A.C. 2000)
- ปริมาณไขมัน โดยวิธี (A.O.A.C. 2000)

- ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ แบบ 9-Point Hedonic Scale ในปัจจัยคุณภาพต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point Hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบ 50 คน

คัดเลือกชุดการทดลองที่ดีที่สุด เลือกสภาวะที่ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงสุดเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการทอดเห็ดนางฟ้า

2.3 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการรวมทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีของผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส โดยนำตัวอย่างที่ได้รับคัดเลือกจากข้อ 2.2 มาพัฒนาเป็นเห็ดทอดปรุงรสรสสมุนไพร โดยดัดแปลงสูตรของโครงการฟาร์มตัวอย่างฯ อ.ธารโต จ.ยะลา ซึ่งการเตรียมน้ำปรุงรสใช้ส่วนประกอบคือ น้ำตาลปี๊บ 130 กรัม ซีอิ้วขาว 40 กรัม กระเทียม 17 กรัม ตะไคร้หั่นฝอย 10 กรัม น้ำส้มสายชู 40 กรัม เกลือ 5 กรัม พริกขี้หนู 3 กรัม พริกไทยป่น 4.5 กรัม ใบมะกรูดหั่นฝอย 6 กรัม วิธีการทำคือนำส่วนผสมทั้งหมดใส่หม้อตั้งไฟอ่อนๆ เคี่ยวจนข้นเหนียว และนำเห็ดทอดที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 2.2 มาคลุกโดยใช้อัตราส่วนเห็ดทอดต่อน้ำปรุงรสคือ 3:2 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์ทางด้านคุณภาพในด้านต่างๆ เทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค (มผช. 303-2547:2) ดังนี้

- ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร ด้วยเครื่อง aqualab รุ่น Ss 36090
- ปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC. (2000)
- ปริมาณเถ้า ตามวิธี AOAC. (2000)
- ปริมาณโปรตีน ตามวิธี AOAC. (2000)
- ปริมาณไขมัน ตามวิธี AOAC. (2000)
- ปริมาณใยอาหาร ตามวิธี AOAC. (2000)
- พลังงานทั้งหมด ตามวิธี Gross heating value ด้วยเครื่อง Bomb calories Meter
- ค่าเปอร์ออกไซด์ ตามวิธี AOAC. (2000)
- ปริมาณสาร Buthylated Hydroxy Toluene (BHT) ด้วยวิธี DPPH (ส่งวิเคราะห์ ณ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา)
- ปริมาณสาร Buthylated Hydroxy Anisole (BHA) ด้วยวิธี DPPH (ส่งวิเคราะห์ ณ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา)
- จุลินทรีย์ทั้งหมด (A.O.A.C., 2000)
- ยีสต์และรา (A.O.A.C., 2000)

2.4 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป

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

2.5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส

นำผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสมาบรรจุในถุงพลาสติก โดยในงานวิจัยนี้ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิดคือ 1) ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) 2) ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) ที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจน 3) ถุงเมทัลไลท์ฟอยล์ ประเภท metalized cast polypropylene film (M-CPP, ฟอยล์) จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29±2 องศาเซลเซียส) โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทาง กายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ สุ่มเก็บตัวอย่างทุกๆ 15 วัน เป็นเวลา 90 วัน หรือจนกว่าตัวอย่างมีคุณภาพเสื่อมเสีย/ไม่เป็นที่ยอมรับ วิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

1. ตรวจสอบทางด้านกายภาพ ได้แก่
   - ค่าสี (L* a* b*) โดยใช้เครื่อง (Hunter) ตรา Color flax รุ่น CX 1471
2. ตรวจสอบทางด้านเคมี ได้แก่
   - ปริมาณน้ำอิสระในอาหารโดยใช้เครื่องวอเตอร์แอกตีวีตี้ ตรา Aqualab รุ่น Ss 36090
   - ปริมาณความชื้น โดยวิธี AOAC. (2000)
   - วิเคราะห์ปริมาณกรดไธโอบาบิทูริค (Thiobarituric acid , TBA) ตามวิธี AOAC (2000)
3. ตรวจสอบทางจุลินทรีย์ ได้แก่
   - ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดหมด (Total Bacterial Count)
   - ปริมาณเชื้อรา โดยวิธี A.O.A.C. (1990)

4. การยอมรับของผู้บริโภค

ตรวจสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทดสอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 9-point hedonic scale (ให้คะแนนความชอบ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด จนถึง 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด)

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในข้อ 2.1 และ 2.4 วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี ในแต่ละชุดการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Random Complete Block Design, RCBD) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ส่วนในข้อ 2.2 และ 2.3 นำข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวางแผนการทดลองแบบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ 2 วิธี แบบ Paired T-test

ระยะเวลาการวิจัย

30 กันยายน 2562 – 31 สิงหาคม 2563

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น

การศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น โดยนำเห็ดนางฟ้าสดที่อยู่ในระยะบานเต็มที่ ลักษณะดอกเห็ดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-6 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก ล้างทำล้างทำความสะอาด จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยนำเห็ดนางฟ้าสดจากฟาร์มตัวอย่าง อ.ธารโต มาวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ พบว่า เห็ดมีลักษณะเป็นสีขาว มีค่า L* a* b* เท่ากับ 63.00±0.79, 13.09±0.84 และ 23.27±1.06 ตามลำดับ มีค่า a_w เท่ากับ 0.996±0.04 และปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 89.95±2.00

ผลการพัฒนากระบวนการผลิตเห็ดปรุงรสจากเห็ดนางฟ้า

ศึกษาวิธีการให้ความร้อนที่เหมาะสมก่อนนำเห็ดไปแปรรูป

นำเห็ดที่ล้างสะอาดแล้วมาฉีกเป็นชิ้นเล็กขนาดยาว ประมาณ 4-6 เซนติเมตร ทิ้งให้สะเด็ดน้ำก่อนนำไปให้ความร้อน 3 รูปแบบคือ 1. ไม่ต้ม (control) 2. ลวกเห็ดโดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสด้วยอัตราส่วนน้ำสะอาดต่อเห็ดคือ 10 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 5 นาที ตักขึ้นจากน้ำ นำมาวางบนกระดาษอเนกประสงค์เพื่อซับน้ำออกจากเห็ด 3. นึ่งเห็ดโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสด้วยอัตราส่วนน้ำต่อเห็ดคือ 10 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

ค่าสี (L* a* b*)

จากการวิเคราะห์ค่าสี L* a* b* โดยค่า L* คือค่าความสว่าง a* คือค่าความเป็นสีแดงหรือสีเขียว b* คือค่าความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน จากการวิเคราะห์ค่าสีของเห็ดนางฟ้าก่อนนำไปแปรรูป พบว่ามีค่า L* a* b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.1) เห็ดนางฟ้าที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มหรือลวกมีสีคล้ำกว่าชุดที่ผ่านการต้มหรือลวกเนื่องจากเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อพืช เมื่อเซลล์ถูกทำลายทางกล เช่น การปอก เปลือก การหั่นชิ้น หรือการบด ทำให้เกิดปฏิกิริยาของสารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ในเซลล์พืชสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ โดยมีเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) เป็นตัวเร่ง

ได้เป็นสารประกอบ เชิงซ้อนสีน้ำตาล ซึ่งเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยานี้สามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อน (วิชมณี ยืนยงพุทธกาลและคณะ, 2560:1008) สอดคล้องกับการทดลองของปรย เสาวลักษณ์และธงชัย สุวรรณชิณน์ (2551:96) ที่กล่าวว่าการนำผัก/ผลไม้มาลวกหรือการต้มในน้ำก่อนนำอาหารไปแปรรูปจะช่วยกำจัดเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ทำให้การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลลดลง ช่วยทำให้สีของอาหารยังคงสดอยู่ ซึ่งนอกจากการลวกหรือการต้มในน้ำ จะช่วยลดการทำงานของเอนไซม์ PPO แล้วยังช่วยลดระยะเวลาในการทำแห้งลงได้ เนื่องจากความร้อนที่ใช้ทำให้เกิดการทำลายโครงสร้างบางส่วนทำให้เอื้อต่อการสูญเสียน้ำในระหว่างการทำแห้งได้ (Chen et al., 2012:275; Zhang et al., 2012:408)

ค่า a_w และความชื้น

จากการวิเคราะห์ค่า a_w และปริมาณความชื้นของเห็ดนางฟ้าทั้ง 3 ชุดการทดลองพบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.96–0.97 และมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 88.25-90.84 (ตารางที่ 4.1) โดยจากผลการทดลองพบว่าวิธีการต้มและนึ่งด้วยไอน้ำเห็ดที่ได้มีความชื้นน้อยกว่าเห็ดชุดควบคุม (ไม่ผ่านการต้ม/นึ่งด้วยน้ำ) เนื่องมาจากการต้ม/นึ่งมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์ได้โดยทำให้ความแข็งแรงของเนื้อเยื่อลดลง ส่งผลให้น้ำในชิ้นอาหารมีโอกาสระเหยออกไปเมื่อสัมผัสอากาศร้อนได้มากขึ้นและรวดเร็วขึ้นจึงทำให้ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลง (Jaworska et al., 2014:703; Girgin & El., 2015:123)

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการต้มและนึ่งด้วยไอน้ำ

คุณสมบัติ	**สภาวะในการเตรียมเห็ดนางฟ้า**		
	ควบคุม	**ต้ม 5 นาที**	**นึ่งด้วยไอน้ำ 10 นาที**
L*	44.18 ± 0.45^{c}	46.61 ± 0.88^{b}	49.70 ± 0.23^{a}
a*	10.67 ± 0.22^{a}	6.14 ± 1.08^{b}	5.7 ± 0.65^{c}
b*	22.39 ± 0.58^{a}	8.78 ± 0.45^{b}	9.1 ± 0.24^{b}
a_w	0.98 ± 0.02^{a}	0.96 ± 0.02^{b}	0.95 ± 0.04^{b}
ความชื้น (ร้อยละ)	91.84 ± 1.04^{a}	89.34 ± 0.64^{b}	88.25 ± 0.80^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

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

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส โดยนำเห็ดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีต่างๆ ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทุกคุณลักษณะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำสูงสุด โดยได้รับคะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวมเท่ากับ 7.23, 7.27, 7.03 และ 7.10 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแต่ละปัจจัยจะพบว่าสภาวะในการเตรียมเห็ดนางฟ้าก่อนนำไปทอดที่ต่างกันส่งผลต่อคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคที่ต่างกัน โดยการนึ่งเห็ดด้วยไอน้ำผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทางประสาทสัมผัสสูงกว่าทุกชุดการทดลอง เนื่องจากการนึ่งเห็ดด้วยไอน้ำยังคงคุณลักษณะด้านสีและเนื้อสัมผัสของเห็ดเอาไว้ กล่าวคือการนำเห็ดไปนึ่งด้วยไอน้ำเป็นการกำจัดเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ทำให้การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลลดลง ช่วยทำให้สีของเห็ดไม่คล้ำ (ของปรย เสาวลักษณ์และธงชัย สุวรรณชิณน์ (2551:96) นอกจากนี้เนื้อสัมผัสของดอกเห็ดยังไม่นิ่ม เละ เมื่อเปรียบเทียบกับการนำเห็ดไปต้ม เนื่องจากการต้มเป็นการทำลายโครงสร้างของเนื้อเยื่อโดยเฉพาะเพกตินจะหลุดออกจากโครงสร้างและลายลายไปกับน้ำ (พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์และคณะ., 2554:514) ส่งผลให้ผนังเซลล์สูญเสียความแข็งแรง เยื่อหุ้มเซลล์ของเห็ดอ่อนตัวลง ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของเห็ดนิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับดลฤดี พิชัยรัตน์และนพรัตน์ มะเห (2562:) ที่ศึกษาผลของการต้มต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเห็ดเสม็ดที่พบว่า การต้มเห็ดเสม็ดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีส่งผลให้เนื้อสัมผัสของเห็ดเสม็ดเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยเห็ดมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มลงเนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์อ่อนตัวลง ความแข็งแรงของโครงสร้างผนังเซลล์ลดลง เนื้อสัมผัสก็นิ่มลงด้วย จากข้อมูลจะพบว่าการต้มเห็ดส่งผลดีในด้านสีเนื่องจากเป็นการกำจัดเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ทำให้การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลลดลง ช่วยทำให้สีของเห็ดไม่คล้ำ แต่ด้านเนื้อสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนลดลงเนื่องจากเนื้อสัมผัสนิ่ม เละ เมื่อคะแนนด้านเนื้อสัมผัสลดลงผู้ทดสอบชิมก็ให้คะแนนด้านความชอบรวมลดลงด้วย ซึ่งสภาวะในการเตรียมเห็ดนางฟ้าที่เหมาะสมคือการนำเห็ดนางฟ้าไปนึ่งด้วยไอน้ำเป็นเวลา 10 นาที จึงนำเห็ดดังกล่าวไปแปรรูปในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.2 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการต้มและนึ่งด้วยไอน้ำ

คุณสมบัติ	สภาวะในการเตรียมเห็ดนางฟ้า		
	ควบคุม	ต้ม 5 นาที	นึ่งด้วยไอน้ำ 10 นาที
ลักษณะปรากฏ	6.70^{b}±1.73	7.10^{ab}±1.12	7.23^{a}±1.02
สี	6.77^{b}±1.33	6.90^{ab}±1.21	7.27^{a}±1.60
เนื้อสัมผัส	6.10^{c}±1.44	6.37^{b}±1.10	7.03^{a}±0.62
ความชอบรวม	6.47^{b}±1.53	6.53^{b}±1.57	7.10^{a}±0.48

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

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

ศึกษาผลของวิธีการทอดต่อคุณภาพเห็ดทอดปรุงรส

นำเห็ดที่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบจากข้อ 2.1 มาอบด้วยตู้อบลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นศึกษาสภาวะในการทอด โดยในการทดลองนี้ศึกษาสภาวะการทอด 2 รูปแบบคือ 1) ทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสประมาณ 5 นาที และ 2) ทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ (Vacuum fryer) สภาวะในการทอดที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ความดันสุญญากาศ 620 มิลลิเมตรปรอท เวลา 15 นาที จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติดังนี้

ผลการทดสอบทางกายภาพ

ค่าสี

จากการวิเคราะห์ค่าสี L* a* b* ของเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วมมีค่า L* a* b* เท่ากับ 25.76±0.24, 1.80±0.03 และ 4.02±0.29 ส่วนการทอดแบบสุญญากาศมีค่า L* a* b* เท่ากับ 26.99±0.55, 2.79±0.12 และ 4.22±0.35 ตามลำดับ โดยพบว่าวิธีการทอดที่ต่างกันส่งผลให้ค่า L* a* b* มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 การทอดแบบน้ำมันท่วมทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำเมื่อเทียบกับวิธีการทอดแบบสุญญากาศเนื่องจาก การทอดแบบน้ำมันท่วมจะใช้

อุณหภูมิสูงในการทอด ซึ่งการใช้อุณหภูมิสูงสามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ได้ (ภาคมาลัยกฤษณะชลี, 2556:68; Aguiar and Gut, 2014:82; Gandy *et al*., 2008:1774) ซึ่งหากผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนที่นานเกินไป จะเกิดการสะสมความร้อน ส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ (non-enzymatic browning reaction) (Chiewchan *et al*., 2006:42) คือปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) และคาราเมล (caramelization) และนอกจากนี้ในเห็ดนางฟ้ายังมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งปริมาณมาก ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดแบบ non-enzyme browning โดยกรดอะมิโนหรือกลุ่มกรดอะมิโนของโปรตีนและเปปไทด์ทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่ง (กลูโคสหรือฟรุกโตส) ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์โดยพบว่าจะเกิดได้มากเมื่อใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสขึ้นไป (ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ และณัฏฐิกา ศิลาลาย, 2559:60) ซึ่งพิพรรธ ตั้งใจดี (2556:41) ที่ศึกษากระบวนการทอดมะม่วงน้ำดอกไม้โดยใช้การทอดแบบสุญญากาศพบว่า การทอดสุญญากาศ เป็นกระบวนการทอดในระบบปิดภายใต้ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศปกติซึ่งส่งผลให้จุดเดือดของน้ำลดลงต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งการใช้อุณหภูมิที่ต่ำลง ส่งผลดีคือช่วยรักษาสีและกลิ่นให้คงธรรมชาติมากกว่าวิธีการทอดแบบอื่น

ผลการทดสอบทางเคมี

ค่า a_w และความชื้น

จากการวิเคราะห์ค่า a_w และความชื้นของเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการทอดทั้ง 2 รูปแบบพบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่า a_w อยู่ในช่วง 0.40–0.46 ส่วนประมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 3.32–4.77 (ตารางที่ 4.2) ซึ่งจากการทดลองพบว่าสภาวะในแบบปกติ (น้ำมันท่วม) ค่า a_w และปริมาณความชื้นจะน้อยกว่าแบบสุญญากาศเนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงในการทอด (ประมาณ 150 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้เกิดการสูญเสียความชื้นมากกว่าการทอดโดยวิธีสุญญากาศ (พิพรรธ ตั้งใจดี, 2556:42) ซึ่งค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของ ผลิตภัณฑ์อาหาร มีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เนื่องจาก a_w เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำอิสระที่เชื้อจุลินทรีย์ใช้ในการเจริญ ดังนั้น ความชื้นและ a_w จึงมีความสัมพันธ์กัน เพราะ เป็นดัชนีที่บ่งชี้ที่สำคัญของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัส ซึ่งอาหารที่มีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 และความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 15 จัดเป็นช่วงที่ปฏิกิริยาเกิดได้อย่างช้าๆ จากการทดลองจะพบว่าค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค

(มผช. 303/2547) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักผลไม้ทอด (มผช. 1038/2554) ที่กำหนด a_w ไม่เกิน 0.6 และความชื้นไม่เกินร้อยละ 6 ซึ่งเป็นผลมาจากขั้นตอนการอบไล่ความชื้นก่อนนำมาทอดจนมีความชื้นเท่ากับ 3.20±0.64 ทั้งนี้ เนื่องจากกระบวนการอบแห้งจะทำให้น้ำที่ผิวอาหารและระเหยออกไป (ธัญญาพร ศิริเลิศ และณัฏฐิกา ศิลาลาย, 2559:61) สอดคล้องกับสิริมา ชินสาร (2552:139) ที่กล่าวว่าการเตรียมวัตถุดิบก่อนนำไปทอดได้แก่ การทำแห้งด้วยไมโครเวฟหรือลมร้อนนอกจากจะช่วยลดความชื้นในผลิตภัณฑ์แล้วการทำแห้งก่อนนำไปทอดยังช่วยลดการอมน้ำมันของผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอดด้วย

ปริมาณไขมัน

จากการวิเคราะห์ปริมาณไขมันของเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการทอดทั้ง 2 รูปแบบพบว่า มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการทอดแบบน้ำมันท่วมจะมีปริมาณไขมันร้อยละ 52.93 ส่วนการทอดแบบสุญญากาศจะมีปริมาณไขมันร้อยละ 32.48 (ตารางที่ 4.3) ซึ่งจากการทดลองพบว่าสภาวะในการทอดที่ต่างกันส่งผลต่อปริมาณไขมันที่ต่างกันด้วย กล่าวคือ การทอดแบบน้ำมันท่วมจะมีปริมาณไขมันที่มากกว่า ซึ่งสิริมา ชินสาร (2552:140) ได้อธิบายกลไกการดูดซับน้ำมันคือ ในระหว่างการทอดน้ำที่บริเวณผิวของอาหารจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอแล้วเคลื่อนที่ออกจากอาหาร การเคลื่อนที่ของอาหารจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจะช่วยดึงน้ำภายในออกนอกชิ้นอาหาร ส่งผลทำให้อาหารมีลักษณะแห้ง และทำให้เกิดรูพรุน น้ำมันจึงเคลื่อนที่เข้าไปในอาหาร ส่วนดารณี คล้ายเครือ (2550:64) กล่าวว่าปริมาณการดูดซับน้ำมันสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นโดยพบว่า อาหารที่มีปริมาณความชื้นสูง เมื่อผ่านกระบวนการทอดน้ำจะระเหยกลายเป็นไอน้ำ เกิดความดันสูงภายในรูพรุนของอาหาร ซึ่งเป็นสิ่งกีดขวางไม่ให้น้ำมันแทรกซึมเข้าไปได้ แต่หลังจากนั้นเมื่อนำอาหารที่ผ่านการทอด อุณหภูมิของอาหารลดต่ำลงไอน้ำที่อยู่ที่ผิวอาหารจะเปลี่ยนจากความดันสูงเป็นความดันต่ำ น้ำมันจึงถูกผลักเข้าสู่ชิ้นอาหารส่งผลทำให้ปริมาณไขมันในอาหารเพิ่มมากขึ้น ส่วนการทอดแบบสุญญากาศพบว่าเกิดการดูดซับของปริมาณไขมันน้อยเนื่องจากในงานวิจัยนี้เป็นการใช้วิธีการทอดแบบสุญญากาศร่วมกับความดันซึ่งวิธีการดังกล่าวจะช่วยลดปริมาณการดูดซับน้ำมันในอาหาร โดยลักขณา พิทักษ์ (2556:67) ที่ศึกษาการลดปริมาณน้ำมันในกล้วยทอดใต้สภาวะสุญญากาศพบว่า การทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการดูดซึมน้ำมันลดลงเนื่องจากเป็นการทอดที่มีการใช้ก๊าซออกซิเจนน้อย ทำให้เกิดการออกซิเดชันต่ำ ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้นด้วย นอกจากนี้ในการวิจัยนี้ยังนำเห็ดไปอบแห้งก่อนนำมาทอด

ซึ่งกระบวนการดังกล่าวช่วยลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์ได้เช่นกันเนื่องจากการลดความชื้นก่อนทอดด้วยตู้อบลมร้อนจะทำให้ผิวหน้าอาหารแห้ง เกิดเป็นโครงสร้างที่แน่นและแข็ง จึงเป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำภายในออกสู่ภายนอก ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำมันไปแทนที่น้ำลดลง (วิชมณี ยืนยงค์พุทธิกาล, 2556:230) ส่งผลให้ช่วยลดปริมาณของไขมันภายหลังการทอดได้

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วมและทอดแบบสุญญากาศ

คุณสมบัติ	**สภาวะในการทอดเห็ดนางฟ้า**	
	ทอดแบบน้ำมันท่วม	ทอดแบบสุญญากาศ
L*	25.76±0.24[b]	26.99±0.55[a]
a*	1.80±0.03 [b]	2.79±0.12 [a]
b*	4.02±0.29 [b]	4.22±0.35 [a]
a_w	0.40±0.04 [b]	0.46±0.02 [a]
ความชื้น (ร้อยละ)	3.32±0.82 [b]	4.77±0.40 [a]
ไขมัน (ร้อยละ)	52.93±0.33[a]	32.48±0.31[b]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าทอด

ผลการยอมรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าที่ผ่านกระบวนการทอด 2 รูปแบบคือ ทอดแบบน้ำมันท่วมและทอดแบบสุญญากาศ โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point Hedonic scale โดยให้คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.4

จากการศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าที่ผ่านกระบวนการทอด 2 รูปแบบพบว่า คุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี ความกรอบ และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนคุณลักษณะทางด้านกลิ่นและรสชาติพบว่า

ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.3) ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเห็ดนางฟ้าที่ผ่านกระบวนการทอดแบบสุญญากาศมากกว่าการทอดในสภาวะน้ำมันท่วมทั้งทางด้านลักษณะปรากฏ สีกลิ่น 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 วิธีการทอดเห็ดนางฟ้าที่ต่างกันส่งผลต่อคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคที่แตกต่างกัน ซึ่งจากการทดลองพบว่า วิธีการทอดแบบสุญญากาศผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทางประสาทสัมผัสสูงกว่าวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วม เนื่องจาก การทอดแบบสุญญากาศทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงคุณลักษณะด้านกลิ่นและรสชาติเอาไว้ (สุพัตรา พูลพืชชนม์, 2556:56) ซึ่งวิธีการทอดที่ต่างกันจะส่งผลโดยตรงต่อความกรอบอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) คือ วิธีการทอดแบบสุญญากาศผู้ทดสอบชิมจะให้คะแนนความชอบสูงกว่าการทอดแบบน้ำมันท่วมเนื่องจาก การทอดแบบสุญญากาศจะทำให้เห็ดมีลักษณะแห้งและกรอบ ส่วนการทอดแบบน้ำมันท่วมพบว่า ในช่วงแรกเห็ดจะมีลักษณะกรอบแต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ความกรอบจะลดลง เนื่องจากเกิดการดูดซับน้ำมันหลังการทอด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไขมันโดยพบว่า การทอดน้ำมันท่วมจะมีปริมาณไขมันมากกว่าการทอดแบบสุญญากาศ สิริมา ชินสาร (2552:142) กล่าวว่า ในกระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วมเมื่ออาหารเย็นตัวลง จะเกิดการควบแน่นของไอน้ำ ส่งผลให้น้ำมันที่เกาะที่ผิวหน้าอาหารเคลื่อนที่เข้าสู่ภายในชิ้นอาหาร ส่งผลทำให้อาหารไม่กรอบ สอดคล้อง Dueik (2010:1146) ที่กล่าวว่า การเคลื่อนที่ของน้ำมันจะเกิดขึ้นภายหลังการทอดโดยพบว่า มีปริมาณน้ำมันภายในชิ้นอาหารน้อยละ 20 และอีกร้อยละ 80 อยู่บริเวณผิวหน้าอาหาร หลังจากที่ทิ้งไว้ให้เย็นน้ำมันที่ผิวหน้าจะถูกดูดซึมเข้าไปในอาหารร้อยละ 64 ส่วนอีกร้อยละ 36 จะอยู่บริเวณผิวหน้าอาหารดังเดิม ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีความกรอบลดลง นอกจากนี้การทอดแบบน้ำมันท่วมยังส่งผลต่อคะแนนด้านสีคือทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดแบบ non-enzyme browning ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำ จากข้อมูลจะพบว่าการทอดแบบน้ำมันท่วมส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคด้านความกรอบและสี ซึ่งจากปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้คะแนนด้านความชอบรวมลดลงด้วย

ตารางที่ 4.4 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าทอดโดยทอดในสภาวะที่ต่างกัน

คุณลักษณะ	สภาวะในการทอดเห็ดนางฟ้า	
	ทอดแบบน้ำมันท่วม	ทอดแบบสุญญากาศ
ลักษณะปรากฏ	5.96±0.96[b]	7.26±0.69[a]
สี	5.90±1.12[b]	7.30±0.75[a]
กลิ่น[ns]	7.13±1.35	7.23±1.04
ความกรอบ	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 ($p<0.05$)

ns แสดงถึงข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการศึกษาวิธีการทอดเห็ดนางฟ้าพบว่า การทอดแบบน้ำมันท่วมส่งผลทำให้เห็ดมีความกรอบลดลงและสีคล้ำกว่าการทอดแบบสุญญากาศ ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมคือการทอดแบบสุญญากาศซึ่งให้ผลดีในด้านสีและสามารถคงความกรอบได้นานกว่าวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วม จึงนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาพัฒนาเป็นรสสมุนไพรพร้อมทั้งศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ของเห็ดทอดปรุงรส

นำตัวอย่างที่ได้รับคัดเลือกจากข้อ 1 คือเห็ดที่ทอดแบบสุญญากาศ มาพัฒนาเป็นเห็ดทอดปรุงรสรสสมุนไพร โดยการเตรียมน้ำปรุงรสโดยใช้ส่วนประกอบคือ น้ำตาลปี๊บ 130 กรัม ซีอิ้วขาว 40 กรัม กระเทียม 17 กรัม ตะไคร้หั่นฝอย 10 กรัม น้ำส้มสายชู 40 กรัม เกลือ 5 กรัม พริกขี้หนู 3 กรัม พริกไทยป่น 4.5 กรัม ใบมะกรูดหั่นฝอย 6 กรัม วิธีการทำคือนำส่วนผสมทั้งหมดใส่หม้อตั้งไฟ เคี่ยวจนข้นเหนียว และนำเห็ดทอดที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 2.2 มาคลุกโดยใช้อัตราส่วนเห็ดทอดต่อน้ำปรุงรสคือ 3:2 w/v จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมี

คุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับเห็ดปรุงรสจากฟาร์มตัวอย่างธารโต โดยสูตรที่พัฒนาขึ้นให้ผลดีในด้านสี กล่าวคือ มีสีไม่คล้ำและเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภคพบว่า เห็ดปรุงรสที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภคกล่าวคือ มีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 ค่า Peroxide value น้อยกว่า 30 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัม สารกันหืนบิวทิเลเตดไฮดรอกซีอะนิโซลและบิวทิเลเตดไฮดรอกซีโทลูอีนอย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกัน ต้องไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน $1x10^3$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Escherichia coli* โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในเกณฑ์ดังกล่าว (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสสูตรพัฒนาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค

คุณสมบัติ	เห็ดปรุงรสสูตรพัฒนา	มผช. เห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค
เคมี		
a_w	0.43±0.02	0.6
ความชื้น (ร้อยละ)	10.94±1.14	
เถ้า (ร้อยละ)	3.64±1.12	
ใยอาหาร (ร้อยละ)	6.68±1.02	
ไขมัน (ร้อยละ)	31.57±0.80	
โปรตีน (ร้อยละ)	9.11±1.64	
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	44.74±2.50	
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี/100กรัม)	499.53	
Peroxide value (meq/kg sample)	2.47	<30
Buthylated Hydroxy Toluene (BHT) (mg/kg)	Not Detected	<50
Buthylated Hydroxy Anisole (BHA) (mg/kg)	Not Detected	<50

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสสูตรพัฒนาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค (ต่อ)

คุณสมบัติ	เห็ดปรุงรสสูตรพัฒนา	มผช. เห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค
จุลินทรีย์		
จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	1.0×10^2	1×10^3
ยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)	7.0	<100
Escherichia coli (MPN/g)	<3.0	<3.0

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภค

จากการศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส โดยทดสอบกับผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 200 คน ที่เป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 21 เพศหญิงร้อยละ 79 อายุระหว่าง 21-30 ปีร้อยละ 44 ส่วนใหญ่มีอาชีพนักเรียนและนักศึกษาร้อยละ 78 ระดับการศึกษาปริญญาตรีร้อยละ 75 และมีรายได้น้อยกว่า 5,000 บาท ร้อยละ 78 แสดงดังตารางที่ 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส

ข้อมูลทั่วไป	ร้อยละ
เพศ	
- ชาย	21
- หญิง	79
อายุ	
- ต่ำกว่า 20 ปี	39
- 21-30 ปี	44

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	ร้อยละ
อายุ	
- 31-40 ปี	9
- 41-51 ปี	4
- 51-60 ปี	3
- 60 ปีขึ้นไป	1
อาชีพ	
- นักเรียน/นักศึกษา	78
- รับจ้างทั่วไป/ธุรกิจส่วนตัว	14
- แม่บ้าน/พ่อบ้าน	2
- ข้าราชการ	4
- เกษตรกร	2
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
- 10,001-15,000 บาท	4
- 15,001-20,000 บาท	2

พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส

จากการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสทั่วไปจำนวน 200 คน พบว่า รู้จักผลิตภัณฑ์เห็ดทอดคิดเป็นร้อยละ 100 ชอบรับประทานเห็ดปรุงรส คิดเป็นร้อยละ 93 สถานที่ซื้อคือ ร้านขายของฝากมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 85 เกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกซื้อเห็ดทอดปรุงรสเพราะรสชาติดี คิดเป็นร้อยละ 85 หากมีการผลิตเห็ดปรุงรสเพื่อจัดจำหน่ายผู้บริโภคส่วนใหญ่จะซื้อผลิตภัณฑ์คิดเป็นร้อยละ 90 ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสคิดเป็นร้อยละ 96 แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส

ข้อมูลทั่วไป	ร้อยละ
1.คุณรู้จักเห็ดทอดปรุงรสหรือไม่ (ถ้าไม่รู้จักข้ามไปทำข้อ 2,3)	
- รู้จัก	100
- ไม่รู้จัก	-
1.1 คุณชอบรับประทานเห็ดทอดปรุงรสหรือไม่	
- ชอบ	93
- ไม่ชอบ	7
1.2 คุณสามารถเลือกซื้อเห็ดทอดปรุงรสจากที่ใด	
- ร้านขายของฝาก	85
- ซุปเปอร์มาร์เก็ต	15
1.3 เกณฑ์ที่คุณใช้ในการเลือกซื้อเห็ดทอดปรุงรส คือ	
- รสชาติดี	85
- เป็นสินค้าขึ้นชื่อ	15
- อื่นๆ	0
2. หากมีการผลิตผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสเพื่อจัดจำหน่ายขนาด 50 กรัม ราคา 35 บาท คุณคิดว่าจะซื้อหรือไม่	
- ซื้อ	90

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	ร้อยละ
2. หากมีการผลิตผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสเพื่อจัดจำหน่ายขนาด 50 กรัม ราคา 35 บาท คุณคิดว่าจะซื้อหรือไม่	
- ไม่ซื้อ	2
- ไม่แน่ใจ	8
3.ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสหรือไม่	
- ยอมรับ	96
- ไม่ยอมรับ	4

ผลการทดสอบความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส 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 ผู้บริโภคให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม เท่ากับ 3.85, 3.84, 3.69 3.8, 3.91 ตามลำดับ แสดงดังตาราง 4.8

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลความชอบของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส

	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

จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์คิดเป็นร้อยละ 96 เนื่องจากเป็นอาหารที่มีรสชาติอร่อย เป็นผลิตภัณฑ์แปลกใหม่ โดยมีข้อเสนอแนะคืออยากให้มีหลากหลายรสชาติ

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส

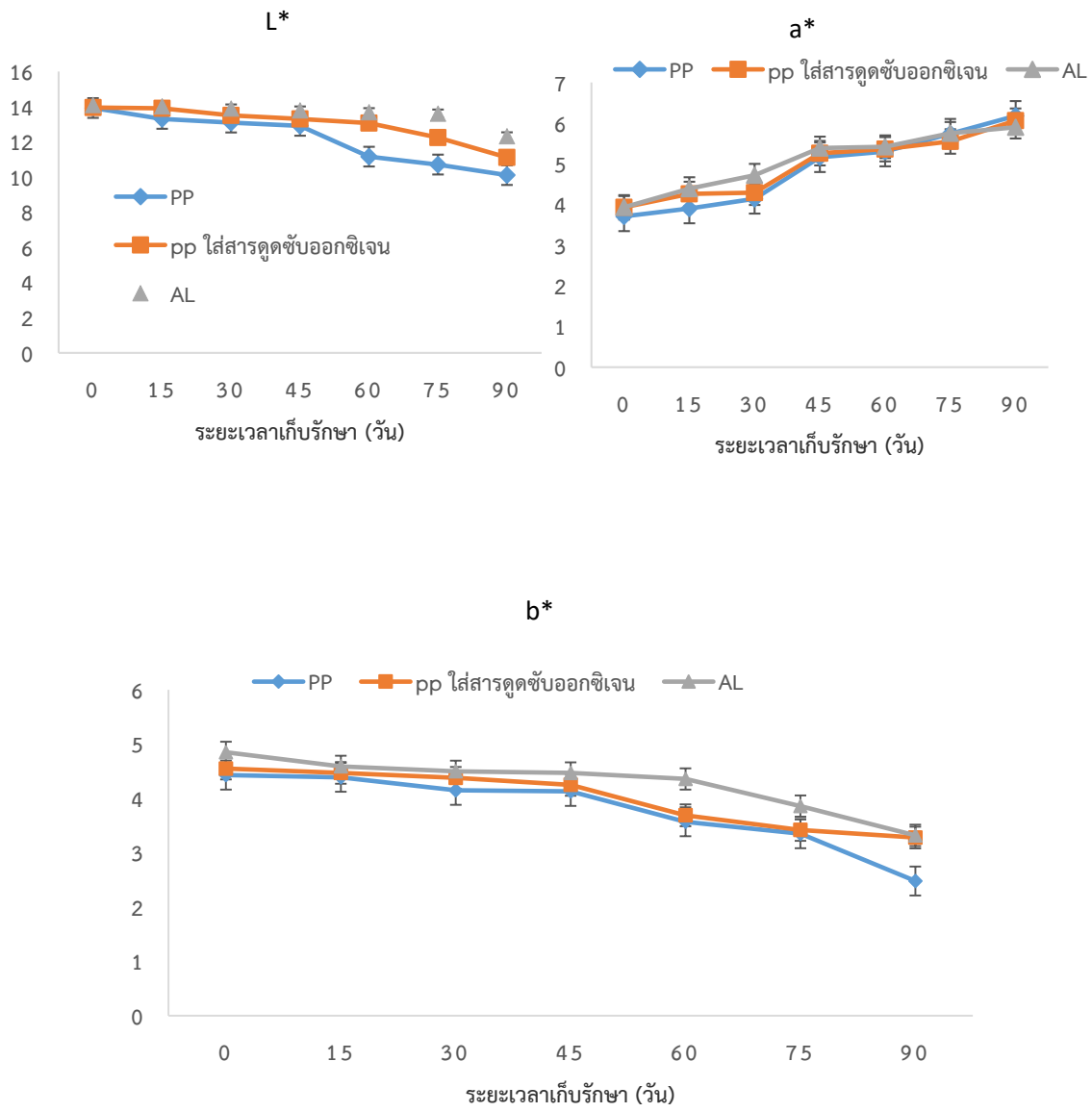
นำผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสมาบรรจุในถุงพลาสติก โดยในงานวิจัยนี้ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ภัณฑ์ 3 ชนิดคือ 1) ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) 2) ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) บรรจุสารดูดซับออกซิเจน 3) ถุงเมทัลไลท์ฟอยล์ metalized cast polypropylene film (M-CPP, ฟอยล์) จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29±2 องศาเซลเซียส) โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมีจุลินทรีย์ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยเก็บตัวอย่างทุกๆ 15 วัน เป็นเวลา 90 วันหรือจนกว่าตัวอย่างมีคุณภาพเสื่อมเสีย/ไม่เป็นที่ยอมรับ ได้ผลการทดลองดังนี้

ผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ

ค่าสี

ผลการวิเคราะห์ค่าสีในรูป L* a* b* สำหรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในระยะเวลา 90 วัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ต่างชนิดกันส่งผลทำให้ค่า L* และ b* ลดลง ส่วนค่า a* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) เห็ดทอดปรุงรสที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) มีค่า L* a* b* เท่ากับ 13.19, 3.71, 4.43 เมื่อผ่านไป 90 วันมีค่า L* a* b* เปลี่ยนแปลงเป็น 10.11, 6.18, 2.48 ส่วนเห็ดทอดปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) ที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจน วันแรกของการเก็บรักษามีค่า L* a* b* เท่ากับ 13.95, 3.93, 4.55 เมื่อผ่านไป 90 วันมีค่า L* a* b* เท่ากับ 11.45, 6.06, 3.28 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) มีค่า L* a* b* เท่ากับ 13.34, 3.93, 4.85 เมื่อผ่านไป 90 วันมีค่า L* a* b* เท่ากับ 12.32, 5.90, 3.32 (ภาพที่ 4.3 – 4.4) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นรวมทั้งชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่า L* a* b* ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา น้ำตาลรีดิวซ์จะทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนในโมเลกุลของแอมโมเนีย ได้เป็นไกลโคซิลเอมีน และเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล โดยมีความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปฏิกิริยาเมลลาร์ด (ประกาศ ชมภู่ทองและคณะ, 2562:1019) ส่วนสภาวะใน

การบรรจุพบว่า การเก็บรักษาเห็ดทอดปรุงรสในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า L* a* b* มากที่สุดเนื่องจาก ถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนไม่มีคุณสมบัติในการป้องกันแสง อากาศ รวมทั้งก๊าซออกซิเจน ส่งผลให้ไขมันที่อยู่ในเห็ดทอดปรุงรสถูกออกซิไดซ์ในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้เกิดสารประกอบแอลดีไฮด์และคีโตนที่สามารถทำปฏิกิริยาเมลลาร์ดต่อไปได้เกิดสารประกอบที่ให้สีน้ำตาล (อรวรรณ ติวเถาว์, 2557:54) นอกจากนี้ในสภาวะที่มีก๊าซออกซิเจน ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า L* และ b* ลดลง ส่วน a* เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Patras et al (2010:7) ที่กล่าวว่าปัจจัยหนึ่งของการเสื่อมเสียของอาหารแห้งคือ สภาวะในการเก็บรักษาโดยชนิดของบรรจุภัณฑ์ส่งผลอย่างมากต่อผลิตภัณฑ์คือ การที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะเกิดการสลายของสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์หรือการเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชัน ทำให้ได้สารประกอบสีน้ำตาลซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทุก ๆ 10 องศาเซลเซียส จะเร่ง ให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น 2-3 เท่า สำหรับเห็ดทอดปรุงรสที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจนและถุงอลูมิเนียมฟอยด์มีการเปลี่ยนแปลงค่า L* a* b* อย่างช้าๆ เนื่องจาก สารดูดซับออกซิเจนทำหน้าที่เป็นตัวดีออกซิไดซ์ คือช่วยดูดซับก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุ ซึ่งการใช้สารดูดซับออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์อาหารจะสามารถดึงออกซิเจนให้เหลือน้อยกว่าร้อยละ 0.1 (นราธิป ปุณเกษม, 2559:44) ซึ่งการใช้สารดูดซับออกซิเจนจะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและการเปลี่ยนสีเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดให้น้อยลงด้วย ส่วนการบรรจุเห็ดปรุงรสในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พบว่าสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ดีที่สุด เนื่องจากถุงดังกล่าวมีคุณสมบัติในการป้องการซึมผ่านของน้ำ ไขมันและการส่องผ่านของแสงได้ทั้งในอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ (Pua *et al.,* 2008:423; Li-E *et al*., 2008:669) จึงใช้เป็นภาชนะบรรจุที่ใช้เพื่อป้องกันแสงและความชื้นสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร (Stokosa et al., 2012:787; กมลทิพย์ กรรไพเราะ, 2555:74) (ภาพที่ 4.1) ซึ่ง วริพัสย์ อารีกุลและคณะ, (2557:80) กล่าวว่าสภาวะการเก็บรักษาที่ดีที่สุดคือการเก็บในบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนและหากจะยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นให้เก็บที่อุณหภูมิต่ำ จากการทดลองพบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในถุงอลูมิเนียมฟอยล์จะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงของค่า L* a* b* จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ส่งผลให้ตลอดระยะเวลา 90 วันพบการเปลี่ยนแปลงของค่า L* a* b* เพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาเห็ดทอดปรุงรสที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) และบรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) ที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจน ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า บรรจุภัณฑ์ก็เป็นสิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา



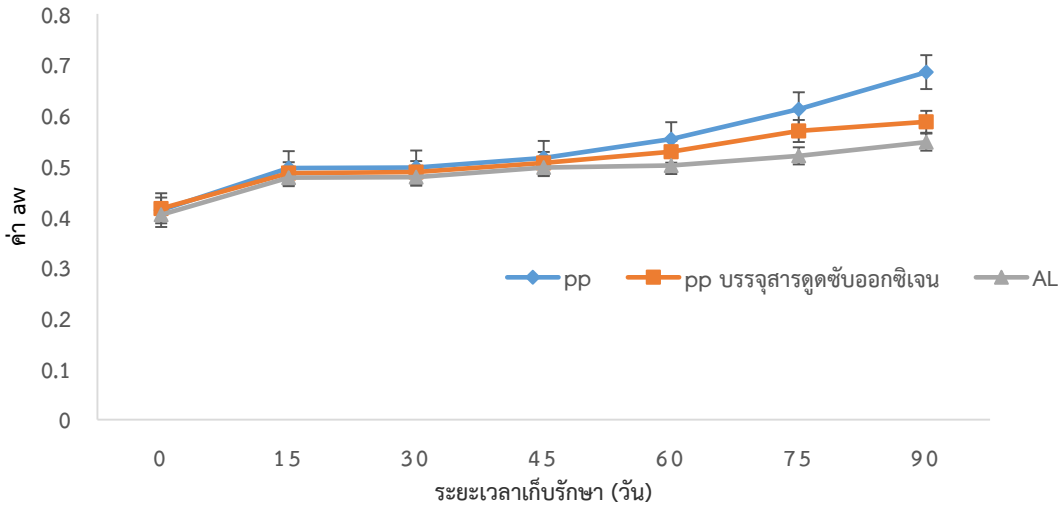
ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* a* b* สำหรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในสภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน

คุณภาพทางเคมี

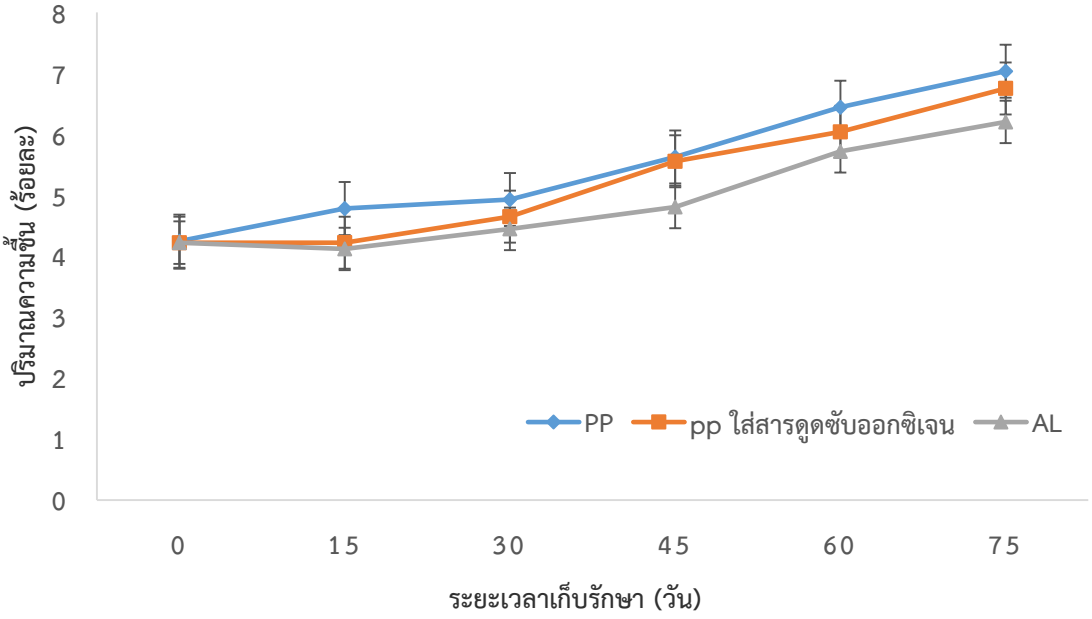
ค่า a_w และ ความชื้น

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีได้แก่ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในระยะเวลา 90 วันพบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) เห็ดทอดปรุงรสที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) มีค่า a_w เท่ากับ 0.413±0.01 เมื่อผ่านไป 90 วันมีค่า a_w เพิ่มขึ้นเป็น 0.685±0.01 ส่วนเห็ดทอดปรุงรสบรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) ที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจน วันแรกของการเก็บรักษามีค่า a_w เท่ากับ 0.416±0.02 เมื่อผ่านไป 90 วันมีค่า a_w เพิ่มขึ้นเป็น 0.587±0.05 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) มีค่า a_w เท่ากับ 0.404±0.002 เมื่อผ่านไป 90 วันมีค่า a_w เท่ากับ 0.547±0.002 ส่วนความชื้นพบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกันส่งผลทำให้ความชื้นต่างกันด้วย กล่าวคือ ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) เห็ดทอดปรุงรสที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 4.25±0.28 และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 8.39±0.54 เมื่อผ่านไป 90 วัน ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) ที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจนมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 4.22±0.15 เมื่อผ่านไป 90 วัน ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 7.51±1.01 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) มีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 4.22±0.95 และเมื่อผ่านไป 90 วันความชื้นเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 7.13±0.57 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.2–4.3) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาทั้ง 2 ปัจจัยคือค่า a_w และความชื้นพบว่าให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกัน โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w และปริมาณความชื้นน้อยกว่าการเก็บรักษาในสภาวะอื่น อย่างไรก็ตามจะพบว่าการเก็บรักษาเห็ดทอดปรุงรสในสภาวะการบรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) ที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจนและบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่ทำให้ค่า a_w อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งกำหนดค่า a_w ไม่เกิน 0.60 (มาตรฐานชุมชน-เห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค 303/2547) ดังนั้นอาหารที่มีค่า a_w อยู่ในช่วงดังกล่าวจุลินทรีย์โดยเฉพาะจุลินทรีย์ก่อโรคไม่สามารถเจริญได้ รวมทั้งสามารถยับยั้งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพและไม่ปลอดภัย เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

แต่จากการทดลองจะพบว่าทั้งค่า a_w และปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา มีสาเหตุเนื่องจากอาหารได้สัมผัสกับอากาศที่หลงเหลือในบรรจุภัณฑ์หรือมีการซึมผ่านของอากาศเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ รวมทั้งสภาพแวดล้อม ทำให้อาหารดูดซับความชื้น ส่งผลทำให้ค่า a_w และปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย จากการทดลองจะพบว่า การบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุง PP มีการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w และ ความชื้นสูงที่สุด รองลงมาคือ การบรรจุในถุง PP+สารดูดซับออกซิเจน ส่วนการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด เนื่องจากอลูมิเนียมฟอยล์มีคุณสมบัติในการป้องกันแสง อากาศ และความชื้น (กมลทิพย์ กรรไพเราะ., 2555:76) ถึงแม้จะมีการใช้สารดูดซับออกซิเจนก็ช่วยชะลอได้เพียงบางส่วนเนื่องจากปัจจัยหลักในการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นจากตัวบรรจุภัณฑ์ ซึ่งวริพัสย์ อารีกุลและคณะ, (2557:73) ที่ได้ศึกษาค่าพลังงานก่อกัมมันต์สำหรับสภาพการให้ซึมผ่านของไอน้ำของพลาสติก พบว่า ฟิล์มพลาสติกชั้นเดียว เช่น พอลิโพลไพลีน ซึ่งมีสัมประสิทธิ์สภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำปานกลาง มีค่าระหว่าง 0.2785-0.3688 กรัมต่อตารางเมตรต่อวันต่อมิลลิเมตรปรอท โดยการเคลื่อนที่ของไอน้ำจะเกิดในถุงพลาสติกได้ดีกว่าฟอยล์ เนื่องจากฟอยล์เป็นถุงชนิดเมทัลไลท์ฟอยล์ เกิดจากฟิล์มพอลิพอลิโพลไพลีนฉาบผิวด้านนอกด้วยไอโลหะ จึงทำให้มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านไอน้ำและก๊าซได้ดีกว่าถุงพลาสติกที่เป็นฟิล์มโพลิเอทิลีนชั้นเดียว (Fowle, 2005:42) ซึ่งระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น ผลิตภัณฑ์ก็มีความชื้นสูงขึ้นด้วย



ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของค่า a_w สำหรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในสภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน



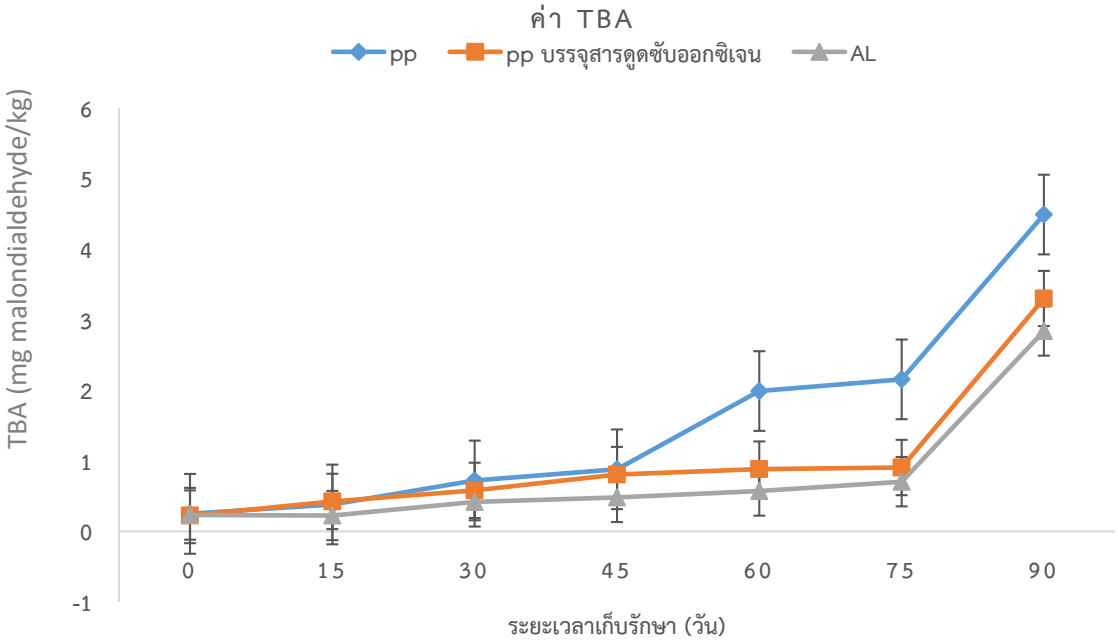
ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นสำหรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในสภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน

ค่า TBA

ค่า TBA เป็นดัชนีบ่งบอกถึงคุณภาพที่มีความสำคัญบ่งชี้ถึงการเกิดออกซิเดชันในไขมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะวัดปริมาณสาร secondary oxidation products ที่เกิดจากการสลายตัวของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็น primary oxidation products จะเกิดมากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Lamkampang, & Inget, 2015:60) นอกจากนี้ยังมีปริมาณออกซิเจนและค่า a_w เป็นปัจจัยในการเร่งให้เกิดปฏิกิริยา (Banchuen *et al.*,2009:195) จากการทดลองผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสบรรจุในถุง PP บรรจุในถุง PP+สารดูดซับออกซิเจน และบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์พบว่า ตลอดอายุการเก็บรักษาค่า TBA ของเห็ดทอดปรุงรสที่บรรจุในถุง PP มีค่าสูงกว่าการบรรจุในถุง PP+สารดูดซับออกซิเจน และบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเห็ดทอดปรุงรสที่บรรจุในถุง PP มีค่า TBA เฉลี่ยเท่ากับ 0.25±0.16 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่างในวันเริ่มเก็บรักษา (วันที่ 0) เมื่อเก็บรักษาทั้งสิ้น 90 วันมีค่าเท่ากับ 4.50±0.61 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง การบรรจุในถุง PP+สารดูดซับออกซิเจน มีค่า TBA

เริ่มต้นเท่ากับ 0.23±0.014 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 75 จนเมื่อเก็บรักษาไป 90 วันมีค่าเท่ากับ 3.30±1.24 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง และการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พบว่า มีค่า TBA เริ่มต้นเท่ากับ 0.23±0.022 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านไป 75 วันเช่นกัน จนถึงวันที่ 90 มีค่าเท่ากับ 2.84±0.55 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่างตามลำดับ (ภาพที่ 4.4) จากการทดลองจะพบว่าการเก็บรักษาในถุงพลาสติก PP ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA สูงสุดเนื่องจาก ในระหว่างเก็บรักษาจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในผลิตภัณฑ์เห็ดจากกระบวนการทอด เกิดเป็นสารระเหยง่ายกลุ่มมาลอนแอลดีไฮด์ที่มีอยู่ในน้ำมัน ส่งผลให้ค่า TBA สูงขึ้น (ชิตชนก ศุขศรีไพศาล, 2560:66; วนิดา บุรีภักดี, 2557:73) รวมทั้งบรรจุภัณฑ์ประเภท PP มีคุณสมบัติเป็นถุงใสโปร่งแสง ทำให้แสงสามารถกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ และมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนมากกว่าถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ทำให้ชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้น้อยกว่า ส่วนการบรรจุในถุง PP+สารดูดซับออกซิเจนและการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์สามารถชะลอการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ได้เนื่องจากสารดูดซับออกซิเจนมีคุณสมบัติช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของอาหารจากปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยควบคุมปริมาณออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ให้อยู่ในระดับต่ำ รวมทั้งดูดซับก๊าซออกซิเจนที่ซึมผ่านเข้ามาในระหว่างการเก็บรักษา (อรวรรณ ติวเถาว์, 2557:60) ส่งผลให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของวีรเวท อุทโธและคณะ, (2560:192) ที่ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์หมูสวรรค์ โดยพบว่า การบรรจุหมูสวรรค์ในถุงพลาสติกทั้งแบบ PP และอลูมิเนียมฟอยล์ที่ภายในมีสารดูดซับออกซิเจน จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูสวรรค์ได้ 35 วัน ส่วนการบรรจุเห็ดทอดปรุงรสในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พบว่าช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA ได้มากที่สุดเนื่องจากมีคุณสมบัติในการป้องกันแสง อากาศ และไอน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอุณหภูมิและแสงจะเป็นตัวการในการเร่งมาลอนแอลดีไฮด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันไม่อิ่มตัว (ประกาศ ชมภู่ทองและคณะ, 2560:1023) ที่ส่งผลให้เกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอดในถุงอลูมิเนียมฟอยล์จะช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ นอกจากนี้ปริมาณ TBA ยังสัมพันธ์กับค่า a_w โดย Choe & Min (2007:82) กล่าวว่า ค่า a_w มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยอัตราการเกิดออกซิเดชันจะลดลงเมื่อค่า a_w อยู่ในช่วง 0–0.4 และ

จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อค่า a_w มากกว่า 0.4 ซึ่งตลอดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ 90 วัน ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สภาวะมีค่าอยู่ในช่วง 0.4–0.6 ซึ่งเป็นช่วงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นได้สูง จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ได้ อย่างไรก็ตามตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาทั้ง 3 สภาวะก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือไม่เกิน 20 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมสำหรับอาหารทั่วไป (Serpen & Gökmen., 2009:592)



ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ TBA สำหรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในสภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน

คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลจากการนำผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสมาเก็บรักษา 3 สภาวะ คือ 1) เห็ดทอดปรุงรสบรรจุในถุง PP 2) บรรจุในถุง PP+สารดูดซับออกซิเจน และ 3) บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (29±2 องศาเซลเซียส) จากนั้นสุ่มตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ทุก 15 วัน ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อรา โดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค (มผช. 303/2547) ซึ่งกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้ คือ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และจำนวนเชื้อราต้องน้อยกว่า 1×10^2 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม จากการทดลองพบว่า เห็ดทอดปรุงรสที่บรรจุในถุง PP มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

เริ่มต้นเท่ากับ 2.7 $\times 10^1$ CFU/g ปริมาณเชื้อราเท่ากับ 1.7×10^1 CFU/g ในวันที่ 45 ตรวจพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เท่ากับ 1.9×10^4 CFU/g ส่วนเชื้อรามีปริมาณ 1.2×10^2 CFU/g ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน พบว่า จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อราเกินเกณฑ์ที่กำหนด จึงสรุปได้ว่า สามารถเก็บรักษาได้ 30 วัน ส่วนเห็ดทอดปรุงรสที่บรรจุในถุง PP+สารดูดซับออกซิเจนพบว่า มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นเท่ากับ 1.0×10^1 CFU/g เชื้อราเท่ากับ 1.3×10^1 CFU/g ในวันที่ 60 พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 27×10^3 CFU/g เชื้อรามีปริมาณเท่ากับ 17×10^2 CFU/g ซึ่งเกินเกณฑ์ที่กำหนด สรุปได้ว่าเก็บรักษาได้ 45 วัน เห็ดทอดปรุงรสที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นเท่ากับ 1.0×10^1 CFU/g เชื้อราเท่ากับ 1.3×10^1 CFU/g ในวันที่ 90 พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 6.4×10^2 CFU/g เชื้อรามีปริมาณเท่ากับ 1.2×10^2 CFU/g ซึ่งปริมาณเชื้อราเกินเกณฑ์ที่กำหนด สรุปได้ว่าเก็บรักษาได้ 75 วัน (ตารางที่ 4.9) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่า a_w และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในสภาวะการบรรจุที่พบว่า การบรรจุในถุง PP มีค่า a_w และปริมาณความชื้นสูงสุด ซึ่งส่งผลอย่างมากในการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปแล้วเชื้อราส่วนใหญ่มีการเจริญเติบโตในสภาพที่ค่อนข้างเป็นกรดและต้องการออกซิเจนสำหรับการเจริญได้ดีกว่าแบคทีเรีย โดยเชื้อราจะเจริญในบริเวณที่มีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.6–0.9 ผลการศึกษาแสดงให้ทราบว่าการบรรจุผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ที่มีการกำจัดก๊าซออกซิเจนจากภายในรวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนและความชื้นจากภายนอกสามารถชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ออกไปได้ประมาณ 15-30 วัน

ตารางที่ 4.9 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อรา สำหรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในสภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน

คุณลักษณะ	บรรจุภัณฑ์	ผลการทดสอบการเก็บรักษาระยะเวลา 3 เดือน (CFU/g)						
		0	15	30	45	60	75	90
จุลินทรีย์ทั้งหมด	ถุง PP	2.7×10^{1}	5.3×10^{1}	2.2×10^{2}	1.9×10^{4}	5.8×10^{4}	3.5×10^{5}	>100
	ถุง PP + สารดูดซับออกซิเจน	1×10^{1}	3×10^{1}	2.2×10^{2}	7.5×10^{2}	2.7×10^{3}	6.8×10^{3}	>100
	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	1×10^{1}	1.3×10^{1}	1.4×10^{2}	2.4×10^{2}	4.1×10^{2}	4.1×10^{2}	6.4×10^{2}
เชื้อรา	ถุง PP	1.7×10^{1}	3×10^{1}	3×10^{1}	1.2×10^{2}	2.7×10^{2}	3.9×10^{2}	6.7×10^{2}
	ถุง PP + สารดูดซับออกซิเจน	1.3×10^{1}	1.7×10^{1}	3×10^{1}	8.7×10^{1}	1.7×10^{2}	2.5×10^{2}	5.0×10^{2}
	ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	1.0×10^{1}	1.3×10^{1}	1.5×10^{1}	1.7×10^{1}	2.8×10^{1}	8.0×10^{1}	1.2×10^{2}

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เห็ดทองปรุงรสในบรรจุภัณฑ์ 3 รูปแบบโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน พบว่า เมื่อตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 90 วัน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเห็ดทอดปรุงรสในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนชนิดของบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการประเมินทางลักษณะปรากฏต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ด้วยเช่นกันคือ ในวันแรกของการเก็บรักษาผู้ทดสอบชิมให้คะแนนผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสที่บรรจุในถุง PP เท่ากับ 8.13 และเมื่อผ่านไป 90 วัน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเท่ากับ 5.93 ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุบรรจุในถุง PP+สารดูดซับออกซิเจนพบว่า ช่วงแรกของการเก็บรักษาผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเท่ากับ 8.13 และเมื่อผ่านไป 90 วันผู้ทดสอบชิมให้คะแนน 6.00

ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พบว่า ช่วงแรกของการเก็บรักษาผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเท่ากับ 8.17 และเมื่อผ่านไป 90 วันผู้ทดสอบชิมให้คะแนน 6.40 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.10

เมื่อพิจารณาค่าสีพบว่า เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในการเก็บรักษา 90 วัน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเห็ดทอดปรุงรสในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนชนิดของบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านสีต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ด้วยเช่นกัน โดยในวันแรกของการเก็บรักษาผู้ทดสอบให้คะแนนผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสที่บรรจุในถุง PP เท่ากับ 8.10 และเมื่อผ่านไป 90 วัน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเท่ากับ 5.97 ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุบรรจุในถุง PP+สารดูดซับออกซิเจนพบว่า ช่วงแรกของการเก็บรักษาผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเท่ากับ 8.10 และเมื่อผ่านไป 90 วันผู้ทดสอบชิมให้คะแนน 6.03 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พบว่า ช่วงแรกของการเก็บรักษาผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเท่ากับ 8.13 และเมื่อผ่านไป 90 วันผู้ทดสอบชิมให้คะแนน 6.93 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองทางคุณลักษณะทางกายภาพโดย การวัดค่า L* a* b* (ภาพที่ 4.1) ที่พบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุง PP ส่งผลต่อค่า L* a* b* ของผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสมากกว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุง PP+สารดูดซับออกซิเจนและถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ส่งผลให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับในด้านค่าสีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันด้วย เนื่องจากถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนไม่มีคุณสมบัติในการป้องกันแสง อากาศ รวมทั้งก๊าซออกซิเจน ส่งผลให้ไขมันที่อยู่ในเห็ดทอดปรุงรสถูกออกซิไดซ์ในระหว่างการเก็บรักษา (อรวรรณ ติวเถาว์., 2557) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้ม การใช้สารดูดซับออกซิเจนจะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและการเปลี่ยนสีเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดให้น้อยลง ส่วนการบรรจุเห็ดปรุงรสในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านสีสูงสุดเนื่องจากถุงดังกล่าวมีคุณสมบัติในการป้องการซึมผ่านของน้ำ ไขมันและการส่องผ่านของแสงได้ทั้งในอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ (Pua *et al.,* 2008:423; Li-E *et al*., 2008:669) จึงใช้เป็นภาชนะบรรจุที่ใช้เพื่อป้องกันแสงและความชื้นสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร (Stokosa et al., 2012:787; กมลทิพย์ กรรไพเราะ, 2555:74)

การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางด้านกลิ่นพบว่า เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในการเก็บรักษา 90 วัน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเห็ดทอดปรุงรสในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษา

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนชนิดของบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านกลิ่นต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ด้วยเช่นกัน จากการทดลองจะพบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในถุง PP ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนน้อยที่สุด สอดคล้องกับค่า TBA โดยพบว่า TBA 0.1-0.3 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม พบว่า ไขมันเสื่อมเสียเล็กน้อย แต่ถ้าค่า TBA มากกว่า 3 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ทำให้ผู้บริโภคสามารถรับรู้กลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสต่ออาหารได้ และถ้าค่า TBA มากกว่า 7 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ไขมันเสื่อมคุณภาพมากขึ้นมีกลิ่นรุนแรง (สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช และนัฏฐา คเชนทร์ภักดิ์, 2554:107) ซึ่งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วันเห็ดทอดปรุงรสที่บรรจุในถุง PP มีปริมาณ TBA เท่ากับ 3.33 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในช่วงที่ผู้บริโภคสามารถรับรู้ถึงกลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสได้ ส่วนถุงอลูมิเนียมฟอยล์ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนสูงสุดโดยพบว่า ผู้ทดสอบชิมยังได้กลิ่นของเครื่องสมุนไพรมากกว่าการบรรจุแบบอื่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ กมลทิพย์ กรรไพเราะ (2555:75) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสต้มยำที่พบว่า การเปลี่ยนแปลงกลิ่นเครื่องเทศสมุนไพรอาจเป็นผลเนื่องมาจากส่วนประกอบของผงปรุงรสต้มยำได้แก่ ตะไคร้ ใบมะกรูด และหอมแดง ซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้ง่ายและมีการสลายตัวถ้ามีสภาวะการเก็บที่ไม่เหมาะสมเช่น ความร้อนและบรรจุภัณฑ์ที่ไม่สามารถป้องกันความชื้นแสง และอากาศได้ ซึ่งการใช้ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตช่วยป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและความชื้นได้ดี การระเหยของกลิ่นในผลิตภัณฑ์จึงเกิดได้น้อย ส่งผลให้กลิ่นเครื่องเทศยังคงอยู่

การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในการเก็บรักษา 90 วัน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเห็ดทอดปรุงรสในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนชนิดของบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งการบรรจุในถุง PP+สารดูดซับออกซิเจนและการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ผลิตภัณฑ์ยังคงลักษณะที่ดีด้านเนื้อสัมผัสคือ ผลิตภัณฑ์ยังคงกรอบอยู่ เนื่องจากคุณสมบัติของสารดูดซับออกซิเจนที่ทำหน้าที่ควบคุมและดูดซับปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ทำให้ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัส ส่วนการบรรจุผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ผลิตภัณฑ์ยังคงมีความกรอบมากที่สุด เนื่องจากคุณสมบัติของถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่สามารถป้องกันความชื้นได้ดีกว่าถุงพลาสติกชนิดอื่นๆ (ปรารถนา ขะมานาม, 2557:62)

การเปลี่ยนแปลงด้านรสชาติ เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในการเก็บรักษา 90 วัน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเห็ดทอดปรุงรสในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนชนิดของบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านรสชาติต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์มีการเปลี่ยนแปลงด้านรสชาติน้อยที่สุด เนื่องจากอลูมิเนียมฟอยล์สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดี (สิริมา ชินสารและคณะ 2561:79) กลิ่นสมุนไพรยังคงอยู่ ยังคงรสชาติของอาหารไว้ได้ ผู้บริโภคจึงให้คะแนนสูงสุด

ความชอบโดยรวม เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในการเก็บรักษา 90 วัน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเห็ดทอดปรุงรสในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนชนิดของบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านรสชาติต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์มากกว่า และเมื่อเมื่อตรวจสอบคะแนนของปัจจัยต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษาได้แก่ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนในทิศทางเดียวกัน ซึ่งจากปัจจัยดังกล่าวสรุปได้ว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมจะช่วยยืดอายุและทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 4.10 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในรสในสภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน

คุณสมบัติ	ชนิดของบรรจุภัณฑ์	อายุการเก็บรักษา (วัน)						
		0	15	30	45	60	75	90
ลักษณะปรากฏ	ถุง PP	8.13±0.765^{A}	7.70±0.988 ^{B}	7.43±0.937^{B}	-	-	-	-
	ถุง PP+ดูดซับออกซิเจน	8.13±0.718^{A}	7.77±0.817^{A}	7.53±0.898^{AB}	7.36±0.837^{AB}	-	-	-
	ถุง AL	8.17±0.747^{A}	7.80±0.788^{A}	7.57±0.858^{A}	7.40±0.932^{A}	7.37±1.542	7.23±1.230	-
สี	ถุง PP	8.10±0.712^{A}	7.67±0.844^{B}	7.47±0.776^{B}	-	-	-	-
	ถุง PP+ดูดซับออกซิเจน	8.10±0.788^{A}	7.90±0.662^{A}	7.63±0.711^{A}	7.30±1.095^{AB}	-	-	-
	ถุง AL	8.13±0.681^{A}	7.93±0.640^{A}	7.67±0.819^{A}	7.40±1.303^{A}	7.20±1.45^{A}	7.37±0.669^{A}	-
กลิ่น	ถุง PP	8.17±0.699^{A}	7.47±0.834^{B}	7.43±1.165^{B}	-	-	-	-
	ถุง PP+ดูดซับออกซิเจน	8.16±0.845^{A}	7.80±1.137^{A}	7.67±0.711^{AB}	7.33±1.093^{B}	-	-	-
	ถุง AL	8.17±1.085^{A}	7.83±0.961^{A}	7.73±0.868^{A}	7.37±1.189^{A}	6.97±1.159^{A}	6.43±1.104^{A}	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่กำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกัน ($p<0.05$)
- หมายถึง ไม่สามารถทดสอบชิมตัวอย่างดังกล่าวได้เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อราเกินกำหนด

ตารางที่ 4.10 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสในรสในสภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน (ต่อ)

คุณสมบัติ	ชนิดของบรรจุภัณฑ์	อายุการเก็บรักษา (วัน)						
		0	15	30	45	60	75	90
เนื้อสัมผัส	ถุง PP	8.00±0.871^{A}	7.83±0.973^{B}	7.60±0.894^{B}	-	-	-	-
	ถุง PP+ดูดซับออกซิเจน	7.99±0.868^{A}	7.87±0.776^{A}	7.70±0.837^{AB}	7.50±1.009^{B}	-	-	-
	ถุง AL	8.10±0.845^{A}	7.87±0.834^{A}	7.73±0.828^{A}	7.60±1.133^{A}	7.03±1.351^{A}	6.47±1.456^{A}	-
รสชาติ	ถุง PP	7.99±0.980^{A}	7.63±0.995^{B}	7.47±1.252^{B}	-	-	-	-
	ถุง PP +ดูดซับออกซิเจน	8.02±0.610^{A}	7.87±0.935^{AB}	7.53±1.074^{AB}	7.47±0.819^{A}	-	-	-
	ถุง AL	8.00±0.830^{A}	7.90±0.850^{A}	7.60±0.938^{AB}	7.53±1.279^{A}	7.33±1.383	7.10±1.453	-
ความชอบรวม	ถุง PP	7.97±0.850^{A}	7.70±1.055^{B}	7.70±0.952^{B}	-	-	-	-
	ถุง PP+ดูดซับออกซิเจน	7.97±0.860^{A}	7.77±0.935^{AB}	7.75±0.750^{AB}	7.50±0.900^{B}	-	-	-
	ถุง AL	8.03±0.907^{A}	7.80±1.064^{A}	7.83±0.874^{A}	7.67±1.028^{A}	7.13±1.224	7.03±0.850	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่กำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกัน ($p<0.05$)
- หมายถึง ไม่สามารถทดสอบชิมตัวอย่างดังกล่าวได้เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อราเกินกำหนด

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การพัฒนากระบวนผลิตเห็ดทอดปรุงรส มีขั้นตอนดังนี้ คือศึกษาคุณภาพจากวัตถุดิบเริ่มต้น ศึกษาวิธีการให้ความร้อนแก่เห็ดก่อนนำไปแปรรูป ศึกษาผลของวิธีการทอดที่ส่งผลต่อคุณภาพของเห็ดทอด ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ คุณค่าทางโภชนาการและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส พร้อมทั้งศึกษาอายุการเก็บรักษา สรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น โดยนำเห็ดนางฟ้าสดที่อยู่ในระยะบานเต็มที่ ลักษณะดอกเห็ดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-6 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก ล้างทำล้างทำความสะอาด จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยนำเห็ดนางฟ้าสดจากฟาร์มตัวอย่าง อ.ธารโต มาวิเคราะห์คุณภาพต่างๆพบว่า เห็ดมีลักษณะเป็นสีขาว มีค่า L* a* b* เท่ากับ 63.00, 13.09 และ 23.27 ตามลำดับ มีค่า a_w เท่ากับ 0.996 และปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 89.95

2. การศึกษาวิธีการให้ความร้อนแก่เห็ดก่อนนำไปแปรรูป 3 แบบคือ 1. ไม่ต้ม (control) 2. ลวกเห็ดโดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที 3. นึ่งเห็ดโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที พบว่า การนึ่งด้วยไอน้ำให้ผลดีในด้านสี (L* a* b*) ค่า a_w ปริมาณความชื้น และการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยพบว่า วิธีดังกล่าวทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลลดลง เห็ดที่ได้สีไม่คล้ำ และไม่เปื่อยยุ่ย

3. ผลการศึกษาวิธีการทอดต่อระยะเวลาการทอด 2 รูปแบบคือ 1) ทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสประมาณ 5 นาที และ 2) ทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ (Vacuum fryer) สภาวะในการทอดที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ความดันสุญญากาศ 620 มิลลิเมตรปรอท เวลา 15 นาที พบว่า การทอดแบบสุญญากาศให้ผลดีในด้านสี a_w ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมัน โดยพบว่า วิธีดังกล่าวทำให้เห็ดไม่สีคล้ำ รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะไม่อมน้ำมัน ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

4. จากาการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสที่ปรับปรุงกระบวนการผลิตพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า a_w เท่ากับ 0.43 ปริมาณความชื้นร้อยละ 10.94 พบปริมาณเถ้า ใยอาหาร ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 3.64, 6.68, 31.57, 9.11 และ 44.74 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์

ที่ได้ให้พลังงาน 499.53 กิโลแคลอรี/100 กรัม จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ $1x10^2$ โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และราเท่ากับ 7 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ

5. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส โดยศึกษาชนิดของบรรจุ 3 รูปแบบคือ 1) ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) 2) ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) บรรจุสารดูดซับออกซิเจน 3) ถุงเมทัลไลท์ฟอยล์ (M-CPP, ฟอยล์) จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29±2 องศาเซลเซียส) พบว่า ตลอดระยะเวลา 90 วัน พบเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านค่าสี (L* a* b*) ค่า a_w และความชื้น ค่า TBA ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดรวมทั้งเชื้อรา ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ส่งผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วย จากการทดลองทำให้สรุปได้ว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส คือ บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน 75 วันโดยประมาณ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาวิธีการทำแห้งรูปแบบอื่น เช่น การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freezing dry) การทำแห้งแบบสุญญากาศ (vacuum dry) หรือ การอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟ (microwave dry)

2. ควรประยุกต์ใช้งานวิจัยกับเห็ดสายพันธุ์อื่น เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้นำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2555). *การผลิตและการใช้ประโยชน์จากน้ำนึ่งปลาทูน่าผงเพื่อใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องต้มยำผง.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จริยา สุขจันทรา. (2551) *ผลของน้ำมันที่ใช้ทอดต่อคุณภาพของกล้วยหินฉาบ.* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

จักรี ทองวิเศษ. (2556). *การใช้เห็ดนางฟ้าในผลิตภัณฑ์หมูยอ*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชิดชนก ศุขศรีไพศาล. (2559). *การผลิตและเก็บรักษากุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภค โดยใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ดารณี คล้ายเครือ. (2550). *การศึกษาวิธีการลดปริมาณน้ำมันดูดซับของผลิตภัณฑ์อาหารหลังการทอด*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร

ธณิกานต์ ธรสินธุ์ สาวณีย์ ชัยเพชร และศิรินาถ ศรีอ่อนนวล. (2561). *การศึกษาการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าและคุณประโยชน์ด้านต่าง ๆ จากแหนมเห็ด.* นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

ธวัช นุสนธรา และพิริยะ ศรีเจ้า. (2557). การยืดอายุการเก็บสินค้าอาหารประเภททอดหรืออบกรอบด้วยบรรจุภัณฑ์. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, 62*(195), 14-17.

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ และณัฏฐิกา ศิลาลาย. (2559). ผลของการลดปริมาณความชื้นก่อนทอดต่อปริมาณความชื้นค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้น และการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์เห็ดหอม *(Lentinusedodes)* ทอดแบบน้ำมันท่วม. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 11(1), 57–66.

นภาพร ช้างทอง และพรประภา ชุนถนอม. (2560). ผลของกระบวนการผลิตเห็ดขอนขาวทอดปรุงรสต่อการยอมรับของผู้บริโภค. *วารสารแก่นเกษตร,* 45(1), 1611–1616.

นราธิป ปุณเกษม. (2559). การพัฒนาคุกกี้เนยสดเสริมใยอาหารจากอัลเบโดของส้มโอ. *วารสารวิจัย มสด สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 9(1), 35-49.

นวพร สัมมาพรต และปัญณวิชญ์ สมภูเวช. (2559). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นปรุงรสทอดกรอบ.* กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.

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

ปรย เสาวลักษณ์ และธงชัย สุวรรณชินณ์. (2551). ผลของกรรมวิธีก่อนการทอดต่อคุณภาพของเห็ดนางฟ้าทอดสุญญากาศ. *ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46, 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2551.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2563) *การเก็บรักษาอาหาร* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2563, จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0333/food-preservation.

ประกาศ ชมภู่ทอง สราวุธ แผลงศร วีระสิทธิ์ ปิติเจริญพร และบัณฑิตพงษ์ ศรีอำนวย. (2562). การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองทอดด้วยระบบสุญญากาศ. สุญญากาศ. *ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 6, 30 มีนาคม 2562.* นครราชสีมา: วิทยาลัยนครราชสีมา.

ปรารถนา ขะมานาม. (2557). *การเพิ่มมูลค่ากล้วยตากตกเกรดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏภูบูลสงคราม.

พิพรรธ ตั้งใจดี. (2556). *สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ทอดกรอบโดยการทอดสุญญากาศ*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภาค มาลัยกฤษณะชลี. (2556). *ผลของสภาวะกระบวนการพาสเจอไรซ์ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์นม* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.

รอมลี เจะดอเลาะ. (2559)**.** การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลากากรำข้าวเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระ. *วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์, 16*(2), 47-64.

ลักขณา พิทักษ์. (2556). *การศึกษาการลดปริมาณน้ำมันในกล้วยทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศโดยการอบด้วยไมโครเวฟ.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วนิดา บุรีภักดี. (2557*). การพัฒนากระบวนการผลิตไก่ทอดแช่เยือกแข็งพร้อมบริโภค.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วริพัสย์ อารีกุล มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ ศดานันท์ นรินทร์สุขสันติ และสุวรรณ ทาเขียว. (2557). *การพัฒนาชาเจียวกู่หลานผงสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย และความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา.* งานวิจัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ ปณิดา ชัยปัน และต่อลาภ ศรีเมือง. (2560). ผลของอุณหภูมิและเวลาทำแห้งด้วยลมร้อนต่อคุณภาพของเห็ดเข็มทองผงที่ผลิตจากส่วนที่ไม่นิยมบริโภค. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,* 25(6), 1001 – 1014.

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์. (2559). *การศึกษาปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญต่อสุขภาพจากเส้นใยของเห็ด ที่เพาะเชิงการค้าและการนำเส้นใยเห็ดผงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร*. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล. (2556). ปัจจัยที่มีผลต่อการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสของผักและผลไม้. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 18*(1): 226- 233.

วีรเวทย์ อุทโธ กมลชนก คำแผ่น กฤติกา สิงห์สุข และกฤตยา อุทโธ. (2560). การพัฒนาบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับหมูสวรรค์. *ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 11, 13-14 กรกฎาคม 2560.* อุบลราชธานี. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

วีรเวท ยุทโธ. (2555). *เทคโนโลยีการบรรจุเชิงแอคทีฟสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร*. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

สิริมา ชินสาร วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และนิสานารถ กระแสร์ชล. (2560). ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนุนทอด. *วารสารวิทย์เกษตร. 49(2)*, 77-80.สิริมา ชินสาร. (2552). การดูดซับน้ำมันในกระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วม. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*. 14(2), 138-146.

สุชาดา เลาหศิลป์สมจิตร. (2561). การบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับชาอบแห้ง. *วารสารการเกษตรราชภัฏ, 17*(1), 34-41.

สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช และและนัฏฐา คเชนทร์ภักดิ์. (2554). การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปูหินนิ่มทอดปรุงรส. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง,* 5(2), 105-110.

สุพัตรา พูลพืชชนม์. (2556). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์สับปะรดทอดสุญญากาศปรุงรส.* ชลบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค (มผช. 303/2547)*. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2563, จาก: http:// tcps.tisi.go.th.

อรวรรณ ติวเถาว์. (2557). *การศึกษาการพองตัวในหนังปลาแซลมอนกรอบโดยใช้เตาอบไมโครเวฟและการทอด.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อารยา มุสิกา คำภีรภาพ อินทะนู และตรีรัตน์ วงศ์ชำนาญ. (2556). *การเปรียบเทียบการเพาะเห็ดนางฟ้าด้วยฟางข้าวแห้งและก้อนเชื้อเห็ดเก่า.* บุรีรัมย์: มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

Aguiar, H.F. and Gut, A.W. (2014). Continuous HTST pasteurization of liquid foods with plate heat exchangers: validation using a time temperature integrator. *Journal of Food Engineering,* 123: 78-86.

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

Banchuen, J., Thammarutwasik, P., Ooraikul, B., Wuttijumnong, P., & Sirivongpaisal, P. (2009). Effect of germinating processes on bioactive component of Sangyod Muang Phatthalung rice. *Thai Journal of Agricultural Science, 42*(4), 191-199.

Chen, S.Y., Ho, K.J., Hsieh, Y.J., Wang, L.T. & Mau, J.L. (2012). Contents of lovastatin, Gamma-aminobutyric acid and ergothioneine in mushroom fruiting bodies and mycelia. *Journal of LWT Food Science and Technology*, 47, 274-278.

Chiewchan, N., Phungamngoen, C. & Siriwattanayothin, S., (2006) Effect of Homogenizing Pressure and Sterilizing Condition on Quality of Canned High Fat Coconut Milk. *Journal of Food Engineering,* 73 (1), 38-44.

Choe, E., & Min, D. B. (2007). Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science,* 72(5), 77-86.

Dueik, V., Robert, P. & Bouchon, P. (2010). Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. *Journal of Food Chemistry,* 119, 1143-1149.

Fowle, J. (2005). *Developments in barrier films for packaging*. Pira International Ltd. UK.

Gandy, A.L., Schilling, M.W., Coggins, P.C., White, C.H., Yoon, Y. and Kamadia, V.V. (2008). The effect of pasteurization temperature on consumer acceptability, sensory characteristics, volatile compound composition and shelf-life of fluid milk. *Journal of Dairy Science*, 91(5): 1769–1777.

Girgin, N. & El, S. N. (2015). Effects of cooking on in vitro sinigrin bioaccessibility, total phenols, antioxidant and antimutagenic activity of cauliflower (Brassica oleraceae L. var. Botrytis). *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 119-127.

Jaworska, G., Pogori, K., Bernas, E., Skrzypczak, A., & Kapusta, I. (2014). Vitamins, phenolics and antioxidant activity of culinary prepared Suillus luteus (L.) Roussel mushroom. *Journal of Food Science and Technology*, 59, 701-706.

Lamkampang, P. & Inget, S.V. (2015). Product Development of Khao-Tang Supplemented with Calcium from Grey Feather Back Fish bone. *Saundusit Research Journal*, 8 (1), 55-71.

Li-E, J., Qing, C. and Ke-Chang, X. (2008). Antioxidant activities and composition of extracts from chili. *International Jounal of Food Science and Technology*, 43, 666-672.

Moula, A. M., Gaba, K., Prodpran, T. & Benjakul, S. (2020) Quality characteristics of fried fish crackers in gelatin bags: Effect of squalene and Storagetime**.** *Food Hydrocolloids*. 99, 1-12.

Patras, A., Brunton, N. A., Donnell, C. & Tiwari, B.K. (2010). processing onanthocyanin stabilityin foods; mechanismsand kinetics ofdegradation. *Journal of Trends in Food Science & Technology*, 21, 3-11.

Pua, C. K., Sheikh abd. Hamid, N., Tan, C. b., Mirhosseini, H., Abd.Rahman, R. and Rusul, G. (2008). Storage stability of jackfruit *(Artocarpus heterophyllus)* powder packaged in aluminium laminated polyethylene and metallized co-extruded biaxially oriented polypropylene during storage. *Jounal of Food Engineering.* 89, 419 – 428.

Serpen, A., & Gokmen, V. (2009). Evaluation of the Maillard reaction in potato crisps by acrylamide, antioxidant capacity and color. *Journal of Food Composition and Analysis,* 22(6), 589-595.

Stoklosa, A.M., R.A. Lipasek, L.S. Taylor, and L.J. Mauer. (2012). Effects of storage conditions, formulation, and particle size on moisture sorption and flow ability of powders: A study of deliquescent ingredient blends. *Food research international*, 49, 783-791.

Zhang, Z., Song, H., Peng Z., Luo Q., Ming J., & Zhao G. (2012). Characterization of stipe and cap powders of mushroom (Lentinus edodes) prepared by different grinding methods. *Journal of Food Engineering*. 109, 406-413.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

ก.1 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.2 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

ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์คุณลักษณ์ทางเคมี

ข.1 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.2 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 ใส่หลอดย่อยโปรตีนและทำ แบลงค์ด้วย

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 กลั่นประมาณ 4 นาที (หรือดูจากสารละลายในหลอดเท่ากับ 150 มิลลิลิตร) ล้างลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

5. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล (หาความเข้มข้นมาตรฐาน) จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วง

วิธีการคำนวณ

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.3 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 ถ้าอาหารเป็นอาหารชนิดที่มีไขมันมากให้ชั่ง 1-2 กรัม ถ้าเป็นชนิดที่มีไขมันน้อยให้ชั่ง 2-3 กรัม ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ในหลอดทดลอง

3. นำหลอดตัวอย่างใส่เข้าในเครื่อง แล้วกดปุ่มด้านหน้าเครื่องไปที่ตำแหน่ง washing

4. เติมสารตัวทำละลายเฮกเซนลงใน extrection vessel ทีทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 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.4 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.5 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 องศาเซลเซียส 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 และกดสวิทช์ vacuum เพื่อระบาย Sulfuric acid ออก

7. ล้างน้ำ 3 ครั้ง ด้วยน้ำกลั่นร้อนๆ ครั้งละ 30 ด้วยน้ำกลั่นร้อนๆ รั้งละ 30 มิลลิลิตร ในการล้างแต่ละครั้งให้ปิด วาล์ว ไปที่ตำแหน่ง Pressure และกดสวิทช์ 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 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง) น้ำหนักที่นำไปลบออกจากน้ำหนักในข้อ 13 จะได้เป็นน้ำหนักของเส้นใยหยาบที่ปราศจากเถ้า

คำนวณ

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

ข.6 การวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนทั้งหมด (Boom Calorimeter)

วิธีการใช้เครื่อง Bomb calorimeter MODEL 1356

1. ON เครื่อง Bomb calorimeterและ ON เครื่อง Printer ที่สวิทช์ 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 นำหัวเติมออกซิเจน มากดที่หัววาล์วเติม 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 ต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง 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

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 35-37 องศาเซลเซียส (จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญ) ในลักษณะคว่ำจานเพาะเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

9. ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อประมาณ 30-300 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง = ค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนี × 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 แบบทดสอบวิธีการทอดที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส (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	
กลิ่น	
เนื้อสัมผัส	
รสชาติ	
ความชอบรวม	

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ง.2 แบบสอบถามทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทั่วไป

แบบสอบถามความคิดเห็นผู้บริโภคผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส

คำอธิบาย: ผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส คือ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเห็ดนางฟ้า นำมาผ่านกระบวนการทอดด้วยวิธีการที่เหมาะสม จากนั้นนำไปผสมกับน้ำปรุงรส

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 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคเห็ดทอด

โปรดกรอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง ☐ ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. คุณรู้จักเห็ดทอดหรือไม่ (ถ้าไม่รู้จักข้ามไปทำข้อ 2,3)

☐ 1.) รู้จัก ☐ 2.) ไม่รู้จัก

1.1คุณชอบรับประทานเห็ดทอดหรือไม่

☐ 1.) ชอบ ☐ 2.) ไม่ชอบ

1.2 คุณสามารถเลือกซื้อเห็ดทอดจากที่ใด

☐ 1.) ตลาด ☐ 3.) รถเข็น

☐ 2.) ร้านผลไม ☐ 4.) อื่นๆ.....

1.3 เกณฑ์ที่คุณใช้ในการเลือกซื้อเห็ดทอด คือ

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

2. หากมีการผลิตเห็ดทอดปรุงรสสมุนไพร เพื่อจำหน่าย คุณคิดว่าจะซื้อหรือไม่

☐ 1.) ซื้อ ☐ 3.) ไม่แน่ใจ

☐ 2.) ไม่ซื้อ ☐ 4.) อื่นๆ.....

3. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส หรือไม่

☐ 1.) ยอมรับ ☐ 2.) ไม่ยอมรับ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส

1. กรุณาพิจารณา / ทดสอบตัวอย่างที่กำหนดและทำเครื่องหมาย / ลงในช่องว่าง ☐ ที่ตรงกับความรู้สึกของคุณมากที่สุด

ปัจจัยคุณภาพ	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบ	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบ	ชอบมาก
ลักษณะปรากฏ					
สี					
เนื้อสัมผัส					
รสชาติ					
ความชอบรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ – สกุล นางสาวกมลทิพย์ กรรไพเราะ

ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

สังกัด คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

ประวัติการศึกษา

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

ผลงานทางวิชาการ

งานวิจัย

กมลทิพย์ กรรไพเราะ กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง ภัทรวดี เอียดเต็ม สุธีรา ศรีสุข และนุชเนตร ตาเย๊ะ (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์อัตลักษณ์อาหารท้องถิ่นใน 3 จังหวัดชายแดนใต้*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ จริยา สุขจันทรา และภารดี พละไชย. (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาของข้าวหอมกระดังงาชนิดแท่ง*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ วิภาดา มุนินทร์นพมาศ และภัทรวดี เอียดเต็ม. (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบ,* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และนิภาภัทร์ กุณฑล. (2562). *การพัฒนาขนมไทยลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช* , ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2561). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเจ๊ะเหมชงพร้อมดื่มพร้อมบริโภค,* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

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

กมลทิพย์ กรรไพเราะ นัสรินทร์ สุหลงกูด และแวนาซีเราะห์ แวมามุ. (2559). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแขกพาสเจอไรส์พร้อมบริโภค*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และสุธีรา ศรีสุข. (2559). *การพัฒนาและใช้ประโยชน์จากดาหลาเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเชิงสุขภาพ*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, จีรวุธ มุนินทร์นพมาศ, อับดุลนาเซร์ ฮายีสาเมาะ, และสุธีรา ศรีสุข. (2558). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำปรุงรสพริกไทยดำของหมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป,* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

สมทบ เวทโอสถ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, และอิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. (2558). *ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพผลของส้มโชกุน,* ยะลา: 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 และสุธีรา ศรีสุข. (2559). การพัฒนากัมมี่เยลลี่ดาหลาพลังงานต่ำด้วยซูคราโลส. ใน *รายงานการประชุมงานประชุมวิชาการเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14 “เกษตรและสุขภาพ” (Agriculture and Health) ประจำปี 2559 วันที่ 1-2 พฤศจิกายน 2559*. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

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

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, จีรวุธ มุนินทร์นพมาศ, อับดุลนาเซร์ ฮายีสาเมาะ และสุธีรา ศรีสุข. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำปรุงรสพริกไทยดำของหมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป. ใน *รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 4 ประจำปี 2558 วันที่ 5 สิงหาคม 2558*. 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 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 : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ภัทรวดี เอียดเต็ม สุธีรา ศรีสุข และภารดี พละไชย (2560). *การพัฒนามาตรฐานการผลิตกาแฟเบตง(โกปี๋).* ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

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

ภัทรวดี เอียดเต็ม กมลทิพย์ กรรไพเราะ และวิภาดา มุนินทร์นพมาศ. (2561). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มะม่วงหาวมะนาวโห่.* ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ภัทรดี เอียดเต็ม และจริยา สุขจันทรา. (2561). **ก***ารพัฒนาปลาสวรรค์แผ่นกรอบจากปลาหลังเขียว.* ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ภัทรวดี เอียดเต็ม กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง และจริยา สุขจันทรา. (2561). *การใช้แป้งมันขี้หนูทดแทนแป้งมันสำปะหลังบางส่วนในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาทูแขกปัตตานี.* ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

บทความ (ถ้ามี)

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

หนังสือ / เอกสารทางวิชาการ

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

ผู้ร่วมโครงการ 2

ชื่อ – สกุล นางสาวภารดี พละไชย
ตำแหน่งทางวิชาการ นักวิทยาศาสตร์
สังกัด คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

ประวัติการศึกษา

- วท. บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) สถาบันราชภัฏยะลา

ผลงานทางวิชาการ

งานวิจัย

กมลทิพย์ กรรไพเราะ จริยา สุขจันทรา และภารดี พละไชย. (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาของข้าวหอมกระดังงาชนิดแท่ง*, ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

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

ภัทรวดี เอียดเต็ม สุธีรา ศรีสุข และภารดี พละไชย (2560). *การพัฒนามาตรฐานการผลิตกาแฟเบตง(โกปี๋)*, ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

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