วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 27 (ฉบับที่ 1) มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2565
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 27 (No.1) January – April 2022 บทความวิจัย

ผลของปัจจัยในกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของเห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส

The Effect of Process Parameters on Qualities of Seasoned Fried Sajor-caju Mushroom (*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singers)

กมลทิพย์ กรรไพเราะ[1*], นิภาภัทร์ กุณฑล[1], ภัทรวดี เอียดเต็ม[1], ภารดี พละไชย[1],
ซุไรดา มะ[2] และ รอฮานี มะเซ็ง[2]

Kamontip Kanpairo[1*], Niphaphat Kunthon[1], Phattharawadee Aedtem[1], Pharadee Phalachai[1]
Suraida Ma[2] and Rohanee Maseng[2]

[1]*หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประกอบอาหารฮาลาล คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*

[1]*Halal Culinary Science Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University*

[2]*ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*

[2]*Local Promotion and Development Center, Yala Rajabhat University*

Received : 19 May 2021
Revised : 13 July 2021
Accepted : 4 August 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส โดยนำเห็ดนางฟ้ามาให้ความร้อนด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธีได้แก่ 1) ตัวอย่างควบคุม (ไม่ให้ความร้อน) 2) ลวกเห็ดโดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที 3) นึ่งเห็ดโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากผลการทดลองพบว่า วิธีการให้ความร้อนที่เหมาะสมคือ การนึ่งเห็ดโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำ โดยผลิตภัณฑ์มีค่า L* a* b* ค่า a_w และปริมาณความชื้นเท่ากับ 49.70±0.23, 5.70±0.65, 9.10±0.24, 0.95±0.04 และร้อยละ 88.25±0.80 ตามลำดับ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบรวมสูงสุดที่คะแนน 7.10±0.48 วิธีการดังกล่าวจะช่วยทำให้การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลลดลง เนื้อสัมผัสของเห็ดไม่นิ่มเละ เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมและวิธีการลวก ในส่วนของการศึกษาวิธีการทอดที่ต่างกัน 2 วิธีคือ 1) ทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที และ 2) ทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ความดันสุญญากาศ 620 มิลลิเมตรปรอท เวลา 5 นาที พบว่า วิธีการทอดที่เหมาะสมคือ การทอดเห็ดนางฟ้าด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ วิธีการดังกล่าวทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันลดลงเหลือร้อยละ 32.48±0.31 เมื่อเทียบกับการทอดแบบน้ำมันท่วมที่มีปริมาณไขมันร้อยละ 52.93±0.33 และเมื่อนำเห็ดนางฟ้าที่ทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 – point hedonic scale พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบรวมสูงสุดที่คะแนน 7.10±0.48 จากนั้นนำมาพัฒนาเป็นเห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส โดยศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค (Thai Community Product Standard, 303/2004)

คำสำคัญ : เห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส ; วิธีการให้ความร้อน ; วิธีการทอด

Abstract

This research aimed to study the production processes of seasoned fried Sajor-caju mushroom. Sajor-caju mushroom sample was heated in 3 different methods, 1) control sample (not heated) 2) blanched at 95 degrees Celsius for 5 minutes 3) steamed at 80 degrees Celsius for 10 minutes. The results were shown that the appropriate heating method was steaming. The L* a* b* values, a_w value, and moisture content of the product were 49.70±0.23, 5.70±0.65, 9.10±0.24, 0.95±0.04 and 88.25±0.80 percent, respectively. The panelists gave the highest score of overall liking at 7.10±0.48. This method helped reduce the browning reaction and the texture of the mushroom was not mushy compared to the control and blanched sample. In the part of studying 2 different methods of frying, 1) deep frying at 150 degrees Celsius for 5 minutes and 2) vacuum frying at 115 degrees Celsius for 5 minutes, vacuum pressure 620 mm Hg for 15 minutes, it was found that the appropriate method was vacuum frying. Vacuum frying could reduce the fat content to 32.48±0.31 percent when compared to deep frying which gave fat content at 52.93±0.33 percent. For the sensory test of vacuum fried Sajor-caju mushroom using the 9-point hedonic scale, it was shown that panelists gave the highest score of overall liking at 7.10±0.48. When developing this product to become seasoned fried Sajor-caju mushroom, determine the nutritional value and physicochemical properties, the results showed that the product meets the standard of ready-to-eat seasoned mushroom community products according to Thai Community Product Standard, 303/2004.

Keywords : seasoning fried Sajor-caju mushroom ; heating methods ; frying methods

***Corresponding author. E-mail** : koikamontip.k@gmail.com

บทนำ

เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju (Fr.) Singers)* จัดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างหนึ่งของประเทศ มีผลผลิตออกสู่ตลาดทั้งปี โดยในปีเพาะปลูก พ.ศ. 2561 มีผลผลิตรวมทั้งสิ้น 7,291 ตัน (Centre for Agricultural Information, 2019) ประกอบกับเห็ดนางฟ้าเป็นเห็ดที่มีขนาดของดอกปานกลาง เนื้อแน่น รสชาติดี อุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆ ได้แก่ โปรตีน ธาตุเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัสและวิตามินต่างๆ นอกจากนี้ยังปราศจากไขมัน สามารถเก็บไว้ในตู้เย็นได้หลายวัน และปรุงอาหารได้หลายอย่างเช่นเดียวกับเห็ดชนิดอื่น ทำให้ในปัจจุบันมีการเพาะเห็ดชนิดนี้กันอย่างแพร่หลายและมีแนวโน้มการปลูกที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากข้อมูลการส่งออกสินค้าประเภทผักกระป๋องและผักแปรรูปในช่วงเดือนมกราคม – พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 พบว่า ผลิตภัณฑ์เห็ดแปรรูปมีมูลค่าการส่งออก 11.7 ล้านเหรียญสหรัฐ โดยมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 8 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปี พ.ศ. 2562 (Department of Trade Negotiations, 2021) จากปริมาณการปลูกและผลผลิตที่ออกสู่ตลาดในปริมาณเพิ่มขึ้นนี้เอง จึงมีการนำเห็ดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีต่างๆ ซึ่งปัญหาที่พบคือ การสูญเสียคุณค่าทางอาหาร คุณลักษณะทางธรรมชาติที่ดีไม่ว่าจะเป็นสีและกลิ่นรสตามธรรมชาติ

ผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าทอดปรุงรสจัดเป็นอาหารขบเคี้ยว (snack foods) ที่มีส่วนประกอบของเห็ดและเครื่องเทศเช่น กระเทียม พริกไทย ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจสำหรับตลาดอาหารขบเคี้ยวเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีความกรอบเหมือนอาหารขบเคี้ยวทั่วไป จึงมีศักยภาพในการเป็นสินค้าส่งออกที่สามารถทดแทนอาหารขบเคี้ยวชนิดอื่นได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีการผลิตและวางขายอยู่ทั่วไป แต่ปัญหาที่พบคือ ไม่สามารถคงความกรอบไว้ได้เนื่องจากเกิดการอมน้ำมันที่เกิดขึ้นในกระบวนการทอด นอกจากจะส่งผลต่อความกรอบแล้ว ยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนและไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน จากการลงพื้นที่โครงการฟาร์มตัวอย่างในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ อ.ธารโต จ.ยะลา ในโครงการยกระดับผลิตภัณฑ์ OTOP ตามพระราโชบาย มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา พบว่า ทางกลุ่มผลิตเห็ดแปรรูปครบวงจร ซึ่งผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรสเป็นสินค้าขึ้นชื่อของทางกลุ่มและมีปัญหาเรื่องกระบวนการผลิตที่ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆเช่น ความกรอบ การเกิดกลิ่นหืน และผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้น ไม่สามารถกระจายสินค้าไปยังพื้นที่อื่นๆได้ ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญและสนใจที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว โดยปรับปรุงกระบวนการผลิตเห็ดทอดปรุงรสที่สอดคล้องกับกระบวนการผลิตที่มีอยู่เดิม เพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้จริง สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการให้ความร้อนแก่เห็ดก่อนนำไปแปรรูป ศึกษาวิธีการทอดที่ส่งผลต่อคุณภาพของเห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ในการผลิตสำหรับกับผู้ประกอบการรวมทั้งกลุ่มผู้บริโภคที่สนใจต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมเห็ดนางฟ้าและวิธีการให้ความร้อนก่อนนำเห็ดไปแปรรูป

นำเห็ดนางฟ้า โครงการฟาร์มตัวอย่าง อ. ธารโต จ. ยะลา ที่อยู่ในระยะบานเต็มที่ ลักษณะดอกเห็ดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-6 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก ล้างทำความสะอาด จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆ คือ 1) ค่าสี L* a* b* โดยใช้เครื่องวัดค่าสี Hunter lab รุ่น colorflex@ EZ 2) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ โดยใช้เครื่อง Novasina AG รุ่น CH – 8853 3) ปริมาณความชื้น โดยวิธี (AOAC, 2000) จากนั้นนำ มาฉีกเป็นเส้นยาวประมาณ 5–6 เซนติเมตร และศึกษากระบวนการให้ความร้อน

ก่อนนำไปทอด โดยแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลองคือ 1) ตัวอย่างควบคุม (ไม่ให้ความร้อน) 2) ลวกเห็ดโดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส อัตราส่วนน้ำต่อเห็ดคือ 10 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 5 นาที ตักเห็ดขึ้นจากน้ำ นำมาวางบนกระดาษอเนกประสงค์เพื่อซับน้ำออกจากเห็ด 3) นึ่งเห็ดโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส อัตราส่วนน้ำต่อเห็ดคือ 10 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 10 นาที นำมาวางบนกระดาษอเนกประสงค์เพื่อซับน้ำออกจากเห็ด (Saowalak & Suwonsichon, 2008) จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆ คือ 1) ค่าสี L* a* b* 2) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ 3) ปริมาณความชื้น โดยวิธี (A.O.A.C. 2000) 4) การยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ แบบ 9-Point Hedonic Scale ในปัจจัยคุณภาพต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบ 50 คน คัดเลือกชุดการทดลองที่ดีที่สุดโดยใช้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส

2. ศึกษาวิธีการทอดต่อคุณภาพเห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส

นำเห็ดที่ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดจากข้อ 1 มาอบด้วยตู้อบลมร้อน ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ให้เหลือปริมาณความชื้นของตัวอย่างหลังอบไม่เกินร้อยละ 6 จากนั้นศึกษาสภาวะในการทอด 2 รูปแบบคือ 1) นำเห็ดนางฟ้ามาทอดแบบน้ำมันท่วมโดยใช้หม้อทอดไฟฟ้ายี่ห้อ OTTO รุ่น DF-375 ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสประมาณ 5 นาที อัตราส่วนน้ำมันปาล์มต่อเห็ดนางฟ้าคือ 3 ต่อ 1 จากนั้นนำมาพักไว้บนกระดาษซับน้ำมัน และ 2) ทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ (Vacuum fryer) ยี่ห้อ Owner Foods Machinery รุ่น VP-10M สภาวะในการทอดที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ความดันสุญญากาศ 620 มิลลิเมตรปรอท เวลา 5 นาที จากนั้นนำมาพักไว้บนกระดาษซับน้ำมัน (Changthog & Chunthanom, 2017) วิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ คือ 1) ค่าสี L* a* b* 2) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ 3) ปริมาณความชื้นและไขมัน โดยวิธี (AOAC, 2000) 4) การยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ แบบ 9-Point Hedonic Scale ในปัจจัยคุณภาพต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบ 50 คน คัดเลือกชุดการทดลองที่ดีที่สุดโดยใช้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส

3. ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส

นำเห็ดทอดที่ได้รับคัดเลือกจากข้อ 2 มาพัฒนาเป็นเห็ดทอดปรุงรสรสสมุนไพร ตามสูตรและวิธีการทำของโครงการฟาร์มตัวอย่างฯ 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 และนำเห็ดทอดมาคลุกโดยใช้อัตราส่วนเห็ดทอดต่อน้ำปรุงรสคือ 3 ต่อ 2 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์ทางด้านคุณภาพในด้านต่างๆ เทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค (Thai Community Product Standard, 303/2004) ได้แก่ 1) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ โดยใช้เครื่อง Novasina AG รุ่น CH – 8853 2) คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต ค่าเปอร์ออกไซด์ ตามวิธี (AOAC, 2000) 3) พลังงานทั้งหมด ตามวิธี Gross heating value ด้วยเครื่อง Bomb calories Meter 4) ปริมาณสาร Buthylated Hydroxy Toluene (BHT) และ ปริมาณสาร Buthylated Hydroxy Anisole (BHA) ด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 5) คุณสมบัติทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli* ยีสต์และรา ตามวิธี (AOAC, 2000)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ในการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ในการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ข้อมูลทั้งหมดจะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองแบบ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

1. การเตรียมเห็ดนางฟ้าและวิธีการให้ความร้อนก่อนนำเห็ดไปแปรรูป

การศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น โดยนำเห็ดนางฟ้าสดจากฟาร์มตัวอย่าง มาวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า เห็ดมีลักษณะเป็นสีขาว มีค่า L* a* b* เท่ากับ 64.10±0.52, 2.93±0.24 และ 24.50±0.10 ตามลำดับ มีค่า a_w เท่ากับ 0.998±0.0100 และปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 91.82±0.74 จากนั้นนำเห็ดที่ล้างสะอาดแล้วมาฉีกเป็นชิ้นเล็กขนาดยาว ประมาณ 5 – 6 เซนติเมตร ทิ้งให้สะเด็ดน้ำก่อนนำไปให้ความร้อน 3 รูปแบบคือ 1) ตัวอย่างควบคุม (ไม่ให้ความร้อน) 2) ลวกเห็ดโดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสด้วยอัตราส่วนน้ำต่อเห็ดคือ 10 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 5 นาที ตักเห็ดขึ้นจากน้ำ นำมาวางบนกระดาษอเนกประสงค์เพื่อซับน้ำออกจากเห็ด 3) นึ่งเห็ดโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสด้วยอัตราส่วนน้ำต่อเห็ดคือ 10 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 10 นาที พบว่า วิธีการให้ความร้อนที่ต่างกัน ส่งผลให้ค่าสี (L* a* b*) ค่า a_w และปริมาณความชื้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยวิธีการให้ความร้อนก่อนนำเห็ดไปแปรรูปที่เหมาะสมคือการนึ่งเห็ดด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า L* a* b* เท่ากับ 49.70±0.23, 5.70±0.65 และ 9.10±0.24 มีค่า a_w เท่ากับ 0.95±0.04 และปริมาณความชื้นร้อยละ 88.25±0.80 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เมื่อนำเห็ดที่ผ่านการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน 3 วิธี มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนสูงสุด ได้รับคะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวมเท่ากับ 7.23±1.02, 7.27±0.60, 7.03±0.62 และ 7.10±0.48 ตามลำดับ จึงนำวิธีการดังกล่าวไปแปรรูปในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของเห็ดนางฟ้าในสภาวะการเตรียมที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	สภาวะในการเตรียมเห็ดนางฟ้า		
	ชุดควบคุม (ไม่ให้ความร้อน)	**ลวกที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 5 นาที**	**นึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 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}	5.70±0.65^{c}
b*	22.39±0.58^{a}	8.98±0.45^{b}	9.10±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 : ตัวอักษร a-c กำกับที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของเห็ดนางฟ้าของเห็ดนางฟ้าในสภาวะการเตรียมที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	สภาวะในการเตรียมเห็ดนางฟ้า		
	ชุดควบคุม (ไม่ให้ความร้อน)	**ลวกที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 5 นาที**	**นึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 10 นาที**
ลักษณะปรากฏ	6.70^{b}±1.73	7.10^{ab}±1.12	7.23^{a}±1.02
สี	6.77^{c}±1.33	6.90^{b}±1.01	7.27^{a}±0.60
เนื้อสัมผัส	6.10^{c}±1.44	6.37^{b}±1.10	7.03^{a}±0.62
ความชอบรวม	6.47^{c}±1.03	6.93^{b}±0.57	7.10^{a}±0.48

หมายเหตุ : ตัวอักษร a-c กำกับที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2. ผลการศึกษาวิธีการทอดต่อคุณภาพเห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส

นำเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบจากข้อ 1 มาอบด้วยตู้อบลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ปริมาณความชื้นของตัวอย่างหลังอบไม่เกินร้อยละ 6) จากนั้นศึกษาสภาวะในการทอด 2 รูปแบบคือ 1) ทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสประมาณ 5 นาที และ 2) ทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ (Vacuum fryer) ที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ความดันสุญญากาศ 620 มิลลิเมตรปรอท เป็นเวลา 5 นาที พบว่า วิธีการทอดที่ต่างกันส่งผลให้ค่า L* a* b* มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่า L* a* b* ของเห็ดทอดแบบน้ำมันท่วม มีค่าเท่ากับ 25.76±0.24, 1.80±0.03 และ 4.02±0.29 ส่วนเห็ดทอดแบบสุญญากาศมีค่า L* a* b* เท่ากับ 26.99±0.55, 2.79±0.12 และ 4.22±0.35 ตามลำดับ ส่วน ค่า a_w ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) และปริมาณไขมัน (ร้อยละ) ของเห็ดนางฟ้าทอดแบบน้ำมันท่วมผลิตภัณฑ์

มีค่าเท่ากับ 0.40±0.04, 3.32±0.82 และ 52.93±0.33 ส่วนเห็ดนางฟ้าที่ทอดแบบสุญญากาศ มีค่า a_w ปริมาณความชื้น (ร้อย ละ) และปริมาณไขมัน (ร้อยละ) เท่ากับ 0.46±0.02, 4.77±0.40 และ 32.48±0.31 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าการทอดแบบสุญญากาศให้ผลดีคือ ลดการเปลี่ยนแปลงของค่า L* a* b* และลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-Point Hedonic scale พบว่า วิธีการทอดที่ต่างกันส่งผลต่อคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี ความกรอบ และความชอบโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนคุณลักษณะทางด้านกลิ่นและรสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเห็ดนางฟ้าที่ผ่านกระบวนการทอดแบบสุญญากาศด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.26±0.69, 7.30±0.75, 7.23±1.04, 7.53±1.19, 7.02±1.03 และ 7.63±0.89 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วมและทอดแบบสุญญากาศ

คุณลักษณะ	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 : ตัวอักษร a-b กำกับที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 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 : ตัวอักษร a-b กำกับที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส

นำตัวอย่างที่ได้รับคัดเลือกจากข้อ 2 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 และนำเห็ดทอดมาคลุกโดยใช้อัตราส่วนเห็ดทอดต่อน้ำปรุงรสคือ 3:2 w/v จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค (Thai Community Product Standard, 303/2004) กล่าวคือ มีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 ค่าเปอร์ออกไซด์น้อยกว่า 30 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม สารกันหืน BHT และ BHA อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกัน ต้องไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน $1x10^3$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Escherichia coli* โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ตารางที่ 5 สมบัติทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าทอดปรุงรสสูตรพัฒนาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค

คุณลักษณะ	เห็ดปรุงรสสูตรพัฒนา	มผช. เห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค
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)	2.47	<30
Buthylated Hydroxy Toluene (BHT) (mg/kg)	Not Detected	<50
Buthylated Hydroxy Anisole (BHA) (mg/kg)	Not Detected	<50
จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	$1.0x10^2$	$1x10^3$
Escherichia coli (MPN/g)	<3.0	<3.0
ยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)	7.0	<100

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการเตรียมเห็ดนางฟ้าและวิธีการให้ความร้อนก่อนนำเห็ดไปแปรรูป

ผลการเตรียมเห็ดนางฟ้า โดยนำเห็ดนางฟ้าสดจากฟาร์มตัวอย่าง อ. ธารโต มาวิเคราะห์คุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น พบว่า เห็ดนางฟ้ามีลักษณะเป็นสีขาว มีค่า L* a* b* เท่ากับ 64.10±0.52, 2.93±0.24 และ 24.50±0.10 ตามลำดับ มีค่า a_w เท่ากับ 0.998±0.01 และปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 91.82±0.74 ซึ่งมีคุณภาพใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Saowalak & Suwonsichon (2008) ที่ศึกษาคุณภาพของเห็ดเห็ดนางฟ้าก่อนนำไปแปรรูปโดยพบว่า มีค่า L* a* b* เท่ากับ 63.00, 3.09 และ 23.27 มีค่า a_w เท่ากับ 0.996 และปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 89.95 ตามลำดับ จัดเป็นอาหารสด (Fresh food) ซึ่งปริมาณความชื้นที่สูงเกินไปจะส่งผลผลิตภัณฑ์เมื่อนำไปแปรรูปเป็นเห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส เช่น การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลและการอมน้ำมันภายหลังการทอด จึงต้องมีวิธีการลดปริมาณความชื้นในวัตถุดิบ โดยการนำเห็ดที่ล้างสะอาดแล้วมาฉีกเป็นชิ้นเล็กขนาดยาว ประมาณ 4-6 เซนติเมตร ทิ้งให้สะเด็ดน้ำก่อนนำไปให้ความร้อน 3 รูปแบบคือ 1) ตัวอย่างควบคุม (ไม่ให้ความร้อน) 2) ลวกเห็ดโดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสด้วยอัตราส่วนน้ำต่อเห็ดคือ 10 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 5 นาที ตักเห็ดขึ้นจากน้ำ นำมาวางบนกระดาษอเนกประสงค์เพื่อซับน้ำออกจากเห็ด 3) นึ่งเห็ดโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสด้วยอัตราส่วนน้ำต่อเห็ดคือ 10 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

ค่าสี จากการวิเคราะห์ค่าสี L* a* b* ของเห็ดนางฟ้าของเห็ดนางฟ้าทั้ง 3 ชุดการทดลองพบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 1) เห็ดนางฟ้าที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน (ตัวอย่างควบคุม) มีสีคล้ำกว่าชุดที่ผ่านการลวกกับนึ่งเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อพืช เมื่อเซลล์ถูกทำลายทางกล เช่น การปอก การหั่น หรือการบด ทำให้เกิดปฏิกิริยาของสารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ในเซลล์พืชสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ โดยมีเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) เป็นตัวเร่งได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล ซึ่งเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยานี้สามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อน (Ding *et al*., 2016) สอดคล้องกับการทดลองของ Charoenphun & Meemuk (2018) ที่กล่าวว่า การนำผัก/ผลไม้มาลวกหรือการต้มในน้ำก่อนนำอาหารไปแปรรูปจะช่วยกำจัดเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ทำให้การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลลดลง ช่วยทำให้สีของอาหารยังคงสดอยู่ นอกจากการลวกหรือการนึ่งจะช่วยลดการทำงานของเอนไซม์ Polyphenol oxidase แล้ว ยังช่วยลดระยะเวลาในการทำแห้งลงได้ เนื่องจากความร้อนสามารถทำลายโครงสร้างบางส่วน ทำให้เอื้อต่อการสูญเสียน้ำในระหว่างการทำแห้ง (Chen *et al*., 2012)

ค่า a_w และความชื้น จากการวิเคราะห์ค่า a_w และปริมาณความชื้นของเห็ดนางฟ้าทั้ง 3 ชุดการทดลองพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการลวก ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า a_w เท่ากับ 0.96±0.02 และปริมาณความชื้นร้อยละ 89.34±0.64 ส่วนการนึ่ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า a_w เท่ากับ 0.95±0.04 และปริมาณความชื้นร้อยละ 88.25±0.80 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จากผลการทดลองพบว่า วิธีการลวกและนึ่งด้วยไอน้ำ เห็ดที่ได้มีความชื้นน้อยกว่าเห็ดชุดควบคุม (ไม่ผ่านการให้ความร้อน) เนื่องจากการต้ม/นึ่ง มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์โดยทำให้ความแข็งแรงของเนื้อเยื่อลดลง ส่งผลให้น้ำในชิ้นอาหารมีโอกาสระเหยออกไปสัมผัสกับอากาศได้มากขึ้นและเร็วขึ้น จึงทำให้ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลง (Changthog & Chunthanom, 2017)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยนำเห็ดนางฟ้าทั้ง 3 ชุดการทดลอง มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทุกคุณลักษณะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำสูงสุด ได้รับคะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวมเท่ากับ 7.23, 7.27, 7.03 และ 7.10 ตามลำดับ เนื่องจากการนำเห็ดไปนึ่งด้วยไอน้ำเป็นการกำจัดเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ทำให้การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลลดลง ช่วยทำให้สีของเห็ดไม่คล้ำ (Qu *et al*., 2020) นอกจากนี้เนื้อสัมผัสของดอกเห็ดยังไม่นิ่ม เละ เมื่อเปรียบเทียบกับการนำเห็ดไปต้ม เนื่องจากการต้มเป็นการทำลายโครงสร้างของเนื้อเยื่อโดยเฉพาะเพกตินจะหลุดออกจากโครงสร้างและละลายไปกับน้ำ (Changthog & Chunthanom, 2017) ส่งผลให้ผนังเซลล์สูญเสียความแข็งแรง เยื่อหุ้มเซลล์ของเห็ดอ่อนตัวลง เนื้อสัมผัสของเห็ดนิ่มลงด้วย สอดคล้องกับ Pichairat & Mahea (2017) ที่ศึกษาผลของการต้มต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเห็ดเสม็ดที่พบว่า การต้มเห็ดเสม็ดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีส่งผลให้เนื้อสัมผัสของเห็ดเสม็ดเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยเห็ดมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มลงเนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์อ่อนตัว เมื่อความแข็งแรงของโครงสร้างผนังเซลล์ลดลง เนื้อสัมผัสก็นิ่มลงด้วย จากผลการทดลองจะพบว่า การต้มเห็ดส่งผลดีในด้านสีเนื่องจากเป็นการกำจัดเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ทำให้การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลลดลง ช่วยทำให้สีของเห็ดไม่คล้ำ แต่ด้านเนื้อสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนลดลงเนื่องจากเนื้อสัมผัสนิ่ม เละ เมื่อคะแนนด้านเนื้อสัมผัสลดลง ผู้ทดสอบชิมก็ให้คะแนนด้านความชอบรวมลดลงด้วย ซึ่งสภาวะในการเตรียมเห็ดนางฟ้าที่เหมาะสมคือการนำเห็ดนางฟ้าไปนึ่งด้วยไอน้ำเป็นเวลา 10 นาที จึงนำวิธีการดังกล่าวไปแปรรูปในขั้นตอนต่อไป

2. ผลการศึกษาผลของวิธีการทอดต่อคุณภาพเห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส

นำเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบจากข้อ 1 มาอบด้วยตู้อบลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นศึกษาสภาวะในการทอด 2 รูปแบบคือ 1) ทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสประมาณ 5 นาที และ 2) ทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ (Vacuum fryer) ที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ความดันสุญญากาศ 620 มิลลิเมตรปรอท เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติดังนี้

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 โดยพบว่า วิธีการทอดที่ต่างกันส่งผลให้ค่า L* a* b* มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 การทอดแบบน้ำมันท่วมทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำเมื่อเทียบกับวิธีการทอดแบบสุญญากาศ เนื่องจาก การทอดแบบน้ำมันท่วมจะใช้อุณหภูมิสูงในการทอด ซึ่งการใช้อุณหภูมิสูงสามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ได้ (Aguiar & Gut, 2014) ซึ่งหากผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนที่นานเกินไป จะเกิดการสะสมความร้อน ส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ (non-enzymatic browning reaction) (Moula *et al*., 2020) และนอกจากนี้ในเห็ดนางฟ้ายังมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำตาลรีดิวซิ่งปริมาณมาก ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดแบบ non-enzyme browning โดยกรดอะมิโนหรือกลุ่มกรดอะมิโนของโปรตีนและเปปไทด์ทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง (กลูโคสหรือฟรุกโตส) ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าจะเกิดได้มากเมื่อใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสขึ้นไป (Sirilert & Silalai, 2016)

ซึ่งการทอดสุญญากาศ เป็นกระบวนการทอดในระบบปิดภายใต้ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศปกติ ซึ่งส่งผลให้จุดเดือดของน้ำลดลงต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งการใช้อุณหภูมิที่ต่ำลง ส่งผลดีคือช่วยรักษาสีและกลิ่นให้คงธรรมชาติมากกว่าวิธีการทอดแบบอื่น (Yamsaengsung *et al*., 2011)

ค่า a_w และความชื้น ค่า a_w และความชื้นมีความสัมพันธ์กันเพราะเป็นดัชนีที่บ่งชี้ที่สำคัญของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัส ซึ่งอาหารที่มีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 และความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 15 จัดเป็นช่วงที่ปฏิกิริยาเกิดได้อย่างช้าๆ สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารทอด หากมีการเตรียมวัตถุดิบก่อนนำไปทอดได้แก่ การทำแห้งด้วยไมโครเวฟหรือลมร้อน นอกจากจะช่วยลดความชื้นในผลิตภัณฑ์แล้ว การทำแห้งก่อนนำไปทอดยังช่วยลดการอมน้ำมันของผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอดด้วย (Chinnasarn, 2009; Sirilert & Silalai, 2016) เมื่อนำเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการทอดทั้ง 2 รูปแบบมาวิเคราะห์ค่า a_w และปริมาณความชื้น พบว่า มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 3) การทอดเห็ดนางฟ้าแบบน้ำมันท่วม มีค่า a_w เท่ากับ 0.40 ±0.04 และปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 3.32 ±0.82 ส่วนการทอดแบบสุญญากาศมีค่า a_w เท่ากับ 0.46 ±0.02 และปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 4.77±0.40 จากการทดลองพบว่า วิธีการทอดแบบน้ำมันท่วมส่งผลให้ค่า a_w และปริมาณความชื้นน้อยกว่าการทอดแบบสุญญากาศ เนื่องจากการทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นการใช้อุณหภูมิสูงในการทอด (ประมาณ 150 องศาเซลเซียส) อาหารจมอยู่ในน้ำมัน น้ำภายในอาหารจะลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการสูญเสียความชื้นบริเวณผิวหน้าและภายในอาหาร ส่งผลให้อาหารมีลักษณะแห้งกรอบ (Nur & Azrina, 2016) ส่วนการทอดแบบสุญญากาศ เป็นวิธีการทอดในระบบปิด ภายใต้สภาวะความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ที่สภาวะดังกล่าวทำให้จุดเดือดของน้ำมันที่ใช้ทอดและน้ำในอาหารลดลงจาก 100 องศาเซลเซียสเหลือเพียง 70-85 องศาเซลเซียส ที่ระดับความดันประมาณ 600-740 มิลลิเมตรปรอท (Hilapad *et al., 2020*) ส่งผลให้น้ำในอาหารระเหยได้น้อยลง ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการทอดแบบสุญญากาศจึงมีปริมาณความชื้นสูงกว่าการทอดแบบน้ำมันท่วม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ariyapuchai (2007) ที่ศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกล้วยหอมทอดที่ผ่านการทอดในสภาวะบรรยากาศเทียบกับสภาวะสุญญากาศ พบว่า ช่วงแรกของการทอด ผลิตภัณฑ์จะมีการสูญเสียความชื้นในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่หลังจาก 30 วินาที การระเหยของน้ำในผลิตภัณฑ์ที่ทอดในสภาวะบรรยากาศจะเกิดได้เร็วขึ้น จากผลการทดลองยังพบว่า ในระยะเวลาการทอดที่เท่ากัน การระเหยของน้ำในผลิตภัณฑ์ที่ทอดแบบสุญญากาศจะเกิดขึ้นได้ช้ากว่าการทอดแบบสภาวะบรรยากาศ เนื่องจากการทอดแบบสุญญากาศ เป็นการทอดในสภาวะที่จุดเดือดของน้ำมันมีอุณหภูมิต่ำ บริเวณผิวหน้าของอาหารจะเกิดเปลือกแข็ง (crust) ได้ช้า การระเหยของน้ำในอาหารจึงจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ส่งผลให้ปริมาณความชื้นในการทอดแบบสุญญากาศจะมากกว่าการทอดในสภาวะบรรยากาศ ซึ่ง ค่า a_w และปริมาณความชื้นของเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการทอดทั้ง 2 วิธี เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค (Thai Community Product Standard, 303/2004) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักผลไม้ทอด (Thai Community Product Standard, 1038/2011) ที่กำหนด a_w ไม่เกิน 0.6 และความชื้นไม่เกินร้อยละ 6

ปริมาณไขมัน ปริมาณไขมันในอาหารทอดส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ โดยปริมาณน้ำมันเป็นปัจจัยสำคัญของอายุการเก็บรักษา ดังนั้นวิธีการลดความชื้นของวัตถุดิบก่อนทอดเช่น การนำเห็ดไปอบแห้งก่อนนำมาทอด จะช่วยลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์ได้เช่นกัน เนื่องจากเป็นการทำให้ผิวหน้าอาหารแห้ง เกิดเป็นโครงสร้าง

ที่แน่นและแข็ง จึงเป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำภายในออกสู่ภายนอก ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำมันไปแทนที่น้ำลดลง (Yuenyongputtakal, 2015) ส่งผลให้ช่วยลดปริมาณของไขมันภายหลังการทอดได้ ส่วนผลการทอดเห็ดนางฟ้าด้วยวิธีที่ต่างกัน 2 วิธีพบว่า ปริมาณไขมันมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการทอดแบบน้ำมันท่วมจะมีปริมาณไขมันร้อยละ 52.93±0.33 ส่วนการทอดแบบสุญญากาศจะมีปริมาณไขมันร้อยละ 32.48±0.31 (ตารางที่ 3) ซึ่งการทอดแบบน้ำมันท่วมจะมีปริมาณไขมันที่มากกว่าการทอดแบบสุญญากาศเนื่องจาก การทอดแบบน้ำมันท่วม เป็นการทำให้อาหารจมอยู่ในน้ำมัน น้ำที่บริเวณผิวหน้าของอาหารจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอแล้วเคลื่อนที่ออกจากอาหาร ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องพร้อมกับดึงน้ำออกจากชิ้นอาหาร ส่งผลทำให้อาหารมีลักษณะแห้ง และเกิดรูพรุน น้ำมันจึงเคลื่อนที่เข้าแทนที่ (Chinnasarn *et al*., 2017) สอดคล้องกับ Aida *et al*., (2016) ที่ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการดูดซับน้ำมัน โดยพบว่า ในกระบวนการทอดอาหาร น้ำที่อยู่ในอาหารจะระเหยกลายเป็นไอ ส่งผลให้เกิดความดันสูงภายในรูพรุนของอาหาร ซึ่งเป็นสิ่งกีดขวางไม่ให้น้ำมันแทรกซึม เข้าไปได้ แต่หลังจากนั้นเมื่อนำอาหารที่ผ่านการทอดมาตั้งไว้ ณ สภาวะอุณหภูมิห้อง การลดลงของอุณหภูมิของอาหารทำให้ไอน้ำที่อยู่ที่ผิวอาหารเปลี่ยนจากความดันสูงเป็นความดันต่ำ น้ำมันจึงถูกผลักเข้าสู่ชิ้นอาหาร ส่งผลทำให้ปริมาณไขมันใน อาหารเพิ่มมากขึ้น ส่วนการทอดแบบสุญญากาศ เป็นวิธีการทอดในระบบปิด ภายใต้สภาวะความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ที่สภาวะดังกล่าวทำให้น้ำในอาหารระเหยกลายเป็นไออย่างรวดเร็ว เมื่ออาหารถูกยกออกจากเครื่องทอด แรงดันของรูพรุนในอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้น้ำมันสามารถเคลื่อนที่เข้าไปในอาหารได้ แต่เนื่องจากอากาศสามารถแพร่เข้าไปแทนที่รูพรุนในอาหารได้เร็วกว่าน้ำมันที่เกาะอยู่ที่ผิวของอาหาร ส่งผลให้น้ำมันเข้าสู่อาหารได้น้อยลง (Dueik *et al*., 2010; Garayo & Moreira, 2002) สอดคล้องกับ Fernando *et al.,* (2014) ที่ศึกษาการลดปริมาณน้ำมันในกล้วยทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศพบว่า การดูดซับน้ำมันจะเพิ่มขึ้นในระยะเวลา 50 วินามีแรกจากนั้นการดูดซับน้ำมันจะเริ่มลดลง เนื่องความแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอกของอาหาร รวมทั้งในระบบยังมีเครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อสลัดน้ำมันออกจากอาหารที่ทอดเสร็จ จึงทำให้มีปริมาณไขมันน้อยกว่าการทอดแบบน้ำมันท่วม โดยสามารถลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์ได้ประมาณร้อยละ 50

การยอมรับทางประสาทสัมผัส นำเห็ดนางฟ้าที่ผ่านกระบวนการทอด 2 รูปแบบคือ ทอดแบบน้ำมันท่วมและทอดแบบสุญญากาศ มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-Point Hedonic scale พบว่าคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี ความกรอบ และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนคุณลักษณะทางด้านกลิ่นและรสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4) ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเห็ดนางฟ้าที่ผ่านกระบวนการทอดแบบสุญญากาศมากกว่าการทอดในน้ำมันท่วมทั้งทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.26±0.69, 7.30±0.75, 7.23±1.04, 7.53±1.19, 7.02±1.03 และ 7.63±0.89 ตามลำดับ เนื่องจากการทอดแบบสุญญากาศทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงคุณลักษณะด้านกลิ่นและรสชาติเอาไว้คือเห็ดมีลักษณะแห้งและกรอบ (Yuenyongputtakal *et al*., 2017) ส่วนการทอดแบบน้ำมันท่วมพบว่า ในช่วงแรกเห็ดจะมีลักษณะกรอบ แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ความกรอบจะลดลง เนื่องจากเกิดการดูดซับน้ำมันหลังการทอด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไขมันโดยพบว่า การทอดน้ำมันท่วมจะมีปริมาณไขมันมากกว่าการทอดแบบสุญญากาศ Chinnasarn (2009) กล่าวว่าในกระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วมเมื่ออาหารเย็นตัวลง จะเกิดการควบแน่นของไอน้ำ ส่งผลให้น้ำมันที่เกาะที่ผิวหน้าอาหาร

เคลื่อนที่เข้าสู่ภายในชิ้นอาหาร ส่งผลให้อาหารมีเนื้อสัมผัสนิ่มลง สอดคล้องกับ Dueik *et al*., (2010) ที่กล่าวว่า การเคลื่อนที่ของน้ำมันจะเกิดขึ้นภายหลังการทอดโดยพบว่า มีปริมาณน้ำมันภายในชิ้นอาหารร้อยละ 20 และอีกร้อยละ 80 อยู่บริเวณผิวหน้าอาหาร หลังจากที่ทิ้งไว้ให้เย็นน้ำมันที่ผิวหน้าจะถูกดูดซึมเข้าไปในอาหารร้อยละ 64 ส่วนอีกร้อยละ 36 จะอยู่บริเวณผิวหน้าอาหารดังเดิม ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีความกรอบลดลง นอกจากนี้การทอดแบบน้ำมันท่วมยังส่งผลต่อคะแนนด้านสีคือทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดแบบ non-enzyme browning ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำ จากผลการทดลองจะพบว่า การทอดแบบน้ำมันท่วมส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคด้านความกรอบและสี ซึ่งจากปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้คะแนนด้านความชอบรวมลดลงด้วย

จากการศึกษาวิธีการทอดเห็ดนางฟ้าพบว่า การทอดแบบน้ำมันท่วมทำให้เห็ดมีความกรอบลดลงและสีคล้ำกว่าการทอดแบบสุญญากาศ ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมคือการทอดแบบสุญญากาศซึ่งให้ผลดีในด้านสีและสามารถคงความกรอบได้นานกว่าวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วม จึงนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาพัฒนาเป็นรสสมุนไพรพร้อมทั้งศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์และคุณค่าทางโภชนาการ

3. ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส

นำตัวอย่างที่ได้รับคัดเลือกจากข้อ 2 มาพัฒนาเป็นเห็ดทอดปรุงรสรสสมุนไพร จากนั้นวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีค่า a_w เท่ากับ 0.43±0.02 และความชื้นเท่ากับร้อยละ 10.94±1.14 จัดเป็นช่วงที่ปฏิกิริยาเคมีเกิดได้อย่างช้าๆ และมีความคงตัวด้านจุลินทรีย์ค่อนข้างมาก ดังนั้นการเสื่อมเสียที่เกิดขึ้นจะมาจากปฏิกิริยาทางด้านเคมี มากกว่าทางด้านจุลินทรีย์ มีปริมาณเถ้า ใยอาหาร ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 3.64±1.12, 6.68±1.02, 31.57±0.82, 9.11±1.64 และ 44.74±2.50 ตามลำดับ เมื่อคำนวณคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าทอดปรุงรสต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (50 กรัม) พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถทดแทนอาหารขบเคี้ยวที่วางขายตามท้องตลาดได้ เนื่องจากมีโปรตีนและใยอาหารสูงกว่าอาหารขบเคี้ยวที่วางขายตามท้องตลาดที่มีโปรตีนอยู่ระหว่างร้อยละ 0-5 และ ใยอาหารมีค่าระหว่างร้อยละ 0-4 (Chalermchaiwat *et al*., 2018) ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีค่าเปอร์ออกไซด์น้อยกว่า 30 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม ไม่พบสารกันหืนบิวทิเลเตดไฮดรอกซีอะนิโซล (BHA) และบิวทิเลเตดไฮดรอกซีโทลูอีน (BHT) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ $1x10^2$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Escherichia coli* โดยวิธีเอ็มพีเอ็นน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราเท่ากับ 7 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค (Thai Community Product Standard, 303/2004)

สรุปผลการวิจัย

สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเห็ดนางฟ้าก่อนนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าทอดปรุงรสคือ การนึ่งเห็ดโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ซึ่งวิธีดังกล่าวจะช่วยให้เนื้อสัมผัสของเห็ดไม่นิ่ม และ เมื่อเทียบกับชุดควบคุมและการลวก ส่วนผลของวิธีการทอดเห็ดนางฟ้าที่เหมาะสมคือ การทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ (Vacuum fryer) ที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ความดันสุญญากาศ 620 มิลลิเมตรปรอท เป็นเวลา 5 นาที วิธีดังกล่าวช่วยรักษาสี กลิ่นรส คงความกรอบและลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำเห็ดนางฟ้าที่ทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศมา

พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส วิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดปรุงรสพร้อมบริโภค (Thai Community Product Standard, 303/2004) พบว่า เห็ดปรุงรสที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐาน กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 ค่าเปอร์ออกไซด์น้อยกว่า 30 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม สารกันหืนบิวทิเลเตดไฮดรอกซีอะนิโซลและบิวทิเลเตดไฮดรอกซีโทลูอีนอย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกัน ต้องไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน $1x10^3$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Escherichia coli* โดยวิธีเอ็มพีเอ็นต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ปีงบประมาณ 2563 และศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

เอกสารอ้างอิง

Aguiar, H. F. & 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.

Aida, A., Noriza, A., Haswani, M. & Mya, Y. (2016). A study on reducing fat content of fried banana chips using a sweet pre-treatment technique. *International Food Research Journal, 23*(1), 68-71.

AOAC. (2000). Official Method of Analysis of AOAC International. The Association of Official Analytical Chem.

Ariyapuchai, T. (2007). Modeling the Structural Changes of Vacuum Fried Bananas (Master Thesis). Prince of Songkla University. Songkhla. (in Thai)

Centre for Agricultural Information. (2019). *Grey Oyster Mushroom: year planting 2018*. Retrieved July 20, 2021, from http://www.agriinfo.doae.go.th/year62/plant/rortor/veget/85.pdf.

Chalermchaiwat, P., Kunna, N. & Siriwong, N. (2018). Nutritional, Physical Properties and Sensory Acceptance of Snack Affected by Different Ratios of Sinlek Rice Flour to Black Sorghum Flour. *Thai Science and Technology Journal, 28*(3), 419-428. (in Thai)

Charoenphun, N. & Meemuk, N. (2018). Effects of Different Blanching Methods on Quality of Orange Sweet Potatoes. *Thai Science and Technology Journal, 26*(1), 981-992. (in Thai)

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

Changthog, N. & Chunthanom, P. (2017). The effect of seasoning fried log white mushroom processing on the consumer acceptance. *Khon Kaen Agriculture Journal, 45*(1), 1611-1616. (in Thai)

Chinnasarn, S., Yuenyongputtakal, W. & Krasaechol, N. (2017). Effect of Package Type and Storage Temperature on Quality Change of Fried Jackfruit. *Agricultural Science Journal, 49*(2), 77-80. (in Thai)

Chinnasarn, S. (2009). Oil Uptake in Deep-Fat Frying Process. *Burapha Science Journal, 14*(2), 138-146. (in Thai)

Department of Trade Negotiations. (2021). Demand for canned and processed vegetables. Retrieved July 20, 2021, from https://www.ryt9.com/s/beco/3189423.

Ding, Y., Zhu, Z., Zhao, J., Zhang, Y., Sheng, J., Meng, D., Mao, H. & Tang, X. (2016). Effects of Postharvest Brassinolide Treatment on the Metabolism of White Button Mushroom (*Agaricus bisporus*) in Relation to Development of Browning during Storage. *Journal of Food Bioprocess Technology, 9*, 1327-1344.

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.

Fernando, P., Srilaong, V., Pongprasert, N., Boonyaritthongchai, P. & Jitareerat, P. (2014). Chang in antioxidant properties and chemical composition during in banana variety 'Hom Thong' (AAA group) and 'Khai' (AA group). *International Food Research Journal, 21*(2), 749-754.

Garayo, J. & Moreira, R. G. (2002). Vacuum frying of potato chips. *Journal of food engineering,* 55, 181-191.

Hilapad, M. R., Esguerra, E. B. & Castillo - Israel, K. A. T. (2020). Optimization of processing parameters for vacuum fried oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Jacquin) P. kummer). *Food Research, 4*(4), 1371 – 1382.

Nur, A. J. & Azrina, A. (2016). Comparison of phenolic content and antioxidant activity of fresh and fried local fruit. *International Food Research Journal, 23*(4), 1717-1724.

Pichairat, D. & Mahea, N. (2017). Effect of Boiling on the Quality Change of *Boletus griseipurpureus* Corner. *In Proceeding of 29th Thaksin University Nation Conference*. (pp. 937-944). Phattalung: Thaksin University. (in Thai)

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.

Qu, T., Li, B., Huang, X., Li, X., Ding, Y., Chen, J. & Tang, X. (2020). Effect of peppermint oil on the storage quality of white button mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Journal of Food Bioprocess Technology, 2*, 1–15.

Saowalak, P. & Suwonsichon, T. (2008). Effects of pre-treatments on the qualities of vacuum fried grey oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju (Fr.) Singers*). *In Proceedings of 46th Kasetsart University Annual Conference*. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Sirilert, T. & Silalai, N. (2016). Effect of pre-frying treatments on moisture content, effective moisture diffusivity and oil uptake content of deep-fat fried shitake mushrooms (*Lentinus edodes*). *Journal of Food Technology, Siam University, 11*(1), 57-66 (in Thai)

Yamsaengsung, R., Ariyapunchai, T. & Prasertsit, K. (2011) Effect of vacuum frying on structural changes of banana. *Journal of Food Engineering, 106*, 298-305.

Yuenyongputtakal, W., Limroongreunnrat, K., Chaipan, P. & Srimuang, T. (2017). Effect of Hot Air Drying Temperature and Time on Qualities of Enoki Mushroom (*Flammulina velutipes*) Powder Produced from Uncommonly Consumed Part. *Thai Science and Technology Journal, 25*(6), 1001-1014. (in Thai)

Yuenyongputtakal, W. (2015). Factors Influencing on Dewatering by Osmotic Dehydration of Fruits and Vegetables. *Burapha Science Journal, 18*(1), 226-233. (in Thai)