

ผลของผงปรุงรสสมุนไพรต่อคุณภาพด้านเคมีกายภาพ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและทางประสาทสัมผัสของเห็ดนางฟ้าอบกรอบปรุงรส

Effect of Herp Seasoning on Physicochemical, Antioxidative and Sensory Properties of Seasoned Crispy Oyster Mushroom

วิจิตรา เหลียวตระกูล^{1*}, ภัคภูมิ ใจแข็ง¹ และวสันต์ เลิศวิมลกาญจน์¹

Wijitra Liaotrakoon^{1*}, Pakkaphoom Jaikang¹, and Wasan Lertwimonkarn¹

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ประเทศไทย

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology and Agro Industry, Rajamangala University of Technology Suvamabhumi, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Thailand

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของผงปรุงรสสมุนไพรต่อคุณภาพด้านเคมีกายภาพ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและทางประสาทสัมผัสของเห็ดนางฟ้าอบกรอบปรุงรส โดยศึกษาการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยตู้อบลมร้อน และศึกษาคุณภาพด้านเคมีกายภาพ การต้านอนุมูลอิสระ และทางประสาทสัมผัสของผงปรุงรสสมุนไพรและเห็ดนางฟ้าอบกรอบปรุงรสสมุนไพร จากการทดลองพบว่า การอบแห้งเห็ดนางฟ้าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อน มีอัตราการแห้ง 0.47 กรัมต่อนาที ปริมาณผลผลิตร้อยละ 11.54 มีสารประกอบฟีนอลและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เป็น 148.44 และ 17.75 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม เมื่อนำเห็ดนางฟ้าอบแห้งมาทอดกรอบและปรุงรสสมุนไพร 3 สูตร ได้แก่ รสพริกไทย รสพริกเผ และรสต้มยำพบว่า เห็ดนางฟ้าอบกรอบรสต้มยำมีสารประกอบฟีนอลและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (160.05 และ 17.35 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) สูงที่สุด ($p < 0.05$) ดังนั้นกระบวนการผลิตที่เหมาะสมคือ อบเห็ดนางฟ้าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำมาทอดและคลุกผงปรุงรสต้มยำในอัตราส่วนเห็ดนางฟ้าอบกรอบต่อผงปรุงรสเป็น 5:1 โดยส่วนผสมผงปรุงรสต้มยำ ได้แก่ ใบโหระพา น้ำตาลทราย เกลือ พริกป่น ใบมะกรูด ตะไคร้ ข่า และกรดซิตริกร้อยละ 21.58, 21.58, 17.99, 10.79, 10.07, 7.19, 7.19 และ 3.61 ตามลำดับ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด

คำสำคัญ: คำสำคัญ: เห็ดนางฟ้า, ผงปรุงรส, สมุนไพร, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

ABSTRACT

The objective of this research was to examine the effect of herb seasoning on physicochemical, antioxidative and sensory properties of seasoned crispy oyster mushroom by studying the drying of oyster mushrooms with a hot-air drier, and the physicochemical, antioxidative and sensory qualities of herb seasoning powders and herb flavored crispy oyster mushrooms. It was found that the mushroom drying at 70 °C by a hot-air drier provided a drying rate of 0.47 g/min, 11.54% yield, phenolic compounds and antioxidant activity DPPH of 148.44 and 17.75 mg gallic acid equivalent per 100 g, respectively. There were 3 formulas of herbal flavors, namely sesame and pepper flavor, chilli paste flavor and Tom Yum flavor. The crispy mushroom Tom Yum flavor contained the highest phenolic compound content and DPPH antioxidant activity (160.05 and 17.35 mg gallic acid equivalent per 100 g, respectively) ($p < 0.05$). The suitable process of crispy oyster mushrooms with herbal flavors was a production process by drying oyster mushrooms at 70 °C for 3 hours, then frying and mixing with Tom Yum seasoning powder at a ratio of mushroom to seasoning powder as 5:1. The ingredients for Tom Yum seasoning powder were Chaya Spinash leaves, sugar, salt, pepper, kaffir lime leaves, lemongrass, galangal and citric acid as 21.58%, 21.58%, 17.99%, 10.79%, 10.07%, 7.19%, 7.19% and 3.61%, respectively, with the most accepted by consumers.

KEYWORDS: oyster mushroom, seasoning powder, herbs, antioxidant activity

*Corresponding Author: Wijitra.l@rmutsb.ac.th

Received: 14/02/2022; Revised: 26/11/2023; Accepted: 18/01/2024

1. บทนำ

เห็ดเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ปัจจุบันความนิยมในการบริโภคเห็ดมีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเห็ดอุดมไปด้วยโปรตีน เยื่อใย วิตามินและเกลือแร่ แต่มีไขมันน้อย เห็ดนางฟ้า (*oyster mushroom*, *Pleurotus sajorcaju* (Fr.) Singers) เป็นเห็ดที่นิยมเพาะและจำหน่ายในประเทศไทย มีสีขาวจนถึงสีน้ำตาลอ่อน หมวกดอกเนื้อแน่น สีก้านดอกเป็นสีขาว ขนาดยาว ไม่มีวงแหวนล้อมรอบ เส้นใยค่อนข้างละเอียด เจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่อากาศชื้นและเย็น เห็ดนางฟ้ามีโปรตีนประมาณร้อยละ 19-35 ของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง มีดัชนีกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid index) ร้อยละ 72-98 ของเนื้อสัตว์ ได้แก่ ไลซีน วาลีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ทรีโอนีน ทริโตนีน เมไทโอนีน ฟีนิลอะลานีน และฮิสติดีน กรดอะมิโนจำเป็นที่พบมากคือ ลิวซีนและไลซีน นอกจากนี้ยังพบกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นซึ่งมีความสำคัญต่อกลิ่นและรสชาติได้แก่ กรดกลูตามิก ซึ่งทำให้เห็ดมีรสชาติและกลิ่นที่ชวนรับประทาน กรดกลูตามิกทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นประสาทการรับรู้รสชาติของลิ้นให้ไวกว่าปกติ และทำให้มีรสชาติคล้ายกับเนื้อสัตว์ โดยปริมาณโปรตีนขึ้นอยู่กับขนาด ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว และชนิดของเห็ด (Chang & Miles, 2004; Bernas et al., 2006; Kanagasabapathy et al., 2011) เห็ดมีสารหอมระเหย (volatiles) เป็นสารประกอบให้กลิ่นที่ต่างกันตามชนิดของเห็ด สารหอมระเหยที่พบมากในเห็ดนางฟ้าคือ สารประกอบ 1-octen-3-ol หรือ mushroom alcohol ส่งกลิ่นคล้ายกลิ่นเห็ดดิบ รูปแบบของสารประกอบกลิ่นในเห็ดนั้นขึ้นกับสายพันธุ์ ชนิด เกรด อายุ ของเห็ด และสภาพแวดล้อมในการปลูก นอกจากนี้การแปรรูปหรือการให้ความร้อนในรูปแบบและสภาวะที่แตกต่างกันยังมีผลต่อสารหอมระเหยในเห็ดอีกด้วย (Picardi & Issenberg, 1973; Usami et al., 2014; Politowicz et al., 2018; Yao et al., 2023)

เห็ดนางฟ้าถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ซุป ซอส บะหมี่ กึ่งสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ และพาสต้า และผลิตภัณฑ์จากข้าว (Wan Rosli et al., 2012; Aishah &

Wan Rosli, 2013) รวมทั้งมีการนำมาทดแทนกะทิผงในเครื่องปรุงรสสมุนไพร โดยทำให้ช่วยลดปริมาณไขมัน เพิ่มปริมาณโปรตีนและเส้นใยอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และช่วยเพิ่มคุณสมบัติด้านสีและความหนืดของผลิตภัณฑ์ สามารถใช้เห็ดนางฟ้าทดแทนกะทิผงในเครื่องปรุงรสสมุนไพรได้ร้อยละ 40 (Saiful Bahri & Wan Rosli, 2016) นอกจากนี้เมื่อนำเห็ดนางฟ้ามาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้ากรอบสามารถทำได้โดยเห็ดนางฟ้าแบบแผ่นอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด เทียบกับเห็ดแบบเส้นผอย เส้นกลาง และก้านผอย (Sawetwongsakoon, 2010) การอบแห้งเห็ดด้วยลมร้อนก่อนทอด จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการดูดซับน้ำมันลดลง แต่พบว่า การลวกเห็ดด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และนำมาเคลือบด้วยสารละลายเมทิลเซลลูโลสก่อนทอด จะไม่สามารถลดการดูดซับน้ำมันในเห็ดทอดได้ (Vongsawasdi et al., 2011) การผลิตเห็ดขนทอดปรุงรสบาร์บีคิวและรสโนริสาหร่ายได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคเมื่อเทียบกับสูตรทั่วไปและสูตรเจ (Changthong & Chunthanom, 2017) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตเห็ดนางฟ้าอบกรอบปรุงรสสมุนไพร โดยศึกษาผลของผงปรุงรสต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเห็ดนางฟ้าอบกรอบปรุงรส

วิธีการทดลอง

1. การอบแห้งเห็ดนางฟ้า

นำเห็ดนางฟ้าสดมาตัดแต่งโคน นำดอกเห็ดมาฉีกเป็นชิ้นขนาดประมาณ 3 เซนติเมตร และอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (tray dryer) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (Sawetwongsakoon, 2010) ทำการบันทึกน้ำหนักทุก ๆ 15 นาที จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ที่ 3 ชั่วโมงนั้นนำไปคำนวณหาอัตราการทำแห้งดังสมการที่ 1 และพลอตกราฟการทำแห้ง (drying curve) ระหว่างเวลาการทำแห้งและน้ำหนักคงที่ของเห็ดแห้ง และคำนวณปริมาณผลผลิต (%yield) ดังสมการที่ 2

$$\text{อัตราการทำแห้ง (กรัม/นาทีก)} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังอบ (กรัม)}}{\text{เวลาการทำแห้ง (นาทีก)}} \quad (1)$$

$$\text{ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ, \%yield)} = \frac{\text{น้ำหนักหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)}} \quad (2)$$

2. การเตรียมผงปรุงรสสมุนไพร

ทำการศึกษาผงปรุงรสโดยใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติที่เป็นเครื่องเทศและสมุนไพรจำนวน 3 สูตร ดังนี้ สูตรรากพริกไทย สูตรพริกเผ และสูตรต้มยำ โดยมีกระบวนการในการทำผงปรุงรสสมุนไพรดังนี้ ใบโหระพานำมาล้างทำความสะอาด ต้มในน้ำเดือดนาน 5 นาที สะเด็ดน้ำและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อน นาน 4 ชั่วโมง ส่วนผักและสมุนไพรอื่นๆ นำมาล้างทำความสะอาด และหั่นเป็นชิ้นขนาดเล็ก นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อน นาน 4 ชั่วโมง จากนั้นนำมาปั่นให้ละเอียด ร่อนและนำมาผสมตามสัดส่วนในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมผงปรุงรสสมุนไพร

ส่วนผสม	ผงปรุงรสรากพริกไทย (ร้อยละ)	ผงปรุงรสพริกเผ (ร้อยละ)	ผงปรุงรสต้มยำ (ร้อยละ)
ใบโหระพา	28.57	7.41	21.58
งาขาว	14.29	-	-
พริกไทย	7.14	-	-
พริกป่น	-	7.41	10.79
หัวหอม	-	7.41	-
กระเทียม	-	7.41	-
ใบมะกรูด	-	-	10.07
ตะไคร้	-	-	7.19
ข่า	-	-	7.19
มะนาวผง	-	22.21	-
น้ำตาลทราย	28.57	29.63	21.58
เกลือป่น	21.43	18.52	17.99
กรดซิตริก	-	-	3.61

3. การผลิตหีตอกรอบปรุงรสสมุนไพร

นำเห็ดนางฟ้าอบแห้งมาทอดในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 138–140 องศาเซลเซียส นาน 5 วินาที สะเด็ดน้ำมันโดยวางใส่ตะแกรง นาน 2 นาที จากนั้นนำมาคลุก

ผงปรุงรส ได้แก่ สูตรรากพริกไทย สูตรพริกเผ และสูตรต้มยำในอัตราส่วน 5:1 โดยมีเห็ดนางฟ้าทอดกรอบที่ไม่คลุกผงปรุงรสเป็นชุดควบคุม (control)

4. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ

นำตัวอย่างไปบดให้ละเอียด และนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ ดังนี้ วิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยเครื่องวิเคราะห์ความชื้น (MB90 OHAUS Moisture, USA) วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) โดยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity รุ่น AQUA LAB, USA) และวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab UltraScan VIS, Thailand) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

5. การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

สกัดตัวอย่างโดยชั่งตัวอย่าง 20 กรัม เติมนอะซิโตน ความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 80 มิลลิลิตร บดผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที กรองและนำส่วนใสเก็บในที่มืด ทำการสกัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ (Liaotrakoon et al., 2013) จากนั้นนำตัวอย่างที่สกัดได้มาวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu's reagent (Lim et al., 2007) สารสกัดจากตัวอย่างปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร ผสมกับ Folin-Ciocalteu's phenol reagent ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เติมนสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 1.2 มิลลิลิตร เขย่าให้สารผสมกัน จากนั้นตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าการดูดกลืนแสงของสีที่เปลี่ยนแปลงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก รายงานเป็นมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง (mg GA/ 100 g) และการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (ดัดแปลงวิธีจาก Wu et al., 2006; Liaotrakoon et al., 2013) โดยปีเปตสารสกัดจากตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เติมนสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากันเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที เขย่าทุก ๆ 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก รายงานเป็นมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง (mg GA/ 100 g)

6. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส นำผลิตภัณฑ์ที่ห่อหุ้มกรอบปรุงรสมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point-hedonic scale (1=ไม่ชอบมากที่สุด และ 9=ชอบมากที่สุด) จากการให้คะแนนในคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น สี และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำข้อมูลมาทำการเปรียบเทียบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

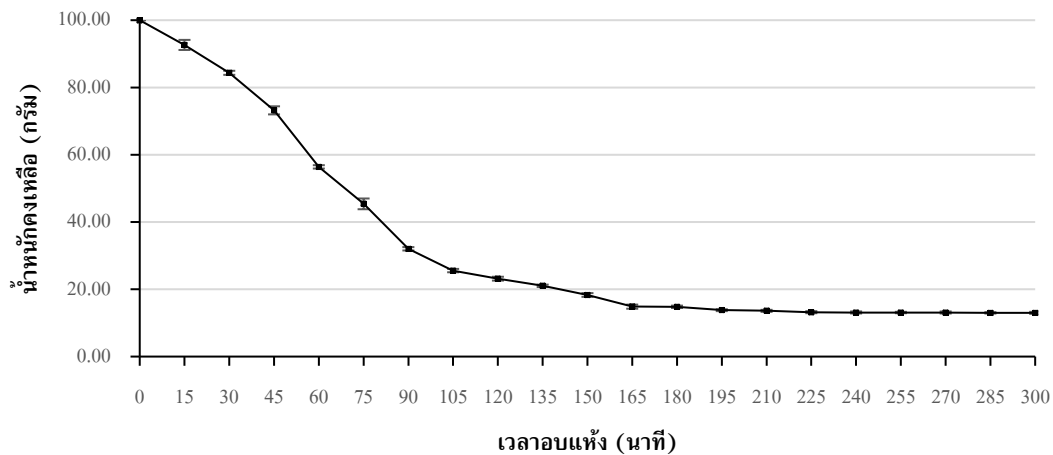
อัตราการทำแห้งและสมบัติของเห็ดนางฟ้าสดและอบแห้ง

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเห็ดนางฟ้าสดแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า เห็ดนางฟ้าสดมีปริมาณความชื้นร้อยละ 91.66 สารประกอบฟีนอลและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เป็น 40.41 และ 15.69 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Yuenyongputtakal & Limroongreungrat (2015) และยังมีรายงานว่า เห็ดนางฟ้า 100 กรัมจะให้พลังงาน 33.32 กิโลแคลอรี ไขมัน 0.07 กรัม คาร์โบไฮเดรต 4.47 กรัม โปรตีน 3.38 กรัม โยอาหาร 0.47 กรัม แคลเซียม 1.90 มิลลิกรัม เหล็ก 0.85 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 87.44 มิลลิกรัม วิตามินบี1 0.006 มิลลิกรัม และวิตามินบี2 0.08 มิลลิกรัม เป็นต้น

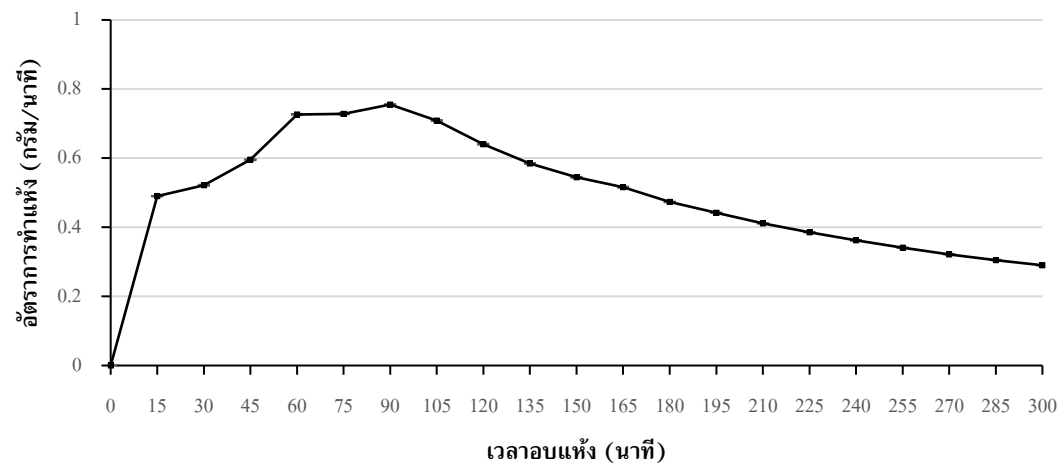
เมื่อนำเห็ดนางฟ้าสดมาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (tray dryer) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (Sawetwongsakoon, 2010) ทำการบันทึกน้ำหนักทุก ๆ 15 นาที จนกระทั่งน้ำหนักคงที่พบว่า เมื่อเวลาในการอบแห้งนานขึ้น น้ำหนักของเห็ดจะลดลง แสดงในภาพที่ 1(a) โดยเฉพาะช่วงแรกของการอบแห้งตั้งแต่เวลาที่ 0 ถึงเวลาที่ 135 เนื่องจากปริมาณน้ำซึ่งเป็นน้ำอิสระระเหย

ออกไปอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับความร้อนในการทำแห้ง มีผลทำให้อัตราการทำแห้งมากขึ้น เนื่องจากเห็ดนางฟ้ามีความชื้นเริ่มต้นสูงถึงร้อยละ 91.66 ผิวสัมผัสของเห็ดนางฟ้ามีลักษณะเปียกชื้นเกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างตัวกลางลมร้อนกับเห็ดนางฟ้า ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิเห็ดนางฟ้าและใช้ลมร้อนเป็นตัวกลาง อัตราการทำแห้งค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ หลังจากเวลาที่ 135 น้ำที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์จะลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งเริ่มคงที่ที่น้ำหนักที่ 180 เป็นต้นไป เห็ดนางฟ้าอบแห้งที่ได้จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบและมีสีน้ำตาล จากภาพที่ 1(b) เมื่อนำเห็ดนางฟ้ามาอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะแรกของการทำแห้ง จะมีอัตราการทำแห้งสูงขึ้นและจะเริ่มคงที่ระหว่างเวลาที่ 60 ถึงเวลาที่ 90 โดยมีอัตราการทำแห้งอยู่ในช่วง 0.73-0.76 กรัม/นาที และหลังจากเวลาที่ 90 อัตราการทำแห้งจะลดลง เมื่ออบแห้งนาน 3 ชั่วโมง ซึ่งเห็ดจะมีน้ำหนักของเห็ดคงเหลือคงที่ จะมีอัตราการทำแห้งเป็น 0.47 กรัม/นาที ซึ่งเห็ดนางฟ้าจะมีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.07 Sawetwongsakoon (2010) รายงานว่า เมื่อขนาดของเห็ดนางฟ้าเล็กลง จะทำให้อัตราการทำแห้งสูงขึ้น และเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น จะทำให้อัตราการทำแห้งสูงขึ้นตามลำดับด้วย (Liaotrakoon & Liaotrakoon, 2018) นอกจากนี้ยังพบว่า อุณหภูมิของลมร้อนและอัตราการไหลของลมร้อนมีอิทธิพลต่อระยะเวลาในการอบแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Ruengtharakit et al., 2015)

(a)



(b)



ภาพที่ 1 กราฟการทำให้แห้ง (drying curve) ของเห็ดนางฟ้าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (a) น้ำหนักคงเหลือ (กรัม) และ (b) อัตราการทำให้แห้ง (กรัม/นาทื) ระหว่างการทำให้แห้ง

จากตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณผลผลิตของเห็ดนางฟ้าอบแห้งเป็นร้อยละ 11.54 มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าเห็ดสด เนื่องจากน้ำได้ระเหยไปในระหว่างกระบวนการอบแห้ง เห็ดนางฟ้าอบแห้งที่ได้มีสีคล้ำกว่าเห็ดสด เห็ดอบแห้งมีค่าสี L^* น้อยกว่าเห็ดสด แต่มีค่าสี b^* มากกว่าเห็ดสด เห็ดนางฟ้าสดมีสารประกอบฟีนอล และออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากกว่าเห็ดอบแห้งเมื่อเปรียบเทียบโดยน้ำหนักฐานแห้ง (dry basis) แสดงให้เห็นว่า การทำให้แห้งมีผลต่อความคงตัวหรือการสลายตัวของสารประกอบฟีนอล

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของเห็ดนางฟ้า

คุณภาพ	เห็ดนางฟ้าสด	เห็ดนางฟ้าอบแห้ง
ปริมาณผลผลิต (%yield, ร้อยละ)	-	11.54±0.04
ความชื้น (ร้อยละ)	91.66±0.53	3.07±0.02
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.99±0.01	0.62±0.01
ค่าสี L^* (ค่าความสว่าง)	88.18±1.02	85.73±2.15
ค่าสี a^* (ค่าสีเขียว-สีแดง)	3.52±0.75	3.22±0.83
ค่าสี b^* (ค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง)	15.68±0.87	18.29±1.32
สารประกอบฟีนอล (mg GA/100 g, dry basis)	484.53±0.33	153.14±8.43
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mg GA/100 g, dry basis)	188.13±0.03	18.31±0.03

ผลสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงปรุงรสสมุนไพร

จากตารางที่ 3 พบว่า ผงปรุงรสสมุนไพรทั้ง 3 สูตรมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 2.04–3.18 และมีปริมาณน้ำอิสระในช่วง 0.59–0.64 ส่วนค่าสีของผงปรุงรสสมุนไพรพบว่า ผงปรุงรสพริกเผาและรสตั้มยำมีค่า L^* (ค่าความสว่าง) สูงกว่ารสพริกไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากในส่วนผสมของรสพริกไทยมีใบชาเป็นส่วนผสมหลักให้สีเขียวและมีพริกไทยป่นที่มีสีดำจึงทำให้ค่า L^* ต่ำที่สุด ส่วนผงปรุงรสตั้มยำจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมาคือ ผงปรุงรสพริกเผา และผงปรุงรสพริกไทย เนื่องจากส่วนผสมที่ใช้ในการทำผงปรุงรสตั้มยำมีสมุนไพรหลายชนิด เช่น ข่า ตะไคร้ ใบมะกรูด ใบชาและพริกป่น

จึงทำให้มีสารประกอบฟีนอลสูงที่สุดเมื่อเทียบกับผงปรุงรสพริกเผาและรสพริกไทย โดยพบว่าค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของผงปรุงรสสมุนไพรมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกับปริมาณสารประกอบฟีนอล เป็นผลมาจากส่วนผสมที่มาจากสมุนไพรและปริมาณของส่วนผสมในแต่ละสูตร เช่น ในพืชสมุนไพรบางชนิดโดยเฉพาะชาจะพบ p-coumaric acid ในปริมาณมาก (Wongsa et al., 2012) และในใบชาพบ coumarin, flavonoids, phenols, tannins, anthraquinones และ flobotanins ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Kuri-García et al., 2017) เป็นต้น

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของผงปรุงรสสมุนไพร

คุณภาพ	ผงปรุงรส		
	รสพริกไทย	รสพริกเผา	รสตั้มยำ
ความชื้น (ร้อยละ)	2.40±0.17 ^b	2.04±0.03 ^c	3.18±0.08 ^a
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.64±0.00 ^a	0.60±0.00 ^b	0.59±0.00 ^c
ค่าสี L^* (ค่าความสว่าง)	51.37±2.78 ^b	76.86±2.15 ^a	73.54±0.88 ^a
ค่าสี a^* (ค่าสีเขียว-สีแดง)	-0.17±0.32 ^b	8.41±0.75 ^a	8.01±0.74 ^a
ค่าสี b^* (ค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง)	16.70±1.17 ^c	21.11±1.70 ^b	24.43±0.75 ^a
สารประกอบฟีนอล (mg GA/100 g)	138.59±5.98 ^b	157.06±0.98 ^b	249.42±5.10 ^a
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mg GA/100 g)	14.96±0.16 ^c	17.81±0.12 ^b	18.07±0.01 ^a

หมายเหตุ: ^{abc....} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$), ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N = 3)

ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าอบกรอบปรุงรสสมุนไพร

เห็ดนางฟ้าอบกรอบปรุงรสสมุนไพรและชุดควบคุมคือ เห็ดนางฟ้าอบแห้งและทอดกรอบไม่ผสมผงปรุงรสสมุนไพร มีปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.59–0.63 (ตารางที่ 4) ค่าสีของเห็ดนางฟ้าอบกรอบปรุงรสสมุนไพรมีค่าสี L^* ค่าสี a^* และค่าสี b^* น้อยกว่าชุดควบคุม ($p < 0.05$) เนื่องจากเห็ดนางฟ้าอบกรอบชุดควบคุมไม่มีส่วนผสมของผักและสมุนไพร จึงทำให้มีสีสว่างและมีสีของเห็ดอบแห้งชัดเจน และพบว่า เห็ดอบกรอบปรุงรสตั้มยำมีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงที่สุด เมื่อเทียบกับเห็ดอบกรอบปรุงรสพริกเผา รสพริกไทย และชุดควบคุมตามลำดับ ($p < 0.05$) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับตารางที่ 3

จากตารางที่ 4 พบว่า ชุดควบคุมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลล้นน้อยกว่าเห็ดนางฟ้าอบกรอบรสพริกไทยและรสพริกเผา แต่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอาจเกิดจากสารประกอบที่ไม่ใช่สารประกอบฟีนอลที่มีในตัวอย่าง ซึ่งอาจมีผลมาจากสารสกัดที่อาจมีสารประกอบที่มีความสามารถเสริมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ (Terpinc et al., 2012; Tomsone et al., 2012)

จากตารางที่ 5 พบว่า การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดอบกรอบปรุงรสตั้มยำและรสพริกเผามีคะแนนลักษณะปรากฏและสีไม่แตกต่างกับเห็ดปรุงรสชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เห็ดอบกรอบปรุงรสพริกไทยมีคะแนน

ลักษณะปรากฏและสีน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากเหตอกรอบปรุงรสจากพริกไทยมีลักษณะสีเขียวจากใบไชยา ซึ่งมีผลต่อลักษณะปรากฏ สี และความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบชิม เหตอนางฟ้าอบกรอบชุดควบคุม รสตั้มยำ และรสพริกเผามีคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสมากกว่าเหตอกรอบปรุงรสจากพริกไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากผงปรุงรสจากพริกไทยมีงาคั่วบดละเอียดเป็นส่วนผสม อาจ

ทำให้มีน้ำมันงาออกมา มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่กรอบเท่าสูตรอื่น ๆ เหตอกรอบปรุงรสพริกเผและรสตั้มยำมีคะแนนความชอบด้านรสชาติมากกว่าเหตอกรอบชุดควบคุมและรสจากพริกไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เหมาะสำหรับการเป็นอาหารขบเคี้ยวที่เป็นอาหารเพื่อสุขภาพได้ การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นพบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีคะแนนอยู่ในช่วง 5.90–6.67

ตารางที่ 4 สมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์เหตอนางฟ้าอบกรอบปรุงรสสมุนไพร

คุณภาพ	เหตอนางฟ้าอบกรอบปรุงรส			
	ชุดควบคุม	รสจากพริกไทย	รสพริกเผ	รสตั้มยำ
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.62±0.01 ^a	0.63±0.00 ^a	0.61±0.00 ^b	0.59±0.00 ^b
ค่าสี L^* (ค่าความสว่าง)	53.95±0.95 ^a	47.52±1.38 ^c	50.99±1.01 ^b	52.55±1.14 ^b
ค่าสี a^* (ค่าสีเขียว-สีแดง)	9.03±1.07 ^a	4.06±0.97 ^c	6.26±0.62 ^b	6.83±0.75 ^b
ค่าสี b^* (ค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง)	15.52±1.92 ^a	12.31±1.47 ^b	12.18±1.65 ^b	13.96±1.08 ^{ab}
สารประกอบฟีนอล (mg GA/100 g)	85.07±40.09 ^c	95.63±1.11 ^{bc}	128.43±5.96 ^{ab}	160.05±4.86 ^a
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ	16.93±0.04 ^b	16.44±0.11 ^c	16.62±0.06 ^c	17.35±0.12 ^a
DPPH (mg GA/100 g)				

หมายเหตุ: ^{abc....} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$), ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N = 3)

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เหตอนางฟ้าอบกรอบปรุงรสสมุนไพร

คุณภาพ	เหตอนางฟ้าอบกรอบปรุงรส			
	ชุดควบคุม	รสจากพริกไทย	รสพริกเผ	รสตั้มยำ
ลักษณะปรากฏ	6.90±1.27 ^a	5.07±1.50 ^b	6.60±1.56 ^a	6.90±1.33 ^a
เนื้อสัมผัส	6.77±1.50 ^a	5.90±1.60 ^b	6.67±1.70 ^{ab}	6.73±1.29 ^{ab}
รสชาติ	6.10±1.42 ^{bc}	5.57±1.58 ^c	7.07±1.44 ^a	6.63±1.35 ^{ab}
กลิ่น	6.27±1.21 ^a	5.90±1.28 ^a	6.67±1.25 ^a	6.61±1.43 ^a
สี	7.03±1.17 ^a	4.93±1.8 ^b	6.73±1.26 ^a	7.03±1.35 ^a
ความชอบโดยรวม	6.73±1.33 ^a	5.80±1.44 ^b	6.83±1.65 ^a	6.96±1.16 ^a

หมายเหตุ: ^{abc....} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$), ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N = 30)

สรุปผลการทดลอง

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์เหตอกรอบปรุงรสจากพริกไทย รสพริกเผ และรสตั้มยำเทียบกับชุดควบคุมพบว่า เหตอนางฟ้าอบกรอบปรุงรสตั้มยำมีปริมาณสารประกอบฟีนอลและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นกระบวนการผลิตเหตอนางฟ้าอบกรอบปรุงรสสมุนไพรที่เหมาะสมคือ เหตอนางฟ้าอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำมาทอด และคลุกผงปรุงรสตั้มยำใน

อัตราส่วนเหตอนางฟ้าอบกรอบต่อผงปรุงรสเป็น 5:1 จะได้ผลิตภัณฑ์ที่อุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์เหตอนางฟ้าอบปรุงรสตั้มยำสามารถนำไปต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้เป็นการเพิ่มทางเลือกในการบริโภคเหตอนางฟ้าอีกทางหนึ่ง และเหตอนางฟ้าเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติที่มีศักยภาพนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้ อย่างไรก็ตามในการศึกษาต่อไป ควรมีการพัฒนาผงปรุงรสให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนโดยกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ภายใต้คำรับรองเลขที่ FRB650085/0173-2

เอกสารอ้างอิง

- Aishah, M. S. & Wan Rosli, W. I. (2013). The effect of addition of oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) on nutrient composition and sensory acceptance of selected wheat and rice-based products. *International Food Research Journal*, 20(1), 183–188.
- Bernas, E., Jaworska, G. & Lisiewska, Z. (2006). Edible mushrooms as a source of valuable nutritive constituents. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 5(1), 5–20.
- Chang, S. T. & Miles, P. G. (2004). *Mushroom cultivation, nutritional values, medicinal effect, and environmental impact* (2nd ed.). CRC Press.
- 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)
- Kanagasabapathy, G., Malek, S. N. A., Kuppusamy, U. R. & Vikineswary, S. (2011). Chemical composition and antioxidant properties of extracts of fresh fruiting bodies of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(6), 2618–2626. doi: 10.1021/jf104133g
- Kuri-García, A., & Guzmán, S. H. (2017). Phenolic profile and antioxidant capacity of *Cnidioscolus chayamansa* and *Cnidioscolus aconitifolius*: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 11(45), 713–727. doi.org/10.5897/jmpr2017.6512
- Liaotrakoon, W., & Liaotrakoon, V. (2018). Influence of drying process on total phenolics, antioxidative activity and selected physical properties of edible bolete (*Phlebopus colossus* (R. Heim) Singer) and changes during storage. *Food Science and Technology*, 38, 231–237. http://dx.doi.org/10.1590/1678-457x.34116
- Liaotrakoon, W., De Clercq, N., Van Hoed, V., Van de Walle, D., Lewille, B. & Dewettinck, K. (2013). Impact of thermal treatment on physicochemical, antioxidative and rheological properties of white-flesh and red-flesh dragon fruit (*Hylocereus* spp.) purees. *Food and Bioprocess Technology*, 6(2), 416–430. doi.org/10.1007/s11947-011-0722-4
- Lim, Y. Y., Lim, T. T. & Tee, J. J. (2007). Antioxidant properties of several tropical fruits: a comparative study. *Food Chemistry*, 103(3), 1003–1008. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.038
- Picardi, S. M., & Issenberg, P. (1973). Investigation of some volatile constituents of mushrooms (*Agaricus bisporus*): Changes which occur during heating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 21, 959–962.
- Politowicz, J., Lech, K., Sánchez-Rodríguez, L., Figiel, A., Szumny, A., Grubor, M. & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2018). Volatile composition and sensory profile of oyster mushroom as affected by drying method. *Drying Technology*, 36, 685 – 696.
- Ruengtharakit, W., Patanathavorn, N. & Wongpakdee, C. (2015). *Mushroom drying by hot air* [Master's thesis]. Burapha University. (in Thai)
- Saiful Bahri, S. & Wan Rosli, W. I. (2016). Effect of oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) addition on the nutritional composition and sensory evaluation of herbal seasoning. *International Food Research Journal*, 23(1), 262–268.
- Sawetwongsakoon, B. (2010). *Study on processing of crispy seasoned grey oyster mushroom*. Nakhon Si Thammarat Rajabhat University. (in Thai)
- Terpinc, P., Čeh, B., Ulrih, N.P. & Abramovič, H. (2012). Studies of the correlation between antioxidant properties and the total phenolic content of different oil cake extracts. *Industrial Crops and Products*, 39, 210–217. doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.02.023
- Tomsone, L., Kruma, Z. & Galoburda, R. (2012). Comparison of different solvents and extraction methods for isolation of phenolic compounds from Horseradish roots (*Armoracia rusticana*). *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 6, 236–241.
- Usami, A., Nakaya, S., Nakahashi, H. & Miyazawa, M. (2014). Chemical composition and aroma evaluation of volatile oils from edible mushrooms (*Pleurotus salmoneostramineus* and *Pleurotus sajor-caju*). *Journal of Oleo Science*, 63(12), 1323–1332. http://dx.doi.org/10.5650/jos.ess14147
- Vongsawadsi, P., Nopharatana, M., Dejsuk, N., Yodying, P., Aimratchanee, P. & Tripanyasatara, P. (2011). Effect of pre-fried treatments on oil absorption of deep-fat fried mushroom. *Agricultural Science Journal*, 42(2), 513–516. (in Thai)
- Wan Rosli, W. I., Nurhanan A. R. & Aishah, M. S. (2012). Effect of partial replacement of wheat flour with oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) powder on nutritional composition and sensory properties of butter biscuit. *Sains Malaysiana*, 41(12), 1565–1570.
- Wongsa, P., Jiranun C. & Anis, Z. (2012). In vitro screening of phenolic compounds, potential inhibition against α -amylase and α -glucosidase of culinary herbs in Thailand. *Food Chemistry*, 131(3), 964–971. doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.088
- Wu, L. C., Hsu, H. W., Chen, Y. C., Chiu, C. C., Lin, Y. I. & Ho, J. A. A. (2006). Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Food Chemistry*, 95(2), 319–327. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.01.002
- Yao, F., Gao, H., Yin, C.-M., Shi, D.-F. & Fan, X.-Z. (2023). Effect of different cooking methods on the bioactive components, color, texture, microstructure, and volatiles of Shiitake mushrooms, *Foods*, 12(13). doi.org/10.3390/foods12132573
- Yuenyongputtakal, W. & Limroongreungrat, K. (2015). *Study of phytonutrients content from mycelia of commercially mushrooms and application of mushroom micelia powder used in food product*. Resreach Report. Faculty of Science, Burapha University. 170 pp. (in Thai)