การพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวมในรูปแบบผงชงดื่ม
Development of Food Supplement from Mushroom Polysaccharide in form of Instant Beverage Mixed Powder

เยาวภา ปฐมศิริกุล[1] วิโรจน์ มีรุ่งเรือง[2] และกัมปนาท หวลบุตตา[3]*
Yaowapa Pathomsirikul[1], Wirod Meerungrueang[2] and Kampanart Huanbutta[2]
[1]หลักสูตรบริหารธุรกิจดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[1]Doctor of Business Administration Program, Eastern Asia University
[2]คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[2]School of Pharmacy, Eastern Asia University
[3]วิทยาลัยเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
[3]College of Pharmacy, Rangsit University
*Corresponding author: kampanart.h@rsu.ac.th
Received: August 22, 2023
Revised: October 12, 2023
Accepted: October 16, 2023

บทคัดย่อ

เห็ดเป็นอาหารและสมุนไพรที่มีการบริโภคมาอย่างยาวนานเนื่องจากเห็ดมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากมาย เพื่อให้ได้รับประโยชน์ทางเภสัชวิทยาจากเห็ดจำเป็นต้องบริโภคเห็ดให้หลากหลายชนิดและปริมาณที่มากเพียงพอ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรตำรับและขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวม (เห็ดนางฟ้าภูฐาน เห็ดนางรมฮังการีขาว เห็ดนางรมเทา และเห็ดหลินจือ) ในรูปแบบผงชงดื่ม โดยผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวและมีผงสารสกัดเห็ดรวมสีน้ำตาลกระจายตัวอยู่อย่างสม่ำเสมอ ตำรับที่เลือกมาพัฒนาต่อ (E3) มีขนาดอนุภาคส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 300-400 ไมโครเมตร มีการกระจายขนาดสม่ำเสมอ ความสามารถในการไหลอยู่ในระดับค่อนข้างดี ร้อยละความชื้น 4.38 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ (ร้อยละ 1-5) สามารถละลายน้ำได้ดี โดยหากละลายในน้ำอุ่น (60 องศาเซลเซียส) จะละลายได้ดีกว่าน้ำอุณหภูมิปกติ (25 องศาเซลเซียส) และมีความหนืดต่ำกว่า จากผลการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์แบบสภาวะเร่ง ที่อุณหภูมิ 40±2 องศาเซลเซียส ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ผลิตภัณฑ์เห็ดรวมในบรรจุภัณฑ์แบบซองฟอยล์อะลูมิเนียม มีน้ำหนักและลักษณะทางกายภาพที่ไม่เปลี่ยนแปลงจากผลิตภัณฑ์ก่อนนำมาทดสอบความคงตัว และเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเสริมโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวมในรูปแบบผงชงดื่มมีปริมาณสารอาหารที่ครบถ้วนทั้งชนิดและปริมาณจึงเพิ่มผงถั่วลันเตาทำให้ได้ตำรับที่ดีที่สุดที่ประกอบด้วย สารสกัดโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวม 25 มิลลิกรัม กรดไขมันอิ่มตัวสายกลางแบบผงร้อยละ 15 น้ำตาลทรายร้อยละ 5 หญ้าหวานร้อยละ 1.5 ผงถั่วลันเตาร้อยละ 40 และมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 38.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นตำรับที่มีสารอาหารครบถ้วน มีสมบัติทางกายภาพและรสชาติดีเหมาะสมในการพัฒนาต่อในระดับอุตสาหกรรมเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ: ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร โพลิแซคคาไรด์ เห็ด ผงชงดื่ม

Abstract

Mushrooms are foods and herbs that have been consumed for a long time. This is due to the mushroom's numerous health benefits. To obtain pharmacological benefits, it is necessary to consume adequate quantities of a broad variety of mushrooms. Therefore, the objective of this study was to develop a formulation and preparation process for a food supplement from mixed mushroom polysaccharide (Bhutan oyster mushroom, white oyster mushroom, gray oyster mushroom, and Lingzhi mushroom) in the form of instant beverage powder. The prepared product is a fine, white powder that contains a uniform distribution of brown powdered mushroom extract. The optimal formulation (E3) had mostly particle sizes in the range of 300–400 micrometers with a uniform size distribution, and the flow property is fair. The percentage of moisture content is 4.38, which is within the acceptable range (1-5%). The formulation has good water solubility; the solubility in warm water (60 °C) is better than that in normal-temperature water (25 °C), as well as having a lower viscosity. According to the results of stability testing run under accelerated conditions for one month at a temperature of 40°C±2°C and a relative humidity of 75%±RH 5%, the beverage powder packaged in aluminum foil pouches has not changed in weight or physical properties compared to the product prior to the stability test. Pea protein powder was added to provide the mixed mushroom beverage with complete nutrients, resulting in the best formulation containing mixed mushroom polysaccharide extract 25 mg, MCT powder 15%, sucrose 5%, stevia 1.5%, flavor 1%, pea powder 40%, and maltodextrin 37.5% w/w. The final product has complete nutrients, good physical properties, and a pleasant taste, ensuring that it is suitable for continued development in industry and commercialization.

Keywords: food supplement, polysaccharide, mushroom, beverage mixed powder

บทนำ

เห็ดเป็นอาหารและสมุนไพรที่มีการใช้มาอย่างยาวนาน เนื่องจากเห็ดมีคุณประโยชน์มากมาย มีสารประกอบ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย เกลือแร่ และวิตามิน (Bernaś, Jaworska, & Lisiewska, 2006) มีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพอลิแซ็กคาไรด์จากเห็ด โดยพบว่า มีฤทธิ์ที่น่าสนใจหลายด้าน เช่น ยับยั้งการเจริญของเนื้องอก ปรับระบบภูมิคุ้มกัน ต้านอนุมูลอิสระ และต้านเชื้อแบคทีเรีย เป็นต้น ด้วยประโยชน์และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาดังกล่าว ดร.ขนิษฐา ชวนะนรเศรษฐ์ จากสถาบันวิจัย วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย จึงได้เริ่มสกัดและคัดเลือกเห็ดที่มีฤทธิ์เหมาะสมในการพัฒนาเป็นอาหารเสริม โดยจากผลการศึกษาวิจัยพบว่าสารสกัดจากเห็ดนางฟ้าภูฐาน เห็ดนางรมฮังการีขาว เห็ดนางรมเทา และเห็ดหลินจือ ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านเซลล์มะเร็งที่ดี ทางคณะผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ในการพัฒนาสารสกัดดังกล่าวให้อยู่ในรูปผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค อย่างไรก็ตามสารสกัดจากเห็ดยังมีข้อจำกัดเรื่องกลิ่นเฉพาะตัวและด้านการละลายจึงไม่สามารถเตรียมในรูปสารสกัด เพื่อนำไปบริโภคโดยตรงได้ คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเสริมโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดนางฟ้าภูฐาน เห็ดนางรมฮังการีขาว เห็ดนางรมเทา และเห็ดหลินจือ ในรูปแบบผงชงดื่มที่สามารถบริโภคได้ง่าย เพื่อช่วยส่งเสริมสุขภาพของประชาชนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์การแพร่ระบาดระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 อีกทั้งยังสามารถสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต

สู่ผู้ประกอบการที่สนใจเพื่อนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพสำหรับจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ส่งผลให้ประชาชนหันมาใส่ใจสุขภาพมากยิ่งขึ้น โดยจากผลการสำรวจของสวนดุสิตโพล มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ระบุว่า ประชาชนชาวไทยร้อยละ 45.39 หันมาให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพกันมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการออกกำลังกายทั้งกลางแจ้งหรือในร่ม เพื่อเสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรคภัยไข้เจ็บต่าง ๆ ตลอดจนการรับประทานอาหารเสริมและวิตามิน (BangkokBankSME, 2020) โดยสถานการณ์การบริโภคผลิตภัณฑ์เสริมอาหารของคนไทย จากข้อมูลของกรมสนับสนุนบริการสุขภาพพบว่า ในปี 2564 มีครัวเรือนไทยที่บริโภคผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร กว่า 1.8 ล้านครัวเรือน ส่งผลให้ตลาดผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและวิตามินของประเทศไทยเพิ่มขึ้นจากปี 2562 ถึงร้อยละ 149.3 โดยมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยประมาณ 1,036 บาทต่อเดือน โดยประชาชนกว่าร้อยละ 70 มีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเป็นสิ่งจำเป็นต้องรับประทานเป็นประจำ (BangkokBankSME, 2020; PPTVonline, 2022) หนึ่งในอาหารที่มีคุณประโยชน์สูงและมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพได้แก่ เห็ด นั่นเอง

เห็ดเป็นแหล่งโปรตีนจากธรรมชาติที่มีแคลอรีต่ำ มีไขมันต่ำและน้ำตาลค่อนข้างน้อย โดยเห็ดมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากถึงร้อยละ 90 นอกนั้นเป็นคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 3-28 เส้นใยร้อยละ 3-32 โปรตีนประมาณร้อยละ3 ซึ่งเป็นโปรตีนคุณภาพสูงเนื่องจากมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน นอกจากนี้ยังพบกรดกลูตามิก ซึ่งกรดกลูตามิกนี้เป็นส่วนผสมหลักในผงชูรส ด้วยเหตุนี้เห็ดจึงมีรสชาติและกลิ่นที่ชวนรับประทาน โดยกรดกลูตามิกทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นประสาทการรับรู้รสอาหารของลิ้นให้ไวกว่าปกติและทำให้มีรสชาติคล้ายกับเนื้อสัตว์ เห็ดโดยทั่วไปมีไขมันต่ำประมาณร้อยละ 2-8 และยังมีเกลือแร่และวิตามินกว่า 15 ชนิด เช่น โฟเลต ซิลิเนียม สังกะสี ทองแดง แมกนีเซียม โพแทสเซียม วิตามินบีรวม และวิตามินดี (ตาราง 1) (Srimuk, 2007)

ตาราง 1

องค์ประกอบทางเคมีของเห็ด (ส่วนที่กินได้) 100 กรัม

ชนิดเห็ด	น้ำ (กรัม)	พลังงาน (แคลอรี่)	ไขมัน (กรัม)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	เส้นใย (กรัม)	เถ้า (กรัม)
เห็ดหอม	92.40	21.55	0.043	2.95	2.34	1.308	0.625
เห็ดนางรม	90.70	32.39	0.043	5.67	2.13	0.396	0.543
เห็ดนางฟ้า	90.27	33.32	0.071	4.79	3.36	0.472	0.642
เห็ดฟาง	89.90	32.38	0.071	4.75	3.16	0.595	0.986
เห็ดโคน	84.90	48.72	0.280	5.28	6.27	1.963	1.293

Note. From "*Remarkable Mushroom Facts*" by W. Srimuk, 2007, retrieved from http://www.dss.go.th/dssweb/st-rticles/files/bsp_12_2550_Mushroom.pdf

นอกเหนือจากเห็ดจะเป็นแหล่งของสารอาหารแล้ว ยังมีรายงานฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่หลากหลาย ซึ่งการที่เห็ดมีสรรพคุณทางเภสัชวิทยาเนื่องจากมีสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive substances) เช่น สารประเภทพอลิแซคคาไรด์ เช่น β-glucan ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์เนื้องอกและต้านอนุมูลอิสระที่พบในเห็ดหอม (*Lentinus edodes*) เห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*) และเห็ดยานาหงิ (*Agrocybe aegerita*) (Manzi & Pizzoferrato, 2000) และยังมีรายงานว่า ในเห็ดยานาหงิมีสาร agrocybin ซึ่งเป็นเปปไทด์ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา (antifungal activity) (Ngai, Zhao & Ng, 2005) ส่วนเห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) สามารถใช้รักษาโรคหัวใจ (coronary heart disease) โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง (chronic bronchitis) และโรคความดันโลหิตสูง (Jong & Birmingham, 1992) เห็ดหอม (*Lentinula edodes*) ช่วยป้องกันโรคกระดูกอ่อนและลดความเป็นกรดในกระเพาะอาหาร รักษาโรคเกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย เช่น มะเร็ง เอดส์ ภูมิแพ้บางชนิด (Falandysz & Borovička, 2013) สำหรับเห็ดหูหนู (Auricularia) ใช้รักษาโรคกระเพาะ และริดสีดวง ช่วยลดความดันโลหิตและเร่งการสมานแผล (Pak, Chen, Ma, Hu & Ji, 2021) และเห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*) ช่วยลดความดันโลหิตและเร่งการสมานแผล (Chiu, Lam & Pang, 1995)

เห็ดนางฟ้าภูฏาน (*Pleurotus pulmonarius*) จากรายงานพบว่า สารสกัดด้วยเมทานอลจากเห็ดนางฟ้าภูฏานมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธีดักจับอนุมูลไฮดรอกซิล และความสามารถในการยับยั้งการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 476.67 และ 960.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ อีกทั้งยังมีผลทำให้ก้อนเนื้องอกมีขนาดเล็กลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยทำให้อุ้งเท้าหนูบวมโดยการเหนี่ยวนำด้วยคาราจีแนนและฟอมาลิน พบว่า สารสกัดเห็ดนางฟ้าภูฏาน ขนาด 500 และ 1,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักตัว สามารถยับยั้งการอักเสบได้ (Jose, Ajith & Janardhanan, 2002) นอกจากนี้ยังมีรายงานฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือดเมื่อทดลองในหนูทดลองอีกด้วย (Badole, Shah, Patel, Thakurdesai & Bodhankar, 2006; Balaji et al., 2020)

เห็ดนางรมฮังการีขาว (white oyster mushroom Hungary) และเห็ดนางรมเทา (grey oyster mushroom) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Pleurotus ostreatus* ต่างกันที่สายพันธุ์โดยเห็ดนางรมเทามีสายพันธุ์มาจากเยอรมัน พบว่ามีความนิยมบริโภคเห็ดนางรมทั่วโลก เนื่องจากรสชาติดี มีกลิ่นหอม คุณค่าทางโภชนาการสูง และมีรายงานฤทธิ์ทางเภสัชวิทยามากมาย ได้แก่ ฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด (Ghaly, Ahmed, Booles, Farag & Nada, 2011) ต้านเชื้อจุลชีพ (Iwalokun, Usen, Otunba, & Olukoya, 2007) ลดคอเลสเตอรอล (Alam et al., 2009) ต้านอนุมูลอิสระ (Zhang, Dai, Kong & Chen, 2012) ต้านมะเร็ง (Gu & Sivam, 2006; Jedinak, Dudhgaonkar, Jiang, Sandusky & Sliva, 2010) ต้านไวรัส (M EL-Fakharany, M Haroun, Ng & M Redwan, 2010) และบำรุงสายตา (Isai et al., 2009) เป็น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. พัฒนาสูตรตำรับและขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวม (เห็ดนางฟ้าภูฏาน เห็ด นางรมฮังการีขาว เห็ดนางรมเทา และเห็ดหลินจือ) ในรูปแบบผงชงดื่ม

2. ประเมินสมบัติทางกายภาพและความคงตัวของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวมและสรุปตำรับที่ เหมาะสมกับการพัฒนาต่อในระดับอุตสาหกรรม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวมในรูปแบบผงชงดื่ม

นำสารสกัดโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดนางฟ้าภูฏาน เห็ดนางรมฮังการีขาว เห็ดนางรมเทา และเห็ดหลินจือ มาผสมกับสารช่วย (ตาราง 2) ในโกร่งตามหลัก geometric dilution จากนั้นเก็บในที่แห้งเพื่อนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพต่อไป

2. การประเมินทางกายภาพ

2.1 ขนาดและการกระจายตัวของอนุภาค

ศึกษาขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคด้วยวิธีการใช้ตะแกรงแร่ง (analytical sieving method) โดยใช้ปริมาณตัวอย่างผงผลิตภัณฑ์เห็ดรวมประมาณ 50 กรัม จากนั้นใส่ตัวอย่างด้านบนของตะแกรง เขย่าเป็นเวลา 10

นาที แล้วนำตัวอย่างแต่ละชั้นมาชั่งน้ำหนัก เพื่อหาร้อยละของอนุภาคขนาดต่าง ๆ

2.2 สมบัติการไหล

การไหลของผงผลิตภัณฑ์เป็นสมบัติสำคัญที่ช่วยให้การบรรจุผงผลิตภัณฑ์ลงในบรรจุภัณฑ์มีประสิทธิภาพและมีการกระจายน้ำหนักอย่างสม่ำเสมอ โดยประเมินจากค่า compressibility index และ Hausner ratio (Convention, 2016) ซึ่งสามารถบ่งบอกสมบัติการไหลได้ดังตาราง 3 ซึ่งการหาค่า compressibility index และ Hausner ratio นั้น จะต้องมีการทดสอบเพื่อหาค่า bulk density และ tapped density ก่อน โดย bulk density คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตรของผงยาที่ยังไม่ผ่านการเคาะหรือทำให้อัดแน่น ในขณะที่ tapped density คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตรของผงยาที่ผ่านการเคาะหรือทำให้อัดแน่นแล้ว ใช้หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการทดลองโดยการนำผงผลิตภัณฑ์มาผ่านแร่งเบอร์ 18 (รูเปิด ขนาด 1 มม.) จากนั้นเติมผงผลิตภัณฑ์ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (mass, m) ลงไปในกระบอกตวงขนาด 250 มล. โดยต้องระวังการอัดแน่นของผงยา โดยใช้ผงผลิตภัณฑ์หนัก 100 กรัม จากนั้นอ่านค่าปริมาตรของผงยาจากขีดบอกปริมาตรของกระบอกตวง ปริมาตรของผงยาที่อ่านได้ คือ bulk volume (Vo) และคำนวณตามสูตร

$$P_{Bulk} = m/V_0 \quad (1)$$

ตาราง 2

ตำรับผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวมในรูปแบบผงชงดื่มสารสกัด

สาร	ปริมาณ
สารสกัดโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวม	25 มก
MCT powder 50	15-20 %w/w
Sucrose	5-10 %w/w
Stevia	1.5-5 %w/w
Flavor	1-7 %w/w
maltodextrin	60-70 %w/w

ตาราง 3

สมบัติการไหลของผงยากับค่า compressibility index และ Hausner ratio

Compressibility index	Flow property	Hausner ratio
≤10	Excellent	1.00-1.11
11-15	Good	1.12-1.18
16-20	Fair	1.19-1.25
21-25	Passable	1.26-1.34
26-31	Poor	1.35-1.45
32-37	Very poor	1.46-1.59
>38	Very, Very poor	>1.60

Note. From "*U.S. Pharmacopeia national formulary 2017: USP 40 NF 35 (Vol. 1)*" by United States Pharmacopeial Convention, 2016, United States: United States Pharmacopeial.

2.3 ความชื้น

ความชื้นส่งผลโดยตรงต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องติดตามความชื้นของสารสารตั้งต้นรวมถึงผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้ โดยในการศึกษาวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยเครื่อง moisture analyzer โดยใช้หลักการความต่างกันของน้ำหนักของผงผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังได้รับความร้อน โดยเครื่องมือจะบันทึกน้ำหนักตัวอย่างผงผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ (ไม่มี unbound water ในสาร) โดยหลังจากได้ค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงจะนำมาหาค่าร้อยละความชื้นดังสมการ

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ก่อนได้รับความร้อน} - \text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังได้รับความร้อน}}{\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ก่อนได้รับความร้อน}} \times 100 \quad (2)$$

2.4 การละลาย

การละลายน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความยาก-ง่ายในการชง รสชาติ และความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ดังนั้นทุกตำรับจะต้องทดสอบประสิทธิภาพการละลาย โดยการใช้น้ำที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และทดสอบการละลายที่ค่าความเป็นกรด-ด่างจาก 3 ถึง 8 โดยใช้ความเข้มข้น 25 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร

3. การทดสอบความคงตัว

ทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์แบบสภาวะเร่ง (accelerated storage condition) โดยการเก็บผงผลิตภัณฑ์เห็ดรวมที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ไว้ในตู้ทดสอบความคงตัวที่อุณหภูมิ 40±2 องศาเซลเซียส ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เป็นระยะเวลา 1 เดือน โดยบันทึกน้ำหนักก่อนและหลัง และสังเกตลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สี กลิ่น ปริมาณความชื้น ที่เปลี่ยนแปลงไปของผลิตภัณฑ์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ขนาดอนุภาค และการวิเคราะห์ความชื้นของผลิตภัณฑ์ ทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง (n=3) แสดงผลในรูปของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±SD) ในการเปรียบเทียบความแตกต่างโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่ทดลองจะใช้สถิติ One way ANOVA และ pair t-test โดยกำหนดค่า p-value ที่ .05 โดยใช้โปรแกรมสถิติวิเคราะห์ SPSS และโปรแกรม Excel 365

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวมในรูปแบบผงชงดื่ม

เตรียมสูตรตำรับผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวมในรูปแบบผงชงดื่ม จำนวน 4 สูตรตำรับ ดังตาราง 4 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว และมีผงสารสกัดเห็ดรวมสีน้ำตาลกระจายตัวอยู่อย่างสม่ำเสมอ

2. การประเมินทางกายภาพ

2.1 ขนาดและการกระจายตัวของอนุภาค

% weight retained ของสารทดสอบที่ค้างอยู่บนแร่งแต่ละเบอร์ ของทั้ง 4 สูตรตำรับ แสดงดังตาราง 5 จากผลการทดลอง พบว่า ตำรับ E1 อนุภาคส่วนใหญ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 210 นาโนเมตร ส่วนตำรับ E2 E3 และ E4 จะมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า คือ อนุภาคส่วนใหญ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 นาโนเมตรขึ้นไป (ภาพ 1)

ตาราง 4

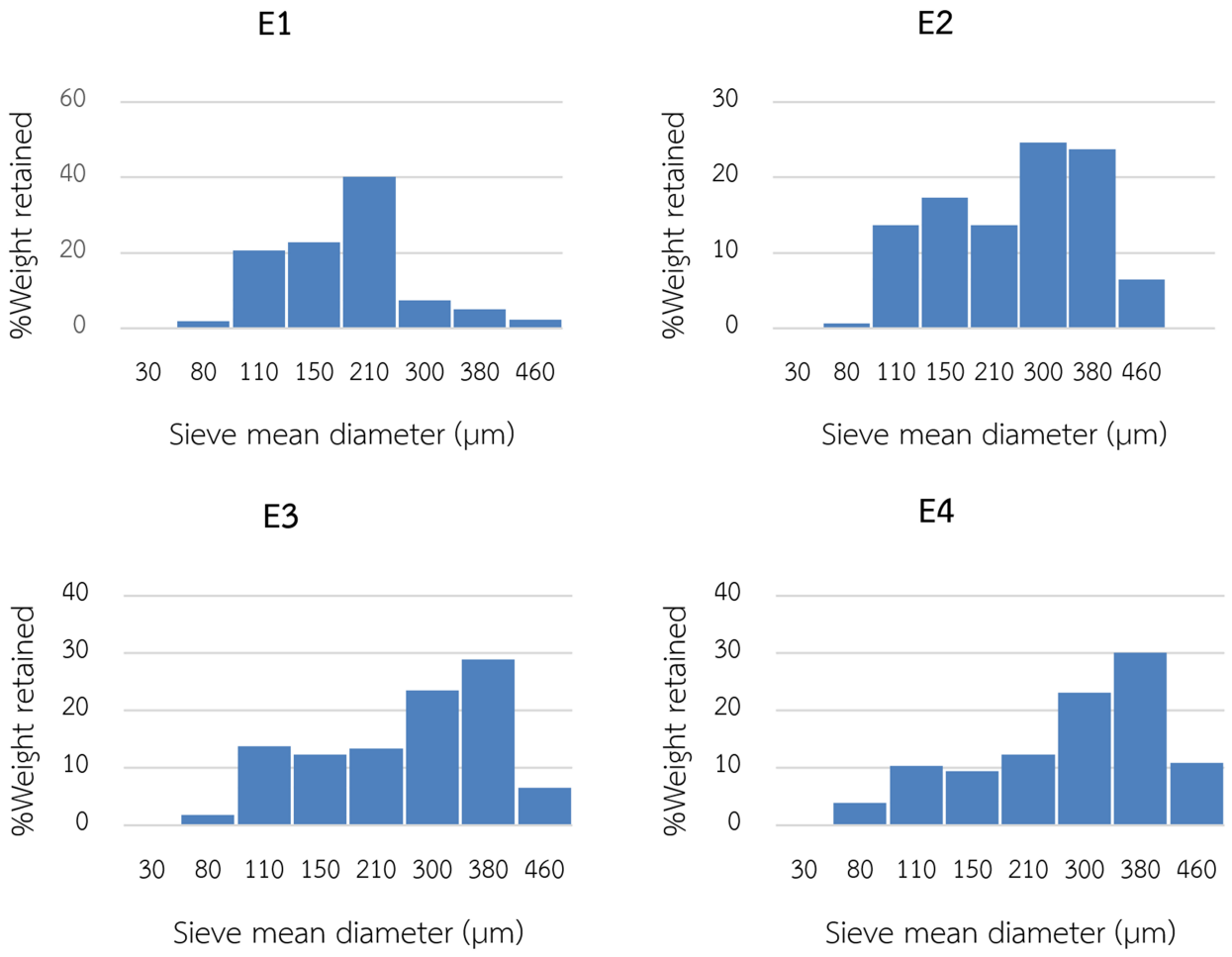
ตำรับผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวมในรูปแบบผงชงดื่ม

สาร	E1	E2	E3	E4
สารสกัดโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวม	25 มก	25 มก	25 มก	25 มก
MCT powder 50	20 %w/w	20 %w/w	15 %w/w	15 %w/w
Sucrose	5 %w/w	5 %w/w	5 %w/w	10 %w/w
Stevia	1.5% w/w	3 %w/w	1.5% w/w	1.5% w/w
Flavor	1 %w/w	1 %w/w	1 %w/w	1 %w/w
maltodextrin	qs	qs	qs	qs

ตาราง 5

ผลการทดสอบการหาขนาดอนุภาค

Sieve No.	Sieve size range (mm)	Sieve mean diameter (µm)	%Weight retained			
			E1	E2	E3	E4
35 (500 µm)	0.50	460	2.19	6.47	6.54	10.91
40 (425 µm)	0.42	380	5.08	23.72	28.86	29.99
45 (355 µm)	0.35	300	7.45	24.60	23.48	23.14
60 (250 µm)	0.25	210	40.13	13.65	13.37	12.31
80 (180 µm)	0.18	150	22.77	17.27	12.28	9.37
120 (125 µm)	0.13	110	20.58	13.61	13.71	10.39
170 (90 µm)	0.09	80	1.81	0.68	1.75	3.88
230 (63 µm)	0.06	30	0	0	0	0
ผลรวม	-	-	100	100	100	100



ภาพ 1 กราฟแสดงการกระจายตัวของอนุภาค

2.2 สมบัติการไหล

จากผลการทดลองพบว่าตำรับมีค่า compressibility index Hausner ratio และ Flow property แสดงดังตาราง 6 โดยตำรับ E2 และ E3 มีสมบัติการไหลอยู่ในระดับค่อนข้างดี (fair) ซึ่งดีกว่าตำรับ E1 และ E4 ที่มีสมบัติการไหลอยู่ในระดับพอไหลได้ (passable) (Kaleem, Alam, Khan, Jaffery & Rashid, 2021)

2.3 ความชื้น

ร้อยละความชื้นของตำรับที่เตรียมได้ แสดงดังตาราง 7 ซึ่งพบว่า ค่าความชื้นของตำรับอยู่ในช่วงร้อยละ 4.38-4.61 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เนื่องจากโดยทั่วไปข้อกำหนดร้อยละความชื้นของยาผงอยู่ที่ร้อยละ 1-5 (Opaliński, Chutkowski & Hassanpour, 2016)

ตาราง 6

ค่า compressibility index, Hausner ratio และ Flow property ของตำรับ

สูตรตำรับ	Bulk Density (gm/ml)	Tap Density (gm/ml)	compressibility index	Hausner Ratio	Flow property
E1	0.50±0.01^{a}	0.66±0.00^{ab}	21.67±0.37^{b}	1.28±0.01^{ab}	Passable
E2	0.50±0.02^{a}	0.65±0.00^{bc}	20.23±1.79^{b}	1.25±0.03^{b}	Fair
E3	0.50±0.00^{a}	0.65±0.00^{c}	17.11±0.23^{c}	1.18±0.05^{c}	Fair
E4	0.48±0.00^{a}	0.67±0.00^{a}	25.62±0.82^{a}	1.34±0.01^{a}	Passable

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแนวสดมภ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p-value>.05)

ตาราง 7

ค่าร้อยละความชื้นของตำรับ

สูตรตำรับ	ร้อยละความชื้น
E1	4.46±0.11
E2	4.61±0.55
E3	4.38±0.16
E4	4.40±0.08

2.4 การละลาย

การศึกษาประสิทธิภาพการละลายของตำรับโดยทดสอบที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 3 ถึง 8 ที่ความเข้มข้น 25 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่า ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 3 ถึง 8 ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ทุกตำรับสามารถละลายได้ดี และได้เครื่องดื่มที่มีลักษณะข้นหนืดเล็กน้อย และเมื่อทดสอบที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6 ในน้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่า ตำรับมีการละลายที่เร็วกว่าและมีความหนืดน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำที่อุณหภูมิห้อง โดยตำรับ E2 จะมีความหนืดมากกว่าตำรับอื่น ๆ

3. ความคงตัว

ผลการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์แบบสภาวะเร่ง ที่อุณหภูมิ 40±2 องศาเซลเซียส ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่าผลิตภัณฑ์เห็ดรวมในบรรจุภัณฑ์แบบซองฟอยล์อะลูมิเนียม มีน้ำหนักและลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สี กลิ่น ความชื้น ไม่เปลี่ยนแปลงจากผลิตภัณฑ์ก่อนเก็บความคงตัว

4. การพัฒนาสูตรตำรับเพิ่มเติม

จากการประเมินรสชาติของตำรับเบื้องต้น พบว่าตำรับ E1 และ E3 มีความหวานในระดับน้อย เหมาะสำหรับพัฒนาต่อเป็นตำรับเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพชนิดหวานน้อย ส่วนตำรับ E2 มีความหวานที่มากกว่า แต่จะมี

ความหวานแหลมที่มากเกินไปจาก stevia หรือหญ้าหวาน สำหรับตำรับ E4 มีความหวานในระดับปานกลาง และไม่หวานแหลมเท่าตำรับ E2 เมื่อพิจารณาร่วมกับสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ จึงได้เลือกตำรับ E3 นำมาพัฒนาต่อ

เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวมในรูปแบบผงชงดื่มมีปริมาณสารอาหารที่ครบถ้วนทั้งชนิดและปริมาณ ผู้วิจัยจึงพิจารณาเพิ่มผงถั่วลันเตา เนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูงที่มีกรดอะมิโนที่สำคัญต่อร่างกาย เช่น ไลซีนและอาร์จีนีน มีใยอาหาร แคลเซียม และเหล็ก อีกทั้งไม่มีคอเลสเตอรอลและมีปริมาณไขมันต่ำ นอกจากนี้การใช้แหล่งที่มีของอาหารจากพืชแทนสัตว์ยังเป็นการสร้างความยั่งยืนให้แก่สิ่งแวดล้อม โดยผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของผงถั่วลันเตาแสดงดังตาราง 8 และได้เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีสูตรตำรับ ดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 8

ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่มีในผงถั่วลันเตา

Test Item	Unit	Test Result
Cys(CysO3H)	g/100 g	0.82
MetSON	g/100 g	0.95
Tryptophan	g/100 g	0.65
Aspartic acid	g/100 g	9.47
Threonine	g/100 g	3.02
Serine	g/100 g	4.01
Glutamic acid	g/100 g	14.32
Glycine	g/100 g	3.20
Alanine	g/100 g	3.67
Valine	g/100 g	4.41
Isoleucine	g/100 g	4.05
Leucine	g/100 g	6.83
Tyrosine	g/100 g	3.12
Phenylalanine	g/100 g	4.63
Lysine	g/100 g	6.00
Histidine	g/100 g	2.05
Arginine	g/100 g	6.78
Proline	g/100 g	3.52
Total of Hydrolyzed Amino Acid (18 items)	g/100 g	81.50

ตาราง 9

สูตรตำรับผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวมเสริมโปรตีนจากถั่วลันเตาในรูปแบบผงชงดื่ม

สาร	น้ำหนัก (g)	Carbohydrate (g)	Fat (g)	Protein (g)
สารสกัดโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวม	0.025			
MCT powder 50	2.250	0.634	1.125	0.018
Sucrose	0.750	0.750	-	-
Stevia	0.225	-	-	-
Pea protein	6.000	1.046	-	4.405
Maltodextrin	5.75	5.75	-	-
Flavor	qs			
รวม (1 ซอง)	15.000	8.18	1.125	4.423

การอภิปรายผล

จากผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวมในรูปแบบผงชงดื่มในงานวิจัยนี้พบว่า ตำรับ E3 ที่มีส่วนประกอบของสารสกัดโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวม 25 มก MCT powder ร้อยละ 15 น้ำตาลทรายร้อยละ 5 หญ้าหวานร้อยละ 1.5 สารแต่งกลิ่นรสร้อยละ 1 และ maltodextrin ร้อยละ 72.5 โดยน้ำหนัก ตำรับมีความคงตัวทางกายภาพ มีสมบัติการไหลที่สามารถเอื้อต่อการผลิตและบรรจุ ความชื้นอยู่ในระดับต่ำ สามารถละลายได้ทั้งน้ำอุณหภูมิห้องและน้ำอุ่นที่ความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้าที่มีการตั้งตำรับผลิตภัณฑ์อาหารเสริมในรูปแบบผงชงที่มีส่วนผสมของถั่วเหลือง เห็ดและมะรุม พบว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวมที่เตรียมได้มีความชื้นใกล้เคียงกัน (ร้อยละความชื้น 3.65-5.46) นอกจากนี้ยังมีสัดส่วน คาร์โบไฮเดรต ต่อ ไขมัน ต่อ โปรตีน ใกล้เคียงกัน (Farzana, Mohajan, Saha, Hossain & Haque, 2017) แสดงให้เห็นถึงผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้มีสารอาหารหลัก (Macronutrient) เป็นไปตามสัดส่วนที่เหมาะสม ผู้บริโภคสามารถได้รับประโยชน์จากสารสกัดเห็ดและทดแทนมื้ออาหารได้

เมื่อนำสูตรที่เหมาะสมที่สุด (E3) มาพัฒนาต่อโดยการเพิ่มผงถั่วลันเตาซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูงที่มีกรดอะมิโนที่สำคัญต่อร่างกาย จึงช่วยยกระดับให้อาหารเสริมที่พัฒนาขึ้นมีทั้งชนิดและปริมาณสารอาหารครบถ้วนเหมาะสำหรับผู้ที่บริโภคโปรตีนไม่เพียงพอ หรือผู้ที่ต้องการบริโภคเพื่อทดแทนมื้ออาหาร จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่จะพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพเพื่อผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพลิแซคคาไรด์จากเห็ดรวมในรูปแบบผงชงดื่มในงานวิจัยนี้ยังอยู่ในระดับห้องปฏิบัติการดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการศึกษาเพิ่มเติมในการผลิตในระดับอุตสาหกรรม นอกจากนี้อาจต้องมีการประเมินผลความพึงพอใจในรสชาตและรสสัมผัสของผลิตภัณฑ์เพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย (สัญญาเลขที่ 009/2566) คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย และคณะ

เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับเครื่องมือ อุปกรณ์และห้องปฏิบัติการวิจัยด้านเทคโนโลยีเภสัชกรรม รวมถึงเภสัชกรหญิง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิกานต์ แสงนิ่ม และพลตรีหญิง ธัญนิชา หวลบุตตา ที่ช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

References

Alam, N., Amin, R., Khan, A., Ara, I., Shim, M. J., Lee, M. W., Lee, U. Y., & Lee, T. S. (2009). Comparative effects of oyster mushrooms on lipid profile, liver and kidney function in hypercholesterolemic rats. *Mycobiology, 37*(1), 37-42. https://doi.org/10.4489/MYCO.2009.37.1.037

Badole, S. L., Shah, S. N., Patel, N. M., Thakurdesai, P. A., & Bodhankar, S. L. (2006). Hypoglycemic Activity of Aqueous Extract of Pleurotus pulmonarius. in Alloxan-Induced Diabetic Mice. *Pharmaceutical Biology, 44*(6), 421-425. https://doi.org/10.1080/13880200600794196

Balaji, P., Madhanraj, R., Rameshkumar, K., Veeramanikandan, V., Eyini, M., Arun, A., Thulasinathan, B., Al Farraj, D. A., Elshikh, M. S., Alokda, A. M., Mahmoud, A. H., Tack, J. C., & Kim, H. J. (2020). Evaluation of antidiabetic activity of Pleurotus pulmonarius against streptozotocin-nicotinamide induced diabetic wistar albino rats. *Saudi Journal of Biological Sciences, 27*(3), 913-924. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.01.027

Bangkok Bank SME. (2021). *After COVID-19, the nutritional supplement market has surged over 20 billion baht*. Retrieved from https://www.bangkokbanksme.com/en/supplement-food-after-growth-covid-19 (in Thai)

Bernaś, E., Jaworska, G., & Lisiewska, Z. (2006). Edible mushrooms as a source of valuable nutritive constituents. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 5*(1), 5-20.

Chiu, K., Lam, A., & Pang, P. (1995). Cardiovascular active substances from the straw mushroom, *Volvariella volvacea*. *Phytotherapy research, 9*(2), 93-99. https://doi.org/10.1002/ptr.2650090203

Falandysz, J., & Borovička, J. (2013). Macro and trace mineral constituents and radionuclides in mushrooms: health benefits and risks. *Applied microbiology and biotechnology, 97*, 477-501. https://doi.org/10.1007/s00253-012-4552-8

Farzana, T., Mohajan, S., Saha, T., Hossain, M. N., & Haque, M. Z. (2017). Formulation and nutritional evaluation of a healthy vegetable soup powder supplemented with soy flour, mushroom, and moringa leaf. *Food science & nutrition, 5*(4), 911-920. https://doi.org/10.1002/fsn3.476

Ghaly, I. S., Ahmed, E. S., Booles, H. F., Farag, I. M., & Nada, S. A. (2011). Evaluation of antihyperglycemic action of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and its effect on DNA damage, chromosome aberrations and sperm abnormalities in streptozotocin-induced diabetic rats. *Global Veterinaria, 7*(6), 532-544.

Gu, Y.-H., & Sivam, G. (2006). Cytotoxic effect of oyster mushroom Pleurotus ostreatus on human androgen-independent prostate cancer PC-3 cells. *Journal of medicinal food, 9*(2), 196-204. https://doi.org/10.1089/jmf.2006.9.196

Isai, M., Elanchezhian, R., Sakthivel, M., Chinnakkaruppan, A., Rajamohan, M., Jesudasan, C. N., Thomas, P. A., & Geraldine, P. (2009). Anticataractogenic effect of an extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, in an experimental animal model. *Current Eye Research, 34*(4), 264-273. https://doi.org/10.1080/02713680902774069

Iwalokun, B., Usen, U., Otunba, A., & Olukoya, D. (2007). Comparative phytochemical evaluation, antimicrobial and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus*. *African Journal of Biotechnology, 6*(15), 1732-1739. https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/57767

Jedinak, A., Dudhgaonkar, S., Jiang, J., Sandusky, G., & Sliva, D. (2010). *Pleurotus ostreatus* inhibits colitis-related colon carcinogenesis in mice. *International journal of molecular medicine, 26*(5), 643-650. https://doi.org/10.3892/ijmm_00000509

Jong, S., & Birmingham, J. (1992). Medicinal benefits of the mushroom Ganoderma. *Advances in applied microbiology, 37*, 101-134. https://doi.org/10.1016/S0065-2164(08)70253-3

Jose, N., Ajith, T. A., & Janardhanan, K. K. (2002). Antioxidant, anti-inflammatory, and antitumor activities of culinary-medicinal mushroom *Pleurotus pufmonanus* (Fr.) Quel.(Agaricomycetideae). *International Journal of Medicinal Mushrooms, 4*(4). https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v4.i4.60

Kaleem, M. A., Alam, M. Z., Khan, M., Jaffery, S. H. I., & Rashid, B. (2021). An experimental investigation on accuracy of Hausner Ratio and Carr Index of powders in additive manufacturing processes. *Metal Powder Report, 76*, S50-S54. https://doi.org/10.1016/j.mprp.2020.06.061

M EL-Fakharany, E., M Haroun, B., Ng, T., & M Redwan, E.-R. (2010). Oyster mushroom laccase inhibits hepatitis C virus entry into peripheral blood cells and hepatoma cells. *Protein and peptide letters, 17*(8), 1031-1039. https://doi.org/10.2174/092986610791498948

Manzi, P., & Pizzoferrato, L. (2000). Beta-glucans in edible mushrooms. *Food chemistry, 68*(3), 315-318. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00197-1

Ngai, P. H., Zhao, Z., & Ng, T. (2005). Agrocybin, an antifungal peptide from the edible mushroom *Agrocybe cylindracea. Peptides*, 26(2), 191-196. https://doi.org/10.1016/j.peptides.2004.09.011

Opaliński, I., Chutkowski, M., & Hassanpour, A. (2016). Rheology of moist food powders as affected by moisture content. *Powder Technology, 294*, 315-322. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.02.049

Pak, S., Chen, F., Ma, L., Hu, X., & Ji, J. (2021). Functional perspective of black fungi (Auricularia auricula): Major bioactive components, health benefits and potential mechanisms. *Trends in Food Science & Technology, 114*, 245-261. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.013

PPTV Online. (2022). *Dietary supplements market has grown to nearly 80 billion Thai people willing to pay more than a thousand baht per month*. Retrieved from https://www.pptvhd36.com/news/%E0%B9%80%E0%B8%A8%E0%B8%A3%E0%B8%A9%E0%B8%90%E0%B8%81%E0%B8%B4%E0%B8%88/179358 (in Thai)

Srimuk, W. (2007). *Remarkable mushroom facts*. Retrieved from http://www.dss.go.th/dssweb/st-rticles/files/bsp_12_2550_Mushroom.pdf (in Thai)

United States Pharmacopeial Convention. (2016). *U.S. Pharmacopeia national formulary 2017: USP 40 NF 35 (Vol. 1)*. United States: United States Pharmacopeial Convention.

Zhang, Y., Dai, L., Kong, X., & Chen, L. (2012). Characterization and in vitro antioxidant activities of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus. International journal of biological macromolecules, 51*(3), 259-265. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.05.003