

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากเห็ดหูหนูดำที่มีสาร เสริมภูมิต้านทานชนิดเบต้ากลูแคน

Development of Healthy Beverages Made from Jew's Ear Mushroom for Enhancing Immune System with Beta-Glucan Supplementary

สุริยาพร นิพรัมย์^{1*} กฤษดา กาวีวงศ์¹ บุษบา มะโนแสน²
และ ประกิต ทิมขำ²

Suriyaporn Nipornram^{1*} Kritsada Kaweewong¹ Busaba Manosan²
and Prakrit Timkhum²

Received: 5 June 2024

Revised: 11 July 2024

Accepted: 15 July 2024

บทคัดย่อ

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้าตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ทำการเพาะเลี้ยงเห็ดหูหนูดำและแปรรูปเป็นเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำแต่พบปัญหาอนุภาคของเห็ดเกิดการตกตะกอนอย่างรวดเร็วไม่ทราบคุณสมบัติประโยชน์และคุณภาพของเครื่องดื่มที่ผลิต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขนาดของอนุภาคและปริมาณเห็ดหูหนูดำอบแห้งที่ใช้เพื่อลดการตกตะกอนของอนุภาคของเห็ดหูหนูดำในเครื่องดื่มโดยเปรียบเทียบขนาดของอนุภาคเห็ดหูหนูดำอบแห้ง 2 ขนาดได้แก่ 250 และ 500 ไมโครเมตรและปริมาณเห็ดหูหนูดำอบแห้งที่ใช้ในเครื่องดื่ม 3 ปริมาณได้แก่ร้อยละ 0.5, 0.6 และ 0.7 ตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขเรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทพบว่าเห็ดหูหนูดำสามารถพัฒนาเป็นเครื่องดื่มที่มีสารเสริมภูมิต้านทานชนิดเบต้ากลูแคนได้ โดยขนาดอนุภาคที่ 250 ไมโครเมตรปริมาณร้อยละ 0.5 เป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับผลิตเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยวิธีสเตอริไลซ์

¹ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹ Department of Agro-Industry, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanuloke, Thailand 65000

² สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ประเทศไทย 55000

² Department of Agro-Industry, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Nan, Thailand 55000

*ผู้รับผิดชอบประสานงาน (Corresponding author) e-mail: suriya_food@rmutl.ac.th.com

Research Article

Journal of Advanced Development in Engineering and Science

Vol. 14 • No. 40 • May – August 2024

แบบปรับกรดสามารถลดการตกตะกอนได้มากกว่าร้อยละ 50 ที่ 600 ชั่วโมง เครื่องดื่มที่ได้มีปริมาณเบต้ากลูแคนคงเหลือ 5,722.75 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ปริมาณวิตามินซีคงเหลือ 856.52 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร เครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลซ์มีผลการตรวจวิเคราะห์ทางเคมีและจุลินทรีย์ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขเรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทฉบับที่ 356 พ.ศ. 2556

คำสำคัญ: เห็ดหูหนู เครื่องดื่ม เบต้ากลูแคน สเตอริไลซ์

ABSTRACT

Oyster Mushroom Cultivation Community Enterprises, Tha Chang Subdistrict, Muang District, Phitsanulok Province was producedcultivates Jew's Ear mushrooms and processes into Jew's Ear mushroom beverage to sell as additional income. Whereas there was a problem that mushroom particles precipitated quickly. The benefits and qualities of the beverageswere unknown. The objective of the research to investigated the particle size and quantity of dried Jew's Ear mushroom used in beverages to reduce the precipitate of particles in beverages. Two particle sizes of dried Jew's Ear mushroom were compared which were 250 and 500 micrometers as well as the three amounts of dried Jew's Ear mushroom used in the beverage which were 0.5, 0.6 and 0.7 percentage. Examine the quality according to the standards of the Ministry of Public Health topic regarding beverages in sealed containers of Jew's Ear mushroom beverage. The results showed that Jew's Ear mushroom could be developed into a beverage containing beta-glucan immune enhancers. Particle size of Jew's Ear mushroom at 250 micrometers at 0.5 percentage was the appropriate amount for the production of Jew's Ear mushroom beverage and using the production process of sterilization with acid adjustment. This process reduced the precipitate more than that of 50 percent at 600 hours. The beta-glucan content of this beverageremained 5,722.75 milligrams per 100 milliliters andvitamin C content was 856.52 milligrams per 100 milliliters. The beverage has passed the criteria chemical and microbial analysis according to the standards of the Ministry of Public Health on beverages in sealed containers, issue 356, B.E. 2556.

Keywords: Jew's Ear Mushroom; Beverage; Beta-Glucan; Sterilization

บทนำ

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดนางฟ้าตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งมีการเพาะปลูกเห็ดหลายชนิดทั้งจำหน่ายก้อนเชื้อเห็ดและดอกเห็ด ได้แก่ เห็ดหูหนูและเห็ดนางฟ้าได้พยายามแปรรูปเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำเพื่อจำหน่ายเป็นรายได้เพิ่มเติม แต่พบปัญหาว่าเครื่องดื่มดังกล่าวมีการตกตะกอนจากอนุภาคเห็ดอย่างรวดเร็วไม่สามารถเก็บได้ที่อุณหภูมิห้อง ไม่ทราบคุณสมบัติและคุณภาพของเครื่องดื่มตามที่มาตรฐานกำหนด

เห็ดหูหนูดำ (Jew's ear mushroom) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Auricularia auricula-judae* ลักษณะของเห็ดหูหนูจะมีส่วนของดอกที่มีลักษณะมันเงาเป็นแผ่นวุ้นคล้ายส่วนใบหูของหนู โดยสีของดอกจะมีสีน้ำตาลปนดำ สีน้ำตาลปนแดง สีน้ำตาลอ่อน มีรายงานพบสารสำคัญหลายชนิดในเห็ดหูหนูเช่นเบต้ากลูแคนเมลานินพอลิแซคคาไรด์ [1-3] และโปรตีนคล้ายคอลลาเจน [4]

เบต้ากลูแคนเป็นสารสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายเป็นพอลิแซคคาไรด์ที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสที่เรียงต่อกันเป็นสายเชื่อมด้วยพันธะเบต้าไกลโคซิดิก (β -glycosidic) สารเบต้ากลูแคนมี 1,3- β -glucan เป็นโครงสร้างหลักบริเวณแกนกลาง (Backbone) และมีสายกิ่งที่แตกแขนงออกมา (Branch) โดยสายกิ่งอาจเป็นชนิด 1,4- β -glucan หรือ 1,6- β -glucan สามารถเรียกได้อีกอย่างว่า 1,3/1,4- β -glucan หรือ 1,3/1,6- β -glucan ที่พบในเห็ดเป็น 1,3- β -glucan เป็นโครงสร้างแกนกลางและมี 1,6- β -glucan สายสั้นเป็นโครงสร้างกิ่ง เบต้ากลูแคนจากเห็ดสามารถกระตุ้นการสร้างไนตริกออกไซด์ในเซลล์แมคโครฟาจได้ [5, 6] นอกจากฤทธิ์ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันเบต้ากลูแคนยังมีความสามารถรักษาเบาหวานรวมถึงโรคที่เกี่ยวข้องกับหลอดเลือด [7, 8] มีการศึกษาพบว่าเบต้ากลูแคนที่สกัดได้จากเห็ดช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูที่ถูกทำให้เป็นเบาหวานและกระตุ้นการนำน้ำตาลสู่เซลล์กล้ามเนื้อชนิด L6 [9] เบต้ากลูแคนในเห็ดหูหนูช่วยส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันที่มีมาแต่กำเนิด เป็นระบบภูมิคุ้มกันที่ช่วยป้องกันและกำจัดสิ่งแปลกปลอมจากภายนอกในร่างกายโดยเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันที่มีบทบาทและหน้าที่ในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมและเป็นเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันที่มีมาแต่กำเนิดได้แก่เซลล์ในกลุ่มของฟาโกไซต์ (Phagocytic cells) เช่นเซลล์โมโนไซต์ (Monocytes) เซลล์แมคโครฟาจ (Macrophages) และเซลล์นิวโทรฟิล (Neutrophils) โดยเซลล์เหล่านี้จะทำหน้าที่จับกินสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาภายในร่างกาย [10] โดยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งในเห็ดหูหนูมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดเช่น โพลีแซคคาไรด์เบต้ากลูแคนและสารประกอบโปรตีนโพลีแซคคาไรด์ [7,11] จากข้อมูลการศึกษาและตัวอย่างรายงานการวิจัยข้างต้นเป็นการยืนยันและสนับสนุนว่าสารเบต้ากลูแคนที่สกัดได้จากเห็ดมีฤทธิ์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายในแง่ของการกระตุ้นการเพิ่มการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายช่วยให้ร่างกายแข็งแรงและมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นจึงเหมาะที่จะนำไปทำอาหารหรือเครื่องดื่มเสริมสุขภาพหรืออาหารฟังก์ชัน

การผลิตเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำแต่เดิมทางวิสาหกิจชุมชนฯ ใช้กระบวนการพาสเจอร์ไรส์ มีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 7 วัน ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จึงมีความต้องการเพิ่มอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นซึ่งกระบวนการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์แบบปรับกรดในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 349) พ.ศ. 2556 เป็นกรรมวิธีที่ใช้ทำลายหรือยับยั้งการขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์ด้วยความร้อนภายหลังหรือก่อนบรรจุหรือปิดผนึก โดยธรรมชาติอาหารนั้นมีค่าความเป็นกรดต่างหรือพีเอชมากกว่า 4.6 แต่มีการปรับสภาพให้เป็นกรดจนมีค่าความเป็นกรดต่างไม่เกิน 4.6 มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Water activity: a_w) มากกว่า 0.85 เก็บรักษาไว้ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่เป็นโลหะหรือวัสดุอื่นที่คงรูปหรือไม่คงรูปที่สามารถป้องกันมิให้อากาศภายนอกเข้าไปในภาชนะบรรจุได้ ฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส และสามารถเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิปกติ [12] อาหารที่ใช้กระบวนการสเตอริไลซ์แบบปรับกรด เช่น การผลิตซอสพริกสเตอริไลซ์ด้วยวิธีการต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 15 นาทีสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราโคลิฟอร์มและ *Escherichia coli* ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยเมื่อเก็บรักษาซอสพริกที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) ได้นาน 30 วัน [13]

จากข้อมูลข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะแก้ปัญหาให้กับทางวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดนางฟ้า โดยการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำและกระบวนการผลิตโดยใช้กระบวนการฆ่าเชื้อแบบสเตอ

รีไลซ์ปรับกรด โดยศึกษาขนาดของอนุภาคเห็ดหูหนูดำอบแห้งและปริมาณเห็ดหูหนูอบแห้งที่ใช้ในเครื่องต้ม เพื่อลดการตกตะกอนของอนุภาคของเห็ดหูหนูในเครื่องต้ม ทำการเปรียบเทียบขนาดของอนุภาคเห็ดหูหนูอบแห้ง 2 ขนาดได้แก่ 250 และ 500 ไมโครเมตรและปริมาณเห็ดหูหนูอบแห้งที่ใช้ในเครื่องต้ม 3 ปริมาณได้แก่ร้อยละ 0.5, 0.6 และ 0.7 ของปริมาณทั้งหมด ตรวจสอบสมบัติต่าง ๆ และคุณภาพตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขเรื่องเครื่องต้มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทตามมาตรฐานที่กำหนดได้แก่ วัตถุกันเสีย, กรดเบนโซอิก, กรดซอร์บิก, สีสังเคราะห์, ยีสต์และราทั้งหมด, Coliform, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* และ *Bacillus cereus*

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนาสูตรเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำด้วยกระบวนการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์แบบปรับกรด
เปรียบเทียบขนาดของอนุภาคเห็ดหูหนูดำอบแห้ง 2 ขนาดได้แก่ 250 และ 500 ไมโครเมตรและปริมาณเห็ดหูหนูดำอบแห้งที่ใช้ในเครื่องต้ม 3 ปริมาณได้แก่ร้อยละ 0.5, 0.6 และ 0.7 ของปริมาณทั้งหมด

1.1 ขั้นตอนการผลิตเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำ นำผงเห็ดหูหนูดำอบแห้งปริมาณตามที่สิ่งทดลองกำหนดข้างต้นมาละลายน้ำที่เตรียมต้ม 5 ลิตร ต้มน้ำเห็ดหูหนูดำเริ่มจับเวลาการต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เมื่อครบเวลาปิดไฟแล้วเติมมอลติทอลใช้เป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล สารปรุงแต่งกลิ่นและกรดแอสคอร์บิกเพื่อปรับกรดให้ได้ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 3.00 จากนั้นบรรจุขวดขณะร้อนปิดฝาให้สนิทนำเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำที่บรรจุขวดแก้วแล้วไปต้มฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที (อุณหภูมิวัดขณะที่น้ำเดือด) ดัดแปลงจาก Linruesee et al. [14] และนำขวดไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสทันทีเพื่อลดอุณหภูมิ

1.2 วัดค่าสี

วัดในระบบ CIE L^* , a^* , b^* , C^* และ h° ด้วยเครื่อง Hunter Lab Color Scale รุ่น Hunter Lab Colorflex 4510 ยี่ห้อ Colorflex® ประเทศสหรัฐอเมริกา

1.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด

วัดด้วย Hand Refractometer ช่วง 0-32 °Brix รุ่น 237 3-E04 ยี่ห้อ Atago ประเทศญี่ปุ่น

1.4 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)

นำเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำ 50 มิลลิลิตรไปวัดค่าด้วย pH meter ยี่ห้อ Consort รุ่น C863 ประเทศเบลเยียม

1.5 ปริมาณกรดทั้งหมด

ตามวิธีการของ AOAC [15] ใช้เครื่องต้มเห็ดหูหนูดำ 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตรเติมฟีนอล์ฟทาลีน 2 หยดไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 N สารละลายจะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดในตัวอย่างโดยคำนวณเทียบกับกรดแอสคอร์บิก

1.6 ปริมาณวิตามินซี

นำเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง เติมร้อยละ 2 ของ Metaphosphoric acid (HPO_3) ปริมาตร 4.5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 45 นาที กรองด้วยการคายกรอง Whatman No. 4 นำสารสกัด 1 มิลลิลิตร เติม Dye solution ปริมาตร 9 มิลลิลิตร (2,6-Dichlorophenol indophenol dye 0.1 กรัม ผสมกับ Sodium bicarbonate 84 มิลลิกรัมนำไปให้ความร้อนจนละลาย และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร)

เขย่าหลอดวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 nm ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ภายในเวลา 15-20 วินาที นำค่าที่ได้ไปคำนวณกับกราฟมาตรฐานของกรดแอสคอร์บิกดัดแปลงจาก Sayin& Arslan[16]

1.7 ปริมาณเบต้ากลูแคน

วิเคราะห์โดยใช้ชุดตรวจสอบ Megazyme (K-YBGL) ตามวิธีของ Hwang [17]

1.8 การทดสอบการแยกชั้น

ดัดแปลงจาก Repin [18] นำเครื่องต้ม 100 มิลลิลิตรใส่ในกระบอกตวง ปิดปากกระบอกด้วยพลาสติก นำใส่ในตู้เย็นที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส อ่านสเกลด้านบนของตะกอนที่กระบอกตวงทุก 24 ชั่วโมง จนครบ 600 ชั่วโมง แล้วนำมาสร้างกราฟ

1.9 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เตรียมเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำใส่แก้ว 40 มิลลิลิตร ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องต้มจากน้ำเห็ดหูหนูดำ โดยทดสอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี ความขุ่น กลิ่น รสชาติ ความหนืดและความชอบรวม ด้วยวิธี 9 Point Hedonic Rating Scales ที่ระดับคะแนน 1 ถึง 9 โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน [19] และนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

2. การตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขเรื่องเครื่องต้มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทของเครื่องต้มเห็ดหูหนู

คัดเลือกสูตรเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำจากข้อที่ 1 เพื่อวิเคราะห์คุณภาพตามมาตรฐานเครื่องต้มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทโดยนำตัวอย่างส่งตรวจคุณภาพตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 356 พ.ศ. 2556 รายการตรวจวิเคราะห์ได้แก่กรดเบนโซอิก, กรดซอร์บิก, สีสังเคราะห์, จำนวนยีสต์และราทั้งหมด, Coliform, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* และ *Bacillus cereus* ส่งตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์กับศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 2 พิษณุโลกซึ่งเป็นหน่วยงานที่กองอาหารอนุญาตให้เป็นหน่วยงานที่รับตรวจวิเคราะห์สำหรับการยื่นขอเลขสารบบอาหาร

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance, ANOVA) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบ Randomized completely block design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองโดยใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาสูตรเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำด้วยกระบวนการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์

จากการทดลองนำเห็ดหูหนูดำอบแห้งทั้ง 2 ขนาดอนุภาคมาทำการผลิตเป็นเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำบรรจุขวดแก้วด้วยกระบวนการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ชนิดปรับกรด พบว่าเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำที่ได้มีค่าสี ดังตารางที่ 1 เครื่องต้มที่ใช้เห็ดหูหนูดำอนุภาค 250 ไมโครเมตรมีค่าสี L^* (ค่าความสว่าง) อยู่ในช่วง 23.82-24.76 มีแนวโน้มที่มีสีคล้ำน้อยกว่าเครื่องต้มที่ใช้เห็ดหูหนูดำอนุภาค 500 ไมโครเมตรที่มีค่าสี L^* อยู่ในช่วง 20.45-22.79 และค่า h^o (เฉดสี) ของเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำอนุภาค 250 ไมโครเมตรที่ร้อยละ 0.5, 0.6 และ 0.7 มีค่า h^o 71.70, 71.96 และ 72.31 ตามลำดับมีค่ามากกว่าเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำอนุภาค 500 ไมโครเมตรที่ร้อยละ 0.5, 0.6 และ 0.7 มีค่า h^o 57.26, 54.79 และ 60.12 ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งแสดงว่าเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำที่ใช้เห็ดอนุภาค 250 ไมโครเมตรมีเฉดสีน้ำตาลออกไปทางสีแดง

Research Article

Journal of Advanced Development in Engineering and Science

Vol. 14 • No. 40 • May – August 2024

น้อยกว่าการใช้เห็ดหูหนูอนุภาค 500 ไมโครเมตร การเพิ่มปริมาณเห็ดหูหนูดำในเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำที่อนุภาค 250 ไมโครเมตรที่ร้อยละ 0.5 เพิ่มเป็นร้อยละ 0.6 และ 0.7 ทำให้ค่าสี b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง-สีน้ำเงิน) และ C^* (ความอิ่มตัวของสี) เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงว่าเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำมีสีเหลืองและความเข้มของสีเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณเห็ดเพิ่มมากขึ้น

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมดและค่าความเป็นกรดต่างของเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำมีปริมาณอยู่ในช่วง 14.27-14.78, 0.14-0.16 และมีค่า 3.17-3.26 ตามลำดับ ซึ่งขนาดของอนุภาคและปริมาณของเห็ดหูหนูดำที่แตกต่างกันไม่ส่งผลให้ค่าดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 2

Table 1 Color value of Jew's Ear mushroom beverage

Particle size (μm)	Quantity (%)	Color value				
		L^*	a^*	b^*	C^*	h°
500	0.5	22.39 $\pm$ 1.50 ^{ab}	2.13 $\pm$ 0.37 ^a	3.44 $\pm$ 1.16 ^b	4.08 $\pm$ 1.18 ^{bc}	57.26 $\pm$ 4.49 ^b
	0.6	20.45 $\pm$ 1.05 ^b	1.51 $\pm$ 0.47 ^{ab}	2.22 $\pm$ 0.95 ^b	2.70 $\pm$ 1.03 ^c	54.79 $\pm$ 4.52 ^b
	0.7	22.79 $\pm$ 2.71 ^{ab}	1.88 $\pm$ 0.30 ^a	3.34 $\pm$ 0.84 ^b	3.84 $\pm$ 0.85 ^{bc}	60.12 $\pm$ 4.48 ^b
250	0.5	23.82 $\pm$ 1.36 ^a	1.11 $\pm$ 0.19 ^b	3.38 $\pm$ 0.69 ^b	3.57 $\pm$ 0.71 ^c	71.70 $\pm$ 0.46 ^a
	0.6	24.30 $\pm$ 0.14 ^a	1.64 $\pm$ 0.33 ^{ab}	4.93 $\pm$ 0.73 ^a	5.32 $\pm$ 0.96 ^{ab}	71.96 $\pm$ 0.94 ^a
	0.7	24.76 $\pm$ 0.21 ^a	1.94 $\pm$ 0.21 ^a	6.12 $\pm$ 0.45 ^a	6.44 $\pm$ 0.47 ^a	72.31 $\pm$ 1.20 ^a

a, b and c – Mean values with different letters in columns are significantly different; $p \leq 0.05$.

Table 2 Total soluble solid content, Total acidity and pH of Jew's Ear mushroom beverage

Particle size (μm)	Quantity (%)	Total soluble solid content(Brix) ^{ns}	Total acidity (%) ^{ns}	pH ^{ns}
500	0.5	0.46 $\pm$ 14.67	0.01 $\pm$ 0.15	3.170.12 $\pm$
	0.6	0.34 $\pm$ 14.60	0.01 $\pm$ 0.15	$\pm$ 3.200.11
	0.7	0.05 $\pm$ 14.63	0.01 $\pm$ 0.14	3.26 $\pm$ 0.11
250	0.5	0.23 $\pm$ 14.33	0.01 $\pm$ 0.16	3.20 $\pm$ 0.10
	0.6	0.30 $\pm$ 14.27	$\pm$ 0.150.01	$\pm$ 3.240.13
	0.7	0.07 $\pm$ 14.78	$\pm$ 0.150.02	$\pm$ 3.220.11

ns = not significantly different

เครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำในกระบวนการผลิตมีการปรับกรดด้วยกรดแอสคอร์บิกให้ต่ำกว่า 4.6 ตามประกาศกระทรวงเรื่องอาหารในภาชนะบรรจุชนิดปรับกรดก่อนกระบวนการสเตอริไลซ์ หลังจากผ่านกระบวนการสเตอริไลซ์ปริมาณวิตามินซีคงเหลืออยู่ในช่วง 837.44-871.78 มิลลิกรัมต่อ100 มิลลิลิตรและ

ปริมาณเบต้ากลูแคนอยู่ในช่วง 5,707.63-5,817.43 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรดังตารางที่ 3 ซึ่งปริมาณเบต้ากลูแคนของเครื่องดื่มเห็ดหูหนูก่อนผ่านกระบวนการสเตอริไลซ์แบบปรับกรดมีปริมาณ 5,914.14 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ลดเหลือ 5,722.75 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร หลังจากผ่านกระบวนการสเตอริไลซ์แบบปรับกรดสำหรับเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำที่ใช้ขนาดเห็ดอนุภาค 250 ไมโครเมตรปริมาณร้อยละ 0.5 ของปริมาณทั้งหมดจะเห็นได้ว่าปริมาณเบต้ากลูแคนลดลงเพียงร้อยละ 3.24

Table 3 Vitamin C and beta-glucan content of Jew's Ear mushroom beverage

Particle size (μm)	Quantity (%)	Vitamin C (mg/100 mL) ^{ns}	Beta-glucan (mg/100 mL) ^{ns}
500	0.5	837.21 $\pm$ 5.46	5,707.63 $\pm$ 10.01
	0.6	847.76 $\pm$ 7.12	5,791.58 $\pm$ 11.16
	0.7	845.44 $\pm$ 7.01	5,817.43 $\pm$ 9.87
250	0.5	865.52 $\pm$ 8.43	5,722.75 $\pm$ 10.46
	0.6	870.65 $\pm$ 8.16	5,735.12 $\pm$ 12.17
	0.7	871.78 $\pm$ 7.96	5,750.23 $\pm$ 10.58

ns = not significantly different

ผลการวัดปริมาณการตกตะกอนจากตัวอย่างเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลซ์แบบปรับกรด 100 มิลลิลิตรนาน 600 ชั่วโมง พบว่าเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำที่ใช้เห็ดอนุภาค 250 ไมโครเมตรเริ่มตกตะกอนในชั่วโมงที่ 360 และตะกอนของอนุภาคเห็ดหูหนูดำคงที่ที่ 456 ชั่วโมง โดยมีตะกอนที่ตกคงที่ที่ร้อยละ 3.5–4.1 ของปริมาตรทั้งหมดซึ่งมีระยะเวลาก่อนการตกตะกอนนานกว่าและปริมาณการตกตะกอนของเห็ดหูหนูดำน้อยกว่าเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำที่ใช้เห็ดอนุภาค 500 ไมโครเมตร ที่เริ่มตกตะกอนในชั่วโมงที่ 24 และตะกอนของอนุภาคเห็ดหูหนูดำคงที่ที่ 96 ชั่วโมง โดยมีตะกอนที่ตกคงที่ที่ร้อยละ 6.6–8.3 ของปริมาตรทั้งหมดดังภาพที่ 1

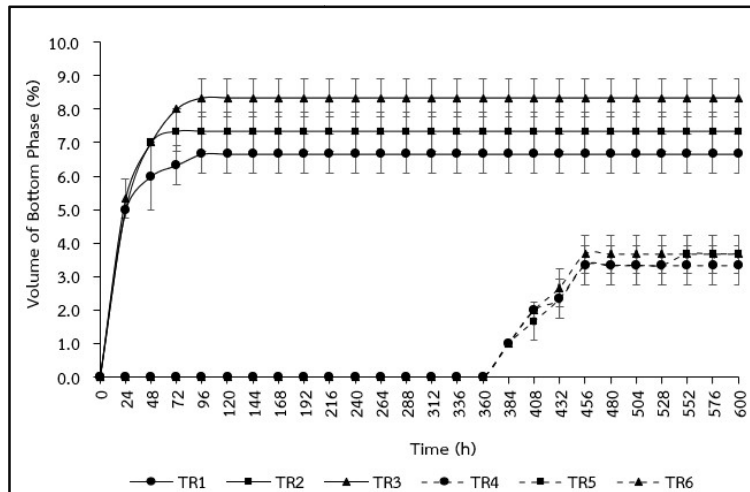


Figure 1 Phase separation of Jew's Ear mushroom beverage added with different Jew's Ear mushroom particle sizes and quantities; TR1: 500 μm 0.5%, TR2: 500 μm 0.6%, TR3: 500 μm 0.7%, TR4: 250 μm 0.5%, TR5: 250 μm 0.6%, TR6: 250 μm 0.7%

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี ความขุ่น กลิ่น รสชาติ ความหนืดและความชอบรวม พบว่าเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำที่ใช้เห็ดหูหนูดำ 250 ไมโครเมตร ร้อยละ 0.5, 0.6 และ 0.7 ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี ความขุ่น รสชาติ ความหนืดและความชอบรวมมากกว่าเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำที่ใช้เห็ดหูหนูดำ 500 ไมโครเมตร ร้อยละ 0.5, 0.6 และ 0.7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำที่ใช้เห็ดหูหนูดำ 250 ไมโครเมตร ร้อยละ 0.5 ได้รับคะแนนด้านความขุ่น กลิ่น ความหนืดและความชอบรวมสูงที่สุดที่ 8.46, 8.03, 8.13 และ 8.23 ตามลำดับ เป็นคะแนนที่อยู่ระหว่างชอบมากถึงชอบมากที่สุดดังตารางที่ 4 ดังนั้นการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำด้วยกระบวนการเข้าวิธีสเตอร์ไลซ์แบบปรับกรดขนาดอนุภาคและปริมาณเห็ดหูหนูดำอบแห้งที่เหมาะสมคือ 250 ไมโครเมตรและปริมาณร้อยละ 0.5 ของทั้งหมด โดยที่ขนาดอนุภาคและปริมาณดังกล่าวได้รับคะแนนความชอบด้านความขุ่น กลิ่น ความหนืดและความชอบรวมสูงที่สุด มีปริมาณการตกตะกอนน้อยและระยะเวลาการตกตะกอนนาน นอกจากนี้ยังมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกและเบต้ากลูแคน 865.52 และ 5,722.75 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรตามลำดับ นำเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำที่อนุภาคและปริมาณดังกล่าวส่งตรวจตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขกับศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 2 พิษณุโลกซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการที่มีรายชื่อในห้องปฏิบัติการที่กองอาหารกำหนด ผลการตรวจวิเคราะห์ดังตารางที่ 5 ซึ่งทุกรายการวิเคราะห์ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 416) พ.ศ. 2563 เรื่องกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานหลักเกณฑ์เงื่อนไขและวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและมาตรฐานกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 418) พ.ศ. 2563 เรื่องกำหนดหลักเกณฑ์เงื่อนไขวิธีการใช้และอัตราส่วนของวัตถุเจือปนอาหาร

Research Article
Journal of Advanced Development in Engineering and Science
Vol. 14 • No. 40 • May – August 2024

Table 4 The sensory properties of Jew's Ear mushroom beverage

Particle size (μm)	Quantity (%)	Appearance	Color	Turbidity	Odor	Taste	Viscosity	Overall
500	0.5	3.36 $\pm$ 1.06 ^d	3.93 $\pm$ 0.86 ^c	4.33 $\pm$ 1.26 ^c	7.13 $\pm$ 0.34 ^b	6.43 $\pm$ 0.72 ^b	3.66 $\pm$ 1.53 ^d	4.20 $\pm$ 0.85 ^d
	0.6	4.10 $\pm$ 1.24 ^c	4.10 $\pm$ 1.24 ^c	4.23 $\pm$ 1.27 ^c	7.10 $\pm$ 0.48 ^b	5.53 $\pm$ 2.17 ^c	4.86 $\pm$ 1.13 ^c	4.87 $\pm$ 1.55 ^c
	0.7	4.83 $\pm$ 1.23 ^b	4.00 $\pm$ 1.01 ^c	4.03 $\pm$ 1.09 ^c	7.16 $\pm$ 0.69 ^b	4.33 $\pm$ 1.51 ^d	3.63 $\pm$ 1.21 ^d	4.33 $\pm$ 0.95 ^d
250	0.5	8.36 $\pm$ 0.66 ^a	8.13 $\pm$ 0.68 ^a	8.46 $\pm$ 0.37 ^a	8.03 $\pm$ 0.76 ^a	7.86 $\pm$ 0.86 ^a	8.13 $\pm$ 0.73 ^a	8.23 $\pm$ 0.43 ^a
	0.6	8.26 $\pm$ 0.78 ^a	7.60 $\pm$ 0.81 ^b	7.60 $\pm$ 1.03 ^b	7.53 $\pm$ 0.97 ^b	7.40 $\pm$ 1.22 ^a	7.63 $\pm$ 0.76 ^b	7.60 $\pm$ 0.72 ^b
	0.7	8.50 $\pm$ 0.57 ^a	8.13 $\pm$ 0.73 ^a	7.60 $\pm$ 0.62 ^b	7.33 $\pm$ 1.64 ^b	7.50 $\pm$ 1.45 ^a	7.33 $\pm$ 0.99 ^b	7.63 $\pm$ 0.80 ^b

a, b, c and d – Mean values with different letters in columns are significantly different; p < 0.05

Table 5 Chemical and microbiological testing of Jew's Ear mushroom beverage

Item	Testing results	Standard
Benzoic acid (mg/kg)	Not detect	< 200
Sorbic acid (mg/kg)	Not detect	< 200
Color artificial (mg/kg)	Not detect	According to the type and quantity specified by the standard
Yeast and Mold, CFU/mL	< 10	< 10
Coliforms, MPN/100 mL	<1.1	< 2.2
<i>Escherichia coli</i> , CFU/100 mL	Not detect	Not detect
<i>Salmonella</i> spp., CFU /100 mL	Not detect	Not detect
<i>Staphylococcus aureus</i> , CFU /mL	< 10	< 100
<i>Clostridium perfringens</i> , CFU /mL	<10	<100
<i>Bacillus cereus</i> , CFU /mL	<10	<100

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

เห็ดหูหนูดำอบแห้งอนุภาคขนาด 250 ไมโครเมตร มีขนาดที่เล็กกว่า 500 ไมโครเมตร การลดขนาดจึงเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวให้น้ำสามารถเข้าไปละลายองค์ประกอบต่างๆ ที่ละลายน้ำของเห็ดหูหนูดำได้ดีขึ้น เห็ดดังกล่าวมีคาร์โบไฮเดรตหลักเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (Non-starch polysaccharides) ได้แก่ 1,3-β-D-glucan เป็นโพลีแซคคาไรด์หลักของเห็ดหูหนูดำที่สามารถละลายน้ำ [20] นอกจากนี้ยังพบ 1,4-β-D-glucopyranosyl ที่มี glucuronic acid เป็นองค์ประกอบในเห็ดหูหนูดำสามารถละลายน้ำได้ [21] และน้ำตาลที่ละลายน้ำร้อยละ 9.9-17.9 การลดขนาดอนุภาคเห็ดหูหนูดำจึงทำให้มีการละลายน้ำดีขึ้น แต่เห็ดหูหนูดำอบแห้งอนุภาคขนาด 250 ไมโครเมตร ยังมีองค์ประกอบอื่นที่ไม่ละลายน้ำที่สามารถดูดซับน้ำและพองตัวได้ เช่น alkali-insoluble glucan II-β-D-glucoside เป็นกลูแคนที่ไม่ละลายน้ำ [20] และยังมีไคตินและเซลลูโลสที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถดูดซับน้ำแล้วพองตัว [22] จึงทำให้เกิดการตกตะกอนบางส่วน

เมื่อนำเห็ดหูหนูดำอบแห้งมาผลิตเครื่องดื่มเห็ดหูหนูดำบรรจุขวดด้วยกระบวนการสเตอริไลซ์แบบปรับกรดด้วยกรดแอสคอร์บิก เครื่องดื่มที่ใช้เห็ดหูหนูดำอนุภาค 250 ไมโครเมตร มีสีน้ำตาลสว่างกว่าใช้เห็ดหูหนูดำอนุภาค 500 ไมโครเมตร เนื่องจากเห็ดหูหนูดำมีเมลานินที่เป็นรงควัตถุให้สีน้ำตาลถึงดำ [23] การลดขนาดอนุภาคทำให้สีของเห็ดหูหนูดำเหลือ 250 ไมโครเมตร ส่งผลให้มีสีน้ำตาลอ่อนกว่า 500 ไมโครเมตร เนื่องจากน้ำสามารถเข้าละลายอนุภาคของเห็ดหูหนูได้มากขึ้นเกิดเป็นเจลแขวนลอยในน้ำ [24] ได้มากกว่า

จึงส่งผลให้เครื่องต้มที่ใช้เห็ดหูหนูดำอนุภาค 250 ไมโครเมตร มีสีน้ำตาลสว่างกว่าการใช้เห็ดหูหนูดำอนุภาค 500 ไมโครเมตร เจลเห็ดหูหนูดำสามารถแขวนลอยในเครื่องต้มได้เพราะเจลของเบต้ากลูแคนชนิด 1,3- β -D-glucans และ 1,6- β -D-glucans โดยสายกลูแคนมีพันธะไฮโดรเจนเชื่อมระหว่างสายสามารถจับกับน้ำเป็นเจลร่างแห (Gel networks) ได้อีกทั้งหมู่คาร์บอกซิลของ Glucuronic acid ของเห็ดหูหนูดำจับกับน้ำทั้งภายในและภายนอกของสายกลูแคนเกิดเป็นเจลได้เช่นกัน ซึ่งการเพิ่มปริมาณเห็ดหูหนูดำทำให้เจลมีความแข็งแรงมากขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของกลูแคนเกิดการทับซ้อนกันเกิดเป็น Intermolecular junctions ทำให้เกิดเจลที่แข็งแรงมากขึ้น แต่การผลิตเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำจำเป็นต้องมีการปรับกรดด้วยกรดแอสคอร์บิก ทำให้เครื่องต้มเห็ดหูดำมีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 3.17-3.26 เพื่อควบคุมให้มีค่าความเป็นกรดต่างต่ำกว่า 4.6 สามารถทำให้ฆ่าเชื้อทั้งหมดในรูปสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียสได้ จึงทำให้เจลจากเห็ดหูหนูมีความแข็งแรงลดลง เพราะเจลของเห็ดหูหนูดำจะมีความแข็งแรงลดลงเมื่อความเป็นกรดต่างต่ำกว่า 6.2 [24] จึงทำให้เครื่องต้มเห็ดหูหนูดำเกิดการแยกชั้น บางส่วนไม่สามารถแขวนลอยอนุภาคได้เมื่อระยเวลามากขึ้น นอกจากนี้ความร้อนกับกรดที่ใช้ในกระบวนการผลิตเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำยังสามารถทำลายพันธะไกลโคซิดิกในเบต้ากลูแคนกลายเป็นน้ำตาลกลูโคสได้บางส่วน [25] ทำให้เบต้ากลูแคนในเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำหลังจากผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแล้วมีปริมาณลดลงร้อยละ 3.24 จากปริมาณเริ่มต้นเมื่อนำเครื่องต้มดังกล่าวไปตรวจคุณภาพด้านปริมาณวัตถุดิบเสีย สีสังเคราะห์และปริมาณจุลินทรีย์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 356) พ.ศ.2556 เรื่องเครื่องต้มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท เครื่องต้มดังกล่าวผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกข้อ แสดงให้เห็นว่าเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำที่ใช้อนุภาคของเห็ดหูหนูดำอบแห้งที่ 250 ไมโครเมตรปริมาณร้อยละ 0.5 ของปริมาณทั้งหมดเป็นขนาดอนุภาคและปริมาณที่เหมาะสมสำหรับผลิตเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำบรรจุขวดด้วยกระบวนการสเตอริไลซ์แบบปรับกรด ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ทำให้เครื่องต้มเห็ดหูหนูดำดังกล่าวมีคุณภาพปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค ด้านคุณค่าทางโภชนาการพบเบต้ากลูแคนและวิตามินซีเฉลี่ย 5,722.75 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรและ 856.52 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรตามลำดับ จากข้อมูลข้างต้นที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าเครื่องต้มเห็ดหูหนูดำเป็นเครื่องต้มทางเลือกสุขภาพที่ปลอดภัย เหมาะสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันร่างกาย เช่น ผู้บริโภคที่เป็นภูมิแพ้ ซึ่งจัดเป็นอาหารเพื่ออนาคตในกลุ่มของอาหารเสริมสุขภาพหรืออาหารฟังก์ชันคืออาหารที่เพิ่มเติมส่วนผสมใหม่หรือส่วนผสมที่มีอยู่แล้วเพื่อเพิ่มความสามารถของกลไกในร่างกายในการดูแลสุขภาพหรือป้องกันโรค [26] โดยเครื่องต้มดังกล่าวมีส่วนของเบต้ากลูแคนที่มีอยู่แล้วในเห็ดและเสริมส่วนผสมวิตามินซีในเครื่องต้มสารอาหารทั้ง 2 มีประโยชน์ต่อร่างกายที่สามารถส่งเสริมการสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายให้แข็งแรง

References

- [1] Zou, Y., et al. (2015). Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of Melanin and Fractions from *Auricularia auricula* Fruiting Bodies. *Food Science and Biotechnology*, 24(1), 15-21.
- [2] Li, X., et al. (2012). *In vitro* Antioxidant and Anti - Proliferation Activities of Polysaccharides from Various Extracts of Different Mushrooms. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(5), 5801-5817.

-
- [3] Xu, S. (2012). Branching Structure and Chain Conformation of Water - Soluble Glucan Extracted from *Auricularia Auricula - Judae*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(13), 3498-3506.
 - [4] Ningbo Kway Biotech. (2014). *Auricularia Auricular Collagen*. Available from http://www.kwaybio.com/en/products_detail.asp?id=120. Accessed date: 1 June 2024.
 - [5] Carbonero, E. R., et al. (2012). Chemical and Biological Properties of a Highly Branched β -glucan from Edible Mushroom *Pleurotus sajor - caju*. *Carbohydrate Polymers*, 90(2), 814-819.
 - [6] Satitmanwiwat, S., et al. (2012). Improved Purity and Immunostimulatory Activity of β - (1 $\rightarrow$ 3) (1 $\rightarrow$ 6)-glucan from *Pleurotus sajor-caju* Using Cell Wall-Degrading Enzymes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(21), 5423-5430.
 - [7] Islam, T., et al. (2021). Insights into Health - Promoting Effects of Jew's ear (*Auricularia auricular - judae*). *Trends in Food Science & Technology*, 114, 552-569.
 - [8] Chen, J. & Raymond, K. (2008). Beta-glucans in the Treatment of Diabetes and Associated Cardiovascular Risks. *Vascular Health and Risk Management*, 4(6), 1265-1272.
 - [9] Kanagasabapathy, G., et al. (2012). Glucan-rich Polysaccharides from *Pleurotus sajor-caju*(Fr.) Singer Prevents Glucose Intolerance, Insulin Resistance and Inflammation in C57BL/6J Mice Fed a High-fat Diet. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 12, 261.
 - [10] Liu, E., et al. (2021). Review on *Auricularia auricula-judae* as a Functional Food: Growth, Chemical Composition, and Biological Activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(6), 1739-1750.
 - [11] Ooi, V. E. & Liu, F. (2000). Immunomodulation and Anti-cancer Activity of Polysaccharide - Protein Complexes. *Current medicinal chemistry*, 7(7), 715-729.
 - [12] Food and Drug Administration. (2020). Notification of the Ministry of Public Health (No.349) B.E. 2556. Title: Manufacturing Procedures, Production Equipment and Appliance and Storage of Low Acid and Acidified Foods in Hermetically Sealed Container. Ministry of Public Health. (in Thai)
 - [13] Srikram, A., et al. (2019). The Production of Chili Sauce Suitable for Community Enterprises. *KhonKaen Agriculture Journal*, 47(Suppl. 1), 1031-1036. (in Thai)
 - [14] Linruesee, R., et al. (2022). Effect of Various Stabilizers on Improving the Quality of Acidified Northern Thai Green Chili Paste (*Nam Prik Num*) in Hermetically Sealed Bottle. *Burapha Science Journal*, 27(3), 2076-2088. (in Thai)
 - [15] AOAC. (2006). *Official Methods of Analysis*. 18th ed. VA: AOAC.
 - [16] Sayin, K. & Arslan, D. (2015). Antioxidant Properties, Ascorbic Acid and Total Carotenoid Values of Sweet and Hot Red Pepper Paste: A Traditional Food in Turkish Diet. *International Journal of Nutrition and Food Engineering*, 9(7), 834-837.

- [17] Hwang, I. S., et al. (2020). Influence of Roasting Temperatures on the Antioxidant Properties, β -glucan Content, and Volatile Flavor Profiles of Shiitake Mushroom. *Foods*, 10(1), 54.
- [18] Repin, N., et al. (2012). Phase Behaviour of Casein Micelles and Barley Beta-glucan Polymer Molecules in Dietary Fibre-enriched Dairy Systems. *Journal of Colloid and Interface Science*, 377(1), 7-12.
- [19] Nicolas, L., et al. (2010). The 9 - Point Hedonic Scale: Are Words and Numbers Compatible ? *Food Quality and Preference*, 21(8), 1008-1015.
- [20] Bandara, A. R., et al. (2019). A Review of the Polysaccharide, Protein and Selected Nutrient Content of Auricularia, and their Potential Pharmacological Value. *Mycosphere Journal*, 10(1), 579-607.
- [21] Ma, Y., et al. (2018). The Effects of Polysaccharides from *Auricularia auricula* (Huaier) in Adjuvant Anti-gastrointestinal Cancer Therapy: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *Pharmacological Research*, 132, 80-89.
- [22] Kadnikova, I. A., et al. (2015). Chemical Composition and Nutritional Value of the Mushroom *Auricularia auricula-judae*. *Journal of Food and Nutrition Research*, 3(8), 478-482.
- [23] Zhang, M., et al. (2015). Production and Characterization of Melanin by Submerged Culture of Culinary and Medicinal Fungi *Auricularia auricula*. *Applied biochemistry and biotechnology*, 176, 253-266.
- [24] Bao, H., et al. (2018). Gelation Mechanism of Polysaccharides from *Auricularia auricular - judae*. *Food Hydrocolloids*, 76, 35-41.
- [25] Qin, Y., et al. (2021). Effect of Acid and Oxidative Degradation on the Structural, Rheological, and Physiological Properties of Oat β -glucan. *Food Hydrocolloids*, 112, 106-284.
- [26] National Food Institute. (2018). *Food of the future and opportunities for SMEs, part 1 (Organic Food)*. Available from <https://www.sme.go.th>. Accessed date: 1 June 2024. (in Thai)