

โภชนาการ สารพฤกษเคมีเบื้องต้น และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพู

บุษกร อู่วงศ์^{1*} ศิริพร จอมแก้ว² ศรินทิพย์ สังคร³

Received : September 5, 2023

Revised : August 15, 2024

Accepted : September 18, 2024

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ สารพฤกษเคมีเบื้องต้น และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพูที่เพาะเลี้ยงในจังหวัดเพชรบุรี การวิเคราะห์เชิงโภชนาการ พบว่าเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพูมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 5.6 และ 6.04 น้ำหนักสด และมีไขมัน ร้อยละ 0.08 และ 0.01 น้ำหนักสด ตามลำดับ สารพฤกษเคมีของเห็ดนางรมทั้งสองชนิดในสารสกัดด้วยน้ำและสารสกัดเมทานอลประกอบด้วยสารแอลคาลอยด์ สเตียรอยด์ แทนนินและคูมาริน ส่วนฟลาโวนอยด์พบเฉพาะในสารสกัดเมทานอลของเห็ดนางรมทั้งสองชนิด การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอริก (FRAP) พบว่า สารสกัดเมทานอลของเห็ดนางรมสีทองมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด มีค่า IC_{50} ต่ำสุดเท่ากับ 5.50 ± 0.05 mg/ml และความสามารถในการรีดิวซ์สูงสุดเท่ากับ 40.28 ± 1.47 μ molTE/g ซึ่งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวสอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิกรวมในสารสกัด ส่วนสารสกัดเมทานอลของเห็ดนางรมสีชมพู มีค่า IC_{50} เท่ากับ 8.02 ± 0.07 mg/ml และความสามารถในการรีดิวซ์เท่ากับ 36.62 ± 1.63 μ molTE/g ตามลำดับ ปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเห็ดทั้งสองชนิดในสารสกัดน้ำน้อยกว่าในสารสกัดเมทานอล จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพูเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณภาพและมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

คำสำคัญ: คุณค่าทางโภชนาการ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารพฤกษเคมี เห็ดนางรมสีชมพู เห็ดนางรมสีทอง

¹ อาจารย์ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

อีเมล: busssakorn.oui@mail.pbru.ac.th

² นักศึกษา สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

อีเมล: Siriphon.jom@mail.pbru.ac.th

³ นักศึกษา สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

อีเมล: sirintip.sun@mail.pbru.ac.th

* ผู้รับผิดชอบหลัก อีเมล: busssakorn.oui@mail.pbru.ac.th

NUTRITION, PHYTOCHEMICAL COMPONENTS, AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF GOLDEN AND PINK OYSTER MUSHROOMS

Budsakorn Auiyawong^{1*} Siriphon Jomkaew² Sirintip Sungkorn³

Abstract

This study analyzes the nutritive values, phytochemical components, and antioxidant activity of golden and pink oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) cultivated in Phetchaburi province. Nutritional analysis reveals that golden and pink oyster mushrooms contain protein levels of 5.6% and 6.4% (wb) and fat levels of 0.08% and 0.01% (wb), respectively. These mushrooms were extracted using water and methanol to assess their phytochemical components and antioxidant activity. The water extracts of both mushrooms contain alkaloids, steroids, tannins, and coumarins, while flavonoids were only detected in the methanol extracts. Antioxidant activity measured using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and ferric reducing/antioxidant power (FRAP) assays showed that the methanol extract of golden oyster mushrooms exhibited the highest antioxidant activity, with the lowest IC₅₀ value of 5.50 ± 0.05 mg/ml and the highest reducing power of 40.28 ± 1.47 μ mol TE/g. This antioxidant activity has positive correlations with total phenolic content. The methanol extract of pink oyster mushrooms showed IC₅₀ values of 8.02 ± 0.07 mg/ml and a reducing power of 36.62 ± 1.63 μ mol TE/g. The total phenolic content and antioxidant activities of the water extracts were found to be lower than those of the methanol extracts. The results of this study indicate that golden and pink oyster mushrooms are rich sources of nutrients and antioxidants, making them beneficial for health.

Keywords: Nutritional values, Antioxidant activity, Phytochemical, Pink oyster mushroom, Golden oyster mushroom,

¹ Lecturer of chemistry division, Faculty of science and technology, Phetchaburi Rajabhat University, e-mail: busssakorn.oui@mail.pbru.ac.th

² Bachelor degree student of chemistry division, Faculty of science and technology, Phetchaburi Rajabhat University, e-mail: Siriphon.jom@mail.pbru.ac.th

³ Bachelor degree student of Chemistry division, Faculty of science and technology, Phetchaburi Rajabhat University, e-mail: sirintip.sun@mail.pbru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: busssakorn.oui@mail.pbru.ac.th

บทนำ

เห็ดเป็นอาหารที่มีความนิยมเพิ่มมากขึ้นในกลุ่มของอาหารสุขภาพ ทั้งนี้เนื่องจากเห็ดมีปริมาณโปรตีนสูง ไขมันต่ำ (Valverde et al., 2015) มีวิตามินและเกลือแร่ที่ร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น วิตามินซี กรดโพลีฟอสฟอรัส สังกะสี เหล็ก เป็นต้น (Caglarirmak, 2007) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี (Antioxidant activity) เนื่องจากประกอบด้วยสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ทั้งสารในกลุ่มพอลิฟีนอล (Polyphenol) แครโทีนอยด์ พอลิแซคคาไรด์ เป็นต้น (Kozarski et al., 2015) รวมถึงเห็ดยังมีฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นๆ เช่น ฤทธิ์ต้านจุลชีพ (antimicrobial activity) ฤทธิ์ในการลดความดันโลหิต (Antihypertension) ฤทธิ์ต้านไวรัส (Antiviral activity) เป็นต้น (Landi et al., 2022) ปัจจุบันพบว่า เห็ดหลายชนิดมีสรรพคุณทางยาที่ชัดเจนและได้รับการพิสูจน์ว่ามีผลต่อสุขภาพ เช่น เห็ดหลินจือ (*Ganoderma sichuanense*) เห็ดชิตาเกะ (*Lentinula edodes*) เห็ดไมตาเกะ (*Grifola frondosa*) เป็นต้น (Valverde et al., 2015)

อนุมูลอิสระ (Free radical) เป็นสาเหตุหนึ่งของการก่อให้เกิดโรคต่างๆ นำไปสู่การศึกษาด้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ที่สามารถยับยั้งหรือกำจัดอนุมูลอิสระได้ ทั้งที่สังเคราะห์ขึ้นและจากธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการบริโภค ในการศึกษาสารพฤกษเคมีในพืชสมุนไพรและอาหาร พบว่า สารพฤกษเคมีหลายชนิดมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ทางชีวภาพรวมถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิกที่มีรายงานการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ การสลายเพอร์ออกไซด์ และการกำจัดออกซิเจน ซึ่งเป็นกลไกหนึ่งของการกำจัดอนุมูลอิสระ (Neha et al., 2015) ทำให้ในการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารพฤกษเคมี โดยทั่วไปจึงมีการวิเคราะห์ฟีนอลิกรวมของสารสกัดเหล่านั้นด้วย

เห็ดในกลุ่มเห็ดนางรม (*Pleurotus* spp.) มีหลายสายพันธุ์ เป็นเห็ดที่เกษตรกรนิยมเพาะเลี้ยง เนื่องจากเพาะเลี้ยงง่าย สามารถเพาะเลี้ยงได้ในทุกภูมิภาคของประเทศไทย และสามารถนำไปแปรรูปเป็นอาหารได้หลากหลายผลิตภัณฑ์ เห็ดที่นิยมบริโภค เช่น เห็ดนางฟ้า (*P. sajor-caju*) เห็ดนางฟ้าภูฐาน (*P. eous*) เห็ดนางรมหลวง (*P. eryngii*) มีการศึกษาข้อมูลพื้นฐานทั้งในด้านโภชนาการ สารพฤกษเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Adebayo & Oloke, 2017) และฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ (Patel et al., 2012) เพื่อประกอบเป็นข้อมูลพื้นฐานของการบริโภค

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาเห็ดนางรมสีทอง (*P. citrinopileatus*) และเห็ดนางรมสีชมพู (*P. djamor*) ซึ่งมีการเพาะเลี้ยงโดยกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดเพชรบุรี เห็ดทั้งสองชนิดเป็นเห็ดในกลุ่มเห็ดนางรมที่ยังไม่ได้รับความนิยมในการบริโภค ได้มีการศึกษาสารสกัดโปรตีนที่ได้จากเห็ดนางรมสีทองมีฤทธิ์ยับยั้งการขยายตัวของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว U937 (Chen et al., 2009) และสารไกลโคโปรตีนจากเห็ดนางรมสีทองมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Chen et al., 2011) ในขณะที่เห็ดนางรมสีชมพูมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและเป็นสารช่วยลดน้ำตาล (Nayak et al., 2021) อย่างไรก็ตามสารสำคัญทางเคมีต่าง ๆ ในเห็ดรวมถึงฤทธิ์ทางชีวภาพ

ของเห็ด จะมีปริมาณแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ อาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง วิธีการเพาะปลูก เป็นต้น (Erbiat et al., 2021) ดังนั้น เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นให้กับเกษตรกรในการจำหน่าย รวมถึงการพัฒนาไปเป็นผลิตภัณฑ์ทางอาหารรูปแบบอื่น ๆ จึงได้ทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ สารพิษพิษเคมีเบื้องต้น ปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเห็ดนางรมทั้งสองชนิดในสารสกัดน้ำและสารสกัดเมทานอล

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ คือ ความชื้น เถ้า โปรตีนรวม ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต รวมถึงศึกษาสารพิษพิษเคมีเบื้องต้น ปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพูที่เพาะเลี้ยงในจังหวัดเพชรบุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่างเห็ดนางรมทั้งสองชนิดและการเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพู จากหมู่บ้านหนองน้ำดำ ตำบลห้วยแม่เพรียง อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี ในช่วงเดือนกรกฎาคม 2565 โดยนำตัวอย่างเห็ดทั้งสองชนิดมาทำความสะอาด หั่นส่วนของดอกเห็ด (fruit body) เป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 30 ชั่วโมง นำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น เก็บในถุงสุญญากาศและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสก่อนนำไปทำการสกัด

2. การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร

นำเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพูแบบสดมาปั่นให้มีขนาดเล็กๆ นำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ โดยวิเคราะห์ความชื้น เถ้า โปรตีนรวม และไขมัน ตามวิธีมาตรฐานของ Official Analytical Chemistry (AOAC, 2019) และวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตจากการคำนวณ โดยรายงานในรูปของกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดส่วนของพลังงานของเห็ดทั้งสองชนิดคำนวณโดยใช้สูตร (Toledo et al., 2016)

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (\%)} = 100 - (\text{ความชื้น(g)} + \text{เถ้า(g)} + \text{ไขมัน(g)} + \text{โปรตีน(g)})$$

$$\text{ค่าพลังงาน (Kcal)} = 4 \times (\text{กรัมของโปรตีน} + \text{กรัมของคาร์โบไฮเดรต}) + 9 \times \text{กรัมของไขมัน}$$

3. การสกัดตัวอย่างเห็ดสำหรับทดสอบสารพิษพิษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

3.1 การสกัดตัวอย่างเห็ดด้วยน้ำ

การสกัดเห็ดนางรมทั้งสองชนิดด้วยน้ำดัดแปลงวิธีจาก (Boonsong et al., 2016) โดยนำตัวอย่างเห็ดอบแห้งที่บดละเอียดแล้วประมาณ 10 กรัม เติมน้ำ 150 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือดประมาณ 30 นาที กรองผ่านผ้าขาวบาง และกรองอีกครั้งด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 และปรับปริมาตรเป็น 100

มิลลิลิตร ได้สารสกัดน้ำของตัวอย่างเห็ด เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทำการวิเคราะห์สารพิษพิษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อไป สารสกัดน้ำที่ได้คืตต่อน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง และรายงานในหน่วยกรัมของน้ำหนักแห้ง

3.2 การสกัดตัวอย่างเห็ดด้วยเมทานอล (Boonsong et al., 2016)

ตัวอย่างเห็ดนางรมทั้งสองชนิดที่บดละเอียดแล้วประมาณ 10 กรัม นำมาแช่ในเมทานอล 100 มิลลิลิตร ทำการสกัด 3 ครั้ง รวมสารสกัดกรองผ่านกระดาษกรองและระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 337 mbar ได้สารสกัดเห็ดในเมทานอลเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสก่อนนำไปวิเคราะห์ และรายงานในหน่วยกรัมของสารสกัดแห้ง

4. การวิเคราะห์สารพิษเคมี

การศึกษานี้ทดสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นทั้งในสารสกัดน้ำและสารสกัดเมทานอล ทั้งหมด 6 กลุ่ม คือ แอลคาลอยด์ สเตียรอยด์ ฟลาโวนอยด์ แทนิน ซาโปนินและคูมาริน ตามวิธีการของ (บุษราคัม สิงห์ชัย และคณะ, 2560)

4.1 การทดสอบแอลคาลอยด์ ทำโดยนำสารสกัดมาเล็กน้อย เติม 0.5 M HCl ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ต้มในน้ำเดือด 3 นาที หยดสารละลาย Dragendorff's 2-3 หยดและสังเกตตะกอนสีส้มแดงที่เกิดขึ้น

4.2 การทดสอบสเตียรอยด์ (Liebermann-Burchard test) ทำโดยนำสารสกัดมาเล็กน้อย หยดกรดแอซิดิกเข้มข้น 3 หยด เขย่าให้เข้ากันแล้วค่อยๆหยดกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ลงไปข้างๆหลอด 3 หยด สังเกตสารละลายสีเขียวเข้มและใช้คอเลสเทอรอลเป็นตัวเปรียบเทียบ

4.3 การทดสอบฟลาโวนอยด์ (Cyanidin test) ใส่ลวดแมกนีเซียม 1 แผ่น ลงในสารสกัดปริมาตร 3 มิลลิลิตร นำไปต้ม 3 นาที เมื่อสารละลายอุ่นแล้ว เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นปริมาตร 0.5 ml สารละลายจะมีสีที่เข้มข้นเมื่อเทียบกับสารตั้งต้นและใช้ quercetin เป็นตัวเปรียบเทียบ

4.4 การทดสอบแทนนิน (Ferric chloride test) ทำโดยนำสารสกัดมาเล็กน้อยเติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรแล้วนำไปต้ม 5 นาที หยดเฟอริกคลอไรด์ (FeCl_3) 3-4 หยด จะได้สารละลายสีดำ

4.5 การทดสอบซาโปนิน (Foam test) นำสารสกัดมาเล็กน้อยเติมน้ำกลั่น 5 ml แล้วต้ม 5 นาที ปลอ่ยให้เย็น และเขย่าแรงๆ 1 นาที สังเกตฟองที่เกิดขึ้น

4.6 การทดสอบคูมาริน นำกระดาษกรองมาชุบด้วยสารละลาย 2 M NaOH ทำให้กระดาษกรองแห้ง จากนั้นหยดสารสกัดลงบนกระดาษกรอง ทำให้แห้งอีกครั้ง นำกระดาษกรองวางใต้แสงอุตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 365 nm คูมารินจะเกิดการเรืองแสง

5. การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม (Total phenolic)

วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu assay (Singleton et al., 1999) โดยนำสารสกัด 0.3 มิลลิลิตร เติมน้ำละลาย Folin-Ciocalteu 1.5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติมน้ำละลายโซเดียมคาร์บอเนต (NaCO_3) ความเข้มข้น 7.5% ปริมาตร 1.3 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่มืด 30 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตรด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer (Shimadzu, UVmini1240) คำนวณปริมาณฟีนอลิกรวมเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ($R^2=0.9993$) และรายงานในหน่วย mg gallic acid equivalent (GAE)

6. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity)

6.1 วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ในสารสกัดน้ำและสารสกัดเมทานอล

โดยนำสารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เติมน้ำละลาย 0.2 M 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 3.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและเก็บไว้ในที่มืด 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร รายงานค่าร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ (Radical scavenging) และรายงานค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) โดยใช้ทรอลอกซ์ (Trolox) เป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบ

$$\text{DPPH radical scavenging (\%)} = [(A_0 - A_s)/A_0] \times 100$$

โดย A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงหลอดควบคุม และ A_s = ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

6.2 วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ferric reducing antioxidant power (FRAP)

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP โดยดัดแปลงวิธีจาก (Keles et al., 2011) โดยเตรียมรีเอเจนต์ ferric-TPTZ ได้จากการนำแอซิติเตดบัฟเฟอร์ pH 3.6 ความเข้มข้น 300 mM ผสมกับสารละลาย 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ) ความเข้มข้น 10 mM และสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (FeCl_3) ความเข้มข้น 20 mM ในอัตราส่วน 10:1:1

ในการวิเคราะห์ใช้รีเอเจนต์ ferric-TPTZ 2850 μl เติมน้ำสกัดตัวอย่าง 150 μl ผสมให้เข้ากันและเก็บไว้ในที่มืด 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 nm ใช้ทรอลอกซ์ (Trolox) เป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบและรายงานฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรูปของ $\mu\text{mol Trolox equivalent/g}$

7. สถิติในการวิจัย

ศึกษาปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำ รายงานค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณสารฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 วิธี ของเห็ดทั้งสองชนิดในตัวทำละลายชนิดเดียวกันด้วย independent t-test ต่างชนิดกันโดยใช้ one-way Anova และบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

กลุ่มของเห็ดนางรม (*Pleurotus* spp.) เป็นเห็ดที่นิยมบริโภคของคนทั่วโลกโดยมีบทบาท 2 ส่วนคือ เป็นทั้งส่วนที่เป็นอาหารและส่วนที่มีฤทธิ์เป็นยา ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาเห็ดนางรมสองชนิด คือ เห็ดนางรมสีทอง (*P.citrinopileatus*) และเห็ดนางรมสีชมพู (*P. djamor*) ที่มีการเพาะเลี้ยงเพื่อจำหน่ายใน จังหวัดเพชรบุรี ดังแสดงในภาพที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดนางรมโดยทั่วไปมีความแตกต่างกันตามวัสดุ เพาะ แหล่งที่เพาะปลูก แต่อย่างไรก็ตามเห็ดนางรมเป็นแหล่งสารอาหารที่ดีเนื่องจากมีโปรตีนสูง วิตามินและ เกลือแร่หลายชนิด และไขมันต่ำ (Agarwal et al., 2018) ในการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของเห็ดนางรมทั้ง สองชนิด พบว่าเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพูมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 5.6 และ 6.04 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ เมื่อเทียบกับเห็ดชนิดอื่นที่รายงานในหน่วยของน้ำหนักสด เช่น เห็ดหอม (*L.edodes*) มีปริมาณโปรตีนในช่วง 2.07-2.94% เห็ดนางรม (*P. ostreatus*) 0.92% และเห็ดนางฟ้า (*P.sajor-caju*) มีโปรตีน 1.76% (Caglarirmak, 2007) และมีการรายงานว่าโปรตีนของเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพู นั้นมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน (Musieba et al., 2013) (Raman et al., 2020)



ภาพที่ 1 เห็ดนางรมทั้ง 2 ชนิดที่เพาะเลี้ยงในจังหวัดเพชรบุรี (1) เห็ดนางรมสีทอง (2) เห็ดนางรมสีชมพู

เห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพูมีเถ้าเท่ากับ 1.7 และ 1.6 กรัมต่อ100กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ โดยทั่วไปปริมาณเถ้าแบ่งออกเป็นเกลือแร่ที่นำไปใช้ได้ ในการศึกษาเห็ดนางรมทั่วไป พบว่า เห็ดนางรมเป็น แหล่งเกลือแร่ที่ดีโดยเฉพาะ สังกะสี ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม มีปริมาณโพแทสเซียมสูงและโซเดียมต่ำ ซึ่งดีต่อระบบความดันโลหิต (Caglarirmak, 2007) มีการรายงานว่าในทั้งในเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรม สีชมพู พบว่า โพแทสเซียมเป็นเกลือแร่หลัก นอกจากนี้ยังมี สังกะสี ทองแดง เหล็ก และเกลือแร่อื่น ๆ หลายชนิด (Raman et al., 2020) (Musieba et al., 2013) ส่วนไขมันที่พบในเห็ดนางรมสีทองและสีชมพูมีปริมาณต่ำ เท่ากับ 0.08 และ 0.01 กรัมต่อ100 กรัมน้ำหนักสด โดยมีรายงานว่ากรดไขมันที่พบในเห็ดนางรมส่วนใหญ่เป็น

กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Polyunsaturated fatty acid) เช่น กรดไลโนเลอิก เป็นต้น (Valverde et al., 2015) เห็นทั้งสองชนิดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 10.48 และ 8.95 กรัมต่อ100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ คุณค่าทางโภชนาการทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางอาหารของเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพู ในหน่วยกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

	เห็ดนางรมสีทอง(%)	เห็ดนางรมสีชมพู (%)
พลังงาน (Kcal)	65.04	60.05
ความชื้น	82.14	83.40
เถ้า	1.7	1.60
โปรตีน	5.6	6.04
ไขมัน	0.08	0.01
คาร์โบไฮเดรต	10.48	8.95

นอกจากสารอาหารหลักที่มีโปรตีนสูงของเห็ดแล้ว เห็ดยังสร้างสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (Secondary metabolite) หลากหลายชนิดที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ (Obodai et al., 2014) จากการศึกษาสารพิษทุติยภูมิเบื้องต้น ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าทั้งสารสกัดน้ำและสารสกัดเมทานอลของเห็ดนางรมทั้งสองชนิดพบสาร แอลคาลอยด์ สเตอริยอยด์ แทนนิน และคูมาริน แต่ไม่พบสารซาโปนิน ในขณะที่สารสกัดเมทานอลของเห็ดทั้งสองชนิดพบสารฟลาโวนอยด์ แต่ไม่พบในส่วนของสารสกัดน้ำ ทั้งนี้อาจเนื่องจากวิธีการสกัดด้วยน้ำใช้เวลาน้อยทำให้ไม่สามารถสกัดฟลาโวนอยด์ออกมาได้ แต่อย่างไรก็ตามการพบสารพิษทุติยภูมิเหล่านี้เหมือนกับในเห็ดชนิดอื่น ๆ (Toledo et al., 2016) แสดงถึงความสมบูรณ์ของสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ

ตารางที่ 2 สารพิษทุติยภูมิในสารสกัดน้ำและสารสกัดเมทานอลของเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพู

สารพิษทุติยภูมิ	สารสกัดน้ำ		สารสกัดเมทานอล	
	เห็ดนางรมสีทอง	เห็ดนางรมสีชมพู	เห็ดนางรมสีทอง	เห็ดนางรมสีชมพู
แอลคาลอยด์	+	+	+	+
สเตอริยอยด์	+	+	+	+
ฟลาโวนอยด์	-	-	+	+
แทนนิน	+	+	+	+
คูมาริน	+	+	+	+
ซาโปนิน	-	-	-	-

สารประกอบฟีนอลิกจัดเป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิกลุ่มหนึ่งที่สัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และเป็นสารพฤกษเคมีหลักที่พบในเห็ดหลายชนิด (Toledo et al., 2016) ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ปริมาณฟีนอลิกรวมในสารสกัดน้ำและสารสกัดเมทานอลของเห็ดนางรมสีทองมีปริมาณมากกว่าเห็ดนางรมสีชมพูและต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารสกัดน้ำและสารสกัดเมทานอลจะพบว่า ปริมาณฟีนอลิกรวมในสารสกัดเมทานอลจะมากกว่าในสารสกัดน้ำอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณฟีนอลิกรวมสารสกัดน้ำของเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพูเท่ากับ 9.15 และ 5.33 mgGAE/g ขณะที่ในสารสกัดเมทานอลเท่ากับ 21.74 และ 20.53 mgGAE/g ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 3 การพบปริมาณฟีนอลิกรวมในสารสกัดเมทานอลมากกว่าในสารสกัดน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบฟีนอลิกละลายในเมทานอลได้ดีกว่าในน้ำ (Galanakis et al., 2013) รวมถึงเวลาที่ใช้ในการสกัดด้วยน้ำที่น้อยกว่า ทำให้ปริมาณฟีนอลิกรวมในน้ำน้อยกว่า อย่างไรก็ตามปริมาณฟีนอลิกรวมในเห็ดนางรมสีทองที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้ มีปริมาณสูงกว่าที่รายงานโดย Lee และคณะ ที่พบปริมาณฟีนอลิกรวมในอยู่ในช่วง 8.62 – 12.38 mg/g และพบว่า ฟีนอลิกรวมในสารสกัดแอลกอฮอล์จะมีปริมาณมากกว่าสารสกัดน้ำเช่นเดียวกัน (Lee et al., 2007) ในส่วนของเห็ดนางรมชนิดอื่น ๆ ในแอลกอฮอล์ เช่น เห็ดนางรมภูฐาน (*P. eous*) เห็ดนางฟ้า (*P. sajor-caju*) เห็ดนางรมฮังการี (*P. ostreatus*) และเห็ดเป่าเอื้อ (*P. cystidiosus*) ที่มีการรายงานและเพาะเลี้ยงในประเทศไทยพบว่ามีปริมาณฟีนอลิกรวมตั้งแต่ 1.33 – 36.61 mgGAE/g (Pasakawee et al., 2018) ใกล้เคียงกับปริมาณฟีนอลิกรวมที่สกัดได้จากเห็ดนางรมทั้งสองชนิดในการศึกษาครั้งนี้

ตารางที่ 3 ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดน้ำและสารสกัดเมทานอลของเห็ดนางรมสีทองและสีชมพู

เห็ด	ปริมาณฟีนอลิกรวม	
	สารสกัดน้ำ (mgGAE/g)	สารสกัดเมทานอล (mgGAE/g)
เห็ดนางรมสีทอง	9.18 ± 0.06 ^c	21.74 ± 0.44 ^a
เห็ดนางรมสีชมพู	5.33 ± 0.15 ^d	20.53 ± 0.71 ^b

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเห็ดทั้งสองชนิดในการศึกษาครั้งนี้ทำการวิเคราะห์ 2 วิธีด้วยกันคือ วิธี DPPH และ FRAP ซึ่งทั้งสองวิธีเป็นการวิเคราะห์โดยอาศัยหลักการถ่ายเทอิเล็กตรอน (Electron transfer) โดยมีสารต้านอนุมูลอิสระทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน โดยวิธี DPPH เป็นการถ่ายโอนอิเล็กตรอนให้กับอนุมูลอิสระโดยตรง ทำให้อนุมูลอิสระกลายเป็นกลางเป็นการหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระ แต่วิธี FRAP จะวัดความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกไอออนไปเป็นเฟอร์รัสไอออน อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีร่วมกันทำให้ได้ข้อมูลกลไกในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด (Shahidi & Zhong., 2015)

ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ใช้ทรอลอกซ์เป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า สารสกัดเมทานอลของเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพูมีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าในสารสกัดน้ำ โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 5.50 ± 0.05 mg/ml และ 8.02 ± 0.07 mg/ml ตามลำดับ และมีค่าร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ (% radical scavenging) เท่ากับ 88.01% และ 80.7% ตามลำดับที่ความเข้มข้นสารสกัด 15 mg/ml ในขณะที่สารสกัดน้ำของเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพูโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 18.16 ± 1.07 mg/ml และ 25.86 ± 0.07 mg/ml ตามลำดับ และมีค่าร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ เท่ากับ 53.2 ที่ความเข้มข้น 20 mg/ml และร้อยละ 67.0 ที่ความเข้มข้น 40 mg/ml ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามค่า IC_{50} ของเห็ดนางรมทั้งสองชนิดในสารสกัดเมทานอลยังมีค่าสูงกว่าทรอลอกซ์ ที่มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.061 ± 0.0002 mg/ml ค่า IC_{50} ของเห็ดนางรมสีทองที่สกัดด้วยเมทานอลในการศึกษารังนี้มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Meng et al. (2011) ที่ทำการศึกษาศักยภาพของเห็ดนางรมสีทองในสารสกัดเมทานอลและสกัดด้วยน้ำร้อน ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าค่า IC_{50} ของสารสกัดเมทานอล เท่ากับ 5.4 mg/ml ในขณะที่สารสกัดในน้ำร้อน มีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.2 mg/ml ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเห็ดนางรมสีชมพูมีการรายงานโดย Raman et al. (2020) พบว่าค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 3.09-5.14 mg/ml และสารสกัดเมทานอลมีฤทธิ์ดีกว่าสารสกัดน้ำเช่นกัน

ตารางที่ 4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำและเมทานอลของเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพู

เห็ด	วิธี DPPH IC_{50} (mg/ml)		วิธี FRAP ($\mu\text{molTE/g}$)	
	สารสกัดน้ำ	สารสกัดเมทานอล	สารสกัดน้ำ	สารสกัดเมทานอล
เห็ดนางรมสีทอง	18.16 ± 1.07^b	5.50 ± 0.05^d	19.92 ± 0.36^c	40.28 ± 1.47^a
เห็ดนางรมสีชมพู	25.86 ± 0.07^a	8.02 ± 0.07^c	11.05 ± 0.13^d	36.62 ± 1.63^b

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP method) เป็นการวัดความจุของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant capacity) ในการรีดิวซ์สารเชิงซ้อนของ Fe^{3+} -TPTZ ไปเป็น Fe^{2+} -TPTZ ดังนั้นการรีดิวซ์ได้มากแสดงถึงความสามารถและบ่งชี้ถึงศักยภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4 พบว่า สารสกัดเมทานอลของเห็ดนางรมทั้งสองชนิดมีความสามารถในการรีดิวซ์ดีกว่าในสารสกัดน้ำ ค่าการรีดิวซ์ของเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพูเท่ากับ 40.28 ± 1.47 $\mu\text{molTE/g}$ และ 36.62 ± 1.63 $\mu\text{molTE/g}$ ตามลำดับ ส่วนสารสกัดน้ำเท่ากับ 19.92 ± 0.36 $\mu\text{molTE/g}$ และ 11.05 ± 0.13 $\mu\text{molTE/g}$ มีการรายงานฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเห็ดป่าและเห็ดที่เพาะเลี้ยงทางเหนือของประเทศไทยด้วยวิธี FRAP ค่าความสามารถในการรีดิวซ์ของเห็ดหูหนู (*A. auricula*) เท่ากับ 8.6 $\mu\text{molTE/g}$

เห็ดฟาง (*V. volvacea*) เท่ากับ 25.0 $\mu\text{molTE/g}$ และ เห็ดนางฟ้า (*P.sajou-caju*) เท่ากับ 18.6 $\mu\text{molTE/g}$ และเห็ดป่าที่กินได้ชนิดอื่นๆอยู่ในช่วง 3.9-76.1 $\mu\text{molTE/g}$ (Srikram & Supapvanich, 2016)

ในการศึกษานี้ผลของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิกรวม ประกอบกับการพบสารฟลาโวนอยด์ซึ่งมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเช่นเดียวกับการประกอบฟีนอลิก (Kozarski et al., 2015) ในสารสกัดเมทานอลของเห็ดนางรมทั้งสองชนิด จะเห็นจากผลการศึกษาได้ว่า สารสกัดเมทานอลของเห็ดนางรมสีทองมีปริมาณฟีนอลิกรวมมากที่สุด และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีที่ดีที่สุดด้วยเช่นกัน และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP เป็นการวิเคราะห์โดยอาศัยหลักการถ่ายเทอิเล็กตรอน (Electron transfer) ของสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นในการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดของเห็ดนางรมทั้งสองชนิดมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้โดยผ่านกลไกการถ่ายเทอิเล็กตรอน

สรุป

จากการศึกษาเห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพูที่เพาะเลี้ยงเพื่อจำหน่ายในจังหวัดเพชรบุรี ในเชิงโภชนาการเห็ดนางรมทั้งสองชนิดจัดเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณภาพ มีปริมาณโปรตีนสูง และไขมันต่ำ สารพฤกษเคมีเบื้องต้นของเห็ดนางรมทั้งสองชนิดพบว่า มีแอลคาลอยด์ สเตอริยรอยด์ แทนนิน คูมาริน และฟลาโวนอยด์ เป็นองค์ประกอบ จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP แสดงให้เห็นว่าสารสกัดของเห็ดนางรมทั้งสองชนิดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีผ่านกลไกการถ่ายเทอิเล็กตรอน

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาที่พบว่า เห็ดนางรมสีทองและเห็ดนางรมสีชมพูมีปริมาณโปรตีนสูงและไขมันต่ำ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จัดเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการนำเห็ดทั้งสองชนิดไปประยุกต์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้สารสกัดเมทานอลของเห็ดนางรมทั้งสองชนิดพบสารพฤกษเคมีหลายชนิดที่ส่วนหนึ่งมีฤทธิ์ทางชีวภาพ ดังนั้นการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ เช่น ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย เป็นหัวข้อที่ควรทำการศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

เอกสารอ้างอิง

- บุษราคัม สิงห์ชัย, จันทร์จิรา ขอจุลข้วน, และปาริฉัตร ต่วงทอง. (2560). พฤกษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของชาเลื่บรอก. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 25(5), 831-838.
- AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International*. 21st Edition, AOAC, Washington DC
- Adebayo, E. A., & Oloke, J. K. (2017). Oyster mushroom (*Pleurotus* species); A natural functional food. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 7(3), 254–264.
- Agarwal, S., Kushwaha, A., Verma, V., & Singh, M. P. (2017). Nutritional attributes of *Pleurotus* mushroom. In: Singh MP, Verma V (Eds.). *Incredible world of Biotechnology*, Nova Science Publishers, 13-24.
- Boonsong, S., Klaypradit, W., & Wilaipun, P. (2016). Antioxidant activities of extracts from five edible mushrooms using different extractants. *Agriculture and Natural Resources*, 50(2), 89–97.
- Caglarirmak, N. (2007). The nutrients of exotic mushrooms (*Lentinula edodes* and *Pleurotus* species) and an estimated approach to the volatile compounds. *Food Chemistry*, 105(3), 1188–1194.
- Chen, J.-N., de Mejia, E. G., & Wu, J. S.-B. (2011). Inhibitory Effect of a Glycoprotein Isolated from Golden Oyster Mushroom (*Pleurotus citrinopileatus*) on the Lipopolysaccharide-Induced Inflammatory Reaction in RAW 264.7 Macrophage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(13), 7092–7097.
- Chen, J.-N., Wang, Y.-T., & Wu, J. S.-B. (2009). A Glycoprotein Extracted from Golden Oyster Mushroom *Pleurotus citrinopileatus* Exhibiting Growth Inhibitory Effect against U937 Leukemia Cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(15), 6706–6711.
- Erbai, E. H., Da Silva, L. P., Saidi, R., Lamrani, Z., Esteves Da Silva, J. C. G., & Maouni, A. (2021). Chemical Composition, Bioactive Compounds, and Antioxidant Activity of Two Wild Edible Mushrooms *Armillaria mellea* and *Macrolepiota procera* from Two Countries (Morocco and Portugal). *Biomolecules*, 11(4), 575.

- Galanakis, C. M., Goulas, V., Tsakona, S., Manganaris, G. A., & Gekas, V. (2013). A knowledge base for the recovery of natural phenols with different solvents. **International Journal of Food Properties**, 16(2), 382–396.
- Keles, A., Koca, I., & Gençcelep, H. (2011). Antioxidant Properties of Wild Edible Mushrooms. **Journal of Food Processing & Technology**, 2(6), 2–6.
- Kozarski, M., Klaus, A., Jakovljevic, D., Todorovic, N., Vunduk, J., Petrović, P., Niksic, M., Vrvic, M., & Van Griensven, L. (2015). Antioxidants of Edible Mushrooms. **Molecules**, 20(10), 19489–19525.
- Landi, N., Clemente, A., Pedone, P. V., Ragucci, S., & Di Maro, A. (2022). An Updated Review of Bioactive Peptides from Mushrooms in a Well-Defined Molecular Weight Range. **Toxins**, 14(2), 84.
- Lee, Y.-L., Huang, G.-W., Liang, Z.-C., & Mau, J.-L. (2007). Antioxidant properties of three extracts from *Pleurotus citrinopileatus*. **LWT - Food Science and Technology**, 40(5), 823–833.
- Meng, T.-X., Furuta, S., Fukamizu, S., Yamamoto, R., Ishikawa, H., Arung, E. T., Shimizu, K., Ohga, S., & Kondo, R. (2011). Evaluation of biological activities of extracts from the fruiting body of *Pleurotus citrinopileatus* for skin cosmetics. **Journal of Wood Science**, 57(5), 452–458.
- Musieba, F., Okoth, S., K. Mibey, R., Wanjiku, S., & Moraa, K. (2013). Proximate Composition, Amino Acids and Vitamins Profile of *Pleurotus citrinopileatus* Singer: An Indigenous Mushroom in Kenya. **American Journal of Food Technology**, 8(3), 200–206.
- Nayak, H., Kushwaha, A., Behera, P. C., Shahi, N. C., Kushwaha, K. P. S., Kumar, A., & Mishra, K. K. (2021). The Pink Oyster Mushroom, *Pleurotus djamor* (Agaricomycetes): A Potent Antioxidant and Hypoglycemic Agent. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, 23(12), 29–36.
- Neha, B., Harinder, S. O., & Simranjeet, K. S. (2015). Therapeutic and Nutraceutical Potential of Bioactive Compounds Extracted from Fruit Residues. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 55(3), 319–337.

- Obodai, M., Owusu, E., Schiwenger, G. O., Asante, I. K., & Dzomeku, M. (2014). Phytochemical and Mineral Analysis of 12 Cultivated Oyster Mushrooms (Pleurotus Species). **Advances in Life Science and Technology**, 26, 35-42.
- Pasakawee, K., Banjongsin Siri, P., Donrung, N., & Satiankomsorakrai, J. (2018). Nutritional and antioxidant properties of selected-commercial mushroom in Thailand. **Journal of Food Science and Agricultural Technology**, 4(spcl.Iss), 36-40.
- Patel, Y., Naraian, R., & Singh, V. K. (2012). Medicinal Properties of Pleurotus Species (Oyster Mushroom): A Review. **World J. Fungal & Plant Biol**, 3(1), 1-12.
- Raman, J., Lakshmanan, H., Jang, K.-Y., Oh, M., Oh, Y.-L., & Im, J.-H. (2020). Nutritional composition and antioxidant activity of pink oyster mushrooms (Pleurotus djamor var. Roseus) grown on a paddy straw substrate. **Journal of Mushroom**, 18(3), 189–200.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, 299,152-178.
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. **Journal of Functional Foods**, 18, 757–781.
- Srikram, A., & Supapvanich, S. (2016). Proximate compositions and bioactive compounds of edible wild and cultivated mushrooms from Northeast Thailand. **Agriculture and Natural Resources**, 50(6), 432–436.
- Toledo, C., Barroetaveña, C., Fernandes, Â., Barros, L., & Ferreira, I. (2016). Chemical and Antioxidant Properties of Wild Edible Mushrooms from Native Nothofagus spp. Forest, Argentina. **Molecules**, 21(9), 1201-1215.
- Valverde, M. E., Hernández-Pérez, T., & Paredes-López, O. (2015). Edible Mushrooms: Improving Human Health and Promoting Quality Life. **International Journal of Microbiology**, 2015, 1–14.