

การตรวจวัดและเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลทรีฮาโลสในเห็ดที่บริโภคในจังหวัดกระบี่
โดยวิธีเอชพีแอลซี

Quantitative Analysis and Comparison of Trehalose Content in Krabi Province
Edible Mushrooms Using HPLC Technique

ราฟา อภิวัฒน์โกคิน

อีเมล: 6752003274@lamduan.mfu.ac.th

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ
สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ดร.นพ.ประม ประทุมมาศ

อีเมล: parama.pra@mfu.ac.th

สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

บทคัดย่อ

น้ำตาลทรีฮาโลสมีคุณสมบัติปกป้องเซลล์จากความเครียด และกระตุ้นกระบวนการออโตฟาจีที่มีความสำคัญในทางเวชศาสตร์ชะลอวัย แม้เห็ดจะเป็นแหล่งธรรมชาติที่อุดมไปด้วยน้ำตาลชนิดนี้ แต่ข้อมูลเชิงปริมาณในเห็ดบริโภคท้องถิ่นภาคใต้ของประเทศไทยยังมีจำกัด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ระดับน้ำตาลทรีฮาโลสในเชิงปริมาณ และเปรียบเทียบในเห็ดบริโภคท้องถิ่น 4 ชนิด ได้แก่ เห็ดโคนปลวกไส้ไก่ไทย เห็ดโคนปลวกหมวกกลม เห็ดฟาง และเห็ดตีนตุ๊กแก ที่เก็บจากพื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน อำเภออ่าวลึก จังหวัดกระบี่ เริ่มต้นด้วยนำตัวอย่างเห็ดสดมาทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง บดให้ละเอียด และสกัดด้วยสารละลายเอธานอลร้อยละ 80 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณสารด้วยเทคนิคเอชพีแอลซี-อาร์ไอที และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี One-way ANOVA และ Tukey's HSD ผลการทดลองพบว่า ปริมาณทรีฮาโลสในเห็ดแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยเห็ดฟางมีปริมาณสูงสุดอยู่ที่ 103.05 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (คิดเป็นร้อยละ 10.3) รองลงมา คือ เห็ดโคนปลวกหมวกกลม (63.08 ± 0.15 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) เห็ดตีนตุ๊กแก (5.55 ± 0.08 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) และเห็ดโคนปลวกไส้ไก่ไทยพบน้อยสุด (0.15 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) สรุปได้ว่า เห็ดฟางเป็นแหล่งของน้ำตาลทรีฮาโลสที่ดี

ที่สุดในกลุ่มที่นำมาทดสอบ จึงเป็นประโยชน์ในการเลือกชนิดเห็ดในการพัฒนาเป็นสารออกฤทธิ์เชิงหน้าที่ด้านเวชศาสตร์ชะลอวัย และผลิตภัณฑ์สุขภาพในอนาคต

คำสำคัญ: ทรีฮาโลส, เห็ดฟาง, เห็ดโคนปลวก, เห็ดตีนตุ๊กแก, เอชพีแอลซี-อาร์ไอดี, เวชศาสตร์ชะลอวัย, ออโตฟาจี

Abstract

Trehalose possesses cytoprotective properties and stimulates autophagy, holding significant potential in anti-aging medicine. Although mushrooms are a rich natural source of this disaccharide, quantitative data on edible mushroom native to southern Thailand remain limited. This study aimed to quantify and compare trehalose levels in four locally consumed mushroom species collected from oil palm plantations in Ao Luek District, Krabi Province. Fresh samples of *Termitomyces heimii*, *Termitomyces globulus*, *Volvariella volvacea*, and *Schizophyllum commune* were freeze-dried, ground, and extracted with 80% ethanol at 80°C. Quantitative analysis was performed using HPLC-RID, and statistical significance was evaluated using One-way ANOVA and Tukey's HSD test. The results revealed statistically significant differences in trehalose content among the species ($p < 0.001$). *V. volvacea* exhibited the highest concentration at 103.05 ± 0.00 mg/g dw (representing 10.3%), followed by the *T. globulus* (63.08 ± 0.15 mg/g dw), *S. commune* (5.55 ± 0.08 mg/g dw), and the *T. heimii* (0.15 ± 0.00 mg/g dw), respectively. Among the tested species, *V. volvacea* emerged as the richest source of trehalose, making it a promising candidate for developing functional ingredients in anti-aging medicine and future health products.

Keywords: Trehalose, *Volvariella volvacea*, *Termitomyces heimii*, *Termitomyces globulus*, *Schizophyllum commune*, HPLC-RID, anti-aging medicine, Autophagy

บทนำ/ หลักการและเหตุผล (Introduction)

เห็ดเป็นแหล่งของสารชีวโมเลกุลที่มีคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ทางชีวภาพสูง โดยมีสารสำคัญหลายกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่หนึ่ง สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น เออร์โกสเตอรอลซึ่งสามารถ

เปลี่ยนเป็นวิตามินดี 2 ได้เมื่อได้รับแสงแดด และเออร์โกสเตอรอลซึ่งมีสมบัติด้านอนุมูลอิสระ ช่วยปกป้องเซลล์จากความเสียหายและมีบทบาทต่อการชะลอความเสื่อมของร่างกาย (Apparao, Wei Phan, Rani Kuppasamy, & Chan, 2024; Harasym, Tiupova, & Pejcz, 2025; Rangsinth et al., 2023) กลุ่มที่สอง คือ โปรตีนและกรดอะมิโนคุณภาพดี โดยพบกรดอะมิโนจำเป็นครบทั้ง 9 ชนิดรวมถึงกรดกลูตามิกซึ่งช่วยเสริมรสชาติอูมามิและทำให้เกิดรสกลมกล่อมตามธรรมชาติ (Stojek et al., 2025) กลุ่มที่สาม คือ กลุ่มคาร์โบไฮเดรต ให้ดื่มน้ำ-กลูแคนซึ่งช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ด้านอนุมูลอิสระ และมีฤทธิ์ด้านเนื้องอก รวมทั้งโคตินที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์เม็ดและทำหน้าที่เป็นใยอาหาร (Alimi, Pathania, Wilson, Duffy, & Frias, 2023; Chatnarin & Thirabunyanon, 2023) และในกลุ่มนี้ยังมีน้ำตาลทรีฮาโลส จัดว่าเป็นน้ำตาลที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ที่พบได้ในเห็ดหลายชนิด มักสะสมมากในระยะเจริญเติบโตเต็มที่ก่อนดอกบานและช่วงสร้างสปอร์ ทรีฮาโลสมีบทบาทในการคงสภาพโครงสร้างของเซลล์และสารชีวโมเลกุล ช่วยปกป้องเห็ดจากความเครียดที่เกิดจากความแห้งแล้ง ความร้อน และอนุมูลอิสระ อีกทั้งยังช่วยให้เห็ดคงคุณภาพทางกายภาพและชีวเคมีในระหว่างการเจริญเติบโตและการเก็บเกี่ยว (Wannet, Hermans, van der Drift, & Op den Camp, 2000)

น้ำตาลทรีฮาโลสได้รับความสนใจอย่างมากในเวชศาสตร์ชะลอวัยและอุตสาหกรรมสุขภาพ เนื่องจากมีสมบัติเด่นในการช่วยปกป้องเซลล์และคงสภาพโครงสร้างของโปรตีนและผนังเซลล์จากภาวะเครียด เช่น ความร้อนและการขาดน้ำ (Murray, Kilbride, & Gibson, 2024; Radbakhsh et al., 2026; Sun et al., 2022) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่า ทรีฮาโลสอาจมีบทบาทในการกระตุ้นกระบวนการออโตฟาจี ซึ่งเป็นกลไกสำคัญของร่างกายในการกำจัดของเสียและฟื้นฟูเซลล์ที่เสื่อมสภาพ ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการชะลอวัยในระดับเซลล์ (Ma et al., 2025; Yang et al., 2025) ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว ทรีฮาโลสจึงมีความสำคัญทั้งในด้านโภชนาการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ และการศึกษาสารชีวโมเลกุลจากแหล่งธรรมชาติ โดยเฉพาะในเห็ดซึ่งเป็นแหล่งสะสมทรีฮาโลสตามธรรมชาติที่สำคัญ สำหรับการตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณ นิยมใช้วิธีมาตรฐานด้วยเครื่องเอชพีแอลซี เนื่องจากให้ความแม่นยำสูง แยกสารได้ดี และเหมาะกับการวิเคราะห์น้ำตาลทรีฮาโลสในตัวอย่างอาหารและเห็ดหลายชนิด (Stawińska, Jabłońska-Ryś, & Stachniuk, 2021; Wannet et al., 2000; Zheng et al., 2022) จึงเป็นเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาปริมาณทรีฮาโลสในเห็ดบริโภคท้องถิ่น เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเชิงวิชาการ และสนับสนุนการใช้ประโยชน์ในอนาคต

อย่างไรก็ตาม แม้เห็ดหลายชนิดจะเป็นแหล่งสะสมทรีฮาโลสตามธรรมชาติ แต่ข้อมูลเชิงปริมาณในเห็ดบริโภคท้องถิ่นยังมีจำกัด โดยเฉพาะเห็ดที่เจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมเฉพาะในภาคใต้ของ

ประเทศไทย ซึ่งยังขาดฐานข้อมูลเชิงลึกเพื่ออธิบายศักยภาพของวัตถุดิบชุมชนเหล่านี้ในเชิงวิชาการ ดังนั้น การศึกษาทรีฮาโลสในเห็ดโคนปลวกไส้ไก่ไทย เห็ดโคนปลวกหมวกกลม เห็ดฟาง และเห็ดตีนตุ๊กแก จึงมีความสำคัญ เนื่องจากเห็ดทั้ง 4 ชนิดมีความแตกต่างกันด้านอนุกรมวิธาน แหล่งอาศัย และลักษณะการเจริญเติบโต ซึ่งอาจส่งผลต่อการสะสมทรีฮาโลสแตกต่างกันไป อีกทั้งจังหวัดกระบี่เป็นพื้นที่สวนปาล์มน้ำมันที่มีความชื้นสูง เหมาะต่อการเจริญของเห็ดเหล่านี้ อีกทั้งยังเป็นเห็ดที่นิยมบริโภคในภาคใต้ การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งวิเคราะห์ปริมาณทรีฮาโลสด้วยเทคนิคเอชพีแอลซี-อาร์ไอดี เพื่อเปรียบเทียบระหว่างเห็ดแต่ละชนิด และสร้างข้อมูลพื้นฐานเพื่อการใช้ประโยชน์ด้านโภชนาการ สุขภาพ และเศรษฐกิจต่อไป

ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology)

การเก็บตัวอย่าง (Samples Collection)

เห็ดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นเห็ดบริโภคท้องถิ่น 4 ชนิด ได้แก่ เห็ดโคนปลวกไส้ไก่ไทย เห็ดโคนปลวกหมวกกลม เห็ดฟาง และเห็ดตีนตุ๊กแก ซึ่งเก็บจากแหล่งธรรมชาติในพื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน อำเภออ่าวลึก จังหวัดกระบี่ ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม โดยเลือกเก็บเฉพาะดอกเห็ดที่เจริญเต็มที่แต่ยังไม่บาน จากนั้นนำตัวอย่างมาทำความสะอาด ตรวัดความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Moisture Analyzer; Sartorius) ที่อุณหภูมิ 195 องศาเซลเซียส จำนวน 3 ซ้ำ และนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเพื่อเก็บรักษาตัวอย่างก่อนการสกัด ที่ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ขั้นตอนการเตรียม และสกัดน้ำตาลทรีฮาโลส (Sample Preparation and Extraction)

การสกัดน้ำตาลทรีฮาโลสดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการสำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง โดยประยุกต์วิธีจาก Stawińska และคณะ เริ่มจากนำเห็ดแห้งมาบดให้ละเอียด จากนั้นชั่งผงเห็ดแต่ละชนิด 2 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร แล้วให้ความร้อนในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พร้อมเขย่าทุก 10 นาที เมื่อครบเวลา กรองสารสกัดผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (EYELA รุ่น Rotary evaporator N-1000) และปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำปราศจากไอออนให้ได้ 15 มิลลิลิตร ก่อนเก็บที่ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์ (Stawińska et al., 2021)

การตรวจวัดปริมาณทรีฮาโลสด้วยเทคนิคเอชพีแอลซี-อาร์ไอดี (HPLC-RID)

การตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเอชพีแอลซีดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ค่าทางน้ำตาลและสารอนุพันธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยนำสารสกัดเห็ดกรองผ่านแผ่นเมมเบรนไนลอนขนาดรูพรุน

0.45 ไมครอน ก่อนฉีดวิเคราะห์ด้วยคอลัมน์ Agilent Hi-Plex ขนาด 300 × 7.7 มิลลิเมตร ใช้ น้ำปราศจากไอออนที่กรองและกำจัดก๊าซแล้วเป็นเฟสเคลื่อนที่ในโหมด isocratic ที่อัตราการไหล 0.6 มิลลิลิตรต่อนาที ควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ที่ 80 องศาเซลเซียส และตรวจวัดด้วยตัวตรวจชนิดอาร์ไอดี (RID) โดยทำซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง จากนั้นคำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟและเวลาคงตัว เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของทรีฮาโลสบริสุทธิ์ เพื่อหาปริมาณทรีฮาโลสในหน่วยมิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg/g dry weight) ตามสมการที่ 1

$$\text{ปริมาณ Trehalose (mg/g DW)} = \frac{C_{\text{trehalose}} \times V_{\text{ext}} \times DF}{W_{\text{sample}}} \quad \text{สมการที่ 1}$$

โดยที่: $C_{\text{trehalose}}$ = ความเข้มข้นของทรีฮาโลสที่ได้จากเครื่องเอชพีแอลซี-อาร์ไอดี (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

V_{ext} = ปริมาตรสุดท้ายของสารสกัด (Final extraction volume) ซึ่งคือ 15 มิลลิลิตร

DF = ค่าอัตราส่วนการเจือจาง (Dilution Factor) หากมีการเจือจางสารสกัดก่อนฉีดเอชพีแอลซี ถ้าไม่มีให้กำหนดค่าเป็น 1

W_{sample} = น้ำหนักของผงเห็ดแห้งที่ใช้ในการสกัด (กรัม) ซึ่งคือ 2.0000 กรัม

การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical Analysis)

วิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทรีฮาโลสด้วยสถิติ One-way ANOVA และทดสอบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Tukey's HSD ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลวิจัย (Results)

ผลการวิเคราะห์พบว่า เห็ดสดมีปริมาณความชื้นสูงร้อยละ 67.04–81.95 โดยเห็ดโคนปลวกหมวกกลมมีความชื้นสูงสุด รองลงมา คือ เห็ดฟาง เห็ดตีนตุ๊กแก และเห็ดโคนปลวกไส้ไก่ไทย ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างเนื้อเยื่อและสภาพแวดล้อม ภายหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญเหลือเพียงร้อยละ 1.02–4.19 โดยเห็ดโคนปลวกไส้ไก่ไทยมีความชื้นคงเหลือต่ำสุด ขณะที่เห็ดตีนตุ๊กแกมีสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 1 การลดความชื้นนี้ช่วยลดค่าออกเตอรแอทวิตี (water activity: a_w) จึงยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และปฏิกิริยาของเอนไซม์ ส่งผลให้ลดการเสื่อมสลายของสารชีวโมเลกุล นอกจากนี้ สภาวะความชื้นต่ำยังช่วยคงเสถียรภาพของน้ำตาลทรีฮาโลส ซึ่งเป็นสารปกป้องเซลล์จากความเครียด ไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีก่อนนำไปวิเคราะห์

ด้วยเทคนิคเอชพีแอลซี-อาร์ไอดี และความแตกต่างของความชื้นในเห็ดแต่ละชนิดอาจสัมพันธ์กับระดับการสะสมทรีฮาโลสในการปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความชื้นในเห็ดแต่ละชนิด

ตัวอย่าง	n	ความชื้น (Moisture content; %MC)	
		ก่อนทำแห้ง	หลังทำแห้ง
เห็ดโคนปลวกไล่ไก่ไทย	3	67.04±0.52	1.02±0.09
เห็ดโคนปลวกหมวกกลม	3	81.95±1.15	1.79±0.48
เห็ดฟาง	3	79.85±2.53	2.18±0.33
เห็ดตีนตุ๊กแก	3	74.33±1.87	4.19±0.58

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทรีฮาโลสในตัวอย่างเห็ดพบความแตกต่างกันเชิงองค์ประกอบทางชีวเคมี โดยเห็ดฟางมีปริมาณสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 13.74 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (คิดเป็น 103.05 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) รองลงมา คือ เห็ดโคนปลวกหมวกกลม มีปริมาณ 8.41 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (63.08 ± 0.15 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) และเห็ดตีนตุ๊กแก มีปริมาณค่อนข้างต่ำที่ 0.74 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (5.55 ± 0.08 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ในขณะที่เห็ดโคนปลวกไล่ไก่ไทยพบปริมาณต่ำที่สุดเพียง 0.02 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (0.15 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณทรีฮาโลสในตัวอย่างเห็ดแต่ละชนิด

ชื่อตัวอย่าง	n	ผลการวิเคราะห์	
		ทรีฮาโลส (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) mean±SD	ทรีฮาโลส (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) mean±SD
เห็ดโคนปลวกไล่ไก่ไทย	3	0.02±0.00	0.15±0.00
เห็ดโคนปลวกหมวกกลม	3	8.41±0.02	63.08±0.15
เห็ดฟาง	3	13.74±0.00	103.05±0.00
เห็ดตีนตุ๊กแก	3	0.74±0.01	5.55±0.08
p		< 0.001	< 0.001

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ซึ่งให้เห็นว่าชนิดของเห็ดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณทรีฮาโลสอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลของเห็ดโคนปลวกไส้ไก่ไทยจะไม่ถูกนำมาร่วมวิเคราะห์ในสถิติดังกล่าวเนื่องจากข้อมูลไม่มีการกระจายตัวเพียงพอและไม่เป็นไปตามเงื่อนไขทางสถิติ ด้วยเหตุนี้ จึงได้ดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Tukey's HSD เพื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างชนิดของเห็ด 3 ชนิดที่มีการกระจายตัวของข้อมูลอย่างเหมาะสม

ผลการเปรียบเทียบพหุคูณรายคู่ด้วยวิธี Tukey's HSD พบว่า ปริมาณน้ำตาลทรีฮาโลสเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ระหว่างเห็ดทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกคู่เปรียบเทียบ ($p < 0.001$) โดยเห็ดฟางและเห็ดดินตุ๊กแกมีผลต่างของค่าเฉลี่ยมากที่สุดที่ 97.48 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมา คือ เห็ดโคนปลวกหมวกกลมและเห็ดดินตุ๊กแก 57.52 ± 0.18 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และเห็ดฟางและเห็ดโคนปลวกหมวกกลมมีผลต่างน้อยที่สุดที่ 39.95 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์นี้ชี้ให้เห็นว่าเห็ดฟางมีศักยภาพในการสะสมทรีฮาโลสสูงกว่าเห็ดชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวอาจสัมพันธ์กับลักษณะเฉพาะทางชีวภาพของเห็ดแต่ละชนิดแม้จะเจริญเติบโตในพื้นที่เดียวกัน นอกจากนี้ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างที่อยู่ในระดับต่ำยังสะท้อนถึงความสม่ำเสมอและความน่าเชื่อถือของข้อมูลในงานวิจัยนี้

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบพหุคูณรายคู่ของปริมาณน้ำตาลทรีฮาโลสเฉลี่ยในหน่วยมิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้งระหว่างเห็ดป่า 3 ชนิด ด้วยวิธี Tukey's HSD

เปรียบเทียบระหว่างเห็ดป่า แต่ละชนิด	n	ผลต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาล ทรีฮาโลส (Mean Difference $\pm$ diff. SD)	p-value
เห็ดฟางเทียบกับเห็ดโคน ปลวกหมวกกลม	3	39.95 ± 0.14	< 0.001
เห็ดฟางเทียบกับเห็ดดินตุ๊กแก	3	97.48 ± 0.14	< 0.001
เห็ดโคนปลวกหมวกกลมเทียบกับ เห็ดดินตุ๊กแก	3	57.52 ± 0.18	< 0.001

หมายเหตุ: ค่าที่แสดง คือ ค่าผลต่างของปริมาณน้ำตาลทรีฮาโลสเฉลี่ยระหว่างคู่ทดสอบ $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง (Mean Difference $\pm$ diff. SD) ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

อภิปรายผล (Discussion)

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเอชพีแอลซี-อาร์ไอดี พบว่า เห็ดที่เจริญเติบโตในสวนปาล์มน้ำมัน จังหวัดกระบี่ มีความสามารถในการสะสมน้ำตาลทรีฮาโลสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเห็ดฟางมีปริมาณสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Zhao และคณะ ที่ระบุว่าเห็ดฟางจะสะสมทรีฮาโลสเมื่อสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป (Zhao et al., 2018) ผลการศึกษาเชิงประจักษ์นี้ยืนยันถึงศักยภาพของเห็ดบริโภคท้องถิ่นในภาคใต้ของไทย สำหรับการเป็นแหล่งวัตถุดิบธรรมชาติเพื่อพัฒนาเป็นส่วนประกอบเชิงหน้าที่ โดยเฉพาะในด้านเวชศาสตร์ชะลอวัย

การตรวจพบทรีฮาโลสสูงถึง 103.05 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ร้อยละ 10.3) ในเห็ดฟาง มีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางชีวการแพทย์ เนื่องจากทรีฮาโลสมีบทบาทในการกระตุ้นกระบวนการออโตฟาจี ผ่านวิถีที่ไม่พึ่งพา mTOR ซึ่งช่วยกำจัดโปรตีนผิดปกติและของเสียภายในเซลล์ อันเป็นกลไกสำคัญในการชะลอความเสื่อมตามวัย (Chmielewski & Lesiak, 2024; Sarkar, Davies, Huang, Tunnacliffe, & Rubinsztein, 2007) นอกจากนี้ ผลลัพธ์ดังกล่าวยังแสดงถึงศักยภาพเชิงเศรษฐกิจในการยกระดับ "เห็ดฟางสวนปาล์ม" จากอาหารพื้นบ้านสู่วัตถุดิบมูลค่าสูงในอุตสาหกรรมสุขภาพและความงาม

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้า ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานที่ระบุว่าเห็ดเป็นแหล่งของน้ำตาลและสารชีวโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับการปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมและการปกป้องเซลล์ (Toledo, Barroetaveña, Fernandes, Barros, & Ferreira, 2016) รวมถึงบทบาทของทรีฮาโลสในการคงสภาพโปรตีนและการตอบสนองต่อภาวะเครียด (Sharma et al., 2023) อย่างไรก็ตาม ระดับทรีฮาโลสที่สูงในเห็ดฟางเมื่อเทียบกับเห็ดชนิดอื่นในงานนี้ บ่งชี้ว่าปัจจัยด้านพันธุกรรมร่วมกับสภาพแวดล้อมเฉพาะอาจมีอิทธิพลต่อการสะสมสารดังกล่าว (Zhao et al., 2018)

ความแปรผันของปริมาณทรีฮาโลสสามารถอธิบายได้ภายใต้กรอบของกลไกการปรับตัวต่อภาวะเครียด โดยทรีฮาโลสมีบทบาทในการสร้างพันธะไฮโดรเจนผ่านโครงสร้างไกลโคซิดิกแบบแอลฟา, แอลฟา-1,1 ซึ่งช่วยคงเสถียรภาพของโปรตีนและโครงสร้างเซลล์ (Ahlgren, Olsson, Ermilova, & Swenson, 2023) โดยเฉพาะในเห็ดที่มีความชื้นเริ่มต้นสูง เช่น เห็ดฟางและเห็ดโคนปลวกหมวกกลม ในทางตรงกันข้าม การพบปริมาณทรีฮาโลสต่ำในเห็ดโคนปลวกไล่ไก่อาจสัมพันธ์กับการสะสมสารสำรองชนิดอื่น เช่น แมนนิทอล หรือการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ทรีฮาเลสในระยะเวลาเจริญเติบโต (Arastoo et al., 2018; Vetter, 2023) ขณะที่เห็ดตีนตุ๊กแกอาจอาศัยกลไกเชิงโครงสร้าง เช่น ความหนาแน่นของผนังเซลล์ แทนการสะสมทรีฮาโลส (Eis & Nidetzky, 1999)

จุดเด่นของงานวิจัยนี้อยู่ที่การสร้างข้อมูลเชิงปริมาณของทรีฮาโลสในเห็ดกินได้จากพื้นที่สวนปาล์มภาคใต้ของไทย ซึ่งยังมีรายงานค่อนข้างจำกัด การเปรียบเทียบข้ามชนิดอย่างเป็นระบบด้วยเทคนิคเอชพีแอลซี-อาร์ไอดีทำให้สามารถจัดลำดับศักยภาพของเห็ดแต่ละชนิดได้อย่างชัดเจน ดังนั้น ข้อมูลที่ได้จึงไม่เพียงยืนยันความโดดเด่นของเห็ดฟางในฐานะแหล่งทรีฮาโลสธรรมชาติ แต่ยังเป็นฐานข้อมูลสำคัญสำหรับการต่อยอดสู่การพัฒนาอาหารเชิงหน้าที่ ผลิตภัณฑ์ชะลอวัย และการใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ในอนาคต

ข้อเสนอแนะ (Suggestion)

ข้อเสนอแนะจากการศึกษานี้มุ่งเน้นการต่อยอดองค์ความรู้ในสามประเด็นหลัก ได้แก่ (1) การศึกษาตามระยะการเจริญเติบโตและการขยายพื้นที่ศึกษา เพื่อให้มีความเหมาะสม และมีประโยชน์ต่อวงการวิชาการ (2) การศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณทรีฮาโลสในเห็ดฟางตามระยะการเจริญเติบโต เพื่อระบุช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมและให้คุณค่าทางโภชนาการสูงสุด (3) การขยายขอบเขตการศึกษาไปยังพื้นที่เพาะปลูกที่หลากหลาย โดยพิจารณาปัจจัยด้านดินและสภาพแวดล้อม เพื่ออธิบายอิทธิพลของปัจจัยเชิงนิเวศต่อการสะสมทรีฮาโลสอย่างเป็นระบบ และ (4) การประยุกต์ใช้เชิงอุตสาหกรรม โดยมุ่งพัฒนากระบวนการสกัดทรีฮาโลสจากเห็ดฟางที่มีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอาง

รายการอ้างอิง

- Ahlgren, K., Olsson, C., Ermilova, I., & Swenson, J. (2023). New insights into the protein stabilizing effects of trehalose by comparing with sucrose. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 25(32), 21215-21226. doi:10.1039/d3cp02639f %J Physical Chemistry Chemical Physics
- Alimi, B. A., Pathania, S., Wilson, J., Duffy, B., & Frias, J. M. C. (2023). Extraction, quantification, characterization, and application in food packaging of chitin and chitosan from mushrooms: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 237, 124195. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124195
- Apparao, Y., Wei Phan, C., Rani Kuppusamy, U., & Chan, E. W. C. (2024). Potential role of ergothioneine rich mushroom as anti-aging candidate through elimination of

- neuronal senescent cells. *Brain Res*, 1824, 148693.
doi:10.1016/j.brainres.2023.148693
- Arastoo, A., Nakazawa, M., Sakamoto, T., Kobayashi, H., Ouchi, K., Inatomi, S., & Ueda, M. (2018). Changes of trehalose content and trehalose-degrading activity during fruit-body formation and autolysis in *Pleurotus* sp. *Mycoscience*, 59(6), 479-482.
doi:https://doi.org/10.1016/j.myc.2018.05.002
- Chatnarin, S., & Thirabunyanon, M. (2023). Potential bioactivities via anticancer, antioxidant, and immunomodulatory properties of cultured mycelial enriched β -D-glucan polysaccharides from a novel fungus *Ophiocordyceps sinensis* OS8. *Volume 14 - 2023*. doi:10.3389/fimmu.2023.1150287
- Chmielewski, R., & Lesiak, A. (2024). Mitigating Glycation and Oxidative Stress in Aesthetic Medicine: Hyaluronic Acid and Trehalose Synergy for Anti-AGEs Action in Skin Aging Treatment. *Clinical, cosmetic and investigational dermatology*, 17, 2701-2712. doi:10.2147/CCID.S476362
- Eis, C., & Nidetzky, B. (1999). Characterization of trehalose phosphorylase from *Schizophyllum commune*. *The Biochemical journal*, 341 (Pt 2), 385-393.
doi:10.1042/bj3410385
- Harasym, J., Tiupova, A., & Pejcz, E. (2025). Ergothioneine: An Antioxidative, Neuroprotective and Anti-Inflammatory Compound from Mushroom Residuals. 30(23), 4621.
- Ma, Z., Meng, C., Wang, X., Zhao, Y., Wang, J., Chen, Y., . . . Jing, J. (2025). Trehalose enhances macrophage autophagy to promote myelin debris clearance after spinal cord injury. *Cell & Bioscience*, 15(1), 11. doi:10.1186/s13578-025-01357-2
- Murray, A., Kilbride, P., & Gibson, M. I. (2024). Trehalose in cryopreservation. Applications, mechanisms and intracellular delivery opportunities. *RSC Medicinal Chemistry*, 15(9), 2980-2995. doi:10.1039/D4MD00174E
- Radbakhsh, S., Benderdour, M., Maanani, Y., Fernandes, J. C., Sahebkar, A., & Fahmi, H. (2026). Trehalose as an anti-inflammatory agent: insights into molecular

- mechanisms and therapeutic applications. *Inflammopharmacology*, 34(4), 2337-2359. doi:10.1007/s10787-026-02181-x
- Rangsinth, P., Sharika, R., Pattarachotanan, N., Duangjan, C., Wongwan, C., Sillapachaiyaporn, C., . . . Chuchawankul, S. (2023). Potential Beneficial Effects and Pharmacological Properties of Ergosterol, a Common Bioactive Compound in Edible Mushrooms. 12(13), 2529.
- Sarkar, S., Davies, J. E., Huang, Z., Tunnaclyffe, A., & Rubinsztein, D. C. (2007). Trehalose, a Novel mTOR-independent Autophagy Enhancer, Accelerates the Clearance of Mutant Huntingtin and α -Synuclein. *Journal of Biological Chemistry*, 282(8), 5641-5652. doi:10.1074/jbc.M609532200
- Sharma, E., Shruti, P. S., Singh, S., Singh, T., Kaur, P., Jodha, B., . . . Singh, S. (2023). Trehalose and its Diverse Biological Potential. *Curr Protein Pept Sci*, 24(6), 503-517. doi:10.2174/1389203724666230606154719
- Sławińska, A., Jabłońska-Rys, E., & Stachniuk, A. (2021). High-Performance Liquid Chromatography Determination of Free Sugars and Mannitol in Mushrooms Using Corona Charged Aerosol Detection. *Food Analytical Methods*, 14(2), 209-216. doi:10.1007/s12161-020-01863-8
- Stojek, K., Bobrowska-Korczak, B., Frączek, J., Piotrowski, M., Krośniak, M., & Jaroszewicz, B. (2025). Protein content and amino acid profile of wild mushrooms depend on environmental conditions. *Fungal Biology*, 129(6), 101620. doi:https://doi.org/10.1016/j.funbio.2025.101620
- Sun, J. D., Sun, Y., Qiao, T., Zhang, S. E., Dyce, P. W., Geng, Y. W., . . . Cheng, S. F. (2022). Cryopreservation of porcine skin-derived stem cells using melatonin or trehalose maintains their ability to self-renew and differentiate. *Cryobiology*, 107, 23-34. doi:10.1016/j.cryobiol.2022.06.002
- Toledo, C. V., Barroetaveña, C., Fernandes, Â., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2016). Chemical and Antioxidant Properties of Wild Edible Mushrooms from Native

- Nothofagus spp. Forest, Argentina. *Molecules*, 21(9), 1201.
doi:10.3390/molecules21091201
- Vetter, J. (2023). The Mushroom Glucans: Molecules of High Biological and Medicinal Importance. *Foods*, 12(5). doi:10.3390/foods12051009
- Wannet, W. J. B., Hermans, J. H. M., van der Drift, C., & Op den Camp, H. J. M. (2000). HPLC Detection of Soluble Carbohydrates Involved in Mannitol and Trehalose Metabolism in the Edible Mushroom *Agaricus bisporus*. *J Agric Food Chem*, 48(2), 287-291. doi:10.1021/jf990596d
- Yang, J., Yuan, L., Li, L., Liu, F., Liu, J., Chen, Y., . . . Yuan, Y. (2025). Trehalose activates autophagy to alleviate cisplatin-induced chronic kidney injury by targeting the mTOR-dependent TFE3 signaling pathway. *Theranostics*, 15(6), 2544-2563.
doi:10.7150/thno.102559
- Zhao, X., Song, X., Li, Y., Yu, C., Zhao, Y., Gong, M., . . . Chen, M. (2018). Gene expression related to trehalose metabolism and its effect on *Volvariella volvacea* under low temperature stress. *Scientific Reports*, 8(1), 11011. doi:10.1038/s41598-018-29116-z
- Zheng, X., Wang, K., Xue, X., Wang, Z., Pan, P., Wu, L., . . . Peng, W. (2022). Determination of Trehalulose in Stingless Bee Honey by High Performance Liquid Chromatography with Refractive Index Detector. *Food Science*, 43(16), 217-225.
doi:10.7506/spkx1002-6630-20210520-251