การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารพอลิฟีนอลจากสารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายน้ำและเอทานอลของเห็ดทางการแพทย์ชนิด *Sanghuangporus* sp.

Evaluation of Antioxidant Activity and Polyphenol Content in Aqueous and Ethanolic Crude Extracts of the Medicinal Mushroom Species *Sanghuangporus* sp.

อรทัย เสริฐศรี (Orathai Sertsri)[1]* ขวัญเรือน นาคสุวรรณกุล (Khwanyuruan Naksuwankul)**
สิทธิพร ปานเม่น (Sittiporn Parnmen)***

(Received: *September 16, 2025*; Revised: *October 31, 2025*; Accepted: *November 6, 2025*)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารพอลิฟีนอลในสารสกัดหยาบจากเห็ดหิ้งซางฮวง (*Sanghuangporus* spp.) โดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ เอทานอล 95% และน้ำร้อน (95°C, 1 ชั่วโมง) ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS, DPPH และ FRAP assay และวิเคราะห์สารฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน ผลการทดลองพบว่าสารสกัดเอทานอลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด (IC_{50}: 0.139 ± 0.000 และ 0.035 ± 0.000 mg/mL; FRAP: 1,416.207 ± 1.360 (mg $FeSO_4$/g extract)) และมีสารประกอบพอลิฟีนอลสูงที่สุด ได้แก่ ฟีนอลิกรวม 12,026.650 ± 10.274 (mg GAE/g extract) ฟลาโวนอยด์ 716.421 ± 4.714 (mg QE/g extract) และแทนนิน 694.842 ± 5.748 (mg Tannic acid/g extract) ผลการศึกษาชี้ว่าเห็ดหิ้งซางฮวงที่สกัดด้วยเอทานอลเป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

[1]Corresponding author: 64010257009@msu.ac.th
*นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Students, Master of Science Program in Biology, Graduate School, Mahasarakham University
**รองศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Associate Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Thailand
***นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการพิเศษ กลุ่มพิษวิทยาและชีวเคมี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข
Senior Medical Scientist, Toxicology and Biochemistry Group, National Institute of Health, Department of Medical Sciences, Thailand

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the antioxidant activity and polyphenolic content of crude extracts from Sanghuangporus spp., using two different solvents: 95% ethanol and hot water (95°C for 1 hour). Antioxidant activities were assessed using ABTS, DPPH, and FRAP assays. The polyphenolic compounds analyzed included total phenolics, total flavonoids, and tannins. The results showed that the ethanol extract exhibited the highest antioxidant activity (IC_{50}: 0.139 ± 0.000 and 0.035 ± 0.000 mg/mL; FRAP: 1,416.207 ± 1.360 (mg FeSO4/g extract)) and the highest levels of polyphenols, with total phenolics at 12,026.650 ± 10.274 (mg GAE/g extract), total flavonoids at 716.421 ± 4.714 (mg QE/g extract), and tannins at 694.842 ± 5.748 (mg Tannic acid/g extract). These findings suggest that ethanol-extracted *Sanghuangporus* spp. are a promising natural source of antioxidants with potential for development into health-related products.

คำสำคัญ: เห็ดหิ้งซางฮวง ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พอลิฟีนอล

Keywords: *Sanghuangporus,* Antioxidant activity, Polyphenols

บทนำ

เห็ดหิ้ง สกุล *Sanghuangporus* เป็นเห็ดในวงศ์ Hymenochaetaceae ในประเทศไทยส่วนใหญ่เรียกว่า “เห็ดซางฮวง” หรือ “เห็ดพิมาน” เดิมทีจำแนกให้อยู่ในสกุล *Phellinus* ซึ่งเป็นสกุลของเห็ดที่มีลักษณะคล้ายกันและพบได้ทั่วไปในกลุ่มเห็ดที่เจริญเติบโตบนไม้ ต่อมา ด้วยความก้าวหน้าทางด้านการศึกษาทางพันธุศาสตร์และการวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยา เห็ดกลุ่มนี้ได้แยกออกมาและตั้งเป็นสกุลใหม่ชื่อ *Sanghuangporus* เนื่องจากมีความแตกต่างทางพันธุกรรมและโครงสร้างที่ชัดเจนจากเห็ดในสกุล *Phellinus* [1] โดยลักษณะเด่นของเห็ดชนิดนี้คือเป็นเห็ดหิ้ง อาศัยเป็นปรสิตเกาะติดอยู่บนต้นไม้บาง ชนิด เช่น ต้นจิก ต้นเต็ง ต้นรัง เป็นต้น ดอกเห็ดมีเนื้อแข็งเหมือนไม้มีอายุ ได้หลายปี ใต้หมวกดอกเป็นรูมีสีน้ำตาลสนิมหรือน้ำตาลอมเหลือง [2] เป็นเห็ดทางการแพทย์ที่มีสารออกฤทธิ์สำคัญในสารประกอบพอลิฟีนอล ได้แก่ สารฟีนอลิกรวม มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันความเสียหายของเซลล์จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ลดความเสี่ยงของโรคเรื้อรัง เช่น โรคหัวใจและมะเร็ง ฟลาโวนอยด์รวม มีคุณสมบัติต้านการอักเสบ ช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน และป้องกันการติดเชื้อ และแทนนิน มีฤทธิ์ต้านจุลชีพ ช่วยป้องกันการติดเชื้อ ช่วยสมานแผลและลดการอักเสบได้ [3-4] ส่วนในประเทศเกาหลีมีการพัฒนาเห็ดซางฮวง เพื่อใช้เป็นยาต้านมะเร็งที่สามารถจำหน่ายทั่วไปแทนการรักษาแบบดั่งเดิม เช่น การฉายแสง และการทำเคมีบำบัด [5-8] นอกจากนี้ประทศไทยยังมีการศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริของแบคทีเรียและต้านมะเร็งเต้านม (MCF-7) จากเส้นใยและดอกเห็ด *Sanghuangporus* sp.1 ซึ่งพบว่าเส้นใยของเห็ด *Sanghuangporus* sp.1 ที่สกัดด้วยเอทานอลสามารถต้านมะเร็งเต้านม และยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้หลายชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ *Vibrio cholerae* [9] และในประเทศจีนเนื่องจากเห็ดซางฮวงได้รับความนิยมเป็นอย่างมาจึงมีการทำผลิตภัณฑ์จากเห็ดซางฮวงมากมายทั้งในรูปแบบของแคปซูลและชาชงดื่มอีกด้วย [10] จากคุณสมบัติของเห็ดที่ได้กล่าวมาข้างต้น การเลือกใช้การสกัดด้วยน้ำและเอทานอลในงานวิจัยนี้ถือเป็น

การผสมผสานระหว่างวิธีการที่คุ้มค่าโดยตอบโจทย์เชิงอุตสาหกรรมในด้านต้นทุนและความปลอดภัย และการสกัดที่ครอบคลุมเพื่อสกัดสารสำคัญทั้งกลุ่มมีขั้วสูง เช่น พอลิแซ็กคาไรด์ และมีขั้วปานกลาง เช่น พอลิฟีนอล ซึ่งถึงแม้จะมีเทคโนโลยีการสกัดใหม่ ๆ การสกัดด้วยวิธีนี้ยังคงเป็นมาตรฐานในการคัดกรองศักยภาพทางชีวภาพเบื้องต้นของเห็ดทางการแพทย์ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหรือยาต่อไปในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า [11-13]

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบและประเมินฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ของสารสกัดหยาบจากเห็ดหิ้งสกุล *Sanghuangporus* sp. ที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำและเอทานอล และ หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม, ฟลาโวนอยด์รวม, และแทนนิน ในสารสกัดทั้งสองชนิดเพื่อเป็น ข้อมูลพื้นฐานเชิงวิทยาศาสตร์ ในการคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุด ในการสกัดสารออกฤทธิ์ และเป็นประโยชน์ในการต่อยอดพัฒนาสารสกัดเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหรือสมุนไพร ที่ได้มาตรฐานในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

เครื่องมือและวิธีการ

วัสดุ

เห็ดหิ้งซางฮวง (ภาพที่ 1) สำรวจและเก็บตัวอย่างจากป่าชุมชนในอำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2567 และนำมาศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพื่อระบุชนิดด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (Stereo Microscopes) โดยศึกษา รัศมีการเจริญของดอก สีของดอก ขนาดของรูใต้ดอกเห็ด และศึกษาโครงสร้างภายในของดอกเห็ดด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (light microscope) ด้วยการนำมาย้อมสี Lactophenol cotton blue ได้แก่ Basidia Basidiospores Cystidia และ Hymenium เพื่อใช้เปรียบเทียบลักษณะที่สำคัญเทียบกับเอกสารอ้างอิงในวารสารวิชาการ และรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะของเห็ดซางฮวง [14-17]

การเตรียมสารสกัดเห็ดหิ้งซางฮวง

การสกัดมี 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการสกัดด้วยเอทานอล และส่วนที่ 2 เป็นการสกัดด้วยน้ำ โดยนำดอกเห็ดซางฮวง มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ชั่งปริมาณ 50 กรัม จำนวน 2 ครั้ง ตัวอย่างเห็ดครั้งที่ 1 ปริมาณ 50 กรัม นำไปแช่ด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 500 มิลลิลิตร แล้วปิดฝาให้สนิทหมักไว้เมื่อครบ 7 วัน กรองสารด้วยกระดาษกรองหมายเลข 1 กากที่กรองแล้วเติมเอทานอลทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำสารสกัดที่ได้มารวมกัน และตัวอย่างเห็ดครั้งที่ 2 ปริมาณ 50 กรัม มาต้มด้วยน้ำร้อน ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วกรองด้วย กระดาษกรองหมายเลข 1 นำกากมาต้มใหม่อีกโดยทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำสารสกัดที่ได้มารวมกัน [18] จากนั้นนำสารสกัดที่ได้จากแต่ละตัวทำละลาย ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยภายใต้สุญญากาศ (Rotary Evaporator) แล้วทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer) เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นผง แล้วเก็บสารสกัดไว้ในขวดและให้พ้นจากความชื้นเก็บในตู้เย็น -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบเห็ดหิ้งซางฮวง

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย วิธี 2,2′-Azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS assay) โดยเตรียมสารละลาย ABTS จาก Potassium persulfate 0.0066 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้

เป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำมาทดสอบและเตรียมสารสกัดเห็ดที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยตัวทำละลาย DMSO ปิเปตสารสกัดเห็ดแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงใน ไมโครเพลท (96 well plate) จากนั้น ปิเปตสารละลาย ABTS ปริมาตร 180 ไมโครลิตร ผสมกับสารสกัดเห็ด แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader จากนั้นทำการคำนวณร้อยละ radical scarvenging คำนวณค่า IC_{50} เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานโทรลอกซ์ (trolox) [19] ส่วนสารสกัดด้วยน้ำร้อนทำตามขั้นตอนข้างต้น จากผลการทดลองที่ได้ โดยคำนวณหาร้อยละ radical scarvenging จากสมการค่าร้อยละ

radical scavenging activity =[Acontrol – Asample/Acontrol] x 100

เมื่อ Asample คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

Acontrol คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ ABTS

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH assay) เตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมล ด้วยเอทานอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และเตรียมสารสกัดเห็ดที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ใน DMSO ปิเปตสารสกัดทุกความเข้มข้น ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ลงใน ไมโครเพลท (96 well plate) จากนั้นเติมสาร DPPH ลงไปในสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ 75 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader จากนั้นทำการคำนวณร้อยละ radical scarvenging คำนวณค่า IC_{50} เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic Acid) [20] ส่วนสารสกัดด้วยน้ำร้อนทำตามขั้นตอนข้างต้น จากผลการทดลองที่ได้ โดยคำนวณหาร้อยละ radical scarvenging จากสมการค่าร้อยละ

radical scavenging activity = [Acontrol – Asample/Acontrol] x 100

เมื่อ Asample คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

Acontrol คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH

ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ferric reducing antioxidant power (FRAP assay) โดยเตรียมสารละลาย FRAP reagent จาก Acetate buffer pH 3.6 ความเข้มข้น 300 มิลลิโมล ผสมกับ Ferric chloride solution ความเข้มข้น 20 มิลลิโมล และ 2,4,6-tri-2-pyridyl-2-triazine (TPTZ) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมล ผสมในอัตราส่วน 10:1:1 แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที เตรียมสารสกัดเห็ดที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารสกัดทุกความเข้มข้น ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ใส่ใน ไมโครเพลท (96 well plate) แล้วปิแปตสารละลาย FRAP ปริมาตร 180 ไมโครลิตร จากนั้นผสมให้เข้ากันแล้วนำไปเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader จากนั้น

คำนวณหาค่า FRAP value เทียบกับกราฟของสารมาตรฐานเฟอรัสซัลเฟส (Ferrous sulfate) [21] ส่วนสารสกัดด้วยน้ำร้อนทำตามขั้นตอนข้างต้น

การศึกษาปริมาณสารประกอบพอลิฟีนอลจากเห็ดหิ้งซางฮวง

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมปริมาณสารประกอบแทนนิน ด้วยวิธี Folin-Ciocaltue method การหาปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดโดยใช้ Folin-Ciocalteu reagent ซึ่งเป็นสารละลายที่มีสีเหลือง เมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงไป สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินม่วง ซึ่งเป็นสีของ Molybdare (V) โดยใช้สารมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid) ที่มีความเข้มข้น 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในเอทานอล และสารสกัดเห็ดที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 0.04 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารสกัดเห็ดปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงใน ไมโครเพลท (96 well plate) เติมสารละลาย 7% $NaCO_2$ ปริมาตร 70 ไมโครลิตร และ สารละลาย Folin Ciocalteu gent ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 740 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader นำค่าที่ได้คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยการเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid) และแสดงผลเป็นค่ามิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกในสารสกัด 1 กรัม และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแทนนิน โดยการเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแทนนิก (Tannic acid) [22] และแสดงผลแสดงผลเป็นค่ามิลลิกรัมสมมูลของกรดแทนนิกในสารสกัด 1 กรัม ส่วนสารสกัดด้วยน้ำร้อนทำตามขั้นตอนข้างต้น

การหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมโดยวิธี aluminum chloride colorimetry การหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์โดยใช้เควอซิทิน (Quercetin) เป็นสารมาตรฐาน ที่มีความเข้มข้น 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ละลายในเอทานอล จากนั้นปิเปตสารสกัดเห็ดที่มีความเข้มข้น 0.04 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 25 ไมโครลิตร น้ำกลั่นปริมาตร 100 ไมโครลิตรและ 5% $NaNO_2$ ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ลงใน ไมโครเพลท (96 well plate) นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติม 10% $AlCl_3$ ปริมาตร 15 ไมโครลิตร บ่มที่คุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที เติม NaOH ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ความเข้มข้น 1 โมล และน้ำกลั่นปริมาตร 50 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความขาวคลื่น 415 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader นำค่าที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐานเควอซิทิน (Quercetin) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน [23] แสดงผลเป็นค่ามิลลิกรัมสมมูลของเควอซิทินในสารสกัด 1 กรัม

สถิติสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากเห็ดหิ้งซางฮวงคำนวณค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) ด้วยโปรแกรม SPSS version 29 วิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ การหาร้อยละ (%) การหาค่าเฉลี่ย (mean) การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ด้วย โปรแกรม microsoft excel

ผลการวิจัย

ปริมาณร้อยละของผลผลิต (% yield) ของสารสกัดหยาบเห็ดหิ้งซางฮวง

การสกัดด้วยวิธีการต้มด้วยน้ำร้อนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และหมักด้วยเอทานอลร้อยละ 95 พบว่าสารสกัดหยาบของเห็ดซางฮวงที่สกัดด้วยการต้มน้ำร้อนมีปริมาณร้อยละของผลผลิตมากที่สุดเท่ากับ 1.07 และสารสกัดด้วยเอทานอลเท่ากับ 0.89 (ตารางที่ 1)

ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบเห็ดหิ้งซางฮวง

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS assay พบว่าสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลร้อยละ 95 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.139 ± 0.000 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 2) เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารมาตรฐานโทรลอกซ์ (Trolox) (ภาพที่ 2) จากสมการ y = 913.98x + 10.252 ค่า R^2 = 0.9883

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH assay พบว่าสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลร้อยละ 95 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.035 ± 0.000 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 2) เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) (ภาพที่ 2) จากสมการ y = 9077.9X - 16.261 ค่า R^2 = 0.985

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP assay พบว่าสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลร้อยละ 95 มีค่า FRAP value มากที่สุด เท่ากับ 1,416.207±1.3608 มิลลิกรัมเฟอรัสซัลเฟสต่อกรัมสารสกัดในสารสกัด (ตารางที่ 2) เปรียบเทียบกับกราฟสารมาตรฐานเฟอรัสซัลเฟส (Ferrous sulfate) (ภาพที่ 2) จากสมการ y = 12.812x + 0.0945 ค่า R^2 = 0.9641

ผลการศึกษาปริมาณสารประกอบพอลิฟีนอลจากเห็ดหิ้งซางฮวง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมพบว่าสารที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 95 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 12026.650±10.27 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมสารสกัด (ตารางที่ 3) รายงานในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกในสารสกัด 1 กรัม เปรียบเทียบกับกราฟสารมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid) (ภาพที่ 2) จากสมการ y = 12.523x + 0.2132 ค่า R^2 = 0.9238

ผลการวิเคราะห์สารประกอบฟลาโวนอยด์รวมพบว่าสารที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 95 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 716.421±4.714 มิลลิกรัมเคอซิตินต่อกรัมสารสกัด (ตารางที่ 3) รายงานหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของเควอซิทินในสารสกัด 1 กรัม เปรียบเทียบกับกราฟสารมาตรฐานเคอซิติน (Quercetin) (ภาพที่ 2) จากสมการ y = 14.854x + 0.0886 ค่า R^2 = 0.9912

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบแทนนิน พบว่าสารที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 95 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 694.842±5.748 มิลลิกรัมแทนนิกต่อกรัมสารสกัด (ตารางที่ 3) รายงานในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแทนนิกในสารสกัด 1 กรัม โดยเปรียบเทียบกับกราฟสารมาตรฐานกรดแทนนิก (Tannic acid) (ภาพที่ 2) จากสมการ y = 12.026x + 0.2052 ค่า R^2 = 0.9206

ผลสถิติสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ด้วยการทดสอบ T-test (Independent t-test) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในทุกการวิเคราห์พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยพบว่าสารสกัดด้วยเอทานอลมีประสิทธิภาพสูงกว่าสารสกัดน้ำในทุกปัจจัย (p-value<0.05) (ตารางที่ 4)

สรุป และอภิปรายผล

จากปริมาณร้อยละของผลผลิต (% yield) ของสารสกัดหยาบเห็ดหิ้งซางฮวงพบว่าสารที่สกัดด้วยน้ำร้อนมีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 1.07 ซึ่งแตกต่างจากงานวิวัยของเห็ดทางการแพทย์ชนิด *Phellinus gilvus* ซึ่งพบว่าสารสกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณสูงกว่าเท่ากับ 2.37 [24] แม้ว่าร้อยละผลผลิตจะต่ำกว่างานวิจัยของ *P. gilvus* แต่สำหรับเห็ด *Sanghuangporus* sp. พบว่าการสกัดด้วยน้ำร้อนเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มผลผลิตให้สูงสุดในเชิงพาณิชย์สำหรับเห็ดชนิดนี้ โดยความแตกต่างของผลผลิตเป็นเรื่องปกติเนื่องจากเห็ดแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างเซลล์ที่แตกต่างกัน ซึ่งการที่ปริมาณร้อยละผลผลิตนั้นไม่ได้แสดงถึงผลลัพธ์ทางชีวภาพว่าดีที่สุด (เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ) โดยจากงานวิจัยนี้สารสกัดเอทานอลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดโดยมีค่า IC_{50} ในการทดสอบด้วยวิธี ABTS และ DPPH เท่ากับ 0.139 ± 0.000 และ 0.035 ± 0.000 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าสารสกัดด้วยน้ำร้อนอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งค่า IC_{50} ที่ต่ำกว่าแสดงถึงศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่า นอกจากนี้การวิเคราะห์สารประกอบพอลิฟีนอล ได้แก่ ฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม และแทนนิน พบว่าสารที่สกัดเอทานอลมีปริมาณสูงที่สุด สอดคล้องกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการสกัดสารจากวัตถุดิบธรรมชาติด้วยความสามารถในการละลายสารกึ่งมีขั้ว เช่น ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน และเมื่อนำผลการศึกษานี้ไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าสารสกัดเห็ดหิ้งชนิด *Phellinus gilvus* ที่สกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูงสุด เท่ากับ 1,224.260 ± 1.980 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมสารสกัด และ 308.41 ± 2.530 มิลลิกรัมเควอซิตินต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าสารสกัดเห็ดหิ้งซางฮวงในงานนี้ซึ่งมีค่า เท่ากับ 12026.650±10.27 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมสารสกัด และ 716.421±4.714 มิลลิกรัมเคอซิตินต่อกรัมสารสกัด [25] งานวิจัยจากประเทศกาบองพบว่าสารสกัดที่ใช้ส่วนผสมน้ำและเอทานอลในอัตราส่วน 50:50 มีปริมาณแทนนินสูงสุดที่ 1,344.83 ± 6.24 มิลลิกรัมแทนนิกต่อร้อยกรัมสารสกัด ซึ่งน้อยกว่าสารสกัดเห็ดหิ้งซางฮวงในงานนี้เช่นกันซึ่งมีค่า เท่ากับ 694.842±5.748 มิลลิกรัมแทนนิกต่อกรัมสารสกัด การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP assay ในสารสกัดเอทานอลของเห็ดหิ้งซางฮวงมีค่า FRAP สูงถึง 1,416.207 ± 1.3608 มิลลิกรัมเฟอรัสซัลเฟสต่อกรัมสารสกัดในสารสกัด สูงกว่าสารสกัดด้วยน้ำร้อน (1,107.485 ± 0.6983 มิลลิกรัมเฟอรัสซัลเฟสต่อกรัมสารสกัดในสารสกัด) และสอดคล้องกับผลการศึกษาสารสกัดเอทานอลจากเห็ดหิ้งชนิด *P. gilvus* ที่มีค่า FRAP value สูงเช่นกัน [26] เห็ดหิ้งชนิดต่าง ๆ เช่น *P. igniarius*, *P. linteus*, *P. nigricans* และ *P. hippophaëicola* แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีในสารสกัดเอทานอล โดยมีค่า EC_{50} ที่ต่ำในวิธี ABTS และ DPPH assays รวมถึงเห็ดหิ้งชนิด *Sanghuangporus* ได้แก่ *S. baumii*, *S. vaninii* และ *S. sanghuang* โดยเฉพาะ *S. sanghuang* ที่สกัดด้วยเอทานอล 70% พบว่ามีค่า IC_{50} ที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS assay มีค่าเท่ากับ 167 ± 10 และ 240 ± 10.4 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เด่นชัด [27] เส้นใยเห็ดหิ้งชนิด *P. igniarius* และ *S. lonicericola* ที่สกัดด้วยเอทานอลยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีเช่นกัน จากการทดสอบด้วยวิธี DPPH assay สามารถต้านอนุมูลอิสระได้สูงถึงร้อยละ 60 ที่ความเข้มข้น 0.05–1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร [28] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับเห็ด *S. sanghuang* ที่สกัดด้วยเอทานอลทำการทดลองเกี่ยวกับเซลล์มะเร็งปอด (A549 และ H1650) โดยทำการทดลองในหลอดทดลอง พบว่าสามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนของมะเร็งปอดได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในหลอดทดลองและในสิ่งมีชีวิต โดยไม่แสดงความเป็นพิษต่อเซลล์ [29] ดังนั้น การสกัดด้วยเอทานอลจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระจากเห็ดหิ้ง เนื่องจากเอ

ทานอลสามารถละลายสารกึ่งมีขั้วที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดี [30] ทำให้สารสกัดจากเห็ดหิ้งซางฮวงด้วยเอทานอลมีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากสารสกัดเห็ดสร้างอาชีพและรายได้เสริมให้กับเกษตรกรหรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงเห็ดหรือการแปรรูปเบื้องต้น เนื่องจากเห็ดชนิดนี้ที่มีอัตราการเจริญเติบโตช้าตามธรรมชาติการเลี้ยงเส้นใยเพื่อเพิ่มปริมาณจึงทำให้สามารถผลิตเส้นใยเห็ดได้อย่างรวดเร็วและเพียงพอต่อความต้องการเชิงพาณิชย์ อีกทั้งงานวิจัยนี้ยังเปิดโอกาศในการวิจัยอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่นการศึกษาเชิงโมเลกุลเพื่อแยกบริสุทธิ์และระบุโครงสร้างสารฟีนอลิกออกฤทธิ์หลัก จากสารสกัดเอทานอล และศึกษากลไกการออกฤทธิ์จำเพาะในระดับเซลล์ เพื่อกำหนดสารอ้างอิงมาตรฐานสำหรับการควบคุมคุณภาพและพัฒนาด้านยา [31]

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากเห็ด *Sanghuangporus* sp. เป็นเห็ดที่เจริญเติบโตช้าในธรรมชาติ ซึ่งอาจยังไม่สามารถผลิตได้ง่ายในเชิงพาณิชย์ ดังนั้นควรมีการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดในห้องปฏิบัติการเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตของเส้นใยให้รวดเร็วและมากยิ่งขึ้น

2. ควรทำการประเมินความเป็นพิษ (Toxicity) เบื้องต้นของสารสกัดหยาบทั้งสองชนิด (โดยเฉพาะพิษต่อเซลล์ปกติ) เพื่อรับรองความปลอดภัยในการนำไปใช้พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหรือยา

3. ควรศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ทางชีวภาพโดยละเอียด และทำการ ระบุปริมาณสารพอลิฟีนอลชนิดจำเพาะ (Phenolic Profiling) เพื่อเชื่อมโยงสารออกฤทธิ์กับสรรพคุณทางยา

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และศูนย์เครื่องมือกลาง มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่อำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้ความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์และข้อเสนอแนะต่อบทความวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. Zhu L, Xing J, Cui B. Morphological characters and phylogenetic analysis reveal a new species of Sanghuangporus from China. Phytotaxa. 2017;311(3):270-6.
2. Han J, Hyun M, Kim C, Jo J, Cho J, Lee K, et al. Species identity of Phellinus linteus (Sanghuang) extensively used as a medicinal mushroom in Korea. J Microbiol. 2016;54(4):290-5.
3. Crozier A, Burns J, Aziz A, Stewart AJ, Rabiasz HS, Jenkins GI, et al. Antioxidant flavonols from fruits, vegetables and beverages: measurements and bioavailability. Biol Res. 2000;33(2):79.
4. Harborne JB, Williams CA. Advances in flavonoid research since 1992. Phytochemistry. 2000;55(6):481-504.
5. Kuhnau J. The flavonoids. A class of semi-essential food components: their role in human nutrition. World Rev Nutr Diet. 1976;24:117-91.

6. Pierpoint WS. Flavonoids in the human diet. Prog Clin Biol Res. 1986;213:125-40.
7. Lu J, Su M, Zhou X, Li D, Niu Z, Wang Y. Research progress of bioactive components in Sanghuangporus spp. Molecules. 2024;29(6):1195.
8. Zhu T, Kim SH, Chen CY. A medicinal mushroom: Phellinus linteus. Curr Med Chem. 2008;15(13):1330-5.
9. Sangdee K, Buranrat B, Naksuwankul K, Jaihan P, Sangdee A. Antibacterial and anti-breast cancer cell line activities of Sanghuangporus sp.1 extracts. Trop J Pharm Res. 2017;16(3):613-20.
10. Zhou L, Ghobad-Nejhad M, Tian X, Wang Y, Wu F. Current status of Sanghuang as a group of medicinal mushrooms and their perspective in industry development. Food Rev Int. 2020;38(11):1-19.
11. Routray W, Orsat V. Microwave-assisted extraction of flavonoids: a review. Food Bioprocess Technol. 2012;5(2):412-24.
12. Chang ST, Miles PG. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2004.
13. Chemat F, Vian M, Cravotto G. Green extraction of natural products: concept and principles. Int J Mol Sci. 2012;13(7):8615-27.
14. Tomšovský M. Sanghuangporus pilatii, a new combination, revealed as European relative of Asian medicinal fungi. Phytotaxa. 2015;239(1):82-8.
15. Zhu L, Xing JH, Cui BK. Morphological characters and phylogenetic analysis reveal a new species of Sanghuangporus from China. Phytotaxa. 2017;311(3):270-6.
16. Shan S, Liu S, Jiang JH, Zhou LW. Addressing widespread misidentifications of traditional medicinal mushrooms in Sanghuangporus (Basidiomycota) through ITS barcoding and designation of reference sequences. IMA Fungus. 2021;12:10.
17. Wu SH, Chang CC, Wei CL, et al. Sanghuangporus toxicodendri sp. nov. (Hymenochaetales, Basidiomycota) from China. MycoKeys. 2019;57:101-11.
18. Jeena S, Punetha H, Prakash O, Chandra M, Kushwaha KPS. Study on in vitro antioxidant potential of some cultivated Pleurotus species (oyster mushroom). Indian J Nat Prod Resour. 2014;5(1):56-61.
19. Lertcanawanichakul M, Chawawisit K, Hiransai P. Biological activities of extracts from some local plants in Pakpanang, Nakhon Si Thammarat Province: antioxidant and antibacterial activity. Rajamangala Univ Technol Srivijaya Res J. 2019;11(2):279-89. Thai.
20. Vorarat S, Intharapithakand W, Phrompittayarat W. Comparison of analytical method for antioxidant activity between an image processing technique and microplate-DPPH assay. J Sci Technol Ubon Ratchathani Univ. 2017;19(3). Thai.

21. Sae-chan D, Rinkham C, Lankaew J, Visutthithada V, Sriyam S. Determination of phenolic compounds and antioxidant activity in wampee [Clausena lansium (Lour.) Skeels]. J Innov Technol Res. 2020;4(2):12-21. Thai.
22. Pekal A, Pyrzynska K. Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. Food Anal Methods. 2014;7:1776-82.
23. Prommuak C, Eknamkul W, Shotipruk A. Extraction of silk flavonoids and carotenoids from Thai silk waste and their antioxidant activities. Sep Purif Technol. 2008;62(2):444-8.
24. Cham P, Poonsri W, Lichanporn A, Lapsongphon N. Effects of ripening stages and extraction conditions on tannin content of Namwa banana peel powder. In: Proceedings of the 20th National Graduate Research Conference; 2019 Mar 15; Khon Kaen, Thailand. p. 689-95. Thai.
25. Juliette-Ornely OB, Calixte ENH, Rick-Leonid NMM, Cedric SO, Prudence Y, Joseph-Privat O, et al. Phytochemical screening, antioxidant and antiangiogenic activities of Daedaleopsis nitida, Pycnoporus sanguineus and Phellinus gilvus medicinal mushroom from Gabon. Pharm Chem J. 2019;6(2):71-80.
26. Sertsri O, Naksuwankul K. Determination of antioxidant activity from medicinal mushroom Phellinus gilvus (Schwein.) Pat. crude extract. KKU Res J (Grad Stud). 2023;23(3). Thai.
27. Bang TH, Suhara H, Doi K, Ishikawa H, Fukami K, Parajuli GP, et al. Wild mushrooms in Nepal: some potential candidates as antioxidant and ACE-inhibition sources. Evid Based Complement Alternat Med. 2014;2014:195305.
28. Lin W, Deng J, Huang S, Wu S. Evaluation of antioxidant, anti-inflammatory and anti-proliferative activities of ethanol extracts from different varieties of Sanghuang species. RSC Adv. 2017;7:7780-8.
29. Thammavong S, Phadungkit M, Laovachirasuwan P, Naksuwankul K, Saentaweesuk V, Silsirivanit A, Wongkham S. Antioxidant and cytotoxic activity of Phellinus mushrooms from Northeast Thailand. Res J Pharmacogn. 2021;8(1):91-9.
30. Lung MY, Tsai JC, Huang PC. Antioxidant properties of edible Basidiomycete Phellinus igniarius in submerged cultures. J Food Sci. 2010;75(1).
31. Wang W, Song J, Lu N, Yan J, Chen G. Sanghuangporus sanghuang extract inhibits the proliferation and invasion of lung cancer cells in vitro and in vivo. Nutr Res Pract. 2023;17(6):1070-83.
32. Sultana B, Anwar F, Ashraf M. Antioxidant activity of various solvent extracts of different parts of Rumex dentatus. Food Chem. 2009;115(4):1190-6.
33. Inthranupakorn R. Analysis and isolation of active compounds from medicinal plants. 1st ed. Bangkok: Chulalongkorn University Press; 2004. p. 215.

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลเการสกัดสารจากเห็ด *Sanghuangporus* sp. โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายต่างชนิดกันในการให้ผลผลิตสารสกัดหยาบ (Crude Extract Yield)

Solvent	Extraction method	Sample characteristics	Crude Extract Yield
95% ethanol	Fermenting	brown-black powder	0.89
boiled for 1 hour	boiling	red-brown powder	1.07

ตารางที่ 2 แสดงการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากเห็ด *Sanghuangporus* sp. โดยใช้การทดสอบด้วยวิธี ABTS, DPPH, และ FRAP assay

Solvent	ABTS (IC_{50} mg/mL)	DPPH (IC_{50} mg/mL)	FRAP (mg $FeSO_4$/g extract)
95% ethanol	0.139±0.000	0.035 ±0.000	1,416.207±1.360
boiled for 1 hour	0.170 ±0.000	0.139±0.001	1,107.485±0.698
Ascorbic acid	-	0.0073±0.00	-
Trolox	0.043±0.00	-	-

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณสารกลุ่มโพลีฟีนอลในสารสกัดหยาบจากเห็ด *Sanghuangporus* sp. ได้แก่ สารฟีนอลิก (TPC) ฟลาโวนอยด์ (TFC) และแทนนิน (TTC)

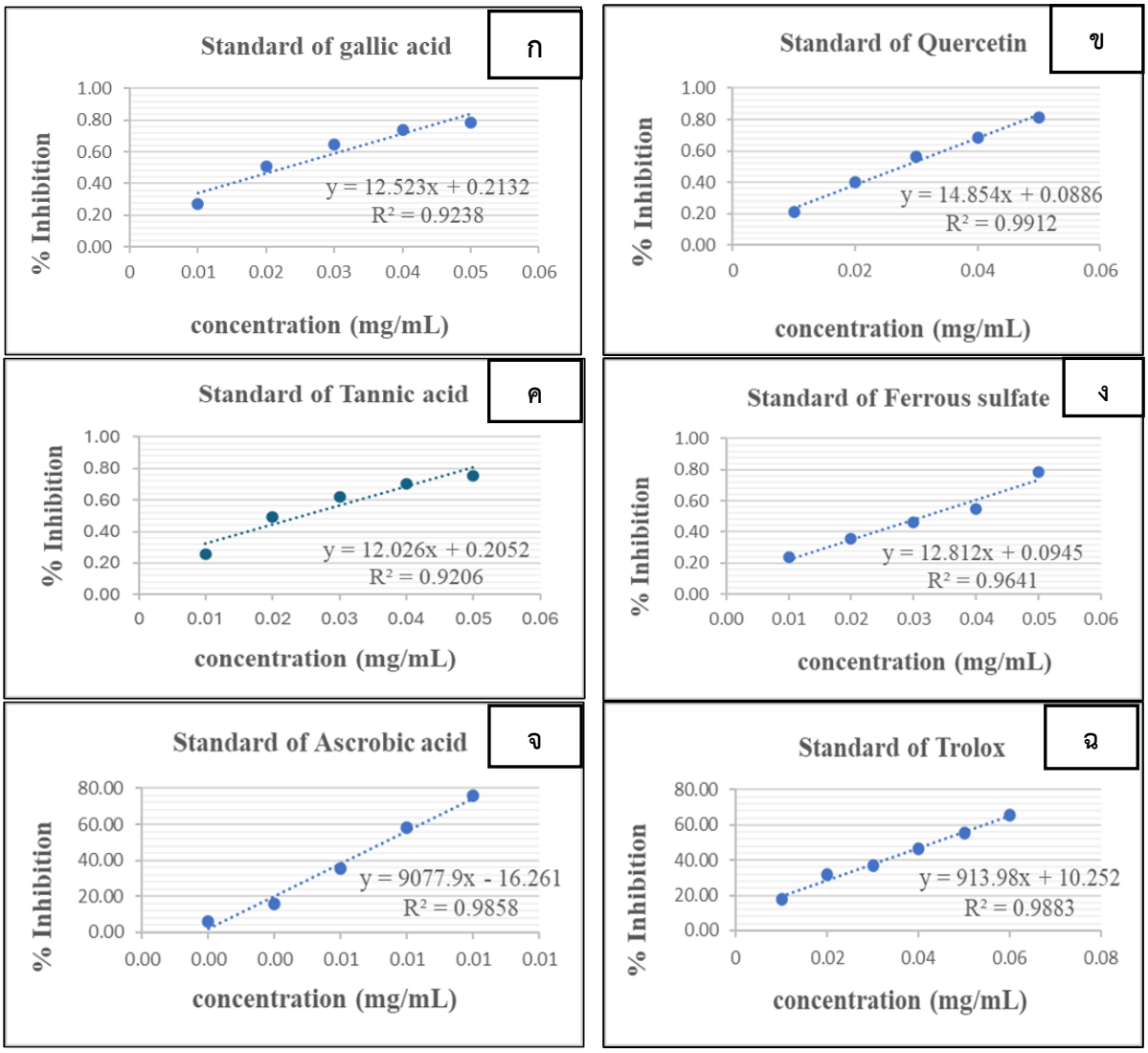
Solvent	TPC (mg GAE/g extract)	TFC (mg QE/g extract)	TTC (mg Tannic acid/g extract)
95% ethanol	12026.650±10.274	716.421±4.714	694.842±5.748
boiled for 1 hour	103.627±1.124	368.921±12.154	359.176±12.1541

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบ t-test แบบอิสระเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดสารออกฤทธิ์และสารต้านอนุมูลอิสระของเห็ด *Sanghuangporus* sp. ด้วยเอทานอลและน้ำ

Factor	N	SD Boil	SD Ethanol	t	p-value	Remark
FRAP	3	0.855	1.667	-285.444	0	<0.05
DPPH	3	0.003	0.001	64.141	0	<0.05
ABTS	3	0.003	0.001	3.674	0.021	<0.05
TPC	3	13.769	1.258	-20.837	0	<0.05
TFC	3	14.886	5.774	-35.745	0	<0.05
TTC	3	14.886	7.04	-35.308	0	<0.05



ภาพที่ 1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *Sanghuangporus* sp. (ก) พบว่าพื้นผิว (Surface) มีร่องหรือเส้นใยละเอียดเรียงตัวเป็นแนวรัศมี แผ่กว้าง และมีสีเทาน้ำตาลเข้ม (ข) ผิวด้านล่างพบว่ามี รูพรุนจำนวนมาก และมีสีเหลืองน้ำตาล ผิวด้านล่างเป็นส่วนที่ทำหน้าที่สร้างสปอร์ลักษณะเป็นแบบ Pore-bearing (มีรูพรุน) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเห็ดในกลุ่ม Polypore (ค) ส่วนเนื้อด้านในมีลักษณะหนา และประกอบด้วยเส้นใยที่เรียงตัวเป็นชั้น ๆ คล้ายชั้นปีของต้นไม้



ภาพที่ 2 กราฟมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบกับสารสกัดหยาบจากเห็ด (ก) กราฟมาตรฐานของกรดกาแลลิก (ข) กราฟมาตรฐานของเควอเซติน (ค) กราฟมาตรฐานของกรดแทนนิก (ง) กราฟมาตรฐานของเฟอร์รัสซัลเฟต (จ) กราฟมาตรฐานของกรดแอสคอร์บิก (ฉ) กราฟมาตรฐานของโทรล็อกซ์