สมบัติต้านอนุมูลอิสระและพรีไบโอติกของเห็ดป่าสะแกราช

Antioxidant and Prebiotic Properties of Sakaerat Wild Edible Mushrooms

ธารทิพย์ รัตนะ* และธนากร แสงสง่า

โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

Tarntip Rattana* and Thanakorn Sangsanga

Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology,

Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nai Muang, Muang, Nakhon Ratchasima 30000

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและพรีไบโอติกในเห็ดป่าจากพื้นที่สงวนชีวมณฑลสะแกราช จำนวน 9 ชนิด ได้แก่ เห็ดระโงกขาว (*Amanita princeps* Corner & Bas.) เห็ดระโงกเหลือง [*A. hemibapha* (Berk. et Br.) Sacc. subsp. *javanica* Corner et Bas.] เห็ดน้ำแป้ง (*Russula alboareolata* Hongo) เห็ดตะไคล (*R. delica* Fr.) เห็ดน้ำหมาก (*R. luteotacta* Rea.) เห็ดหล่มหมวกเขียว (*R. aeruginea* Lindbl.) เห็ดขมิ้นเล็กหรือเห็ดมันปูเล็ก (*Cantharellus minor* Peck.) เห็ดขมิ้นใหญ่ [*Craterellus oderatus* (Schw.) Fr.] และเห็ดบดหรือเห็ดลมหรือเห็ดกระด้าง (*Lentinus polychrous* Lev.) การศึกษานี้วัดสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด คลอโรฟิลล์ เบต้าแคโรทีน ไลโคปีน และวัดการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์พรีไบโอติกของ *Lactobacillus* sp. ผลการศึกษาพบว่าเห็ดบดหรือเห็ดลมมี IC_{50} เท่ากับ 47.89, 49.00 และ 49.56 % ที่ความเข้มข้น 15, 25 และ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งค่าสูงกว่า Trolox ที่ IC_{50} เท่ากับ 36.405 % โดยเห็ดบดหรือเห็ดลมเป็นเห็ดเพียงชนิดเดียวที่มีค่าสูงกว่าสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน ยิ่งไปกว่านั้นเห็ดชนิดนี้ยังมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุดอีกด้วยที่ 18.646 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิกรัม ผลการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและเบต้าแคโรทีนสูงสุดที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในเห็ดน้ำหมาก ส่วนของคุณสมบัติในการเป็นพรีไบโอติกของเห็ดอบแห้งนั้นมีการเจริญของจุลินทรีย์แตกต่างกันไปตามชนิดของเห็ดที่ใช้ทดสอบ โดยพบว่าส่วนก้านของเห็ดระโงกขาวและส่วนหมวกของเห็ดระโงกเหลืองแสดงถึงความสามารถในการส่งเสริมการเจริญสูงที่สุด ที่ 173.411 และ 178.74 % ตามลำดับ

คำสำคัญ : สารต้านอนุมูลอิสระ; พรีไบโอติก; เห็ดป่าที่กินได้

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** rattana.tarntip@gmail.com

Abstract

The antioxidant and prebiotic properties was studied in nine wild edible mushrooms in Sakaerat biosphere reverse: *Amanita princeps* Corner & Bas., *A. hemibapha* (Berk. Et Br. Sacc. Subsp. *javanica* Corner et Bas.), *Russula alboareolata* Hongo, *R. delica* Fr., *R. luteotacta* Rea., *R. aeruginea* Lindbl., *Cantharellus minor* Peck., *Craterellus oderatus* (Schw.) Fr. and *Lentinus polychrous* Lev. This study was measured DPPH radical scavenging activity, total phenolic content, chlorophyll, ß-carotene, lycopene and enhanced activity of *Lactobacillus* sp. It was found that *Lentinus polychrous* Lev. had IC_{50} as 47.89, 49.00 and 49.56 %, in concentration at 15, 25 and 50 mg/ml respectively higher than Trolox, IC_{50} as 36.405 %. It was showed that one type mushroom has higher antioxidant. Moreover, *Lentinus polychrous* Lev. showed the most of chlorophyll at 18.646 mg/100mg. The analysis revealed that *R. luteotacta* Rea. was showed the highest total phenolic contents and ß-carotene at 65.99 mg GAE/g and 0.559 mg/100mg of concentration at 25 mg/ml. Potential prebiotic activity of dried wild mushroom was showed different growth characteristics dependently on used mushrooms. The dried mushrooms of the stalk of *Amanita princeps* Corner & Bas. and the cap of *A. hemibapha* (Berk. Et Br. Sacc. Subsp. javanica Corner et Bas.) showed the most of enhance activity at 173.411 and 178.74 %, respectively.

Keywords: antioxidant; prebiotic; wild edible mushroom

1. บทนำ

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เป็นสารประกอบทางเคมีที่สามารถป้องกันเซลล์จากการทำลายจากอนุมูลอิสระ (free radical) โดยการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดจากออกซิเจนหรือเปอร์ออกไซด์ สารอนุมูลอิสระเหล่านี้สามารถที่จะทำลายองค์ประกอบของร่างกาย เช่น โปรตีน ไขมัน ดีเอ็นเอ สารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตเพราะไปทำให้อนุมูลอิสระถูกปล่อยออกมาช้าลงหรือหยุดรูปแบบการเกิดอนุมูลอิสระโดยการให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่โมเลกุลนั้น ๆ ปฏิกิริยาออกซิ-เดชันมีความจำเป็นในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่ใช้อากาศในกระบวนการเปลี่ยนแปลงสารประกอบหรือสารอินทรีย์ด้วยกระบวนการทางชีวเคมีที่แตกต่างกันไป ถึงแม้ว่าจะมีกระบวนการในการป้องกันต่อต้านการถูกทำลายปฏิกิริยาออกซิเดชันจากอนุมูลอิสระตามธรรมชาติโดยสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย เช่น กลูต้าไทโอนที่สร้างจากเซลล์ แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการป้องกันการทำลายจากอนุมูลอิสระได้ทั้งหมด [1] จากสาเหตุดังกล่าวนักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามที่จะหาอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ในปริมาณสูง เช่น ในสมุนไพร เครื่องเทศ เมล็ดพืช ธัญพืช ผลไม้ ผัก และเห็ดที่เป็นอาหารของมนุษย์เพื่อแบ่งแยกสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารประกอบฟีโนลิคที่ช่วยให้ร่างกายมนุษย์ลดการทำลายจากสารต้านอนุมูลอิสระ [2]

สารประกอบโพลีฟีนอลเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีวงแหวนของหมู่ไฮดรอกซิล นอกจากนั้นสารกลุ่มนี้ยังมีโครงสร้างที่ซับซ้อน เช่น ฟลาโวนอยด์

แอนโทไซยานิน สารโพลีฟีนอลเป็นสารป้องกันมะเร็ง สารยับยั้งการเติบโตของเซลล์ สารที่ช่วยให้ภูมิคุ้มกันสมดุล สารยับยั้งและฆ่าแบคทีเรีย สารต้านรา สารต้านการติดเชื้อ สารต้านอนุมูลอิสระ หรือมีฤทธิ์ทางยาอื่น ๆ สารประกอบฟีโนลิคมีประโยชน์ทางชีววิทยาที่มีบทบาทสำคัญในการบำรุงรักษาสุขภาพมนุษย์ [3]

พรีไบโอติก (prebiotic) เป็นสารพวกโอลิโก-แซคคาไรด์และโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำแต่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหารและช่วยยับยั้งกลุ่มแบคทีเรียฉวยโอกาสและแบคทีเรียก่อโรค พรีไบโอติกหลายชนิดที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด เช่น inulin, fructooligo-saccharide, galacto-oligosaccharide, lactulose, polydextrose [4] นอกจากนั้นการย่อย พรีไบโอติกยังช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกัน ลดการติดเชื้อในลำไส้ ช่วยให้ขับถ่ายอุจจาระได้ดีขึ้น โดยผลของการหมักในทางเดินอาหารจะเปลี่ยนตำแหน่งของกรดไขมันสายสั้น และช่วยเพิ่มน้ำหนักของอุจจาระ ลดความเป็นกรดในลำไส้ ลดปริมาณไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ช่วยให้เอนไซม์ทำงานน้อยลง เพิ่มการรวมตัวของโปรตีนหรือเพิ่มตัวดูดซับแร่ธาตุต่าง ๆ [5]

พื้นที่สงวนชีวมณฑลสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา ได้รับการรับรองจาก UNESCO ให้เป็นพื้นที่สงวนชีวมณฑล (biosphere reserve area) แห่งหนึ่งของโลก จึงเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเห็ดและพืชกินได้ในป่าสะแกราชที่เป็นแหล่งอาหารและรายได้ที่สำคัญของชุมชนที่อาศัยอยู่โดยรอบ พบเห็ดกินได้ 30 ชนิด 9 วงศ์ กระจายอยู่ทั้งในป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้ง และสวนป่า โดยชนิดพันธุ์ของเห็ดที่เด่นทั้งด้านปริมาณและความถี่ที่พบได้แก่ กลุ่มเห็ดตะไคล สกุล *Russula* วงศ์ *Russulaceae* กลุ่มเห็ดระโงก สกุล *Amanita* วงศ์ *Amanitaceae* กลุ่มเห็ดปลวกหรือเห็ดโคน สกุล *Termitomyces* วงศ์ *Tricholomataceae* [6]

เห็ดกินได้บางชนิดที่มีสารต้านอนุมูลอิสระโดยสารนี้จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด โดยในปัจจุบันการบริโภคเห็ดได้เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากเป็นหลายเท่าตัว [7] นอกจากนั้นเห็ดยังเป็นแหล่งของโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ สมบัติเหล่านี้ของเห็ดจึงทำให้มีความสนใจนำเห็ดไปใช้ในทางโภชนเภสัชมากขึ้น [8] ซึ่งสารโพลีแซคคาไรด์ในเห็ดเป็นแหล่งที่สำคัญของการมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก โดยประกอบไปด้วย ไคติน เฮมิเซลลูโลส แอลฟาและเบต้ากลูแคน แมนแนน ไซแลน และกาแลคโตส ในเห็ดนั้นจะพบปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าโปรตีนและไขมัน โดยในเห็ดแต่ละชนิดจะมีชนิดและปริมาณโพลีแซคคาไรด์แตกต่างกันไป [9] ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเห็ดป่าที่พบได้บ่อยบริเวณโดยรอบป่าสะแกราช และศึกษาสมบัติในการเป็นพรีไบโอติกที่ช่วยส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติกในทางเดินอาหารเพื่อให้เป็นประโยชน์ในการบริโภค

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

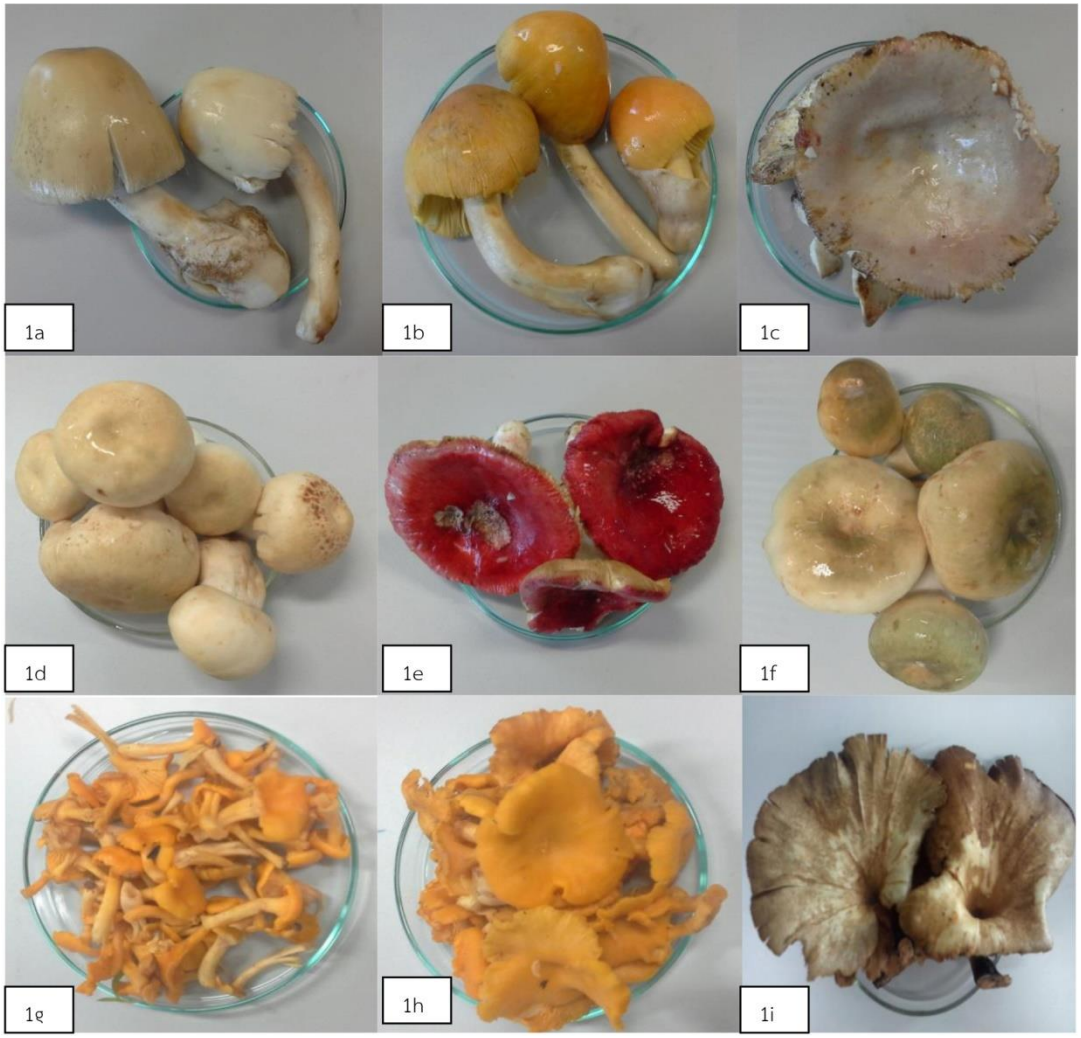
2.1 สารเคมี

2,2-diphenyl-1-picryhydrazyl (DPPH), gallic acid และ Folin-Ciocalteu's phenol reagent ซื้อจากบริษัท Sigma (USA) เมทานอลซื้อจากบริษัท Fisher (UK) อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ซื้อจากบริษัท Difco (USA) และ BD Gaspak™ EZ ซื้อจากบริษัท Becton และ Deckinson and company (USA)

2.2 ตัวอย่างเห็ด

เห็ดป่าที่เก็บและซื้อจากร้านบริเวณโดยรอบสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 9 ชนิด ประกอบด้วยเห็ดระโงกขาว

(*Amanita princeps* Corner & Bas.) เห็ดระโงกเหลือง [*A. hemibapha* (Berk. Et Br.) Sacc. Subsp. *javanica* Corner et Bas.] เห็ดน้ำแป้ง (*Russula alboareolata* Hongo) เห็ดตะไคล (*R. delica* Fr.) เห็ดน้ำหมาก (*R. luteotacta* Rea.) เห็ดหล่มหมวกเขียว (*R. aeruginea* Lindbl.) เห็ดขมิ้นเล็กหรือเห็ดมันปูเล็ก (*Cantharellus minor* Peck.) เห็ดขมิ้นใหญ่ (*Craterellus oderatus* (Schw.) Fr.) และเห็ดบดหรือเห็ดลม (*Lentinus polychrous* Lev.) (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 เห็ดป่าชนิดต่าง ๆ บริเวณโดยรอบสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช (1a) เห็ดระโงกขาว (*Amanita princeps* Corner & Bas.) (1b) เห็ดระโงกเหลือง [*A. hemibapha* (Berk. Et Br.) Sacc. Subsp. *javanica* Corner et Bas.] (1c) เห็ดน้ำแป้ง (*Russula alboareolata* Hongo) (1d) เห็ดตะไคล (*R. delica* Fr.) (1e) เห็ดน้ำหมาก (*R. luteotacta* Rea.) (1f) เห็ดหล่มหมวกเขียว (*R. aeruginea* Lindbl.) (1g) เห็ดขมิ้นเล็กหรือเห็ดมันปูเล็ก (*Cantharellus minor* Peck.) (1h) เห็ดขมิ้นใหญ่ (*Craterellus oderatus* (Schw.) Fr.) และ (1i) เห็ดบดหรือเห็ดลม (*Lentinus polychrous* Lev.)

2.3 การเตรียมเห็ด

นำเห็ดป่ากินได้ที่เก็บได้จากป่าสะแกราช และซื้อร้านค้าบริเวณโดยรอบมาคัดแยกชนิดเพื่อล้างน้ำเอาดินออกให้หมด จากนั้นนำไปใส่ตะแกรงตากให้แห้งและนำไปอบที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เก็บไว้ในห้องปฏิบัติการทดลองเพื่อการนำไปสกัดต่อไป

2.4 ทดสอบสมบัติต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH radical scavenging activity

การทดสอบสมบัติต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเห็ดป่าปรับปรุงจากวิธีของ Seephonkai [10] นำสารตัวอย่างที่เตรียมไว้แต่ละความเข้มข้นมาตัวอย่างละ 3 ml ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลายมาตรฐาน DPPH 0.3 mM ปริมาตร 1.0 ml ลงในหลอดทดลองนำไปเก็บในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยใช้สารละลาย DPPH 0.3 mM รวมกับเมทานอลเป็น blank และคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ที่ 50 % (IC_{50}) โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox คำนวณดังสมการ % ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ=[1-(Abs(sample)/Abs(blank)] x 100 โดย Abs (blank) คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH; Abs (sample) คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างและสารมาตรฐาน (Trolox)

2.5 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (total phenolic content) โดยวิธี Folin-Ciocalteu's method [11]

นำสารสกัดหยาบที่มีความเข้มข้น 25, 50 และ 100 $mg.ml^{-1}$ ปริมาตร 200 µl ใส่ลงในหลอดทดลองเติม 1.0 ml ของ 10 % Folin-Ciocateu's regent จากนั้นใส่ 1.0 ml ของ 7 % Na_2CO_3 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 5 ml เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 nm ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง นำไปเปรียบเทียบกับกรดแกลิกมาตรฐาน

2.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ ตามวิธีการของ Whitham และคณะ [12]

ชั่งตัวอย่างเห็ดอบแห้งที่บดละเอียด 1 กรัม เติมสารละลายอะซิโตนความเข้มข้น 80 % 10 ml วางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 15 นาที จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman® No.1 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายอะซิโตนความเข้มข้น 80 % ให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 25 ml นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (optical density, OD) ที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยใช้สารละลายอะซิโตน ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ เป็น blank บันทึกค่าที่ได้แล้วนำไปคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ = $\{12.7[OD_{663} - 2.69(OD_{645})]\} \times [v \div (1{,}000 \times W)]$

ปริมาณคลอโรฟิลล์บี = $\{22.9(OD_{645} - 4.69(OD_{663})]\} \times [v \div (1{,}000 \times W)]$

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด = $\{20.2(OD_{645} - 8.02(OD_{663})]\} \times [v \div (1{,}000 \times W)]$

โดย V คือ ปริมาตรสุดท้ายของสารละลายที่นำมาหาปริมาณคลอโรฟิลล์; W คือ น้ำหนักของเห็ดแห้งที่นำมาสกัดคลอโรฟิลล์; OD คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากเครื่อง spectrophotometer ตามความยาวคลื่นที่กำหนด

2.7 การหาปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีน [13]

นำสารที่สกัดได้จากเห็ดแห้งปริมาณ 100 มิลลิกรัม เติม 10 ml ของสารละลายผสม acetone-hexane (92:3) เขย่าให้เข้ากันเป็นเวลา 1 นาที นำไปกรองผ่านกระดาษ Whatman® No. 4 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 453, 505 และ 663 นาโนเมตร ซึ่งปริมาณ β-carotene และ lycopene สามารถคำนวณได้ตามสมการ

lycopene mg/100 mg = 0.0458 A_{663} + 0.372 A_{505} - 0.0806 A_{453}

β-carotene mg/100 mg = 0.216 A_{663} - 0.304 A_{505} + 0.452 A_{453}

2.8 การทดสอบประสิทธิภาพของเห็ดที่มีต่อการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก [14]

2.8.1 แบคทีเรียกลุ่มโพรไบโอติกที่ใช้ทดสอบ

แบคทีเรียกลุ่มโพรไบโอติกที่ใช้ทดสอบ คือ แบคทีเรียกรดแลกติก ได้แก่ *Lactobacillus plantarum* TISTR 1465 และ *L. casei* TISTR 1463

2.8.2 การเตรียมหัวเชื้อ

นำเชื้อที่เก็บไว้ในกลีเซอรอลที่อุณหภูมิการเก็บ -20 องศาเซลเซียส มาเลี้ยงใหม่จำนวน 2 ครั้ง ในอาหารที่จำเพาะต่อจุลินทรีย์นั้น ๆ จำนวน 5 มิลลิลิตรต่อเชื้อที่เลี้ยง 100 ไมโครลิตร จากนั้นนำไป streak plate เพื่อเลือกเอา single colony แล้วนำเชื้อจำนวน 1 โคโลนี ลงในอาหารใหม่ปริมาตร 5 ml เลี้ยงให้ครบ 24 ชั่วโมง แล้ววัด O.D. ที่ 600 nm เพื่อให้ได้ค่าเท่ากับ 0.5 หรือใกล้เคียง หากเชื้อมีปริมาณมากให้เจือจางเชื้อด้วยอาหารที่เลี้ยงนั้น ๆ ในสภาวะปลอดเชื้อ เพื่อให้ได้หัวเชื้อเพื่อนำไปเลี้ยงต่อในอาหารที่เติมเห็ดลงไป

2.8.3 การทดสอบในเห็ด

นำหัวเชื้อที่ได้จากข้อ 2.8.2 ไปเลี้ยงในอาหารที่จำเพาะต่อเชื้อนั้น ๆ ในปริมาณ 1 % โดยปริมาตร (50 ไมโครลิตร) ซึ่งอาหารดังกล่าวจะมีการเติมเห็ดบดลงไปในจำนวน 1 % ของปริมาตรอาหารเลี้ยงเชื้อ หรือ 0.05 กรัมต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ 5 มิลลิลิตร แต่ละการทดลองจะทำทั้งหมด 3 ซ้ำ การเลี้ยงเชื้อกลุ่ม *Lactobacillus* จะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะการบ่มไร้อากาศ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วติดตามผลการเจริญของเชื้อ (enhanced activity) ด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้ของแต่ละเชื้อไปคำนวณด้วยสูตรด้านล่าง ซึ่งในแต่ละหลอดจะประกอบด้วย (1) MRS + 1 % ดอกเห็ด + 1 % inoculum ของเชื้อ *Lactobacillus plantarum* TISTR 1465 (2) MRS + 1 % ก้านเห็ด + 1 % inoculum ของเชื้อ *L. plantarum* TISTR 1465 (3) MRS + 1 % ดอกเห็ด + 1 % inoculum ของเชื้อ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 และ (4) MRS + 1 % ก้านเห็ด + 1 % inoculum ของเชื้อ *L. casei* TISTR 1463 โดยสูตรการคำนวณผลของเห็ดต่อการเจริญของแบคทีเรียกรดแลกติก (Lactic acid bacteria) คือ enhanced activity (%) = [(SB - CB) ÷ CB] x 100 เมื่อ CB = ค่าที่ได้จากอาหารที่ไม่ได้เติมเห็ด; SB = ค่าที่ได้จากอาหารที่เติมเห็ด

2.8.4 ทดสอบสมบัติต้านอนุมูลอิสระ

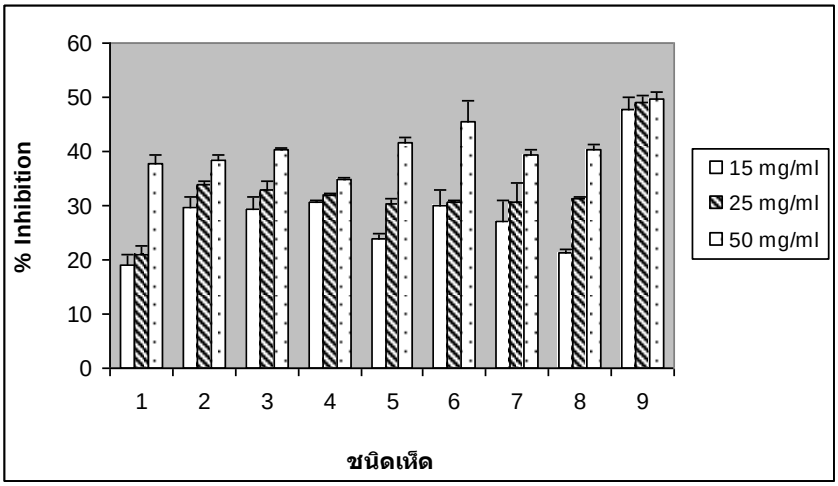
โดยทดสอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity และวิธีหาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด โดยการหมุนเหวี่ยงอาหาร MRS + เห็ด + เชื้อจุลินทรีย์ที่ 8,000 rpm ด้วยเครื่อง centrifuge เพื่อนำส่วนน้ำใสด้านบนมาหาค่าการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 วิธี

3. ผลการวิจัย

3.1 การยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ที่

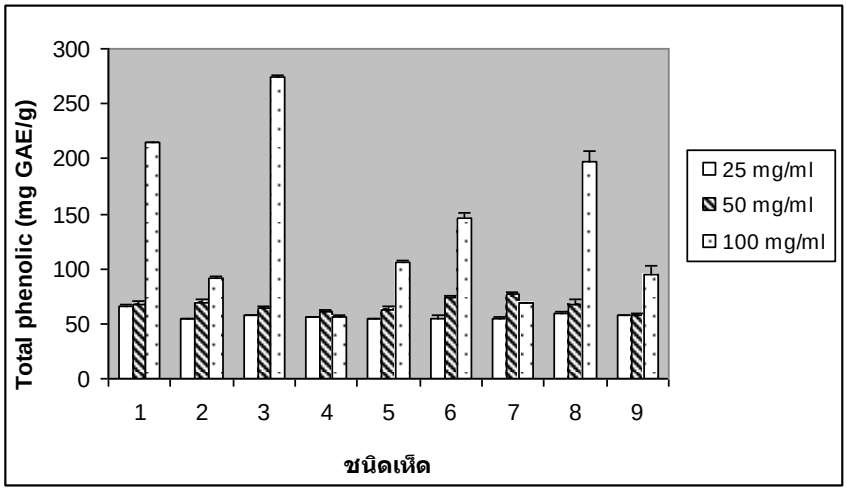
50 % (IC_{50}) โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox ที่ความเข้มข้นของเห็ดแต่ละชนิด 15, 25 และ 50 mg/ml พบว่าเห็ดที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระมากที่สุดทั้ง 3 ระดับความเข้มข้น คือ เห็ดบดที่ 47.89, 49.00 และ 49.56 ตามลำดับ ความเข้มข้นซึ่งมากกว่าค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของ Trolox ที่ 50 % ที่มีค่าเท่ากับ 36.405 (รูปที่ 2) เช่นเดียวกับ Sirival [15] ซึ่งรายงานการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ที่ความเข้มข้นของเห็ดที่ 12.5, 25 และ 50 µg/ml โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ใกล้เคียงกันในทั้ง 3 ความเข้มข้น ซึ่งพบได้ในเห็ดหลายชนิด เช่น เห็ดถ่าน เห็ดพวง เห็ดบด



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ที่ 50 % (IC_{50}) โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox ที่ความเข้มข้นของเห็ดแต่ละชนิด 15, 25 และ 50 mg/ml (1 = เห็ดน้ำหมาก; 2 = เห็ดหล่มหมวกเขียว; 3 = เห็ดตะไคลขาว; 4 = เห็ดระโงกเหลือง; 5 = เห็ดระโงกขาว; 6 = เห็ดน้ำแป้ง; 7 = เห็ดขมิ้นใหญ่; 8 = เห็ดมันปูเล็ก; 9 = เห็ดบด)

ปริมาณของสารประกอบฟีนอลทั้งหมด โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน gallic acid ที่ความเข้มข้นของเห็ดแต่ละชนิด 25, 50 และ 100 mg/ml พบว่าเห็ดที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดมากที่สุด คือ เห็ดน้ำหมาก เห็ดขมิ้นใหญ่ และเห็ดตะไคล ตามลำดับความเข้มข้น ซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 65.99, 76.29 และ 275.09 mg GAE/g (รูปที่ 3)

การทดสอบหาปริมาณสารไลโคปีน เบต้า-แคโรทีน และคลอโรฟิลล์ในเห็ด พบว่าเห็ดน้ำแป้งมีค่าความเข้มข้นของไลโคปีนมากที่สุด รองลงมา คือ เห็ดน้ำหมาก และเห็ดหล่มหมวกเขียว ซึ่งค่าเท่ากับ 0.598 $\pm$0.135, 0.429$\pm$0.093 และ 0.128$\pm$0.005 mg/100 mg ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์เบต้าแคโรทีนในเห็ดน้ำหมากมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ เห็ดน้ำแป้ง และเห็ดตะไคล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.559$\pm$0.161, 0.535$\pm$ 0.037 และ 0.207$\pm$0.088 mg/100 mg ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์คลอโรฟิลล์ในเห็ดป่าพบว่าในเห็ดบดมีคลอโรฟิลล์มากที่สุด และรองลงมา คือ เห็ดน้ำแป้ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18.646$\pm$0.002 และ 18.236$\pm$0.008 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)



รูปที่ 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน gallic acid ที่ความเข้มข้นของเห็ดแต่ละชนิด 25, 50 และ 100 mg/ml (1 = เห็ดน้ำหมาก; 2 = เห็ดหล่มหมวกเขียว; 3 = เห็ดตะไคลขาว; 4 = เห็ดระโงกเหลือง; 5 = เห็ดระโงกขาว; 6 = เห็ดน้ำแป้ง; 7 = เห็ดขมิ้นใหญ่; 8 = เห็ดมันปูเล็ก; 9 = เห็ดบด)

ตารางที่ 1 ปริมาณไลโคปีน เบต้า-แคโรทีน และคลอโรฟิลล์ที่พบในเห็ดป่าสะแกราช

ชนิดเห็ด	ไลโคปีน (mg/100 mg)	เบต้าแคโรทีน (mg/100 mg)	คลอโรฟิลล์ (mg/100 mg)
ระโงกเหลือง	0.038±0.001	0.056±0.017	13.647±0.017
ระโงกขาว	0.029±0.013	0.043±0.045	14.362±0.004
หล่มหมวกเขียว	0.128±0.005	0.179±0.022	12.822±0.005
ตะไคล	0.060±0.055	0.207±0.088	14.913±0.005
น้ำแป้ง	0.598±0.135	0.535±0.037	18.236±0.008
น้ำหมาก	0.429±0.093	0.559±0.161	13.799±0.005
ขมิ้นใหญ่	0.018±0.001	0.030±0.006	15.854±0.002
มันปูเล็ก	0.034±0.006	0.062±0.007	14.279±0.001
บด	0.029±0.001	0.050±0.003	18.646±0.002

3.2 การทดสอบสมบัติพรีไบโอติกและปริมาณการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดหลังการเพาะเลี้ยงร่วมกับแบคทีเรียกลุ่มโพรไบโอติก

เห็ดที่เก็บและซื้อบริเวณโดยรอบสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จำนวน 9 ชนิด ที่ทำการทดสอบสมบัติพรีไบโอติกกับแบคทีเรีย *L. casei* TISTR 1463 และ *L. plantarum* TISTR 1465 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาพไร้อากาศเป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วเปรียบเทียบค่า O.D. กับอาหาร MRS ที่ไม่ได้ใส่

เห็ด เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งเสริมการเจริญ พบว่าส่วนของก้านเห็ดระโงกขาวมีค่าเปอร์เซ็นต์การส่งเสริมการเจริญในอาหาร MRS ที่เลี้ยงแบคทีเรีย *L. casei* TISTR 1463 สูงที่สุด รองลงมา คือ ส่วนของหมวกเห็ดระโงกเหลือง และส่วนของหมวกเห็ดน้ำหมาก ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การส่งเสริมการเจริญเท่ากับ 173.411±0.045, 147.764±0.062 และ 116.705±0.043 ส่วนการวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH ในอาหาร MRS ที่เลี้ยงแบคทีเรีย *L. casei* TISTR 1463 ที่เติมเห็ด พบว่าอาหารที่เติมส่วนหมวกของเห็ดบดมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ เห็ดมันปูเล็กส่วนก้านและส่วนก้านของเห็ดบด ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH เท่ากับ 34.003±0.063, 31.910±0.018 และ 27.554±0.046 ตามลำดับ และในส่วนของการวิเคราะห์ปริมาณของสารประกอบ ฟีนอลทั้งหมดในอาหาร MRS ที่เลี้ยงแบคทีเรีย *L. casei* TISTR 1463 โดยในเห็ดระโงกเหลืองส่วนของก้านมีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ เห็ดบดส่วนก้าน และเห็ดบดในส่วนของหมวก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 335.659±0.153, 223.126±0.134 และ 176.059±0.048 mg/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์การส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรีย *L. casei* TISTR 1463 และ *L. plantarum* TISTR 1465, เปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณของสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในอาหาร MRS ที่มีการเติมเห็ดป่าสะแกราชหลังจากทำการบ่มแบบไร้อากาศเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

Probiotic	*L. casei* TISTR 1463				*L. plantarum* TISTR 1465		
ชนิดเห็ด	ส่วนของเห็ด	Enhance activity (%)	Inhibition DPPH (%)	Total phenolic (mg/ml)	Enhance activity (%)	Inhibition DPPH (%)	Total phenolic (mg/ml)
ระโงกเหลือง	ก้าน	72.940±0.031	26.382±0.020	335.659±0.153	65.57±0.026	24.7069±0.051	873.392±0.122
	หมวก	147.764±0.062	4.606±0.050	87.259±0.007	178.74±0.069	41.0385±0.021	855.392±0.125
ระโงกขาว	ก้าน	173.411±0.045	16.583±0.043	100.992±0.064	133.2±0.024	32.0771±0.035	855.126±0.077
	หมวก	109.411±0.069	7.705±0.142	80.592±0.015	139.82±0.007	41.7085±0.027	848.059±0.106
มันปูเล็ก	ก้าน	62.588±0.038	31.910±0.018	84.592±0.043	64.67±0.004	29.3132±0.025	801.926±0.009
	หมวก	53.882±0.100	13.987±0.045	78.326±0.038	70.95±0.07	40.8710±0.040	828.059±0.144
ขมิ้นใหญ่	ก้าน	23.294± 0.026	19.430±0.014	86.726±0.047	41.92±0.004	23.7018±0.062	798.192±0.008
	หมวก	79.294±0.026	18.844±0.036	76.726±0.016	89.82±0.037	37.5209±0.044	832.592±0.131
ตะไคล	ก้าน	32.000±0.050	18.928±0.024	73.259±0.010	58.38±0.056	22.1943±0.025	872.459±0.120
	หมวก	55.059± 0.006	15.829±0.073	68.859±0.021	25.748±0.019	38.2747±0.048	830.192±0.019
หล่มหมวกเขียว	ก้าน	39.529±0.009	11.725±0.057	151.659±0.340	33.83±0.009	21.6080±0.065	837.392±0.128
	หมวก	96.941±0.101	12.060±0.082	84.059±0.042	82.03±0.106	10.4690±0.164	825.526±0.022
น้ำหมาก	ก้าน	35.529±0.028	16.667±0.008	74.859±0.016	50.00±0.088	21.1055±0.096	818.459±0.147
	หมวก	116.705±0.043	14.908±0.029	81.526±0.028	90.119±0.013	31.8258±0.028	848.992±0.104
น้ำแป้ง	ก้าน	19.058±0.006	5.360±0.010	99.926±0.078	31.14±0.007	13.5678±0.035	813.792±0.006
	หมวก	74.823±0.031	5.025±0.092	76.326±0.030	39.221±0.041	29.0620±0.056	822.992±0.046
บด	ก้าน	55.294±0.015	27.554±0.046	223.126±0.134	56.89± 0.012	44.1374±0.005	853.659±0.112
	หมวก	35.764±0.066	34.003±0.063	176.059±0.048	89.82±0.103	49.0787±0.013	841.526±0.031

ส่วนสมบัติของพรีไบโอติกของเห็ดป่าในอาหารเลี้ยง *L. plantarum* TISTR 1465 พบว่าส่วนของหมวกเห็ดระโงกเหลืองมีค่าเปอร์เซ็นต์การส่งเสริมการเจริญในอาหาร MRS ที่เลี้ยง *L. plantarum* TISTR 1465 สูงที่สุด รองลงมา คือ ส่วนของหมวกเห็ดระโงกขาว และส่วนของก้านเห็ดระโงกขาว ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การส่งเสริมการเจริญเท่ากับ 178.74±0.069, 139.82±0.007 และ 133.2±0.024 ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH ในอาหาร MRS ที่เลี้ยง *L. plantarum* TISTR 1465 ที่เติมเห็ด พบว่าอาหารที่เติมส่วนหมวกของเห็ดบดมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ อาหารที่เติมส่วนก้านของเห็ดบด และเห็ดระโงกขาวส่วนที่เป็นหมวก 49.0787±0.013, 44.1374±0.005 และ 41.7085±0.027 ตามลำดับ และส่วนของการวิเคราะห์ปริมาณของสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในอาหาร MRS ที่เลี้ยง *L. plantarum* TISTR 1465 โดยในเห็ดระโงกเหลืองส่วนของก้านมีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ เห็ดตะไคลส่วนของก้าน และเห็ดระโงกเหลืองส่วนหมวก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 873.392±0.122, 872.459±0.120 และ 855.392±0.125 mg/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

4. วิจารณ์

ประโยชน์ของการบริโภคเห็ดมีอยู่อย่างแพร่หลาย การศึกษาสมบัติต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดและสมบัติพรีไบโอติกจากเห็ดป่าบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช ที่ยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับสมบัติต้านอนุมูลอิสระและพรีไบโอติกของเห็ดป่าในบริเวณดังกล่าวมาก่อน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นรายงานของต่างประเทศที่รายงานสมบัติต้านอนุมูลอิสระและองค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้จากเห็ดแห้งจากป่า การศึกษาครั้งนี้ได้ประเมินหาค่าความ สามารถในการต้านอนุมูลอิสระและสมบัติการเป็นพรีไบโอติกที่ส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก ในกลุ่ม *Lactobacillus* ของเห็ดป่าอบแห้งทั้ง 9 ชนิด ที่พบมากในบริเวณป่าสะแกราช ซึ่งพบว่าปริมาณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของเห็ดบดมีค่าสูงที่สุดในทุกความเข้มข้นและเมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน Trolox พบว่ามีเห็ดบดเพียงชนิดเดียวที่มีฤทธิ์มากกว่าสารมาตรฐาน Trolox ในทุกระดับความเข้มข้น (15, 25 และ 50 mg/ml) เช่นเดียวกับรายงานของ Sirival [15] ที่ได้รายงานว่าเห็ดกระด้าง (เห็ดบด) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ของฤทธิ์ของการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารมาตรฐาน BHT ยิ่งไปกว่านั้น RaviKrishnan และคณะ [16] ได้รายงานว่าเห็ดบดเป็นแหล่งที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยกรดกลูตามิคซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่พบมากที่สุดในเห็ดบด กรดไขมันที่พบมากในเห็ดบด คือ กรด linoleic และ oleic และแมกนีเซียมนั้นเป็นของแร่ธาตุที่มีมากที่สุดในเห็ดบด โดยเห็ดบดนี้สามารถเก็บไว้ได้นานและอุดมไปด้วยคุณค่าทางสาร อาหาร นอกจากนั้นเห็ดบดยังช่วยลดโคเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์เพราะมีสาร eritadenine ที่ช่วยป้องกันโรคหัวใจ ความดันสูง ช่วยป้องกันโรคเบาหวานและเอดส์ได้อีกด้วย [17] เห็ดบดยังสามารถชักนำเซลล์ให้เกิดภูมิคุ้มกันการเกิดโรคมะเร็ง และสามารถฆ่าเซลล์มะเร็งได้ด้วย [18] การศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่าเห็ดบดมีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมสูงที่สุดอีกด้วย ซึ่งสัมพันธ์กับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของ DPPH เนื่องจากวิธี DPPH เป็นการวัดความสามารถในการริดิวซ์ของสารที่ต้องการทดสอบ และคลอโรฟิลล์เป็นสารที่อยู่ในกลุ่มโพลีฟีนอล ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยกลไกของแมกนีเซียมไอออนซึ่งจะช่วยเสริมสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (strong antioxidant activity) ของคลอโรฟิลล์ เพราะโครงสร้างแมกนีเซียมไอออนมีแนวโน้มที่ให้อิเล็กตรอนแก่โมเลกุลอื่น ซึ่งจะมี

โมเลกุลที่ไม่เสถียร [19]

ปริมาณของสารประกอบฟีนอลทั้งหมดมีปริมาณมากที่สุดในเห็ดน้ำหมากอยู่ที่ 65.99 mg GAE/g ที่ความเข้มข้น 25 mg/ml ซึ่งสัมพันธ์กับค่าเบต้าแคโรทีนที่วัดได้สูงสุดในเห็ดน้ำหมาก ซึ่งสารประกอบฟีโนลิคเป็นส่วนประกอบสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในเห็ด ได้แก่ ascorbic acid, β-carotene และ lycopene [20] ปริมาณไลโคปีนที่พบในเห็ดที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่จะมีค่าต่ำกว่าปริมาณของ β-carotene ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานของ Robaszkiewicz และคณะ [21] ที่ได้รายงานไว้ว่าปริมาณไลโคปีนในเห็ดกินได้หลายชนิดที่ศึกษามีปริมาณต่ำกว่าปริมาณของเบต้าแคโรทีนอยู่หลายเท่าทั้งในวิธีการสกัดด้วยเมทานอลและน้ำ

ส่วนก้านดอกของเห็ดระโงกขาวมีเปอร์เซ็นต์การส่งเสริมการเจริญสูงที่สุดหลังการเลี้ยง *L. casei* TISTR 1463 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และ *L. plantarum* TISTR 1465 เป็นชุดอาหารที่เติมส่วนหมวกของเห็ดระโงกเหลือง โดย Boonyanuphap และ Hansawasdi [22] ได้รายงานปริมาณ β-glucan ในเห็ดระโงกขาวและเห็ดระโงกเหลืองในบริเวณของทุ่งแสลงหลวงว่ามีปริมาณ 0.09 และ 0.05 g/100 g ตามลำดับ ซึ่ง β-glucan เป็นโมเลกุลที่เป็นเส้นตรงและกิ่งก้านที่มีความแตกต่างกันด้วยตำแหน่งของการเชื่อมด้วยพันธะไกลโคซิดิก เช่น (1⟶3), (1⟶ 6)-β-glucan และ (1⟶6)-α-glucan โดยประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์หลายชนิด (heteroglycan) เช่น arabinose, mannose, fucose, galactose, xylose, glucose และ glucuronic acid เป็นองค์ประกอบหรือรวมกันอยู่หลายชนิด โพลีแซคคาไรด์ในเห็ดนั้นมีความแตกต่างกันด้านองค์ประกอบทางเคมีแต่โดยมากจะเป็นกลุ่มของ β-glucan [23] โดย β-glucan นั้นจะไม่ถูกย่อยจากเอนไซม์จากตับอ่อนเนื่องจากเอนไซม์ไม่สามารถย่อยพันธะ β-glucosidic ได้ ดังนั้น β-glucan จึงทนทานต่อการย่อยของกรดในกระเพาะอาหารและไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ [24] บางส่วนของสารกลุ่มโอลิโกแซคคาไรด์ที่ไม่ถูกย่อยที่ประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรตจำพวกน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น ฟรุคโตส กาแลคโตส กลูโคสอยู่ในโมเลกุล ซึ่งน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเหล่านี้สามารถละลายน้ำและให้ความหวานได้หรือสารกลุ่ม inulin ซึ่งเป็นสารกลุ่มโพลีแซคคาไรด์ที่มีน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมากกว่า 10 โมเลกุลแต่ไม่ให้ความหวาน [25] อาจเป็นเพราะในเห็ดมีสารกลุ่ม β-glucan อยู่และสารบางส่วนในกลุ่มนี้สามารถที่จะละลายน้ำได้ทำให้จุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญของจุลินทรีย์ได้

5. สรุป

การศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงประโยชน์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติการเป็นพรีไบโอติกในเห็ดป่าสะแกราช ด้วยวิธีการทดสอบหลายแบบทำให้ทราบถึงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่มีหลากหลายในเห็ดป่า นอกจากนั้นเห็ดป่านั้นยังช่วยเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์โพรไบโอติก ให้มีจำนวนเพิ่มขึ้นอีกด้วย ดังนั้นเห็ดป่าจึงเป็นประโยชน์ในการนำไปบริโภค เนื่องจากมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ ในปริมาณที่สูง นอกจากนั้นผลการศึกษาในครั้งนี้อาจใช้เป็นแนวทางในประยุกต์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เสริมอาหารประเภทอื่นนอกเหนือจากการนำเห็ดไปเป็นอาหารเท่านั้น ยิ่งกว่านั้นผลการศึกษาในครั้งนี้คงทำให้เห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ของเห็ดป่าในด้านโภชนเภสัช

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยโครงการวิจัย

ประจำปีงบประมาณ 2559 และขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือในการปฏิบัติการทดลอง ทำให้การศึกษาวิจัยนี้สามารถดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

7. รายการอ้างอิง

[1] Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C., 1984, Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease, Biochem. J. 219: 1-14.

[2] Dillard, C.D. and German, J.B., 2000, Phytochemicals: Nutraceuticals and human health, J. Sci. Food Agric. 80: 1744-1756.

[3] Ramesh, C. and Patter, M.G., 2010, Antimicrobial properties, antioxidant activity and bioactive compounds from six wild edible mushroom of Western ghats of Karnataka, India, Pharm. Res. 2: 107-112.

[4] Bhakta, M. and Kumar, P., 2013, Mushroom polysaccharides as a potential prebiotics, Int. J. Health Sci. Res. 3: 77-84.

[5] Douglas, L.C. and Sanders, M.E., 2008, Probiotics and prebiotics in dietetics practice, J. Amer. Diet. Assoc. 108: 510-512.

[6] สุจิตรา โกศล, ตันติมา กำลัง, ธนภักษ อินยอด, พงษมณี ทองใบ, ทักษิณ อาชวาคม และสมัย เสวครบุรี, 2549, ความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ของเห็ดและพืชกินได้ในพื้นที่สงวนชีวมณฑลสะแกราช, รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44: สาขาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[7] Mau, J.L., Chao, G.R. and Wu, K.T., 2001, Antioxidant properties of methanolic extracts from several ear mushroom, J. Agric. Food Chem. 49: 5461-5467.

[8] Aletor, A.V., 1995, Compositional studies on edible tropical species of mushroom, Food Chem. 54: 265-268.

[9] Ana, V., Laura, M.V. and Eva, G., 2012, Structural features and healthy properties of polysaccharides occurring in Mushrooms, Agriculture 2: 452-471.

[10] Seephonkai, P., Samchai, S., Thongsom, A., Sunaart, S., Kiemsanmuang, B. and Chakuton, K., 2011, DPPH radical scavenging activity and total phenolics of *Phellinus* mushroom extracts collected from Northeast of Thailand, Chin. J. Nat. Med. 9: 0441-0445.

[11] Harbone, J.B., 1998, Phytochemical Methods: A Guide to Modern Technique of Plant Analysis, 3rd Ed., Chapman and Hall, New York.

[12] Witham, F.H., Blaydes, B.F., Devlin, R.M., 1971, Experiments in Plant Physiology, van Nostrand Reinhold, New York.

[13] Nagata, M. and Yamashita, I., 1992, Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit, Nippon Shokuhin

Kogyo Gakkaish 39: 925-928.

[14] อัจฉรา พยัพพานนท, ปยะรัตน ธรรมกิจวัฒน, นันทินี ศรีจุมปา และสุทธิพันธุ แกวสมพงษ, 2552, ทดสอบสายพันธุ์เห็ดตีนแรดเพื่อใช้เป็นพันธุ์การค้า, รายงานวิจัย, น. 1734-1753, สำนักวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

[15] Sirival, N., 2010, The antioxidant in local edible mushroom: Upper northeastern Thailand, NU Sci. J. 6: 165-172.

[16] RaviKrishnan, V., Prashantha, N., Sanjeev, G. and Madaiah, R., 2015, Amino acid, fatty acid and mineral profile of mushroom *Lentinus polychrous* LEV. from Western ghats, Southern India, UPAES. 5: 278-281.

[17] Panmoot, K., 1994, Mushroom spawn and mushroom cultivation, Teaching Document, College of Agriculture and Technology, Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom, 260 p.

[18] Sutachit, S. and Sutachit, M., 2002, Medicinal mushrooms: Past, present and future, 1-11, In Hed Thai 2545.

[19] รัชยาพร อโนราช และนาถธิดา วีระปรียากูร, 2548, วิธีทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในหลอดทดลอง, ว.วิทยาศาสตร์ ม.ข. 33: 13-18.

[20] Chirinang, P. and Intarapichet, K., 2009, Amino acids and antioxidant properties of the oyster mushrooms, *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajar-caju*, Scienceasia 35: 326-331.

[21] Robaszkiewicz, A., Lawrynowicz, B.M. and Soszynski, M., 2010, The role of polyphenols, ß-carotene, and lycopene in the antioxidative action of the extracts of dried, edible mushrooms, J. Nutri. Met., Article ID 173274, 9 p.

[22] Boonyanuphap, J. and Hansawasdi, C., 2011, Spatial distribution of beta glucan containing wild mushroom communities in subtropical dry forest, Thailand, Fungal Divers. 46: 29-42.

[23] Wasser, S.P., 2002, Medicinal mushroom as a source of antitumor and immunodulating polysaccharides, Appl. Microb. Biotechnol. 60: 258-274.

[24] van Loo, J., 2006, Inulin-Type Fructans as Prebiotics, In Gibson, G.R. amd Rastall R.A. (Eds.), Prebiotics: Development and Application, John Wiley & sons, New Jersey

[25] Roberfroid, M., 2002, Functional food concept and its application to prebiotics, Digest Liver 34: 105-110.