

การเพาะเห็ดนางรมขาว (*Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kumm.)
โดยใช้กากมะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้
Cultivation of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.)
Kumm.) by Using the Waste Coconut Husk from Orchid Cultivation

กรพรรณ เศวตสุวรรณกุล, อูรารักษ์ ร่มรื่น และ เอกพันธ์ บางยี่ขัน*

ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

วิภาวรรณ เล้าอรุณ

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

Korapan Sawetsuwannakun, Urarux Romruen and Eakaphun Bangyeekhun*

Department of Microbiology, Faculty of Science, Silpakorn University

Wipawan Laoarun

Department of Statistics, Faculty of Science, Silpakorn University

Received: February 1, 2022 ; Accepted: June 27, 2022

บทคัดย่อ

เพื่อเป็นการนำกากมะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ จึงทำการศึกษาภาวะที่เหมาะสมสำหรับการใช้กากมะพร้าวที่ใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้เพื่อใช้ในการเพาะเห็ดนางรมขาว เมื่อศึกษาอัตราส่วนของกากมะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้และขี้เลื่อยไม้ยางพาราต่อการเพาะเห็ดนางรมขาวพบว่า วัสดุในอัตราส่วน 25:75 ให้ค่าเฉลี่ยร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพของเห็ดนางรมขาวสูงสุด เท่ากับ 67.20 ± 10.41 จึงเลือกใช้วัสดุในอัตราส่วน 25:75 เป็นวัสดุพื้นฐานสำหรับการกลั่นกรองปัจจัย ได้แก่ รำข้าว น้ำตาลทราย ปูนขาว ยิปซัม ดีเกลือ ยูเรียและกากน้ำตาล ต่อการผลิตเห็ดนางรมขาวด้วยแผนการทดลองแฟคทอเรียล-เบอร์แมน จากการทดลองพบว่า รำข้าวและปูนขาวเป็นปัจจัยที่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการผลิตเห็ด และทำการศึกษาปริมาณรำข้าวและปูนขาวที่เหมาะสมต่อการผลิตเห็ดด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง โดยการวางแผนการทดลองแบบส่วนประสมกลาง และพบว่าการใช้รำข้าวร้อยละ 11 และปูนขาวร้อยละ 2 ของวัสดุพื้นฐาน เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเห็ด โดยให้ค่าร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพของเห็ดนางรมขาวเท่ากับ 71.51 เมื่อศึกษาค่าทางโภชนาการของเห็ดนางรมขาวพบว่า มีโปรตีนร้อยละ 16.09 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 68.73 ไขมันร้อยละ 1.16 โยใยอาหารร้อยละ 37.40 และเถ้าร้อยละ 5.87 ของน้ำหนักแห้ง

คำสำคัญ : การเพาะเห็ด; กากมะพร้าว; ค่าร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพ; เห็ดนางรมขาว

Abstract

In order to take advantage from waste coconut husk from the orchid farming industry, a suitable condition for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kumm.) cultivation by using the waste coconut husk from the orchid culture was studied. The waste coconut husk from the orchid culture and Para-rubber wood sawdust in different ratios were investigated for oyster mushroom cultivation. The results revealed that the waste coconut husk and the sawdust with the ratio of 25:75 gave the highest percentage of biological efficiency by 67.20 ± 10.41 . When this ratio of culture media was used as the basic media, the factors, i.e. rice bran, sucrose, lime, gypsum, Epsom salt, urea and molasses, affecting the mushroom production were studied by using Plackett-Burman experimental designs. The rice bran and lime showed a significant effect on mushroom production. Response Surface Methodology was used for study on optimum concentration of percentage of biological efficiency of mushroom by Central Composite Design of two factors. The optimum concentration for highest percentage of biological efficiency of oyster mushroom production was 11% rice bran and 2% lime as supplements, which yield percentage biological efficiency by 71.51. The chemical composition of the oyster mushroom cultivated in the waste coconut husk and saw dust ratio of 25:75 was analyzed. The results showed that the mushroom contained 16.09% protein, 68.73% carbohydrates, 1.16% fat, 37.40% crude fiber, and 5.87% ash in term of dry weight.

Keywords: Mushroom cultivation; Coconut husk; Percentage of biological efficiency; Oyster mushroom

1. บทนำ

เห็ดเป็นอาหารที่ดีต่อสุขภาพ มีคุณค่าทางอาหารสูง มีปริมาณน้ำร้อยละ 80-90 โปรตีนร้อยละ 4-9 มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายและไฟเบอร์ร้อยละ 2-5 และยังเป็นแหล่งของวิตามินและเกลือแร่ เช่น วิตามินบี ทองแดง โพแทสเซียมและสังกะสี แต่มีปริมาณไขมันต่ำเพียงร้อยละ 0.25 (Ahlawat & Tewari, 2007) นอกจากนี้เห็ดยังมีฤทธิ์ทางยา เช่น ลดปริมาณคอเลสเตอรอล ลดปริมาณน้ำตาลในกระแสเลือด รักษาสมดุลของความดันโลหิต มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของไวรัส แบคทีเรีย เชื้อรา และพาราไซต์ ยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง และเสริมสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Cheung, 1998; Wu et al., 2011)

การเพาะเห็ดเป็นอุตสาหกรรมเกษตรที่สำคัญ เนื่องจากสามารถที่จะเปลี่ยนวัสดุที่ใช้แล้วจากภาคอุตสาหกรรมและการเกษตรเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าได้ จากข้อมูลของสำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติรายงานว่า ประเทศไทยสามารถผลิตเห็ดได้ 120,000 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่า 7,000 ล้านบาทต่อปี (Pichayanapatpong, 2017) โดยเห็ดที่มีการเพาะเลี้ยงกันได้แก่ เห็ดฟาง เห็ดหอม เห็ดนางรมขาว เห็ดนางฟ้า เห็ดภูฏาน เห็ดนางรมฮังการี เห็ดหูหนู เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดขอนขาว เห็ดเข็มทอง เห็ดโคนญี่ปุ่น เห็ดเออรินจิและเห็ดหลินจือ วัสดุหลักในการเพาะเห็ดในประเทศไทยได้แก่ ขี้เลื่อยไม้ยางพารา ฟางข้าวและทลายปาล์มน้ำมัน ปัจจุบันขี้เลื่อยไม้ยางพาราสำหรับการ

เพาะเห็ดมีราคาสูงถึง 1,800-2,500 บาทต่อตัน จึงทำให้การผลิตเห็ดมีต้นทุนที่สูงตามไปด้วย

ปัจจุบันมีความพยายามที่ลดต้นทุนการผลิตเห็ดด้วยการนำวัสดุทางการเกษตรและวัสดุใช้แล้วจากภาคอุตสาหกรรมและการเกษตรมาเพาะเห็ด เช่น ต้นกล้วย ผักตบชวา หญ้า ใสนุ่น ชานอ้อย แกลบ ใบมะพร้าว เศษผัก เปลือกผลไม้ กระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษแข็ง เป็นต้น (Baysal, Peker, Yalinkiliç, & Temiz, 2003; Das & Mukherjee, 2007; Kulshreshtha, Mathur, Bhatnagar, & Kulshreshtha, 2013; Mansour-Benamar, Savoie, & Chavant, 2013; Ninluam, Potiprasert, Romreun, & Bangyeekhun, 2016; Vijaykumar, John, & Ganesh, 2014; Yue-Lian & Qing-Fang, 2011)

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีศักยภาพในการผลิตกล้วยไม้ สามารถผลิตได้ถึง 45,000 ตันต่อปี โดยประเทศไทยมีส่วนแบ่งในการส่งออกกล้วยไม้สกุลหวายมากถึงร้อยละ 90 แหล่งผลิตกล้วยไม้ในสกุลหวายที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร กรุงเทพฯ ราชบุรี และนนทบุรี เนื่องจากมีสภาพอากาศเหมาะสม ใกล้เคียงน้ำ และมีการคมนาคมขนส่งที่สะดวก ในการปลูกกล้วยไม้สกุลหวายนิยมใช้กระบะกาบมะพร้าว โดยใช้ประมาณ 5,000 กระบะต่อไร่ (คิดเป็นน้ำหนักกาบมะพร้าว 7,500 กิโลกรัม/ไร่) โดยกระบะกาบมะพร้าวจะรื้อทิ้งทุก 4 ปี ดังนั้นกาบมะพร้าวที่ใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้จึงเป็นวัสดุทางการเกษตรที่จำเป็นต้องมีการจัดการ

กาบมะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้สามารถนำมาเพาะเห็ดเพื่อลดต้นทุนการผลิตก่อนเชื้อเห็ดได้ อย่างไรก็ตามเพื่อให้ได้ผลผลิตจำนวนมาก จำเป็นต้องศึกษาองค์ประกอบของสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเพาะเห็ด เนื่องจากองค์ประกอบของสูตรอาหารที่ใช้ใน

การเพาะเห็ดมีมาก การศึกษาปัจจัยที่มีค่าหลายระดับ หากเปรียบเทียบครั้งละปัจจัยทำให้ต้องทำการทดลองจำนวนมาก ทำให้เสียเวลาและงบประมาณ จึงได้มีการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล-เบอร์แมนและแบบส่วนประสมกลางเพื่อลดจำนวนการทดลองและสามารถศึกษาอิทธิพลของปัจจัยหลายๆ ปัจจัย ได้ในเวลาเดียวกัน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบองค์ประกอบของสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดนางรมขาวเมื่อใช้กาบมะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้เป็นวัสดุหลัก โดยการใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล ที่มีแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล-เบอร์แมนและแบบส่วนประสมกลาง โดยมีเป้าหมายเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตเห็ดและนำกาบมะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้มาใช้ให้เกิดประโยชน์

2. วิธีการ

2.1 จุลินทรีย์

นำเห็ดนางรมขาว (*Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kumm.) จากภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร มาเพาะเลี้ยงเส้นใยในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร potato dextrose agar (น้ำตาลมันฝรั่ง 200 กรัมต่อลิตร น้ำตาลกลูโคส 20 กรัมต่อลิตร และ วุ้น 15 กรัมต่อลิตร) เพาะเลี้ยงเส้นใยเชื้อเห็ดที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เก็บรักษาเชื้อเส้นใยเห็ดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.2 การเพาะเห็ดนางรมขาว

เตรียมหัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่าง โดยนำเมล็ดข้าวฟ่างมาแช่น้ำ 1 คืน คัดเอาเมล็ดเสียออก ต้มด้วยไฟอ่อน ๆ ให้พอสุก แต่ไม่ให้เมล็ดแตก เมื่อสุกดีแล้วให้นำไปกรองแยกน้ำออกไป ผึ่งให้เมล็ดข้าวฟ่างแห้งพอหมาด นำไปกรอกใส่ขวดแบนประมาณ 3/4

ของขวด อุดปากขวดด้วยสำลีและห่อด้วยกระดาษนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วจึงถ่ายเชื้อบริสุทธิ์เห็ดนางรมขาวจากอาหารวันลงในอาหารข้าวฟ่าง โดยใช้มีดผ่าตัดตัดชิ้นวันขนาด 5 x 5 มิลลิเมตร มาวางลงที่ด้านข้างของขวดแบนทั้ง 2 ข้าง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 วัน เส้นใยเห็ดจะเจริญเต็มขวด

การเตรียมวัสดุเพาะโดยผสมวัสดุตามสัดส่วนที่ระบุไว้ในแต่ละการทดลองให้เข้ากันดี เติมน้ำและผสมให้ได้ความชื้นร้อยละ 70 แล้วจึงบรรจุวัสดุเพาะในถุงพลาสติกทนความร้อน อัดให้แน่น แล้วจึงรวบปากถุง กดให้แน่นอีกครั้ง สวมคอพลาสติก อุดด้วย

สำลีและปิดด้วยฝาครอบพลาสติก นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งไว้ให้ถุงเย็น แล้วจึงเติมหัวเชื้อข้าวฟ่าง 10 กรัมลงในถุงเพาะ นำถุงไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส จนเส้นใยเจริญเต็มถุง แล้วจึงนำไปเปิดดอก

เมื่อนำถุงเห็ดมาไว้ในโรงเรือนเปิดดอก ให้เปิดฝาพลาสติกและนำสำลีออก วางถุงเห็ดในแนวนอน ซ่อนเป็นชั้น (ไม่เกิน 4 ชั้น) รดน้ำตอนเช้าและเย็น เพื่อรักษาให้โรงเรือนมีความชื้นในอากาศประมาณร้อยละ 80-90 การทดลองเก็บผลผลิตเห็ดภายในระยะเวลาเปิดดอก 70 วัน

Table 1 Substrates and supplies for oyster mushroom cultivation.

Substrate ratio	Substrates and supplies (parts by weight)							Weight of mushroom bag	
	The waste coconut husk from orchid cultivation	The Para-rubber wood sawdust	Rice barn	Gypsum	Epsom salt	Lime	water	Wet matter	Dry matter
100:0	100	0	5	2	0.2	1	1200	600	118
75:25	75	25	5	2	0.2	1	1000	900	176
50:50	50	50	5	2	0.2	1	950	900	201
25:75	25	75	5	2	0.2	1	900	900	217
0:100	0	100	5	2	0.2	1	800	900	456

2.3 การคัดเลือกสัดส่วนวัสดุพื้นฐานสำหรับการเพาะเห็ดนางรมขาว

กากมะพร้าวที่ใช้ในการทดลองเป็นวัสดุที่ใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้สกุลหวายเป็นเวลา

4 ปี และซีเลื่อยไม้ยางพาราเป็นวัสดุใหม่กำหนดสัดส่วนกากมะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้และซีเลื่อยไม้ยางพาราเพื่อใช้เป็นวัสดุพื้นฐาน 5 ระดับ ในอัตราส่วน 100:0,

75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 ผสมกับรำข้าว ยิปซัม ดีเกลือ ปูนขาวและน้ำ ดังใน Table 1 โดยแต่ละสูตรทำการทดลองจำนวน 15 ก้อน และบันทึกระยะเวลาการเดินเชื้อของเห็ดในก้อนเชื้อจนเต็มถุงระยะเวลาของการออกดอกเห็ดครั้งแรกและครั้งสุดท้าย จำนวนรอบของการออกดอก น้ำหนักดอกเห็ดสด น้ำหนักดอกเห็ดแห้งหลังจากการอบเห็ดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักแห้งคงที่ โดยเก็บดอกเห็ดในระยะดอกบาน (หมวกดอกเห็ดคล้ายขนมพาย) เป็นลอนหยัก) ซึ่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง และนำมาคำนวณค่าร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพ (percentage of biological efficiency) จากสูตร ร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพ = (น้ำหนักสดของดอกเห็ด/น้ำหนักแห้งของวัสดุเพาะ) x 100 (Andrade, Kopytowski-Filho, Minihoni, Coutinho, & Figueiredo, 2007)

2.4 การกลั่นกรองปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตเห็ดนางรมขาว

วางแผนการทดลองเพื่อคัดเลือกองค์ประกอบของวัสดุเพาะที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดด้วยแผนการทดลองแบบแฟกต์เรียล-เบอร์แมน จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 12 โดยมีปัจจัยที่ต้องการกลั่นกรอง 7 ปัจจัย ๆ ละ 2 ระดับ (ระดับต่ำและระดับสูง) ได้แก่ รำข้าว (ร้อยละ 0 และ 4) น้ำตาลทราย (ร้อยละ 0 และ 1) ปูนขาว (ร้อยละ 0 และ 1) ยิปซัม (ร้อยละ 0 และ 1) ดีเกลือ (ร้อยละ 0 และ 0.2) ยูเรีย (ร้อยละ 0 และ 0.25) และกากน้ำตาล (ร้อยละ 0 และ 3) ทำการเพาะเห็ดและนำผลผลิตเห็ดสดมาคำนวณค่าร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพ

2.5 การศึกษาปริมาณของรำข้าวและปูนขาวที่เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดนางรมขาว

ทำการออกแบบด้วยวิธีพินผิวดอบสนองโดยวางแผนการทดลองแบบส่วนประสมกลาง เพื่อนำมาใช้หาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดนางรมขาว โดยมีรำข้าวและปูนขาวเป็นปัจจัยที่ต้องการศึกษา เมื่อใช้ปริมาณรำข้าวร้อยละ 3-11 และปูนขาวร้อยละ 1-3 ของวัสดุพื้นฐาน ในการออกแบบส่วนประสมกลาง กำหนดให้มีการผันแปรในแต่ละปัจจัยเป็น 5 ระดับ โดยมี จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 13 (Table 4) ทำการเพาะเห็ดและนำผลผลิตเห็ดสดมาคำนวณค่าร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพ

2.6 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดนางรมขาวที่เพาะจากการใช้กากมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยง

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โยอาหารและเถ้า ของเห็ดนางรมขาวแห้งด้วยวิธีการของ AOAC (Latimer, 2016)

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

3.1 การคัดเลือกสัดส่วนวัสดุพื้นฐานสำหรับการเพาะเห็ดนางรมขาว

เมื่อทำการเพาะเห็ดนางรมขาวโดยใช้กากมะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้และซีลี้อย่างพาราและไนอตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 เป็นวัสดุพื้นฐาน โดยแต่ละสูตรทำการทดลองจำนวน 15 ก้อน พบว่า เส้นใยเจริญในวัสดุเพาะอัตราส่วน 0:100, 25:75 ใช้เวลาประมาณ 28 วัน แต่ในวัสดุเพาะอัตราส่วน 50:50, 75:25 และ 100:0 ใช้เวลาประมาณ 23 วัน เห็ดที่เจริญในวัสดุเพาะอัตราส่วน 25:75 มีจำนวนรอบของการออกดอกสูงสุด คือ 4 รอบ ในขณะที่วัสดุเพาะอัตราส่วนอื่น ๆ ให้จำนวนรอบของการออกดอกเฉลี่ยเท่ากับ 2.7-3.4 รอบ ระยะเวลาของการออกดอกเห็ดครั้งแรก

Table 2 Productivity of oyster mushroom cultivated on the waste coconut husk from orchid cultivation and the Para-rubber wood sawdust in different ratios.

Substrate ratio	Period for mycelium to colonizing substrate (days)	Amount of flushes	Period of the first fruiting after initiation Min-Max (Avarage) (days)	Period of the last fruiting after initiation Min-Max (Avarage) (days)	Fresh weight/bag (gram)	Dries weight/bag (gram)	Percentage biological efficiency
100:0	23.53 ± 1.25 ^a	3.27 ± 0.80 ^{ab}	3-13 (8.00 ± 2.88) ^{ab}	22-49 (36.73 ± 7.37) ^a	45.37 ± 6.62 ^a	5.47 ± 0.90 ^a	38.92 ± 5.50 ^a
75:25	23.13 ± 0.64 ^a	3.27 ± 1.28 ^{ab}	5-10 (6.93 ± 1.75) ^a	8-70 (43.20 ± 19.22) ^{ab}	75.38 ± 28.94 ^b	8.98 ± 3.56 ^b	49.62 ± 19.05 ^a
50:50	23.33 ± 0.72 ^a	3.40 ± 0.91 ^{ab}	6-10 (6.13 ± 1.25) ^a	18-69 (45.13 ± 15.87) ^{ab}	83.85 ± 16.33 ^b	9.33 ± 2.15 ^b	47.56 ± 9.26 ^a
25:75	28.27 ± 0.59 ^b	4.00 ± 0.93 ^b	8-16 (9.87 ± 3.31) ^b	32-70 (64.10 ± 10.60) ^c	149.26 ± 23.13 ^c	18.16 ± 2.47 ^c	67.20 ± 10.41 ^b
0:100	28.87 ± 1.06 ^b	2.73 ± 0.46 ^a	5-8 (5.87 ± 0.99) ^a	23-70 (53.60 ± 18.72) ^{bc}	170.18 ± 28.29 ^c	21.09 ± 2.55 ^d	43.47 ± 7.23 ^a

The values presented are the means and standard deviations of the experiments. There are no significant differences between

the points marked with the same letter ($p\text{-value} \leq 0.05$).

หลังจากเปิดดอกพบระหว่าง 3-16 วัน
ระยะเวลาของการออกดอกเห็นครั้งแรกเฉลี่ยเร็วสุด

พบในวัสดุเพาะอัตราส่วนของกากมะพร้าวที่เป็น
วัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ต่อขี้เลื่อยไม้

ยางพารา เท่ากับ 0:100 ที่ 5.87 ± 0.99 วันหลังจากเปิดดอก และเข้าสู่ตบในในวัสดุเพาะอัตราส่วน 25:75 ที่ 9.87 ± 3.31 วันหลังจากเปิดดอก ระยะเวลาของการออกดอกเห็ดครั้งสุดท้ายเฉลี่ยสั้นที่สุด พบในวัสดุเพาะอัตราส่วนของกาบมะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ต่อขี้เลื่อยไม้ยางพารา เท่ากับ 100:0 เท่ากับ 36.73 ± 7.37 วัน แต่ในวัสดุเพาะอัตราส่วนอื่น ๆ พบที่ 43.20-64.10 วัน ถึงแม้ว่าผลผลิตของเห็ดเฉลี่ยในวัสดุเพาะอัตราส่วน 0:100 จะให้ผลผลิตต่อถุงสูงสุด คือ 170.18 ± 28.29 กรัมต่อถุง แต่ให้ค่าเฉลี่ยร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพ เท่ากับ 43.47 ± 7.23 ในขณะที่ ในวัสดุเพาะอัตราส่วน 25:75 ให้ผลผลิตของเห็ดเฉลี่ยเป็นลำดับที่ 2 ของการทดลอง คือ 149.26 ± 23.13 กรัมต่อถุง แต่ให้ค่าเฉลี่ยร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพสูงสุด เท่ากับ 67.20 ± 10.41 (Table 1)

ค่าร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพแสดงประสิทธิผลของวัสดุเพาะต่อการให้ผลผลิตดอกเห็ดจากการทดลองพบว่า การเพาะเห็ดนางรมขาวโดยใช้กาบมะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้และขี้เลื่อยไม้ยางพาราในอัตราส่วน 25:75 ให้ค่าเฉลี่ยร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพสูงสุด จึงได้คัดเลือกวัสดุเพาะในอัตราส่วน 25:75 เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของขี้เลื่อยไม้ยางพาราและกาบมะพร้าวพบว่า ขี้เลื่อยไม้ยางพารามีปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 37.8 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 16.6 และลิกนินร้อยละ 27.6 (Inkrod, Raita, & Laosiripojana, 2017) กาบมะพร้าวมีปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 18.2 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 11.3 และลิกนินร้อยละ 53.1 (Ding, Hii, & Ong, 2012)

จึงเห็นได้ว่ากาบมะพร้าวมีปริมาณเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสน้อยกว่าขี้เลื่อยไม้ยางพารา จึงเป็นไปได้ว่าวัสดุเพาะที่มีการผสมกาบมะพร้าวในปริมาณมากมีองค์ประกอบที่เป็นสารอาหารแก่เห็ดนางรมขาวที่น้อยกว่า จึงทำให้มีผลผลิตของเห็ดที่น้อยกว่า จากการทดลองพบว่ากาบมะพร้าวมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำมากกว่าขี้เลื่อยไม้ยางพารา ทำให้วัสดุเพาะที่มีการผสมกาบมะพร้าวในปริมาณมากมีความชื้นสูงส่งผลให้ใช้เวลาในการเดินเชื้อของเห็ดในก้อนเชื้อจนเต็มถุงน้อยกว่าและการออกดอกเห็ดครั้งแรกเร็วกว่าสูตรที่มีกาบมะพร้าว น้อย (Table 2)

3.2 การกลั่นกรองปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตเห็ดนางรมขาว

ออกแบบการทดลองแบบแฟกต์เกิตต์-เบอร์แมน เพื่อกลั่นกรองปัจจัย 7 ปัจจัย ได้แก่ ราข้าว น้ำตาลทราย ปูนขาว ยิปซัม ดีเกลือ ยูเรียและกากน้ำตาล ที่มีผลต่อการผลิตเห็ดนางรมขาวโดยใช้กาบมะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้และขี้เลื่อยไม้ยางพาราในอัตราส่วน 25:75 เป็นวัสดุเพาะ พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพจาก 12 สิ่งทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง $19.357 \pm 3.576 - 72.305 \pm 17.444$ (Table 3) เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรมทางสถิติ พบว่า ราข้าวและปูนขาวส่งผลต่อร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p\text{-value} \leq 0.05$) ปัจจัยทั้งสองมีค่า effect เป็นบวกแสดงให้เห็นว่าปัจจัยทั้งสองนี้ส่งผลกระทบทางบวกและมีแนวโน้มที่สามารถเพิ่มความเข้มข้นได้อีก (Table 4) จึงนำปัจจัยทั้งสองไปใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนองโดยวางแผนการทดลองแบบส่วนประสมกลางต่อไป

Table 3 Plackett–Burman design for screening variables affecting the percentage of biological efficiency of oyster mushroom.

Run No.	Variable											Percentage biological efficiency
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	
1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	-1	40.102 ± 3.509
2	-1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	56.704 ± 5.961
3	+1	-1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	72.305 ± 17.444
4	-1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	43.720 ± 5.451
5	-1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	-1	54.201 ± 8.014
6	-1	-1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	26.488 ± 5.423
7	+1	-1	-1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	+1	45.646 ± 5.286
8	+1	+1	-1	-1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	42.785 ± 5.394
9	+1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	59.935 ± 15.275
10	-1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	-1	+1	+1	56.153 ± 2.945
11	+1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	-1	+1	65.242 ± 14.296
12	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	19.357 ± 3.576

Table 4 Regression coefficient results from Plackett-Burman data.

Variable	Effect	Coefficient	SE Coefficient	t-value	p-value
Constant		48.58	2.09	23.27	0.00
X1: Rice bran	11.51	5.76	2.09	2.76	0.05*
X2: Sucrose	2.64	1.32	2.09	0.63	0.56
X3: Quicklime	24.35	12.18	2.09	5.83	0.00*
X4: Gypsum	4.18	2.09	2.09	1.00	0.37
X5: Magnesium Sulfate	4.71	2.36	2.09	1.13	0.32
X6: Urea	0.37	0.18	2.09	0.09	0.93
X7: Molasses	4.44	2.22	2.09	1.06	0.34
S = 7.23304 R-sq = 91.91% R-sq (adj) = 77.75%					

* a significance level of 0.05 ($p\text{-value} \leq 0.05$)

จากแผนการทดลองดังกล่าวแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-sq) เท่ากับร้อยละ 91.91 แสดงให้เห็นว่าความผันแปรของร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพอธิบายได้โดยปัจจัยที่สนใจถึงร้อยละ 91.91 และ ปัจจัยอื่นที่ยังไม่ทราบอีกร้อยละ 8.09 (Table 4)

3.3 การศึกษาปริมาณของรำข้าวและปุนขาวที่เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดนางรมขาว

การออกแบบการทดลองด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนองโดยวางแผนการทดลองแบบส่วนประสมกลาง โดยมีรำข้าวและปุนขาวเป็นตัวแปรในการศึกษา มีจำนวน 13 สิ่งทดลอง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะเห็ดนางรมขาวโดยใช้กามะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้และซีลี้อยในอัตราส่วน 25:75 เป็นวัสดุพื้นฐาน ผลการทดลองให้ค่าร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพของเห็ดนางรมขาวจาก 13 สิ่งทดลอง แสดงใน Table 5 จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่สนใจ (รำข้าวและปุนขาว) และค่าประมาณของร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพของเห็ดนางรมขาวแสดงในรูปสมการกำลังสองได้สมการพยากรณ์ กำหนดโดย $Y = 65.29 + 4.13X_1 + 1.75X_2 - 0.53(X_1)^2 + 0.06(X_2)^2 - 0.46X_1X_2$ โดย Y คือ ค่าประมาณของค่าร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพของเห็ดนางรมขาว X_1 คือ ร้อยละของปริมาณรำข้าว และ X_2 คือ ร้อยละของปริมาณปุนขาว

จากผลการทดลองในส่วนของการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ค่าความไม่เหมาะสมของตัวแบบกำลังสองกับผลการทดลอง (Lack-of-Fit) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.12$) แสดงให้เห็นว่าการทดลองมีความเหมาะสมกับ quadratic model ที่ใช้ในการทดสอบ (Table 6)

การวิเคราะห์ estimated regression coefficient ของค่าร้อยละของประสิทธิภาพทาง

ชีวภาพของเห็ดนางรมขาวพบว่า รำข้าวและปุนขาวแสดงค่านัยสำคัญของปัจจัยที่มีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\text{-value} \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าทั้งรำข้าวและปุนขาวส่งผลต่อค่าร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพของเห็ดนางรมขาว และ ค่าสัมประสิทธิ์แห่งการกำหนด (R-sq) เท่ากับร้อยละ 93.68 แสดงให้เห็นว่าสมการสามารถนำไปใช้อธิบายความแปรปรวนร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพของเห็ดนางรมขาวได้ถึงร้อยละ 93.68 (Table 7)

ใช้สมการเพื่อสร้างกราฟโครงร่างและกราฟพื้นผิวเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรำข้าวและปุนขาวต่อค่าร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพของเห็ดนางรมขาวไม่สามารถหาจุดที่เหมาะสมที่ให้ค่าร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพสูงสุดได้ แต่จากการทดลองเมื่อใช้รำข้าวร้อยละ 11 และปุนขาวร้อยละ 2 ของวัสดุพื้นฐานให้ค่าร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพของเห็ดนางรมขาวสูงสุดเท่ากับ 71.51 และค่าร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพของเห็ดนางรมขาวจากการทำนายเท่ากับ 71.44 (Table 5)

รำข้าวเป็นอาหารเสริมที่เป็นทั้งแหล่งของคาร์บอนและไนโตรเจน การเสริมรำข้าวร้อยละ 10-40 ให้แก่วัสดุเพาะส่งผลให้ผลผลิตเห็ดเพิ่มมากขึ้น (Moonmoon et al., 2011; Oseni, Dube, Wahome, Masarirambi, & Earnshaw, 2012) ปุนขาวเป็นอาหารเสริมที่เป็นแหล่งของแคลเซียมและช่วยปรับค่าความเป็นกรดด่าง การทดลองของ Khan et al. (2013) พบว่าการเสริมปุนขาวร้อยละ 2 ให้แก่วัสดุเพาะช่วยให้เส้นใยเดินเร็วขึ้นและเพิ่มผลผลิตดอกเห็ด Ritota & Manzi (2019) ทำการรวบรวมผลการศึกษาการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อเพาะเห็ดในตระกูลนางรมนางฟ้าพบว่า การเพาะเห็ดนางรมขาวโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ซีลี้อย ฟางข้าว หญ้า ต้นข้าวโพด นุ่น เป็นต้น สามารถให้ค่าร้อยละของประสิทธิภาพ

Table 5 Experimental plan for optimization of the percentage of biological efficiency of oyster mushroom using central composite design (CCD).

Run	Coded variable		Natural variable		Percentage biological efficiency	
	X1: Rice bran	X2: Quicklime	X1: Rice bran	X2: Quicklime	Observed	Predicted
1	-1	-1	5	1.5	57.45	58.48
2	1	-1	9	1.5	67.73	67.66
3	-1	1	5	2.5	60.53	62.91
4	1	1	9	2.5	68.86	70.24
5	-2	0	3	2	56.00	54.92
6	2	0	11	2	71.51	71.44
7	0	-2	7	1	61.88	62.02
8	0	2	7	3	70.34	69.04
9	0	0	7	2	67.33	65.29
10	0	0	7	2	65.94	65.29
11	0	0	7	2	65.05	65.29
12	0	0	7	2	64.56	65.29
13	0	0	7	2	65.89	65.29

Table 6 Analysis of variance for the experimental results of the central composite design (quadratic model).

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj Ms	t-value	p-value
Regression	5	249.89	249.89	49.98	20.76	0.00*
Linear	2	241.53	241.53	120.77	50.17	0.00*
Square	2	7.51	7.51	3.75	1.56	0.28
Interaction	1	0.86	0.86	0.86	0.36	0.57
Residual Error	7	16.85	16.85	2.41		
Lack-of-Fit	3	12.39	12.39	4.13	3.71	0.12
Pure Error	4	4.46	4.49	1.12		
Total	12	266.74				

* a significance level of 0.05 ($p\text{-value} \leq 0.05$)

Table 7 Regression coefficient estimates for the percentage of biological efficiency of oyster mushroom.

Term	Coefficient	SE Coefficient	t-value	p-value
Constant	65.29	0.64	101.35	0.00
Rice bran (X_1)	4.13	0.45	9.22	0.00*
Quicklime (X_2)	1.75	0.45	3.92	0.01*
X_1^2	-0.53	0.32	-1.63	0.86
X_2^2	0.06	0.32	0.19	0.86
X_1X_2	-0.46	0.78	-0.60	0.57

S = 1.55148 R-Sq = 93.68% R-Sq(adj) = 89.17%

* a significance level of 0.05 ($p\text{-value} \leq 0.05$)

ทางชีวภาพระหว่าง 11.5-137.2 ซึ่งในการทดลองนี้ เพาะเห็ดนางรมขาวในกาบมะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้ แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้และซีเลื่อยไม้ ยางพาราในอัตราส่วน 25:75 ที่ผสมรำข้าวร้อยละ 11 และ ปุ๋ยขาวร้อยละ 2 ให้ค่าร้อยละของ ประสิทธิภาพทางชีวภาพ เท่ากับ 71.51

3.4 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดนางรมขาวที่เพาะโดยใช้กาบมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเห็ดนางรมขาวที่เพาะโดยใช้กาบมะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้และซีเลื่อยไม้ยางพาราในอัตราส่วน 25:75 ตามวิธีการของ AOAC (Latimer, 2016) พบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 16.09 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 68.73 ไขมันร้อยละ 1.16 โยอาหารร้อยละ 37.40 และเถ้าร้อยละ 5.87 ของน้ำหนักแห้ง

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของเห็ดนางรมขาวที่เพาะในซีเลื่อยจากไม้ต่าง ๆ (Ahmed, Abdullah, Ahmed, & Bhuyan, 2013; Koutrotsios, Mountzouris, Chatzipavlidis, & Zervakis, 2014; Yamauchi et al., 2019) ชั่งข้าวโพด ชานอ้อย (Hoa, Wang, & Wang, 2015) เปลือกอัลมอน

เปลือกวอลนัท กากมะกอกและทะลายอินทผาลัม (Koutrotsios, Mountzouris, Chatzipavlidis, & Zervakis, 2014) พบว่า มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 15.41-43.80 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 29.20-73.56 และไขมันร้อยละ 1.50-4.10 ของน้ำหนักแห้ง เห็ดนางรมขาวที่เพาะโดยใช้กาบมะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้และซีเลื่อยไม้ยางพาราในอัตราส่วน 25:75 ของการทดลองนี้ จัดว่ามีปริมาณโปรตีนและไขมันในระดับต่ำและ คาร์โบไฮเดรตในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองอื่น ๆ

4. สรุป

การเพาะเห็ดนางรมขาวโดยใช้กาบมะพร้าวที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้และซีเลื่อยไม้ยางพาราในอัตราส่วน 25:75 ให้ค่าเฉลี่ยร้อยละของประสิทธิภาพทางชีวภาพของเห็ดนางรมขาวเท่ากับ 67.20 การคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตเห็ดนางรมขาวด้วยแผนการทดลองแบบ แฟลคเกิร์ต-เบอร์แมนพบว่า รำข้าวและปุ๋ยขาวเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการเพาะเห็ด ทำการศึกษาปริมาณรำข้าวและปุ๋ยขาวที่เหมาะสมต่อการผลิตเห็ดด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนองโดยการวางแผนการ

ทดลองแบบส่วนประสมกลางพบว่า การเสริมรำข้าว ร้อยละ 11 และ ปุ๋ยขาวร้อยละ 2 เมื่อใช้กากมะพร้าว ที่เป็นวัสดุใช้แล้วจากการเพาะเลี้ยงกัลยไม้และซี เลื่อยไม้ยางพาราในอัตราส่วน 25:75 เป็นวัสดุเพาะ เห็ดนางรมขาวให้ค่าร้อยละของประสิทธิภาพทาง ชีวภาพของเห็ดนางรมขาวเท่ากับ 71.51 เห็ด นางรมขาวที่เพาะได้มีโปรตีน ร้อยละ 16.09 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 68.73 ไขมันร้อยละ 1.16 โย อาหารร้อยละ 37.40 และเถ้าร้อยละ 5.87 ของ น้ำหนักแห้ง

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณเอกณัฐ คุ เจริญชัยมานที (มานะ ออร์คิด ฟาร์ม จ.นครปฐม) สำหรับการอนุเคราะห์กากมะพร้าวจากการ เพาะเลี้ยงกัลยไม้ โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุน การวิจัยจากสำนักงานบริหารการวิจัย นวัตกรรม และการสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (ทุนเลขที่ SURDI 62/02/36)

6. References

Ahlatwat, O. P., & Tewari, R. P. (2007). *Cultivation technology of paddy straw mushroom (Volvariella volvacea)* (Vol. 36). India: National Research Centre for Mushroom.

Ahmed, M., Abdullah, N., Ahmed, K. U., & Bhuyan, M. H. M. B. (2013). Yield and nutritional composition of oyster mushroom strains newly introduced in Bangladesh. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(2), 197-202.

Andrade, M. C. N. D., Kopytowski-Filho, J., Minhoni, M. T. D. A., Coutinho, L. N., &

Figueiredo, M. B. (2007). Productivity, biological efficiency, and number of *Agaricus blazei* mushrooms grown in compost in the presence of *Trichoderma* sp. and *Chaetomium olivacearum* contaminants. *Brazilian Journal of Microbiology*, 38(2), 243-247.

Baysal, E., Peker, H., Yalinkiliç, M. K., & Temiz, A. (2003). Cultivation of oyster mushroom on waste paper with some added supplementary materials. *Bioresource Technology*, 89(1), 95-97.

Cheung, P. C. K. (1998). Plasma and hepatic cholesterol levels and fecal neutral sterol excretion are altered in hamsters fed straw mushroom diets. *The Journal of Nutrition*, 128(9), 1512-1516.

Das, N., & Mukherjee, M. (2007). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on weed plants. *Bioresource Technology*, 98(14), 2723-2726.

Ding, T. Y., Hii, S. L., & Ong, L. G. A. (2012). Comparison of pretreatment strategies for conservation of coconut husk fiber to fermentable sugar. *BioResources*, 7(2), 1540-1547.

Hoa, H. T., Wang, C. L., & Wang, C. H. (2015). The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology*, 43(4), 423-434.

Inkrod, C., Raita, M., & Laosiripojana, N. (2017). Characteristics of lignin extracted from pararubber wood sawdust via organosolv

- fractionation. *Journal of Sustainable Energy & Environment*, 8, 71-76.
- Khan, M. W., Ali, M. A., Khan, N. A., Khan, M. A., Rehman, A., & Javed, N. (2013). Effect of different levels of lime and pH on mycelial growth and production efficiency of oyster mushroom (*Pleurotus* spp.). *Pakistan Journal of Botany*, 45(1), 297-302.
- Koutrotsios, G., Mountzouris, K. C., Chatzipavlidis, I., & Zervakis, G. I. (2014). Bioconversion of lignocellulosic residues by *Agrocybe cylindracea* and *Pleurotus ostreatus* mushroom fungi - assessment of their effect on the final product and spent substrate properties. *Food Chemistry*, 161, 127-135.
- Kulshreshtha, S., Mathur, N., Bhatnagar, P., & Kulshreshtha, S. (2013). Cultivation of *Pleurotus citrinopileatus* on handmade paper and cardboard industrial wastes. *Industrial Crops and Products*, 41, 340-346.
- Latimer, G. W. (2016). *Official Methods of Analysis of Office Analytical Chemistry International*. 20th Edition. Rockville, Maryland, U.S.A.: AOAC INTERNATIONAL.
- Mansour-Benamar, M., Savoie, J. M., & havant, L. (2013). Valorization of solid olive mill wastes by cultivation of a local strain of edible mushrooms. *Comptes rendus Biologies*, 336(8), 407-415.
- Moonmoon, M., Shelly, N. J., Khan, M. A., Uddin, M. N., Hossain, K., Tania, M., & Ahmed, S. (2011). Effects of different levels of wheat bran, rice bran and maize powder supplementation with saw dust on the production of shiitake mushroom (*Lentinus edodes* (Berk.) Singer). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 18(4), 323-328.
- Murugesan, A. G., Vijayalakshmi, G. S., Sukumaran, N., & Mariappan, C. (1995). Utilization of water hyacinth for oyster mushroom cultivation. *Bioresource Technology*, 51(1), 97-98.
- Ninluam, N., Potiprasert, W., Romreun, U., & Bangyeekhun, E. (2016). Cultivation of Lingzhi mushroom, *Ganoderma lucidum*, by using sugarcane bagasse. *Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University*, 3(6), 2408-1248.
- Oseni, T. O., Dube, S. S., Wahome, P. K., Masarirambi, M. T., & Earnshaw, D. M. (2012). Effect of wheat bran supplement on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on fermented pine sawdust substrate. *Experimental Agriculture & Horticulture*, 1(2), 30-40.
- Pichayanapatpong, S. (2017). Production and distribution management of different sizes of mushroom farms in Chiang Mai province. (Master of Science (Agribusiness)). Chiang Mai University. Faculty of Agriculture. Department of Agricultural Economy and Development. (in Thai).
- Ritota, M., & Manzi, P. (2019). *Pleurotus* spp. cultivation on different agri-food by-products: Example of biotechnological application. *Sustainability*, 11(18), e5049.
- Vijaykumar, G., John, P., & Ganesh, K. (2014). Selection of different substrates for the

- cultivation of milky mushroom (*Calocybe indica* P & C). *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 13(2), 434-436.
- Wu, J. Y., Chen, C. H., Chang, W. H., Chung, K. T., Liu, Y. W., Lu, F. J., & Chen, C. H. (2011). Anti-cancer effects of protein extracts from *Calvatia lilacina*, *Pleurotus ostreatus* and *Volvariella volvacea*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Article ID 982368, e10.
- Yamauchi, M., Sakamoto, M., Yamada, M., Hara, H., Mat-Taib, S., Rezania, S., ... Mohd-Hanafi, F. H. (2019). Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on fermented moso bamboo sawdust. *Journal of King Saud University- Science*, 31(4), 490-494.
- Yue-Lian, L., & Qing-Fang, L. (2011). Identification and cultivation of a wild mushroom from banana pseudo-stem sheath. *Scientia Horticulturae*, 129(4), 922-925.