วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 5(1):203-215
J. Agri. Prod. 2023

การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในท้องถิ่นสำหรับการผลิตเห็ดนางรม (*Pleurotus osteatus*)

Utilization of Local Agricultural Wastes for the Production of Oyster Mushrooms (*Pleurotus osteatus*)

เจนจิรา นามี* และ เพ็น เสียะ

Janejira Namee* and Phen Seak

หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 13180

Bachelor of Science, Program of Agricultural, Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, Pathum Thani, 13180

* Corresponding author: Janejira.na@vru.ac.th

(Received: 6 October 2022; Revised: 22 November 2022; Accepted: 10 January 2023)

Abstract

The management of local agricultural waste is important to reduce the impact on the environment and also encourage farmers to have more income. The objective of this research was to study the production of oyster mushroom (*Pleurotus osteatus*) by using 3 types of local agricultural waste as follows: rubber wood sawdust, rice straw, and sugarcane leaves as substrate materials. The experimental group was divided into 6 groups according to the mix ratio of the substrate material as follows: 1) rubber wood sawdust 100:0 (control group) 2) rice straw 100:0 3) sugarcane leaves 100:0 4) sugar cane leaves mixed with rice straw 75:25 5) sugar cane leaves mixed with rice straw 50:50 and 6) sugar cane leaves mixed with rice straw 25:75. All groups of substrate material added rice bran, gypsum plaster powder, lime and epsom salt at the ratio of 6, 2, 1 and 0.2 kg/100 kg of substrate material, packed in a 10×15 inch plastic bag, weighing 900 grams/bag. The results showed that the days of complete mycelium running in spawn in all experimental groups were not statistically different (p>0.05). The group of sugar cane leaves mixed with rice straw 75:25 had the highest average individual weight of the fruiting body at 5.89 grams,

the highest stalk length at 6.42 cm. and the highest cap diameter at 6.18 cm. (p<0.05). In addition, the biological efficiency of the rubber wood sawdust 100:0 was the highest at 27.67%, followed by sugarcane leaves mixed with rice straw 75:25 and sugar cane leaves mixed with rice straw 50:50 at 19.44% and 19.89%, respectively. The nutritive value of the oyster mushroom found that the sugar cane leaves mixed with rice straw (50:50) had the highest dry matter, crude fiber and ash at 8.35%, 19.87% and 10.65%, respectively. Therefore, sugar cane leaves mixed with rice straw 75:25 result in size, weight and the perfection of the fruiting body meets the market demands. It is an interesting alternative agricultural waste to reduce the production cost of farmers.

Keywords: Oyster mushrooms, agricultural waste, substrate material

บทคัดย่อ

การจัดการวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในท้องถิ่นเป็นเรื่องสำคัญเพื่อลดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังส่งเสริมให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตเห็ดนางรม (*Pleurotus osteatus*) โดยใช้วัสดุเพาะจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีในท้องถิ่น 3 ชนิดคือ ขี้เลื่อยไม้ยางพารา ฟางข้าว และใบอ้อย เป็นวัสดุเพาะเห็ด แบ่งกลุ่มการทดลองตามอัตราส่วนผสมของวัสดุเพาะออกเป็น 6 กลุ่มดังนี้ 1) ขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100:0 (กลุ่มควบคุม) 2) ฟางข้าว 100:0 3) ใบอ้อย 100:0 4) ใบอ้อยผสมฟางข้าว 75:25 5) ใบอ้อยผสมฟางข้าว 50:50 และ 6) ใบอ้อยผสมฟางข้าว 25:75 โดยวัสดุเพาะทุกกลุ่มเติมรำละเอียด ยิปซั่ม ปูนขาว และดีเกลือ ในอัตราส่วน 6, 2, 1 และ 0.2 กิโลกรัม/วัสดุเพาะ 100 กิโลกรัม บรรจุใส่ถุงพลาสติกขนาด 10×15 นิ้ว น้ำหนัก 900 กรัม/ถุง ผลการทดลองพบว่าจำนวนวันที่เส้นใยเจริญเต็มถุงของทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) โดยวัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว อัตราส่วน 75:25 มีน้ำหนักดอกเห็ดเฉลี่ยสูงสุด 5.85 กรัม/ดอก ก้านชูดอกเห็ดมีความยาวเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 6.42 เซนติเมตร และหมวกดอกเห็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุดเท่ากับ 6.18 เซนติเมตร (p<0.05) นอกจากนี้ค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยาพบว่าวัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100:0 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 27.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ วัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว 75:25 และใบอ้อยผสมกับฟางข้าว 50:50 มีค่าเท่ากับ 19.44 เปอร์เซ็นต์ และ 19.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ด้านคุณค่าทางโภชนะของเห็ดนางฟ้าพบว่าวัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว (50:50) มีปริมาณของวัตถุแห้ง เยื่อใย และเถ้า สูงสุดที่ 8.35 เปอร์เซ็นต์ 19.87 เปอร์เซ็นต์ และ 10.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นวัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว ในอัตราส่วน 75:25 ส่งผลให้ขนาด น้ำหนัก และความสมบูรณ์ของดอกเห็ด ตรงกับความต้องการของตลาด จึงจัดเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอีกทางเลือกที่น่าสนใจในการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร

คำสำคัญ: เห็ดนางรม วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร วัสดุเพาะ

คำนำ

ประเทศไทยพื้นที่ส่วนใหญ่ทำการเกษตร โดยเฉพาะการปลูกข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต จะเหลือเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมากถึง 43 ล้านตันต่อปี เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรส่วนใหญ่เกษตรกรมักนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์สำหรับปศุสัตว์ และอุตสาหกรรมปุ๋ยหมัก ส่วนที่เหลือยังคงถือว่าเป็นของเสียที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ ส่วนใหญ่จะกำจัดทิ้งโดยวิธีการเผา ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ (สามารถ, 2563) อย่างไรก็ตามของเสียจากการทำเกษตรหรืออุตสาหกรรมเกษตรเหล่านี้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุในการเพาะเห็ดได้ เนื่องจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้มีองค์ประกอบของลิกโนเซลลูโลสสูง (Valverde *et al*., 2015) นอกจากนี้การนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ในการเพาะเห็ดยังสามารถลดรายจ่าย เพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร และสร้างโอกาสการจ้างงานโดยเฉพาะสำหรับเยาวชน และบุคคลว่างงานที่สนใจการเพาะเห็ดได้อีกด้วย ซึ่งการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดจะส่งผลโดยตรงต่อความยั่งยืน และการพัฒนาของประเทศ

เห็ดมีความสามารถในการย่อยสลายวัสดุลิกโนเซลลูโลสด้วยเอนไซม์ (Kumla *et al*., 2020) ในประเทศไทยเห็ดนางรม (*Pleurotus osteatus*) เป็นเห็ดที่นิยมรับประทานมากที่สุดเนื่องจากมีรสชาติดี เนื้อไม่เหนียว มีคุณค่าทางโภชนาการที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ประกอบด้วยโปรตีนประมาณร้อยละ 27.23 ไฟเบอร์ร้อยละ 26.28 เถ้าร้อยละ 9.08 และยังประกอบด้วยไขมันร้อยละ 3.07 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 37.69 ส่วนวิตามินที่พบ เช่น วิตามินดี วิตามินซี วิตามินบี 1 วิตามินบี 5 และวิตามินบี 6 (Dicks and Ellinger, 2020) ในธรรมชาติเห็ดนางรมสามารถเจริญเติบโตบนพื้นผิวที่หลากหลาย ปรับตัวกับสภาพอากาศอากาศได้ดี (Ferdousi *et al*., 2019) จากงานวิจัยการศึกษาศักยภาพการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในการเพาะเห็ดนางรม ได้แก่ เศษฝ้าย ฟางข้าวสาลี ฟางข้าว ชานอ้อย ใบอ้อย และซังข้าวโพด พบว่าวัสดุเพาะฟางข้าว ชานอ้อย ใบอ้อย และซังข้าวโพดให้ผลผลิตเทียบเท่ากับการใช้วัสดุเพาะขี้เลื่อย (Dewany *et al*., 2018) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีในท้องถิ่นสำหรับการผลิตเห็ดนางรม ทดแทนวัสดุเพาะเดิมขี้เลื่อยไม้ยางพาราเพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต และลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรใช้เป็นแนวทางเพื่อการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

การแยกเชื้อเห็ดบริสุทธิ์

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง Potato dextrose agar (PDA) นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และแยกเชื้อจากดอกเห็ดที่มีลักษณะสมบูรณ์ โดยใช้มีดตัดเนื้อเยื่อภายในบริเวณรอยเชื่อมระหว่างก้านดอกกับหมวกดอก วางบนอาหารด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส จากนั้นย้ายเส้นใยที่เจริญแล้วลงอาหารใหม่ จะได้หัวเชื้อบริสุทธิ์บนอาหารแข็ง PDA

การเตรียมหัวเชื้อในเมล็ดข้าวฟ่าง

นำเมล็ดข้าวฟ่างมาทำความสะอาดแช่น้ำทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืน และนำไปต้มจนเมล็ดข้าวฟ่างสุก 1 ใน 4 ส่วนของปริมาณข้าวฟ่าง โดยสังเกตได้จากเมล็ดที่มีลักษณะพองและมีรอยปริแตกเล็กน้อย และไม่ควรต้มจนเมล็ดข้าวฟ่างพองบาน เพราะ

จะทำให้เมล็ดข้าวฟ่างเละเกินไปใช้เลี้ยงเชื้อได้ไม่ค่อยดี ผึ่งให้เมล็ดข้าวฟ่างแห้งจากนั้นบรรจุใส่ขวดแก้วปิดฝาขวด นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที พักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำหัวเชื้อเห็ดบริสุทธิ์บนอาหารแข็ง PDA อายุ 5 วันมาตัดให้ได้ชิ้นวุ้นที่มีเส้นใยและมีรูปร่างสี่เหลี่ยมขนาด 1×1 เซนติเมตร วางด้านที่มีเส้นใยสัมผัสกับเมล็ดข้าวฟ่าง ปิดฝาขวด บ่มที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นำไปหยอดเชื้อเมื่ออายุ 10 วันหรือจนกว่าเส้นใยเจริญคลุมเมล็ดข้าวฟ่างทั้งหมด

การเตรียมวัสดุเพาะเห็ด

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ตามอัตราส่วนของวัสดุหลักได้แก่ ขี้เลื่อยยางพารา ฟางข้าว และใบอ้อย จำนวน 6 กลุ่ม 3 ซ้ำ ดังนี้ (T1) ขี้เลื่อยไม้ยางพารา (RWS) อัตราส่วน 100:0 เปอร์เซ็นต์ (กลุ่มควบคุม), (T2) ฟางข้าว (RS) อัตราส่วน 100:0 เปอร์เซ็นต์, (T3) ใบอ้อย (SL) อัตราส่วน 100:0 เปอร์เซ็นต์, (T4) ใบอ้อย+ฟางข้าว อัตราส่วน 75:25 เปอร์เซ็นต์, (T5) ใบอ้อย +ฟางข้าว อัตราส่วน 50:50 เปอร์เซ็นต์ และ (T6) ใบอ้อย+ฟางข้าว อัตราส่วน 25:75 เปอร์เซ็นต์ ทุกอัตราส่วนเติมรำละเอียด ยิปซั่ม ปูนขาว และดีเกลือ ในอัตราส่วน 6, 2, 1 และ 0.2 กิโลกรัม/วัสดุเพาะหลัก 100 กิโลกรัม ตามลำดับ สับฟางข้าวแห้ง ขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร ด้วยเครื่องสับย่อย นำฟางข้าวที่สับย่อยแล้ว แช่น้ำทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำฟางขึ้นจากน้ำแช่ พักไว้ให้พอหมาด นำมากองเป็นกองเตี้ย คลุกผสมกับส่วนผสมทั้งหมดผสมให้เข้ากัน (Figure 1) คลุมด้วยผ้ายางเป็นเวลา 3 วัน โดยกลับกองทุก ๆ 1 วัน เพื่อหมักฟางให้อ่อนนุ่ม เมื่อครบกำหนดนำวัสดุเพาะที่เตรียมบรรจุใส่ถุงพลาสติกสำหรับเพาะเห็ดขนาด 10×15 นิ้ว โดยบรรจุวัสดุเพาะน้ำหนัก 900 กรัมต่อถุง จำนวนสูตรละ 20 ถุง จากนั้นอัดก้อนให้แน่นพอประมาณ ใส่คอขวดพลาสติก ดึงถุงให้ตึงปิดจุก นำก้อนวัสดุเพาะไปนึ่ง

Figure 1 Substrate ratio: (T1) Rubber wood sawdust: RWS (100:0), (T2) Rice straw: RS (100:0), (T3) Sugarcane-leaf: SL (100:0), (T4) SL+RS (75:25), (T5) SL+RS (50:50), (T6) SL+RS (25:75)

ฆ่าเชื้อโดยหม้อนึ่งแบบไม่อัดความดันที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ทิ้งไว้จนหม้อนึ่งเย็นนำก้อนออกมาพักสำหรับขยายเชื้อเห็ดลงก้อนต่อไป (วัสดุเพาะใบอ้อยการเตรียมทำเช่นเดียวกับฟางข้าว) การหยอดเชื้อเมล็ดข้าวฟ่างลงก้อนเชื้อเห็ดโดยเทคนิคปลอดเชื้อ หยอดเชื้อก้อนละประมาณ 20 เมล็ด แล้วปิดจุกทันที บ่มก้อนที่อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส เมื่อเชื้อเจริญเต็มก้อนนำไปเปิดดอกในโรงเรือน ในวัสดุเพาะแต่ละชนิดมีองค์ประกอบของวัสดุดังนี้ 1) ฟางข้าวมีส่วนประกอบหลักเซลลูโลส 30 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 50 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน 15 เปอร์เซ็นต์ 2) ขี้เลื่อยไม้ยางพารามีส่วนประกอบหลักเซลลูโลส 40-50 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 24-40 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน 18-25 เปอร์เซ็นต์ 3) ใบอ้อยส่วนประกอบหลักเซลลูโลส 25-40 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 35-40 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน 30-40 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น (รัชพล, 2558; Cheung and Anderson, 1997)

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของเส้นใย ผลผลิตและคุณภาพของดอกเห็ดนางรม

เก็บข้อมูลอัตราการเจริญของเส้นใย โดยการประเมินการเจริญเติบโตของเส้นใยบนก้อนทุก 4, 8, 12 และ 15 วัน จำนวน 20 ก้อน โดยประเมินด้วยสายตา เมื่อเปิดดอกเห็ดทำการเก็บผลผลิตและคุณภาพของดอกเห็ด ได้แก่ น้ำหนักสด ขนาดดอก ความยาวก้านดอก และจำนวนดอกเฉลี่ยต่อ 1 ช่อ และประสิทธิภาพทางชีวภาพของวัสดุเพาะ (Biological efficiency; BE) (Prasad *et al*., 2018)

$$\text{ค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยา (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสดดอกเห็ด}}{\text{น้ำหนักแห้งของวัสดุเพาะ}} \times 100$$

วิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร

วิธีการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารด้วยวิธี proximate analysis ตามวิธีการของ AOAC (1995) ได้แก่ ความชื้น (Moisture) เยื่อใยรวม (Crude fiber) โปรตีน (Protein) และเถ้า (Ash)

แผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Fisher's Least Significant Difference; LSD ($p<0.05$) ด้วยโปรแกรม Statistical Package for the Social Science for Windows (SPSS) version 22

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การเจริญของเส้นใยบนวัสดุเพาะหลังจากหยอดเชื้อระยะเวลา 4 วัน พบว่ามีการเจริญของเส้นใยเพิ่มขึ้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ที่ระยะเวลา 8, 12 และ 15 วัน พบว่าการเจริญของเส้นใยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่ระยะเวลา 15 วัน วัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว (25:75) มีการเจริญของเส้นใยสูงสุด 67.24 เปอร์เซ็นต์ และวัสดุเพาะใบอ้อย (100:0) มีการเจริญของเส้นใยน้อยที่สุด 58.73 เปอร์เซ็นต์ วัสดุเพาะที่ใช้ระยะเวลาในการเจริญของเส้นใยจนเต็มวัสดุเพาะน้อยที่สุด คือ วัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว (25:75) ใช้เวลา 16.91 วัน (Table 1) ซึ่งการเจริญและพัฒนาของเส้นใยจนกระทั่งเป็นดอกเห็ดมีความแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากวัสดุที่ใช้เพาะแตกต่างกัน โดยในวัสดุเพาะแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบของปริมาณของอัลฟาเซลลูโลส (alpha-cellulose),

เฮมิเซลลูโลส (hemi-cellulose) และลิกนิน (lignin) ในปริมาณที่เหมาะสมช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและการพัฒนาของเส้นใย แต่ในทางกลับกันถ้าในวัสดุเพาะเห็ดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (phenolics หรือ phenolic compounds) จะชะลอการเจริญและการพัฒนาของเส้นใย (Wang *et al.,* 2001) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าหลังจากหยอดเชื้อเป็นระยะเวลา 8 วัน การเจริญและพัฒนาการของเส้นใยสูงที่สุดพบที่วัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา (100:0) เนื่องมาจากในขี้เลื่อยไม้ยางพารามีปริมาณสารอาหารที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตในช่วงเริ่มต้นภายหลังการหยอดเชื้อ แม้ว่าการเจริญเติบโตและพัฒนาการของเส้นใยน้อยที่สุดจะพบที่วัสดุเพาะใบอ้อย (100:0), ใบอ้อยผสมฟางข้าว (25:75) และใบอ้อยผสมฟางข้าว (75:25) ซึ่งสอดคล้องกับผลทดลองของ Morzina *et al.* (2022) รายงานว่าในวัสดุเพาะเห็ดที่เป็นใบอ้อย หรือฟางข้าวมีอัตราการเจริญและพัฒนาการของเส้นใยต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุเพาะที่ใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา แต่วัสดุเพาะใบอ้อย หรือฟางข้าวจะใช้เวลาในการเจริญจนเต็มวัสดุเพาะน้อยที่สุด รายงานของ Sardara *et al.* (2017) วัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา และฟางข้าวทำให้มีการเจริญเติบโตและพัฒนาของเส้นใยที่ดีภายหลังจากการหยอดเชื้อ ในการศึกษาของ Sardar *et al.* (2020) รายงานการเจริญและพัฒนาของเส้นใยของเชื้อเห็ดนางรมหลวง หรือเห็ดออรินจิ (*Pleurotus eryngii*) อย่างรวดเร็วภายหลังจากการหยอดเชื้อบนวัสดุที่ใช้เพาะเป็นฟางข้าว ซึ่งอาจเนื่องมาจากความผันแปรของวัสดุเพาะและชนิดของเห็ดที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งในการศึกษานี้เห็ดนางรมให้จำนวนดอกเห็ดมากที่สุดในวัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา (100:0) และใบอ้อยผสมฟางข้าว (25:75) เนื่องมาจากส่วนผสมนี้มีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในปริมาณที่สูงกว่า ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโต และการพัฒนาของเห็ดนางรม

Table 1 Percent mycelial growth of oyster mushroom on different local agricultural waste substrates

Treatments	Percent (%) Mycelium growth				Complete Mycelium Running in Spawn
	4	8	12	15	
RWS (100:0)	9.42^{a}	28.14^{a}	30.74^{bc}	60.37^{b}	28.14^{c}
RS (100:0)	8.10^{a}	20.78^{b}	37.89^{b}	60.41^{b}	20.78^{b}
SL (100:0)	9.78^{a}	16.91^{c}	35.78^{b}	58.73^{c}	17.65^{a}
SL+RS (75:25)	8.47^{a}	18.35^{c}	43.12^{a}	60.23^{b}	18.35^{a}
SL+RS (50:50)	8.98^{a}	20.10^{b}	34.55^{b}	60.47^{b}	20.10^{b}
SL+RS (25:75)	9.14^{a}	17.65^{c}	48.54^{a}	67.24^{a}	16.91^{a}
F-test	>0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
%CV	0.32	14.00	34.28	7.56	14.01

Remarks: The means with the same column do not differ significantly as per LSD test (p<0.05); RWS: Rubber wood sawdust; RS: Rice straw; SL: Sugarcane-leaf

เมื่อเส้นใยเจริญเติบโตจนเต็มวัสดุเพาะแล้ว จึงนำก้อนเห็ดย้ายไปในโรงเรือนที่ใช้สำหรับการเปิดดอก ภายในโรงเรือนจะควบคุมอุณหภูมิที่ 28-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-90 เปอร์เซ็นต์ หลังจาก 5 วัน ก้อนเห็ดจะเริ่มออกดอกในระยะแรก จากการทดลองพบว่าดอกเห็ดที่ออกในรุ่นที่ 1 วัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา (100:0) ให้ดอกเห็ดมากที่สุดจำนวน 12.15 ดอก/ก้อน วัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว (25:75) ให้ดอกเห็ดรองลงมาจำนวน 11.25 ดอก/ก้อน และการออกดอกเห็ดรุ่นที่ 2 วัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา (100:0) ให้ดอกเห็ดมากที่สุดจำนวน 10.24 ดอก/ก้อน และรองลงมาวัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว (25:75) ให้ดอกเห็ดจำนวน 10.10 ดอก/ก้อน จากการนับจำนวนดอกเห็ดเฉลี่ย พบว่าวัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา (100:0) และวัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว (25:75) ทั้ง 2 รุ่นมีจำนวนดอกเห็ดที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 2)

Table 2 Number of fruiting body Per Packet of oyster mushroom on different local agricultural waste substrates

Treatments	Number of Fruiting Bodies Per Packet	
	1st Flush	2nd Flush
RWS (100:0)	12.15[a]	10.24[a]
RS (100:0)	5.64[b]	6.02[bc]
SL (100:0)	5.53[b]	2.24[d]
SL+RS (75:25)	6.17[b]	7.44[b]
SL+RS (50:50)	6.11[b]	5.62[bc]
SL+RS (25:75)	11.25[a]	10.10[a]
F-test	<0.05	<0.05
%CV	7.69	7.63

Remarks: The means with the same column do not differ significantly as per LSD test ($p<0.05$); RWS: Rubber wood sawdust; RS: Rice straw; SL: Sugarcane-leaf

หลังจากเปิดดอกเป็นเวลา 5 วัน เห็ดออกดอกในรุ่นที่ 1 วัดขนาดของดอกเห็ดทุกดอกโดยทำการวัดความยาวก้านชูดอกเห็ด มีค่าระหว่าง 5.20-6.42 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางของก้านชูดอกเห็ด มีค่าระหว่าง 0.31-0.39 เซนติเมตร ซึ่งมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหมวกเห็ดมีค่าระหว่าง 5.61-6.30 เซนติเมตร และความหนาของหมวกเห็ดมีค่าระหว่าง 0.18-0.22 เซนติเมตร พบว่าดอกเห็ดนางรมในรุ่นที่ 1 ที่ใช้วัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว (75:25) มีความยาวของก้านชูดอกและเส้นผ่านศูนย์กลางของก้านชูดอกสูงที่สุด 6.42 และ 0.39 เซนติเมตร ส่วนขนาดของหมวกดอกที่ใช้วัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว (25:75) มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางหมวกดอกมากที่สุดเฉลี่ย 6.30 เซนติเมตร และในส่วนของ

ความหนาของหมวกดอกวัสดุที่ใช้เพาะในแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p>0.05$ และผลผลิตรุ่นที่ 2 มีความยาวของก้านชูดอกมีค่าระหว่าง 4.75-6.18 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางของก้านชูดอกมีค่าระหว่าง 0.27-0.41 เซนติเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหมวกดอก มีค่าระหว่าง 5.07-6.03 เซนติเมตร และความหนาของหมวกดอกมีค่า 0.11-0.19 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 3 และ Figure 2)

Table 3 Size of fruiting body of oyster mushroom on different local agricultural waste substrates

Treatments	First Flush (cm)				Second Flush (cm)			
	Size of Stalk		Size of Cap		Size of Stalk		Size of Cap	
	Length	Diameter	Diameter	Thickness	Length	Diameter	Diameter	Thickness
RWS (100:0)	6.19^{ab}	0.37^{b}	5.67^{cd}	0.22^{a}	6.18^{a}	0.41^{a}	5.18^{b}	0.19^{a}
RS (100:0)	5.44^{ab}	0.37^{b}	5.61^{d}	0.22^{a}	5.35^{b}	0.31^{b}	5.27^{b}	0.15^{c}
SL (100:0)	5.65^{ab}	0.34^{c}	5.61^{d}	0.19^{a}	5.42^{b}	0.29^{b}	5.26^{b}	0.17^{b}
SL+RS (75:25)	6.42^{a}	0.39^{a}	6.18^{ab}	0.19^{a}	5.37^{b}	0.37^{ab}	6.03^{a}	0.19^{a}
SL+RS (50:50)	5.35^{b}	0.34^{c}	5.96^{b}	0.21^{a}	5.31^{b}	0.29^{b}	5.42^{b}	0.11^{d}
SL+RS (25:75)	5.20^{b}	0.31^{d}	6.30^{a}	0.18^{a}	4.75^{c}	0.27^{c}	5.07^{b}	0.11^{d}
F-test	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
%CV	7.69	7.63	0.20	0.01	0.08	0.00	0.17	0.05

Remarks: The means with the same column do not differ significantly as per LSD test ($p<0.05$); RWS: Rubber wood sawdust; RS: Rice straw; SL: Sugarcane-leaf

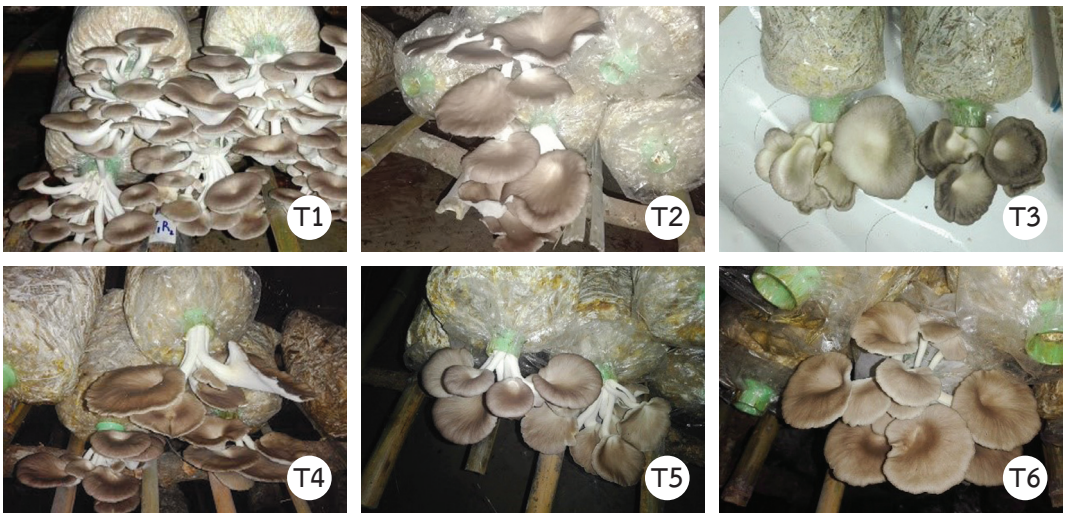

Figure 2 The characteristics of mushroom on the substrates: (T1) Rubber wood sawdust: RWS (100:0), (T2) Rice straw: RS (100:0), (T3) Sugarcane-leaf: SL (100:0), (T4) SL+RS (75:25), (T5) SL+RS (50:50), (T6) SL+RS (25:75)

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาแสดงให้เห็นความแตกต่างของขนาดของก้านชูดอกและหมวกดอกซึ่งอาจเกิดจากการแปรผันของสายพันธุ์ของเห็ดนางรมรวมถึงพื้นผิวของวัสดุเพาะและสภาพการเจริญของเส้นใยที่แตกต่างกัน จากผลการทดลองสอดคล้องกับ Shah *et al*. (2004) รายงานว่าวัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารามีขนาดของก้านชูดอกและหมวกดอกเห็ดอยู่ในระดับปานกลาง จากการทดลองจะเห็ดได้ว่าวัสดุเพาะใบอ้อยผสมฟางข้าว (75:25) มีความยาวก้านชูดอกและขนาดหมวกดอกมากที่สุด ในดอกเห็ดทั้ง 2 รุ่น

หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตของดอกเห็ด ได้ทำการชั่งน้ำหนักดอกเดี่ยวและช่อดอกต่อก้อน พบว่าดอกเห็ดที่ใช้วัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว (75:25) ทั้ง 2 รุ่น มีน้ำหนักดอกเดี่ยวมากที่สุด 5.85 และ 5.31 กรัมต่อดอก ตามลำดับ แต่เมื่อชั่งน้ำหนักของดอกเห็ดต่อก้อน พบว่าวัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา (100:0) มีน้ำหนักมากที่สุดทั้ง 2 รุ่น คือ 62.08 และ 43.41 กรัมต่อก้อน ตามลำดับ (Table 4) อาจจะเนื่องมาจากการที่มีจำนวนดอกเห็ดต่อก้อนมาก ในส่วนค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยา (Biological Efficiency: B.E.) พบว่าวัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา RWS (100:0) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 27.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ วัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว (75:25) และใบอ้อยผสมกับฟางข้าว (50:50) มีค่าเท่ากับ 19.44 เปอร์เซ็นต์ และ 19.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 4) Triribhuvanamala *et al.* (2012) แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพทางชีววิทยาของฟางข้าวในการเพาะเห็ดมีประมาณร้อยละ 10.2-15.0 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากฟางข้าวมีสารเซลลูโลสซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ เหมาะกับการเจริญเติบโตของเห็ดที่ต้องย่อยสลายและดูดซึมสารอาหารไปใช้

Table 4 Yield and biological efficiency of oyster mushroom on different local agricultural waste substrates

Treatments	First Flush (g)		Second Flush (g)		Biological Efficiency (%)
	Individual Weight of Fruiting Body	Weight of Fruiting Bodies Per Packet	Individual Weight of Fruiting Body	Weight of Fruiting Bodies Per Packet	
RWS (100:0)	5.11^{b}	62.08^{a}	4.24^{b}	43.41^{a}	27.67^{a}
RS (100:0)	4.69^{c}	26.45^{d}	4.32^{b}	26.00^{c}	16.09^{bc}
SL (100:0)	3.19^{d}	17.64^{e}	2.95^{d}	6.60^{d}	10.38^{c}
SL+RS (75:25)	5.85^{a}	46.80^{b}	5.31^{a}	39.51^{b}	19.44^{b}
SL+RS (50:50)	4.66^{c}	28.47^{d}	4.38^{b}	24.62^{c}	19.89^{b}
SL+RS (25:75)	4.16^{c}	36.09^{c}	3.25^{c}	32.83^{b}	15.32^{bc}
F-test	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
%CV	0.67	21.35	0.61	14.37	47.51

Remarks: The means with the same column do not differ significantly as per LSD test (p<0.05); RWS: Rubber wood sawdust; RS: Rice straw; SL: Sugarcane-leaf

จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักดอกเห็ดต่อดอก และน้ำหนักดอกเห็ดต่อก้อน จะพบว่าใบอ้อยผสมกับฟางข้าว (75:25) ให้น้ำหนักสูงที่สุดเฉลี่ย 5.85 กรัมต่อดอก และ 46.80 กรัมต่อก้อน ตามลำดับ เนื่องจากใบอ้อยที่นำมาใช้เป็นวัสดุเพาะนั้นประกอบด้วยธาตุอาหารซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของเห็ด ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และธาตุอาหารชนิดอื่น ๆ และมีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสม ทำให้ได้ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารที่สูงขึ้น (วิมลและวรรณวิภา, 2561) ในส่วนวัสดุเพาะจากฟางข้าวเป็นวัสดุที่สามารถหาได้ง่าย นิยมใช้เป็นวัสดุทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการผลิตเห็ด เนื่องจากมีประสิทธิภาพทางชีววิทยาที่ไม่แตกต่างกัน (Kumla *et al.*, 2020) ฟางข้าวเป็นผลพลอยได้หรือวัสดุเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมการเกษตรที่ได้จากลำต้นแห้งของธัญพืชหลังการเก็บเกี่ยว และจัดเป็นพืชชีวมวลที่เป็นวัตถุดิบประเภทลิกโนเซลลูโลส โดยมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ เซลลูโลส 32-47 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 19-27 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน 5-24 เปอร์เซ็นต์ (Tufail *et al*., 2018) เป็นวัสดุเพาะที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตได้ดี แต่หากนำไปเป็นวัสดุเพาะเพียงชนิดเดียวจะมีระยะเวลาการให้ผลผลิตสั้นกว่าวัสดุเพาะชนิดอื่น จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าฟางข้าวสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการเพาะเห็ดนางรมได้ เนื่องจากฟางข้าวมีส่วนประกอบหลักเป็นลิกโนเซลลูโลสซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ และองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเห็ดที่สามารถย่อยสลายและดูดซึมสารอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตของเห็ดนางรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของครุปกรณ์ (2565) ที่พบว่าการใช้ชานอ้อยฟางข้าวไมยราบยักษ์เป็นวัสดุเพาะเห็ดนางรมเทาทำให้เห็ดมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีกว่าการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา แสดงให้เห็นว่าในกระบวนการผลิตเห็ดนั้นเกษตรกรที่สนใจเพิ่มผลผลิตเห็ดสามารถนำชานอ้อย ฟางข้าว และไมยราบยักษ์มาบดย่อยเพื่อใช้เป็นวัสดุทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการผลิตเห็ดได้เป็นอย่างดี และยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้เกษตรกรนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ช่วยลดต้นทุนการผลิต และยังเป็นการลดมลพิษจากการเผากำจัดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้อีกทางหนึ่ง

ด้านคุณค่าทางโภชนะของเห็ดนางรมที่ใช้เศษเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นวัสดุเพาะในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน พบว่าปริมาณของวัตถุแห้งของเห็ดสูงสุด 8.35 เปอร์เซ็นต์ คือวัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว (50:50) ส่วนของเยื่อใยรวมสูงสุด 19.87 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวมของน้ำหนักแห้งสูงที่สุด คือ 22.53 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วัสดุเพาะใบอ้อย (100:0) รองลงมาได้แก่วัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว (75:25) คือ 21.81 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของเถ้าพบสูงที่สุดในวัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าว (50:50) คือ 10.65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเถ้ารวมทั้งหมดของวัตถุแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติที่ $p<0.05$

Table 5 Nutritive values of oyster mushroom on different local agricultural waste substrates

Treatments	Dry matter (%)	Crude fiber (% of dry matter)	Protein (% of dry matter)	Ash (% of dry matter)
RWS (100:0)	7.96^{ab}	17.71^{abc}	21.03^{ab}	6.88^{c}
RS (100:0)	8.01^{ab}	17.21^{bc}	16.82^{c}	10.21^{ab}
SL (100:0)	8.26^{a}	15.36^{c}	22.53^{a}	8.65^{b}
SL+RS (75:25)	6.85^{b}	17.73^{abc}	21.81^{a}	9.50^{ab}
SL+RS (50:50)	8.35^{a}	19.87^{a}	19.30^{b}	10.65^{a}
SL+RS (25:75)	6.74^{b}	18.59^{ab}	17.26^{c}	9.23^{ab}
F-test	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
%CV	7.58	30.45	25.78	27.05

Remarks: The means with the same column do not differ significantly as per LSD test (p<0.05); RWS: Rubber wood sawdust; RS: Rice straw; SL: Sugarcane-leaf

สรุปผลการวิจัย

วัสดุเพาะฟางข้าวและใบอ้อยสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการเพาะเห็ดนางรม (*Pleurotus osteatus*) ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะการใช้วัสดุเพาะใบอ้อยผสมฟางข้าวในอัตราส่วน 50:50 และอัตราส่วน 75:25 ซึ่งเห็ดนางรมสามารถดึงสารอาหารจากวัสดุเพาะฟางข้าวและใบอ้อยมาใช้ในการสร้างชีวมวลของดอกเห็ดมีค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยา (Biological Efficiency: B.E.) เท่ากับ 19.89 เปอร์เซ็นต์ และ 19.44 เปอร์เซ็นต์ ในด้านคุณค่าทางโภชนะของเห็ดนางรมที่ใช้วัสดุเพาะฟางข้าวและใบอ้อยมีปริมาณของวัตถุแห้ง เยื่อใยรวม โปรตีนรวม และเถ้าสูงกว่าเมื่อเทียบกับดอกเห็ดนางรมที่ใช้วัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา ดังนั้นวัสดุเพาะใบอ้อยผสมกับฟางข้าวส่งเสริมให้ดอกเห็ดมีขนาดที่ใหญ่และน้ำหนักดี ดอกเห็ดมีความสมบูรณ์ตรงตามที่ตลาดต้องการ และมีคุณค่าทางโภชนะที่สูงเหมาะสำหรับผู้บริโภค ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบวัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา ใบอ้อย และฟางข้าวให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน สามารถเลือกใช้วัสดุเพาะใบอ้อยและฟางข้าวที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีในท้องถิ่นทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราได้

เอกสารอ้างอิง

ครุปกรณ์ ละเอียดอ่อน. 2565. การประยุกต์ใช้ชานอ้อย ฟางข้าว และไมยราบยักษ์เป็นวัสดุเพาะเห็ดนางรมเทา. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 39(1): 28-39.

รัชพล พะวงศ์รัตน์. 2558. กระบวนการปรับสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทลิกโนเซลลูโลส. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ Veridian มหาวิทยาลัยศิลปากร (มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศิลปะ) 2(1): 143-157.

วิมล ภูกองไชย และวรรณวิภา แก้วประดิษฐ์. 2561. การจัดการเศษซากใบอ้อยที่ส่งผลต่อการย่อยสลายและปลดปล่อยไนโตรเจน. แก่นเกษตร ฉบับพิเศษ 46(1): 25-29.

สามารถ ใจเตี้ย. 2563. การใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของเกษตรกรในเทศบาลตำบลขี้เหล็ก อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 38(2): 79-88.

AOAC. 1995. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 16th ed. Washington D.C. USA.

Cheung, S.W and B.C. Anderson. 1997. Laboratory investigation of ethanol production from municipal primary wastewater. Bioresour. Technol. 59: 81-96.

Dewany, C.E., F. Awad and A.M. Zaghoul. 2018. Utilization of rice straw as a low-cost natural by production agriculture. Int. j. environ. pollut. environ. model. 1(4): 91-102.

Dicks, L. and S. Elinger. 2020. Effect of the intake of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) on cardiometabolic parameters-a systematic review of clinical trials. Nutrients. 12(4): 1134.

Ferdousi, J., J.A. Riyadh, M.I. Hossain, S.R. Saha and M. Zakaria. 2019. Mushroom production benefits, status, challenges and opportunities in Bangladesh: A review. Annu Res Rev Biol. 34: 1-13.

Kumla, J.N., Suwannarach, K. Sujarit, W. Penkhrue, P. Kakumyan, K. Jatuwong, S. Vadthanarat and S. Lumyong. 2020. Cultivation of mushrooms and their lignocellulolytic enzyme production through the utilization of agro-industrial waste. Molecules. 25: 2-41.

Morzina, A., F.H. Riyadh, A.A. Fahed, A.T. Md, A. Sharmin and M. Shreef. 2022. Utilization of Agro-Industrial Wastes for the Production of Quality Oyster Mushrooms. Sustainability. 14(994): 1-10.

Prasad, S., H. Rathore, S. Sharma and Tiwari, G. 2018. Yield and proximate composition of *Pleurotus florida* cultivated on wheat straw supplemented with perennial grasses. Indian J Agric Sci. 88: 91-94.

Sardar, H., M.A. Anjum, A. Nawaz, S. Naz, S. Ejaz, S. Ali and S.T. Haider. 2020. Effect of different agro-wastes, casing materials and supplements on the

growth, yield and nutrition of milky mushroom (*Calocybe indica*). Folia Hort. 32: 115-124.

Sardara, H., M.A. Alib, F.N. Anjuma, S. Hussaina, S. Naza and S.M. Karimd. 2017. Agro-industrial residues influence mineral elements accumulation and nutritional composition of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). Sci Hortic. 225: 327-334.

Shah, Z.A., M. Asar and M. Ishtiaq. 2004. Comparative study on cultivation and yield performance of oyster mushroom on different substrates (wheat straw, leaves, saw dust). Pak J Nutr. 3: 159-160.

Triribhuvanamala, G., S. Karishnamoorthy, K. Manoranjitham, V. Prasasmand and S. Krishnan. 2012. Improved techniques to enhance the yield of paddy straw mushroom (*Volvariella volvacea*) for commercial cultivation. Afr J Biotechnol. 11(64): 12740-12748.

Tufail, T., F. Saeed, M. Imran, M.U. Arshammad, F.M. Anjum, M. Afzaal, H.B.U. Ain, M. Shahbaz, T.A. Gondal and S. Hussain. 2018. Biochemical characterization of wheat straw cell wall with special reference to bioactive profile. Int J Food Prop. 21: 1303-1310.

Valverde, E.M., H.P. Talia and P.L. Octavio. 2015. Edible mushrooms: Improving human health and promoting quality life. Int J Microbiol. 1-14.

Wang, D., A. Sakoda and M. Suziki. 2001. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. Bioresour Technol. 78: 293-300.