

ผลการเสริมซีลีเนียมในวัสดุเพาะต่อปริมาณซีลีเนียมในเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดนางรมเทา

Effect of Selenium Biofortification in Cultivation Material on Selenium Content of White and Grey Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Jacquin Fries) P. Kummer)

ธนภักษ์ อินยอด¹, กนกอร อัมพรายน¹, ธนภัทร เต็มอารมย์¹, ชาตรี กอนี¹, ปวีศ ตั้งบรรพธรรมา¹ และรสสุคนธ์ พุกนิล¹
Tanapak Inyod¹, Khanok-on Amprayn¹, Thanapat Termarom¹, Chatree Konee¹, Pawaris Tangborvonthamma¹ and Rodsukon Pukni¹

บทคัดย่อ

เห็ดนางรม (oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*) เป็นเห็ดที่นิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลาย เพราะมีเนื้อสัมผัส รสชาติ และคุณค่าทางอาหารที่ดี มีโปรตีนสูง ไขมันต่ำ และอุดมไปด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ซีลีเนียมเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อการทำงานที่เป็นปกติของร่างกายและมีส่วนช่วยในการชะลอความเสื่อมของเซลล์เมื่ออายุมากขึ้น เห็ดเป็นอาหารที่มีธาตุซีลีเนียมมากกว่าพืชชนิดอื่น ๆ แต่ปริมาณซีลีเนียมในเห็ดจะแปรผันไปตามวัสดุเพาะ ดังนั้นจึงทำการศึกษผลของการเสริมซีลีเนียมในวัสดุเพาะต่อปริมาณซีลีเนียมในเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดนางรมเทา โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 10 ซ้ำ ประกอบด้วยวัสดุเพาะจำนวน 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 ซีลีเนียมไม่ยางพารา (ซึ่งเป็นวิธีเตรียมปกติที่แนะนำโดยกรมวิชาการเกษตร) สูตรที่ 2 ซีลีเนียมไม่ยางพาราเสริมปุ๋ยอินทรีย์ซีลีเนียมความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สูตรที่ 3 ฟางข้าวทั่วไป และสูตรที่ 4 ฟางข้าวซีลีเนียมสูง จากการทดลองพบว่าเห็ดนางรมเทาที่ได้จากการเพาะด้วยวิธีปกติ (สูตรที่ 1) และการเสริมปุ๋ยอินทรีย์ซีลีเนียม (สูตรที่ 2) ให้ขนาดของดอกและปริมาณผลผลิตเห็ดไม่แตกต่างกัน แต่มีผลทำให้มีปริมาณซีลีเนียมสะสมในดอกเห็ดเพิ่มขึ้น โดยวัสดุเพาะสูตรที่ 2 พบว่ามีปริมาณซีลีเนียมในดอกเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดนางรมเทา 28,755 และ 26,460 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณของซีลีเนียมที่สะสมอยู่ในวัตถุดิบที่เกินกว่าค่ามาตรฐาน และวัสดุเพาะฟางข้าวซีลีเนียมสูตรที่ 4 พบว่ามีปริมาณซีลีเนียมในดอกเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดนางรมเทา 114.28 และ 189.08 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง เป็นปริมาณที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม แสดงถึงศักยภาพในการนำเศษวัสดุทางการเกษตรที่มีปริมาณซีลีเนียมสูงมาใช้ในการเพาะเห็ดนางรมอุดมซีลีเนียมเพื่อสุขภาพ และแนวทางในการผลิตเห็ดเสริมซีลีเนียมด้วยการเติมปุ๋ยซีลีเนียมเข้าไปในก้อนวัสดุเพาะ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์เสริมอาหารได้

คำสำคัญ: เห็ดนางรม เห็ดนางรมฮังการี เห็ดนางรมเทา ซีลีเนียม การเสริมอาหารแบบชีวภาพ

Abstract

Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) is a popular edible mushroom due to its chewy texture, deliciousness and nutritional value including high protein, low fat, and varieties of micronutrients. Selenium (Se) is an important micronutrient that maintains proper function of various systems in human and animals, and delays aging of cells. In fact, mushrooms contain more Se than other food crops, however, Se content of mushrooms varies due to their growing substrates. This study aimed to increase Se content in two types of oyster mushroom, white- and grey-, by utilizing Se-rich rice straw and Se fertilizer augmented sawdust as growing substrates. The effect of substrate fertilization was examined using a Completely Randomized Design (CRD) with 10 replications, consisting of 4 treatments (T1 sawdust, T2 sawdust+Se fertilizer 3 mg/kg, T3 conventional rice straw, and T4 Se-rich rice straw). The results indicated that grey mushroom obtained from T1- and T2 substrates were not significantly different in their size and yields, however, they exhibited increased accumulation of Se in their fruiting bodies. Se content of white- and grey mushroom derived from T2 were 28,755 and 26,460 $\mu\text{g}/\text{kgDW}$, respectively, which may indicate excessive accumulation, whereas, white- and grey mushrooms derived from T4 exhibited Se concentrations of 114.28 and 189.08 $\mu\text{g}/\text{kgDW}$, respectively, which is probably a more suitable range. Our findings revealed a potential for using Se-rich agricultural residues to produce Se-enriched mushrooms. It also provided a new cultivation method for Se-enriched oyster mushroom production by Se biofortification for use as quality raw materials for health food and supplement products.

Keywords: oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, selenium, biofortification

¹ ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เทคโนโลยี อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 10120

¹ Expert Center of Innovative Agriculture (InnoAg), Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Technopolis, Khlong Luang, Pathum Thani, 10120

*Corresponding author, E-mail: Tanapak@tistr.or.th

คำนำ

ปัจจุบันการเพาะเห็ดในถุงพลาสติกถือเป็นอาชีพที่สำคัญทางเศรษฐกิจอีกอาชีพหนึ่ง เนื่องจากสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะเห็ดเป็นอย่างดี ซึ่งวัสดุในการเพาะส่วนใหญ่จะใช้ขี้เลื่อยไม่ยางพาราเป็นวัสดุหลัก แต่ปัจจุบันเกษตรกรผู้เพาะเห็ดประสบปัญหาหาคาขี้เลื่อยไม่ยางพารามีราคาแพง ส่วนมากจะหาซื้อได้ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย อีกสาเหตุหนึ่งคือเกิดจากพื้นที่ปลูกยางพาราลดลง ดังนั้น ถ้าต้องการลดต้นทุนการผลิตจึงจำเป็นต้องหาวัสดุอื่น ๆ ที่สามารถนำมาใช้เพาะเห็ดทดแทนขี้เลื่อยไม่ยางพารา ฟางข้าว เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีทั่วประเทศทุกภาคในประเทศไทย จากการสำรวจข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษพบว่า ประเทศไทยมีปริมาณฟางข้าวที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวสูงถึงประมาณ 42.33 ล้านตันต่อปี เนื่องจากการทำนาปรังปีละ 2-3 ครั้ง ปกติเกษตรกรผู้ทำนาจะกำจัดโดยการเผาทิ้ง ซึ่งทำให้พื้นที่เพาะปลูกเสื่อมโทรม (ดาเรศน์ กิตติโยภาส และคณะ, 2547) ฟางข้าวประกอบด้วยเคมีอินทรีย์หลัก ๆ ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) ประมาณร้อยละ 37 เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) ประมาณร้อยละ 24 และลิกนิน (lignin) ประมาณร้อยละ 14 โดยเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโตของพืชและเห็ดได้ (Subramanian and Ram, 2011)

ซีลีเนียมสามารถสร้างสารประกอบเชิงซ้อนกับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตได้ ในยูคาริโอตมีซีลีโนเอนไซม์หลายชนิดที่มีความสำคัญในวิถีชีวเคมี (biochemical pathway) เช่น glutathione peroxidases (GPx), thioredoxin reductase (TrxR) และ iodothyronine 5-deiodinases (IDI) โดย GPx มีบทบาทในการป้องกันลพิษของเยื่อหุ้มเซลล์จากภาวะเครียดออกซิเดชัน การรับประทานอาหารที่มีปริมาณซีลีเนียมสูงมีส่วนช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งบางชนิด (เช่น มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ หรือมะเร็งต่อมลูกหมาก) ป้องกันความบกพร่องของระบบภูมิคุ้มกันเพราะอายุที่เพิ่มขึ้น ป้องกันการแท้งและภาวะคลอดก่อนกำหนด และช่วยป้องกันภาวะสมองเสื่อม การขาดธาตุซีลีเนียมอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจและเป็นโรคที่เกิดจากไวรัส (Kaur et al., 2017)

จากความสำคัญของซีลีเนียมที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์ หลายองค์การจึงแนะนำปริมาณซีลีเนียมที่ควรได้รับต่อวันสำหรับผู้ใหญ่ไว้ดังนี้ Institute of Medicine (US) (2000) กำหนดไว้ที่ 55 ไมโครกรัม Kaur et al. (2017) กำหนดไว้ที่ 30 ไมโครกรัม สำหรับผู้ชาย และ 40 ไมโครกรัม สำหรับผู้หญิง และประเทศไทยแนะนำควรได้รับ 70 ไมโครกรัมต่อวัน (กระทรวงสาธารณสุข, 2541) อีกทั้งซีลีเนียมเป็นส่วนประกอบของโปรตีน เรียกว่า ซีลีโนโปรตีน (selenoproteins) ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Mangiapan et al., 2014) และพบอยู่ในอาหารต่าง ๆ เช่น ปลา ถั่ว เมล็ดธัญพืช จมูกข้าวสาลี ไร่ข้าว หัวหอม กระเทียม เห็ด มะเขือเทศ บรอกโคลี ข้าวกล้อง เป็นต้น (ศัลยา คงสมบูรณ์เวช, 2548; Sherif et al., 2017) คนที่ไม่กินอาหารเหล่านี้อย่างสม่ำเสมออาจเกิดภาวะการขาดซีลีเนียมได้ หรือพบเมื่อมีการบริโภคอาหารที่มีปริมาณซีลีเนียมน้อยเนื่องจากปริมาณซีลีเนียมต่ำในสิ่งแวดล้อม เช่น ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชเพื่อเป็นอาหารของคนและสัตว์มีปริมาณซีลีเนียมอยู่น้อย จึงมีผลทำให้พืชเหล่านั้นมีปริมาณซีลีเนียมน้อยไปด้วย เป็นต้น (Eileen, 2006)

เห็ดเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถดูดซับแร่ธาตุจากสิ่งแวดล้อมที่เจริญเติบโตและสะสมไว้ในเส้นใยได้เป็นอย่างดีเยี่ยม (Mleczek et al., 2013) การเพิ่มปริมาณซีลีเนียมในเห็ดคาดว่าช่วยเพิ่มสารพฤกษเคมีและคุณสมบัติทางยาของเห็ดได้ (Werner and Beelman, 2002) เห็ดนางรม (oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*) จัดเป็นเห็ดที่นิยมรับประทานกันมาก เนื่องจากมีรสชาติดี เนื้อไม่เหนียว มีคุณค่าทางอาหารสูง มีรายงานว่าเห็ด *Pleurotus* บางชนิด สามารถดูดซับและสะสมซีลีเนียมจากสิ่งแวดล้อมได้ (Da Silva et al., 2012) ดังนั้น คณะผู้วิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของการเสริมซีลีเนียมในวัสดุเพาะที่มีต่อการเจริญเติบโตและการสะสมซีลีเนียมของเห็ดนางรม 2 ชนิด คือ เห็ดนางรมฮังการี และเห็ดนางรมเทา (พันธุ์ลูกผสมระหว่างเห็ดนางฟ้าภูฐานและเห็ดนางรมฮังการี) เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตอาหารเชิงหน้าที่หรืออาหารเพื่อสุขภาพด้วยวิธีเสริมอาหารทางชีวภาพ หรือ biofortification ระหว่างกระบวนการผลิตต่อไป

วิธีการศึกษา

เชื้อเห็ดนางรมและการขยายเชื้อบนเมล็ดธัญพืช

เลี้ยงเส้นใยเห็ดนางรม 2 ชนิด ได้แก่ เห็ดนางรมฮังการี *Pleurotus ostreatus* TISTR_Post-01 และเห็ดนางรมเทา *Pleurotus ostreatus* TISTR_Post grey-01 จากศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ วว. บนอาหาร PDA อายุ 10 วัน นำมาเตรียมเป็นหัวเชื้อเห็ดบนเมล็ดข้าวฟ่างที่มีอายุ 8-12 วัน สำหรับถ่ายลงก้อนวัสดุเพาะเห็ด

การเตรียมก้อนวัสดุเพาะ การเพาะ และการเปิดดอกเห็ดนางรม

นำเศษวัสดุทางการเกษตร 3 ชนิด ได้แก่ ขี้เลื่อยไม่ยางพารา ฟางข้าวทั่วไป และฟางข้าวซีลีเนียมสูงที่ได้จากการผลิตข้าวอุดมซีลีเนียมจาก อ. บ้านนา จ. นครนายก มาเพื่อเตรียมวัสดุเพาะเห็ดสูตรต่าง ๆ และจากการตรวจวิเคราะห์ซีลีเนียม

ในฟางข้าวทั่วไป และฟางข้าวซีลีเนียมสูง ก่อนนำมาใช้ในการทดลอง พบว่ามีซีลีเนียมเป็นองค์ประกอบ 304 และ 384 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 สูตร ๆ ละ 10 ซ้ำ ประกอบด้วย สูตรที่ 1 ซีลีเนียมต่ำ (ซีลีเนียม : รำละเอียด : ปุ๋ยขาว : ยิปซัม เท่ากับ 100 : 6 : 1 : 1 เดิมดีเกลือร้อยละ 0.05) (ซึ่งเป็นวิธีการเตรียมวัสดุเพาะแบบปกติที่แนะนำโดยกรมวิชาการเกษตร (2558) สูตรที่ 2 ซีลีเนียมต่ำเสริมซีลีเนียม (เตรียมส่วนผสมเหมือนสูตรที่ 1 และเติมปุ๋ยอินทรีย์เสริมซีลีเนียม (Setek Co., Ltd.) ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สูตรที่ 3 ฟางข้าวทั่วไป (ฟางข้าวดิบละเอียด : รำละเอียด : ปุ๋ยขาว : ยิปซัม เท่ากับ 100 : 6 : 1 : 1 เดิมดีเกลือร้อยละ 0.05) และสูตรที่ 4 ฟางข้าวซีลีเนียมสูง (เตรียมเช่นเดียวกับสูตรที่ 3 แต่ใช้ฟางที่มีซีลีเนียมสูงปริมาณ 384 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นส่วนประกอบแทน) คลุกเคล้าผสมให้เข้ากันดี ปรับความชื้นให้ได้ 60 เปอร์เซ็นต์ แล้วบรรจุลงในถุงพลาสติกเพาะเห็ดขนาด 1 กิโลกรัม อัดให้แน่น หลังจากนั้นนำก้อนวัสดุเพาะไปนึ่งฆ่าเชื้อโดยหม้อหนึ่งแบบไม่อัดความดันที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง รอให้ก้อนวัสดุเพาะเย็นลง หยอดหัวเชื้อเห็ดบนเมล็ดข้าวฟางที่เตรียมไว้ลงในก้อนวัสดุเพาะจำนวน 20 เมล็ด ต่อก้อน แล้วนำไปบ่มในโรงบ่มที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเส้นใยเห็ดเจริญเต็มก้อนวัสดุเพาะแล้ว นำไปเปิดดอกเห็ดในโรงเรือนเปิดดอก รดน้ำให้ความชื้นวันละ 2 ครั้ง (เพื่อให้มีความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์)

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของเส้นใยและผลผลิตดอกเห็ดนางรม

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของเส้นใยด้วยการวัดระยะที่เส้นใยเดินบนก้อนทุกวัน บันทึกจำนวนวันที่เชื้อเดินเต็มก้อน ขนาดของดอกเห็ดและก้าน และน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลผลิตดอกเห็ด วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสูตรทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SAS version 9.1

การวิเคราะห์ปริมาณซีลีเนียมทั้งหมดของดอกเห็ดนางรม

นำดอกเห็ดนางรมรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 ไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณซีลีเนียมที่สะสมในดอกเห็ด โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งแห้ง นำไปบดให้เป็นผงแล้วย่อยตัวอย่างด้วย microwave digester ตามวิธีที่ปรับปรุงจาก AOAC (2012) และตรวจวิเคราะห์ปริมาณซีลีเนียมด้วย inductively coupled plasma - mass spectrometer (ICP-MS) ข้อมูลที่ได้ นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี ANOVA ตามแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลอง ด้วยวิธี LSD โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS version 16.0

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของซีลีเนียมต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดนางรมบนวัสดุเพาะ

หลังการหยอดหัวเชื้อบนเมล็ดข้าวฟางลงในก้อนวัสดุเพาะและบ่มที่อุณหภูมิห้อง พบว่า เส้นใยเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดนางรมเทามีลักษณะการเจริญเติบโตบนวัสดุเพาะเหมือนกัน กล่าวคือ เส้นใยเจริญได้ดีในวัสดุเพาะที่เสริมปุ๋ยอินทรีย์ซีลีเนียม และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของวัสดุเพาะสูตรที่ใช้ซีลีเนียมมีอัตราการเจริญของเส้นใยสูงกว่าฟางข้าว โดยทั้งเส้นใยเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดนางรมเทามีอัตราการเจริญบนวัสดุซีลีเนียมต่ำ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.71 และ 0.73 เซนติเมตรต่อวัน ตามลำดับ และใช้เวลาในการเจริญเติบโตของเส้นใยจนเต็มก้อน 25 และ 24 วัน ตามลำดับ ส่งผลให้เส้นใยเดินเต็มก้อนพร้อมเปิดดอกได้เร็วขึ้น (Table 1 และ Figure 1) โดยทั่วไปเห็ดนางรมที่เพาะตามสูตรมาตรฐาน เส้นใยจะเดินเต็มก้อนเฉลี่ย 28-30 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2551) ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ความเข้มข้นซีลีเนียมต่ำ ๆ ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของเส้นใย โดยการเสริมซีลีเนียมในเส้นใยเห็ดหอม *Lentinus edodes* ด้วยซีลีเนียมหรือกรดซีลีนิค ความเข้มข้นน้อยกว่า 20 ไมโครกรัม ซีลีเนียมต่อมิลลิลิตร ทำให้เส้นใยของเห็ดหอมมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด (Turlo et al., 2010) ส่วนในเส้นใยเห็ดนางรม *Pleurotus ostreatus* การเติมเกลือซีลีเนียมในรูป Na_2SeO_3 ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงในอาหารสังเคราะห์ ยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดนางรมอย่างรุนแรง ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 5-20 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญของเส้นใยเล็กน้อย (ชีวมวลของเส้นใยลดลงตามความเข้มข้นซีลีเนียมที่เพิ่มขึ้น) (Milovanovic et al., 2014)

การที่ผลการศึกษานี้พบว่า เส้นใยของเห็ดเจริญเติบโตได้เร็วขึ้นเมื่อมีการเติมซีลีเนียมหรือเสริมซีลีเนียมในวัสดุเพาะ อาจเป็นเหตุมาจากรูปแบบของแหล่งซีลีเนียมที่ใช้แตกต่างกัน โดยในการศึกษานี้ใช้ซีลีเนียมในรูปผงแร่บดจากแหล่งธรรมชาติ ผสมปุ๋ยอินทรีย์ ในขณะที่งานวิจัยอื่น ๆ ใช้อินทรีย์ซีลีเนียมในรูปของเกลือหรือกรด

Table 1 Mycelium growth rate of the white and grey oyster mushroom on different cellulosic substrates with or without selenium amendment.

Substrate	Mycelium growth rate (cm/day)		Completion of mycelial growth (days)	
	White	Grey	White	Grey
Sawdust	0.63 ^b	0.63 ^b	28	28
Sawdust + Se	0.71 ^a	0.73 ^a	25	24
Commercial rice straw	0.55 ^c	0.56 ^c	32	32
Se-rich rice straw	0.63 ^b	0.61 ^b	28	29
CV (%)	5.44	5.20		
F-test	**	**		

Note: Mean values followed by the different letter in column were significantly different at 95% by DMRT test.

** = Significant at 0.01 level.

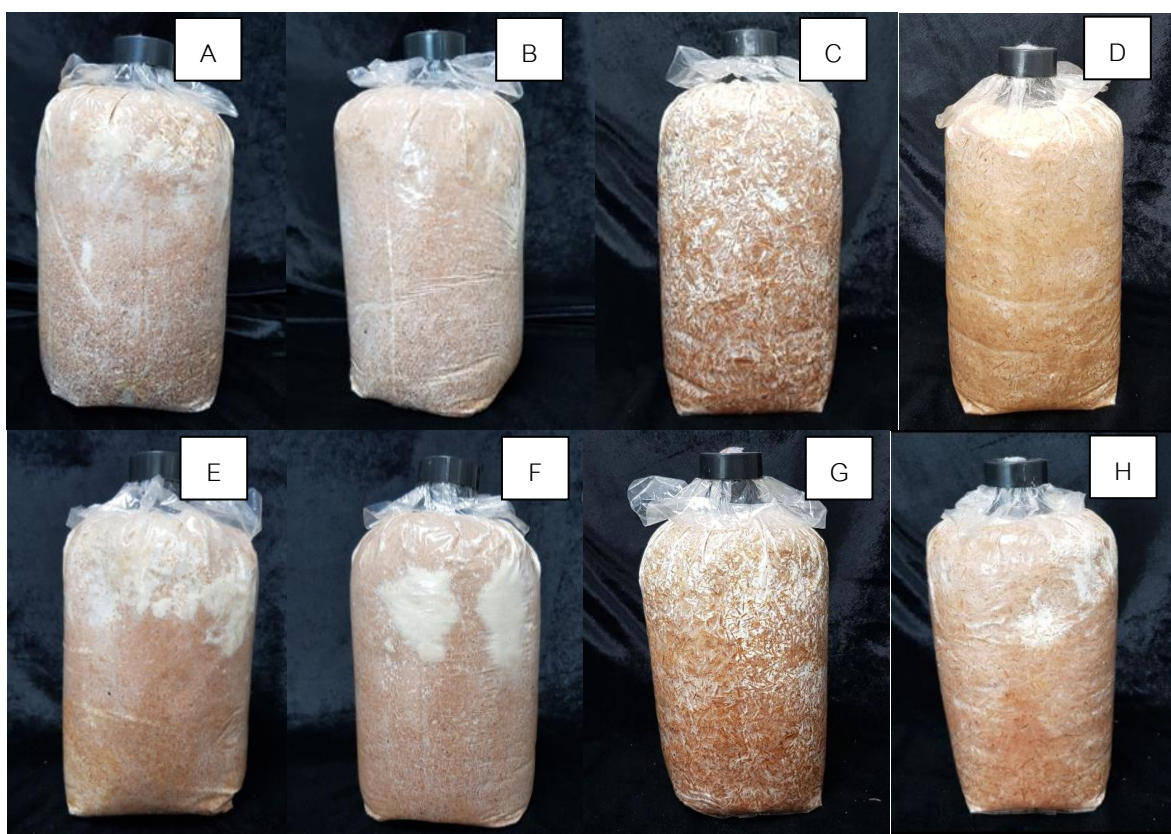


Figure 1 Mycelium at completely growth stage of the grey (upper row) and white (lower row) oyster mushroom on different substrates of sawdust (A, E; mycelial growth of 28 days), sawdust amended with Se-fertilizer at concentration of 3 milligrams/kilogram (B, F; mycelial growth of 24 and 25 days, respectively), commercial rice straw (C, G; mycelial growth of 32 days), and Se-rich rice straw (D, H; mycelial growth of 29 and 28 days, respectively).

ผลของซีลีเนียมต่อขนาดของดอกเห็ดนางรม

จากการศึกษาผลของสารเสริมซีลีเนียมในวัสดุเพาะเห็ดต่อขนาดของดอกเห็ดนางรมทั้ง 2 ชนิด พบว่า เส้นใยเห็ดทั้ง 2 ชนิด สามารถเจริญเติบโตและพัฒนาเป็นดอกเห็ดได้ (Figure 2) ในวัสดุเพาะทั้ง 4 สูตร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวัสดุเพาะจากซีลีเนียมไม่ย่างพารา และฟางข้าว พบว่า ขนาดของดอกเห็ดนางรมยังการุ่นที่ 1 ที่ได้จากซีลีเนียมไม่ย่าง (สูตรที่ 1 และ 2) มีขนาดใหญ่กว่าดอกเห็ดที่ได้จากฟางข้าว (สูตรที่ 3 และ 4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีขนาดโดยเฉลี่ย 43.77, 56.52, 34.94 และ 36.26 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 2) และเห็ดนางรมเทามีขนาดดอกโดยเฉลี่ย 47.05, 49.37, 35.34 และ 41.61 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 3) ส่วนการเสริมซีลีเนียมในวัสดุเพาะ (สูตรที่ 2 และ 4) พบว่า ขนาดของดอกเห็ดรุ่นแรกมีขนาดใหญ่กว่าการใช้วัสดุเพาะชนิดเดียวกันที่ไม่เสริมซีลีเนียม (สูตรที่ 1 และ 3) ทั้งในเห็ดนางรมยังการุ่นที่ 1 (Table 2) และเห็ดนางรมเทา (Table 3)

เมื่อเปรียบเทียบขนาดดอกเห็ดระหว่างรุ่นที่ 1 และ 2 พบว่า เห็ดนางรมทั้ง 2 ชนิด ที่เพาะจากซีลีเนียม (สูตรที่ 1 และ 2) จะให้ดอกรุ่นที่ 2 ที่มีขนาดเล็กลงจากดอกรุ่นที่ 1 ในขณะที่วัสดุเพาะจากฟางข้าว (สูตรที่ 3 และ 4) จะให้ดอกเห็ดรุ่นที่ 2 มีขนาดใหญ่กว่าดอกรุ่นที่ 1 (Table 2 และ Table 3) ส่วนการเสริมวัสดุเพาะด้วยปุ๋ยซีลีเนียม (สูตรที่ 2 และ 4) พบว่าเห็ดในรุ่นที่ 2 มีขนาดของดอกไม่แตกต่างจากวัสดุเพาะชนิดเดียวกันที่ไม่เสริมซีลีเนียม (สูตรที่ 1 และ 3) ดังนั้น วัสดุซีลีเนียมไม่ย่างพาราผสมปุ๋ยอินทรีย์ซีลีเนียม 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จึงเป็นสูตรที่ให้ขนาดดอกเห็ดนางรมยังการุ่นที่ 1 และเห็ดนางรมเทามีขนาดดอกใหญ่ที่สุด (Table 2 และ Table 3)



Figure 2 Fruiting bodies of the white and grey oyster mushroom on commercial rice straw designated as *Pleurotus ostreatus* TISTR_Post-01 (left) and *Pleurotus ostreatus* TISTR_Post grey-01 (right), respectively.

Table 2 Size of fruiting bodies of two consecutive harvest of the white oyster mushroom on different cellulosic substrates with or without selenium amendment.

Substrate	1 st Flush			2 nd Flush		
	Cap diameter (mm)	Stalk diameter (mm)	Stalk length (mm)	Cap diameter (mm)	Stalk diameter (mm)	Stalk length (mm)
Sawdust	43.77 ^b	10.72 ^a	45.80 ^{ab}	35.29	8.41 ^b	37.65 ^b
Sawdust + Se	56.52 ^a	12.16 ^a	46.91 ^a	43.65	10.88 ^a	47.25 ^a
Commercial rice straw	34.94 ^c	7.80 ^b	36.67 ^c	36.09	8.72 ^{ab}	25.24 ^c
Se-rich rice straw	36.26 ^c	8.34 ^b	41.75 ^{bc}	35.52	7.90 ^b	39.47 ^{ab}
CV (%)	17.74	18.81	12.63	22.80	26.94	26.35
F-test	**	**	*	ns	*	**

Note: Mean values followed by the different letter in column were significantly different at 95% by DMRT test.

** , * = Significant at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively. ns = non-significant.

Table 3 Size of fruiting bodies of two consecutive harvest of the grey oyster mushroom on different cellulosic substrates with or without selenium amendment.

Substrate	1 st Flush			2 nd Flush		
	Cap diameter	Stalk diameter	Stalk length	Cap diameter	Stalk diameter	Stalk length
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Sawdust	47.05 ^a	11.69 ^a	36.66	46.28	8.85	36.66
Sawdust + Se	49.37 ^a	11.97 ^a	36.62	45.15	9.10	37.65
Commercial rice straw	35.34 ^b	8.54 ^b	33.44	42.53	10.41	34.71
Se-rich rice straw	41.61 ^{ab}	9.48 ^b	38.63	45.35	8.79	39.75
CV (%)	20.31	21.94	11.74	18.96	16.98	15.21
F-test	**	**	ns	ns	ns	ns

Note: Mean values followed by the different letter in column were significantly different at 95% by DMRT test.

** = Significant at 0.01 level. ns = non-significant.

ผลผลิตดอกเห็ดและการสะสมซีลีเนียมของเห็ดนางรม

เห็ดนางรมฮังการีที่เพาะบนวัสดุเพาะทั้ง 4 สูตร พบว่าให้ผลผลิตดอกเห็ดรุ่นแรกไม่ต่างกัน ขณะที่ผลผลิตดอกเห็ดในรุ่นที่ 2 และผลผลิตดอกเห็ดรวมทั้ง 2 รุ่น พบว่า วัสดุเพาะจากฟางข้าว (สูตรที่ 3 และ 4) ให้ผลผลิตดอกเห็ดมากกว่าวัสดุเพาะจากขี้เลื่อยไม้ยาง (สูตรที่ 1 และ 2) โดยผลผลิตดอกเห็ดรวมทั้ง 2 รุ่นที่ได้มีค่า 133.40, 129.29, 120.20 และ 106.20 กรัมต่อก้อนเพาะ (Table 4) หรือวัสดุเพาะจากฟางข้าวให้ผลผลิตดอกเห็ดมากกว่าวัสดุเพาะจากขี้เลื่อยไม้ยางอยู่ร้อยละ 10.98-21.74 ส่วนปริมาณซีลีเนียมในผลผลิตดอกเห็ดทั้ง 2 รุ่นในวัสดุเพาะสูตรที่ 2 พบว่า มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 28,755 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงแตกต่างจากวัสดุเพาะสูตรอื่น ๆ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณซีลีเนียมในผลผลิตดอกเห็ดจากวัสดุเพาะฟางข้าวธรรมดา (สูตรที่ 3) และจากฟางข้าวซีลีเนียมสูง (สูตรที่ 4) พบว่า ปริมาณซีลีเนียมในผลผลิตดอกเห็ดจากสูตรที่ 4 มีค่าสูงกว่าดอกเห็ดที่ได้จากสูตรที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 157.62 (Table 4 และ Figure 3)

Table 4 Yield and selenium content of the white oyster mushroom fruiting bodies of two consecutive harvest from different cultivating substrate with or without selenium amendment.

Substrate	Yield (g/packet)			Total Se ($\mu\text{g}/\text{kgDW}$)		
	1 st Flush	2 nd Flush	Total	1 st Flush	2 nd Flush	Average
Sawdust	80.20	40.00 ^{bc}	120.20 ^{ab}	229.91 ^b	170.84 ^b	200.38
Sawdust + Se	73.10	33.10 ^c	106.20 ^b	20,550 ^a	36,960 ^a	28,755
Commercial straw	79.00	54.40 ^{ab}	133.40 ^a	48.71 ^b	40.00 ^b	44.36
Se-rich rice straw	71.20	58.09 ^a	129.29 ^a	106.10 ^b	122.45 ^b	114.28
CV (%)	24.73	34.49	14.51	42.80	35.60	
F-test	ns	*	**	**	**	

Note: Mean values followed by the different letter in column were significantly different at 95% by DMRT test for yield and LSD test for total Se.

** , * = Significant at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively. ns = non-significant.

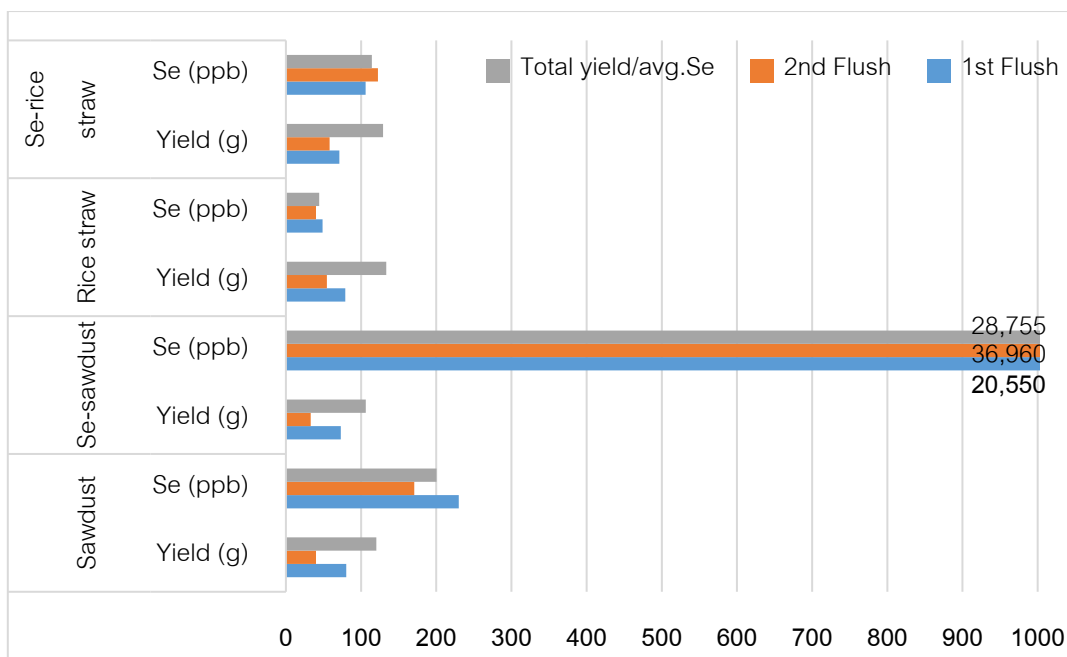


Figure 3 Yield and selenium content of the white oyster mushroom fruiting bodies from different cultivating substrate with or without selenium amendment.

สำหรับเห็ดนางรมเทาที่เพาะบนวัสดุเพาะทั้ง 4 สูตร พบว่าให้ผลผลิตดอกเห็ดรุ่นแรกและรุ่นที่ 2 มีค่าไม่ต่างกัน โดยผลผลิตดอกเห็ดรวมทั้ง 2 รุ่น มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 112.90-120.70 กรัมต่อก้อนเพาะ (Table 5) ส่วนปริมาณซีลีเนียมในผลผลิตดอกเห็ดทั้ง 2 รุ่น ในวัสดุเพาะสูตรที่ 2 พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 26,460 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งแตกต่างจากวัสดุเพาะสูตรอื่น ๆ โดยค่าดังกล่าวใกล้เคียงกับปริมาณซีลีเนียมที่พบในเห็ดนางรมฮังการี (28,755 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณซีลีเนียมในผลผลิตดอกเห็ดทั้ง 2 ชนิด จากวัสดุเพาะฟางข้าวอุดมซีลีเนียม (สูตรที่ 4) พบว่าเห็ดนางรมเทามีความสามารถในการดูดซับซีลีเนียม (189.08 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) (Table 5 และ Figure 4) ได้ดีกว่าเห็ดนางรมฮังการี (114.28 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) (Table 4) คิดเป็นร้อยละ 65.45 เมื่อคำนวณหาปริมาณซีลีเนียมที่ร่างกายได้รับจากการบริโภคเห็ด หากผู้บริโภครับประทานเห็ดสด 1 กิโลกรัม (เห็ดสด 10 กิโลกรัม มีน้ำหนักแห้งเพียง 1 กิโลกรัม) และเห็ดมีปริมาณซีลีเนียมเฉลี่ย 189.08 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง (จากวัสดุเพาะสูตรที่ 4 ใน Table 5) พบว่า ร่างกายจะได้ซีลีเนียม 18.9 ไมโครกรัม ซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการบริโภค สอดคล้องกับรายงานของ Eileen (2006) และสำนักโภชนาการ กรมอนามัย (2563) โดยปริมาณซีลีเนียมที่ควรได้รับต่อวันขึ้นอยู่กับช่วงอายุเฉลี่ย ซึ่งอยู่ระหว่าง 15-70 ไมโครกรัมต่อวัน

Table 5 Yield and selenium content of the grey oyster mushroom fruiting bodies of two consecutive harvest from different cultivating substrate with or without selenium amendment.

Substrate	Yield (gFw/pack)			Total Se (µg/kgDW)		
	1 st Flush	2 nd Flush	Total	1 st Flush	2 nd Flush	Average
Sawdust	67.30	53.40	120.70	174.10 ^b	138.03 ^b	156.07
Sawdust +Se	67.30	45.60	112.90	27,990 ^a	24,930 ^a	26,460
Commercial straw	59.20	59.90	119.10	36.21 ^b	84.02 ^b	60.12
Se-rich rice straw	59.90	55.10	115.00	194.51 ^b	183.65 ^b	189.08
CV (%)	17.53	26.20	11.80	35.26	49.55	
F-test	ns	ns	ns	**	**	

Note: Mean values followed by the different letter in column were significantly different at 95% by LSD test for yield and LSD test for total Se.

** = Significant at 0.01 level. ns = non-significant.

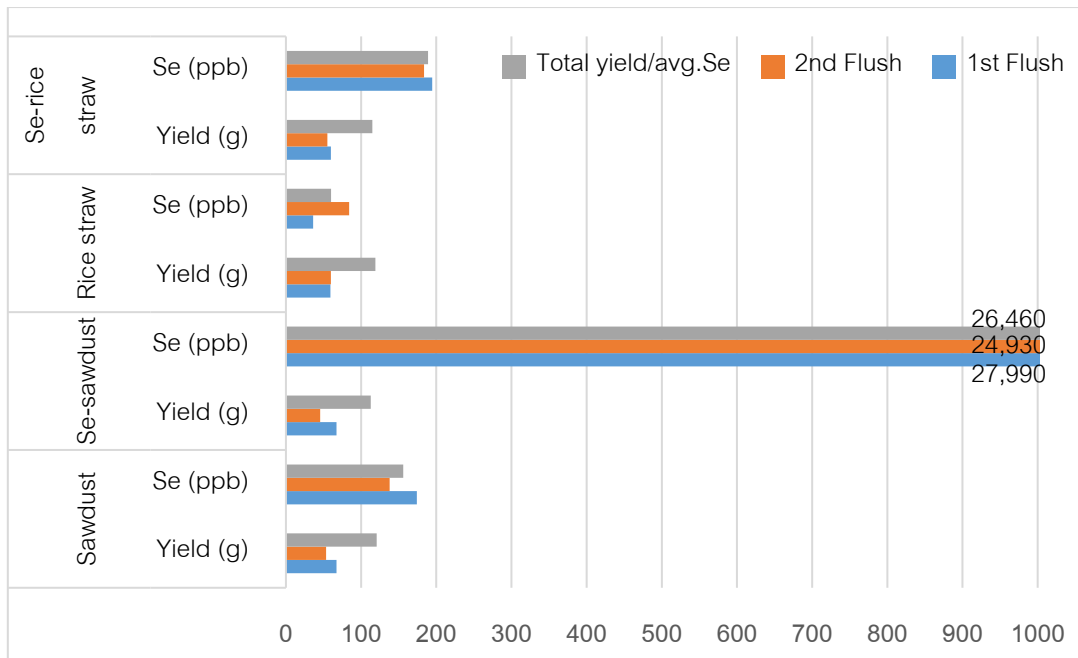


Figure 4 Yield and selenium content of the grey oyster mushroom fruiting bodies from different cultivating substrate with or without selenium amendment.

การที่เห็ดนางรมที่เพาะบนวัสดุที่มีซีลีเนียมสูงหรือเสริมซีลีเนียมลงบนวัสดุแล้วได้ผลผลิตดอกเห็ดที่มีปริมาณซีลีเนียมเป็นองค์ประกอบสูงขึ้น เนื่องจากเห็ดมีความสามารถในการดูดซับจุลธาตุจากวัสดุเพาะและสะสมจุลธาตุไว้ในชีวมวลได้ดี ดังที่ปรากฏอยู่ในงานวิจัยที่ผ่านมา Nunes et al. (2012) ทดลองเพาะเห็ดหอม (shiitake, *Lentinula edodes*) บนซีลีเนียมไม่ยูคาลิปตัส พบว่า เมื่อรดด้วยสารละลาย Na_2SeO_3 ความเข้มข้น 0.64 มิลลิโมลาร์ หรือประมาณ 0.26 กรัมต่อลิตร เห็ดหอมที่ผลิตได้มีซีลีเนียมสูงถึง 17 มิลลิกรัมซีลีเนียมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (170,000 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ Bhatia et al. (2014) มีการทดลองผลิตเห็ดตระกูลนางรม *Pleurotus sajor-caju* ในก้อนเพาะที่ใช้ฟางข้าวสาลีเป็นวัสดุหลัก ได้แก่ ฟางข้าวสาลีซีลีเนียมสูง (ซีลีเนียม 24,000 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) และฟางข้าวสาลีทั่วไป (ซีลีเนียม 1,900 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) พบว่า ดอกเห็ดที่ผลิตได้มีซีลีเนียมทั้งหมด 37,200 และ 3,570 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และ Da Silva et al. (2012) พบว่า การเติมซีลีเนียม 51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ลงในวัสดุเพาะเห็ดนางรม *Pleurotus ostreatus* จากกากกาแฟ ได้ผลผลิตดอกเห็ดที่มีการสะสมซีลีเนียมสูงสุด แต่ส่งผลให้หมวกเห็ดมีขนาดเล็กและเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ โดยเห็ดที่เก็บรุ่นแรกจะมีปริมาณซีลีเนียมสูงกว่าเห็ดที่เก็บเกี่ยวในรุ่นหลัง การเติมซีลีเนียมอัตรา 3.2 มิลลิกรัมซีลีเนียมต่อกิโลกรัม ลงในวัสดุเพาะสามารถผลิตดอกเห็ดรุ่นแรกที่มีซีลีเนียมทั้งหมด 57,600 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งใกล้เคียงกับผลการทดลองที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้

เมื่อนำข้อมูลปริมาณซีลีเนียมที่สะสมในเห็ดนางรมที่ได้จากการศึกษาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน GH/T 1135-2017 ของประเทศจีน ซึ่งกำหนดให้สินค้าเกษตรอุดมซีลีเนียมประเภทเห็ด ควรมีปริมาณซีลีเนียมอยู่ระหว่าง 100-5,000 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง แต่ถ้ารับประทานมากเกินไป (>400 ไมโครกรัมต่อวัน) อาจเกิดพิษซีลีเนียมเรื้อรัง ได้แก่ ผม่วง เล็บขาว เหน็บชา ผิวหนังเป็นวงแดง และโลหิตจาง เป็นต้น (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย, 2563; Carina et al., 2015) ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ด้านโภชนาการและการควบคุมราคา อาจกล่าวได้ว่า การเพาะเห็ดนางรมด้วยวัสดุเพาะชนิดซีลีเนียมสูงและฟางข้าวซีลีเนียมสูงทำให้ได้ดอกเห็ดที่มีปริมาณซีลีเนียมเหมาะสมต่อการบริโภค แต่ในแง่ของการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในรูปแบบผงแห้งยังมีปริมาณน้อยกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ดังนั้นควรมีการศึกษาวัสดุเพาะที่มีระดับความเข้มข้นของซีลีเนียมเพิ่มขึ้น ซึ่งการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางข้าวที่ได้จากพื้นที่เพาะปลูกที่มีปริมาณซีลีเนียมในดินค่อนข้างสูง เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการผลิตเห็ดอุดมซีลีเนียม และการเสริมซีลีเนียมเข้าไปในก้อนวัสดุเพาะให้เหมาะสมกับการผลิตดอกเห็ดเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหรือผลิตภัณฑ์โภชนเภสัช (nutraceutical) (Bhatia et al., 2013)

สรุปผลการศึกษา

การเสริมปุ๋ยอินทรีย์ซีลีเนียมเข้าไปในวัสดุเพาะ (สูตรที่ 2) หรือการใช้วัสดุเพาะที่มีปริมาณซีลีเนียมสูง (สูตรที่ 4) ในการผลิตเห็ดนางรม 2 ชนิด คือ เห็ดนางรมเทา และเห็ดนางรมฮังการี พบว่า ซีลีเนียมมีผลกระตุ้นการเจริญเติบโตของเส้นใย ทำให้เปิดดอกได้เร็วขึ้นจากปกติประมาณ 3 วัน โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตดอกเห็ดแต่มีผลต่อขนาดของดอกเห็ด โดยดอกเห็ดรุ่นแรกที่ผลิตได้มีขนาดใหญ่ขึ้น และเห็ดทั้ง 2 รุ่น มีปริมาณซีลีเนียมสูงขึ้น การเสริมปุ๋ยอินทรีย์ซีลีเนียมในวัสดุเพาะซีลีเนียมง่าย (สูตรที่ 2) พบว่ามีการสะสมปริมาณซีลีเนียมในดอกเห็ดนางรมเพิ่มขึ้นจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (สูตรที่ 1) คือมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 200.38 และ 156.07 (ในเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดนางรมเทา) ไปเป็น 28,755 และ 26,460 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนวัสดุเพาะจากฟางข้าวอุดมซีลีเนียม (สูตรที่ 4) พบว่ามีการสะสมปริมาณซีลีเนียมในดอกเห็ดเพิ่มขึ้นจากวัสดุเพาะฟางข้าวทั่วไป (สูตรที่ 3) คือมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 44.36 และ 60.12 (ในเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดนางรมเทา) ไปเป็น 114.28 และ 189.08 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนส่วนหนึ่งจากสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ภายใต้โครงการผลักดันความร่วมมือด้าน วทน. ระหว่างไทย-สาธารณรัฐประชาชนจีน ประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2551. การประเมินสายพันธุ์เห็ดนางรมที่เหมาะสมกับการเพาะเห็ดในภาคใต้. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร.
- กรมวิชาการเกษตร. 2558. ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาเห็ด. กรุงเทพฯ: กลุ่มวิจัยและพัฒนาเห็ด สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ.
- กระทรวงสาธารณสุข. 2541. สารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป. บัญชีหมายเลข 3 แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182). http://food.fda.moph.go.th/law/announ_moph151-200.php (29 กรกฎาคม 2563).
- ดาเรศน์ กิตติโยภาส, เจนจบ สุขสด, อนุรักษ์ เรือนกล้า, ทะนะ พรประดับเกียรติ และอมรภัทร ทศนประสิทธิ์ผล. 2547. ผลกระทบจากการเผาในที่โล่ง. *วารสารเกษตรกรรมปลอดการเผา(2)*: 1-4.
- ศัลยา คงสมบูรณ์เวช. 2548. สุขภาพดีเริ่มต้นด้วยการกินให้เป็น. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คลินิกสุขภาพ.
- สำนักโภชนาการ กรมอนามัย. 2563. ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- AOAC. 2012. Heavy metal profile of *Oreochromis niloticus* harvested from e-waste polluted vials and associated fungi. Official Method of Analysis Association of Analytical Chemists. [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjt55\)\)](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjt55))) (15 October 2020).
- Bhatia, P., Prakash, R., and Prakash, N. T. 2013. Selenium uptake by edible oyster mushrooms (*Pleurotus* sp.) from selenium-hyperaccumulated wheat straw. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* 59(1): 69-72.
- Bhatia, P., Prakash, R., and Prakash, N. T. 2014. Enhanced antioxidant properties as a function of selenium uptake by edible mushrooms cultivated on selenium accumulated waste post-harvest wheat and paddy residues. *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture* 3: 127-132.
- Carina, B., Andreas, G., Sandra, K., Sebastian, B., William, M., Gil, H., and Christian, S. 2015. Selenium and its supplementation in cardiovascular disease - what do we know. *Journal of Human Nutrition* 7: 3094-3118.
- Da Silva, M. C. S., Naozuka, J., Da Luz, J. M. R., Assuncao, L. S., Oliveira, P. V., Vanetti, M. C. D., and Kasuya, M. C. M. 2012. Enrichment of *Pleurotus ostreatus* mushrooms with selenium in coffee husks. *Food Chemistry* 131(2): 558-563.
- Eileen, B. 2006. *Therapeutic nutrition: a guide to patient education*. Philadelphia: Lippincott Williams and wilkins.
- Institute of Medicine (US). 2000. *Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids*. Washington: National Academic Press.
- Kaur, S., Singh, D., and Singh, K. 2017. Effect of selenium application on arsenic uptake in rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Environmental Monitoring and Assessment* 189(9): 430.
- Mangiapane, E., Pessione, A., and Pessione, E. 2014. Selenium and selenoproteins: an overview on different biological systems. *Current Protein and Peptide Science* 15(6): 598-607.
- Milovanovic, L., Brceski, I., Stajic, M., Korac, A., Vukojevic, J., and Knezevic, A. 2014. Potential of *Pleurotus ostreatus* mycelium for selenium absorption. *The Scientific World Journal* (2014): 1-8.
- Mleczeck, M., Siwulski, M., Stuper-Szablewska, K., Rissmann, I., Sobierski, K., and Golinski, P. 2013. Accumulation of elements by edible mushroom species: part I. Problem of trace elements toxicity in mushrooms. *Journal of Environmental Science and Health* 48(1): 69-81.

- Nunes, R. G., Da Luz, J. M., Freitas, B., Higuchi, A., Kasuya, M. C., and Vanetti, M. C. 2012. Selenium bioaccumulation in shiitake mushrooms: a nutritional alternative source of this element. *Journal of Food Science* 77(9): 983-986.
- Sherif, K. E., Rabie, M. H., Beshara, M. M., and Fawzy, A. R. 2017. Effect of dietary organic selenium and manganese supplementation on productive performance of local laying hens fed diet contained soybean oil as a source of essential fatty acids. *Journal of Animal and Poultry Production* 8(6): 119-128.
- Subramanian, K., and Ram, K. 2011. Biochemical conversion of rice straw into bioethanol-an exploratory investigation. *Journal of Biofuels* 2: 33-41.
- Turlo, J., Gutkowska, B., Herold, F., Klimaszewska, M., and Suchocki, P. 2010. Optimization of the selenium-enriched mycelium of *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler as a food supplement. *Journal Food Biotechnology* 24(2):180-196.
- Werner, A. R., and Beelman, R. B. 2002. Growing high-selenium edible and medicinal button mushrooms (*Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach) as ingredients for functional foods or dietary supplements. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 4: 167-171.

วันรับบทความ (Received date) : 17 มี.ค. 64

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 26 ก.ค. 64

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 10 พ.ย. 64