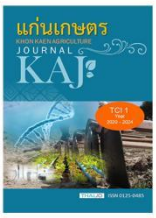
วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj



ปริมาณและคุณภาพผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฏานดำ-01 *Pleurotus Pulmonarius* (TISTR_Ppul-01) และนางรมฮังการี-01 *Pleurotus Ostreatus* (TISTR_Post-01) จากการเพาะด้วยวัสดุเหลือทิ้งกากกาแฟ

Quantity and quality yields of oyster mushrooms: *Pleurotus Pulmonarius* TISTR_Ppul-01 and *Pleurotus Ostreatus* TISTR_Post-01 with waste coffee grounds

ธนภักษ์ อินยอด[1]*, ขนิษฐา ชวนะนรเศรษฐ์[1], ธนภัทร เติมอารมย์[1], ชาตรี กอนี[1], สุริมา ญาติโสม[1], สุจิตรา บัวลอย[1] และปิยะดา เอี่ยมประสงค์[1]

Tanapak Inyod[1]*, Khanitha Chawananorasest[1], Thanapat Termarom[1], Chatree Konee[1], Surima Yatsom[1], Suchitra Bualoi[1] and Piyada Eamprasong[1]

[1] *สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) 35 หมู่ 3 ต. คลองห้า อ. คลองหลวง จ.ปทุมธานี*

[1]*Thailand institute of Scientific and Technological Research (Tistr), 35 Moo 3, Khlong Ha, Khlong Luang, Pathum Thani*

บทคัดย่อ: การศึกษาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ ขี้เลื่อยไม้ยางพาราและกากกาแฟต่อปริมาณผลผลิต และคุณภาพของดอกเห็ดนางรมฮังการี-01 (*Pleurotus Ostreatus*) และเห็ดนางฟ้าภูฏานดำ-01 (*P. Pulmonarius*) เพาะในอัตราส่วนแตกต่างกัน ได้แก่ สูตรที่ 1 ขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100% (ชุดควบคุม), สูตรที่ 2 กากเมล็ดกาแฟ : ขี้เลื่อย อัตราส่วนร้อยละ 70 : 30, สูตรที่ 3 กากเมล็ดกาแฟ : ขี้เลื่อย อัตราส่วนร้อยละ 50 : 50, และสูตรที่ 4 กากเมล็ดกาแฟบด 100%, ทำการวัดอัตราการเจริญของเส้นใย น้ำหนักผลผลิต คุณภาพของดอกเห็ด และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่าเห็ดทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่เพาะในวัสดุขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100% เส้นใยเจริญเต็มก้อนเร็วที่สุด รองลงมาเป็นสูตรที่ผสมกากกาแฟ 50% และ 70% ส่วนสูตรที่ใช้กากกาแฟอย่างเดียวใช้เวลานานที่สุด มีค่าเท่ากับ 26, 47, 60 และ 80 วัน ตามลำดับ ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการี-01 เพาะด้วยกากกาแฟอัตราส่วน 50% ให้น้ำหนักดอกสดมากที่สุดเฉลี่ย 257.99 กรัมต่อก้อน ในขณะที่เห็ดนางฟ้าภูฏานดำ-01 ให้น้ำหนักดอกสดมากที่สุด 182.82 กรัมต่อก้อน จากสูตรที่ใช้กากกาแฟอัตราส่วนทดแทน 70% ดอกเห็ดที่ได้มีลักษณะทรงกลม ขนาดดอกใหญ่ ก้านดอกยาว และให้จำนวนดอกต่อก้อน และมีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุบางชนิดสูงอีกด้วย แสดงให้เห็นว่าสูตรที่ใช้กากกาแฟเป็นวัสดุทดแทนให้ผลผลิตและคุณภาพของเห็ดดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ดังนั้นการนำกากกาแฟมาใช้เป็นวัสดุเพาะผสมกับขี้เลื่อย ทำให้ลดอัตราการใช้ขี้เลื่อยลง 50-70% และช่วยลดต้นการผลิต อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่กากกาแฟ

คำสำคัญ : วัสดุเหลือทิ้งกากกาแฟ; นางฟ้าภูฏานดำ-01; เห็ดนางรมฮังการี-01.

ABSTRACT: The effect of mushroom growing materials derived from agricultural waste materials, namely sawdust and waste coffee grounds on yield and quality of oyster mushrooms: (*Pleurotus Ostreatus*) TISTR_Post-01 and (*P. Pulmonarius*) TISTR_Ppul-01 was studied. These formulations were: (T1) 100% sawdust (control), (T2) waste coffee grounds with sawdust as the ratio 70:30, (T3) 50:50 and (T4) 100% replacement (coffee grounds only). The studied parameters were comprised of mycelial growth rate, fresh mushrooms total weight, including quality as well as

* corresponding author: Tanapuk@tistr.or.th, Chatree.162@hotmail.com

Received: date; March 3, 2021 Accepted: date; June 15, 2021 Published: date; December 5, 2021

nutritional analyses. The oyster mushroom mycelial growth rate in both species on 100% sawdust exhibited the fastest rate that fulfilled in the bags, following by the 50% and 70% formula ratios of those with the coffee ground waste, respectively. The ratios were only used during 26, 47, 60 and 80 days. Total weight of fresh mushrooms of TISTR_Post-01 showed the highest yield (257.99g/bas) when cultivated on waste coffee grounds that replacement ratios were 50%. On the other hand, the highest yield of TISTR_Ppul-01 (182.82g/bag) was obtained when cultivated on the formula of waste coffee grounds replacement ratios were 70%. The mushroom cap physically appeared in spherical shape, showed both the largest diameter and the greatest length. The nutrition ingredients constituted of high protein, carbohydrate and some mineral contents. As a result, the quantity and quality of oyster mushroom from both formulae were greater when compared with the control treatment. The waste coffee grounds combined with sawdust used as mushroom cultivated materials is value added of waste coffee grounds, and it could reduce the use of sawdust by 50-70% and, decrease the cost for mushroom production.
Keywords: waste coffee grounds; *Pleurotus Pulmonarius*; *Pleurotus Ostreatus*

บทนำ

เครื่องดื่มประเภทชาและกาแฟได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะกาแฟคั่วบดทำให้ธุรกิจร้านกาแฟเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างต่อเนื่อง (อนุชา และคณะ, 2561) โดยกระบวนการผลิตกาแฟสดต้องผ่านการคั่วบดและรีดเอาน้ำของกาแฟออกด้วยความร้อน สิ่งที่เหลือจากกระบวนคือ กากกาแฟเหลือทิ้ง ส่วนใหญ่ผู้ประกอบการจะนำไปทิ้งรวมกับขยะมูลฝอยอื่นๆ ทำให้เพิ่มปริมาณขยะ และเป็นการสูญเสียคุณค่าของกากกาแฟโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งในประเทศไทยมีปริมาณกากกาแฟเหลือทิ้งมากกว่า 290,000 ตันต่อปี (ณัฐพงศ์, 2562) หากไม่มีการจัดการที่ถูกต้องอาจส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมได้ ปัจจุบันมีการนำกากกาแฟเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์หลายด้านเช่น นำไปทำปุ๋ยหมัก สกัดน้ำมันจากกากกาแฟเป็นไบโอดีเซล เชื้อเพลิงอัดแท่ง กระถางเพาะชำจากกากกาแฟ และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สบู่ขัดผิว (สุพัตรา และคณะ, 2561) มีรายงานว่ากากกาแฟที่ผ่านการสกัดน้ำแล้ว องค์ประกอบหลักที่เหลือส่วนใหญ่เป็นพวกเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และเซลลูโลส (Cellulose) โดยจัดเป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส และคาร์บอนปริมาณสูง (Mussatto et al, 2011) ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโตของพืชและเชื้อรา

เห็ดตระกูลนางรม (Oyster mushroom) ได้แก่ เห็ดนางรมฮังการี (*Pleurotus ostreatus*) และเห็ดนางฟ้าภูฏานดำ (*Plurotus pulmonarius*) จัดเป็นเห็ดเศรษฐกิจที่นิยมนำมาบริโภคมากกว่าเห็ดชนิดอื่น เนื่องจากมีรสชาติดีและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งโปรตีน คาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุต่างๆ เช่น แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมสูง มีคุณสมบัติช่วยลดความดัน นอกจากนี้ยังอุดมด้วยวิตามินต่าง ๆ โดยเฉพาะวิตามินซีที่ช่วยเพิ่มการดูดซึมแคลเซียม เพื่อเสริมกระดูกและฟัน เหมาะสำหรับผู้ที่เป็นโรคเบาหวานและผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก เนื่องจากมีปริมาณไขมันน้อย ทำให้เป็นที่ต้องการของท้องตลาด ส่งผลให้เกษตรกรมีความสนใจและประกอบกิจการการเพาะเห็ดตระกูลนางรมมากขึ้น

การเพาะเห็ดเศรษฐกิจในถุงพลาสติก วัสดุหลักส่วนใหญ่นิยมใช้เป็นขี้เลื่อยไม้ยางพารา เนื่องจากเป็นไม้เนื้ออ่อน มีความละเอียด สามารถใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการหมัก (นันทินี และเสกสรร, 2544) แต่ในปัจจุบันขี้เลื่อยไม้ยางพารามีราคาแพงสาเหตุจากพื้นที่ปลูกยางพาราลดลง และนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงค่าขนส่งที่เพิ่มขึ้นตามระยะทางซึ่งส่วนใหญ่มากจากทางภาคใต้ของประเทศ ทำให้ราคาเพิ่มสูงขึ้นและมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นทุกปี ในขณะที่ราคาของเห็ดสดที่ส่งออกตลาดยังคงที่ อาจทำให้ไม่คุ้มค่าในการลงทุน จึงเกิดการหาวัสดุทดแทนที่มีราคาถูกและหาง่ายมาใช้ประโยชน์ร่วมกับขี้เลื่อยยางพารา ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบเพาะเห็ดตระกูลนางรม 2 สายพันธุ์ได้แก่ เห็ดนางรมฮังการี-01และเห็ดนางฟ้าภูฏานดำ-01 โดยใช้กากกาแฟเหลือทิ้งเป็นวัสดุเพาะร่วมกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราในอัตราส่วนต่างๆ ที่เหมาะสมต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของดอกเห็ด อีกทั้งเป็นการลดต้นทุนการผลิต ลดขยะ และนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วิธีการศึกษา

สายพันธุ์เห็ดที่ใช้ในการทดสอบ

สายพันธุ์เห็ดสกุลนางรมประกอบด้วยเห็ด 2 สายพันธุ์ ได้แก่ เชื้อเห็ดนางฟ้าภูฏานดำ (TISTR_Ppul-01) และเห็ดนางรมฮังการี (TISTR_Post-01) ที่รวบรวมโดยห้องปฏิบัติการเห็ดรา ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย นำเส้นใยเห็ดมาเลี้ยงบนอาหาร PDA (Potato Dextrose Agar) บ่มที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เส้นใยเห็ดจะเจริญเต็มบนผิวหน้าอาหาร ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน หลังจากนั้นเตรียมหัวเชื้อเห็ดในเมล็ดข้าวฟ่าง โดยย้ายชิ้นวุ้นที่มีเส้นใยเห็ดเจริญบนอาหาร PDA ลงในขวดเมล็ดข้าวฟ่างที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว เส้นใยจะเจริญเติมขวดเมล็ดข้าวฟ่าง โดยใช้ระยะเวลา 8-12 วัน จึงนำไปหยอดใส่ก้อนเชื้อเห็ด

การทำก้อนเชื้อเห็ดจากวัสดุขี้เลื่อยและกากกาแฟ

เตรียมกากกาแฟ (ผู้ประกอบการร้านกาแฟ ในอำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี) โดยกากกาแฟต้องไม่มีการปนเปื้อนกากชา นำมาตากแดด (Sun drying) บนถาดที่หุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ และพลิกกลับด้านเป็นระยะๆ เพื่อป้องกันการหมัก ตากแห้งจนกว่ากากกาแฟเหลือความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ด้วยเครื่องวัดความชื้น (Lutron PMS-714) เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ แล้วเตรียมวัสดุเพาะตามสูตรดังนี้ สูตรที่ 1 ขี้เลื่อย 100% (ชุดควบคุม) สูตรที่ 2 กากเมล็ดกาแฟบด : ขี้เลื่อย อัตราส่วนร้อยละ 70 : 30 สูตรที่ 3 กากเมล็ดกาแฟบด : ขี้เลื่อย 50 : 50 และสูตรที่ 4 ใช้กากเมล็ดกาแฟบด 100% รำละเอียด ปูนขาว ($CaCo_3$) ยิปซั่ม ($CaSO_4{\cdot}2H_2O$) และดีเกลือ ($MgSO_4$) (**Table 1**)

นำส่วนผสมทั้งหมดไปคลุกเคล้าให้ทั่วในเครื่องผสม เติมน้ำลงไปในวัสดุเพาะให้มีความชื้นที่เหมาะสมประมาณ 65 -70% ทดสอบความชื้นโดยกำวัสดุเพาะแล้วบีบ วัสดุเพาะที่ดีจะไม่มีน้ำออกมาตามนิ้วมือ ให้แบมือออกส่วนผสมจะจับกันเป็นก้อนและแตกออก 2-3 ส่วนแสดงว่าใช้ได้ นำวัสดุเพาะที่ผสมแล้วบรรจุใส่ถุงพลาสติกทนร้อนขนาด 7 × 12 นิ้ว ถุงละ 800 กรัม อัดส่วนผสมให้แน่น ใส่คอขวด และปิดจุกด้วยจุกประหยัดสำลี นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำร้อนโดยใช้หม้อนึ่งอุณหภูมิแบบไม่มีแรงดัน ที่อุณหภูมิอย่างน้อย 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง สำหรับการผลิตวัสดุก้อนเพาะเห็ดปริมาณ 20 ก้อน/สูตร หลังจากนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดจนครบเวลาแล้ว ทิ้งไว้ให้เย็น สุ่มก้อนวัสดุเพาะเห็ดแต่ละสูตรเพื่อนำไปวิเคราะห์หาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) โดยใช้วิธีอ้างอิงตาม Manual on Organic Fertilizer Analysis, APSRDO, DOA: 4/2551 และ (AOAC, 2012) นำก้อนวัสดุเพาะเห็ดมาใส่เชื้อเห็ดจากเมล็ดข้าวฟ่างที่เตรียมไว้ลงไป ประมาณ 15-20 เมล็ด/ก้อน นำก้อนวัสดุเพาะเห็ดไปบ่มในที่มืด ในสภาพอุณหภูมิห้อง เส้นใยเห็ดจะเจริญเต็มถุงใช้เวลาประมาณ 4 สัปดาห์ เมื่อเส้นใยเดินเต็มถุงแล้วให้พักก้อนเชื้อเห็ดต่ออีก 5 วัน เพื่อให้เส้นใยสะสมอาหารและพร้อมจะเจริญเป็นดอกเห็ด แล้วนำไปเปิดดอกในโรงเรือนต่อไป

Table 1 Materials and supplementary for mushroom cultivation of Oyster mushrooms (TISTR_Ppul-01, TISTR_Post-01) total 20 bags/formulations.

Formulations	Materials (kg)		Supplementary (kg)			
	Sawdust	Waste coffee grounds	Rice bran	Calcium carbonate	Gypsum	Magnesium Sulfate
T1	20	-	1.2	0.2	0.2	0.02
T2	14	6	1.2	0.2	0.2	0.02
T3	10	10	1.2	0.2	0.2	0.02
T4	-	20	1.2	0.2	0.2	0.02

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต คาเฟอีน และแร่ธาตุ

วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด โดยวิธี Phenol sulfuric acid method Modified (Hansen and Møller, 1975) วิเคราะห์ธาตุอาหารในเห็ด ได้แก่ K, Mg, Na, Zn, Mn, Ca, และ Cu โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ตามวิธีของ Willard et al. (2001) และ P โดยใช้ Spectrophotometer molybdovanadophosphate method (Westerman, 1990) ปริมาณคาเฟอีนในดอกเห็ดตามวิธีของ Alex et al. (2020)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เก็บข้อมูลอัตราการเจริญเส้นใย (เซนติเมตร/วัน) ก้อนละ 4 ด้านของถุงเพาะ ตามแนวการเจริญเส้นใยจนเต็มก้อน และระยะเวลาการเจริญจนเต็มก้อนเชื้อของเห็ดนางฟ้าภูฐานและเห็ดนางรมฮังการีในวัสดุเพาะสูตรต่างๆ เมื่อนำก้อนไปเปิดดอกเห็ด เก็บผลผลิต เป็นระยะเวลา 4 รุ่น บันทึกปริมาณและคุณภาพของดอกเห็ด ได้แก่ น้ำหนักสด ขนาดของดอก เส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวก้านดอกเห็ด ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) ประกอบด้วย 3 กรรมวิธี 20 ซ้ำต่อกรรมวิธี โดยทำก้อนจากวัสดุเพาะที่แตกต่างกัน 4 สูตร นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ด้วยโปรแกรม SAS version 9.1 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ในระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาหาอัตราส่วนของวัสดุเพาะเห็ดที่เหมาะสมต่อการเกิดดอกเห็ดนางฟ้าภูฏานดำ-01 และนางรมฮังการี-01

จากการทดลองหาวัสดุเพาะเห็ดที่เหมาะสมต่อการเจริญของเห็ดนางฟ้าภูฏานดำ-01 และเห็ดนางรมฮังการี-01 ในวัสดุเพาะ 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ขี้เลื่อย (ชุดควบคุม) สูตรที่ 2 กากกาแฟผสมขี้เลื่อยอัตราส่วน 70:30% สูตรที่ 3 กากกาแฟผสมขี้เลื่อยอัตราส่วน 50:50% และสูตรที่ 4 กากกาแฟ 100% วัดอัตราการเจริญของเส้นใย น้ำหนักสด ขนาดดอก และเส้นผ่านศูนย์กลางก้าน เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญดังนี้

อัตราการเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฏานดำ-01 และเห็ดนางรมฮังการี-01

การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฏานดำ-01 และเห็ดนางรมฮังการี-01 ในก้อนเชื้อที่วัสดุเพาะแตกต่างกัน จากการทดลองพบว่า อัตราการเจริญเติบโตของเส้นใยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้งเห็ดนางฟ้าภูฏานดำ และเห็ดนางรมฮังการีมีอัตราการเจริญของเส้นใยในวัสดุเพาะขี้เลื่อย 100% (control) มากที่สุดเฉลี่ย 0.79 และ 0.83 ซม./วัน ตามลำดับ รองลงมาคือวัสดุเพาะกากกาแฟผสมขี้เลื่อยอัตราส่วน 50 : 50 อัตราการเจริญ 0.38 และ 0.39 ซม./วัน วัสดุเพาะกากกาแฟผสมขี้เลื่อยอัตราส่วน 70 : 30 เห็ดทั้ง 2 ชนิด มีการเจริญของเส้นใยเฉลี่ยต่อวัน 0.28 ซม. ส่วนในวัสดุเพาะที่ผลิตจากกากกาแฟ 100% เส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฏานดำ และเห็ดนางรมฮังการีมีอัตราการเจริญของเส้นใยในวัสดุต่ำที่สุดคือ 0.18 และ 0.20 ซม./วัน (**Table 2**) เช่นเดียวกับการศึกษาของ นงลักษณ์ และคณะ (2562) รายงานว่า ในสูตร Control (ขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100%) มีการเจริญของเส้นใยดีและหนาแน่นทั่วทั้งก้อน ส่วนสูตรที่ใช้กากเมล็ดกาแฟบด 50% ผสมขี้เลื่อย 50% ในการทำเป็นวัสดุเพาะมีการเจริญของเส้นใยเจริญได้หนาแน่นเกือบเต็มก้อน แต่ไม่หนาแน่นเท่าสูตร Control ที่ใช้เพียงขี้เลื่อยไม้ยางพารา ในขณะที่สูตรกากกาแฟ 100% มีการเจริญของเส้นใยช้าไม่หนาแน่นเดินประมาณครึ่งก้อน จากผลการทดลอง สูตรวัสดุเพาะขี้เลื่อย 100% เส้นใยสามารถเจริญได้ดีที่สุด และเจริญหนาแน่นทั่วทั้งก้อน เนื่องจากขี้เลื่อยมีองค์ประกอบของสารกลุ่มลิกโนเซลลูโลส ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักและเห็ดราสามารถย่อยสลายได้ดี เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดนางฟ้า (Chanakya et al. 2015) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Badu et al. (2011) ศึกษาผลของวัสดุเพาะต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตเห็ดนางรม (*P. Ostreatus*) พบว่าวัสดุเพาะขี้เลื่อยจากต้น *Triplochiton scleraxylon* มีองค์ประกอบของ ลิกนิน 27.55% เซลลูโลส 46.76% และเฮมิเซลลูโลส 15.69% ให้ปริมาณผลผลิตมากที่สุด 334 กรัม โดยลักษณะทางกายภาพของขี้เลื่อยค่อนข้างกระด้างแข็งทำให้ก้อนวัสดุเพาะเห็ดมีลักษณะโปร่ง ไม่อัดแน่น สามารถถ่ายเทออกซิเจนได้ดีกว่าซึ่งออกซิเจนเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญของเส้นใยเห็ด เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุที่ทำจากกากกาแฟบด ลักษณะทางกายภาพมีความละเอียด เมื่อนำมาอัดก้อนแล้วก้อนแน่น ไม่โปร่ง การถ่ายเทออกซิเจนน้อย ซึ่งองค์ประกอบของกากกาแฟส่วนใหญ่เป็น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต อีกทั้งกากกาแฟยังมีปริมาณลิกโนเซลลูโลสน้อยกว่าขี้เลื่อย (ศศิกานต์ และนันทรักษ์, 2563)

การศึกษาระยะเวลาการเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฏานดำและเห็ดนางรมฮังการีในการเจริญเต็มก้อนเชื้อเห็ด โดยทำการวัดการเจริญของเส้นใยทุก 4 วัน จนเส้นใยเจริญเติมก้อนเชื้อเห็ด พบว่าการเจริญของเส้นใยเห็ดทั้ง 2 ชนิด ใช้เวลาเพียง 27 วัน หลังการหยอดเชื้อในการเจริญจนเต็มก้อนวัสดุเพาะเห็ดในสูตรที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100% (ชุดควบคุม) รองลงมาคือวัสดุเพาะกากกาแฟผสมขี้เลื่อย 50 : 50 วัสดุเพาะกากกาแฟผสมขี้เลื่อย 70 : 30 และวัสดุเพาะจากกากกาแฟ 100% (**Table 2, Figure 1**) ซึ่งจะเห็นได้ว่าก้อนเชื้อเห็ดที่มีอัตราส่วนของกากกาแฟผสมในปริมาณที่สูง การเจริญเส้นใยเห็ดทั้ง 2 ชนิด จะใช้ระยะเวลาในการเจริญเต็มก้อนช้ากว่าสูตรควบคุมที่เป็นขี้เลื่อยยางพารา 100%

Table 2 Mycelium growth rate and days on fulfilled in the bags of oyster mushrooms (TISTR_Ppul-01, TISTR_Post-01)

Formula	Mycelium growth rate (cm./days)		Full covered (days)	
	TISTR_Ppul-01	TISTR_Post-01	TISTR_Ppul-01	TISTR_Post-01
T1	0.79±0.01a	0.81±0.00a	27	26
T2	0.28±0.02c	0.28±0.01c	63	60
T3	0.38±0.02b	0.39±0.01b	47	47
T4	0.18 ±0.02d	0.20±0.02d	80	82
F-Test	**	**	**	**
CV%	6.09	3.80	6.50	5.40

Different letter presented after values indicates a difference between the mean values of treatments at a significant level of 95%. **, Significant at 0.01 probability levels respectively

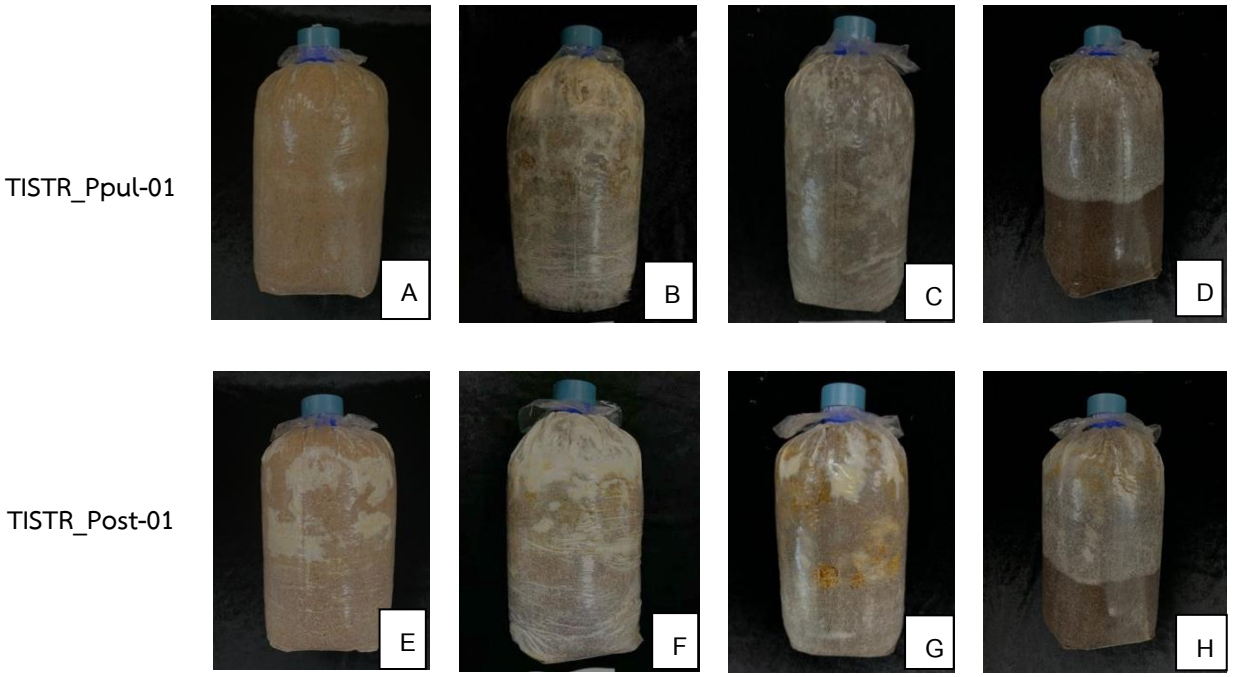


Figure 1 Mycelium growth of Oyster mushrooms (TISTR_Post-01, TISTR_Ppul-01) in different formulations: (A,E) 100% sawdust (control), (B,F) waste coffee grounds with sawdust ratio 70:30, (C,G) 50:50 and (D,H) 100% of coffee grounds.

ผลของวัสดุเพาะต่อปริมาณผลผลิตดอกเห็ดนางฟ้าภูฏานดำและเห็ดนางรมฮังการี

จากการเปิดดอกโรงเรือนเห็ดนางฟ้าภูฏานดำและนางรมฮังการีโดยตั้งถุงเชื้อในแนวตั้ง โดยใช้ก้อนเชื้อเห็ดในการทดลองสูตรละ 20 ก้อน เก็บดอกเห็ดในช่วงเช้า-เย็น ก่อนรดน้ำ จำนวน 4 รุ่น นำมาคำนวณค่าทางสถิติ พบว่าวัสดุเพาะที่เหมาะสมต่อปริมาณผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฏานดำคือ สูตรที่ 2 กากกาแฟผสมขี้เลื่อยอัตราส่วนร้อยละ 70 : 30 โดยให้น้ำหนักสดรวม 182.82 กรัม รองลงมาคือ สูตรที่ 1 จากขี้เลื่อยยางพารา 100% และสูตรที่ 3 จากกากกาแฟผสมขี้เลื่อยอัตราส่วนร้อยละ 50 : 50 (**Table 3**) ในขณะที่เห็ดนางรมฮังการี จะให้ปริมาณผลผลิตมากที่สุดได้แก่ สูตรที่ 3 กากกาแฟผสมขี้เลื่อยอัตราส่วน 50 : 50 ให้น้ำหนักสดรวม 257.99 กรัม รองลงมาคือสูตรที่ 1 ขี้เลื่อย 100% ให้น้ำหนักสดรวม 202.32 กรัม และน้ำหนักสดน้อยสุด 197.32 กรัม คือสูตรที่ 2 กากกาแฟผสมขี้เลื่อยอัตราส่วน 70 : 30 (**Table 4**) แต่อย่างไรก็ตามก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฏานและเห็ดนางรมฮังการีที่เจริญในก้อนที่ผลิตจากวัสดุเพาะกากกาแฟ 100% เมื่อนำมาเปิดดอกเห็ด พบว่าไม่ให้ผลผลิต อาจเนื่องมาจากกากกาแฟมีลักษณะละเอียดและอัดแน่นเกินไป ทำให้คุณภาพของเส้นใยไม่ดี จึงไม่สามารถพัฒนามาเป็นดอกเห็ดได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วันทนา (2556) รายงานว่า หากใช้กากกาแฟทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราในอัตราส่วนที่สูงกว่า 50-70% จะทำให้ปริมาณผลผลิตเห็ดลดลง รวมถึงสูตรที่มีกากกาแฟ 100% เป็นวัสดุเพาะมีค่า C/N ratio ต่ำ (20 : 1) ส่งผลให้เส้นใยมีความหนาแน่นน้อยทำให้สร้างผลผลิตดอกเห็ดได้น้อยเมื่อเทียบกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่มีความหนาแน่นของเส้นใยมากกว่า (ขวัญใจ และคณะ, 2559)

Table 3 Fresh weight of TISTR_Ppul-01 in difference formulations from the 4 flushes.

Formula	Fresh weight (g)				
	1st flush	2nd flush	3rd flush	4th flush	Total
T1	35.66±1.98b	47.50±2.98a	46.16±6.06a	23.10±4.01b	152.42
T2	42.50±1.95a	56.33±4.54a	35.16±1.16b	48.83±10.99a	182.82
T3	38.66±0.61ab	32.00±2.24b	26.83±1.66b	21.16±2.25b	118.65
F-Test	*	**	**	*	-
CV%	10.31	18.30	24.64	53.88	-

Different letter presented after values indicates a difference between the mean values of treatments at a significant level of 95%. **,* Significant at 0.01and 0.05 probability levels respectively

Table 4 Fresh weight of TISTR_Post-01 in difference formulations from the 4 flushes.

Formula	Fresh weight (g)				
	1st flush	2nd flush	3rd flush	4th flush	Total
T1	54.16±5.61b	54.33±5.18b	47.50±2.73b	46.33±3.42b	202.32
T2	58.50±5.63b	53.83±5.22b	40.16±2.47b	44.83±4.71b	197.32
T3	73.50±2.31a	62.66±0.99a	58.33±3.34a	63.50±15.15a	257.99
F-Test	*	*	**	*	-
CV%	18.81	18.38	14.42	21.26	-

Different letter presented after values indicates a difference between the mean values of treatments at a significant level of 95%. **,* Significant at 0.01and 0.05 probability levels respectively

คุณภาพของเห็ดนางฟ้าภูฏานดำและเห็ดนางรมฮังการีจากการเพาะด้วยวัสดุเพาะสูตรต่าง ๆ

จากการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฏานดำและเห็ดนางรมฮังการีด้วยวัสดุเพาะสูตรต่างๆ ที่ประกอบด้วยวัสดุเพาะจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราและกากกาแฟ พบว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดอกเห็ดทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างกัน โดยดอกจะมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้ม จากการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฏานดำด้วยวัสดุกากกาแฟผสมขี้เลื่อย อัตราส่วนร้อยละ 70 : 30 จะให้จำนวนดอกเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5-7 ดอก ซึ่งมากกว่าการเพาะด้วยวัสดุกากกาแฟผสมขี้เลื่อย อัตราส่วนร้อยละ 50 : 50 และวัสดุเพาะขี้เลื่อย 100% แต่ในขณะที่การเพาะเห็ดนางรมฮังการีด้วยวัสดุเพาะกากกาแฟผสมขี้เลื่อย อัตราส่วนร้อยละ 50 : 50 จะมีลักษณะดอกกลม ให้จำนวนดอกต่อก้อนมากที่สุด และมากกว่าการเพาะด้วยวัสดุเพาะขี้เลื่อย 100% (**Table 5, Figure 2**) แต่จะเห็นได้ว่า ลักษณะรูปร่างของดอกเห็ดนางรมฮังการีที่เพาะในสูตรกากกาแฟผสมขี้เลื่อย 70 : 30 (**Figure 2, E**) ดอกเห็ดมีรูปร่างทรงกรวย หมวกดอกเล็ก ก้านยาว ลักษณะไม่ได้ตามที่ต้องการของตลาด เนื่องมาจากอัตราส่วนของวัสดุเพาะที่มีกากกาแฟมากกว่าทำให้วัสดุเพาะมีลักษณะอัดแน่น ปริมาณออกซิเจนในถุงเพาะต่ำ ส่งผลให้ก้านดอกยาว บิดเบี้ยว ดอกเล็ก สอดคล้องกับงานของ ขวัญใจ และคณะ (2559) รายงานว่า การใช้วัสดุเพาะที่แตกต่างกันส่งผลให้เห็ดมีลักษณะดอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในลักษณะความกว้างดอก ความยาวดอก และความสูงฐานดอก

Table 5 Morphology and fruiting bodies number of TISTR_Ppul-01 and TISTR_Post-01

Species	Formula	Cap		stalk		Fruiting bodiy
		Color	Shape	Color	Shape	numbers
Plurotus pulmonarius (Tistr_Ppul-01)	T1	Light brown	Quite spherical	White	Long stems	1-4
	T2	Dark brown	Spherical	White	Long stems	5-7
	T3	Brown	Fan	White	Short stems	2-5
Pleurotus Ostreatus (Tistr_Post-01)	T1	White	Spherical	White	Short stems	5-9
	T2	Creamy white	Funnel	Creamy white	Long stems	4-8
	T3	White gray	Spherical	White gray	Long stems	5-11

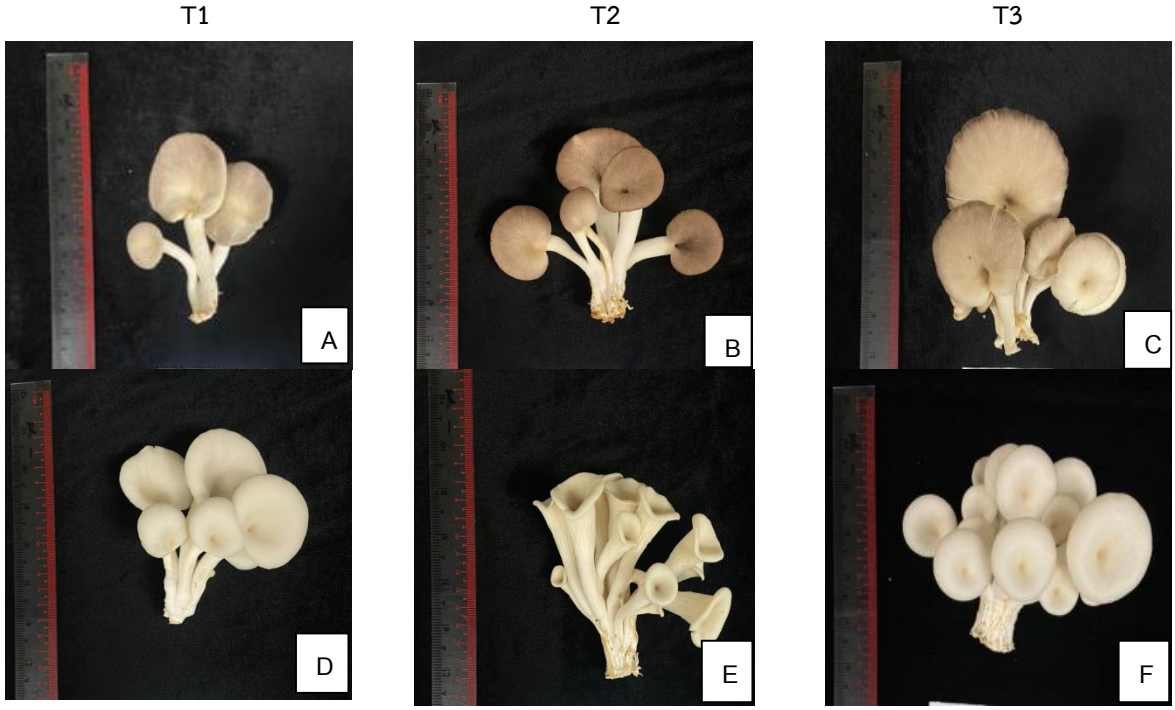


Figure 2 Morphology and fruiting bodies number of TISTR_Ppul-01 (A, B, C) and TISTR_Post-01 (D, E, F) in different formulations. (T1)100% sawdust, (T2) waste coffee grounds with sawdust ratio 70:30 and (T3) 50:50

ผลของขนาดดอกของเห็ดนางฟ้าภูฏานดำและเห็ดนางรมฮังการี

จากการวัดขนาดดอกทางความกว้างและความยาวของเห็ดนางฟ้าภูฏานดำและเห็ดนางรมฮังการี จากการเพาะด้วยวัสดุเพาะแต่ละชนิด พบว่ามีความแตกต่างกัน โดยเห็ดนางฟ้าภูฏานดำมีขนาดดอกเห็ดเฉลี่ยทั้ง 4 รุ่นอยู่ระหว่าง 34.61- 37.70 มม. และพบว่าการเพาะด้วยวัสดุเพาะกากกาแฟผสมขี้เลื่อย อัตราส่วนร้อยละ 70 : 30 ดอกเห็ดนางฟ้าภูฏานดำมีขนาดดอกใหญ่ที่สุดคือ 37.70 มม. รองลงมาคือการเพาะด้วยวัสดุเพาะจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100% ดอกเห็ดมีขนาด 35.78 มม. ส่วนวัสดุเพาะกากกาแฟผสมขี้เลื่อย อัตราส่วนร้อยละ 50 : 50 ให้ขนาดของดอกเห็ดเล็กที่สุด คือ 34.61 มม. (**Table 6**) ส่วนผลของขนาดดอกเห็ดนางรมฮังการีเฉลี่ยทั้ง 4 รุ่นอยู่ระหว่าง 24.96 – 29.22 มม. โดยพบว่าการเพาะด้วยวัสดุเพาะกากกาแฟผสมขี้เลื่อย อัตราส่วนร้อยละ 50 : 50 ดอกเห็ดนางรมฮังการีมีขนาดดอกใหญ่ที่สุดคือ 29.22 มม. รองลงมาคือวัสดุเพาะกากกาแฟผสมขี้เลื่อยอัตราส่วนร้อยละ 70 : 30 และการเพาะเห็ดนางรมฮังการีด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100% มีดอกขนาดเล็กที่สุด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบทางสถิติแล้วพบว่าขนาดของดอกเห็ดนางรมฮังการีในแต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 7**)

Table 6 Cap diameter of TISTR_Ppul-01 in difference formulations from the 4 flushes.

Formula	Cap diameter (mm.)				
	1st flush	2nd flush	3rd flush	4th flush	Average
T1	36.58±4.57	33.38±1.82b	36.98±1.47	36.16±2.41b	35.78b
T2	34.86±2.73	39.01±1.48a	34.84±1.41	42.10±6.45a	37.70a
T3	35.59±0.97	37.49±1.50ab	38.95±1.21	26.39±1.10c	34.61c
F-Test	ns	*	ns	*	*
CV%	19.57	10.75	9.09	26.18	10.15

Different letter presented after values indicates a difference between the mean values of treatments at a significant level of 95%.* Significant at 0.05 probability levels, ns= non-significant

Table 7 Cap diameter of TISTR_Post-01 in difference formulations from the 4 flushes

Formulations	Cap diameter (mm.)				
	1st flush	2nd flush	3rd flush	4th flush	Average
T1	26.65±3.26	27.96±5.09	26.24±3.62	26.97±3.40	24.96
T2	28.83±4.17	30.89±3.69	28.37±5.02	21.39±1.88	27.37
T3	25.50±3.17	34.79±4.04	29.00±3.18	27.57±3.49	29.22
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns
CV%	32.25	33.79	35.21	25.72	24.12

Different letter presented after values indicates a difference between the mean values of treatments at a significant level of 95%. ns= non-significant

ผลของเส้นผ่านศูนย์กลางก้านดอกและความยาวก้านดอกเห็ดนางฟ้าภูฏานดำและเห็ดนางรมฮังการี

จากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก้านเห็ดนางฟ้าภูฏานดำและเห็ดนางรมฮังการี พบว่าเห็ดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเมื่อเพาะในวัสดุเพาะจากกากกาแฟผสมขี้เลื่อยอัตราร้อยละ 70 : 30 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก้านดอกเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 9.27 และ 10.54 มม. ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (**Table 8-9**) ส่วนผลด้านความยาวก้านดอก พบว่าในวัสดุเพาะกากกาแฟผสมขี้เลื่อย 70 : 30 เห็ดนางฟ้าภูฏานดำมีความยาวก้านเฉลี่ยมากที่สุดคือ 76.72 มม. เช่นเดียวกันกับความยาวก้านดอก

เห็ดนางรมฮังการีมีเฉลี่ยมากที่สุดคือ 53.42 มม. (**Table 10-11**) สอดคล้องกับงานวิจัยของ วันทนา (2556) ได้ศึกษาการใช้กากกาแฟทดแทนขี้เลื่อยในการเพาะเห็ดนางรมฮังการี พบว่ากากกาแฟสามารถใช้เป็นวัสดุทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการเพาะเห็ดนางรมฮังการีได้ โดยมีอัตราส่วนทดแทนที่ให้ผลผลิตเห็ดนางรมฮังการี ด้านน้ำหนังสด ขนาดดอก และความยาวก้านดีเทียบเท่าการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นวัสดุเพาะเพียงอย่างเดียว คือ อัตราทดแทนที่ 25% และ 50%

Table 8 Stems diameter of TISTR_Ppul-01 in difference formulations from the 4 flushes

Formulations	Stems diameter (mm.)				
	1st flush	2nd flush	3rd flush	4th flush	Average
T1	9.61±0.45b	9.36±0.65a	7.50±0.31	8.26±0.47	8.68
T2	13.28±1.16a	7.45±0.38b	7.44±0.99	8.91±0.72	9.27
T3	10.41±0.53b	9.08±0.64ab	7.73±0.17	7.52±0.51	8.69
F-Test	*	*	ns	ns	ns
CV%	17.30	16.28	19.78	17.40	12.35

Different letter presented after values indicates a difference between the mean values of treatments at a significant level of 95%.* Significant at 0.05 probability levels, ns= non-significant

Table 9 Stems diameter of TISTR_Post-01 in difference formulations from the 4 flushes

Formula	Stalk diameter (mm.)				
	1st flush	2nd flush	3rd flush	4th flush	Average
T1	6.45±0.37b	9.42±0.70	7.78±0.30b	9.31±1.11	8.24
T2	13.02±1.37a	9.66±0.49	9.46±0.25a	10.01±0.92	10.54
T3	9.01±0.94b	8.88±0.75	8.95±0.34a	9.67±0.60	9.13
F-Test	**	ns	**	ns	ns
CV%	25.46	17.32	8.53	22.95	15.12

Different letter presented after values indicates a difference between the mean values of treatments at a significant level of 95%.** Significant at 0.01 probability levels, ns= non-significant

Table 10 Stems Length of TISTR_Ppul-01 in difference formulations from the 4 flushes.

Formula	Stalk length (mm.)				
	1st flush	2nd flush	3rd flush	4th flush	Average
T1	57.13±2.93ab	50.11±6.85b	59.52±3.24b	67.50±1.95c	58.57c
T2	62.75±0.56a	71.16±4.70a	75.99±2.97a	81.13±1.84a	76.72a
T3	52.80±2.61b	65.15±3.55ab	63.85±5.79ab	74.01±2.48b	63.95b
F-Test	*	*	*	**	**
CV%	9.72	20.50	15.43	6.96	10.45

Different letter presented after values indicates a difference between the mean values of treatments at a significant level of 95%.**,* Significant at 0.01and 0.05 probability levels respectively

Table 11 Stems Length of TISTR_Post-01 in difference formulations from the 4 flushes

Formula	Stalk length (mm.)				
	1st flush	2nd flush	3rd flush	4th flush	Average
T1	38.31±2.59b	41.35±3.61	46.70±1.46b	54.81±2.17	45.29b
T2	56.05±3.20a	46.63±3.81	55.84±4.03a	55.16±4.08	53.42a
T3	35.69±1.70b	42.00±2.57	48.06±2.65b	53.06±4.82	44.70c
F-Test	**	ns	*	ns	*
CV%	14.51	19.02	14.16	17.33	13.56

Different letter presented after values indicates a difference between the mean values of treatments at a significant level of 95%.**,* Significant at 0.01and 0.05 probability levels respectively. ns= non-significant

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต คาเฟอีน และแร่ธาตุของเห็ดนางฟ้าภูฐานดำที่ได้จากการเพาะด้วยวัสดุเพาะก้อนเชื้อเห็ดสูตรต่างๆ

จากการจากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ (โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุ) จากเห็ดทั้ง 2 สายพันธุ์ ได้จากการเพาะด้วยวัสดุเพาะก้อนเชื้อเห็ดสูตรต่างๆ เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าสายพันธุ์เห็ดนางฟ้าภูฐานดำที่เพาะจากก้อนเห็ดสูตรที่ 2 โดยใช้กากกาแฟผสมขี้เลื่อย อัตราส่วนร้อยละ 70 : 30 ดอกเห็ดจะมีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด รวมถึงปริมาณของโพแทสเซียม (K) ฟอสฟอรัส (P) และสังกะสี (Zn) สูงที่สุดอีกด้วย (**Table 12**) ในขณะที่เห็ดนางรมฮังการีที่เพาะด้วยวัสดุเพาะสูตรที่ 3 คือใช้กากกาแฟผสมขี้เลื่อย อัตราส่วนร้อยละ 50 : 50 ให้ดอกเห็ดที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด รวมถึงปริมาณมานของโพแทสเซียม (K) แมกนีเซียม (Mg) และฟอสฟอรัส (P) สูงที่สุด ซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นจุดเด่นนอกเหนือจากการลดต้นทุน และยังสามารถนำไปทำการตลาดได้เป็นอย่างดี (**Table 13**) สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ นงลักษณ์ และคณะ (2562) ที่ได้ศึกษาการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการเห็ดนางรมด้วยวัสดุเหลือทิ้งกากกาแฟ พบว่าสามารถทำให้โปรตีนสูงขึ้นได้ สำหรับปริมาณคาเฟอีนในดอกเห็ด ตรวจไม่พบ ดังนั้นจึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคที่เป็นเด็กและสตรีมีครรภ์ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของวันทนา (2556) พบว่าผลผลิตเห็ดที่ได้จากการใช้กากกาแฟเป็นวัสดุทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราในอัตราส่วนทดแทน 50% มีคุณค่าทางอาหารในรูปแบบของโปรตีนสูงกว่าเห็ดที่เพาะโดยใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพาราเพียงอย่างเดียว

Table 12 Nutrient value, caffeine and minerals content of TISTR_Ppul-01 from cultivated in different formulations

Formula	Nutrient value		Caffeine content (mg/kg)	Minerals content (mg/kg)							
	Protein (%)	Carbohydrate (%)		K	Mg	P	Na	Zn	Mn	Ca	Cu
T1	31.80±2.42c	30.59±1.62c	-	16747.5±1.24c	1272.14±4.10a	6420.7±2.55c	101.30±5.14a	43.31±4.87c	ND	ND	ND
T2	43.20±1.20a	48.91±2.18a	ND	18076.9±3.31a	1251.50±3.11b	7933.9±2.40a	94.82±4.57b	51.10±5.23a	ND	ND	ND
T3	36.94±3.07b	37.14±1.32b	ND	17720.3±2.70b	1226.64±2.87c	5888.3±4.52b	53.28±3.37c	46.08±2.76b	ND	ND	ND
F-Test	**	**		*	*	**	**	*	-	-	-
CV%	14.21	10.23		12.88	14.74	10.17	13.24	11.52	-	-	-

Different letter presented after values indicates a difference between the mean values of treatments at a significant level of 95%. **,* Significant at 0.01and 0.05 probability levels respectively. ND = not determined (< 0.001 mg.).

Table 13 Nutrient value, caffeine and minerals content of TISTR_Post-01 from cultivated in different formulations

Formula	Nutrient value		Caffeine content (mg/kg)	Minerals content (mg/kg)							
	Protein (%)	Carbohydrate (%)		K	Mg	P	Na	Zn	Mn	Ca	Cu
T1	26.25±2.88c	36.13±4.21c	-	15286.2±2.46c	1203.24±5.14c	5372.8±4.25c	57.98±4.18c	39.72±5.43c	ND	ND	ND
T2	31.51±1.46b	38.33±2.43b	ND	16835.5±4.46b	1215.62±4.43b	5839.5±5.18b	125.48±5.37a	65.60±5.4a	ND	ND	ND
T3	33.33±4.03a	40.95±3.04a	ND	17408.3±3.37a	1234.75±3.18a	6346.9±4.79a	85.02±3.19b	56.12±7.22b	ND	ND	ND
F-Test	*	*		**	*	*	**	**	-	-	-
%CV	12.41	11.08		11.89	12.03	10.24	13.09	12.63	-	-	-

Different letter presented after values indicates a difference between the mean values of treatments at a significant level of 95%. **,* Significant at 0.01and 0.05 probability levels respectively. ND = not determined (< 0.001 mg.).

สรุปผลการศึกษา

การทดลองหาวัสดุที่เหมาะสมในการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฏานดำ (TISTR_Ppul-01) และเห็ดนางรมฮังการี (TISTR_Post-01) โดย 3 สูตรได้แก่สูตรที่ 1 วัสดุเพาะขี้เลื่อย 100% (ชุดควบคุม) สูตรที่ 2 วัสดุเพาะกากกาแฟผสมขี้เลื่อย อัตราร้อยละ 70 : 30 เปอร์เซ็นต์ และสูตรที่ 3 วัสดุเพาะกากกาแฟผสมขี้เลื่อย อัตราร้อยละ 50 : 50 เก็บดอกเห็ดในช่วงเช้า-เย็น จำนวน 4 รุ่น นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าวัสดุเพาะที่เหมาะสมต่อปริมาณผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฏานดำ คือสูตรที่ 2 กากกาแฟผสมขี้เลื่อย อัตราส่วนร้อยละ 70 : 30 โดยให้น้ำหนักเห็ดรวม 182.82 กรัม/ก้อน โดยดอกเห็ดจะมีปริมาณของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุ ได้แก่ ฟอสเฟส โพแทสเซียม และสังกะสีมากที่สุดอีกด้วย ในขณะที่สูตรที่ 3 กากกาแฟผสมขี้เลื่อย อัตราส่วนร้อยละ 50 : 50 เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดนางรมฮังการีมากที่สุด โดยให้ปริมาณผลผลิตมากที่สุดมีหนักดอกเห็ดรวม 257.99 กรัม/ก้อน โดยดอกเห็ดจะมีปริมาณของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต รวมถึงปริมาณมานของโพแทสเซียม (K) แมกนีเซียม (Mg) และฟอสฟอรัส (P) สูงที่สุด นอกจากนี้ยังส่งผลต่อคุณภาพของดอกเห็ด ได้แก่ จำนวนดอกต่อก้อน ขนาดของดอก เส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวก้านดอกเห็ด ดีอีกด้วย ดังนั้นเมื่อนำกากกาแฟที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งมาใช้เป็นวัสดุเพาะปลูกเห็ดนางฟ้าภูฏานดำ และนางรมฮังการี สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตและคุณภาพของดอกเห็ดโดยมีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้นและมากกว่าสูตรควบคุม (control) ที่ใช้เพียงขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นวัสดุเพาะเห็ดทางการค้าในปัจจุบันอย่างเดียว

เอกสารอ้างอิง

ขวัญใจ หรูพิทักษ์, จิตตราวรรณ พี่พานิช, เรืองปัญญา ดาวเรือง และกฤษณา โสภี. 2559. ศึกษาการเจริญของเส้นใยและผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฏานเมื่อใช้ชานอ้อยและชานอ้อยบดเป็นวัสดุเพาะ. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 11: 48-53.

ณัฐพงศ์ ตันติวัฒนพันธ์. 2562. กากกาแฟ จากแก้วกาแฟสู่แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนสำหรับผลิตภัณฑ์ชีวภาพ. วารสารสิ่งแวดล้อม. 1: 1-8.

นงลักษณ์ บรรยงวิมลณัฐ, จิราภรณ์ บุราคร, สุพะไชย์ จินดาวุฒิกุล และอภิรัชต์ สมฤทธิ์. 2562. การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการเห็ดนางรมด้วยวัสดุเหลือทิ้งกากกาแฟ. Bulletin of Applied Sciences. 8: 96-105.

นันทินี ศรีจุมปา และเสกสรร สีหวงษ์. 2544. เห็ดไทย. สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

สุพัตรา รักษาพรต, สุนิษา สุวรรณเจริญ, เรืองวิทย์ สว่างแก้ว, เกศสุดา สามารถ และจิตรลดา บุญเฒ่า. 2561. การผลิตสบู่คาเฟอีนเพื่อเพิ่มมูลค่ากากกาแฟเหลือทิ้ง. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 46: 38-43.

วันทนา นาคีสินธุ์. 2556. การใช้กากกาแฟทดแทนขี้เลื่อยในการเพาะเห็ดนางรมฮังการี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

ศศิกานต์ ปานปราณีเจริญ และนันทรักษ์ รอดเกตุ. 2563. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางโครงสร้างของกากกาแฟพันธุ์อาราบิก้า. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. 5(1): 10-16.

อนุชา เสลานอก, ธีระยุทธ์ เพ็งชัย และมาริญา ทรงปัญญา. 2537. การศึกษาแนวทางการนำกากกาแฟมาใช้เป็นวัตถุดิบในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุดสปา. วารสารวิจัยการออกแบบแห่งเอเชีย. 1: 45-53.

Alex, O., A. Scharinger, T. Rajcic de Rezende, J. Teipel, T. Kuballa, S. G. Walch, and W. Lachenmeier. 2020. Validation of a quantitative proton nuclear magnetic resonance spectroscopic screening method for coffee quality and authenticity (NMR Coffee Screener). Food Chemistry. 9 (47): 1-11.

AOAC. 2012. Official Method of Analysis Association of Analytical Chemists. 19th Edition, Washington DC.

Badu, M., S. K. Twumasi, and N. O. Boadi. 2011. Effects of lignocellulosic in wood used as substrate on the quality and yield of mushrooms. Food and Nutrition Sciences. 2: 780-784.

Chanakya, H. N., M. Sreesha, and C. Vijayalakshmi. 2015. Cultivation of Pleurotus spp. on a combination of anaerobically digested plant material and various agro-residues. Energy for Sustainable Development. 27: 84-92.

Hansen, J., and I. Møller. 1975. Percolation of starch and soluble carbohydrates from plant tissue for quantitative determination with anthrone. Analytical Biochemistry. 68: 87-94.

Mussatto, S. I., E. M. S. Machodo, J. A. Txixeira, and S. Martins. 2011. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. Food Bioprocess Technology. 4: 661–672.

Westerman, R.L. 1990. Soil testing and plant analysis, 3rd ed. Madison, Soil Science Society of America, Wisconsin.

Willard, H. H., L. L. Merrill, and J. A. Dean. 2001. Laboratory Work Instrumental Methods of Analysis. Nostrand Company, New York.