ผลของวัสดุเพาะทางการเกษตรต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเห็ดขอนขาว
Effects of Agricultural Substrates on Growth and Yield of *Lentinus squarrosulus* Mont.

ปัณณวิชญ์ เย็นจิตต์[1,*] นพดล ชุ่มอินทร์[1] ชนณภัส หัตถกรรม[1] และ ศรัณยา เพ่งผล[1]

Punnawich Yenjit[1,*], Noppadol Chumin[1], Chonnapat Hattakum[1] and Sarunya Pengphol[1]

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 60000

[1] Department of Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan 60000

รับเรื่อง:	17 กรกฎาคม 2565	Received:	17 July 2022
ปรับแก้ไข:	31 มกราคม 2566	Revised:	31 January 2023
รับตีพิมพ์:	20 กุมภาพันธ์ 2566	Accepted:	20 February 2023

* Corresponding author: punnawich.y@nsru.ac.th

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus* Mont.) อุดมไปด้วยสารอาหาร วิตามิน และสารต้านอนุมูลอิสระ แต่เจริญเติบโตช้า การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสูตรอาหารสำหรับส่งเสริมการเจริญเติบโตและลดต้นทุนการผลิตเห็ดขอนขาว

วิธีดำเนินการวิจัย: วางแผนแบบการทดลองสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 5 ซ้ำต่อทรีตเมนต์

ผลการวิจัย: การทดลองผลิตหัวเชื้อเห็ดพบว่า สูตรที่ 7 (เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 74 + เมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 25 + กลูโคสร้อยละ 1) และสูตรที่ 6 (เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 99 + กลูโคสร้อยละ 1) ที่ผสมน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 1 ทำให้การเจริญเติบโตและความหนาแน่นเส้นใยของเชื้อเห็ดมากกว่าสูตรควบคุมที่ 1 (เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 100) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระหว่างสูตรอาหารเพาะ การทดลองขยายเชื้อเห็ดขอนขาวในถุงพลาสติก พบว่า การผสมแกลบดิบในสัดส่วนที่สูงขึ้นทำให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นแต่ความหนาแน่นของเส้นใยลดลง นอกจากนี้ ยังพบว่า สูตรที่ 2 (ขี้เลื่อยไม้ยางพารา้อยละ 80 + แกลบดิบร้อยละ 10 + รำละเอียดร้อยละ 5.5 + กระถินป่นร้อยละ 2.5 + ปูนขาวร้อยละ 1 + ยิปซั่มร้อยละ 0.8 + ดีเกลือร้อยละ 0.2) และสูตรที่ 3 (ขี้เลื่อยไม้ยางพารา้อยละ 70 + แกลบดิบร้อยละ 20 + รำละเอียดร้อยละ 5.5 + กระถินป่นร้อยละ 2.5 + ปูนขาวร้อยละ 1 + ยิปซั่มร้อยละ 0.8 + ดีเกลือร้อยละ 0.2) ให้ผลผลิตเห็ด 146.31 และ 139.40 กรัมต่อถุง และประสิทธิภาพการผลิตร้อยละ 42.05 และ 41.94 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ 1 (ขี้เลื่อยไม้ยางพาราร้อยละ 90 + รำละเอียดร้อยละ 5.5 + กระถินป่นร้อยละ 2.5 + ปูนขาวร้อยละ 1 + ยิปซั่มร้อยละ 0.8 + ดีเกลือร้อยละ 0.2) ที่ให้ผลผลิต 150.14 กรัมต่อถุง และมีประสิทธิภาพการผลิตร้อยละ 43.51

สรุป: สามารถผสมแกลบดิบในวัสดุเพาะได้ร้อยละ 20 ทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราเพื่อลดต้นทุนการผลิตเห็ดขอนขาว

คำสำคัญ: เห็ดขอนขาว, วัสดุทางการเกษตร, สูตรอาหารเพาะเลี้ยง, ประสิทธิภาพทางชีววิทยา, การลดต้นทุน

ABSTRACT

Background and Objectives: White log mushrooms (*Lentinus squarrosulus* Mont.) are rich in nutrients, vitamins, and antioxidants but slowly grown. This experiment aimed to improve the cultured formulas for promoting growth and reducing the production cost of white log mushrooms.

Methodology: A completely randomized design with 5 replicates per treatment was used.

Main Results: The mother spawn experiment found that formula 7 (74% sorghum grains + 25% paddy grains + 1% glucose) and formula 6 (99% sorghum grains + 1% glucose) mixed with 1% glucose per bottle had more growth and mycelial density than the control formula 1 (100% sorghum grains). There were statistically significant differences ($P < 0.05$) between cultured formulas. The spawn run experiment of white log mushrooms in plastic bags presented that the higher proportion of rice husk increased growth rate, but mycelial density decreased. In addition, it was found that formula 2 (80% rubber sawdust + 10% rice husk + 5.5% rice bran + 2.5% ground leucaena + 1% lime + 0.8% gypsum + 0.2% epsom salt) and formula 3 (70% rubber sawdust + 20% rice husk + 5.5% rice bran + 2.5% ground leucaena + 1% lime + 0.8% gypsum + 0.2% epsom salt) had the mushroom yield of 146.31 and 139.40 g/bag and the biological efficiency (BE) of 42.05 and 41.94%, respectively which were not statistically different when compared to the control formula 1 (90% rubber sawdust + 5.5% rice bran + 2.5% ground leucaena + 1% lime + 0.8% gypsum + 0.2% epsom salt) with the yield of 150.14 g/bag and 43.51% BE.

Conclusions: This result showed that 20% of rice husks could be replaced with rubber sawdust to reduce the production costs of white log mushroom.

Keywords: White log mushroom, agricultural substrates, cultured formulas, biological efficiency, cost reduction

Agricultural Sci. J. (2023) Vol. 54(2): 141–152 ว. วิทย. กษ. (2566) 54(2): 141–152

บทนำ

เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus* Mont.) เป็นเห็ดป่ากินได้พบในป่าชุมชนท้องถิ่นในทวีปแอฟริกาและเอเชียที่ชื่นชมในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และสรรพคุณทางยา (Anike *et al*., 2015) ซึ่งเห็ดขอนขาวอุดมไปด้วยโปรตีน น้ำตาล เส้นใย ไขมัน กรดอะมิโน วิตามินบี วิตามินซี วิตามินดี และแร่ธาตุ รวมทั้งยังมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยลดการเกิดมะเร็งได้ (Omar *et al*., 2011) สามารถนำไปเพาะในเชิงการค้าได้ในทุกภูมิภาคของประเทศไทย เพื่อสร้างรายได้ให้กับครอบครัว ชุมชนและประเทศได้ตลอดทั้งปี ปัจจุบันความต้องการในการบริโภคเห็ดขอนขาวเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเห็ดขอนขาวมีรสชาติดี นำไปประกอบอาหารได้หลายชนิด สามารถเก็บเห็ดสดไว้ในตู้เย็นได้นานถึง 1 สัปดาห์ โดยคุณภาพของดอกจะยังคงความสด รูปร่าง ขนาด น้ำหนัก และสีสันไม่เปลี่ยนแปลง และยังสามารถเก็บในรูปแบบของเห็ดแห้งได้เช่นเดียวกันกับเห็ดบด เห็ดหอม และเห็ดหูหนู ในด้านการตลาดของเห็ดขอนขาวเนื่องจากเห็ดขอนขาวมีคุณค่าทางโภชนาการ รสชาติดี เหนียวนุ่ม และอร่อย จึงเป็นที่นิยมบริโภคของคนในจังหวัดอุบลราชธานี และประชาชนทั่วไปส่งผลให้ราคาของเห็ด

สูงตามไปด้วย จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่าราคาสูงถึง 120 บาทต่อกิโลกรัม ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 80 บาทต่อกิโลกรัม (Ngeapok *et al*., 2018) นอกจากนี้ เห็ดขอนขาวเป็นเชื้อเห็ดที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายลิกโนเซลลูโลสที่มีโครงสร้างหลักประกอบด้วยโพลีเมอร์ที่ซับซ้อนของลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสที่มักพบในเศษวัสดุจากการเกษตร เช่น ซังข้าวโพด เส้นใยข้าวโพด ชานอ้อย แกลบ และฟางข้าว (Srisuthum *et al*., 2014) ส่วนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเห็ดขอนขาว Tantratian *et al*. (2019) รายงานความเป็นกรดด่าง (pH) ที่เหมาะสมต่อเห็ดขอนขาวอยู่ที่ 6 และอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 30 องศาเซลเซียส ส่วนแหล่งของคาร์บอน แป้ง น้ำตาล mannose dextrose และ glucose เป็นแหล่งคาร์บอนที่ดีกว่า fructose, xylose และ sucrose (Anike *et al*., 2015) และแหล่งไนโตรเจน yeast extract, peptone, corn steep liquor ดีกว่า ยูเรีย, NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$ และ KNO_3 ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่ใช้ประโยชน์ได้ในวัสดุเพาะช่วยย่อยเซลลูโลสมีผลต่อผลผลิต (Zadrazil and Brunnert, 1980)

ปัจจุบันในการผลิตหัวเชื้อเห็ดนิยมใช้เมล็ดข้าวฟ่างเป็นวัสดุเพาะและในการผลิตก้อนเชื้อเห็ดนิยมใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา แต่การผลิตเห็ดในบางจังหวัดประสบกับปัญหาต้นทุนการผลิตที่เกิดจากเมล็ดข้าวฟ่างมีราคาแพงเนื่องจากการลดปริมาณการผลิตและความต้องการที่เพิ่มขึ้นเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ (Chanta, 2021) และขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่ราคาสูงขึ้นเนื่องจากค่าขนส่ง (Srijumpa and Khayankan, 2011) จึงควรศึกษาการใช้วัสดุทางการเกษตรอื่นที่มีในท้องถิ่นนั้น ๆ มาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อลดต้นทุนการผลิต โดย Chanta (2021) พบว่า การใช้ไม้ไผ่และไม้กระถินในการเพาะเชื้อเห็ดแทนเมล็ดข้าวฟ่างสามารถลดระยะเวลาที่เส้นใยเจริญเต็มก้อนเห็ดได้ถึง 5 วัน แม้ให้ผลผลิตน้อยกว่าการใช้ก้อนหัวเชื้อที่ผลิตจากเมล็ดข้าวฟ่าง นอกจากนี้ Jayachandran *et al*. (2017) ยังพบว่าเมล็ดข้าวเจ้าทำให้เส้นใยเห็ดนางฟ้า *Pleurotus florida* เจริญเต็มที่ทั่วทุกเมล็ดเป็นสีขาวอย่างหนาแน่นเร็วกว่าการใช้เมล็ดข้าวฟ่างและข้าวสาลี ซึ่งอาจเป็นผลจากปริมาณสารอาหารและขนาดของเมล็ดธัญพืชที่แตกต่างกัน ในเขตภาคกลางของประเทศไทยมีการผลิตข้าวเจ้าปีละหลายล้านตัน Anike *et al*. (2015) รายงานว่า ข้าวเปลือกเจ้ามีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันร้อยละ 9.1, 65 และ 2.2 ตามลำดับ ที่เป็นแหล่งอาหารสำคัญในการเพาะเห็ด ส่วน Frimpong-Manso *et al*. (2011) รายงานว่า แกลบดิบเป็นผลพลอยได้จากการผลิตข้าวที่มีประมาณ 4,000,000 ตันต่อปี และแกลบดิบอุดมไปด้วยเซลลูโลสและซิลิกาที่เห็ดต้องการในการเจริญเติบโต จึงควรนำมาใช้ในการผลิตเห็ด โดยค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของแกลบดิบอยู่ที่ 80:1 ซึ่งสูงกว่าขี้เลื่อยไม้ยางพาราแต่ต่ำกว่าฟางข้าวที่มี C/N ratio เท่ากับ 25:1 และ 90:1 ตามลำดับ ค่า C/N ratio ที่สูงนั้นเนื่องจากวัสดุเพาะมีธาตุคาร์บอนสูงแต่มีไนโตรเจนต่ำ จึงอาจทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของเห็ด และทำให้อัตราการย่อยของวัสดุเพาะเป็นไปอย่างช้า ๆ จึงควรมีการเติมอาหารที่มีธาตุไนโตรเจนให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยและดอกเห็ด (Anike *et al*., 2015) สำหรับงานวิจัยที่แสดงให้เห็นความสำเร็จในการใช้แกลบดิบผลิตเห็ด Frimpong-Manso *et al*. (2011) รายงานว่าการผสมแกลบดิบในสัดส่วนที่ต่ำช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและทำให้ประสิทธิภาพการผลิตของเชื้อเห็ดนางฟ้าสูงขึ้น ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสัดส่วนเมล็ดข้าวเปลือกในการผลิตหัวเชื้อและสัดส่วนแกลบดิบในการผลิตก้อนเชื้อต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเห็ดขอนขาว

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาผลของวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดขอนขาวในขวดหัวเชื้อ

เห็ดขอนขาวสายพันธุ์ K2 จากฟาร์มเวียงหงส์ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ได้รับการแยกและขยายเชื้อเห็ดให้บริสุทธิ์บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) นำเมล็ดข้าวฟ่างและเมล็ดข้าวเปลือกแช่น้ำไว้ 12–18 ชั่วโมง และนำมาต้มให้สุกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 20–30 นาที แล้วผึ่งให้หมาด จึงนำมาผสมในสัดส่วนร้อยละโดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก คือ สูตรที่ 1: เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 100 (สูตรควบคุม) สูตรที่ 2: เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 75 และเมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 25 สูตรที่ 3: เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 50 และเมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 50 สูตรที่ 4: เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 25 และเมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 75 สูตรที่ 5: เมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 100 สูตรที่ 6: เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 99 และน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 1 สูตรที่ 7: เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 74 เมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 25 และน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 1 สูตรที่ 8: เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 49 เมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 50 และน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 1 สูตรที่ 9: เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 24 เมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 75 และน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 1 และสูตรที่ 10: เมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 99 และน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 1 บรรจุใส่ขวดละ 100 กรัม และนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งแรงดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 30 นาที เมื่อวัสดุเพาะมีอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 30–35 องศาเซลเซียส จึงเขี่ยเส้นใยเห็ดขอนขาวลงในขวดที่มีสูตรอาหารต่างกัน ใช้แผนแบบการทดลองสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) จำนวน 5 ซ้ำ (ซ้ำละ 3 ขวด) จากนั้นนำไปบ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องประมาณ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ตามวิธีการของ Petcharat (1995) โดยควบคุมอุณหภูมิภายในห้องบ่มให้สม่ำเสมอตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา บันทึกระยะเวลาที่เส้นใยของเชื้อเห็ดเจริญเติบโตจนทั่วทุกเมล็ดธัญพืช และประเมินความหนาแน่นของเส้นใยเห็ด โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 1 (+) เส้นใยเจริญเติบโตไม่ทั่วทุกเมล็ดธัญพืช 2 (++) เส้นใยเจริญเติบโตปกคลุมทั่วทุกเมล็ดธัญพืชแต่ยังไม่อัดแน่นเป็นสีขาวสม่ำเสมอ และ 3 (+++) เส้นใยเจริญเติบโตเต็มที่ทั่วทุกเมล็ดธัญพืชและอัดแน่นเป็นสีขาวสม่ำเสมอ

การศึกษาผลของสูตรอาหารเพาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดขอนขาวในถุงก้อนเชื้อเห็ด

ผสมวัสดุเพาะตามสูตรที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับสูตรที่ 1 (สูตรควบคุม) ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่เกษตรกรใช้โดยทั่วไป ดังแสดงใน Table 1 ใช้แผนแบบการทดลองสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ (ซ้ำละ 5 ก้อน) เติมน้ำในวัสดุเพาะให้มีความชื้นร้อยละ 70 ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ให้มีค่าเท่ากับ 6 ด้วยปูนขาว แล้วจึงนำมาอัดใส่ถุงขนาด 7 × 11 นิ้ว และนำมานึ่งฆ่าเชื้อด้วยตู้นึ่งเห็ดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้น ปล่อยให้ถุงอาหารเห็ดมีอุณหภูมิลดลงตลอดทั้งคืน จึงนำหัวเชื้อเห็ดขอนขาวมาหยอดลงในก้อนเชื้อ จำนวน 20 เมล็ดต่อถุง และนำก้อนเชื้อเห็ดมาบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 28 ± 2 องศาเซลเซียส จนเต็มถุง จดบันทึกรัศมีเส้นใยของเชื้อเห็ดทั้ง 4 ด้านของก้อนเชื้อเห็ดในแต่ละสัปดาห์ จากนั้นจึงคำนวนอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ดังสมการ [1]

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต (เซนติเมตรต่อสัปดาห์)} = \frac{\text{รัศมีโคโลนีเชื้อเห็ด (เซนติเมตร)}}{\text{ระยะเวลาในการเจริญเติบโต (สัปดาห์)}} \text{ ------- [1]}$$

บันทึกระยะเวลาที่เส้นใยเชื้อเห็ดเจริญเต็มถุงเพาะและความหนาแน่นของเส้นใยเห็ด โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 1 (+) เส้นใยเจริญเติบโตเป็นหย่อม 2 (++) เส้นใยเจริญเติบโตเต็มที่ทั่ววัสดุเพาะแต่ยังไม่อัดแน่นเป็นสีขาวสม่ำเสมอ และ 3 (+++) เส้นใยเจริญเติบโตเต็มที่ทั่ววัสดุเพาะและอัดแน่นเป็นสีขาวสม่ำเสมอตามวิธีการของ Petcharat (1995)

Table 1 Substrate formulas for mushroom cultivation of *Lentinus squarrosulus* in plastic bag

Formulas	Rubber sawdust (%)	Rice husk (%)	Rice bran (%)	Ground leucaena (%)	Lime (%)	Gypsum (%)	Epsom salts (%)
1 (Control)	90	-	5.5	2.5	1	0.8	0.2
2	80	10	5.5	2.5	1	0.8	0.2
3	70	20	5.5	2.5	1	0.8	0.2
4	60	30	5.5	2.5	1	0.8	0.2
5	50	40	5.5	2.5	1	0.8	0.2
6	40	50	5.5	2.5	1	0.8	0.2
7	30	60	5.5	2.5	1	0.8	0.2
8	20	70	5.5	2.5	1	0.8	0.2
9	10	80	5.5	2.5	1	0.8	0.2
10	-	90	5.5	2.5	1	0.8	0.2

การศึกษาผลของสูตรอาหารเพาะต่อผลผลิตของเห็ดขอนขาว

เมื่อเส้นใยเจริญเต็มถุงจึงนำก้อนเชื้อเห็ดไปไว้ในโรงเรือนเพาะเห็ดที่มีความชื้นในบรรยากาศร้อยละ 80–85 เก็บเกี่ยวผลผลิตเห็ดเป็นเวลา 30 วัน บันทึกน้ำหนักสดต่อก้อน มีจำนวน 5 ซ้ำ (ซ้ำละ 5 ก้อน) และคำนวณค่าประสิทธิภาพการผลิตดังสมการ [2] (Mueller *et al*., 1985) โดยน้ำหนักแห้งของวัสดุเพาะเป็นน้ำหนักแห้งก้อนเชื้อเห็ดต่อถุงที่ชั่งก่อนเติมน้ำให้ความชื้น

$$\text{ประสิทธิภาพการผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักสดดอกเห็ด}}{\text{น้ำหนักแห้งของวัสดุเพาะ}} \times 100 \quad \text{-------[2]}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลระยะเวลาการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดในขวดหัวเชื้อ อัตราการเจริญเติบโตในก้อนเชื้อเห็ด และน้ำหนักผลผลิตที่เกิดจากการใช้วัสดุเพาะที่มีความแตกต่างกันในแต่ละทรีตเมนต์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0 (IBM Corp, Armonk, NY)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดขอนขาวในขวดหัวเชื้อ

กรณีที่ไม่มีการเติมน้ำตาลกลูโคส การผลิตหัวเชื้อเห็ดขอนขาวโดยใช้เมล็ดข้าวฟ่างอย่างเดียว (สูตรควบคุม) ทำให้การเจริญเติบโตและความหนาแน่นของเชื้อเห็ดมากที่สุด (Table 2) รองลงมาคือ สูตรที่ 2 (เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 75 และเมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 25) และสูตรที่ 3 (เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 50 และเมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 50) เนื่องจากในเมล็ดข้าวฟ่างมีน้ำตาลและโปรตีนสูงกว่าในเมล็ดข้าวเจ้าเปลือก (Kent, 1983) ซึ่งสอดคล้องกับ Nuangmek and Titayavan (2020) ที่รายงานว่า การใช้เมล็ดข้าวฟ่างเป็นวัสดุเพาะทำให้เส้นใยเห็ดขอนดำมีความหนาแน่นมากกว่าการเลี้ยงในเมล็ดข้าวเปลือกเจ้าและเมล็ดข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

Table 2 Effect of substrate formulas on surface mycelial density and spawn run period in mother spawn cultivation of *Lentinus squarrosulus*

Formulas	Surface mycelial density	Spawn run period (day)
Formula 1: 100% sorghum grains (Control)	++	10.63 ± 0.71^{cd}
Formula 2: 75% sorghum grains + 25% paddy grains	+	10.39 ± 0.65^{d}
Formula 3: 50% sorghum grains + 50% paddy grains	+	11.63 ± 0.56^{c}
Formula 4: 25% sorghum grains + 75% paddy grains	+	12.84 ± 0.64^{b}
Formula 5: 100% paddy grains	+	13.53 ± 0.50^{a}
Formula 6: 99% sorghum grains + 1% glucose	+++	9.02 ± 1.68^{e}
Formula 7: 74% sorghum grains + 25% paddy grains + 1% glucose	+++	9.85 ± 1.40^{de}
Formula 8: 49% sorghum grains + 50% paddy grains + 1% glucose	++	10.98 ± 0.76^{cd}
Formula 9: 24% sorghum grains + 75% paddy grains + 1% glucose	++	12.00 ± 0.53^{bc}
Formula 10: 99% paddy grains + 1% glucose	+	13.05 ± 0.48^{ab}
F-test		*
CV (%)		12.73

(+) Degree of mycelial density when mycelia fully colonize the substrate: (+) poor patchy growth, (++) mycelium totally grows through the substrate but not uniformly white, and (+++) mycelium totally grows through the substrate and is uniformly white. Values in the table are mean ± standard deviations. ^{a,b,c,d,e} Mean values within the same column followed by the different letters are significantly different according to the Duncan's new multiple range test ($P < 0.05$).
* Significant difference at $P < 0.05$, CV = coefficient of variation.

การผสมน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 1 ในสูตรที่ 6 (เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 99 และกลูโคสร้อยละ 1) สูตรที่ 7 (เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 74 เมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 25 และกลูโคสร้อยละ 1) ทำให้เชื้อเห็ดเจริญเติบโตเร็วขึ้น (Figure 1) โดยใช้เวลาเจริญเต็มวัสดุเพาะเฉลี่ย 9.02 และ 9.85 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 1 (เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 100) และสูตรที่ 2 (เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 75 และเมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 25) ที่ใช้เวลาเจริญเต็มวัสดุเพาะ เท่ากับ 10.63 และ 10.39 วัน ตามลำดับ ขณะที่ สูตรที่ 5 เมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 100 ใช้เวลานานที่สุดในการเจริญเต็มวัสดุเพาะที่ 13.53 วัน ซึ่งแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น สูตรที่ 10 เมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 99 และกลูโคสร้อยละ 1 (Table 2) สอดคล้องกับรายงานของ Katiyar *et al*. (2018) ที่พบว่า การผสมน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 1 ทำให้เชื้อเห็ดเจริญเติบโตเร็วขึ้น และในการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้เมล็ดข้าวเปลือกได้ร้อยละ 25 ทดแทนเมล็ดข้าวฟ่าง หากผสมน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 1 ในสูตรที่ 7 โดยใช้เวลาเจริญเต็มวัสดุเพาะไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมสูตรที่ 1 ที่ใช้เมล็ดข้าวฟ่างอย่างเดียว

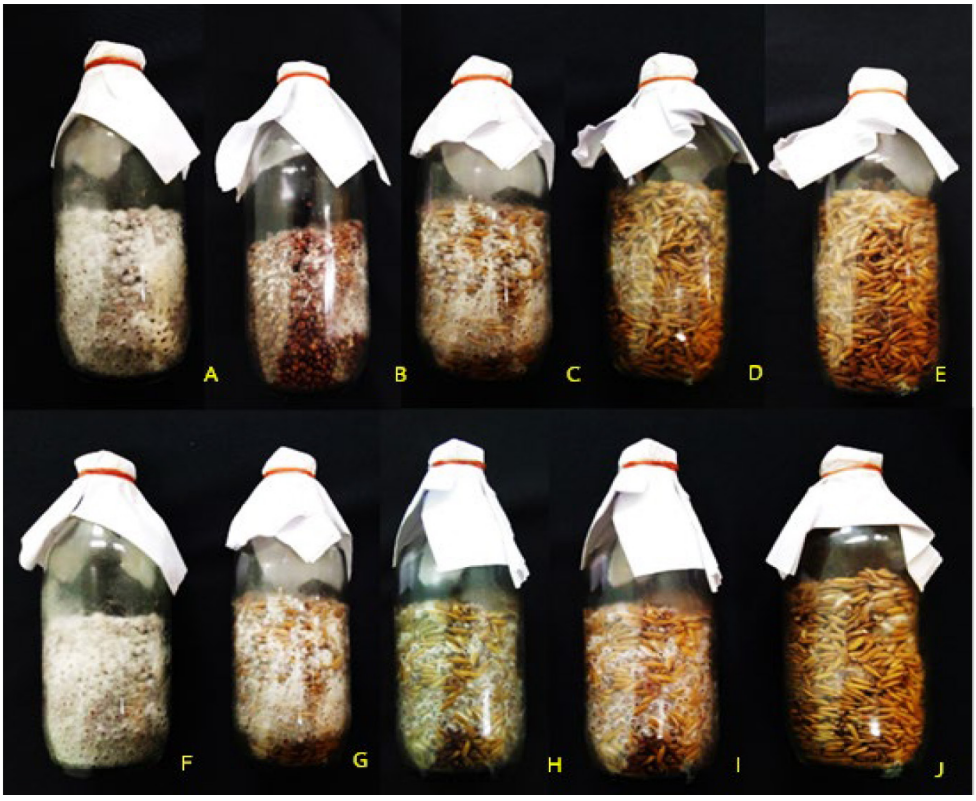

Figure 1 Mother swan growth of milky mushroom on cultured formulas after incubation for 10 days: (A) 100% sorghum grains, (B) 75% sorghum grains + 25% paddy grains, (C) 50% sorghum grains + 50% paddy grains, (D) 25% sorghum grains + 75% paddy grains, (E) 100% paddy grains, (F) 99% sorghum grains + 1% glucose, (G) 74% sorghum grains + 25% paddy grains + 1% glucose, (H) 49% sorghum grains + 50% paddy grains + 1% glucose, (I) 24% sorghum grains + 75% paddy grains + 1% glucose, (J) 99% paddy grains + 1% glucose

ผลของสูตรอาหารเพาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดขอนขาวในถุงก้อนเชื้อเห็ด

การผสมแกลบดิบในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นทำให้ความหนาแน่นของเส้นใยเชื้อเห็ดลดลง แต่การผสมแกลบดิบในสูตรอาหารเห็ดขอนขาวช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและทำให้ใช้เวลาในการเติบโตจนเต็มวัสดุเพาะเร็วขึ้น โดยสูตรที่ 3 (ขี้เลื่อยไม้ยางพาราร้อยละ 70 + แกลบดิบร้อยละ 20) สูตรที่ 4 (ขี้เลื่อยไม้ยางพาราร้อยละ 60 + แกลบดิบร้อยละ 30) สูตรที่ 5 (ขี้เลื่อยไม้ยางพาราร้อยละ 50 + แกลบดิบร้อยละ 40) สูตรที่ 6 (ขี้เลื่อยไม้ยางพาราร้อยละ 40 + แกลบดิบร้อยละ 50) สูตรที่ 7 (ขี้เลื่อยไม้ยางพาราร้อยละ 30 + แกลบดิบร้อยละ 60) สูตรที่ 8 (เลื่อยไม้ยางพาราร้อยละ 20 + แกลบดิบร้อยละ 70) และสูตรที่ 9 (แกลบดิบร้อยละ 90) มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 4.83, 4.97, 5.03, 5.16, 5.30, 5.57, 5.74 และ 5.92 เซนติเมตรต่อ

สัปดาห์ ซึ่งสูงกว่าสูตรที่ 1 (ขี้เลื่อยไม้ยางพารา้อยละ 90) ที่มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 4.56 เซนติเมตรต่อสัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; Table 3) สอดคล้องกับการทดลองของ Frimpong-Manso *et al*. (2011) ที่พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของแกลบดิบในสูตรอาหารเห็ดทำให้ความหนาแน่นของเส้นใยเชื้อเห็ดนางฟ้าลดลง แม้ว่าการเจริญเติบโตของเส้นใยเร็วขึ้น ซึ่ง Thomas *et al*. (1998) รายงานว่า ผลผลิตเห็ดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความหนาแน่นของเส้นใยเห็ดที่แพร่กระจายในวัสดุเพาะในสูตรที่ใช้แกลบดิบในสัดส่วนต่ำ อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถผสมแกลบดิบลงในวัสดุเพาะได้ร้อยละ 20 เนื่องจากมีระดับความหนาแน่นของเส้นใยไม่ต่างจากสูตรที่ 1 (ไม่ใส่แกลบดิบ) ทั้งนี้ อาจเนื่องจากเห็ดขอนขาวสามารถนำแกลบดิบไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ซึ่ง Srisuthum *et al*. (2014) รายงานว่า เชื้อเห็ดขอนขาวมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายลิกโนเซลลูโลสที่ประกอบด้วยเซลลูโลส (ร้อยละ 35) เฮมิเซลลูโลส (ร้อยละ 25) และลิกนิน (ร้อยละ 20) ที่เป็นผนังเซลล์ของแกลบ โดยเห็ดขอนขาวสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญเติบโตได้

ผลของสูตรอาหารเพาะต่อผลผลิตของเห็ดขอนขาว

จากข้อมูลผลผลิตเห็ดขอนขาว พบว่า การผสมแกลบดิบในสัดส่วนที่มากขึ้นทำให้ผลผลิตเห็ดสดลดลง โดยสูตรที่ 1 (ขี้เลื่อยไม้ยางพารา้อยละ 90) สูตรที่ 2 (ขี้เลื่อยไม้ยางพารา้อยละ 80 + แกลบดิบร้อยละ 10 และสูตรที่ 3 (ขี้เลื่อยไม้ยางพารา้อยละ 70 + แกลบดิบร้อยละ 20) ให้ผลผลิตเห็ดสดที่ 150.14, 146.31 และ 133.40 กรัมต่อถุง และมีประสิทธิภาพการผลิตร้อยละ 43.51, 42.05 และ 41.94 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 7 (ขี้เลื่อยไม้ยางพารา้อยละ 30 + แกลบดิบร้อยละ 60) สูตรที่ 8 (ขี้เลื่อยไม้ยางพารา้อยละ 20 + แกลบดิบร้อยละ 70) สูตรที่ 9 (ขี้เลื่อยไม้ยางพารา้อยละ 10 + แกลบดิบร้อยละ 80) และสูตรที่ 10 (แกลบดิบร้อยละ 90) ที่ให้ผลผลิตเห็ด 93.12, 78.44, 48.20 และ 35.20 กรัมต่อถุง และมีประสิทธิภาพการผลิตร้อยละ 36.72, 34.10, 32.14 และ 30.65 ตามลำดับ (Table 3) อย่างไรก็ตาม Frimpong-Manso *et al*. (2011) รายงานว่า การผสมแกลบดิบในสัดส่วนร้อยละ 2 ของวัสดุเพาะ ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตเห็ดนางฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 11 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่แกลบดิบ และในการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า สูตรที่ 2 และ 3 ที่ผสมแกลบดิบร้อยละ 10 และ 20 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการผลิตเห็ดขอนขาวไม่แตกต่างทางสถิติกับสูตรควบคุมสูตรที่ 1 (ไม่ใส่แกลบดิบ)

Petcharat (1998) ใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา้อยละ 95 ผสมรำละเอียดร้อยละ 5 ในการผลิตเห็ดขอนขาว ทำให้มีประสิทธิภาพการผลิตเพียงร้อยละ 17.2 ส่วน Srijumpa and Khayankan (2011) รายงานประสิทธิภาพการผลิตเห็ดขอนขาวที่ร้อยละ 41.8 ในวัสดุเพาะที่ประกอบด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100 กิโลกรัม รำละเอียด 8 กิโลกรัม ปูนขาว 1 กิโลกรัม ยิปซั่ม 1 กิโลกรัม ดีเกลือ 0.2 กิโลกรัม ขณะที่ การทดลองนี้ให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงที่ร้อยละ 43.51 ในสูตรอาหารเพาะที่ใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา้อยละ 90 รำละเอียดร้อยละ 5.5 กระถินป่นร้อยละ 2.5 ปูนขาว ร้อยละ 1 ยิปซั่มร้อยละ 0.8 และดีเกลือร้อยละ 0.2 การส่งเสริมการเจริญเติบโตของเห็ดขึ้นอยู่กับค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในวัสดุเพาะ Anike *et al*. (2015) รายงานว่า ค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด คือ 5:3 แต่ขี้เลื่อยไม้ยางพารามีค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 25:1 และแกลบดิบมีค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 80:1 จึงควรมีการเติมอาหารที่มีธาตุไนโตรเจนให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยและดอกเห็ด ในการทดลองนี้มีการเสริมใบกระถินป่นจึงช่วยให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น และสามารถผสมแกลบดิบได้ร้อยละ 20 เนื่องจากมีส่วนผสมของกระถินป่นที่มีไนโตรเจนสูงจึงช่วยปรับค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในวัสดุเพาะให้เหมาะสม ช่วยให้การใช้ประโยชน์จากวัสดุเพาะดีขึ้น (Umpuch *et al*., 2017)

Table 3 Effect of substrate formulas on surface mycelial density, growth rate, fully growth time and yield of *Lentinus squarrosulus* for mushroom cultivation in plastic bag

Formulas	Surface mycelial density	Growth rate of *L. squarrosulus* (cm/week)	Fully growth time on substrates (day)	Fruit bodies weight of 30 d harvesting (g/bag)	Biological efficiency (%)
Formula 1 (Control)	+++	4.56 ± 0.2^{e}	34.05 ± 0.4^{a}	150.14 ± 4.7^{a}	43.51 ± 2.5^{a}
Formula 2	+++	4.75 ± 0.1^{de}	33.90 ± 0.4^{ab}	146.31 ± 4.5^{a}	42.05 ± 2.3^{ab}
Formula 3	+++	4.83 ± 0.2^{d}	32.78 ± 0.3^{b}	133.40 ± 3.8^{ab}	41.94 ± 2.2^{ab}
Formula 4	++	4.97 ± 0.2^{cd}	31.95 ± 0.4^{bc}	128.55 ± 3.4^{b}	40.33 ± 2.0^{b}
Formula 5	++	5.03 ± 0.1^{cd}	31.02 ± 0.3^{c}	113.70 ± 2.6^{bc}	39.30 ± 1.9^{ab}
Formula 6	++	5.16 ± 0.3^{c}	30.98 ± 0.2^{cd}	104.70 ± 3.0^{bc}	38.10 ± 1.8^{bc}
Formula 7	+	5.30 ± 0.2^{bc}	30.43 ± 0.3^{cd}	93.12 ± 2.8^{c}	36.72 ± 1.6^{c}
Formula 8	+	5.57 ± 0.2^{b}	29.97 ± 0.4^{d}	78.44 ± 2.4^{d}	34.10 ± 1.6^{d}
Formula 9	+	5.74 ± 0.3^{ab}	29.10 ± 0.2^{de}	48.20 ± 2.0^{d}	32.14 ± 1.4^{cd}
Formula 10	+	5.92 ± 0.3^{a}	28.66 ± 0.3^{e}	35.20 ± 1.5^{e}	30.65 ± 1.2^{d}
F-test		*	*	*	*
CV (%)		14.25	13.40	27.90	28.37

(+) Degree of mycelial density when mycelia fully colonize the substrate: (+) poor patchy growth, (++) mycelium totally grows through the substrate but not uniformly white, and (+++) mycelium totally grows through the substrate and is uniformly white. * Significant difference at $P < 0.05$. ^{a,b,c,d,e} Mean values within the same column followed by the different letters are significantly different according to the Duncan's new multiple range test. Formula 1: 90% rubber sawdust + 5.5% rice bran + 2.5% ground leucaena + 1% lime + 0.8% gypsum + 0.2% epsom salts (Control), Formula 2: 80% rubber sawdust + 10% rice husk + 5.5% rice bran + 2.5% ground leucaena + 1% lime + 0.8% gypsum + 0.2% epsom salts, Formula 3: 70% rubber sawdust + 20% rice husk + 5.5% rice bran + 2.5% ground leucaena + 1% lime + 0.8% gypsum + 0.2% epsom salts, Formula 4: 60% rubber sawdust + 30% rice husk + 5.5% rice bran + 2.5% ground leucaena + 1% lime + 0.8% gypsum + 0.2% epsom salts, Formula 5: 50% rubber sawdust + 40% rice husk + 5.5% rice bran + 2.5% ground leucaena + 1% lime + 0.8% gypsum + 0.2% epsom salts, Formula 6: 40% rubber sawdust + 50% rice husk + 5.5% rice bran + 2.5% ground leucaena + 1% lime + 0.8% gypsum + 0.2% epsom salts, Formula 7: 30% rubber sawdust + 60% rice husk + 5.5% rice bran + 2.5% ground leucaena + 1% lime + 0.8% gypsum + 0.2% epsom salts, Formula 8: 20% rubber sawdust + 70% rice husk + 5.5% rice bran + 2.5% ground leucaena + 1% lime + 0.8% gypsum + 0.2% epsom salts, Formula 9: 10% rubber sawdust + 80% rice husk + 5.5% rice bran + 2.5% ground leucaena + 1% lime + 0.8% gypsum + 0.2% epsom salts, Formula 10: 90% rice husk + 5.5% rice bran + 2.5% ground leucaena + 1% lime + 0.8% gypsum + 0.2% epsom salts.

สรุป

การใส่น้ำตาลกลูโคสร้อยละ 1 ในสูตรที่ 7 (เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 74 + เมล็ดข้าวเปลือกร้อยละ 25 + น้ำตาลกลูโคสร้อยละ 1) และสูตรที่ 6 (เมล็ดข้าวฟ่างร้อยละ 99 + น้ำตาลกลูโคสร้อยละ 1) ส่งเสริมให้เส้นใยเห็ดขอนขาวมีการเจริญเติบโตและความหนาแน่นมากกว่าสูตรควบคุม (สูตรที่ 1) และทำให้สามารถผสมเมล็ดข้าวเปลือกได้ร้อยละ 25 ในการผลิตหัวเชื้อเห็ด ส่วนการผลิตก้อนเชื้อเห็ดโดยผสมแกลบดิบลงในวัสดุเพาะ พบว่า การเพิ่มสัดส่วนของแกลบดิบทำให้อัตราการเจริญเติบโตของเห็ดขอนดำเพิ่มขึ้นแต่ความหนาแน่นของเชื้อเห็ดลดลง และในด้านผลผลิตพบว่าสูตรที่ 3 (ขี้เลื่อยไม้ยางพาราร้อยละ 70 + แกลบดิบร้อยละ 20 + รำละเอียดร้อยละ 5.5 + กระถินป่นร้อยละ 2.5 + ปูนขาวร้อยละ 1 + ยิปซั่มร้อยละ 0.8 + ดีเกลือร้อยละ 0.2) ให้ประสิทธิภาพการผลิตไม่แตกต่างทางสถิติกับสูตรที่ 1 (ไม่ผสมแกลบดิบ) แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้แกลบดิบร้อยละ 20 ในส่วนผสมวัสดุเพาะที่มีขี้เลื่อยไม้ยางพาราร้อยละ 70 รำละเอียดร้อยละ 5.5 กระถินป่นร้อยละ 2.5 ปูนขาวร้อยละ 1 ยิปซั่มร้อยละ 0.8 และดีเกลือร้อยละ 0.2 เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่อำนวยความสะดวกในด้านสถานที่และเครื่องมือในการทำงานวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Anike, F.N., O.S. Isikhuemhen, D. Blum and H. Neda. 2015. Nutrient requirements and fermentation conditions for mycelia and crude exo-polysaccharides production by *Lentinus squarrosulus*. Adv. Biosci. Biotechnol. 6(8): 526–536. http://doi.org/10.4236/abb.2015.68055.

Chanta, S. 2021. Growth and yield of Khon-Khao mushroom (*Lentinus squarrosulus* Mont.) cultured in different spawn materials. J. Sci. Tech. UBU. 23(3): 90–96.

Frimpong-Manso, J., M. Obodai, M. Dzomeku and M.M. Apertorgbor. 2011. Influence of rice husk on biological efficiency and nutrient content of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex. Fr.) Kummer. Int. Food Res. J. 18: 249–254.

Jayachandran, A., S. Nadesan and K. Murugaiyan. 2017. Comparative study of different grains on spawn development of *Pleurotus florida*. IJSIT. 6(6): 728–735.

Katiyar, S., G. Singh, Mohit, S. Kumar and A. Soam. 2018. Effect of different sugars on spawn growth (mm) of milky mushroom (*Calocybe indica*). J. Pharmacogn. Phytochem. 7(5): 595–597.

Kent, N.L. 1983. Technology of Cereals: An Introduction for Students of Food Science and Agriculture. 3rd edition. Pergamon Press, Oxford, UK.

Mueller, J.C., J.R. Gawley and W.A. Hayes. 1985. Cultivation of the shaggy mane mushroom (*Coprinus comatus*) on cellulosic residues from pulp mills. Mushroom Newsletter for the Tropics. 6: 15–20.

Ngeapok, S., S. Banjongsiri and U. Unphim. 2018. Patterns and cost benefit of Khon-Khao mushroom of the farmer in Ubonratchathani province. J. Grad. Skon. 15(68): 101–112. (in Thai)

Nuangmek, W. and M. Titayavan. 2020. Cereal grain for spawn production of *Astraeus* sp. and the effects of host plants. Khon Kaen Agr. J. 48(Suppl. 1): 1173–1180. (in Thai)

Omar, N.A.M., N. Abdullah, U.R. Kuppusamy, M.A. Abdulla and V. Sabaratnam. 2011. Nutritional composition, antioxidant activities, and antiulcer potential of *Lentinus squarrosulus* (Mont.) mycelial extract. Evid. Based Complement. Alternat. Med. 2011: 539356. https://doi.org/10.1155/2011/539356.

Petcharat, V. 1995. Cultivation of wild mushroom: I. *Lentinus squarrosulus* Mont. Songklanakarin J. Sci. Technol. 17(1): 43–56. (in Thai)

Petcharat, V. 1998. Wild mushroom in Southern Thailand: II. Lentinus mushroom (*Lentinus* spp.). Songklanakarin J. Sci. Technol. 20(1): 35–40. (in Thai)

Srijumpa, N. and S. Khayankan. 2011. Agricultural wastes as substrate for mushroom cultivation. Thai Agric. Res J. 29(2): 108–118. (in Thai)

Srisuthum, J., A. Jindaprasert, C. Pukahuta and W. Krusong. 2014. Growth of *Lentinus squarrosulus* Mont LS-MA in submerged cultivation for xylinase production from dried baby corn husk, pp. 106–114. *In* Proc. the 52nd Kasetsart University Annual Conference, 4–7 February 2014. (in Thai)

Tantratian, S., P. Vattanakul, A. Pornvichitpisan, V. Kongpensook and C. Pukahuta. 2019. Effect of nutrients and temperature on growth of *Lentinus squarrosulus* Mont. LS-BUB-9. JFTSU. 14(2): 133–143. (in Thai)

Thomas, G.V., S.R. Prabhu, M.Z. Reeny and B.M. Bopaiah. 1998. Evaluation of lignocellulosic biomass from coconut palm as substrate for cultivation of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. World J. Microbiol. Biotechnol. 14: 879–882. https://doi.org/10.1023/A:1008881124903.

Umpuch, K., J. Iamchom and P. Yim-orn. 2017. Using ground leucaena branches for oyster mushroom-Hungary cultivation in summer, pp. 53–57. *In* Proc. the 8th RMUTP International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Development: Challenges Towards the Digital Society, 22–23 June 2017. (in Thai)

Zadrazil, F. and H. Brunnert. 1980. The influence of ammonium nitrate supplementation on degradation and *in vitro* digestibility of straw colonized by higher fungi. European J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 9: 37–44. https://doi.org/10.1007/BF00500000.