

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนาการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของพืชและจุลินทรีย์เพื่อเพิ่มมูลค่าและพัฒนานวัตกรรม
2. โครงการวิจัย : การพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตเห็ดถั่งเช่าสีทองเพื่อให้ได้คอร์เดเซปินสูง
กิจกรรมที่ 2 : เทคโนโลยีการผลิตเห็ดถั่งเช่าสีทองเพื่อให้ได้คอร์เดเซปินสูง
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : สูตรอาหารชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิตและสารคอร์เดเซปินในเห็ดถั่งเช่าสีทอง
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Different Media to Yield and Cordycepin Content in *Cordyceps militaris*
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : นางสาวสุปัน ไม้ตัดจันทร์ ^{1/}ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย
ผู้ร่วมงาน : นางสาวบุญปิยธิดา คล่องแคล่ว ^{2/}ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย
นางสาวนันท์นิ ศรีจุมปา ^{1/}ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย
นางสุธามาศ ณ น่าน ^{1/}ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย
นายวิษณุ มณีรัตน์ ^{3/}มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

5. บทคัดย่อ

การศึกษาสูตรอาหารชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิตและสารคอร์เดเซปินในเห็ดถั่งเช่าสีทอง ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือนกันยายน 2563 พบว่า สูตรอาหารที่ 1 ให้สารสำคัญคอร์เดเซปินและอะดีโนซีนมากที่สุด เท่ากับ 17.25 และ 7.88 กรัม/กิโลกรัม แต่ให้ผลผลิตที่เป็นน้ำหนักแห้งในดอกเห็ดและวัสดุเพาะน้อยที่สุด เท่ากับ 2.39 และ 15.27 กรัม/กิโลกรัม รองลงมา ได้แก่ สูตรอาหารที่ 4 ที่ให้ผลผลิตเป็นน้ำหนักแห้งของดอกเห็ดมากที่สุด เท่ากับ 2.87 กรัม แต่ให้สารคอร์เดเซปินน้อยที่สุด เท่ากับ 9.46 กรัม/กิโลกรัม สำหรับน้ำหนักสดในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Abstract

Study of different media to yield and cordycepin content in *Cordyceps militaris*. Conducted at the Chiang Rai Horticultural Research Center between October 2019 to September 2020, it was found that formula 1 had the highest content of cordycepin and adenosine as 17.25 and 7.88 g/kg. However, the yield was the lowest dry weight of the mushroom and the substrate was 2.39 and 15.27 g/kg. Minimal deceptions are 9.46 g/kg. There was no statistical difference in fresh weight for each process.

6. คำนำ

ราสกุล *Cordyceps* เป็นราแมลงที่มีมากกว่า 300 ชนิด ที่รู้จักกันดี คือ *Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc. เจริญได้ในพื้นที่จำกัดแถบเทือกเขาหิมาลัยและเขาสูงในประเทศจีน มีราคาจำหน่ายสูง แพทย์แผนจีนใช้เป็นยาอายุวัฒนะ แก้อาการผิดปกติของไต มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ คือ คอร์เดซิปีนและอะดีโนซีน แม้ว่า *C. sinensis* เป็นชนิดที่ได้รับความนิยม แต่มีอีกชนิดที่พบว่ามีสรรพคุณทางเภสัชมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเช่นเดียวกันและไม่มีพิษต่อผู้บริโภค คือ *C. militaris* (L.) Link ความต้องการเห็ดถั่งเช่าสีทองในตลาดนานาชาติอยู่ที่ 1,000 ตันต่อปี เฉพาะตลาดในประเทศจีนอยู่ที่ 500 ตันต่อปี อัตราการเจริญเติบโตของตลาด 13 เปอร์เซ็นต์ แต่กำลังการผลิตเพียง 250 ตันต่อปี ทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดเนื่องจากเทคนิคและวิธีการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองยังมีข้อจำกัดและไม่เป็นที่เปิดเผยในทางการค้า โดยเฉพาะในประเทศไทยจึงทำให้เห็ดถั่งเช่าสีทองมีราคาสูงถึง 10,000 - 15,000 บาทต่อกิโลกรัมสด

เห็ดถั่งเช่าสีทอง จะผลิตสารออกฤทธิ์ทางยามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ สายพันธุ์ วิธีการเพาะเลี้ยง ส่วนประกอบของอาหารเพาะเลี้ยง pH ของอาหาร สภาพแวดล้อม อุณหภูมิและแสง การเพาะเลี้ยงสามารถทำได้ 2 แบบ คือ การเพาะด้วยหอนหรือดักแด่ และการเพาะด้วยอาหารสังเคราะห์ มีการใช้ดักแด่ใหม่หรือเมล็ดธัญพืชเป็นวัสดุเพาะ ได้แก่ ข้าวฟ่าง ข้าวโอ๊ต ข้าวโพด ลูกเดือย และข้าวชนิดต่าง ๆ โดยส่วนประกอบหลักในอาหารเพาะเลี้ยงโดยทั่วไป ประกอบด้วย 1) แหล่งคาร์บอน ได้แก่ เมล็ดธัญพืช แป้งและน้ำตาล 2) แหล่งไนโตรเจน ได้แก่ ยีสต์สกัด เปปโตน ไข่ ผงดักแด่ใหม่ มันฝรั่งสกัด 3) วิตามินและแร่ธาตุอื่น ได้แก่ ดีเกลือ วิตามินบี 1 ดังนั้นการเลือกใช้วัตถุดิบที่จะเป็นแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจน จึงน่าจะมีผลต่อการให้ผลผลิตของเห็ดถั่งเช่าสีทอง ปัจจุบันปัญหาของการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองในระดับผู้ประกอบการ คือ ผลผลิตและปริมาณสารสำคัญทางยาน้อย อาจเนื่องมาจากสายพันธุ์ สภาพการเพาะเลี้ยง และสูตรอาหาร สูตรอาหารที่มีคุณภาพบางสูตรมีขั้นตอนการเตรียมหรือจัดหาวัตถุดิบที่ค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากเห็ดถั่งเช่าสีทองสามารถเจริญได้ในแมลงหลายชนิด และสามารถเพาะเลี้ยงได้ในอาหารที่เป็นเมล็ดธัญพืช

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. หม้อนึ่งความดัน

6. เครื่องชั่ง

- | | |
|---------------------------------|-------------------------|
| 2. ตู๋เขี่ยเชื้อ | 7. เวอร์เนียบคาลิปเปอร์ |
| 3. เชื้อพันธุ้เห็ดถั่งเช่าสีทอง | 8. ข้าวขาวหอมมะลิ |
| 4. สารเคมี | 9. ผงวุ้น |
| 5. ขวดเลี้ยงเชื้อ | 10. มันฝรั่ง |

- วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 5 ซ้ำ 5 กรรมวิธี (จำนวน 10 ขวด/ซ้ำ) ประกอบด้วย
 สูตรที่ 1 น้ำตาลทรายแดง 10 กรัม เปปโตน 10 กรัม ดีเกลือ 0.5 กรัม วิตามินบี 1 จำนวน 4 เม็ด / น้ำ
 1 ลิตร

สูตรที่ 2 กลูโคส 7.5 กรัม เปปโตน 3.75 กรัม ผงดักแด้ 7.5 กรัม ปุ๋ยสูตร 0-52-34 0.75 กรัม ดีเกลือ
 0.38 กรัม / น้ำ 1 ลิตร

สูตรที่ 3 น้ำตาลทรายแดง 30 กรัม ยีสต์ 7.5 กรัม ไข่ไก่ 7.5 กรัม นมสด 75 กรัม นมผง 11.25 กรัม
 วิตามินบี 1 จำนวน 15 เม็ด / น้ำ 1 ลิตร

สูตรที่ 4 เปปโตน 10.2 กรัม ผงดักแด้ 25.5 กรัม ปุ๋ยสูตร 0-52-34 1.125 กรัม ดีเกลือ 0.9 กรัม / น้ำ
 1 ลิตร

สูตรที่ 5 control สูตรอาหาร MMN (Modified Melin Norkran medium) (ภาคผนวก)

- นำเมล็ดข้าวขาวหอมมะลิใส่ในขวดแก้วขนาด 8 ออนซ์ ขวดละ 25 กรัม และเติมด้วยสูตรอาหารทั้ง 5
 กรรมวิธี จำนวน 25 มิลลิลิตรต่อขวด นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121
 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที

- เตรียมหัวเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทอง โดยเลี้ยงเส้นใยในอาหาร Potato dextrose broth (PDB) บนเครื่องเขย่า
 ความเร็ว 7,800 - 8,400 รอบ/ชั่วโมง โดยเขย่า 2 ชั่วโมง และหยุด 1 ชั่วโมง นาน 6 วัน นำเชื้อเหลวเทลงบนวัสดุ
 เพาะขวดละ 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มเชื้อในที่มืดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 20 - 22 องศา
 เซลเซียส เมื่อเส้นใยของเห็ดถั่งเช่าเจริญเติบโตเต็มอาหาร นำไปวางไว้ใต้แสงไฟที่ความเข้มแสง 600 - 1,000 ลักซ์
 วันละ 12 ชั่วโมงเพื่อกระตุ้นการสร้างดอกเห็ด (stroma) เป็นเวลา 6 สัปดาห์

- บันทึกลักษณะการเจริญเติบโตของเห็ดถั่งเช่าสีทองบนสูตรอาหารแต่ละชนิดทุกสองสัปดาห์ ตั้งแต่เริ่มให้
 แสง ปกติจนถึงเวลาเก็บเกี่ยวดอกเห็ด

- บันทึกข้อมูลความยาวดอกเห็ด ชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของดอกเห็ด รวมทั้งน้ำหนักสดและ
 น้ำหนักแห้งวัสดุที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง วิเคราะห์สารคอรีเดเซปินในผลผลิตของแต่ละกรรมวิธี นำข้อมูลที่ได้ไป
 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

- เวลาและสถานที่

- ระยะเวลาที่ดำเนินการ เริ่มต้น ตุลาคม 2562 - สิ้นสุด กันยายน 2563

- สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดสอบสูตรอาหารชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิตและสารคอร์เดเซปินในเห็ดถั่งเช่าสีทองทั้ง 5 กรรมวิธี พบว่า สูตรอาหารที่ 4 และ 5 ให้จำนวนดอกเห็ดมากที่สุด เท่ากับ 17 - 35 ดอกต่อขวด รองลงมา ได้แก่ สูตรที่ 3 และ 2 เท่ากับ 15 - 35 และ 13 - 35 ดอกต่อขวด ตามลำดับ ส่วนสูตรอาหารที่ 1 ให้จำนวนดอกเห็ดน้อยที่สุด เท่ากับ 13 - 27 ดอกต่อขวด และให้ขนาดความกว้างของดอกเห็ดน้อยที่สุดด้วยเช่นกัน เท่ากับ 0.26 เซนติเมตร ส่วนอาหารสูตรอื่นให้ขนาดความกว้างของดอกเห็ดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนความสูงของดอกเห็ดมีความแตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี โดยสูตรอาหารที่ 1 มีขนาดความสูงของดอกเห็ดมากที่สุด เท่ากับ 3.48 เซนติเมตร รองลงมา ได้แก่ สูตรที่ 2 5 และ 3 เท่ากับ 3.13 2.63 และ 2.57 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนสูตรอาหารที่ 4 ให้ความสูงดอกเห็ดน้อยที่สุด เท่ากับ 2.27 เซนติเมตร (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1) อนุสรณ์ และคณะ (2559) ศึกษาเห็ดถั่งเช่าสีทองสายพันธุ์ PS และ JR พบว่า อาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทอง คือ อาหาร PYPDA และ PDA โดยพบว่าบนอาหาร PYPDA เส้นใยของเห็ดถั่งเช่าสีทองทั้งสองสายพันธุ์มี ลักษณะของโคโลนิหนาแน่นกว่าบนอาหารชนิดอื่น การศึกษาแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนพบว่าเส้นใยเห็ด ถั่งเช่าสีทองสายพันธุ์ PS และ JR เจริญได้ดีและเส้นใยมีความหนาแน่นบนอาหารที่มี Starch เป็นแหล่งคาร์บอน และเจริญได้ดี รวมทั้งมีเส้นใยหนาแน่นบนอาหารที่มี Peptone เป็นแหล่งไนโตรเจน การเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองด้วยสูตรเมล็ดข้าวหอมนิลและสูตรกระชอนผสมอาหารเสริม (glucose 15.0 yeast extract 10.0 dihydrogen potassium phosphate 1.0 magnesium sulfate 0.5 และ thiamine 0.5 กรัม ผสมในน้ำต้มมันฝรั่ง 1 ลิตร) พบว่า เส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทองสามารถเจริญได้ดีและพัฒนาเป็น stroma ที่มีสีส้ม รูปกระบอง (รัฐพล และคณะ, 2559) จากการศึกษาของ ญัฐพงษ์ และคณะ (2559) รายงานว่า สูตรอาหารเทียมที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทอง สูตรอาหาร M10 ที่ประกอบด้วย เมล็ดธัญพืชข้าว 50 กรัม อาหารน้ำ MPDB 40 มิลลิลิตร ดักแด่ใหม่ 30 กรัม และไข่ไก่ดิบ 10 มิลลิลิตร จะทำให้ได้ผลผลิตในการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองและสารสำคัญทางชีวภาพสูงที่สุด ถึงแม้ผลผลิตและสารสำคัญทางชีวภาพที่วิเคราะห์ได้ จะมีค่าใกล้เคียงกับสูตรอาหารควบคุม C2 ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงกันอยู่ทั่วไป แต่การเจริญของดอกเห็ดที่เพาะเลี้ยงได้ในสูตรอาหาร M10 ตั้งแต่การเจริญของเส้นใย การพัฒนาของเส้นใย เป็นตุ่มดอก จะใช้ระยะเวลาสั้นกว่า ดังนั้นสูตรอาหาร M10 ในงานวิจัยนี้จึงเป็นสูตรอาหารที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพที่จะสามารถช่วยย่นระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง และช่วยลดต้นทุนการผลิตการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองในทางการค้าได้เป็นอย่างดี

จากการตรวจวัดสีของดอกเห็ดถั่งเช่าสีทอง พบว่า สูตรอาหารที่ 1 มีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 60.05 รองลงมา ได้แก่ สูตรอาหารที่ 4 เท่ากับ 57.29 ส่วนสูตรอาหารที่ 3 มีค่าความสว่างน้อยที่สุด คือ 44.54 สำหรับค่าสีเหลือง (b^*) สูตรอาหารที่ 3 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 105.87 รองลงมา ได้แก่ สูตรอาหารที่ 2 เท่ากับ 95.89 ส่วนสูตรอาหารที่ 4 ให้ค่าสีเหลืองน้อยที่สุด คือ 81.43 สำหรับค่าสีแดง (a^*) สูตรอาหารที่ 3 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 67.44 รองลงมา ได้แก่ สูตรอาหารที่ 2 เท่ากับ 44.93 ส่วนสูตรอาหารที่ 4 ให้ค่าสีแดงน้อยที่สุด คือ 35.10 (ตารางที่ 2) ญัฐพงษ์ และคณะ (2559) ศึกษาผลของสูตรอาหารเทียมต่อการเกิดดอกและการผลิตสารสำคัญทางยาของเห็ดถั่งเช่าสีทอง พบว่า ดอกเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบนสูตรอาหาร M10 มีดอกเห็ดมีค่าความสว่าง (L^*), ค่าสีเหลือง (b^*), ค่าสีแดง (a^*) และค่า Hue angle เฉลี่ยเท่ากับ 37.43 22.03 50.6

และ 66.38 ตามลำดับ ค่าความแน่นเนื้อมีค่าเฉลี่ย 0.39 kg/cm² ค่า Water activity (Aw) มีค่าเฉลี่ย 0.93 และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ทั้งหมด (Total soluble solid ; TSS) มีค่าเฉลี่ย 13.16 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1 จำนวนดอกเห็ด ความกว้างและความสูงของดอกเห็ดถึงเช่าสีทองในแต่ละสูตรอาหาร

สูตรอาหาร	จำนวนดอกเห็ด	ความกว้างดอกเห็ด (ซม.)	ความสูงดอกเห็ด (ซม.)
1.	13-27	0.26 b ^{1/}	3.48 a
2.	13-35	0.35 ab	3.13 ab
3.	15-35	0.32 ab	2.57 bc
4.	17-35	0.32 ab	2.27 c
5.	17-35	0.36 ab	2.63 bc
CV.%	-	18.6	16.9

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ใช้ตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 1 ลักษณะดอกเห็ดถึงเช่าสีทองหลังเพาะเลี้ยงในอาหารแต่ละสูตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์

1 = สูตรที่ 1 น้ำตาลทรายแดง 10 กรัม เปปโตน 10 กรัม ดีเกลือ 0.5 กรัม วิตามินบี 1 จำนวน 4 เม็ด

2 = สูตรที่ 2 กลูโคส 7.5 กรัม เปปโตน 3.75 กรัม ผงดักแด้ 7.5 กรัม ปุ๋ยสูตร 0-52-34 0.75 กรัม ดีเกลือ 0.38 กรัม

3 = สูตรที่ 3 น้ำตาลทรายแดง 30 กรัม ยีสต์ 7.5 กรัม ไข่ไก่ 7.5 กรัม นมสด 75 กรัม นมผง 11.25 กรัม วิตามินบี 1 จำนวน 15 เม็ด

4 = สูตรที่ 4 เปปโตน 10.2 กรัม ผงดักแด้ 25.5 กรัม ปุ๋ยสูตร 0-52-34 1.125 กรัม ดีเกลือ 0.9 กรัม

5 = สูตรที่ 5 control สูตรอาหาร MMN (Modified Melin Norkran medium)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความสว่าง (L*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่าสีแดง (a*) ของดอกเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบน
สูตรอาหาร 5 สูตร

สูตรอาหาร	ค่าความสว่าง (L*)	ค่าสีเหลือง (b*)	ค่าสีแดง (a*)
1.	60.05	88.52	39.12
2.	56.13	95.89	44.93
3.	44.54	105.87	67.44
4.	57.29	81.43	35.10
5.	55.63	86.49	40.24

สำหรับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของดอกเห็ด พบว่า สูตรอาหารทั้ง 5 กรรมวิธี ให้น้ำหนักสดที่ไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งในดอกเห็ดและวัสดุเพาะ ส่วนน้ำหนักแห้งของดอกเห็ด สูตรอาหารที่ 4 ให้น้ำหนักแห้ง มากที่สุด เท่ากับ 2.87 กรัม รองลงมา ได้แก่ สูตรที่ 3 2 และ 5 เท่ากับ 2.67 2.62 และ 2.59 กรัม ตามลำดับ ส่วน สูตรอาหารที่ 1 ให้น้ำหนักแห้งน้อยที่สุด เท่ากับ 2.39 กรัม สำหรับน้ำหนักแห้งของวัสดุเพาะ อาหารสูตรที่ 2 ให้น้ำหนักแห้งมากที่สุด เท่ากับ 16.29 กรัม รองลงมา ได้แก่ สูตรที่ 4 3 และ 1 เท่ากับ 15.77 15.63 และ 15.27 กรัม ตามลำดับ ส่วนอาหารสูตรที่ 5 ให้น้ำหนักแห้งน้อยที่สุด เท่ากับ 14.89 กรัม แต่จากการวิเคราะห์ค่า ประสิทธิภาพการผลิต (biological efficiency) พบว่า สูตรอาหารที่ 5 มีค่าประสิทธิภาพการผลิตมากที่สุด เท่ากับ 82.87 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ สูตรอาหารที่ 4 เท่ากับ 79.58 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากสูตรอาหารที่ 5 มีแหล่ง คาร์บอนที่สำคัญซึ่งได้จากกลูโคส ประกอบกับมีแร่ธาตุและวิตามินช่วยส่งเสริมการเจริญของเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทอง ส่วนสูตรอาหารที่ 4 นั้นมีแหล่งไนโตรเจนที่ได้จากเปปโตเนอและมีแหล่งโปรตีนที่ได้จากผงดักแด้ สำหรับสูตรอาหาร ที่ 2 มีค่าประสิทธิภาพการผลิตน้อยที่สุด เท่ากับ 72.01 เปอร์เซ็นต์ อาจมาจากปริมาณสารอาหารจากแหล่ง คาร์บอนและไนโตรเจนที่น้อยเกินไปหรือไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทอง (ตารางที่ 3) ญัฐพงษ์ และคณะ (2559) รายงานว่า สูตรอาหาร M12 (MPDB (modified of potato dextrose) : ข้าวสาร : ดักแด้ใหม่ : ไซ ; 20:50:30:30 ; ml/g/g/ml) เป็นสูตรอาหารที่เส้นใยเจริญเต็ม ผิวหน้าอาหารและเกิดตุ่มดอกเร็ว ที่สุดเฉลี่ย 6.5 วัน และ 10.5 วันตามลำดับ ลักษณะของดอกเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงได้บนสูตรอาหาร M10 (MPDB : ข้าวสาร : ดักแด้ใหม่ : ไซ ; 40:50:30:10 ; ml/g/g/ml) มีลักษณะของดอกเห็ดยาวและก้านดอกใหญ่ กว่าสูตรอาหารอื่น รวมทั้งมีจำนวนดอกและมีน้ำหนักสดมากที่สุด เท่ากับ 101 ดอกต่อขวด และ 40.98 กรัมต่อ ขวด ผลของแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนที่ความเข้มข้นต่างกัน พบว่า ข้าวมันปู มีความเหมาะสมในการใช้เป็น อาหารเพาะหลัก สูตรอาหารเสริมที่ให้ผลผลิตดอกดีที่สุด ได้แก่ ซูโครส 5 กรัม/ลิตร และนมผง 30 กรัม/ลิตร ให้ ผลผลิต เท่ากับ $2.04 \pm 0.1 - 2.77 \pm 0.9$ กรัม และสูตรอาหารเสริมที่ให้ผลผลิตฐานดีที่สุด ได้แก่ ซูโครส 30 กรัม/ ลิตร และนมผง 5 กรัม/ลิตร ให้ผลผลิต เท่ากับ $8.23 \pm 0.9 - 8.66 \pm 1.2$ กรัม ผลผลิตจากสูตรอาหารดังกล่าวมี ปริมาณใกล้เคียงหรือดีกว่าการใช้สูตรอาหารพื้นฐาน แต่มีราคาถูกลงถึง 87 - 94 เปอร์เซ็นต์ และหาซื้อได้ง่ายกว่า จึงเป็นสูตรอาหารทางเลือกใหม่สำหรับเกษตรกรผู้เพาะเห็ดถั่งเช่าสีทอง (จารุวรรณ และคณะ, 2558) จาก

การศึกษาของ รัฐพล และคณะ (2559) กล่าวว่า เส้นใยของเห็ดถั่งเช่าสีทองเจริญได้ดีบนดักแด้ใหม่ กระชอน จิ้งหรีด และดักแด้ตังปาทังกา เนื่องจากเป็นเชื้อที่เข้าอาศัยและเจริญได้ดีในแมลงอันดับ Diptera Hymenoptera Isoptera และ Lepidoptera แต่จากผลทดลอง พบว่า เห็ดถั่งเช่าสีทองสามารถเจริญได้ดีกับแมลงในอันดับ Orthoptera เช่น กระชอน จิ้งหรีด และดักแด้ตังปาทังกา ซึ่งจะเป็นโอกาสที่พัฒนาด้วยการนำแมลงในอันดับอื่น มาทดลองเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทอง เพราะแมลงมีจำนวนมากกว่า 30 อันดับ ประกอบกับแมลงหาได้ง่ายในท้องถิ่นและมีทุกฤดูกาล อีกทั้งอุดมไปด้วยโปรตีน ไขมัน วิตามินและแร่ธาตุ ที่จำเป็นต่อการเจริญของเห็ดถั่งเช่าสีทอง ดังนั้นสูตรกระชอนผสมอาหารเสริมจึงให้จำนวน stroma มากกว่าสูตรอื่น อาจเนื่องมาจากมีโปรตีนและไขมัน 15.40 และ 6.30 กรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม thiamine 0.20 มิลลิกรัม และแร่ธาตุ ได้แก่ ธาตุเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เท่ากับ 41.70 75.70 254.10 และ 267.80 มิลลิกรัม ซึ่งมากกว่าแมลงชนิดอื่นที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3 น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของดอกเห็ด วัสดุเพาะและค่าประสิทธิภาพการผลิต (biological efficiency) ของเห็ดถั่งเช่าสีทอง

สูตรอาหาร	น้ำหนักสด		น้ำหนักแห้ง		B.E. (%)
	วัสดุเพาะ	ดอกเห็ด	วัสดุเพาะ	ดอกเห็ด	
1.	36.43	11.42	15.27 b ^{1/}	2.39 b	74.79
2.	36.16	11.73	16.29 a	2.62 ab	72.01
3.	36.23	11.74	15.63 ab	2.67 ab	75.11
4.	35.18	12.55	15.77 ab	2.87 a	79.58
5.	34.42	12.34	14.89 b	2.59 ab	82.87
CV. (%)	5.6	11.8	4.5	12.5	

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ใช้ตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

จากการวิเคราะห์สารสำคัญคอร์เดเซปินและอะดีโนซีนของดอกเห็ดและวัสดุเพาะ พบว่า สูตรอาหารที่ให้สารคอร์เดเซปินในดอกเห็ดมากที่สุด คือ สูตรอาหารที่ 1 เท่ากับ 17.25 กรัม/กิโลกรัม รองลงมา ได้แก่ สูตรอาหารที่ 3 5 และ 2 เท่ากับ 12.78 11.32 และ 11.07 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ น้อยที่สุด คือ สูตรอาหารที่ 4 เท่ากับ 9.46 กรัม/กิโลกรัม ส่วนสารอะดีโนซีน สูตรอาหารที่ 1 ให้ค่าสูงที่สุด คือ 7.88 กรัม/กิโลกรัม รองลงมา ได้แก่ สูตรที่ 5 4 และ 2 เท่ากับ 7.45 7.28 และ 6.92 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ น้อยที่สุด คือ สูตรอาหารที่ 3 เท่ากับ 6.61 กรัม/กิโลกรัม ในวัสดุเพาะที่พบสารคอร์เดเซปินมากที่สุด คือ สูตรอาหารที่ 4 เท่ากับ 3.99 กรัม/กิโลกรัม รองลงมา ได้แก่ สูตรอาหารที่ 3 2 และ 5 เท่ากับ 3.32 2.40 และ 2.32 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ น้อยที่สุด คือ สูตรอาหารที่ 1 เท่ากับ 1.26 กรัม/กิโลกรัม ส่วนสารอะดีโนซีน สูตรอาหารที่ 3 ให้สารดังกล่าวมากที่สุด เท่ากับ 0.95 กรัม/กิโลกรัม รองลงมา ได้แก่ สูตรอาหารที่ 4 2 และ 5 เท่ากับ 0.83 0.73 และ 0.41 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ น้อยที่สุด คือ สูตรอาหารที่ 1 เท่ากับ 0.22 กรัม/กิโลกรัม (ตารางที่ 4) และเมื่อวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต พบว่า สูตรอาหารที่ 4 มีต้นทุนการผลิตสูงที่สุด เท่ากับ 6.248 บาท/ขวด รองลงมา ได้แก่ สูตรอาหารที่ 1 และ

3 เท่ากับ 5.658 และ 5.238 บาท/ขวด ตามลำดับ ส่วนสูตรอาหารที่ 5 มีต้นทุนการผลิตต่ำสุด เท่ากับ 4.718 บาท/ขวด (ตารางที่ 5) จารุวรรณ และคณะ (2558) รายงานว่า จากการทดสอบผลของแหล่งคาร์บอน พบว่า แหล่งคาร์บอนมีผลต่อน้ำหนักดอกแห้งและน้ำหนักฐานแห้ง แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างแหล่งคาร์บอนและความเข้มข้น โดยซูโครสให้น้ำหนักดอกแห้งมากกว่ากลูโคส และกลูโคสให้น้ำหนักฐานแห้งมากกว่าซูโครส และจากการทดสอบผลของแหล่งไนโตรเจน พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างแหล่งไนโตรเจนและความเข้มข้น โดยอาหารเสริมที่ให้น้ำหนักดอกแห้งดีที่สุด คือ นมผงที่ 10 กรัม/ลิตร ให้ผลผลิต เท่ากับ 2.57 ± 1.1 กรัม และอาหารเสริมที่ให้น้ำหนักฐานแห้งดีที่สุด คือ ยีสต์สกัด ที่ 30 กรัม/ลิตร ให้ผลผลิต เท่ากับ 9.27 ± 2.9 กรัม เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนการผลิต ร่วมกับน้ำหนักผลผลิตที่ได้จะ พบว่า อาหารเสริมสูตรที่ให้ผลผลิตดอกดีที่สุด คือ ซูโครสที่ 5 กรัม/ลิตร และนมผงที่ 10 กรัม/ลิตร ให้ผลผลิต เท่ากับ $2.04 \pm 0.1 - 2.57 \pm 1.1$ กรัม และสูตรอาหารที่เหมาะสมในการผลิตฐานแห้ง เพื่อทดแทนสูตรพื้นฐาน คือ ซูโครสที่ 30 กรัม/ลิตร และนมผงที่ 5 กรัม/ลิตร โดยให้ผลผลิตฐานแห้ง เท่ากับ $8.66 \pm 1.2 - 8.23 \pm 0.9$ กรัม อาหารเสริมทั้ง 2 สูตร มีต้นทุนในการผลิตเพียง 5 - 10 บาท/ลิตร โดยมีราคาถูกกว่า ต้นทุนอาหารเสริมสูตรพื้นฐาน 87 - 94 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีต้นทุนสูงถึง 80 บาท/ลิตร รัฐพล และคณะ (2559) รายงานว่า การเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองบนเมล็ดข้าวหอมนิล มีปริมาณสารอะดีโนซีนและคอร์เดเซปิน เท่ากับ 103.47 และ 209.42 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และเมื่อเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทอง ในสูตรกระชอนผสมอาหารเสริม มีปริมาณสารอะดีโนซีนและคอร์เดเซปิน เท่ากับ 156.73 และ 208.17 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ในการศึกษาสารออกฤทธิ์ทางยาโดยวิเคราะห์หาสารอะดีโนซีนและคอร์เดเซปิน พบว่า ดอกเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงได้บนสูตรอาหาร M4 (MPDB : ข้าวสาร : น้ำนม; 40:50:10; ml/g/ml) มีปริมาณสารอะดีโนซีนสูงที่สุด 125.98 มิลลิกรัม/100 กรัม และดอกเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงได้บนสูตรอาหาร M10 มีปริมาณของสารคอร์เดเซปินสูงที่สุด 479.93 มิลลิกรัม/100 กรัม (ณัฐพงษ์ และคณะ, 2559) จากการวิเคราะห์หาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ 2 ชนิด ได้แก่ คอร์เดเซปินและอะดีโนซีน พบว่า ดอกเห็ดถั่งเช่าสีทอง ที่เพาะเลี้ยงบนสูตรอาหาร NSRU 1 มีปริมาณสารอะดีโนซีนสูงถึง 1,857.26 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และสารคอร์เดเซปิน มีปริมาณสูงที่สุด คือ 9,350.13 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เนื่องจากสูตรอาหารดังกล่าวอุดมไปด้วยแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจน ซึ่งเป็นสารประกอบทางเคมีที่สำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึมในระดับเซลล์ที่ใช้ในการสร้างพลังงานและเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์สารคอร์เดเซปินและอะดีโนซีน (รัตนะและณัฐพงษ์, 2561)

ตารางที่ 4 ปริมาณสารสำคัญที่วิเคราะห์ได้จากดอกเห็ดและวัสดุเพาะจากสูตรอาหารต่าง ๆ

สูตรอาหาร	ดอกเห็ด		วัสดุเพาะ	
	Cordycepin (กรัม/กิโลกรัม)	Adenosine (กรัม/กิโลกรัม)	Cordycepin (กรัม/กิโลกรัม)	Adenosine (กรัม/กิโลกรัม)
1.	17.25 (1)	7.88 (1)	1.26 (5)	0.22 (5)
2.	11.07 (4)	6.92 (4)	2.40 (3)	0.73 (3)
3.	12.78 (2)	6.61 (5)	3.32 (2)	0.95 (1)

4.	9.46 (5)	7.28 (3)	3.99 (1)	0.83 (2)
5.	11.32 (3)	7.45 (2)	2.32 (4)	0.41 (4)

ตารางที่ 5 ต้นทุนการผลิตของสูตรอาหารเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทอง จำนวน 5 สูตร (ต้นทุนต่อ 1 ขวด 25 กรัม)

สูตรอาหาร	ค่าอาหาร	ค่าอาหารเลี้ยงเชื้อ	ค่าแรง	ค่าไฟฟ้า	ค่าเชื้อเพลิง	ต้นทุน/ขวด (บาท)
สูตรที่ 1	1.45	0.051	2	1.967	0.19	5.658
สูตรที่ 2	0.75	0.051	2	1.967	0.19	4.958
สูตรที่ 3	1.03	0.051	2	1.967	0.19	5.238
สูตรที่ 4	2.04	0.051	2	1.967	0.19	6.248
สูตรที่ 5	0.51	0.051	2	1.967	0.19	4.718

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบสูตรอาหารชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิตและสารคอร์เดเซปินในเห็ดถั่งเช่าสีทองทั้ง 5 กรรมวิธี พบว่า สูตรอาหารที่ 1 ให้สารสำคัญคอร์เดเซปินและอะดีโนซีนมากที่สุด เท่ากับ 17.25 และ 7.88 กรัม/กิโลกรัม แต่ให้ผลผลิตที่เป็นน้ำหนักแห้งของดอกเห็ดและวัสดุเพาะน้อยที่สุด เท่ากับ 2.39 และ 15.27 กรัม/กิโลกรัม รองลงมา ได้แก่ สูตรอาหารที่ 4 ที่ให้ผลผลิตเป็นน้ำหนักแห้งของดอกเห็ดมากที่สุด เท่ากับ 2.87 กรัม แต่ให้สารคอร์เดเซปินน้อยที่สุด เท่ากับ 9.46 กรัม/กิโลกรัม สำหรับน้ำหนักสดในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2 และ 3) จากการศึกษาต้นทุนการผลิตต่อขวด พบว่า สูตรอาหารที่ 5 มีราคาต้นทุนต่อขวดน้อยที่สุด คือ 4.718 บาท/ขวด ส่วนสูตรอาหารที่ 4 มีราคาต้นทุนต่อขวดมากที่สุด คือ 6.248 บาท/ขวด ให้ผลผลิตที่เป็นน้ำหนักแห้งของดอกเห็ดมากที่สุด แต่ให้สารคอร์เดเซปินน้อยที่สุด (ตารางที่ 5) แต่จากการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการผลิต (biological efficiency) พบว่า สูตรอาหารที่ 5 มีค่าประสิทธิภาพการผลิตมากที่สุด เท่ากับ 82.87 เปอร์เซ็นต์ และสูตรอาหารที่ 2 มีค่าประสิทธิภาพการผลิตน้อยที่สุด เท่ากับ 72.01 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) ดังนั้นสูตรอาหารที่ 5 จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำประกอบกับมีค่าประสิทธิภาพการผลิตมากที่สุด อย่างไรก็ตามควรประยุกต์ใช้สูตรอาหารที่ 5 ร่วมกับสูตรอาหารที่ 1 เนื่องด้วยสูตรอาหารที่ 1 ให้สารสำคัญคอร์เดเซปินและอะดีโนซีนสูง

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ใช้เป็นข้อมูลสูตรอาหารที่หาง่าย ราคาไม่แพง และเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเห็ดถั่งเช่าสีทอง อีกทั้งยังให้ปริมาณผลผลิตและสารสำคัญสูง เพื่อนำเทคโนโลยีที่ได้ไปเผยแพร่ให้กับเกษตรกรและผู้สนใจ

11. เอกสารอ้างอิง

- จารุวรรณ ฤทธิเดช ไอยรดา จันทรโสม ถาวร วินิจสานันท์ หนึ่งฤทัย ธาธาวัชรศาสตร์ และ ประภาพรรณ
ชอหะซัน. 2558. การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทอง. ว. วิทย. กษ.
46(3) (พิเศษ) : 701 - 704 หน้า
- ณัฐพงษ์ สิงห์ภูงา พิระศักดิ์ นายประสาธ และ บุญส่ง แสงอ่อน . 2559. ผลของสูตรอาหารเทียมต่อการเกิดดอก
และการผลิตสารสำคัญทางยาของเห็ดถั่งเช่าสีทอง. ว. พืชศาสตร์สงขลานครินทร์, ปีที่ 3, (ฉบับพิเศษ III) :
M02 34 - 64 หน้า
- รัฐพล ศรประเสริฐ สยาม อรุณศรีมรกต และ อนงค์น หัมพานนท์. 2559. การเพาะเลี้ยง *Cordyceps militaris*
ด้วยเมล็ดธัญพืชและแมลงในท้องถิ่นและประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Trichiphyton rubrum* และ
Staphylococcus aureus. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 26, ฉบับที่ 2 พ.ค. - ส.ค. :
239 - 251 หน้า
- รัตนะ ยศเมธากุล และ ณัฐพงษ์ สิงห์ภูงา. 2561. การผลิตสารคอร์โดเซปินในเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงในอาหาร
แข็งธัญพืช. ว. วิทย. กษ. 49 : 3 (พิเศษ) : 112 - 117 หน้า
- วรรณภา เสนาดี. 2555. เพาะเห็ดคอะโรขายาได้กิโลกรัมละเป็นแสน. วารสารเคหการเกษตร ปีที่ 36 (3 มี.ค.)
128 - 132 หน้า
- ศิริวรรณ ศรีสังจะเลิศวาจา ปวีณา เตชะยา และรัตนพร วิจิตรประชา. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของลูกเต๋อย
พันธุ์เต๋อยข้าวเหนียวและการประยุกต์ใช้เพื่อ ทดแทนแป้งสาลีในขนมอบ. การประชุมวิชาการระดับชาติ
วิทยาลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 4 ประจำปี 2560, 1 เมษายน 2560 : 751 - 759 หน้า
- สุภาพร อวรัญ. 2562. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อและวิธีการที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทอง.
วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร. ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2562 ; 15 - 23 หน้า
- อนุสรณ์ วัฒนกุล กรกรช จันทร และวราพร ไชยมา. 2559. ลักษณะทางสรีรวิทยาและสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อ
การเจริญของเส้นใยถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*). รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด,
สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ, กรมวิชาการเกษตร. 17 หน้า

12. ภาคผนวก

1. ราคาสูตรอาหารเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทอง จำนวน 5 สูตร

ชนิดสาร	ราคา	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
น้ำตาลทรายแดง	20 บาท/กิโลกรัม	10 กรัม		30 กรัม		
เปปโตน	2,670 บาท/500 กรัม	10 กรัม	3.75 กรัม		10.2 กรัม	
ดีเกลือ (MgSO ₄ .7H ₂ O)	1,000 บาท/กิโลกรัม	0.5 กรัม	0.38 กรัม		0.9 กรัม	0.15 กรัม
วิตามิน บี 1	1 บาท/เม็ด	4 เม็ด		15 เม็ด		
กลูโคส	60 บาท/454 กรัม		7.5 กรัม			10 กรัม
ผงดักแด้	100 บาท/100 กรัม		7.8 กรัม		25.2 กรัม	
ปุ๋ยสูตร 0-52-34 (KH ₂ PO ₄)	1,120 บาท/กิโลกรัม		0.75 กรัม		1.125 กรัม	0.5 กรัม
ยีสต์	27 บาท/15กรัม			7.5 กรัม		

ไข่ไก่	3 บาท/ฟอง			7.5 กรัม		
นมสด	50 บาท/ลิตร			7.5 กรัม		
นมผง	400 บาท/400 กรัม			11.25 กรัม		
(NH ₄) ₂ HPO ₄	940 บาท/500 กรัม					0.25 กรัม
CaCl ₂ · 2H ₂ O	1,200 บาท/กิโลกรัม					0.05 กรัม
NaCl	280 บาท/กิโลกรัม					0.025 กรัม
FeEDTA	650 บาท/กิโลกรัม					0.02 กรัม
Malt extract	3,000 บาท/500 กรัม					3 กรัม
Thiamine HCl	890 บาท/100 กรัม					0.1 ไมโครกรัม
ต้นทุน/ลิตร (บาท)		58.10	30.03	41.05	81.83	20.58
ต้นทุน/ขวด (บาท)		1.45	0.75	1.03	2.04	0.51

หมายเหตุ : สูตรอาหาร 1 ลิตร ต่อ จำนวน 40 ขวด

2. สูตรอาหารแข็ง PDA (Potato Dextose Agar) และราคา

ชนิดสาร	จำนวน	ราคา	ต้นทุน (บาท)
มันฝรั่ง	400 g/2L	30 บาท/กิโลกรัม	12
ผงวุ้น	40 g/2L	45 บาท/25 กรัม	72
Glucose	40 g/2L	60 บาท/454 กรัม	5.28

3. สูตรอาหารเหลว PDB (Potato Dextose Broth) และราคา

ชนิดสาร	จำนวน	ราคา	ต้นทุน (บาท)
มันฝรั่ง	800 g/4L	30 บาท/กิโลกรัม	24
Glucose	80 g/4L	60 บาท/454 กรัม	10.56

4. สูตรคำนวณค่าประสิทธิภาพการผลิต (biological efficiency)

$$B. E. (\%) = \frac{\text{fresh wt. mushroom}}{\text{dried wt. substrates}} \times 100$$